



GASS - Ganzheitliche Sanierung von Schulen

Endbericht

Stand 20.12.09



Bauphysik / Gebäudetechnik

Prof. Fisch, Institut für Gebäude- und Solartechnik

Architektur

Prof. Goydke, Ingenieurbüro für Raum- und Bauakustik

Prof. Léon, Institut für Entwerfen und Gebäudelehre

Pädagogik

Dittert & Reumschüssel, Architektur u. Stadtentwicklung

Soziologie und Psychologie

Prof. Kemnitz, Institut für Erziehungswissenschaft

Prof. Linneweber, Institut für Psychologi

Bearbeitung

Projektleitung:

Institut für Gebäude- und Solartechnik, TU Braunschweig

Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch

Lars Altendorf

Volker Huckemann

Jennifer König

Projektpartner:

Ingenieurbüro für Raum- und Bauakustik, Braunschweig

Prof. Dr.-Ing. Hans Goydke

Institut für Entwerfen und Gebäudelehre, Leibniz Universität Hannover

Prof. Hilde Léon

Marc-Philip Reichwald,

Peter-Karsten Schultz

Dittert & Reumschüssel, Architektur und Stadtentwicklung, Hannover, Hamburg

Thomas Dittert

Daniela Schüttler

Katrin Volmer

Institut für Erziehungswissenschaft, TU Braunschweig

Prof. Dr. Heidemarie Kemnitz

Barbara Zschiesche

Institut für Psychologie, Universität des Saarlandes

Prof. Dr. Linneweber

Kathrin Pischel

Dank

An dieser Stelle möchten wir all denjenigen danken, die das Vorhaben mit ihrem persönlichen Einsatz und finanzieller Unterstützung ermöglicht haben. Besonderer Dank gilt der:

- der deutschen Bundesstiftung Umwelt in Osnabrück
- der Stadt Wolfsburg, Geschäftsbereich Grundstücks- und Gebäudemanagement
- dem Bischöflichen Generalvikariat Hildesheim, Hauptabteilung Finanzen/Immobilien
- der Freien Hansestadt Hamburg, Behörde für Schule und Berufsbildung

Inhalt

Bearbeitung	2
Dank	2
1 Zusammenfassung der Ergebnisse	9
2 Einleitung	17
3 Theoretische Grundlagen	20
3.1 Grundlagen Pädagogik	20
3.2 Grundlagen Architektur	23
3.2.1 Prof. Léon, IEG	23
3.2.2 Dittert & Reumschüssel	25
3.3 Grundlagen Raumklima	25
3.3.1 Luftqualität	25
3.3.2 Thermische Behaglichkeit	28
3.3.3 Raumluftfeuchtigkeit	29
3.3.4 Lichtqualität	31
3.4 Grundlagen Akustik	33
4 Methodische Umsetzung	38
4.1 Umsetzung Pädagogik	38
4.2 Umsetzung Architektur	41
4.2.1 Prof. Léon, IEG	41
4.2.2 Dittert & Reumschüssel	45
4.3 Umsetzung Raumklima	47
4.3.1 Langzeitmessung	47
4.3.2 Thermische Simulation	50
4.3.3 Nutzerbefragung	53
4.3.4 Tages- und Kunstlicht	55
4.3.5 Umsetzung Akustik	58
4.4 Umsetzung der energetischen und wirtschaftlichen Untersuchung	64
4.4.1 Energetische Untersuchung	64
4.4.2 Wirtschaftliche Untersuchung	66

5	Bestandsanalyse Wolfsburg	70
5.1	Allgemeine Objektvorstellung	70
5.1.1	Schulprofil	70
5.1.2	Architektur	72
5.1.3	Gebäudetechnik	75
5.2	Pädagogik	75
5.2.1	Pädagogisches Konzept	75
5.2.2	Auswertung I – Nutzerbefragung, teilnehmende Beobachtungen, Expertengespräch	76
5.2.3	Auswertung II – Schülerprojekt	81
5.3	Gebäudeanalyse (Architektur)	86
5.3.1	Auswertung I – grafische Gebäudeanalyse	86
5.3.2	Auswertung II – Nutzerbefragung, Expertengespräch	92
5.3.3	Auswertung III – Schülerprojekt	93
5.4	Gebäudeanalyse (Technik)	95
5.4.1	Bauteile	95
5.4.2	Gebäudehülle	96
5.4.3	Gebäudetechnik	99
5.4.4	Steckbrief	101
5.5	Raumklima	103
5.5.1	Allgemeine Auswertung der Nutzerbefragung	103
5.5.2	Langzeitmessung	104
5.5.3	Raumluftqualität	106
5.5.4	Raumtemperatur	110
5.5.5	Raumluftfeuchte	118
5.5.6	Tages- und Kunstlicht	120
5.6	Akustik	123
5.6.1	Außenlärm und Störgeräuschpegel im Gebäude	123
5.6.2	Nachhallzeitmessungen und Beurteilung der Ergebnisse	124
5.6.3	Befragungsergebnisse von Lehrern und Schülern zur Akustik	134
5.6.4	Abschließende allgemeine Bewertung	134
6	Sanierungskonzept Wolfsburg	135
6.1	Pädagogik: Empfehlungen für die Sanierung	135
6.2	Architektonisches Konzept	137
6.2.1	Empfehlungen für die Sanierung	137
6.2.2	Innenraum	138

6.2.3	Außenraum	150
6.2.4	Fassade	151
6.3	Sanierungskonzept Technik	158
6.3.1	Tageslichtsimulation	158
6.3.2	Rahmenbedingungen Sanierungskonzept	168
6.3.3	Sanierungsmaßnahmen	169
6.3.4	Energetische Bewertung	171
6.3.5	Wirtschaftlichkeitsberechnung	174
6.3.6	Kostenübersicht	178
6.3.7	Primärenergiebedarf und CO ₂ -Emissionen	179
6.3.8	Zusammenfassung Technik	180
7	Abschlussbewertung Wolfsburg	183
7.1	Bestandsanalyse Wolfsburg	183
7.2	Sanierungskonzept Wolfsburg	188
	Bestandsanalyse Hildesheim	193
7.3	Allgemeine Objektvorstellung	193
7.3.1	Schulprofil Hildesheim	193
7.3.2	Architektur Hildesheim	195
7.3.3	Gebäudetechnik Hildesheim	197
7.4	Pädagogik	197
7.4.1	Pädagogisches Konzept	197
7.4.2	Auswertung I – Nutzerbefragung, teilnehmende Beobachtungen, Expertengespräch	198
7.4.3	Auswertung II – Schülerprojekt	203
7.5	Gebäudeanalyse (Architektur)	207
7.5.1	Auswertung I– grafische Gebäudeanalyse	207
7.5.2	Auswertung II – Nutzerbefragung, Expertengespräch	212
7.5.3	Auswertung III – Schülerprojekt	214
7.5.4	Zusammenfassung	215
7.6	Gebäudeanalyse (Technik)	216
7.6.1	Grundriss	216
7.6.2	Gebäudehülle	217
7.6.3	Wärmeversorgung	223
7.6.4	Steckbrief	225
7.7	Raumklima	226

7.7.1	Allgemeine Auswertung der Nutzerbefragung	226
7.7.2	Langzeitmessung	228
7.7.3	Raumluftqualität	230
7.7.4	Raumtemperatur	234
7.7.5	Raumluftfeuchte	242
7.7.6	Tages- und Kunstlicht	243
7.8	Akustik	247
7.8.1	Außenlärm und Störgeräuschpegel im Gebäude	247
7.8.2	Nachhallzeitmessungen und Beurteilung der Ergebnisse	249
7.8.3	Befragungsergebnisse von Lehrern und Schülern	258
8	Sanierungskonzept Hildesheim	259
8.1	<i>Pädagogik: Empfehlungen für die Sanierung</i>	259
8.2	<i>Architektonisches Konzept</i>	261
8.2.1	Empfehlungen für die Sanierung	261
8.2.2	Außenraum	265
8.2.3	Innenraum	273
8.2.4	Fassade	290
8.3	<i>Sanierungskonzept Technik</i>	294
8.3.1	Rahmenbedingungen	294
8.3.2	Sanierungsmaßnahmen	296
8.3.3	Energetische Bewertung	300
8.3.4	Wirtschaftlichkeitsberechnung	303
8.3.5	Kostenübersicht	310
8.3.6	Primärenergiebedarf und CO ₂ -Emissionen	311
8.3.7	Zusammenfassung Technik	312
9	Abschlussbewertung Hildesheim	315
9.1	<i>Bestandsanalyse Hildesheim</i>	315
9.2	<i>Sanierungskonzept Hildesheim</i>	321
10	Bestandsanalyse Hamburg	326
10.1	<i>Objektvorstellung Hamburg</i>	326
10.1.1	Schulprofil Hamburg	326
10.1.2	Architektur Hamburg	327
10.1.3	Gebäudetechnik Hamburg	328

10.2	<i>Pädagogik</i>	329
10.2.1	Auswertung I – Nutzerbefragung, teilnehmende Beobachtungen, Expertengespräch	329
10.2.2	Auswertung II – Schülerprojekt	333
10.3	<i>Gebäudeanalyse (Architektur)</i>	338
10.3.1	Auswertung I – grafische Gebäudeanalyse	339
10.3.2	Auswertung II – Nutzerbefragung, Expertengespräch	345
10.3.3	Auswertung III – Schülerprojekt	345
10.4	<i>Gebäudeanalyse (Technik)</i>	347
10.4.1	Grundriss	347
10.4.2	Gebäudehülle	348
10.4.3	Gebäudetechnik	358
10.4.4	Steckbrief	362
10.5	<i>Raumklima</i>	364
10.5.1	Allgemeine Auswertung der Nutzerbefragung	364
10.5.2	Langzeitmessung	365
10.5.3	Raumluftqualität	367
10.5.4	Raumtemperatur	370
10.5.5	Raumluftfeuchte	378
10.5.6	Tages- und Kunstlicht	379
10.6	<i>Akustik</i>	383
10.6.1	Außenlärm und Störgeräuschpegel im Gebäude	383
10.6.2	Nachhallzeitmessungen und Beurteilung der Ergebnisse	384
10.6.3	Befragungsergebnisse von Lehrern und Schülern	389
11	Sanierungskonzept Hamburg	390
11.1	<i>Pädagogik: Empfehlungen für die Sanierung</i>	390
11.2	<i>Architektonisches Konzept</i>	391
11.2.1	Empfehlungen für die Sanierung	391
11.2.2	Innenraum	392
11.2.3	Außenraum	393
11.2.4	Fassade	394
11.3	<i>Sanierungskonzept Technik</i>	396
11.3.1	Thermische Gebäudesimulation	396
11.3.2	Rahmenbedingungen energetische Berechnung	407
11.3.3	Sanierungsmaßnahmen	409
11.3.4	Energetische Bewertung	411

11.3.5	Wirtschaftlichkeitsberechnung	415
11.3.6	Kostenübersicht	420
11.3.7	Primärenergiebedarf und CO ₂ -Emissionen	421
11.3.8	Zusammenfassung Technik	422
12	Abschlussbewertung Hamburg	424
12.1	<i>Bestandsanalyse Hamburg</i>	424
12.2	<i>Sanierungskonzept Hamburg</i>	429
13	Objektübergreifendes Fazit	433
14	Umsetzungsempfehlungen für den Schulbau	445
15	Anhang	450
15.1	<i>Jahres-Primärenergiebedarf</i>	450
15.2	<i>Fassadendetails</i>	452
16	Literatur	454

1 Zusammenfassung der Ergebnisse

In der ersten Phase des Forschungsprojekts „Ganzheitliche Sanierung von Schulen - GASS“ werden in einem interdisziplinären Projektteam für drei Schulen in Wolfsburg, Hildesheim und Hamburg Sanierungskonzepte entwickelt. Die Umsetzung der Konzepte ist in einer zweiten Projektphase als Demonstrationsvorhaben geplant. Gefördert wird das Projekt durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU).

Über eine ausführliche Bestandsanalyse der drei Schulgebäude haben die beteiligten Institute neben dem funktionalen, baulichen und gebäudetechnischen Zustand auch die Anforderungsprofile der Schüler und Lehrer durch Nutzerbefragungen, Interviews und Feldstudien erfasst. Ergänzend zur allgemeinen, bau- und anlagentechnischen Gebäudeaufnahme sind Raumklimamessungen durchgeführt worden.

Nachfolgend werden die Ergebnisse nach den Themen Pädagogik, Architektur, Raumklima, Energie, Akustik zusammengefasst und mit einem Kurzfazit abgeschlossen.

Pädagogik

An den untersuchten Schulen ist, wenngleich in sehr unterschiedlichen Ausprägungen, eine Tendenz hin zum individualisierten Lernen zu beobachten. Die diesbezüglich von den Nutzerinnen und Nutzern artikulierten Bedarfe und Wünsche weisen viele Parallelen auf.

Die vorwiegend zum Lernen und Arbeiten genutzten Bereiche unterliegen durch die Öffnung des Unterrichts und einer damit einhergehenden Rhythmisierung des Schultages veränderten Nutzungsanforderungen, welche sich sowohl auf die Gestaltung von Klassen- und Fachräumen als auch auf die Konzeption von Fluren und Verkehrsflächen auswirken. Damit Unterrichtsräume als so genannte vorbereitete Umgebung den Lernprozess anregen und unterstützen können, sind folgende Mindeststandards zu erfüllen:

- Großzügiges Raumangebot (2,5 bis 3 m² pro Schüler)
- Geordnete und klar strukturierte Lernumgebung durch
 - verschließbare Schränke, Regale, Ablagefächer
 - die Einrichtung und Gestaltung von Themenecken

- Ästhetisch ansprechende Flächen zum Ausstellen von Schülerarbeiten
- Flexible Raumnutzungsmöglichkeiten (z.B. durch bewegliches Mobiliar, Raumteiler)

Enorme Defizite sind an allen drei Schulen in der Raum- und Sachausstattung für den Freizeitbereich zu verzeichnen, die bislang teilweise durch rückläufige Schülerzahlen kompensiert werden konnten. Bei der Ermittlung des konkreten Zusatzbedarfes werden neben den pädagogischen Konzepten auch der Ausbau zur Ganztagschule und die damit einhergehende Verlängerung der täglichen Schulzeit berücksichtigt. Erforderlich sind sowohl an den Grundschulen als auch am Gymnasium zusätzliche, dem Alter der Schülerinnen und Schülern angemessene Rückzugszonen sowie bewegungsfördernde Angebote im Innen- und Außenraum.

Der Ganztagsschulbetrieb erfordert in Abhängigkeit vom Ganztagsschulmodell ein zusätzliches Raumangebot. Benötigt werden vor allem an den beiden Grundschulen Räume für die Zubereitung und/oder die Einnahme des Mittagessens, Räume zum Erledigen der Hausaufgaben sowie Arbeitsplätze und Rückzugsmöglichkeiten für Lehrerinnen und Lehrer.

Architektur

Die konkreten Entwürfe und Vorschläge für die Schulen sind spezifische Lösungen für die unterschiedlichen Bedürfnisse und Anforderungen der Schulen. Hierbei lassen sich Erkenntnisse und Empfehlungen mit gewissem Modellcharakter entwickeln:

Die pädagogischen Anforderungen sind bei den architektonischen Entwurfskonzepten als Vorgaben berücksichtigt worden. Darüber hinaus gehörten zu den allgemeinen Entwurfszielen im Zuge des geplanten Ganztagsbetriebes die Neuorganisation, die entwurfliche Uminterpretation und die Erweiterung (z.B. Ganztagsbetrieb) der Gebäude. Die Anpassung an „offenere“ Unterrichtsformen innerhalb des Gebäudes ist ein grundlegendes Thema in den Schulen. Damit einhergehen gestalterische Möblierungskonzepte für die Klassenräume insbesondere mit dem Konzept der Themenecken und für die Flure. Eine strategische Einbindung der Außenräume in Beziehung zu den Innenräumen ist gerade in Erwartung des Ganztagsbetriebes eine weitere wichtige Entwurfsaufgabe.

Einen besonderen Schwerpunkt stellt die entwurfliche Ausarbeitung der unterschiedlichen Fassadensanierungen dar. Hierbei werden Funktionale und technische Anforderungen, die Beziehung zum Bestand und der gestalterische Anspruch des neuen „Gesichts“ der Schulen nach Außen mit einbezogen.

Raumklima

Im Rahmen der Langzeitmessungen sind die Behaglichkeitsfaktoren CO₂-Konzentration, Raumtemperatur und Raumluftheuchte über ein Jahr aufgenommen worden.

Die Ergebnisse zeigen einen klaren Zusammenhang zwischen Außentemperatur und Lüftungsverhalten, da die Lüftungsbereitschaft mit sinkenden Außentemperaturen unter 15°C stark abnimmt. Eine Überschreitung des angenommen Richtwertes von 1.500 ppm der CO₂-Konzentrationen tritt somit überwiegend in den Wintermonaten auf (s. Bild 1). Gemessen worden sind prozentuale Anteile von 44 % bis 77 % der Stundenmittelwerte in der Unterrichtszeit

GASS Komfortmonitoring

Mittel-, Minimal- und Maximalwerte der CO₂-Konzentrationen

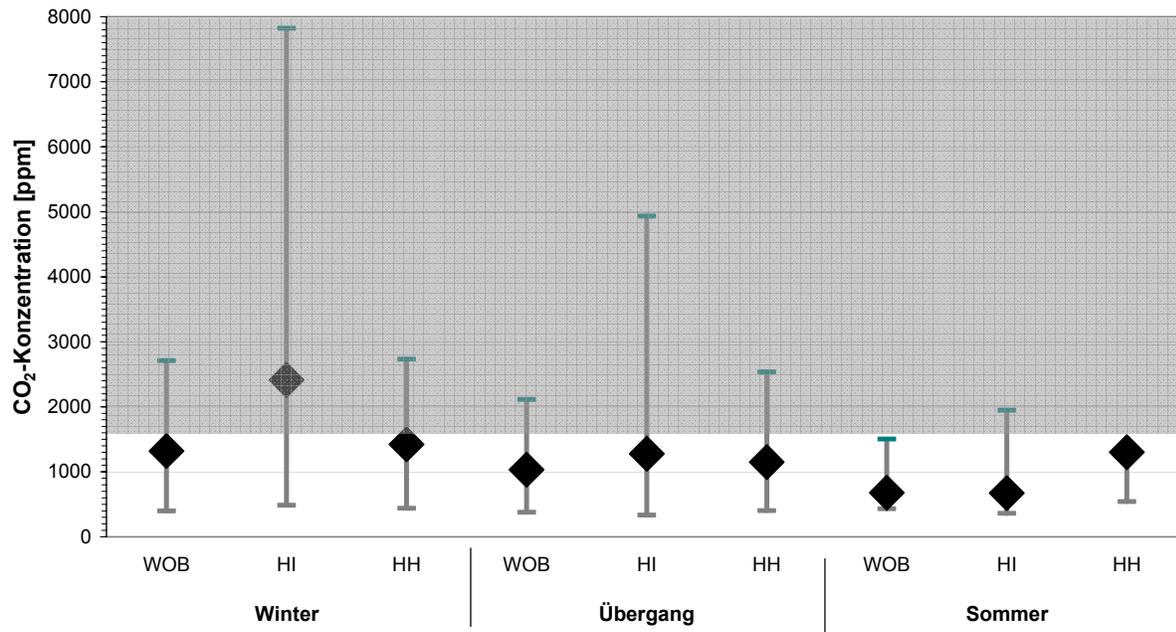


Bild 1 Mittelwerte CO₂-Konzentration nach Jahreszeit

Insbesondere bei hohen Belegungsdichten in Zusammenhang mit höherem Alter der Schüler und damit höherer CO₂-Abgabe konnten maximale Überschreitungen um das fünffache des Richtwerts gemessen werden. Über Fensterkontakte und Nutzerbefragung ist eine entsprechende unzureichende Lüftungsbereitschaft dokumentiert worden. Durch die Nutzerbefragung wird nachgewiesen, dass die Lehrer eher zu schlechterer und die Schüler eher zu besserer Bewertung der (schlechten) Raumluftqualität tendieren.

Die Einschränkungen der thermischen Behaglichkeit im Sommer sind aufgrund der Messergebnisse nicht auffällig. Ostorientierte Klassenräume haben im Sommer mit 5 bis 7 %, den höchsten Anteil an Überhitzungsstunden zu verzeichnen. Deutlich wird die Abhängigkeit der Belegungszeit von 8:00 bis 13:00 Uhr mit dem Zeitpunkt der solaren Einstrahlung in die Räume. Gründe für die mäßigen Überhitzungen liegen auch in der Nichtberücksichtigung von zwei weiteren warmen Perioden während der Sommerferien (6 Wochen Sommer).

Im Hinblick auf den beabsichtigten Ganztagsbetrieb sowie den verstärkten Computereinsatz im Unterricht, wird die sommerliche Überhitzung an Bedeutung gewinnen. Da die nutzungs- und objektabhängigen Parameter großen Einfluß haben, sind die Sonnenschutzmaßnahmen im Einzelfall zu prüfen. Aus der thermischen Simulation für die Hamburger Schule konnten folgende Maßnahmen abgeleitet werden: Der Einsatz einer 2-Scheiben bzw. 3-Scheiben Wärmeschutzverglasung mit möglichst hoher Tageslichttransmission ist in Kombination mit einem außenliegenden, möglichst hinterlüfteten Sonnenschutz zu empfehlen. Bei Integriertion einer Tageslichtlenkung kann über den Sonnenschutz weiterhin die Tageslichtautonomie erhöht und der Kunstlichtbedarf reduziert werden. Ist der Einsatz eines außenliegenden Sonnenschutzes nicht möglich, sollte in jeden Fall der Einsatz einer Sonnenschutzverglasung mit ggf. weiteren Maßnahmen (innenliegender Sonnen-/Blendschutz) geprüft werden.

Weitere Verbesserung bei hohen Temperaturen bietet die Nachtlüftung, die z.B. über Lüftungsfenster mit feststehenden Lamellen für den Wetter- und Einbruchschutz oder über die Lüftungsanlagen praktiziert werden kann. Durch eine offene Akustikdecke kann die Speichermasse der Betondecken zur Pufferung der Raumtemperaturen im Sommer genutzt werden. Aus der thermischen Simulation ergeben sich im Vergleich einer geschlossenen zu einer komplett hinterlüfteten Decke Reduzierungen der Überhitzungsanteile von 5 % bis 15 %. Allgemein wird dazu ein reduzierter Akustikdeckenanteil von etwa 50% angenommen. Um dennoch optimale akustische Verhältnisse zu erzielen, wird als Ausgleichsfläche ein Wandfries mit Tiefenabsorber als Wandpaneel empfohlen.

Im Winter liegen 20 % bis 56 % der Stundenmittelwerte der Raumtemperaturen in der Unterrichtszeit unterhalb von 20°C. Gründe dafür liegen in der allgemein schlechten Qualität der Gebäudehülle im Bestand, einer unzureichenden Heizregelung sowie der winterlichen Auskühlungen durch Fensterlüftung und Nachtabenkungen.

Insgesamt zeigt sich, dass die Lehrer eher zu schlechterer Bewertung und die Grundschüler eher zu besserer Bewertung der Raumluftqualität tendieren. Gründe können in der ausgeprägten Fähigkeit zur kritischen Beurteilung und dem vorhandenen Problembewusstsein der Lehrer im Wissen um die Wichtigkeit für die Leistungsfähigkeit liegen. Auch wird ein

altersbedingt geringeres Urteilsvermögen der Grundschüler vermutet. Die Bewertungen der Gymnasiasten dagegen ähneln mehr den Lehrerurteilen.

Die Behaglichkeitskriterien für Raumlufffeuchten sind im Allgemeinen nicht eingeschränkt.

Energetische Bewertung

Die ausgewerteten Energieverbräuche der Gebäude korrespondieren wie in Bild 2 dargestellt mit den Durchschnittswerten von Schulen im Bestand nach EnEV.

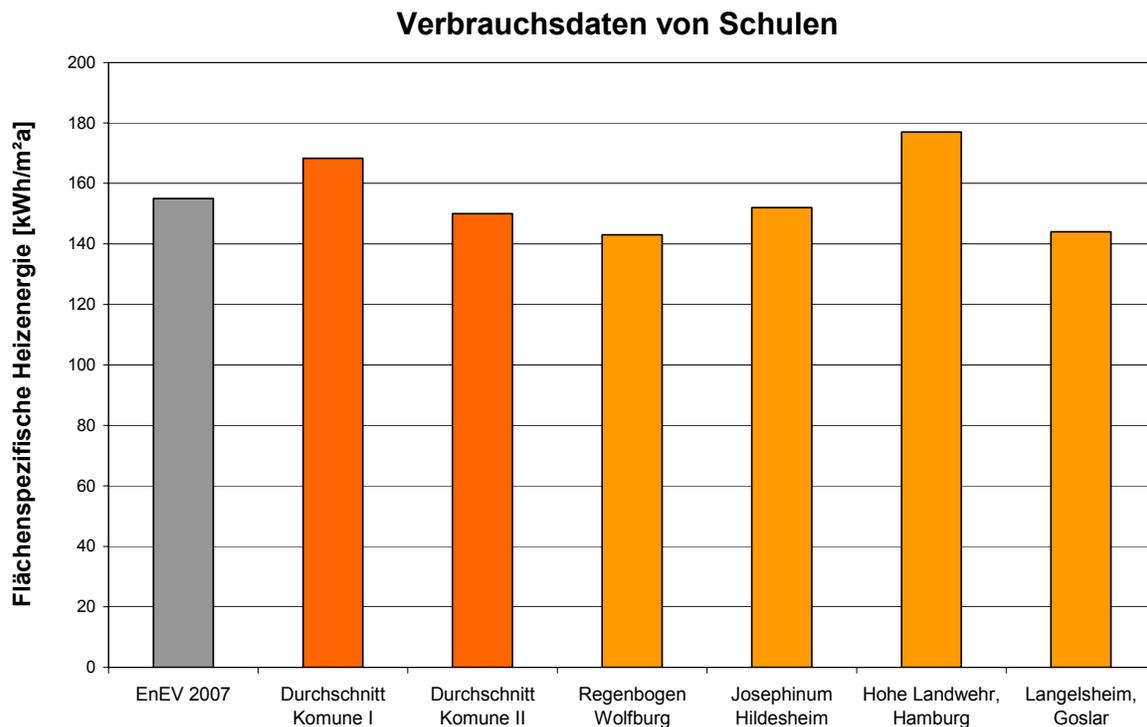


Bild 2 Wärmeverbrauchswerte von Schulen im Vergleich

Dabei entsprechen die Qualitäten der in der Regel unsanierten Gebäudehüllen bauphysikalisch nicht mehr dem Stand der Technik. Die Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile im Bestand liegen um etwa das Dreifache höher als es die EnEV vorgibt.

In den untersuchten Schulkomplexen (Hamburg) stellen insbesondere vorhandene Nahwärmeleitungen zwischen den Gebäudeteilen aufgrund unzureichender Wärmedämmung wesentliche energetische Schwachpunkte dar. Die Wärmebereitstellung über Fernwärme in Wolfsburg und Hamburg wird primärenenergetisch gut bewertet und bedarf keiner Änderung. In Hildesheim wird eine Nahwärmeversorgung mit anderen Liegenschaften des Domhügels mit Holzackschnitzelkessel geprüft.

Das mittlere energetische Einsparpotential durch Sanierung aller drei Schulen bezogen auf den Endenergiebedarf Wärme beträgt

- 56 % im EnEV Plus-Standard
- 68 % im KfW 40 / 60
- 81 % im Passivhausstandard

Zur genauen Definition der Energiestandards wird auf Kap.4.4.1 verwiesen.

Zur Verbesserung des Lernkomforts und zur energetisch notwendigen Reduzierung der Lüftungswärmeverluste wird eine mechanische Belüftung der Unterrichtsräume mit Wärmerückgewinnung empfohlen. Aufgrund der in Altbauten typischen Probleme der Integration zentraler Lüftungsanlagen (Raumbedarf Zentrale, Kanalführung, Brandschutz, ...) werden in den meisten Fällen natürlich gelüfteter Räume dezentrale Lüftungsgeräte vorgeschlagen. In diesem Projekt werden unter Berücksichtigung der derzeit verfügbaren dezentralen Lüftungsgeräte Luftmengen von 15 bis 20 m³/h pro Person als Auslegungskriterium herangezogen. Das Alter der Schüler wird bei der Dimensionierung berücksichtigt. Mit dem entsprechenden 2- bis 3-fachen Luftwechsel liegen die Spitzenwerte der CO₂-Konzentration im Bereich von 1.200 ppm bis 1.500 ppm in einer Schule.

Die Einhaltung eines CO₂-Richtwertes von 1.500 ppm sollte allgemein als Mindestanforderung an eine akzeptable Luftqualität angesehen werden. Eine weitere Steigerung der Leistungsfähigkeit durch eine verbesserte Raumluftqualität mit CO₂-Konzentration unterhalb von 1.000 ppm sollte im Fall dezentraler Lüftungsgeräte unter Berücksichtigung der Zunahme der Geräuschpegel sowie der resultierenden Investitions- und Betriebskosten ganzheitlich beurteilt werden.

Nach Bewertung der installierten Beleuchtungsanlagen wird das Einsparpotential der veralteten Technik (überhöhte Leistung, keine Vorschaltgeräte usw.) auf bis zu 75% im Bereich Kunstlicht geschätzt. Aufgrund verhältnismäßig hoher Fensterflächenanteile ist die Tageslichtversorgung als insgesamt ausreichend zu bewerten.

Zur Vermeidung zukünftiger sommerlicher Überhitzung im Ganztagsbetrieb wird ein effektiver Sonnenschutz mit Lichtlenkung vorgeschlagen.

Wirtschaftlichkeit

Die wirtschaftliche Bewertung der Sanierungsstrategien weisen den Verzicht auf energetische Sanierungsmaßnahmen, d.h. die bloße Instandhaltung der Gebäude, als unwirtschaftlich aus.

Die EnEV plus-Variante weist bei einer angenommenen Energiepreissteigerung von 5 % und einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren die höchste Wirtschaftlichkeit auf. Bei einer Energiepreissteigerung von 10 % nähert sich der Passivhausstandard trotz höherer Investitionen der EnEV plus-Variante durch niedrige Betriebskosten an.

Die Umsetzung des höherwertigen Energiestandards „Passivhaus“ kann damit neben einer deutlichen Verbesserung des Raumkomforts und damit der Leistungsfähigkeit der Schüler und Lehrer zusätzlich einen erheblichen Beitrag zur Reduzierung von Energieverbrauch und Emissionen leisten.

Akustik

In allen drei Schulen ist bereits eine Ausstattung der meisten Räume mit vollflächigen abgehängten Akustikdecken vorhanden, so dass die akustische Gesamtsituation als relativ positiv zu beurteilen ist. Es zeigen sich jedoch zahlreiche kleinere Mängel (z.B. unzureichend tief abgehängte Akustikdecken und mangelhafte Absorbereinlagen im Deckenzwischenraum) und in geringem Umfang auch vordringlicher Sanierungsbedarf, meist als Forderung nach zusätzlichen Akustikflächen.

Ein besonderes Problem stellen die großenteils sehr halligen Flure und Treppenhäuser dar. Insbesondere bei Umbaumaßnahmen zur Realisierung der im Projekt entwickelten pädagogischen, architektonischen sowie bauphysikalischen Änderungsvorschläge ist hier eine hinreichende akustische Ausstattung umzusetzen.

Die pädagogischen Forderungen und deren architektonische Entsprechung nach größeren Variationsmöglichkeiten bei der Wahl der Unterrichtsform u.a. durch Bildung und geeigneter Platzierung von Lerngruppen, Einbeziehung von Nebenräumen, Fluren etc. in das Unterrichtsgeschehen erhöhen die raumakustischen Anforderungen an die Schulgebäude. Die Umsetzung niedrigerer Nachhallzeiten durch entsprechende Maßnahmen ist technisch und wirtschaftlich realisierbar.

Zu berücksichtigen ist, dass zunehmend die Einbeziehung der in der Regel vorhandenen Betondecken der Gebäude als thermische Speichermassen in der Bauphysik eine wichtige Rolle spielt. Entsprechend müssen sorgfältig Kompromisse erarbeitet werden, indem nur die akustisch wirksameren Bereiche der Deckenflächen durch Akustikdecken thermisch entkoppelt werden (insbesondere die Randbereiche der Decken). Die übrige erforderliche Absorberfläche muss dann auf die Wandflächen verlegt werden, was akustisch insgesamt durchaus vorteilhaft sein kann (u.a. Verringerung der Gefahr von Flatterechos). Derartige Maßnahmen erfordern zwar höheren Planungsaufwand, scheinen aber problemlos realisierbar. Hinzu kommt, dass sich

aktuell die Palette verfügbarer Decken- und Wandabsorber stark erweitert hat und kaum noch Einschränkungen bezüglich optischer Gestaltungsmöglichkeiten bestehen.

Zu beachten ist auch, dass in allen drei Schulen relativ niedrige Störgeräuschpegel festgestellt wurden. Lediglich in Hildesheim wirkt sich Außenlärm in bestimmten Situationen im Schulgebäude störend aus. Bei der vorgesehenen Fassadenrenovierung kann dieser Problematik durch entsprechend verbesserte Schalldämmung begegnet werden. Im Projekt wird aus hygienischen und energetischen Gründen vorgeschlagen, dezentrale Lüftungsgeräte zur Gebäudesanierung einzusetzen. Hier ist große Sorgfalt in der Sanierungsplanung gefragt, da die raumweise Integration von Lüftungsgeräten eine akustische Beeinträchtigung der Klassenräume bedeuten kann.

Grundsätzlich kann die als erforderlich festgestellte akustische Sanierung bzw. Verbesserung der Räume praktisch ausnahmslos im Rahmen von Trockenbau-Maßnahmen erfolgen. Damit sind die Maßnahmen auch kurzfristig realisierbar und können auch raumweise als Einzelmaßnahme umgesetzt werden. Es handelt sich im Wesentlichen um den Einbau oder den Ersatz von Akustikdecken und die Anbringung von Wandpaneelen. Diese Maßnahmen sind auch im Hinblick auf Brandschutz und auf statische Erfordernisse als völlig unproblematisch einzustufen. Die im Projekt gewonnenen Messdaten stellen unmittelbar die Basis für die Durchführungsplanung der Maßnahmen dar.

Kurzfasit

Die über den ganzheitlichen Ansatz gewonnenen Erkenntnisse des Forschungsprojekts zeigen ein deutliches energetisches Einsparpotential auf und belegen damit die Sinnhaftigkeit einer ganzheitlichen Schulsanierung. Zum einen prägt die architektonische und funktionale Gestaltung als gebaute Umwelt die Randbedingungen des Lernens aus pädagogischer Sicht. Zum anderen stellt ein gutes Raumklima in den Schulen eine Grundvoraussetzung für hohe Lern- und Lehrfähigkeit von Schüler und Lehrer dar. Es ist daher zwingend erforderlich, die Lernbedingungen unter wirtschaftlich vertretbarem Einsatz zu verbessern und gleichzeitig durch die Erhöhung der Energieeffizienz einen wichtigen Beitrag zur ökonomischen und ökologischen Entwicklung dieses Landes zu leisten. Wichtige Konzeptansätze dazu werden durch das interdisziplinäre Projektteam in diesem Bericht aufgezeigt.

2 Einleitung

Im zeitlichen Zusammenhang mit dem aktuellen Sanierungsschub an deutschen Schulen zeigt das Forschungsprojekt „Ganzheitliche Sanierung von Schulen - GASS“ Lösungs- und Optimierungsansätze für nachhaltige und zukunftsfähige Sanierungskonzepte auf, die in einer ersten Phase beispielhaft für drei Schulen in Wolfsburg, Hildesheim und Hamburg (s. Bild 3) entwickelt werden. Die Umsetzung ist in einer zweiten Projektphase als Demonstrationsvorhaben geplant.

Hierbei zeichnet sich das Projekt durch einen integralen Ansatz aus, der durch die Einbindung verschiedener Fachrichtungen die Entwicklung ganzheitlicher Lösungsstrategien ermöglicht.

Gefördert wird das Projekt mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) unter dem Aktenzeichen 25297.



Bild 3 *Beteiligte Schulen (v. l.: Regenbogenschule Wolfsburg, Josephinum Hildesheim, Grundschule Hamburg)*

Ziele

Neben einer deutlichen Reduzierung des Energieverbrauchs, der CO₂-Emissionen und der Betriebskosten liegt die Zielsetzung in der Verbesserung des Raumklimas, um damit die Lernfähigkeit von Schülern und Lehrern zu erhöhen. Die nutzerorientierten Ansätze zur Verbesserung der gestalterischen, funktionalen, pädagogischen, raumklimatischen und akustischen Bedingungen werden mit energetischen und wirtschaftlichen Ansätzen im Sinne einer ganzheitlichen Konzeptoptimierung kombiniert.

Struktur / Umsetzung

Phase 1 gliedert sich in die Bestandsanalyse und die Konzeptphase. Für die Bestandsanalyse wird der bauliche und anlagentechnische Zustand der drei Schulgebäude erfasst. Dazu werden die funktionalen, räumlichen und raumklimatischen Bedingungen im Ist-Zustand und die Bedürfnisse der Schüler und Lehrer ermittelt und pädagogisch sowie umweltpsychologisch bewertet. Ein Anforderungskatalog für die nachhaltige Sanierung wird unter Einbindung aller Projektbeteiligten, der Schulbetreiber, Pädagogen, Lehrer sowie Schüler entwickelt. Auf dieser Grundlage werden in der Konzeptphase jeweils individuelle Konzepte für eine ganzheitliche Sanierung erstellt und Empfehlungen zur Umsetzung gegeben. Zur Verbesserung der hygienischen, thermischen und akustischen Situation in den Klassen durch Optimierung des Nutzerverhaltens ist diesem Bericht zusätzlich ein „Handlungsleitfaden für Lehrkräfte“ beigefügt.

Anzumerken ist, dass sich der Projektteil zur Umsetzung eines „EnergieLernLabors“ an der Bismarckschule Hannover aufgrund der späteren baulichen Umsetzung verzögert.

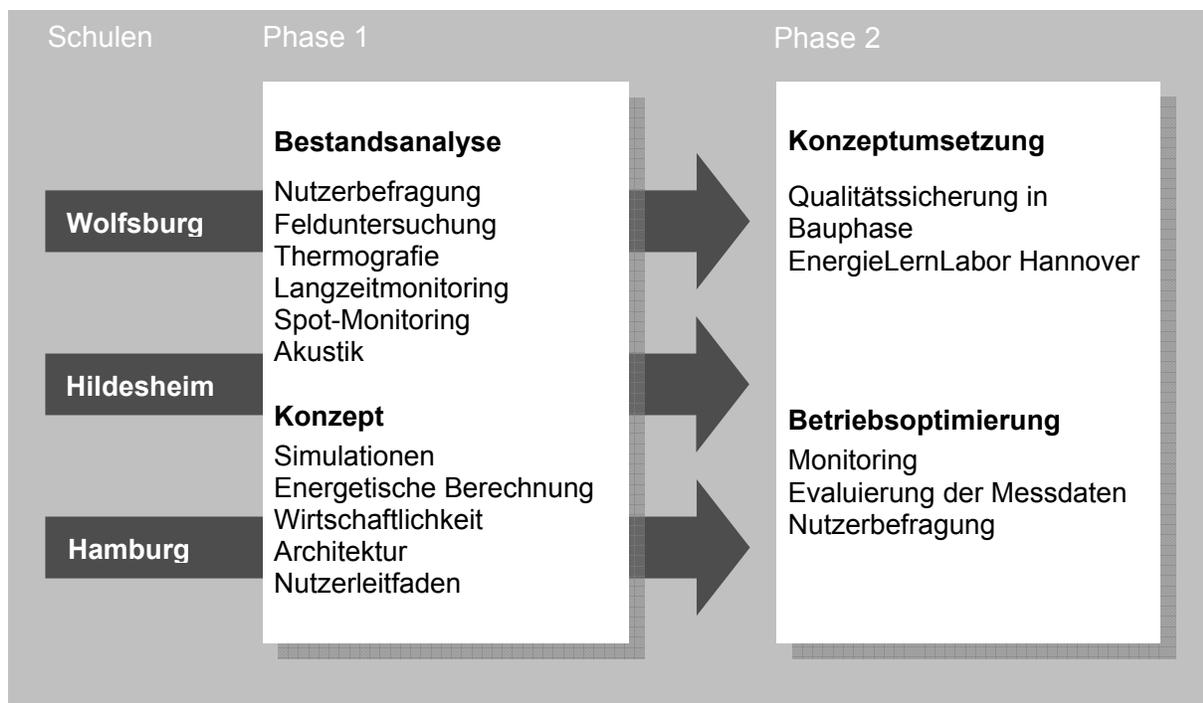


Bild 4 Projektstruktur

Zu den Kooperationspartnern und externen Partnern gehört ein interdisziplinäres Projektteam aus den Bereichen Pädagogik, Umweltpsychologie, Architektur, Bauphysik und Gebäudetechnik.

Die folgenden Institute sind an dem Projekt beteiligt:

Bauphysik und Gebäudetechnik	Prof. Fisch, Institut für Gebäude- und Solartechnik Prof. Goydke, Ingenieurbüro für Raum- und Bauakustik
Architektur	Prof. Léon, Institut für Entwerfen und Gebäudelehre Dittert & Reumschüssel, Architektur und Stadtentwicklung
Pädagogik	Prof. Kemnitz, Institut für Erziehungswissenschaft
Psychologie	Prof. Linneweber, Institut für Psychologie

Table 1 Projektpartner

3 Theoretische Grundlagen

Zunächst werden die theoretischen Grundlagen und der Stand der Forschung zu den Einzelthemen Pädagogik, Architektur, Raumklima und Akustik dargestellt.

3.1 Grundlagen Pädagogik

In den letzten Jahren findet die architektonische Gestaltung von Schule nicht nur in der Pädagogik zunehmend mehr Beachtung. Mittlerweile sind zahlreiche Publikationen erschienen, die sich aus verschiedenen Blickwinkeln, der Soziologie, der Psychologie, der Pädagogik und natürlich auch der Architektur, der Akustik und der Bauphysik, mit der Qualität von Schulraum auseinandersetzen. Darunter sind auch zahlreiche Forschungsarbeiten vertreten, die den Einfluss von Schulräumen auf das Wohlbefinden und das Lernverhalten von Schülerinnen und Schüler belegen. Zum akustischen Design in Schulräumen veröffentlichten u.a. Huber, Kahlert und Klatte 2002 Befunde aus der Lärmwirkungsforschung. Gestützt durch zahlreiche Untersuchungen, sehen es die Autoren als belegt an, dass die in Schulen auftretenden Lärm- und Schallbelastungen zum Teil zu erheblichen Lernschwierigkeiten führen¹. Gehen akustische Signale in Unterrichtsräumen unter oder können nicht ausreichend aufgenommen werden, kann sowohl das Lesen- und Schreibenlernen, die Entwicklung des mündlichen Sprachgebrauchs sowie die Effektivität diskursiver Unterrichtssituationen entscheidend behindert werden². Neben den physikalisch raumakustischen Bedingungen (vgl. Kap. 3.4) hängt die Qualität der Höratmosphäre auch von psychosozialen und pädagogischen Faktoren ab. Vor allem soziale Arrangements innerhalb der Lerngruppen, vereinbarte Regeln und Rituale, können zu einer für das Lernen angemessenen Höratmosphäre beitragen. In Bezug auf die Luftqualität in Klassenzimmern hat erst jüngst eine Studie der Universität Bremen gezeigt, dass die Werte vielerorts weit über den üblichen Toleranzgrenzen liegen³. Schlechte Luft ermüdet und führt zu Konzentrationsschwierigkeiten und Leistungsabfall. Diese Erkenntnisse über den Einfluss akustischer und raumklimatischer Bedingungen sind nicht neu, werden aber nach wie vor nur unzureichend berücksichtigt.

Auch Einflussgrößen wie z.B. die Farb- und Formgestaltung von Räumen, für die man keine messbaren Grenzwerte ermitteln kann, haben nicht zu unterschätzende Auswirkungen auf das

¹ vgl. Huber / Kahlert / Klatte 2002, 10

² ebd.

³ vgl. Gesundheitsamt Bremen 2007

Wohlbefinden der Nutzerinnen und Nutzer. Christian Rittelmeyer untersuchte im Rahmen eines Göttinger Forschungsprojektes, wie Schülerinnen und Schüler Farben und Formen erleben und kam zu dem Schluss, dass sich Schulbau-Architektur und Farbgestaltung auf körperliche Prozesse auswirken und damit einen Einfluss auf die Befindlichkeit von Kindern und Jugendlichen haben⁴. Seiner Meinung nach mache diese leibliche Komponente der Architekturwirkung erst verständlich, warum z.B. Schulvandalismus oder Krankheitsanfälligkeit durch bestimmte Schulbauformen hervorgerufen bzw. vermindert werden können⁵. Bereits frühere Untersuchungen in Deutschland hatten gezeigt, dass positiv erlebte Schulumgebungen mit geringeren schulvandalistischen Aktivitäten einhergehen⁶. Was Schülerinnen und Schüler in ihrem Schulalltag vermissen, macht hingegen die aus England stammende Studie „The School I'd Like“ von Catherine Burke und Ian Grosvenor deutlich, an der sich mehr als 1000 Kinder und Jugendliche im Alter zwischen fünf und 18 Jahren mit Zeichnungen, Fotografien, Essays, Beschreibungen und Gedichten beteiligt haben. Die meisten haben gezeichnet oder beschrieben, was in ihrer konkreten Schule nicht vorkommt⁷. Obgleich die Interpretation solcher Text- und Bildquellen aus wissenschaftlicher Sicht umstritten ist und diese Art von Quellen keine Antworten geben, wie Schulen denn nun bestenfalls zu gestalten seien, so bestätigen sie aber einmal mehr, dass Schulräume einen Einfluss auf das Wohlbefinden und das Lernverhalten ausüben⁸.

Auch wenn bei Sanierungen von Schulgebäuden zunächst vorrangig eine Verbesserung des allgemeinen Nutzerkomforts (Raumluft, Beleuchtung, Akustik) und der Energieeffizienz angestrebt wird, sollte stets auch ein Blick auf die Veränderungen geworfen werden, die sich in den vergangenen Jahrzehnten innerhalb der pädagogischen Landschaft vollzogen haben. Vor zwanzig Jahren und mehr errichtete Schulgebäude weisen nicht selten Organisationsformen auf, welche sich für die heutigen Anforderungen an Schule als eher hinderlich erweisen. Eine Sanierung sollte daher gleichzeitig zum Anlass genommen werden, die Anordnung und Gestaltung der Räume in Bezug auf die darin stattfindenden Lernangebote kritisch zu hinterfragen. Seit geraumer Zeit spricht man in der Pädagogik von einem Paradigmenwechsel „vom Lehren zum Lernen“⁹, der auch für die Schularchitektur bedeutsam ist. Das Bild vom

⁴ vgl. Rittelmeyer 1994

⁵ Rittelmeyer 2007, 9

⁶ Klockhaus / Habermann-Morbey 1986

⁷ Mehrfach gewünscht werden z.B. ausgefallene Bauformen (runde, ovale oder dreieckige Grundrisse), ein farbenfrohes Schulhaus, eine gläserne Kuppel als Dach oder schalldichte Türen (vgl. Burke / Grosvenor 2003)

⁸ vgl. Kemnitz 2007, 8

⁹ vgl. Fauser / Prenzel / Schratz 2007

"Lehren" als didaktisch aufbereitete Weitergabe von Wissen wird immer mehr in Frage gestellt. Ging man lange Zeit davon aus, dass Schüler „lernen“, was die Lehrer „lehren“¹⁰, so wird Lernen heute in zunehmendem Maße nicht mehr als reine Form der Übernahme von Wissen betrachtet, sondern als aktiver Prozess des Aufbaus neuer Wissensstrukturen aus der persönlichen Erfahrung heraus. Diese Überlegungen sind nicht neu und wurden schon zu Beginn des 20. Jahrhunderts von den Reformpädagogen (u.a. Montessori, Petersen, Freinet) formuliert. Als Weg wird die Etablierung einer schülerorientierten Lernkultur an den Schulen angestrebt, die beim Lernenden und seiner Verantwortung für den eigenen Lernprozess ansetzt. Auch dies ist nicht wirklich neu, in der Praxis aber - nicht zuletzt wegen der räumlichen Konsequenzen dieses Paradigmenwechsels - mit Problemen behaftet. Die Forderung nach Schülerorientierung wird in vielen Fällen durch „offenen Unterricht“ umgesetzt. Unter dem Sammelbegriff „Offener Unterricht“ werden unterschiedliche schülerorientierte Ansätze differenzierenden und individualisierten Lernens, wie die Arbeit mit dem Tages- oder Wochenplan, der Projektunterricht oder die Werkstattarbeit subsumiert. Wesentliches Merkmal geöffneten Unterrichts ist neben einem veränderten Lernbegriff auch eine veränderte Rolle der Lehrperson. Diese tritt so weit wie möglich in den Hintergrund und sieht ihre Hauptaufgabe darin, einen freien und anregungsreichen Raum, eine so genannte „vorbereitete Umgebung“¹¹, zu schaffen. Klassenzimmer mit „vorbereiteter Umgebung“ verfügen über einen werkstattähnlichen Charakter, in denen meist verschiedene Funktions- und Arbeitsbereiche, z.B. Computer-, Lese- und Musikecken sowie Experimentierbereiche, eingerichtet sind, so dass sich die Lernenden gleichzeitig mit unterschiedlichen Inhalten beschäftigen können. Das für das selbstständige Lernen erforderliche Materialangebot ist in Regalen und Schränken übersichtlich geordnet und steht frei zugänglich zur Verfügung. Gleichzeitig hat die Öffnung des Unterrichts Einfluss auf die Sitzordnung. Die Schülertische sind entsprechend der veränderten Rolle von Lehrenden und Lernenden nur noch selten in der „Omnibusordnung“¹² ausgerichtet, sondern häufig zu Gruppentischen angeordnet. Um den für offene Arbeitsformen erforderlichen erhöhten Raumbedarf zu decken, weichen viele Lehrkräfte während der Unterrichtszeit auf Flure und Verkehrsflächen aus, die für diese Nutzung nicht konzipiert und zumeist unbehaglich sind sowie akustischen Anforderungen nicht standhalten. Die Architektur kann und sollte durch die räumliche Gestaltung eine neue Lehr- und Lernkultur unterstützen und fördern.

¹⁰ vgl. Holzkamp 1991

¹¹ Der Begriff geht zurück auf Maria Montessori. Zur vorbereiteten Umgebung zählen sowohl Möbel („räumlich vorbereitete Umgebung“) als auch Materialien („sachlich vorbereitete Umgebung“), die es dem Kind ermöglichen, selbstständig an seine Arbeit heranzugehen.

¹² Drews et al. 2000, 140

Mit dem Ziel erweiterter Bildungs- und Fördermöglichkeiten haben sich die Länder und das Kultusministerium im Nachgang zu PISA und PISA-E bereits 2001 auf das Voranbringen von Maßnahmen zum Ausbau von schulischen und außerschulischen Ganztagsangeboten verständigt. Die Regenbogenschule in Wolfsburg wird in Folge dieser Entwicklungen seit Beginn des Schuljahres 2008/09 bereits als offene Ganztagschule geführt. In Hamburg wird eine Entscheidung zum Ganztagsbetrieb Ende 2009 erwartet. Mit Umsetzung der Hamburger Schulreform wird die bisherige Grundschule Hohe Landwehr als Primarschule betrieben. Im Gymnasium Josephinum ist kein Ganztagsangebot geplant, es findet jedoch an drei Nachmittagen in der Woche bis 14.30 Uhr Unterricht statt, dem eine Mittagsfreizeit mit Essenseinnahme vorausgeht.

3.2 Grundlagen Architektur

3.2.1 Prof. Léon, IEG

Folgende Überlegung stellt den Hintergrund der Entwurfsziele für das Institut für Entwerfen und Gebäudelehre dar: Architektur kann als der räumliche Rahmen für unser soziales Handeln betrachtet werden. Deshalb kann man Architektur als einen Hintergrund verstehen, der die Umsetzung unterschiedlicher Bedürfnisse und Vorstellungen ermöglicht. Dies bedeutet, dass Architektur in der Gestaltung nicht vordergründig und direkt vermeintliche Nutzungsprofile übersetzt. In einem Schulgebäude muss deshalb nicht alles verspielt und bunt gestaltet werden, aber es sollten offene, konzentrierte und fröhliche ebenso wie ruhige, individuelle Situationen darin ermöglicht werden. Gleichzeitig darf sich das Gebäude aber auch nicht gestalterisch völlig zurücknehmen. Es bedarf vielschichtiger Identifikationsmerkmale, damit Schüler sich in ihrem Gebäude entfalten können.

Beispielhaft wird in diesem Zusammenhang kurz auf den Prozess der Raumwahrnehmung im Zusammenwirken von Farbe und Architektur eingegangen. Die Farbe stellt keinen gestalterischen Selbstzweck dar. „Farbe soll als Teil der Architektur dienen und sich auch auf diese beziehen.“¹³

¹³ Walden Borrelbach: Schulen der Zukunft. Gestaltungsvorschläge der Architekturpsychologie. Heidelberg 2002, S.47.

Richter beschreibt die Bedeutung der Farbergonomie in der Wechselbeziehung zwischen Mensch, Raum und Arbeit.¹⁴ Der ergonomische Farbkreis unterscheidet nach Akzenttönen, ergonomischen Tönen und Begleittönen. Eine hiernach ausgewogene Farbgestaltung soll möglichst alle Aspekte der Farbwirkung am Arbeitsplatz berücksichtigen und besseres Arbeiten unterstützen. Kleinflächig eingesetzte Akzenttöne sollen „sich abheben, Impulse setzen und die Aufmerksamkeit erregen(...) Ergonomische Farben sind für die Arbeitsflächen oder großflächige Fronten geeignet(...) Die hellen und harmonisch zugeordneten Begleittöne können an Wänden (...) für die räumliche Grundstimmung sorgen.“

Der Mensch als aufrecht gerichtetes Wesen „bewahrt den aufrechten Gang mehr oder weniger sicher in verschiedenen (waagrecht, senkrecht oder schräg konturierten) Raumarrangements.“¹⁵ Dem Fußboden kommt dabei als räumliche Basis, auf der wir uns bewegen, eine grundlegende, primäre Bedeutung zu.¹⁶ In der komplexen, aktiven und mit allen Sinnen betriebenen Raumwahrnehmung wird der Raum vom Boden über die Wände zur Decke hin „visuell abgetastet“ und verinnerlicht. Das Spannungsverhältnis zwischen Sicherheit und Verunsicherung kann die aktive Auseinandersetzung mit dem Raum unterstützen. Eine Farbgestaltung, die als erstes den horizontalen Fluss des Bodens betont, die Wände hiervon durch eine dezentere Farbgebung absetzt und die Decke durch eine noch hellere (hier: weiße) Farbgebung nach oben hin immer leichter werdend lässt, bevor der Blick wieder zurück zum Boden „geerdet“ wird, entspricht dem generellen Ablauf der Raumwahrnehmung. Als wichtiges Bindeglied in der visuellen Aneignung des Raumes zwischen Boden und Wänden fungieren die Möbel im Raum. Sie sind hier fester Bestandteil der dreidimensionalen Wand: einerseits ist die Wand deutlich vom Boden als freies Element abgesetzt, andererseits ist die Wand sowohl Möbel als auch konventionelle Wand. Nach dem Primärerlebnis des Bodens wird das harmonische Farbverhältnis von Boden und Möbel überprüft. Die darauf folgende kritische Beurteilung der Wände entscheidend über Behagen oder Unbehagen.

Diese so verstandene Hülle der Entfaltungsräume soll im Rahmen der Ganzheitlichen Sanierung verschiedene Aspekte implementieren: Der Nutzerkomfort, der sich vor allem aus den Untersuchungen zu Raumklima, Belichtung und Akustik ergibt sowie vor allem die Anforderungen aus dem Lehrbetrieb im Zuge der Umstellung zum Ganztagesbetrieb der Schulen. Besonderen Einfluss auf die Entwurfskonzepte haben die Vorgaben aus der Pädagogik zu den aktuellen Lehrkonzepten.

¹⁴ ebd., 226. Richter 218 f Siehe auch Frieling

¹⁵ ebd., 44.

¹⁶ Richter, 218. Siehe auch Frieling 1990.

3.2.2 Dittert & Reumschüssel

Energetische Modernisierungen verstehen wir nicht nur als Beitrag zum Klimaschutz, sondern auch als eine Chance zur Behebung baulicher Missstände und als eine „Zweite Chance für Architektur und Stadtbild“. Die Architektur der 50er und 60er Jahre ist in ihrer Formensprache vielfach erst ermöglicht worden, indem energetische und bauphysikalische Zusammenhänge in den Hintergrund getreten sind. Die schlanke Wandscheibe, der filigrane Dachüberstand und der schmale Stützpfeiler sind heute ohne technisch aufwändige Wärmedämmkonstruktionen kaum mehr möglich. Gleichzeitig sind die Anforderungen der Hamburger Klimaschutzverordnung und der aktuellen Energieeinsparverordnung zu erfüllen. Dabei die Formensprache der 50er und 60er Jahre nicht gänzlich zu überdecken, sondern neu zu interpretieren, fortzuentwickeln ist das Ziel der Entwurfsplanung von D&R.

3.3 Grundlagen Raumklima

Zunächst werden die Grundlagen für die Bewertung des Raumklimas kurz erläutert. Dazu gehören der hygienische Komfort, der thermische sowie hygrische Komfort.

3.3.1 Luftqualität

Für die Beurteilung der Luftqualität in Innenräumen wird im Allgemeinen die CO₂-Konzentration als Indikator verwendet. Kohlendioxid als menschliches Stoffwechselprodukt stellt zwar keinen Schadstoff mit toxischen Eigenschaften im herkömmlichen Sinne dar, trägt in hoher Konzentration aber zur Ermüdung und zu Konzentrationsschwächen bei. Tabelle 2 beschreibt Gesundheitsbeeinträchtigungen, die sich aufgrund erhöhter CO₂-Konzentrationen einstellen können.

CO ₂ -Konzentration		
in Vol.-%	in ppm	
0.04 Vol.-%	400	Außenluft
ab 0,1 Vol.-%	1.000	Maximalwert nach Pettenkofer (1858)
ab 0.15 Vol.-%	1.500	Maximalwert nach DIN 1946, Teil 2
ab 0.2 Vol.-%	2.000	Konzentrationsschwierigkeiten, Müdigkeit
ab 0.5 Vol.-%	5.000	leichte Beschwerden, Kopfschmerzen, leichtes Unwohlsein
ab 3 Vol.-%	1.500	Kopfdruck, Atemstörungen, Unwohlsein
ab 4 Vol.-%	40.000	Ohrensausen, Herzklopfen, Blutdruckanstieg
ab 5 Vol.-%	50.000	Schwindel, Benommenheit
ab 8 Vol.-%	80.000	Krämpfe, Ohnmacht, Atemstillstand, Tod

Tabelle 2 CO₂-abhängige Gesundheitsbeeinträchtigungen

Die CO₂-Abgaberate, d.h. die von einem Menschen pro Zeiteinheit abgegebene CO₂-Menge, ist im Wesentlichen von der körperlichen Aktivität und dem Alter abhängig. Die folgende Tabelle beschreibt typische CO₂-Abgaberraten.

Alter in Jahren	<1	1-3	4-6	7-9	10-14	> 14
Ruhe	2,3	4,8	9,7	14	20	22
leichte Aktivität	4,8	9,7	20	28	38	43
mäßige Aktivität	9,7	20	38	58	77	85
intensive Aktivität	17	33	67	102	135	152

Tabelle 3 Typische CO₂-Emissionen pro Person in l/h ¹⁷

Aufgrund der hohen Personendichte in Klassenräumen in Verbindung mit unzureichenden Außenluftwechselraten steigt der CO₂-Gehalt in den Unterrichtsräumen schnell an und führt zu sinkender Leistungsfähigkeit bei den Schülern und Lehrkräften.

Dies wird in der Literatur durch Feldversuche im Unterrichtsbetrieb belegt. In einer Studie des International Centre for Indoor Environment and Energy durch Felduntersuchungen¹⁸ eine Senkung der Leistung von Schülern um 25 % bei einer Verschlechterung der CO₂-Konzentration von 650 ppm auf 1.650 ppm nachgewiesen (s. Bild 5).

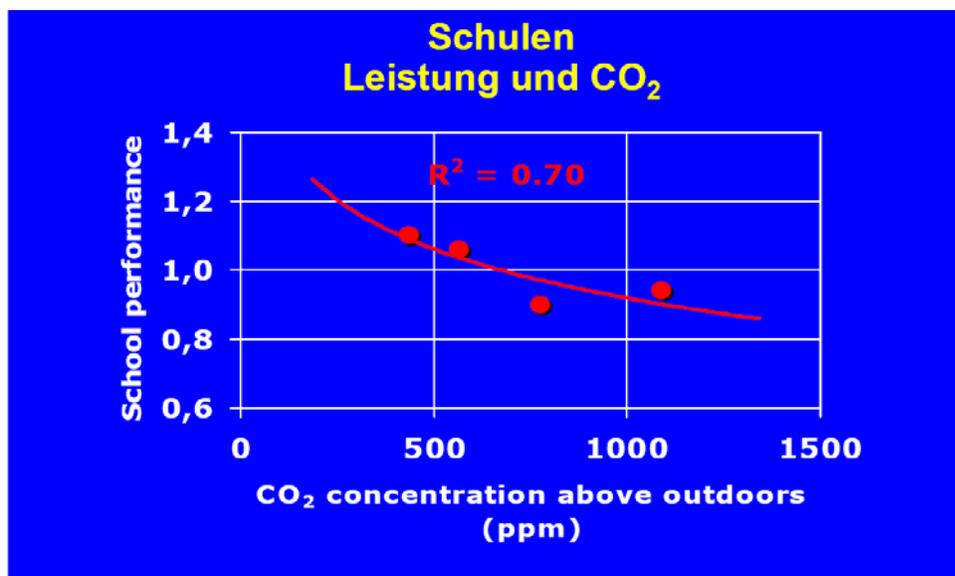


Bild 5 Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit der CO₂-Konzentration

¹⁷ Hehl, O./ Grams, H (2003)

¹⁸ Wargocki, P./Wyon, D.P./ Matysiak, B./Irgens, S. (2005)

Als hygienischer Richtwert galt für Klassenräume in Deutschland bisher allgemein ein Richtwert von 1.500 ppm (parts per million) – das sind 0,15 Vol.-% CO₂ in der Raumluft.^{19, 20}

In jüngerer Zeit werden zur hygienischen Optimierung in Anlehnung an die „Pettenkoferzahl“ (s. Tabelle 2) auch geringere Richtwerte von 1.000 ppm gefordert, so zum Beispiel im Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden des Umweltbundesamt²¹ von 2008. Dort wird eine CO₂-Konzentration von 1.000 bis 2.000 ppm als „hygienisch auffällig“ bewertet, die Lüftungsmaßnahmen erforderlich macht. In der DIN EN 15251²² werden für neue und renovierte Gebäude (Kategorie 2) 500 ppm über der Außenluftkonzentration und für bestehende Gebäude (Kategorie 3) 800 ppm über der Außenluftkonzentration (380-450 ppm) empfohlen.

Maßgebend für die Luftqualität in einem Raum ist der Austausch der Raumluft mit der Außenluft. In der Regel werden Schulen natürlich über die Fenster belüftet. Zur Vermeidung von Zugerscheinungen sowie unbehaglichen Temperaturen im Klassenzimmer werden die Fenster in der Regel durch die Nutzer bei kalten Außentemperaturen nur unzureichend geöffnet, was zur Verschlechterung der Luftqualität führt. Dies ist in der Literatur durch zahlreiche Messungen hinreichend belegt.^{23 24 25}

Über „intermittierende Lüftungspausen“ mit regelmäßiger Stoßlüftung nach 20 Minuten Unterricht konnten in Felduntersuchungen des Instituts für interdisziplinäre Schulforschung der Universität Bremen²⁶ Spitzen der CO₂-Konzentration von 1.500 ppm vermieden werden. Eine Absenkung auf 1.000 ppm war nicht möglich. Bei kalten Außentemperaturen führt dies regelmäßige Lüftungsverhalten allerdings zeitweise zu Einschränkungen des Nutzerkomforts

Um den erhöhten Richtwert der CO₂-Konzentration von 1.500 ppm einzuhalten, sind nach Messungen des Passivhaus Institutes im realen Schulbetrieb Luftmengen von 15 bis 20 m³/h/Person notwendig²⁷. Diese Luftmengen, die der Einhaltung von CO₂-Grenzwerten von 1.200 ppm bis 1.500 ppm entsprechen, empfiehlt das Passivhaus Institut auch für die Dimensionierung von Lüftungsgeräten.²⁸

¹⁹ Umweltbundesamt (2000)

²⁰ DIN 1946 Teil 2 (1994): Raumluftechnik

²¹ Umweltbundesamt (2008)

²² DIN EN 15251 (2007):Eingangparameter für das Raumklima

²³ vgl. Grams, H./ Hehl, O./ Dreesman, J. (2004)

²⁴ Hellwig, R.T./Eng, M./Antretter, F./Holm, A./Sedlbauer, K (2009)

²⁵ Fromme, H./Dietrich, S./Kiranoglu, M./Twardella, D./Schierl, R./Nowak, D./Heitmann, D./Körner, W. (2006):

²⁶ Tiesler, G /Schönwälder H-G / Ströver, F. (2008)

²⁷ Peper, S./Kah, O./Pfluger, R./Schnieders, J. (2007)

²⁸ Feist, W. /Kah, O./Sarini, V. (2006):

Andere wissenschaftliche Untersuchungen gehen zur Optimierung der Luftqualität von dem 1.000 ppm Richtwert für die CO₂-Konzentration aus, was Luftmengen von 25 bis 30 m³/h/Person entspricht.

In diesem Projekt werden unter Berücksichtigung der derzeit verfügbaren dezentralen Lüftungsgeräte Luftvolumenströme von 15 bis 20 m³/h pro Person in Abhängigkeit des Alters der Schüler angesetzt. Mit dem entsprechenden 2- bis 3-fachen Luftwechsel liegen die resultierenden Spitzenwerte der CO₂-Konzentration im Bereich von 1.200 ppm bis 1.500 ppm. Unter Beachtung von den Angaben in Tabelle 3 werden Zuluftströme von 15 m³/h/Schüler unter 10 Jahren und 20 m³/h/Schüler über 10 Jahren empfohlen.²⁹ Die Tagesmittelwerte sollten unter 1.000 ppm liegen.

Zur weiteren Steigerung der Leistungsfähigkeit ist die Einhaltung eines CO₂-Grenzwertes von 1.500 ppm bei Fensterlüftung und von 1.000 ppm bei Einsatz mechanischer Lüftungsanlagen anzustreben.

3.3.2 Thermische Behaglichkeit

Thermische Behaglichkeit ist eine Basisgröße für körperliches und geistiges Leistungsvermögen sowie ein Maß für die Zufriedenheit. Sie ist gegeben „wenn der Mensch Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftbewegung und Wärmestrahlung in seiner Umgebung als optimal empfindet und weder wärmere noch kältere, weder trockenere noch feuchtere Raumluft wünscht“.

Beeinflusst wird das Empfinden weiter durch die Bekleidung sowie die Aktivität. Das Lernen und Lehren im Klassenraum erfolgt überwiegend im Sitzen und entspricht damit der in DIN 33403-2³⁰ definierten Aktivitätsstufe 1 mit einer niedrigen Gesamtwärmeabgabe von rund 120-130 W.

Die DIN 1946-2 fordert für die operative Raumtemperatur als Zusammenwirken von Lufttemperatur und Strahlungstemperatur die Einhaltung der Grenzen entsprechend Bild 6. Erlaubt sind Überschreitungen der Grenztemperatur bis 26°C bei kurzzeitig auftretenden inneren Wärmelasten sowie Unterschreitungen bis 20°C bei bestimmten Lüftungssystemen. Grenztemperatur bis 26°C Bei einer Außentemperatur über 26°C ist ein gleitender Anstieg der Raumtemperatur in Abhängigkeit von der Außentemperatur zugelassen.

²⁹ vgl. Muss, C/ Gasser, B. (2003): Die Schule als Niedrigenergiehaus. Wien

³⁰ DIN 33403 Teil 2 (2000): Klima am Arbeitsplatz

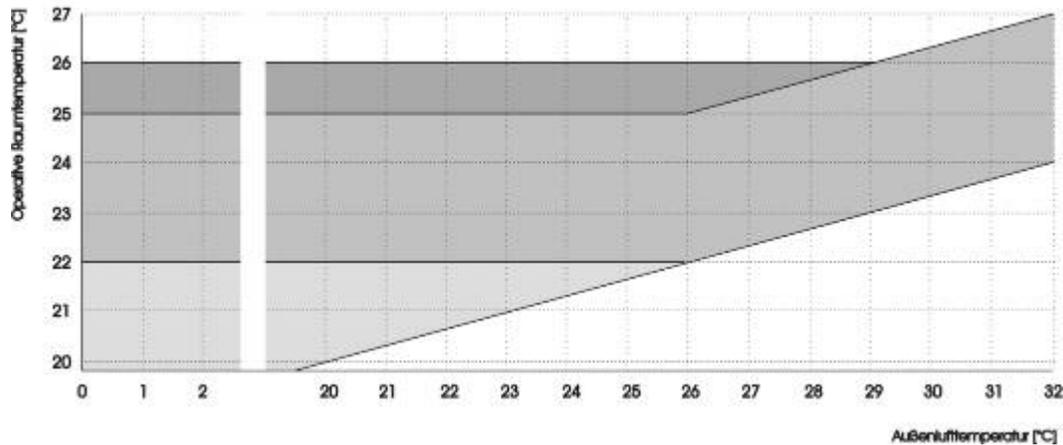


Bild 6 Bereiche der operativen Raumtemperatur nach DIN 1946-2

Nach der DIN EN 15251 werden für die operative Raumtemperatur für neue und renovierte Gebäude (Kategorie 2) ein Mindestwert von 20, °C für den Winter und ein Höchstwert von 26°C für den Sommer gefordert. Nach Arbeitsstättenrichtlinien ASR 6³¹ soll die Mindesttemperaturen in Büroräumen (vergleichbar mit Unterrichtsräumen) 20 °C betragen und zu Arbeitsbeginn erreicht sein.

Entsprechend dieser Anforderungen werden in den weiteren Untersuchungen die Temperaturgrenzbereiche um 20°C und 26°C betrachtet.

Das Optimum der Behaglichkeit sorgt für eine körperliche Entlastung des Organismus, wodurch Leistungsreserven für geistige Tätigkeiten zur Verfügung stehen. Über die Erhöhung der Arbeitseffizienz und Produktivität stellt die thermische Behaglichkeit somit auch eine wirtschaftliche Größe dar.

3.3.3 Raumluftheuchtigkeit

Zunächst wird die Höhe der relativen Raumluftheuchte in Anlehnung an die DIN EN 15251 (Kategorie 3) bewertet nach:

- „unbehaglich trocken“ < 20 % RH
- „unbehaglich feucht“ > 70 % RH

Die Bereiche von 30 bis 20 % RH und 60 bis 70 % RH werden als „noch behaglich“ angenommen.

³¹ Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2001)

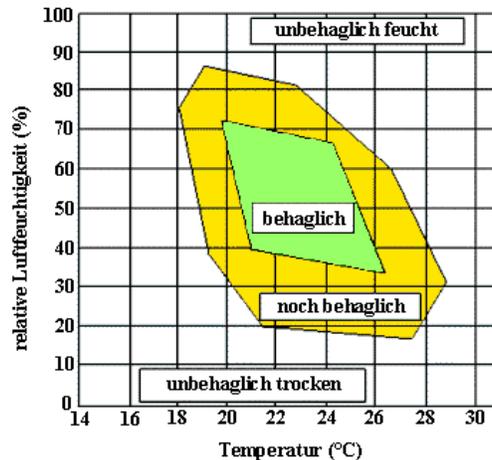


Bild 7 Behaglichkeitsgrenzen der rel. Raumluftfeuchte

Bei Bewertung der Behaglichkeit besteht außerdem eine Abhängigkeit der Luftfeuchtigkeit von der Temperatur (s. Bild 7). Ein Teil der Wärmeabgabe des Menschen erfolgt durch Verdunstung auf der Haut und in der Lunge. Bei niedriger Luftfeuchtigkeit unter 30 % ist die Verdunstung des Körpers höher. Dem Körper geht daher mehr Wärme verloren, zum Ausgleich sind höhere Temperaturen erforderlich. Eine relative Luftfeuchte bewirkt zudem eine Austrocknung der Schleimhäute, was eine höhere Anfälligkeit von Infektionen zur Folge hat.

Bei hohen Temperaturen wird eine niedrige Luftfeuchtigkeit behaglicher empfunden, da der Körper die Abwärme über die Verdunstung besser abgeben kann. Hohe Luftfeuchtigkeit in Verbindung mit warmer Luft wird dagegen als schwül empfunden.

In unserem Klima liegt die relative Raumluftfeuchte im Sommer in der Regel zwischen 35 und 75 % RH, sie sinkt im Winter auf Werte zwischen 20 - 40 % relativer Feuchte. Da der Mensch bezüglich der relativen Luftfeuchtigkeit wenig sensibel ist, werden Veränderungen im Kernbereich zwischen 35 % bis 65 % RH bei mäßigen Temperaturen nur schwer wahrgenommen.

In der Regel wird eine um 10% höhere relative Luftfeuchte als genauso warm empfunden wie eine um 0,3°C höhere operative Temperatur.

3.3.4 Lichtqualität

Für Arbeitsplätze sind die Anforderungen an eine ausreichende künstliche Beleuchtung erfüllt, wenn nach DIN EN 12464-1³² bestimmte Beleuchtungsstärken (Lux) umgesetzt werden. Für allgemeine Unterrichtsräume gilt z.B. ein Wert von 300 Lux für die Beleuchtungsstärke.

Die Beleuchtungsstärke (Kurzzeichen: E) gibt in der Maßeinheit Lux (lx) den Lichtstrom (lm) an, der von einer Lichtquelle auf eine bestimmte Fläche trifft.

Akzente und individuelle Beleuchtungsanlagen mit unterschiedlichen Helligkeiten sowie Kontrastunterschieden steigern zudem die Behaglichkeit.

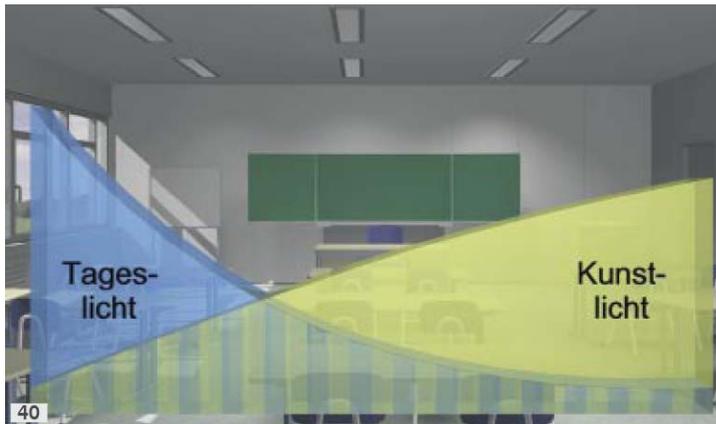


Bild 8 Lichtverteilung im Klassenraum

Tageslicht wird vom Menschen als angenehmer empfunden als Kunstlicht und ist daher sorgfältig in der Planung zu berücksichtigen. Ein Maß hierfür ist der Tageslichtquotient. Er ist das Verhältnis der horizontalen Innenbeleuchtungsstärke auf der Bewertungsebene E_p zur Außenbeleuchtungsstärke E_a in Prozent.

Je weiter die Schüler von der Hauptfensterseite des Klassenzimmers entfernt sitzen, desto weniger Tageslicht erreicht den Arbeitsplatz (s. Bild 8). Dieser Mangel kann auf verschiedene Weisen ausgeglichen werden:

Zum einen ist eine Verbesserung des Tageslichtanteils z.B. durch geeignete Verglasung, hohe Fensterstürze, zweiseitige Raumbelichtung oder lichtlenkende Maßnahmen möglich.

Zum anderen gehört die bedarfsgerechte Anpassung des Kunstlichts an die verschiedenen Bedingungen und Raumzonen dazu. Eine ausreichende Helligkeit im Raum wird z.B. durch einzeln schalt- und dimmbare Leuchtenreihen in Abhängigkeit der Tageslichtversorgung gewährleistet. Zu weiteren Reduzierung der Betriebszeiten ist eine automatische Regelung der Lichtleistung mit Tageslichtsensoren zu empfehlen.

³² DIN EN 12464 Teil 1(2009): Licht und Beleuchtung

Die Beleuchtungsanlagen in vielen Bestandsschulen sind aufgrund ineffizienter Leuchtstofflampen, konventioneller Vorschaltgeräten oder unzureichenden bzw. fehlenden Reflektoren technisch veraltet.

Eine Übersicht über das theoretische Energieeinsparpotenzial alter Beleuchtungsanlagen und modernen elektronisch betriebenen Systemen ist in Bild 9 mit Näherungswerten³³ dargestellt.

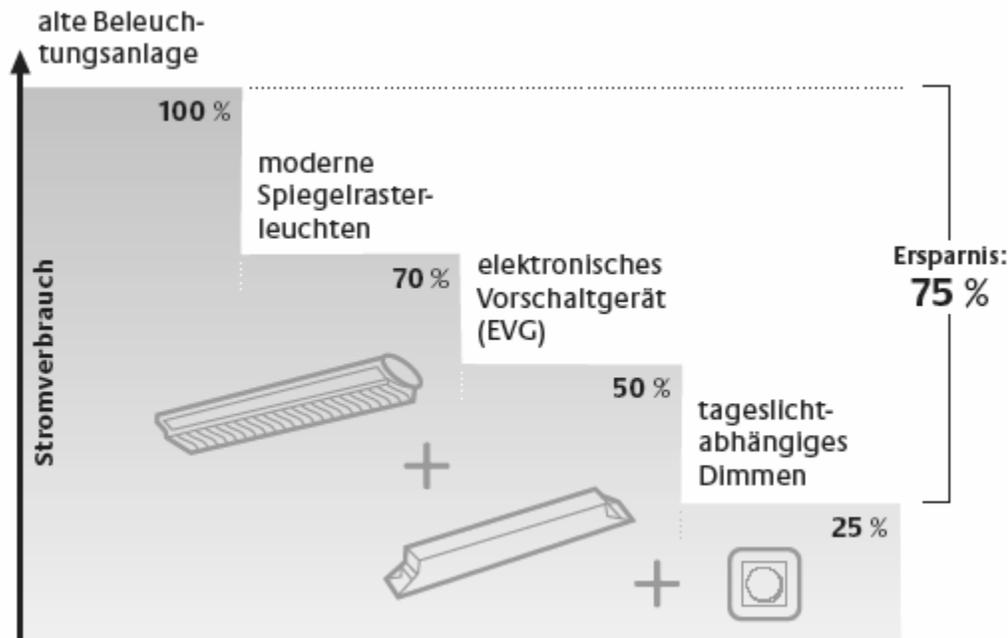


Bild 9 Einsparpotenzial für künstliche Beleuchtung (Näherungswerte)

Gegenüber der konventionellen Beleuchtungsanlage des Bestands haben die empfohlenen Komponenten folgende energetische Einsparpotenziale:

- 30 % durch moderne Spiegelrasterleuchten mit hoher Reflektion
- 20 % durch elektronische Vorschaltgeräte
- 25 % durch tageslichtabhängige Regelung

Zusätzlich steigern elektronische Vorschaltgeräte sowohl Lebensdauer als auch Lichtausbeute der Lampen. Es ist ein Austausch der gesamten Leuchte zu empfehlen, da nur abgestimmtes System aus Vorschaltgerät und Lampe wirtschaftlich optimal arbeitet.

Im Fall einer geplanten Gesamtsanierung wird die Umsetzung einer modernen Beleuchtungsanlage mit den dargestellten Komponenten empfohlen, die ein abgeschätztes Strom- und Kosteneinsparpotenzial von bis zu 75 % besitzt.

³³ Deutsche Energie-Agentur GmbH -dena (2006)

3.4 Grundlagen Akustik

Seit langem, verstärkt aber ab Ende der 1990er Jahre haben zahlreiche Studien in internationalem Rahmen belegt, dass sich unzureichende akustische Verhältnisse in Räumen des Bildungswesens vielfältig negativ auswirken. Zu hohe Störgeräuschpegel und zu große Halligkeit vermindern erheblich die Leistungsfähigkeit von Schülern und Lehrern. Lärm gilt heute bei den negativen Umwelteinflüssen als der Stressfaktor Nummer 1, auch an unseren Schulen.

Als Ergebnis der besonders umfassenden Studie über „Classroom Acoustics“ von McKenzie und Airey von der Heriot-Watt University Edinburgh³⁴ wurde u.a. eindringlich auf eine notwendige erhebliche Absenkung der bisher geltenden Richtwerte für die anzustrebenden Nachhallzeiten in Räumen des Bildungswesens hingewiesen. Weitere Studien haben belegt, dass das Zuhören, mit dem Schulkinder einen großen Teil der Unterrichtszeit verbringen, durch Lärm und Nachhall erheblich erschwert wird. Während Erwachsene in der Regel relativ gut befähigt sind, Hintergrundgeräusche auszublenden und unvollständige Informationen kontinuierlich zu ergänzen, entwickelt sich diese Leistungsfähigkeit bei Heranwachsenden erst mit zunehmendem Alter (s. Bild 10).

Das Institut für interdisziplinäre Schulforschung (ISF) der Universität Bremen hat sich umfassend mit der Arbeitsbelastung und Beanspruchung von Lehrerinnen und Lehrern befasst. Bei einer Studie aus dem Jahr 2001 beklagten über 80% von über 1000 befragten Lehrkräften durch Lärm in der Schule belastet zu sein. Nach akustischen Sanierungen zeigte sich, dass neben der deutlichen Verbesserung der Maßzahlen der Sprachverständlichkeit eine Absenkung der Lärmpegel in weit höherem Maße erfolgte, als es physikalisch auf die baulichen Veränderungen zurückzuführen war. Die akustische Sanierung der Klassenzimmer hatte zusätzlich erhebliche positive Auswirkungen auf das Schülerverhalten. Es veränderte sich auch die „Lärmempfindlichkeit“ der Lehrkraft: die Reaktionen auf eine gleichartige Störung des Unterrichts durch einen Geräuschpegelanstieg fiel nach der akustischen Klassenraumsanierung signifikant physiologisch günstiger aus.³⁵

³⁴ MacKenzie D.J./Airey, S.(1999)

³⁵ Oberdörster, M./Tiesler, G.(2006)

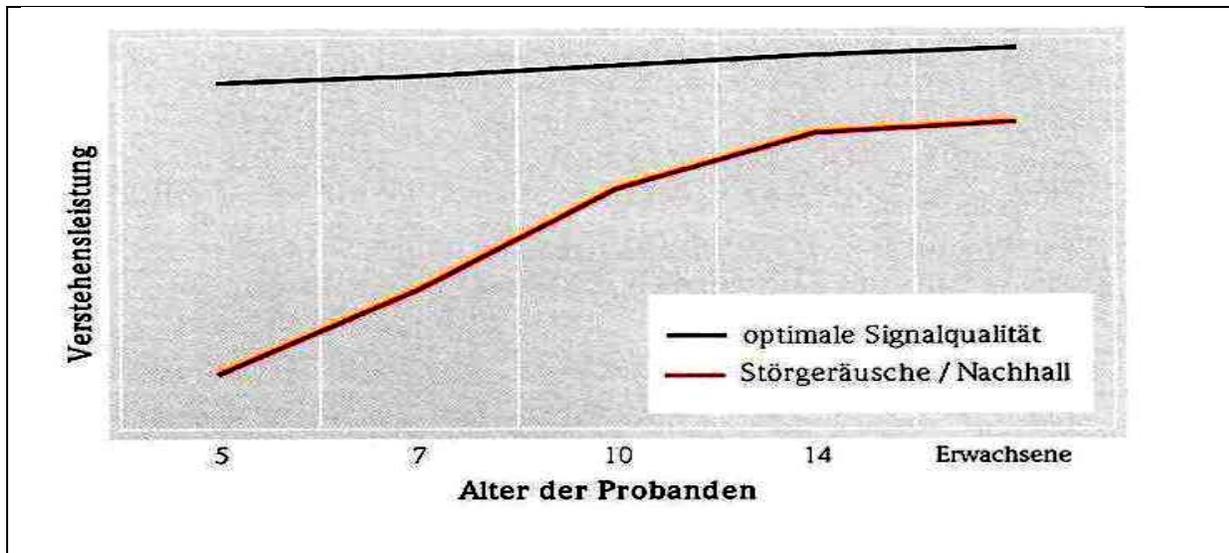


Bild 10 Schematische Darstellung von Befunden zum Sprachverstehen von Kindern und Erwachsenen unter günstigen und ungünstigen Hörbedingungen³⁶

In Deutschland ist den wissenschaftlichen Erkenntnissen durch die Neufassung von DIN 18041³⁷ Rechnung getragen worden.

In der vorliegenden Studie werden hauptsächlich Räume untersucht, deren Nutzung im Bereich der Sprachkommunikation liegt. Als hierbei maßgebliche akustische Einflussgrößen sind damit insbesondere der Störgeräuschpegel und die Halligkeit der Räume zu untersuchen. Da sich bereits im Planungsstadium der Studie herausgestellt hat, dass Lärmeinwirkungen von außen (insbesondere Straßenverkehrslärm) in den in dieser Studie untersuchten Schulen (von wenigen Teilbereichen abgesehen, die später besonders erwähnt sind) nicht von Bedeutung sind, liegt ein Schwerpunkt der Untersuchungen bei der „Halligkeit“.

Die Maßzahl für die Halligkeit eines Raumes ist die Nachhallzeit T in Sekunden. Sie ist definiert als die Zeitspanne, während der ein Schalldruckpegel nach Beenden der Schallsendung um 60 dB abfällt. Sie kann gleichzeitig in den Terz- oder Oktavbändern des interessierenden Frequenzbereiches ermittelt werden, indem der Raum breitbandig mit einem Rauschsignal angeregt wird und dann die Zeitspanne bis zum Pegelabfall um 60 dB nach Abschalten des Rauschsignals gemessen wird. Bei einem andersartigen Verfahren wird ein impulsartiges Signal (im vorliegenden Fall durch das „Zerknallen“ einer aufgeblasenen Tüte) ausgelöst und mit einem entsprechend ausgerüsteten Schallmessgerät die Nachhallzeiten in den Terzbändern aus der „Raumimpulsantwort“ des Raumes ermittelt. Dieses Verfahren ist deutlich weniger zeitaufwändig und daher besonders für Großuntersuchungen an zahlreichen Räumen geeignet. Es erfordert

³⁶ Eberle W., Schick A., Klätte M., Schmitz A. (2007)

³⁷ DIN 18041 (2004)

hochwertige Messausrüstung und wurde bei der vorliegenden Untersuchung angewendet entsprechend der Norm EN ISO 18233³⁸. Die Messungen erfolgten mit einem Messsystem Norsonic Typ 118, basierend auf einem Präzisionsschallpegelmesser der Klasse 1.

Wird die Nachhallzeit in einem Raum durch Erhöhung der Absorption (in der Regel durch Einbau einer Akustikdecke) halbiert, so sinkt der Lärmpegel aus physikalischen Gründen um 3 dB, wird die Nachhallzeit sogar auf ein Viertel reduziert (wenn z.B. die Nachhallzeiten von 2 s auf die Sollnachhallzeiten von etwa 0,5 s abgesenkt werden), so beträgt die physikalische Pegelabsenkung 6 dB. Zahlreiche Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass in der Praxis bei wesentlich zu halligen Räumen durch Absenkung der Nachhallzeiten auf optimale Werte typische Lärmpegelminderungen von ca. 10 dB erreicht werden, dies bedeutet eine Halbierung des subjektiven Lautstärkeempfindens. Der Grund hierfür liegt in der Kombination der physikalischen Wirkung der Absorption und der unbewussten Verhaltensänderung der Schülerinnen und Schüler.

Neben der „klassischen“ Messgröße Nachhallzeit dient in neuerer Zeit der Sprachverständlichkeitsindex *STI* (Speech Transmission Index) als Maß der Sprachverständlichkeit. Diese Messgröße ermöglicht Aussagen bezüglich der Qualität der Sprachübertragung vom Ort einer sprechenden Person zum Ort des Ohrs eines Zuhörers. Bei der hier vorliegenden Fragestellung der generellen Sprachverständlichkeit in einem Raum korreliert der Mittelwert von *STI* – Messergebnissen sehr hoch mit den Nachhallzeitmesswerten und lässt sich aus diesen ermitteln.

Insbesondere bei Unterrichtsräumen, die einen lang gestreckten Grundriss aufweisen und in denen bei Frontalunterricht größerer Abstand zwischen dem Sprecher, also der Lehrperson, und dem zuhörenden Schüler besteht, hängt die Sprachverständlichkeit in erheblichem Maße davon ab, ob zusätzlich zum „Direktschall“ so genannte „frühe Reflexionen“ den Schüler erreichen. Bild 11 veranschaulicht die Situation.

³⁸ DIN EN ISO 18233 (2006)

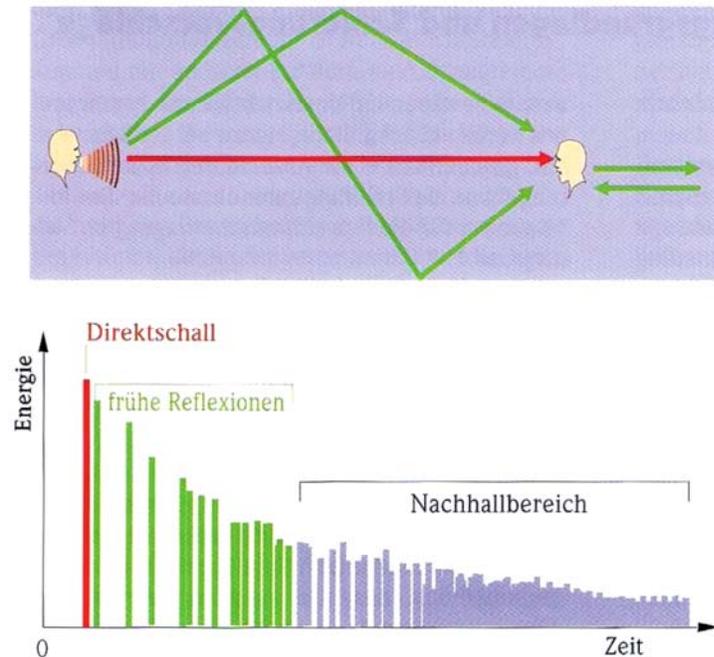


Bild 11

Verlauf von „Schallstrahlen“ in einem Raum und die zeitliche Folge des Eintreffens beim Hörer.

Anteile des Sprachlautes, die nicht später als 50 ms nach Eintreffen des Direktschalls den Hörer erreichen, verbessern die Verständlichkeit. Die später eintreffenden Anteile des Lautes, die meist erst nach mehreren Reflexionen im Raum aus verschiedenen Richtungen und damit als „diffuser Schall“ den Hörer erreichen, bilden den Nachhall, der bei zu starkem Anteil die Sprachverständlichkeit verschlechtert. Um unter entsprechenden Voraussetzungen die Ausbildung von frühen Reflexionen zu begünstigen, erläutert DIN 18041 günstige und ungünstige Verteilung von Absorberflächen wie in Bild 12 dargestellt ist.

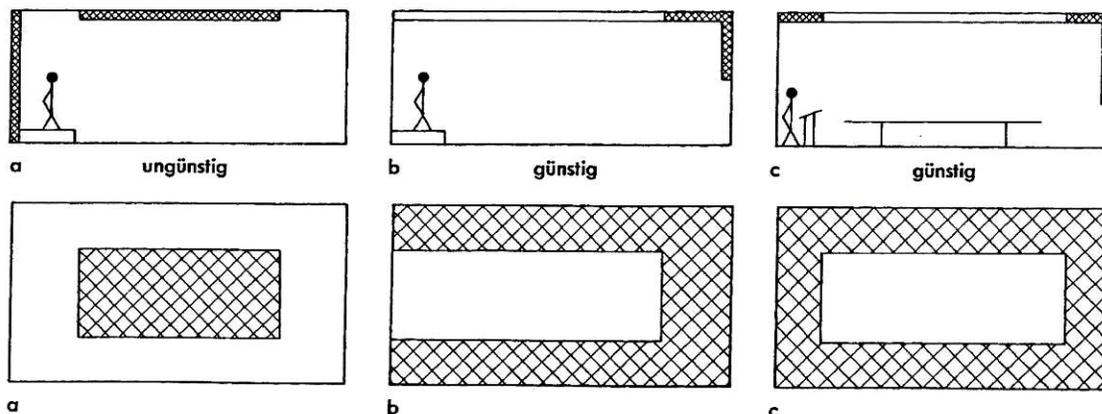


Bild 12 Ungünstige und günstige Verteilung von Schallabsorptionsflächen in Unterrichtsräumen

Nicht nur Lärmstörungen von außen sondern auch Schallübertragung zwischen den Klassenräumen über akustisch unzureichende Trennwände oder aus den Fluren und Treppenhäusern sowie aus Aufenthaltsbereichen außerhalb des Unterrichts über die jeweiligen Trennbauteile insbesondere auch über die Türen können erhebliche Mängel von Schulgebäuden darstellen. Unterschieden wird zwischen der Luftschalldämmung und der Trittschalldämmung. Das bewertete Bauschalldämm-Maß R_w in dB ist die Maßzahl für die Luftschalldämmung, der bewertete Normtrittschallpegel $L_{n,w}$ kennzeichnet den Trittschallschutz. Beide Größen werden international einheitlich mit Anwendung der Normenreihe DIN EN ISO 140 erfasst.^{39, 40}

Mindestanforderungen an die Schalldämmung bei Schulen sind in DIN 4109⁴¹ festgelegt, ihre Einhaltung ist durch den Verweis auf diese Norm in den Landesbauordnungen verbindlich vorgeschrieben. Richtlinien und Leitfäden zur Schulakustik, in Deutschland meist von den jeweiligen Ministerien der Bundesländer herausgegeben, sind zunehmend verfügbar.^{42, 43, 44}

³⁹ DIN EN ISO 140-4 (1998)

⁴⁰ DIN EN ISO 140-5 (1998)

⁴¹ DIN 4109 (1989)

⁴² Eberle W., Schick A., Klatte M., Schmitz A. (2007)

⁴³ Schottke, H. (2001)

⁴⁴ Schweizerische Gesellschaft für Akustik (2004)

4 Methodische Umsetzung

Aufbauend auf den theoretischen Grundlagen wird die methodische Umsetzung der Einzeluntersuchungen Pädagogik, Architektur, Raumklima und Akustik sowie deren Bewertungskriterien dargestellt.

Die gemeinsame Zielsetzung aller Einzeluntersuchungen liegt dabei im ganzheitlichen Projektansatz begründet und umfasst die Verbesserung des energetischen Zustands unter Einbeziehung des Nutzerkomforts, wie die Berücksichtigung der zukünftigen Anforderungen zum Lehrbetrieb der Schulen.

4.1 Umsetzung Pädagogik

Das Institut für Erziehungswissenschaft fokussiert in diesem Forschungsprojekt die Erfassung des subjektiven Behaglichkeitsempfindens der Nutzerinnen und Nutzer. Ergänzend zu den messbaren Parametern wie Temperatur, Luftqualität, Lichtqualität und raumakustischen Größen werden dabei zusätzlich die eher weichen Daten des Erlebens von Schulräumen berücksichtigt.

Da sich, wie in Kapitel 3.1 ausgeführt, die Lehr-Lern-Kulturen in den vergangenen Jahrzehnten gewandelt haben, sollen Anordnung und Gestaltung der Räume in Bezug auf die darin stattfindenden Lernangebote im Rahmen dieses Forschungsprojektes kritisch überprüft werden. Unter Einbeziehung des aktuellen Forschungsstandes werden Anforderungen, Bedarfe und Wünsche aus pädagogischer Perspektive ermittelt. Dafür sind die Erfahrungen der Nutzerinnen und Nutzer mit ihrem Schulgebäude von besonderem Wert. Erfasst werden sollen dabei auch die Konsequenzen, die im Zusammenhang mit der Ausweitung des Schultages (Ganztagsschulbetrieb) entstehen.

Die erziehungswissenschaftliche Teilstudie konzentriert sich demnach auf folgende Fragestellungen:

- Wie wirken die Räume auf die verschiedenen Nutzerinnen und Nutzer?
- Wie ist die Passung der Räume im pädagogisch-didaktischen Kontext?
- Welche Bedarfe und Anforderungen bestehen aus pädagogischer Perspektive an das Gebäude?

Nachfolgend wird die methodische Vorgehensweise erläutert.

Nutzerbefragung

Ergänzend zu den Bereichen der anderen Projektbeteiligten sind Fragen zur Beurteilung der Geräumigkeit von Klassenräumen, zu den bestehenden und gewünschten Bewegungsmöglichkeiten im Außenraum, zu Orientierung und Sicherheit sowie Vandalismus

und Müllentstehung eingefügt. Entsprechend der o.g. Zielsetzung sind aus erziehungswissenschaftlicher Perspektive auch die Bereiche Bauphysik, Akustik, Beleuchtung sowie gebäudetypologische Aspekte für die Auswertung relevant. Die Schülerfragebögen für das Gymnasium Josephinum wurden, altersangemessen modifiziert und ergänzt, in Anlehnung an die Fragebögen für die Schülerinnen und Schüler der Grundschulen erstellt.

Die Auswahl der in die Befragung einbezogenen Klassengemeinschaften richtete sich zum einen nach den bauphysikalischen Gegebenheiten der Klassenräume – es sollen nach Möglichkeit alle vier Ausrichtungen (Norden, Süden, Westen, Osten) Berücksichtigung finden – zum anderen hat das Alter der Lernenden einen Einfluss auf die Entscheidung. An den beiden Grundschulen wurden nur Kinder des dritten und vierten Jahrgangs befragt, da die Erst- und Zweitklässler sowohl kognitiv als auch motorisch mit dem Ausfüllen der Fragebögen überfordert sind. Am Gymnasium stand das Erfassen der Bedürfnisse und Wünsche möglichst unterschiedlicher Altersstufen (Jahrgang 5-9) im Vordergrund. Da sich die Klassenräume der Jahrgänge 10-13 nicht im Hauptgebäude befinden, wurden diese Lerngruppen nicht in die Erhebung einbezogen.

Pädagogische Feldstudie⁴⁵

Die pädagogische Feldstudie beinhaltete für jede Projektschule teilnehmende Beobachtungen, ein „Expertengespräch“ sowie ein Projekt zur Wirkung und Wahrnehmung von (Schul-)Räumen mit den Schülerinnen und Schülern einer Klasse. Zum Untersuchungsfeld gehörten neben den Klassenzimmern das gesamte Schulgebäude sowie das Außengelände der Schule. Ziel der teilnehmenden Beobachtungen war es, einen Eindruck von der Gestaltung der Klassenzimmer sowie der Angemessenheit der Räume im unterrichtlichen Kontext zu erhalten.

Expertengespräche bieten die Möglichkeit eines intensiven Austausches über Bedürfnisse, Wunschprojektionen und Möglichkeiten im Rahmen der Sanierung. Grundlage für die Gespräche bilden die Ergebnisse der Nutzerbefragungen, die pädagogischen Profile der Schulen und Beobachtungen des Forscherteams. Neben der Schulleitung nahmen an jeder Schule zwei bis drei weitere Vertreter der Lehrerschaft sowie in Hildesheim zusätzlich drei Schülervertreter teil. In Wolfsburg und Hildesheim beteiligten sich die Projektpartner Philip Reichwald und Peter Schultz an den Gesprächen.

Die Schülerprojekte fanden in Zusammenarbeit mit dem Institut für Gestalten und Entwerfen der Leibniz Universität Hannover statt (siehe Kapitel 4.2.1). An den beiden Grundschulen

⁴⁵ Bei einer Feldstudie handelt es sich um eine Forschungsmethode, bei der empirische Daten „im Feld“, d.h. in einer vom Untersucher möglichst unbeeinflussten, natürlichen Umgebung, zumeist mittels Beobachtung und Befragung erhoben werden (vgl. Bortz / Döring 2006, 57).

(Wolfsburg und Hamburg) wurden die Projekte mit Kindern des vierten Jahrgangs durchgeführt, am Gymnasium (Hildesheim) mit den Schülerinnen und Schülern einer achten Klasse. Der pädagogische Part bestand aus dem Fotografieren und Kommentieren beliebter und unbeliebter Orte im Schulgebäude, mit dem Ziel Erkenntnisse darüber zu erlangen, wie Schulräume gestaltet sind, in denen Kinder bzw. Jugendliche sich wohl fühlen. Bezugnehmend auf dieses Ziel stellten sich u.a. folgende Fragen:

- Welche Orte (auch außerhalb von Klassenräumen) werden von den Schülerinnen und Schülern überhaupt aufgesucht und wahrgenommen?
- Welche Bedeutung messen sie diesen Orten für ihr „Leben in der Schule“ bei?
- An welchen Orten im Schulgebäude halten sich die Kinder und Jugendlichen gern bzw. nicht gern auf?
- Womit begründen sie ihr Urteil?
- Welche spezifischen Aspekte wirken sich positiv bzw. negativ auf das Wohlbefinden der Heranwachsenden aus?

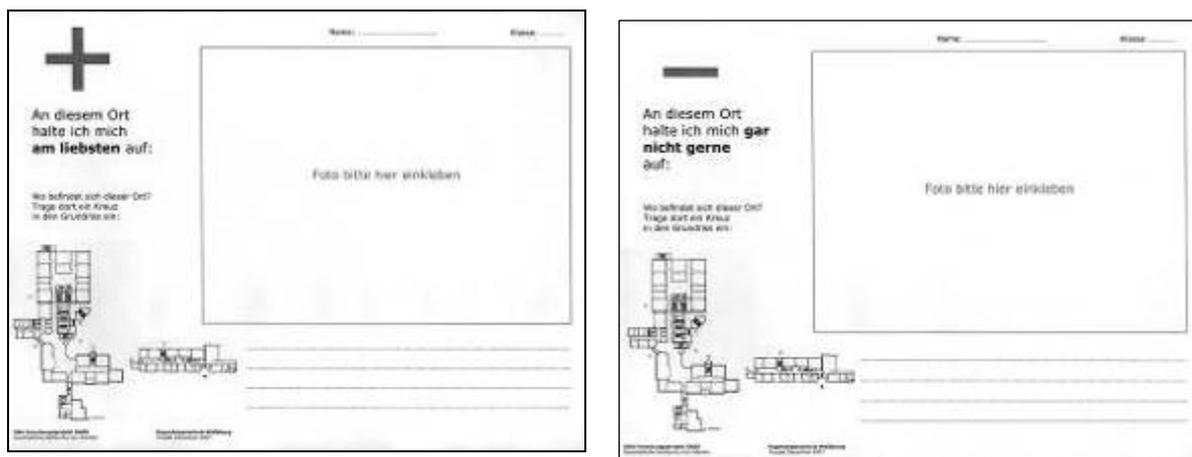


Bild 13 Beispiel Arbeitsblatt Regenbogenschule Wolfsburg:.

„An diesem Ort halte ich mich am liebsten auf“ (links)

„An diesem Ort halte ich mich gar nicht gerne auf“ (rechts)

Die Schülerinnen und Schüler der beiden Grundschulen erkundeten das Schulgebäude jeweils zu zweit mit einer Digitalkamera. Im Anschluss hatten sie die Möglichkeit ihre Fotos am PC auszuwählen, zu drucken und schriftlich oder mündlich zu kommentieren. Insgesamt liegen ca. 230 digitale Fotografien vor, von denen 86 von den Kindern ausgewählt und mit Kommentaren versehen wurden. Für das Gymnasium wurde die Vorgehensweise insofern modifiziert, dass die Jugendlichen nach der Erkundung ihre Fotografien selbstständig am Computer auswählten und kommentierten. Zusätzlich wurden sie aufgefordert, ihre Fotografien zu sortieren und eine Rangordnung aufzustellen. Von den 28 Schülerinnen und Schülern stehen insgesamt 103 Fotografien für die Analyse zur Verfügung. Jedes Team

konnte bis zu 12 Fotografien, maximal sechs positive und sechs negative Orte, auswählen und nominieren.

Im Rahmen der Schülerprojekte wurde so eine Materialsammlung generiert, mit deren Hilfe Aussagen über erlebte Schulraumqualitäten in Anlehnung an die seriell-ikonografische Fotoanalyse⁴⁶ empirisch gesichert nachvollzogen und diskutiert werden können. Wenngleich das gewonnene Material keine Antwort darauf zu geben vermag, wie Schulräume am besten zu gestalten sind, so lässt es doch Rückschlüsse auf jene Orte von Schule zu, die von den Kindern mit besonderer Aufmerksamkeit bedacht werden. Aus Sicht der für die Sanierung letztlich zuständigen Architekten sind diese Erkenntnisse von besonderem Wert.

Auf die dezidierte Vorstellung von Einzelergebnissen aus Nutzerbefragungen, Expertengesprächen und teilnehmenden Beobachtungen hinsichtlich des erziehungswissenschaftlichen Teilprojektes wird zugunsten einer ganzheitlichen Ergebnisdarstellung abgesehen. Die Ergebnisse der genannten Erhebungen an den drei Projektschulen fließen jeweils in ein gemeinsames Kapitel ein. Die Auswertung der Schülerprojekte erfolgt in gesonderten Kapiteln.

4.2 Umsetzung Architektur

4.2.1 Prof. Léon, IEG

Ziel des Instituts für Entwerfen und Gebäudelehre von Prof. Hilde Léon ist es, durch unterschiedliche Analysen und Untersuchungen in Zusammenarbeit mit den anderen Projektbeteiligten, den Lehrern, den Schülern und den jeweiligen Schulverwaltungen entwurfsrelevante Erkenntnisse für die bauliche Veränderung zu erhalten. Qualität von Architektur lässt sich nicht messen, und nicht das, was von mehreren für gut oder schön befunden wird, ist auch die richtige architektonische Antwort. Deshalb wird der Beitrag hierbei auch nicht als Material gesehen, das direkt zu konkreten architektonischen Ansätzen führt, sondern vielmehr als ein Beitrag zum Beteiligungsprozess⁴⁷ sowohl der Planer als auch der Nutzer, vor allem der Schüler.⁴⁸

⁴⁶ vgl. Pilarczyk / Mietzner 2005

⁴⁷ In diesem Sinne engagieren sich die Bundesarchitektenkammer und die Länderkammern mit dem Projekt „Architektur macht Schule“: Bayerische Architektenkammer, Staatsministerium für Unterricht und Kultus, Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie –StMWIVT München (2005), (Hrsg.); *architektur.in.der.schule, transform 2 r.a.u.m.*, München

⁴⁸ „Binden wir Kinder und Jugendliche in planerische Überlegungen ein, dann werden Entscheidungen vor einem breiteren Erfahrungshintergrund reflektiert.“ so Christa Reicher in: *Kinder-Sichten*, Troisdorf 2001, S. 14. Dabei geht es nicht unbedingt um „bessere“ Ergebnisse dank demokratischer Prozesse, sondern wie dargelegt (ebenda S.13), darum, dass Kinder die Wirkung ihrer räumlichen Umgebung viel unmittelbarer erleben als Erwachsene und es deshalb unsere Aufgabe sei, darauf Einfluss zu...

Diese Untersuchungen setzen sich aus den klassischen (grafischen) Entwurfsanalysen, die in der Regel immer dem Entwurf vorausgehen, hier aber vergleichend betrieben werden können, und aus der Beteiligung an der gemeinsamen Nutzerbefragung und unserer Beteiligung an der Feldstudie zusammen. Dabei ist es neben den „Expertenaussagen“ der Nutzer an sich von uns vor allem von Interesse, inwieweit Architektur vom Nutzer überhaupt wahrgenommen wird.

Folgende Fragestellungen werden untersucht:

- die Raumrezeption der Nutzer(Lehrer wie Schüler).
- die spezifischen baulichen Typologien und Raumkonzeptionen im Zusammenhang mit den unterschiedlichen pädagogischen Konzepten der einzelnen Schulen.
- die architektonischen Besonderheiten der Gebäude unter verschiedenen Aspekten.
- die funktionalen und räumlichen Konsequenzen aus der Umwandlung der Schulen in Hamburg und Wolfsburg in Ganztagsbetriebe.

Die drei Schulen werden jeweils in ihren eigenen Besonderheiten untersucht und miteinander, verglichen, um einerseits jeweils spezifische Entwurfsaussagen treffen zu können und um andererseits die Schulen als Prototypen stellvertretend für ähnliche Situationen zu begreifen.

Methodische Umsetzung

Grafische Analyse

Eine vergleichende Raumanalyse unter gebäudeplanerisch-typologischen Aspekten stellt den Vergleich der Typologien dar, um spezifische Qualitäten, Potentiale und Defizite zu benennen und darüber hinaus allgemeine Aussagen treffen zu können. Auf Grundlage dessen soll es möglich sein, in der weiteren Planung spezifische Lösungen für die Problemstellungen der jeweiligen Schulen prototypisch zu entwickeln.

Ein grafisch-photografisches Verzeichnis aller relevanten Räume dokumentiert katalogisch Materialität, Proportion, Größe, Belichtung und Verschattung der einzelnen Räume sowie ihre Verteilung, Anzahl, Reihung und räumliche Beziehung zueinander. Diese Analyse bildet die Gebäude in den wesentlichen entwurfsrelevanten Aspekten quasi vollständig ab.

...nehmen, ein Bewusstsein dafür zu schaffen, dass die gebaute und gestaltete Umwelt auch ihren Einflüssen unterliegt. „Denn die Fähigkeit, sich verantwortungsbewusst und kreativ in die Gestaltung unserer Lebensräume einzubringen, kommt nicht von allein. Sie muss erlernt werden.“

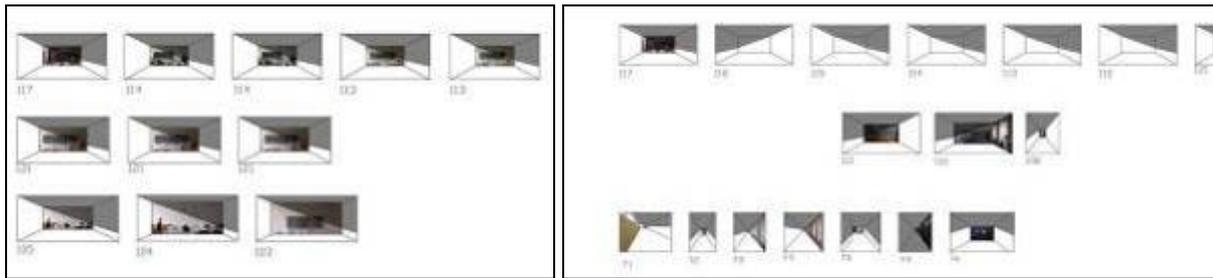


Bild 14 Raumkatalog Hildesheim, Klassen und Flure: Anzahl, Proportion, Nutzung, Material, Belichtung, Verschattung sowie Lage werden grafisch erfasst.

Nutzerbefragung

Ziel ist es, eine möglichst kritische Beurteilung der Schulgebäude sowie des Außenraumes zu erhalten. Die Lehrer und Schüler werden aufgefordert, unterschiedliche Gebäudeteile unter verschiedenen Aspekten zu beschreiben, zu bewerten und diese Bewertungen zu begründen. Dabei geht es darum, raumstrukturelle Mängel oder Stärken aus Nutzersicht zu erkennen, aber auch darum, das Verhältnis der Nutzer zu ihren Gebäuden zu erkunden um einen Eindruck darüber zu gewinnen, auf welche Weise die Gebäude von Schülern und Lehrern jeweils wahrgenommen werden.

Feldstudie

Um die Schüler als die eigentlichen Nutzer in der Entwurfsplanung entsprechend zu berücksichtigen, sollen über eine aktive Teilnahme der Schüler Erkenntnisse gewonnen werden, mit welcher Sensibilisierung und Intensität die Schüler ihre Gebäude rezipieren: Welche Wahrnehmungsprozesse von Räumen können angenommen werden?

Welche Abstraktionsfähigkeit liegt dem zugrunde ?

Wie stark ist demzufolge die Identifikation mit dem Schulgebäude bei den Schülern?



Bild 15 Feldforschung: Auszug aus den Einführungsvorträgen zu den Übungen

In den **Grundschulen** sensibilisiert die erste Übung „Wege und Orte“ das räumliche Vorstellungsvermögen und erprobt die Abstraktionsfähigkeit zwischen gebauter Realität, Vorstellung/Erinnerung und zweidimensionaler Darstellung. Gleichzeitig fragt sie nach dem persönlichen Verhältnis zum Gebäude und der möglichen Aneignung.

Die zweite Übung „abstrakte Raumqualitäten“ thematisiert die Wahrnehmung abstrakter Raumqualitäten (Licht, Proportion, etc.) und deren Wahrnehmungsfähigkeit seitens der Schüler:

Den Schülern wurde ein leerer Grundriss der Schule auf präsentiert, auf dem nur die Umrisse der drei Gebäudeteile mit den Wänden, Türen und Fenstern dargestellt sind. Der Außenraum war als Luftbild um die Gebäude zu sehen.

Die erste Aufgabe bestand darin, in den leeren Grundrissplan wie in eine „Schatzkarte“ erstens den Weg vom Eingang bis zum Klassenzimmer oder bis zum Werkraum einzuzeichnen. Zudem sollte ein „geheimer Ort“, das beste Versteck in der Schule, eingestrichelt werden. Die Schüler mussten den Weg aus dem Gedächtnis imaginieren und sich im leeren Grundriss orientieren. Die Orte wurden in die Pläne eingetragen.



Bild 16 *Feldforschung: Übung 1 und 2 im Projekt in Regenbogenschule Wolfsburg*

In der zweiten Übung sollte auf einem vorbereiteten Bogen der Weg als architektonischer Erlebnisweg zeichnerisch beschrieben werden. Hier ging es darum, verschiedene Raumerfahrungen (helle Räume / dunkle Räume; enge/kleine Räume / weite Räume; treppauf / treppab; hindurch eine Tür / eine Öffnung; langer Raum; krummer (polygonaler) Raum) als Qualitäten zu erkennen und darzustellen.

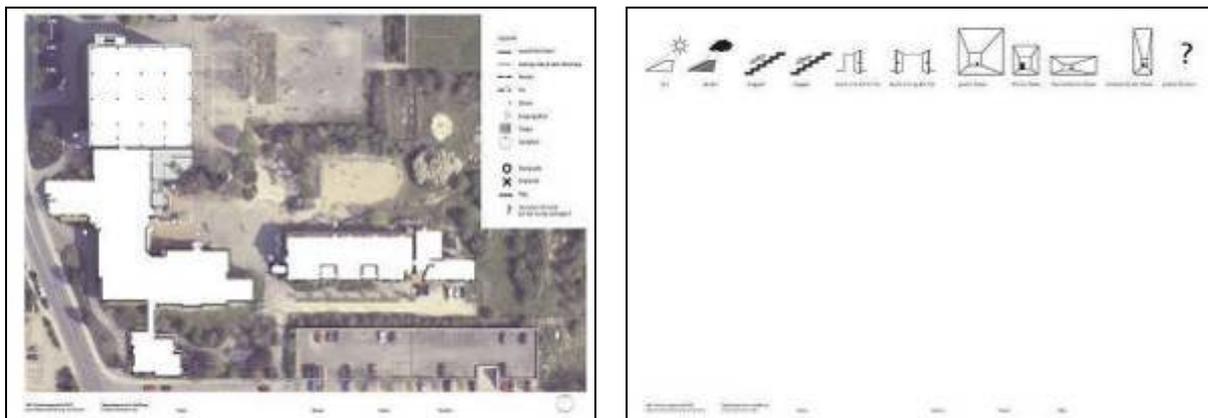


Bild 17 *Projekt Bogen Übung 1 Wolfsburg*

Bild 18 *Projekt Bogen Übung 2 WOB, HI,*

Um das eigene architektonische Vorstellungsvermögen und das Transferdenken der Schüler zu beobachten, sollten die Schüler in einer Zusatzübung das Versteck, das sie definiert hatten, nach Ihren Vorstellungen kreativ weiterentwickeln: „Male dein Versteck so, wie Du es am liebsten hättest / wie Du es Dir in Deiner Fantasie am besten vorstellen kannst.“ Alle

Arbeiten wurden gemeinsam besprochen, unterschiedliche Beobachtungen konnten verglichen und diskutiert werden.

Im Bischöflichen **Gymnasium** Josephinum wurde eine Übung mit einer achten Klasse durchgeführt. Hier waren nach den positiven Erfahrungen der vorangegangenen Übungen die Anforderungen deutlich höher, die Ziele aber die gleichen: Die Übung stellt den Versuch dar, bei den Schülerinnen und Schülern eine Sensibilisierung der gebauten Umwelt zu initiieren. Dabei sollte in Erfahrung gebracht werden, ob die „klassischen“ Raumqualitäten auch auf Schüler übertragbar sind, bzw. welche Aspekte des Raumes von den Schülerinnen und Schülern überhaupt wahrgenommen werden. Indirekt sollten so auch Erkenntnisse darüber gewonnen werden, welche räumlichen Aspekte sich positiv bzw. negativ auf das Wohlbefinden und das Lernverhalten der Kinder auswirken.

Die Aufgabe bestand darin, entweder eines der vorgegebenen Themen (Raumfolge, Lichtführung, Farbe, Dramaturgie, Schwellen) oder aber ein selbstgewähltes Thema grafisch nur durch Zeichnungen zu analysieren. Dabei sollte der Weg von den Umkleiden der Sporthalle bis zur Bibliothek im Dachgeschoß untersucht werden.

Das begleitende **Lehrer-Interview** ermöglicht Aussagen zu den räumlichen Bedingungen aus dem alltäglichen Lehrbetrieb heraus, die detailliert nachgefragt werden können und differenziert in der Runde diskutiert werden. Ergänzt wird das Interview durch schriftliche Zusammenfassungen der Veränderungswünsche seitens der Schulleitung.

4.2.2 Dittert & Reumschüssel

In Zusammenarbeit mit den übrigen Projektbeteiligten des Forschungsprojekts, dem Auftraggeber (BSB), dem Projektsteuerer (BSU) und den Nutzern werden für die Schule Hohe Landwehr in Hamburg planerische Erkenntnisse gewonnen, die im parallel laufenden Entwurfsprozess abgestimmt und umgesetzt werden. Damit ist die Zielsetzung des Büros Dittert & Reumschüssel (D&R) ähnlich gelagert, wie die des Instituts für Entwerfen und Gebäudelehre mit Prof. Hilde Léon. In Hamburg fließen die verwertbaren Erkenntnisse jedoch direkt in die laufende (energetische) Modernisierungsplanung ein. Die konkrete Bestandsaufnahme steht wegen der parallel laufenden Planung zu Anfang im Vordergrund. Dazu ist im Rahmen des Projekts ein elektronisches Raumbuch auf Basis des Microsoft-Programms PowerPoint entwickelt worden, das die Ergebnisse der eigenen Bestandsaufnahme, der Forschungsprojektpartner und der Bauherren-/ Nutzerwünsche wiedergibt. Das elektronische Raumbuch enthält raum- und gebäudeweise Informationen zu Materialien der raumhüllenden Flächen, zu Schäden und zu den nutzungsrelevanten Daten. Das Instrument des elektronischen Raumbuchs ist jederzeit erweiterbar und aufgrund seiner Verbreitung von den meisten PC-Anwendern nutzbar.

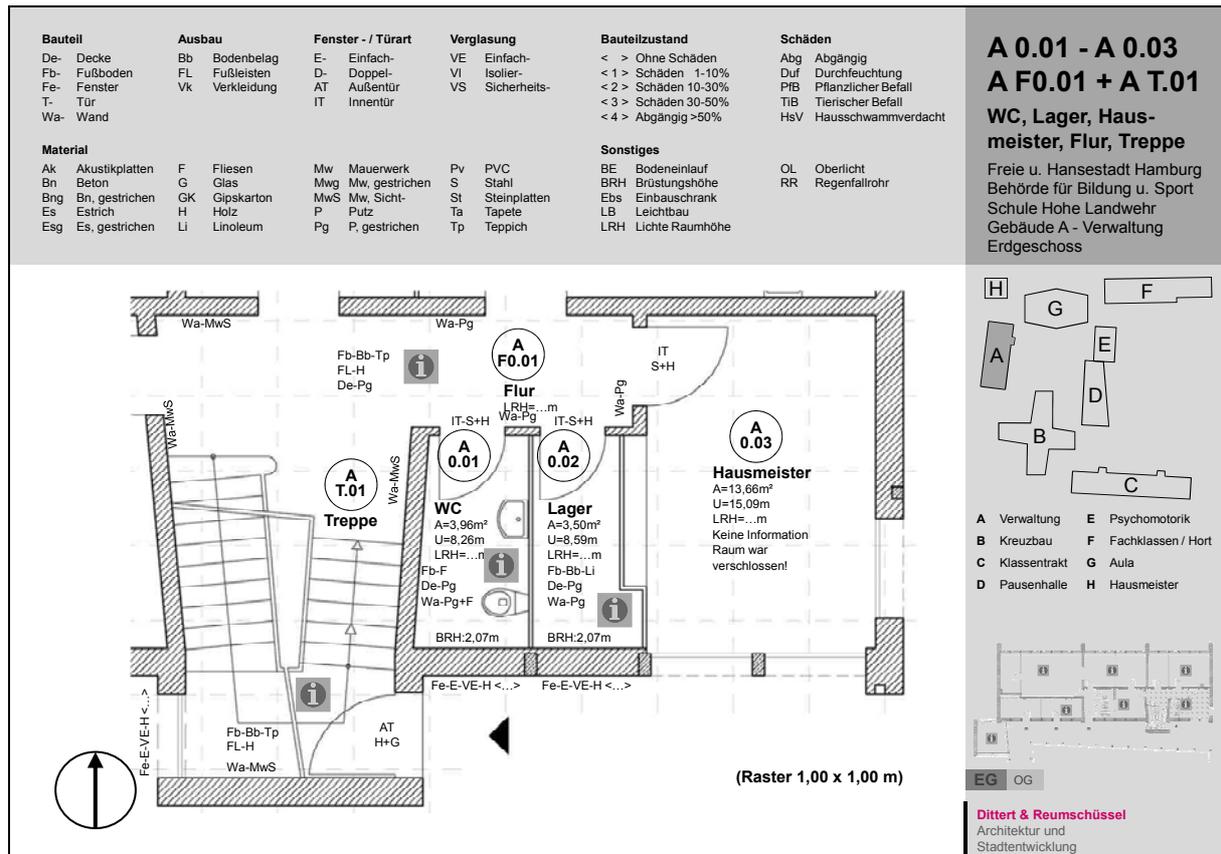


Bild 19 Beispielblatt aus dem Raumbuch

Bis auf den Verwaltungstrakt stehen für die innere Umgestaltung der Klassenbereiche relativ begrenzte Mittel zur Verfügung, d.h. die innere Veränderung und Differenzierung von Räumen ist nur begrenzt durchführbar. Die Untersuchungsergebnisse und Umsetzungsvorschläge aus den Fachbereichen Bauphysik, Akustik, Pädagogik, Haustechnik und Architektur lassen sich dennoch in einem ganzheitlichen Gesamtkonzept umsetzen.

Die Vorgehensweise im Planungsprozess beruht auf einer engen und pragmatischen Rückkoppelung mit den Planungsbeteiligten insbesondere mit den Lehrerinnen und Lehrern. Der Prozess gestaltet sich iterativ, d.h. Feststellungen des Büros D&R werden in Raumkonzepte umgesetzt, von den Beteiligten bewertet und anschließend von D&R wieder in den Entwurf aufgenommen.

Auf Seiten des Auftraggebers gab es über einen Zeitraum von einem Jahr ausstehende Entscheidungen über den energetischen Standard, über die Umwandlung in eine Primar- und in eine Ganztagschule. Diese Entscheidungen haben unmittelbaren Einfluss auf die Art der Verwendung und auf die Verwendbarkeit der bestehenden Bausubstanz. Dieser Prozess dauert z.Z. an und wird voraussichtlich Ende 2009 abgeschlossen sein. Daher kann die Dokumentation der Abstimmung auch erst in Teilen durchgeführt werden. Die weitere Darstellung konzentriert sich folglich auf den Verwaltungstrakt und den Kreuzbau. Für alle übrigen Gebäude gibt es im Moment keine gesicherten Raumbedarfe.

4.3 Umsetzung Raumklima

Der Schwerpunkt der Bestandsanalyse liegt in der Bewertung des Nutzerkomforts und der Behaglichkeit. Über die messtechnische Erfassung der Luftqualität, der thermischen, hygrischen Bedingungen, sowie der Lichtqualität hinaus wird zur weiteren Analyse eine Nutzerbefragung durchgeführt. Die Messergebnisse werden jeweils mit den themenbezogenen Ergebnissen der Nutzerbefragung verglichen, mögliche Gemeinsamkeiten dargestellt. Neben der thermischen Behaglichkeit ist die Analyse der Luftqualität durch die CO₂- Messungen für die Beurteilung des Raumklimas von großer Bedeutung, da die Belegungsdichten in Klassenräumen sehr hoch sind. Beides hat einen direkten Einfluss auf die Lernfähigkeit der Schüler.

Nachfolgend werden die Rahmenbedingungen bei der Umsetzung der Langzeitmessung, des Spotmonitorings und der Nutzerbefragung erläutert.

4.3.1 Langzeitmessung

Das tatsächliche Raumklima wird durch Vor-Ort-Messungen in den Unterrichtsräumen der Schulen untersucht. Neben einer Kurzzeitmessung, die im 2. Zwischenbericht beschrieben worden ist, wird eine Langzeitmessung über den Projektzeitraum von ca. 12 Monaten durchgeführt. Dazu gehören für die Hauptmessung pro Schule folgende Parameter:

Innenraum:

- Lufttemperatur 1,10 m
- Rel. Luftfeuchtigkeit 1,10 m
- CO₂-Konzentration 1,10 m
- Fensterkontakte
- Heizkörpertemperatur

Außenbereich:

- Lufttemperatur

Neben dieser Hauptmessung (Nr. 1) werden jeweils in zwei weiteren Klassenräumen die Temperaturen und die Luftfeuchten gemessen. Alle Werte sind in der Regel in einem 10-minütigen Messintervall aufgenommen worden. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die Räume der Langzeitmessung und ihre Fassadenorientierungen. In den drei Schulen ist jeweils ein beispielhafter Klassenraum mit einer hohen Belegungsdichte und sonnenstarker Fassadenorientierung ausgewählt worden.

Messung Nr.	Langzeitmessung	Wolfsburg	Hildesheim	Hamburg
1	Bauteil Klassenraum Raumbezeichnung	BT A Altbau Raum Ost 211	BT C Ost Raum Ost 113	BT B Kreuzbau Raum Süd (Nord) 115
2	Bauteil Klassenraum Raumbezeichnung	BT A Altbau Raum West 205	BT B Süd Raum Süd 210	BT C Klassentrakt Raum Süd (Nord)
3	Bauteil Klassenraum Raumbezeichnung	BT B Neubau Raum Süd 23	BT A West Raum West 204	BT B Kreuzbau Raum Ost (West)

Tabelle 4 Räume Langzeitmessung

Bild 20 bis Bild 22 beschreiben beispielhaft die Messstelleneinrichtung der Hildesheimer Schule für die Raumlufttemperatur in 1,1 m Höhe, die CO₂- Konzentration in 1,1 m Höhe, die Fensterkontakte und die Datenaufnahme.



Bild 20 Temperatur, CO₂



Bild 21 Fensterkontakt



Bild 22 Datenlogger

Das Öffnen der Fenster zum Lüften wird über Fensterkontakte dokumentiert. Pro Fassadenachse wird in einem 10-minütigen Intervall ein Messwert aufgezeichnet. Oberlichter und Fensterflügel sind dabei zusammengefasst worden. Liegt das Fensteröffnen zeitlich innerhalb des Messintervalls von 10 Minuten, wird das kurzzeitige Lüften der Fenster nicht erfasst. Aufgrund beschränkter Datenkapazität der Datenlogger war ein kürzeres Messintervall in diesem Fall nicht möglich, sollte aber bei zukünftigen Messungen angestrebt werden, um auch kurze Lüftungszeiten zu erfassen.

In Hamburg musste auf eine Dokumentation der Fensterkontakte verzichtet werden, da hier mit zweiseitigen Fensterfassaden und angrenzenden Gruppen- sowie Vorraum zu viele Lüftungsmöglichkeiten bestehen, die die Messumsetzung und Auswertung erschwert haben. Zur statistischen Auswertung der Langzeitmessung werden Stundenmittelwerte der CO₂-Konzentration und der Raumtemperaturen über den Winter, die Übergangszeit und den

Sommer gebildet. Die Stundenmittelwerte der Klassenräume beziehen sich ausschließlich auf die Unterrichtszeit, also ohne Wochenenden und Ferien. Tabelle 5 gibt eine Übersicht über die Randbedingungen der jahreszeitlichen Aufteilung und die ausgewerteten Unterrichtszeiten.

Die Mittelwerte werden zur Übersicht zusammen mit dem Minima und Maxima in einem Diagramm und einer Datentabelle dargestellt.

Winter	Dezember bis Februar	8 bis 13 Uhr (WOB, HH) 8 bis 15 Uhr (HI)
Übergangszeit	März bis Mai / September bis November	8 bis 13 Uhr (WOB, HH) 8 bis 15 Uhr (HI)
Sommer	Juni bis August	8 bis 13 Uhr (WOB, HH) 8 bis 15 Uhr (HI)

Tabelle 5 Randbedingungen Jahreszeiten

Für die Beurteilung der gemessenen Luftqualität des Langzeitmonitorings wird ein CO₂-Grenzwert von 1.500 ppm angenommen (s. Kapitel 3.3.1). Bei der natürlichen Lüftung eines Klassenraums wird der Referenzwert von 1.500 ppm insbesondere bei niedrigen Außentemperaturen mehr oder weniger häufig überschritten. Da kurzfristige Spitzenwerte oder häufige geringfügige Überschreitungen durch die Nutzer eher akzeptiert werden als dauerhaft hohe CO₂-Konzentrationen, wird der so genannte CO₂-Überschreitungsindex⁴⁹ berechnet. Dieser wurde formuliert durch das niedersächsische Landesgesundheitsamts aus den Erkenntnissen eines Projekts zur Untersuchung der Luftqualität in Schulen. Er berücksichtigt sowohl die Überschreitungsdauer als auch die Überschreitungshöhe der CO₂-Konzentration über Werte von 1.500 ppm. Die Beschreibung erfolgt als Produkt aus Überschreitungshäufigkeit als Zeitanteil der überhöhten CO₂-Konzentrationen im Unterricht und des Überschreitungsmittelwertes als mittlere CO₂-Konzentration > 1.500 ppm abzüglich des Referenzwertes von 1.500 ppm. Ein Index von 0 ppm*% entspricht einer „guten“ Luftqualität und bedeutet keine Überschreitung des Referenzwerts im gesamten Zeitraum. Es wird davon ausgegangen, dass bei ein Überschreitungsindex unter 15.000 ppm*%, was z.B. einer Überschreitung von bis zu 500 ppm bei 30% der Zeit entspricht, noch als „befriedigend“ und darüber hinaus als ungenügend eingestuft werden kann.

⁴⁹ Hehl, O./ Grams, H (2003)

4.3.2 Thermische Simulation

Neben der energetischen und wirtschaftlichen Berechnung wird für die Grundschule in Hamburg eine beispielhafte Simulationsuntersuchung zur Optimierung des sommerlichen Wärmeschutzes durch geeignete passive Maßnahmen durchgeführt.

Durchführung

In der Untersuchung werden die sommerlichen Überhitzungen des Lehrerzimmers in Bauteil A und der Unterrichtsräume in Bauteil B und C für verschiedene Varianten passiver Sonnenschutzmaßnahmen untersucht. Berücksichtigung findet auch die Verbesserung der Gebäudehülle mit Fensteraustausch und Wärmedämmverbundsystem auf der Fassade.

Die Räume werden in einem thermischen Simulationsprogramm abgebildet und der Verlauf der Raumtemperaturen bei gegebenen Randbedingungen berechnet. Berücksichtigt werden die Standard-Klimabedingungen des Standortes Hamburg, die baulichen und gebäude-technischen Gegebenheiten sowie das vorgesehene Nutzungsprofil. Die Ergebnisse sollen über die Anzahl der Überhitzungsstunden nach DIN 4108-2⁵⁰ Aufschluss über den Einfluss verschiedener Verglasungsvarianten und passiver Maßnahmen auf den thermischen Nutzerkomfort geben.

Sommerlicher Komfort und Rechtslage

Zur Beurteilung des thermischen Komforts eines Raums im Sommer wird die Anzahl der Überhitzungsstunden ermittelt. Als „Überhitzungsstunde“ wird im Allgemeinen ein Zeitraum bezeichnet, bei dem die empfundene Raumtemperatur (operative Temperatur als Mittelwert aus Raumluft- und Oberflächentemperatur) die Grenz-Raumtemperatur von 26 °C überschreitet.

Die DIN 4108-2 enthält einen Passus, wonach ein prozentualer Anteil von bis zu 10 % Überhitzungsstunden (Grenzwert 26°C) während der Nutzungszeit zulässig ist. Bei einer Gesamt-Jahresnutzungszeit von 2.610 h/a entspricht dies einem Grenzwert von 261 Überhitzungsstunden pro Jahr. Für die geringere Nutzungszeit im Schulunterricht wird dies entsprechend auf 2.088 h/a, bzw. 210 h/a angepasst.

Gemäß der für die Lüftung von Nichtwohngebäuden mit raumluftechnischen Anlagen geltenden DIN EN 13779⁵¹ ist ohne weitere Vereinbarungen eine Auslegung der Anlage auf einen üblichen Bereich von 23 bis 26 °C bei Sommerbetrieb mit Kühlung zu berücksichtigen. Der Standardwert für die Auslegung beträgt im Sommer 26 °C am Tag.

⁵⁰ DIN 4108 Teil 2 (2003): Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden

⁵¹ DIN EN 13779 (2006): Lüftung von Nichtwohngebäuden

Auf der Grundlage von vereinbarten Auslegungswerten können Planer und Auftraggeber einen Zeitraum festlegen, in dem die Auslegungswerte überschritten werden dürfen (z.B. Stunden je Tag oder Tage je Jahr).

Die Arbeitsstättenrichtlinie Nr. 6⁵² verlangt, dass die Raumtemperatur in Arbeitsräumen 26 °C nicht überschreiten soll. Weiterhin „müssen Arbeitsplätze, die unter starker Hitzeeinwirkung stehen, im Rahmen des betrieblich möglichen gekühlt werden“.

Die Rechtslage bezüglich der sommerlichen Überhitzung von Nichtwohngebäuden kann damit als nicht gesichert bezeichnet werden.

Es ist darauf hinzuweisen, dass die Simulationsergebnisse zum thermischen Komfort auf einer Standardnutzung und einem Standardwetterdatensatz basieren. In der Realität können die gemessenen Temperaturen sowie die Nutzungsprofile erheblich von den in der Simulation verwendeten Datensätzen des Außenklimas bzw. Annahmen der Nutzung und damit auch für den Raum berechneten Temperaturverlaufswerten abweichen. Die Simulation kann daher nur Aussagen zu den relativen Auswirkungen verschiedener Maßnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz treffen, jedoch keine Prognose zu den sich tatsächlich einstellenden Temperaturen in den Räumen geben.

Simulationswerkzeug

Die Simulationsrechnungen werden mit dem Simulationswerkzeug TRNSYS lite 16.0.29 (A Transient System Simulation Program) ausgeführt. Mit dem Programm kann über eine Benutzeroberfläche ein 1-Zonen Modell einer thermischen Zone (z.B.: Klassenraum) erstellt werden. Als „Simulationsmotor“ dient das für die dynamische Gebäude- und Anlagensimulation entwickelte Simulationswerkzeug TRNSYS. Dies ist seit 1975 verfügbar und wurde an der Universität von Wisconsin, USA am Solar Energy Laboratory ursprünglich für die dynamische Simulation von aktiven Solarsystemen auf der Basis der Programmiersprache Fortran entwickelt. TRNSYS ist ein in der Systemsimulation anerkanntes und verbreitetes Programm und ermöglicht durch seine Modularität die Integration verschiedener Rechenmodelle für Anlagenkomponenten der Technischen Gebäudeausrüstung. Durch die internationale Anwendung im Rahmen verschiedener IEA-Arbeitskreise wird das Simulationswerkzeug TRNSYS ständig erweitert, weiterentwickelt sowie validiert und stellt damit ein für diese Aufgabenstellung geeignetes Softwaretool dar.

⁵² Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2001): Arbeitsstättenrichtlinien (ASR 6) - Raumtemperaturen

Wetterdaten

Der für die Simulationsrechnungen verwendete Wetterdatensatz des Deutschen Wetterdienstes (DWD) entspricht dem TRY-Wetterdatensatz für die Bundesrepublik Deutschland. Bei den Testreferenzjahren handelt es sich um Datensätze ausgewählter meteorologischer Elemente für jede Stunde eines Jahres der 15 verschiedenen Klima-Regionen Deutschlands. Die mit den TRY-Wetterdaten vorliegenden zyklischen Datensätze liefern die klimatologischen Randbedingungen zur Simulation von heiz- und raumluftechnischen Anlagen und des thermischen Verhaltens von Gebäuden.

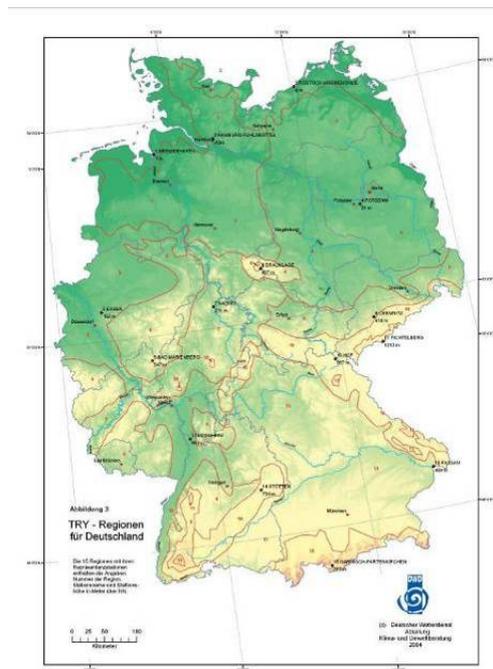


Bild 23 TRY-Regionen für Deutschland (DWD)

Neben den Standard-Wetterdaten stehen Datensätze mit einer extremen Winter- (Dezember bis Februar) und einer extremen Sommerperiode (Juni bis August) zur Verfügung. Diese Daten können zur Auslegung heiz- und raumluftechnischer Anlagen herangezogen werden und basieren auf Wetterdaten ausgewählter realer Jahre.

4.3.3 Nutzerbefragung

Über eine Nutzerbefragung im Ist-Zustand der Gebäude, die Ende 2007 durchgeführt worden ist, wird das Nutzerverhalten sowie das subjektive Behaglichkeitsempfinden der Schüler und Lehrer analysiert. Die Langzeit- und Kurzzeitmessung des Komforts unterstützen dabei die Auswertung der erhobenen Daten und ermöglichen eine Plausibilitätskontrolle. Nach der Sanierung werden die Untersuchungen wiederholt, um die Verbesserung des Komforts und die Nutzerakzeptanz bewerten zu können. Zu den technischen Parametern der Nutzerbefragung gehören die Einhaltung der Behaglichkeitsbedingungen des Raumklimas und die Erfordernisse der Raumakustik. Die Einzelpunkte der Themenbereichs Nutzerkomfort und Behaglichkeit sind:

- Raumtemperatur
- Luftqualität
- Tageslicht / Kunstlicht
- Akustik

Die Anzahl der befragten Lehrkräfte und Schüler bei der Nutzerbefragung beträgt:

	Lehrkräfte	Schüler
Wolfsburg	12 (10 weibl./ 2 männl.)	81 (4 Klassen)
Hildesheim	32 (18 weibl./14 männl.)	102 (4 Klassen)
Hamburg	17 (16 weibl./ 1 männl.)	61 (3 Klassen)

Tabelle 6 Anzahl der befragten Personen

Abgefragt worden ist sowohl die Wahrnehmung von Behaglichkeitsaspekten des Klassenraums als auch deren Wichtigkeit bzw. Störung auf das subjektive Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit der Nutzer. Um die Kombinationen dieser beiden Antworten zu verknüpfen, wird eine kompakte Darstellung gewählt (s. Bild 24). Ersichtlich ist die Bewertung der Behaglichkeit (Balkengröße). über die Anzahl der gewählten Antworten der Lehrer und Schüler sowie dem Prozentsatz. Zusätzlich ist über die Balkeneinfärbung angegeben, wie die Nutzer dieses Behaglichkeitskriterium in seiner Wichtigkeit bzw. dem Grad der Störung bewertet haben.

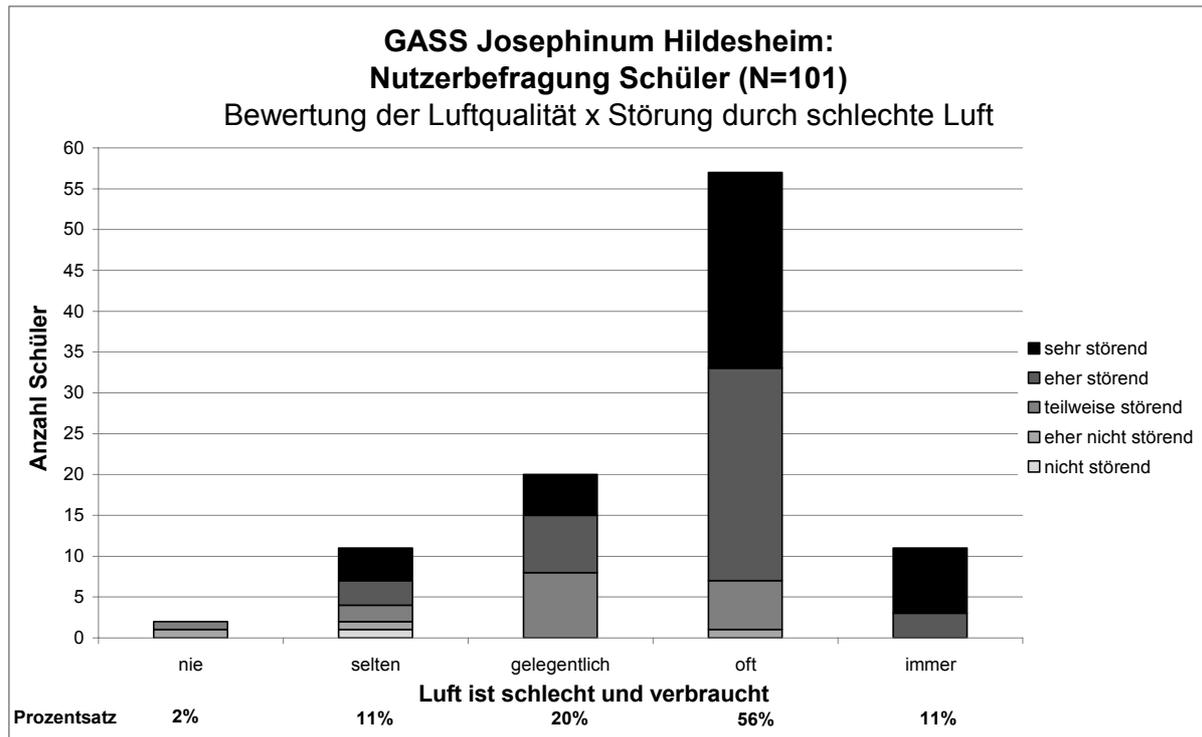


Bild 24 Beispiel Nutzerbefragung Hildesheim Luftqualität Schüler

Zu den Unzufriedenen zählen die Nutzer, die der Variable z.B. wie Temperatur zu warm, Luft schlecht, Sonne blendet, Platz zu dunkel eine große Wichtigkeit beimessen und unzufrieden sind, dass sie mit hoher Ausprägung auftritt.

Zufriedene Nutzer messen diesen Variablen eine große Wichtigkeit bei, sind aber zufrieden, dass sie nur mit geringer Ausprägung auftreten.

Unabhängig davon wie die Ausprägungen der Variablen wahrgenommen werden, wird bei einer neutralen Bewertung der Zustand als nicht wichtig oder nicht störend empfunden.

4.3.4 Tages- und Kunstlicht

Zur Bewertung der Tageslichtversorgung sind in typischen Räumen die Beleuchtungsstärken in den Räumen und Außen gemessen worden. Diese Messungen sind ein Maß für die Tageslichtversorgung und zeigen die Qualität des „Systems“ Fenster aus Größe, Anordnung, Farbe und Lichttransmission der Verglasung.

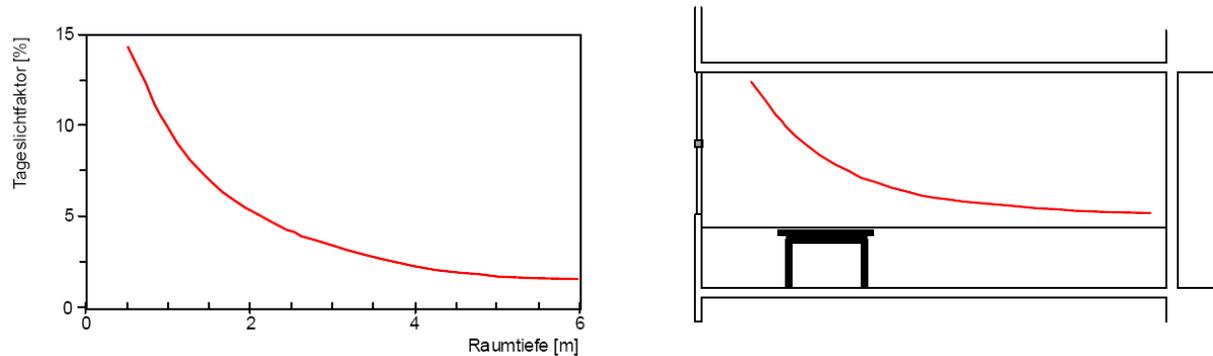


Bild 25 Beispiel Verteilung Beleuchtungsstärke⁵³

Aus den Messwerten kann der Tageslichtquotienten D [%] berechnet werden. Er ist das Verhältnis der horizontalen Innenbeleuchtungsstärke auf der Bewertungsebene E_p zur Außenbeleuchtungsstärke E_a in Prozent. In Abständen von einem Meter vor der Hauptfassade sind die Beleuchtungsstärken E_p ermittelt worden. Die Messung erfolgt möglichst bei bedecktem Himmel, um bei der Bewertung eine Vergleichbarkeit herzustellen. Gute Lichtverhältnisse bestehen bei Tageslichtquotienten größer 3 %. Ab ca. 1 % werden die Lichtverhältnisse als schlecht angesehen. Nach DIN 5034⁵⁴ gilt ein Tageslichtquotient von 0,95 % als Mittelwert in halber Raumtiefe als ausreichend. Der Mindestwert von 0,75 % sollte in Raummitte nicht unterschritten werden.



Bild 26 Durchführung Tageslichtmessung

⁵³ Hennings, D (2000): LEE -Leitfaden Elektrische Energie im Hochbau

⁵⁴ DIN 5034 Teil 1 (2007): Tageslicht in Innenräumen

Künstliche Beleuchtung

Nach DIN EN 12464⁵⁵ werden für die Beleuchtung von Schulen bei verschiedener Raumnutzungen die Normbeleuchtungsstärken auf der Arbeitsebene (Tisch) in Tabelle 7 gefordert:

Raumnutzungsart	Normbeleuchtungsstärke E_m
Unterrichtsräume in Grund- und weiterführenden Schulen	300 Lux
Unterrichtsräume für Abendklassen und Erwachsenenbildung	500 Lux
Handarbeitsräume, Lehrwerkstätten, Küchen,	500 Lux
Wandtafel (vertikal), Demonstrationstisch	500 Lux
Lehrerzimmer	300 Lux
Treppen	150 Lux
Verkehrsflächen, Flure	100 Lux
Bibliotheken (Bücherregale)	200 Lux
(Lesebereiche)	500 Lux
Sporthallen	300 Lux

Tabelle 7 Normbeleuchtungsstärken nach DIN EN 12464-1

Entsprechend dem „Leitfaden Elektrische Energie – LEE“⁵³ zeigt Tabelle 8 Richtwerte für installierte Lampenleistungen pro Fläche NGF bei verschiedenen geforderten Beleuchtungsstärken. Dabei entsprechen die einfachen Richtwerte ($p_{B,e}$) den Grenzwerten und die verbesserten Richtwerte ($p_{B,v}$) den Zielwerten des flächenspezifischen Energiebedarfs.

Als Richtwerte für einen Unterrichtsraum wird danach bei einer geforderten Beleuchtungsstärke von 300 Lux eine installierte Lampenleistung von 10,0 W/m² (einfach) bzw. von 7,5 W/m² (verbessert) empfohlen. Die Angaben aus Tabelle 8 beziehen sich auf eine effiziente Beleuchtungsanlage mit Spiegelrasterleuchten und Vorschaltgerät.

⁵⁵ DIN EN 12464 Teil 1(2009): Licht und Beleuchtung

Nennbeleuchtungsstärke	flächenspezifische installierte Lampenleistung	
	einfacher Richtwert $p_{B,e}$	verbesserter Richtwert $p_{B,v}$
50 lx	3.2 W / m ²	2.5 W / m ²
100 lx	4.5 W / m ²	3.5 W / m ²
300 lx	10.0 W / m ²	7.5 W / m ²
500 lx	15.0 W / m ²	11.0 W / m ²
750 lx	20.0 W / m ²	16.0 W / m ²
1000 lx	25.0 W / m ²	21.0 W / m ²

Tabelle 8 Richtwerte flächenspezifischer installierter Lampenleistung)⁵³

Die in der Bestandsaufnahme ermittelten spezifischen Kennwerte für die installierte Beleuchtungsleistung der alten Anlagen werden in der Analyse verglichen mit den jeweiligen nutzungsabhängigen Richtwerten. Hierdurch soll das energetische Optimierungspotential im Falle einer Erneuerung der Beleuchtungsanlage aufgezeigt werden.

In Tabelle 9 sind die Nennbeleuchtungsstärken nach DIN EN 12464-1 und die jeweiligen Richtwerte für installierte Lampenleistungen pro Fläche NGF nach dem „Leitfaden Elektrische Energie – LEE“ entsprechend Tabelle 7 und Tabelle 8 zusammengetragen worden.

Raumnutzungsart	Normbeleuchtungsstärke E_m	einfacher Richtwert ($p_{B,e}$) nach LEE	verbesserter Richtwert ($p_{B,v}$) nach LEE
Unterrichtsräume, Spielzimmer (Kindergarten)	300 Lux	10,0 W/m ²	7,5 W/m ²
Verwaltung	300 Lux	10,0 W/m ²	7,5 W/m ²
Küchen	500 Lux	15,0 W/m ²	11,0 W/m ²
Treppen	150 Lux	5,9 W/m ²	4,5 W/m ²
Verkehrsflächen, Flure	100 Lux	4,5 W/m ²	3,5 W/m ²
Toiletten, Bäder	300 Lux	10,0 W/m ²	7,5 W/m ²
Versammlungsraum	200 Lux	7,3 W/m ²	5,5 W/m ²
Haustechnikräume	200 Lux	7,3 W/m ²	5,5 W/m ²
Lagerräume	100 Lux	4,5 W/m ²	3,5 W/m ²
Sporthallen	300 Lux	10,0 W/m ²	7,5 W/m ²

Tabelle 9 Normbeleuchtungsstärken und flächenspezifische installierte Lampenleistung

Genaueren Aufschluss wie effizient die Beleuchtungsanlagen im Bestand sind, ist über eine Messung der Beleuchtungsstärke möglich. Im Rahmen des Projekts ist darauf allerdings verzichtet worden, weil hier Gesamtanierungen und damit ein kompletter Austausch der alten Beleuchtungsanlagen betrachtet werden.

Die Daten zum Stromverbrauch, die für die Bestandsanalyse des DBU-Projekts aufgenommen worden sind, sind im Rahmen des von der EU geförderten Forschungsprojektes „EL-Tertiary“⁵⁶ weiterverwendet worden. Ziel dieses Projekts war es, den Stromverbrauch in Nichtwohngebäuden zu erfassen und daraus Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz zu entwickeln. Dazu wurden Messungen und Befragungen in ausgewählten Fallstudien in 12 EU-Ländern (Deutschland, Frankreich, Belgien, Niederlande, Griechenland, Italien, Portugal, Lettland, Tschechien, Rumänien, Ungarn) durchgeführt. Auf dieser Basis wurden Hinweise für Gebäudeeigner und –manager entwickelt sowie nationale und EU-weite Politikempfehlungen erarbeitet.

4.3.5 Umsetzung Akustik

Die Umsetzung der akustischen Bestandsanalyse erfolgte durch umfassende messtechnische Bestimmung der relevanten Maßzahlen möglichst in sämtlichen Räumen der Schulgebäude, da sich mehrmals zeigte, dass scheinbar weitgehend gleiche Räume in Größe, Geometrie, Möblierung und auch in der sichtbaren akustischen Ausstattung sehr unterschiedlich Messergebnisse aufwiesen. Die Messergebnisse wurden mit Anforderungen bzw. mit Sollwerten und den zugehörigen Toleranzbereichen verglichen und entsprechend in die Kategorien „Optimalbereich“, „Sanierung empfohlen“ und „vordringlich sanierungsbedürftig“ eingestuft.

Anforderungen an die Raumakustik sind nach DIN 18041⁵⁷ für die Nachhallzeiten abhängig von der Nutzung des Raumes und vom jeweiligen Raumvolumen festgelegt (Bild 27). Für Sprache gilt der in Bild 28 gezeigte Toleranzbereich.

⁵⁶ Weitere Projektinformationen unter „www.eu.fhg.de/el-tertiary“

⁵⁷ DIN 18041 (2004)

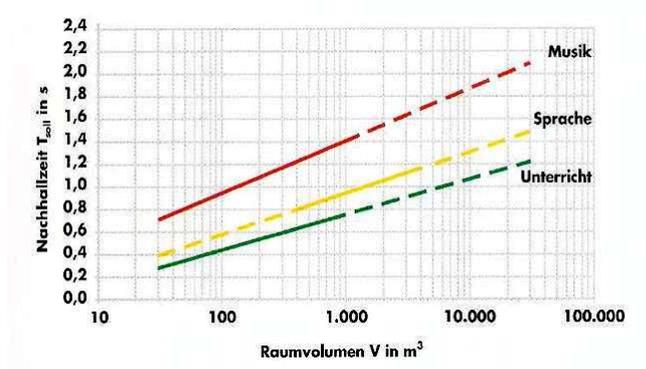


Bild 27 Sollnachhallzeit T_{soll} von Unterrichtsräumen in Abhängigkeit vom Raumvolumen nach DIN 18041

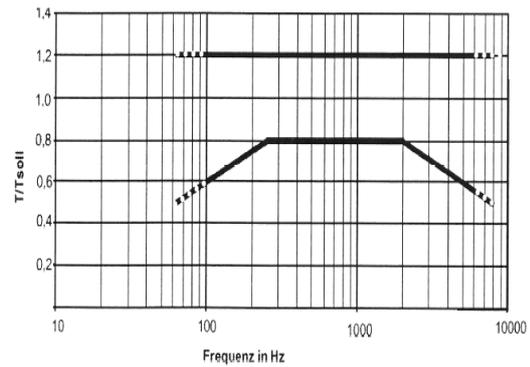


Bild 28 Toleranzbereich der Sollnachhallzeit in Abhängigkeit von der Frequenz für Sprache

Die Berechnung der jeweiligen Sollnachhallzeit T_{soll} in Sekunden [s] erfolgt nach DIN 18041:2004-05 mit folgenden Formeln:

$$T_{soll, \text{ Unterricht}} = (0,32 \lg V/m^3 - 0,17) \text{ s} \quad V = \text{Raumvolumen in } m^3$$

$$T_{soll, \text{ Musik}} = (0,45 \lg V/m^3 - 0,07) \text{ s}$$

$$T_{soll, \text{ Sprache}} = (0,37 \lg V/m^3 - 0,14) \text{ s}$$

$$T_{soll, \text{ Sport 1}} = (1,27 \lg V/m^3 - 2,49) \text{ s (normale Nutzung ohne Publikum)}$$

$$T_{soll, \text{ Sport 2}} = (0,95 \lg V/m^3 - 1,74) \text{ s (mehrzügiger Unterrichtsbetrieb)}$$

$T_{soll, \text{ Sport 1}}$ und $T_{soll, \text{ Sport 2}}$ gelten für Raumvolumina von 2000 m^3 bis 8500 m^3

Es war daher erforderlich, von den untersuchten Räumen die Volumina zu bestimmen und individuell die Soll-Nachhallzeiten T_{soll} entsprechend der aktuellen Nutzung mit diesen Formeln zu berechnen.

Als anzustrebenden Bereich der Nachhallzeiten in Abhängigkeit von der Frequenz gibt die Norm im mittleren Frequenzbereich von 250 Hz bis 2000 Hz ($T_{soll} \pm 20\%$) vor. Bei tieferen Frequenzen (100 Hz bis 250 Hz) und bei höheren Frequenzen (2000 bis 5000 Hz) erweitert sich bei T_{soll} für Sprache der Bereich für die untere Grenze, die Obergrenze liegt jedoch auch hier bei ($T_{soll} + 20\%$) s (s. Bild 31). Für Musik ist der anzustrebende Bereich oberhalb 250 Hz identisch mit dem für Sprache. Unterhalb 250 Hz steigt jedoch sowohl die untere wie die obere Toleranzbereichsgrenze linear auf $1,5 T_{soll}$ bei 100 Hz, es ist also ein „sanfter“, jedoch begrenzter Anstieg der Nachhallzeiten bei tiefen Frequenzen durchaus erwünscht. Zu beachten ist jedoch, dass sich nach den oben genannten Formeln z.B. für ein bei

Klassenräumen übliches Volumen von 200 m³ für den sprachlichen Unterricht T_{soll} zu 0,57 s ergibt, für Musikunterricht beträgt bei gleichem Raumvolumen T_{soll} jedoch 0,97 s.

Bei einer Raumnutzung durch Personen mit eingeschränktem Hörvermögen sollen die anzustrebenden Nachhallzeiten um bis zu 20% niedriger als die o.g. T_{soll} -Werte für Sprache und Unterricht angesetzt werden. Dies gilt auch bei fremdsprachlicher Kommunikation, bei Sprach-, Sprachverarbeitungs-, Konzentrations- und Aufmerksamkeitsstörungen sowie bei Leistungsschwäche

Für Sport- und Schwimmhallen ohne Publikum ist der mit den obigen Formeln errechnete Wert von T_{soll} zwischen 250 Hz und 2000 Hz mit einer Genauigkeit von $\pm 20 \%$ einzuhalten.

Für leere Räume sollen die Nachhallzeiten maximal 20% über den Soll-Nachhallzeiten liegen. Die Untersuchungen wurden zwar nahezu ausschließlich in nicht besetzten Räumen, jedoch in der Regel bei vollständiger Möblierung und sonstiger Schall absorbierender Raumausstattung (Vorhänge, Bücherregale etc.) durchgeführt. Zusätzliche Absorption durch Personen im Raum kann damit vernachlässigt werden, die errechneten Soll-Nachhallzeiten können als Zielgrößen herangezogen werden. Abweichungen sind im Folgenden gesondert aufgeführt bzw. angemerkt.

In Fluren, Treppenhäusern und Foyers kann es insbesondere in Pausen und bei Veranstaltungen, die diese Schulbereiche einbeziehen, zu sehr hohen Lärmpegeln kommen. Es ist daher anzustreben, auch diese Räume akustisch so auszustatten (in der Regel durch Akustikdecken und erforderlichenfalls durch zusätzliche Wandabsorber), dass die Nachhallzeiten möglichst niedrig sind. Praxisgerechte Optimalwerte liegen etwa bei $T_{\text{soll}} = 0,5 \text{ s } (\pm 20 \%)$.⁵⁸

Für den Sprachverständlichkeitsindex STI gilt folgende Bewertung:

STI	Bewertung
0 bis 0,30	unbefriedigend
0,30 bis 0,45	mangelhaft
0,45 bis 0,60	befriedigend
0,60 bis 0,75	gut
0,75 bis 1,00	sehr gut

Tabelle 10 Bewertung zum Sprachverständlichkeitsindex STI

⁵⁸ Eberle W., Schick A., Klatt M., Schmitz A. (2007)

Nach der bereits erwähnten Arbeit „Akustische Ergonomie der Schule“ von Oberdörster und Tiesler⁵⁹ besteht zwischen der Nachhallzeit und dem mittleren STI in Klassenräumen folgende Beziehung:

$$STI_{(m)} = 0,949 - 0,361 \times T_m .$$

Die Bewertung „sehr gut“, die bei Unterrichtsräumen anzustreben ist, wird erreicht, wenn die mittlere Nachhallzeit $\leq 0,55$ s beträgt.

Die Nachhallzeiten wurden jeweils in den acht Oktavbändern 63 Hz bis 8000 Hz und zusätzlich zur gegebenenfalls erforderlichen genaueren Analyse auch in den 24 Terzbändern von 50 Hz bis 10 000 Hz ermittelt. Allerdings konnten die Messwerte im Terzband 50 Hz und gelegentlich auch im Terzband 63 Hz mit dem angewendeten Messverfahren nicht mit hinreichender Zuverlässigkeit gewonnen werden. Sie fehlen daher z.T. in den grafischen Darstellungen, was die Aussagekraft der Kurven jedoch in keinem Fall beeinträchtigt. Auf zusätzliche Untersuchungen wurde daher verzichtet. Aus den Messwerten in den 4 Oktavbereichen von 250 bis 2000 Hz, die besonders maßgeblich die Qualität sprachlicher Kommunikationsmöglichkeit bestimmen, wurde als Mittelwert jeweils T_m errechnet. T_m entspricht dem international gebräuchlichen Einzahlwert NRC (*Noise Reduction Coefficient* nach der US-amerikanischen Norm ASTM C 423).

Werte von T_m im Bereich $(T_{\text{soll}} \pm 20 \%)$ wurden als nicht zu bemängeln (Optimalbereich) eingestuft und als grüne Flächen in den Grundrissplänen dargestellt. Liegt T_m zwischen $(T_{\text{soll}} + 20 \%)$ und $(T_{\text{soll}} + 20 \%) + 50 \%)$ ist der Raum mit „Verbesserung empfehlenswert“ eingestuft und es ist eine Darstellung als gelbe Grundrissfläche erfolgt. Räume mit T_m größer $(T_{\text{soll}} + 20 \%) + 50 \%)$ sind als sanierungsbedürftig eingestuft und die Kennzeichnung ist als rote Grundrissfläche erfolgt. Auf den Grundrissflächen wurde jeweils der Zahlenwert von T_m eingetragen.

Die nachfolgenden Abbildungen veranschaulichen die Vorgehensweise.

⁵⁹ Oberdörster, M./Tiesler, G.(2006)

DIN 18041:2004-05 : Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen

Nachhallzeit T

$$T_{\text{soll, Unterricht}} = (0,32 \lg V / \text{m}^3 - 0,17) \text{ s} \quad V = \text{Raumvolumen in m}^3$$

Optimalbereich: ■ $(T_{\text{soll}} \pm 20 \%) \text{ s}$

Verbesserung empfehlenswert: ■ $< ((T_{\text{soll}} + 20 \%) + 50 \%) \text{ s}$

Sanierungsbedürftig: ■ $> ((T_{\text{soll}} + 20 \%) + 50 \%) \text{ s}$

Beispiel: $V = 200 \text{ m}^3$

$$T_{\text{soll}} = 0,57 \text{ s} \quad (T_{\text{soll}} + 20\%) = 0,68 \text{ s} \quad [(T_{\text{soll}} + 20\%) + 50\%] = 1,0 \text{ s}$$

Bild 29 Schema der Einstufung der festgestellten mittleren Nachhallzeiten T_m



Bild 30 Beispiel der Eintragung der festgestellten mittleren Nachhallzeiten in s in einem Stockwerksgrundriss mit farblich gekennzeichnete Einstufung

Da bei den Nachhallzeitmessungen mehrfach gleichartige Räume, die mit anscheinend gleichartigen Akustikdecken ausgestattet waren, deutlich unterschiedliche Messergebnisse zeigten, wurden bei gelochten abgehängten Absorberelementen endoskopische Untersuchungen des Deckenzwischenraums durchgeführt. Häufig bestand aber auch die Möglichkeit der unmittelbaren Untersuchung des Deckenaufbaus, wenn nämlich einzelne

Platten der Akustikdecken beschädigt waren (in der Regel infolge von Undichtigkeit der Dachhaut).

Störgeräuschmessungen als dB(A)-Werte wurden mit einem jeweils kalibrierten Schallpegelmessgerät der Genauigkeitsklasse 1 (Norsonic 118) durchgeführt. Die Beurteilung erfolgte im Vergleich zu den Empfehlungen von DIN 18041⁶⁰: Der Störschalldruckpegel bauseitiger Geräusche soll mindestens den Grenzwert ≤ 40 dB(A) einhalten. In Räumen, in denen Personen die benutzte Sprache als Fremdsprache verstehen müssen, soll die Grenze ≤ 35 dB(A) eingehalten werden. Eine Angabe von Grenzwerten von Innenlärmpegeln findet sich auch in DIN EN 15251⁶¹. Als Kriterien des Innenlärmpegels in „Kinderbetreuungseinrichtungen“ wird als „typischer Bereich“ ein A-bewerteter Auslegungs-Schalldruckpegel von 30 bis 45 dB(A) und als „Standard-Auslegungspegel“ 40 dB(A) angegeben.

In den untersuchten Schulgebäuden zeigten sich keinerlei Trittschallprobleme. Grund dafür ist die Ausführung der Betondecken mit schwimmenden Zementestrichen, die offenbar auch zu hinreichender Luftschalldämmung zwischen den Geschossen führen. Daher beschränkte sich die Analyse der Schalldämmungsverhältnisse auf eine Stichprobenerfassung der Luftschalldämmung. Es wurden die Luftschalldämm-Maße R' in Terzbändern bestimmt entsprechend den Vorgaben von DIN EN ISO 140-4⁶² nach der Formel

$$R' = (L_1 - L_2) + 10 \lg (S \cdot T / 0,16 \text{ [s/m]} \cdot V) \text{ dB.}$$

Bei der Bestimmung der Luftschalldämmung zwischen zwei nebeneinander oder übereinander liegenden Räumen wird ein Raum zum „Senderraum“, in dem L_1 als mittlerer Senderraumpegel mit einem speziellen, gleichmäßig rundum abstrahlenden Lautsprechersystem erzeugt wird. Gleichzeitig wird der mittlere Schalldruckpegel L_2 im Nachbarraum, dem Empfangsraum, ermittelt. Die Schallpegeldifferenz ($L_1 - L_2$) als zwar hauptsächlich maßgebende Größe muss dann noch korrigiert werden, indem die Fläche der Trennwand S , das Volumen des Empfangsraums V und dessen Nachhallzeiten T berücksichtigt werden. Die Mindestanforderung an Wände zwischen Unterrichtsräumen gibt DIN 4109⁶³ vor: erf. $R'_w = 47$ dB. Als Mindestschalldämmung von Außenbauteilen ist bei einem maßgeblichen Außenlärmpegel bis 60 dB(A) das erforderliche Schalldämm-Maß zu 30 dB festgelegt. Erreicht der maßgebliche Außenlärmpegel jeweils in 5 dB-Stufen höhere Werte, steigt auch der Anforderungswert des Schalldämm-Maßes um jeweils 5 dB.

⁶⁰ DIN 18041 (2004)

⁶¹ DIN EN 15251 (2007)

⁶² DIN EN ISO 140-4 (1998)

⁶³ DIN 4109 (1989)

4.4 Umsetzung der energetischen und wirtschaftlichen Untersuchung

Die Untersuchungen zum Thema Gebäudetechnik werden durch das Institut für Gebäude- und Solartechnik durchgeführt. Ziel ist eine deutliche Reduzierung des Primärenergiebedarfes sowie der CO₂-Emissionen der Schulen unter Beachtung der Wirtschaftlichkeit. Dazu werden in Varianten abgestufte Sanierungskonzepte u. a. zur Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes, der Energieeffizienz der Anlagentechnik sowie des Raumkomforts entwickelt, die energetisch und wirtschaftlich miteinander verglichen.

4.4.1 Energetische Untersuchung

Die Gebäudeteile der Schulen werden energetisch und wirtschaftlich sowohl einzeln als auch im Verbund betrachtet, um die Potentiale einer Sanierung auf Gebäudeebene und für den Gesamtkomplex zu ermitteln.

Die energetischen Ziele werden gestaffelt in drei Standards definiert, die jeweils auf unterschiedlichen Niveaus deutlich zur Reduzierung des Energieverbrauchs, der CO₂-Emissionen und der Betriebskosten beitragen. Zudem lässt die Steigerung des Nutzerkomforts, eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit bei Schülern und Lehrern erwarten.

Ausgehend von einer Variante 0, die die Instandhaltung des Gebäudes ohne energetische Verbesserung beschreibt, werden die folgenden drei Varianten und Standards betrachtet.

- Variante 0 - Instandhaltung
- Variante 1 - EnEV plus
- Variante 2 - KfW 40 / 60
- Variante 3 - Passivhausstandard (PH)

Die Instandhaltung als Variante 0 berücksichtigt nur die Erhaltung der jetzigen Schulgebäude ohne jegliche energetische Verbesserung. Zum Vergleich wird ein EnEV plus-Standard betrachtet, der bei den Forderungen an die Gebäudehülle der EnEV 2009⁶⁴ entspricht.

Die Varianten 2 und 3 entsprechen dabei dem energetischen Mindeststandard, der durch die DBU zur weiteren Förderung gesetzt wird.

Diese Zielvorgaben sind:

KfW 40 / 60-Standard

- Jahresprimärenergiebedarf $Q_p = 60 \text{ kWh/m}^2 \text{ NGF a}$

⁶⁴ EnEV 2009 (2009)

- Spezifischer Transmissionswärmeverlust HT' mind. 45% unter EnEV-Standard

Passivhausstandard

- Jahresprimärenergiebedarf $Q_p = 120 \text{ kWh/m}^2 \text{ EBF a}$
- Jahresheizwärmebedarf $Q_h = 15 \text{ kWh/m}^2 \text{ EBF a}$

Die Erreichung der Zielwerte für die Sanierungsvarianten 1 und 2 wird im Rahmen von Berechnungen nach der seit dem 01.10.2007 gültigen Novellierung der Energieeinsparverordnung (EnEV) über die DIN 18599⁶⁵ mit dem Programm „IBP 18599“ nachgewiesen. Der Nachweis des Passivhausstandards erfolgt über das „Passivhaus Projektierungs Paket - PHPP 2007“⁶⁶.

Eine direkte Vergleichbarkeit zwischen den Ergebnissen der Berechnung mit „IBP 18599“ und „PHPP 2007“ ist aufgrund einiger unterschiedlicher Parameter, wie der Energiebezugsfläche für das Passivhaus, nur eingeschränkt gegeben. Die Energiebezugsfläche setzt sich beim Passivhausnachweis z.B. aus Anrechnung der Nutzfläche mit 60 % der Verkehrsflächen ohne Treppen, Schächte zusammen. Zum Jahresprimärenergiebedarf Q_p des „PHPP 2007“ zählen außerdem die Warmwassererzeugung, Heizung, Kühlung, sowie der Hilfs- und Haushaltsstrom.

Um die Berechnungsergebnisse vergleichbar zu machen, werden daher alle Standards mit dem EnEV-Programm „IBP 18599“ berechnet und in den Bewertungen der Varianten entsprechend dargestellt. Dazu gehören zur Vollständigkeit auch die Varianten, die trotz der Berücksichtigung einer entsprechenden Gebäudehülle, die Grenzwerte des angestrebten KfW-Standards bzw. des Passivhaus-Standards überschreiten. Zusätzlich wurden die Passivhaus-Varianten im „PHPP 2007“ nach Feist gerechnet.

Grundlage für den Vergleich mit der Bestandssituation sind die Verbrauchswerte aus den vergangenen Jahren.

Unter Anpassung der bauphysikalischen Parameter an die energetischen Standards werden für die Sanierungsvarianten Energiebedarfsberechnungen erstellt, die energetisch, ökologisch und wirtschaftlich vergleichend bewertet werden.

Die Konditionierung der Gebäude erfolgt im Regelfall beim Bestand und für Variante 1 mit statischen Heizflächen und einer Fensterlüftung. Ausnahme sind kleinere bestehende Lüftungsanlagen in Sondernutzungen und WC-Bereichen. Alle anderen Räume werden durch Fenster gelüftet.

Weitere technische Parameter der Varianten KfW 40/60 und Passivhaus (PH) sind:

⁶⁵ DIN V 18599 (2007) Energetische Bewertung von Gebäuden.

⁶⁶ Feist, W./ Pfluger, R./ Kaufmann, B./ Schnieders, J./ Kah, O.(2007)

Lüftungsanlage

- Luftmengen 15 bis 20 m³/(Person h)⁶⁷
- zwei bis dreifacher Luftwechsel
- Wärmerückgewinnung 80%
- keine Befeuchtung

Sonstiges

- Pumpen bedarfsausgelegt, variable Regelung (PH)
- Leuchtstofflampe stabförmig mit EVG, automatische Kontrolle, tageslichtabhängig (PH)
- Heizverteilung gedämmt mit U-Wert 0,2 W/m²K

Bei den Annahmen der Mindestluftwechsel der Lüftungsgeräte wird auf Kapitel 3.3.1 verwiesen. In Bezug auf Wärmebrücken und Gebäudedichtheit sind die in Tabelle 11 ersichtlichen Werte angenommen worden.

Randbedingungen Gebäudehülle		
	Wärmebrücken	Gebäudedichtheit (n ₅₀ -Wert)
	W/m ² K	1/h
Bestand	0,10	6,0
EnEV plus	0,10	2,0
KfW 40 / 60	0,05	2,0 bzw. 1,0 (mit RLT)
Passivhaus	0,05	0,6

Tabelle 11 Randbedingungen Gebäudehülle

4.4.2 Wirtschaftliche Untersuchung

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung werden in Abstimmung mit den Schulbetreibern folgende Randbedingungen festgelegt:

Kalkulatorischer Zinssatz	4,0 %
Energiepreissteigerung	5,0 % und 10,0 %
Instandhaltungskosten Bestand (bei Nichtsanierung) (Bezug auf NHK 2000)	0,6 %

Tabelle 12 Randbedingungen der Wirtschaftlichkeitsberechnung

⁶⁷ vgl. Feist, W. /Kah, O./Sarini, V. (2006): Protokollband Passivhaus-Schulen

Die Berechnungen werden unter Berücksichtigung von Energiepreissteigerungen von 5 und 10 % durchgeführt, was der Entwicklung der Energiepreise in den letzten Jahren weitgehend entspricht. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gibt die Preissteigerungsraten der letzten Jahre beispielsweise im Mittel mit 6 bis 8 % an⁶⁸.

Der kalkulatorische Zinssatz ist in Abstimmung mit den Schulbetreibern mit 4 % und die Inflationsrate mit 2 % angenommen worden. Für die einzelnen Maßnahmen ist über die jeweilige Nutzungsdauer, die Annuität, sowie die Wartungskosten aufgeteilt nach Kostengruppen ermittelt worden. Dazu sind folgende Normen und Richtlinien verwendet worden: DIN EN 15459⁶⁹, VDI 2067⁷⁰, VDI 6025⁷¹

Für den Bestand (Variante 0), bei der keine baulichen Maßnahmen an Gebäudeteilen erforderlich sind, werden Kosten für die Instandhaltung unter den laufenden Betriebskosten berücksichtigt.

Die Kosten für die Instandhaltung werden in Anlehnung an eine Zusammenstellung der Finanzbehörde – Amt für Organisation und Zentrale Dienste der Stadt Hamburg mit einem Prozentsatz 0,6 % bezogen auf Herstellkosten angenommen. Dabei werden die Herstellungskosten nach den Normalherstellungskosten⁷² mit einem Ansatz z.B. von 960 bis 1.168 €/m² Brutto-Grundfläche BGF in Abhängigkeit der Altersklasse für die Schulen ermittelt.

Mit diesem Näherungsansatz für die Instandhaltungskosten werden die Sowieso-Kosten in der Bestandsvariante berücksichtigt und die Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Varianten hergestellt.

Gebäudehülle:

Die Sanierungskosten der Kostengruppe 300 werden in Anlehnung an eine Zusammenstellung von Baukosten der Energiepass Initiative Deutschland angenommen. Im Rahmen dieser Initiative ist unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Hauser (Universität Kassel/ Zentrum für umweltbewusstes Bauen) ein Softwaremodul für die Sanierung (EID-Bestandsenergiepass) entwickelt worden.

Die Baukosten werden unterteilt in Ohnehin-Maßnahmen für die Instandhaltung und Energiespar-Maßnahmen zur Sanierung des Gebäudes (s. Tabelle 13). Für ein Wärmedämmverbundsystem (WDVS) werden z.B. 21 % Ohnehin-Maßnahmen und 79 % Energiespar-Maßnahmen der Sanierungskosten angenommen. Zu den Ohnehin-

⁶⁸ Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2008): Energiedaten des Stat. Bundesamtes

⁶⁹ DIN EN 15459 (2008): Energieeffizienz von Gebäuden

⁷⁰ VDI 2067 (2005) : Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen

⁷¹ VDI 6025 (1996): Betriebswirtschaftliche Berechnungen für Investitionsgüter und Anlagen

⁷² Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (2000): Normalherstellungskosten

Maßnahmen werden die Kosten für Gerüst und neuen Anstrich und zu den Energiespar-Maßnahmen das Andübeln der Wärmedämmung, das Auftragen des Armierungspuzzes und des Außenputzes gezählt. In gleicher Weise werden die Sanierungskosten eines Flachdaches in 32% Ohnehin-Maßnahmen und 68 % Energiespar-Maßnahmen aufgeteilt.

	Maßnahme	Ohnehin-Maßnahme	Energiespar-Maßnahme
Dach	Dämmen	32 %	68 %
Fassade	Wärmedämmverbundsystem	21 %	79 %
Bodenplatte	Dämmen	0 %	100 %
Fenster	Austausch (Bsp. SSV 66/33)	88 %	12 %
Sonnenschutz	außenliegend	0 %	100 %

Table 13 Umrechnung Bauunterhaltung, Energetische Sanierung

Bisher nicht vorhandene Sanierungsmaßnahmen wie das Anbringen eines Sonnenschutzes oder das Dämmen der Kriechkellerdecken sind dementsprechend mit 0% als Ohnehin-Maßnahmen und zu 100% als Energiespar-Maßnahmen berechnet.

Gebäudetechnik:

Die Annahmen der Kosten für die technischen Anlagen der Kostengruppe 400 für die Sanierung der Wärmeversorgungsanlagen (KG 420), dem Einbau einer lufttechnischen Anlage (KG 420) und die Gebäudeautomation (KG 480) werden im Folgenden beschrieben.

Zur weiteren Sanierung der **Wärmeversorgungsanlagen** (KG 420) gehört die Demontage von Heizkörpern in Teilbereichen, der Einbau neuer voreinstellbarer Thermostatventile, ein hydraulischer Abgleich, die Anpassung der Pumpen an neue Wärmeverteilung und die Reparatur der Dämmung der Wärmeverteilungen. Dies gilt für alle Varianten.

Lufttechnische Anlagen (KG 430) werden für die Varianten 2 und 3 Varianten zur Reduzierung der Lüftungswärmeverluste vorgesehen.

Hierbei wird unterschieden zwischen zentralen und dezentralen Lüftungsgeräten. Für die Sanierung der Altbauten, bei denen ein nachträglicher Einbau zentraler Anlagen aufgrund der baulichen Gegebenheiten erschwert ist, werden dezentrale Lüftungsgeräte bevorzugt und entsprechend in der Wirtschaftlichkeitsberechnung berücksichtigt. Einsparmöglichkeiten liegen in der Senkung der Investitionskosten durch eine erhebliche Reduzierung der langen Luftverteilungswege sowie einer dezentralen, individuellen autarken Regelung ohne notwendige Aufschaltung auf die Gebäudeleittechnik. Auf dem Markt sind Geräte, die mit einem Luftvolumenstrom von 600 m³/h einen Klassenraum versorgen können. Die Luftverteilung erfolgt nur im Klassenraum, so dass keine Brandschutzklappen und Volumenstromregler erforderlich sind. Der Wärmerückgewinnungsgrad der Geräte liegt laut

Hersteller bei 85%. In der Wirtschaftlichkeitsberechnung sind Zusatzkosten wie ein Raumbedienteil, ein Präsenzmelder, die elektrische Installation sowie die hydraulische Einbindung berücksichtigt. Alternativ ist auch eine Nutzung eines dezentralen Wohnungslüftungsgeräts pro Klassenraum denkbar. Besonders ist die dauerhafte Gewährleistung vorgeschriebener Schallpegel in der Planung zu berücksichtigen

Im Fall bestehender zentraler RLT-Anlage und entsprechenden baulichen Gegebenheiten werden auch im Sanierungsfall zentrale Lüftungsanlagen mit Zu- und Abluft sowie Wärmerückgewinnung (Wärmerückgewinnungsgrad z.B. 83%) vorgeschlagen. Dazu werden Kosten zur Erneuerung der Verteilung über Wickelfalzrohren unter Berücksichtigung von Volumenstromreglern und Brandschutzklappen in den Klassenräumen angenommen. Der zugeführte Luftvolumenstrom der einzelnen Unterrichtsräume wird über die Volumenstromregler stufenlos dem Bedarf angepasst werden. Eine zentrale Eingriffsmöglichkeit in die Regelung der zentralen Lüftungsanlagen über die GLT ist vorgesehen.

Eine **Gebäudeautomation** (KG 480) ist für die Bauteile mit zentraler RLT-Anlage vorgesehen. Die Kosten für die Gebäudeautomation ergeben sich durch Installation eines GLT-Systems zur Regelung der Heizungs- und Lüftungsanlage. Alle zu regelnden Räume erhalten einen Raumtemperaturregler, die Thermostatventile der Heizkörper werden über die GLT angesteuert. Auch die Volumenstromregler der Räume bzw. der zu Gruppen zusammengefassten Räume werden durch Präsenzmelder und Fensterkontakte geregelt. Der zentrale Leitrechner wird im Büro des Hausmeisters untergebracht, so dass alle relevanten anlagentechnischen Daten zentral gesteuert und überwacht werden können.

Die **Wartungskosten** der Gebäudehülle und der technischen Anlagen werden mit jährlich 1,0 % der Investitionskosten angenommen. Für die dezentralen Lüftungsgeräte wird ein höherer jährlicher Wartungsbedarf von 2,0 % der Investitionskosten, für die zentralen Lüftungsanlagen von 5,0% und die Gebäudeautomation von 1,5 % berücksichtigt.

Eine mögliche Erhöhung des Grundpreises der Heizenergieversorgung durch den Energieversorger aufgrund der Reduzierung der Abnahmemengen der Sanierungsvarianten findet keine Berücksichtigung.

In den wirtschaftlichen Berechnungen der Varianten 2 und 3 wird eine mögliche DBU-Förderung von insgesamt 300.000 € berücksichtigt.

5 Bestandsanalyse Wolfsburg

5.1 Allgemeine Objektvorstellung

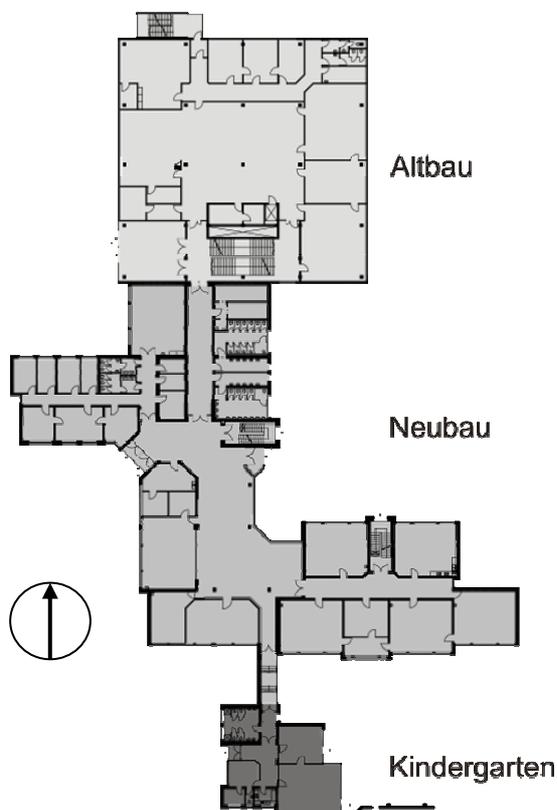


Bild 31 Grundriss EG, Wolfsburg

5.1.1 Schulprofil

Schüler/innen	237 Schülerinnen und Schüler im Alter von 6 bis 12 Jahren
Klassen	11 Klassen, davon 1 Integrationsklasse 1 Schulkindergarten
Jahrgänge	1 bis 4; Klasse 1, 3 und 4 dreizügig, Klasse 2 zweizügig
Anzahl Mitarbeiter	24 Lehrerinnen, 2 Lehrer 2 Anwärterinnen 2 Sonderschullehrerinnen (zur Zeit nur eine) 2 Sozialarbeiterinnen (zusammen 1 Stelle) 1 Leiterin des Schulkindgartens
Nutzung der Räume	von 20 Unterrichtsräumen (Altbau und Neubau) 11 als Klassenräume genutzt; die anderen belegt als Förderräume (3x), Mensa (2x), Computerraum, Elternraum, Küche und Raum für Religionsunterricht

Tabelle 14 Kennzahlen Wolfsburg Schuljahr 2008/09⁷³

⁷³ Stand 19.12.2008

Die Regenbogenschule liegt im Stadtteil Westhagen in Wolfsburg. Den Namen Regenbogenschule führt die Schule seit 1998. Der Regenbogen wurde gewählt, da er sowohl Heterogenität als auch Ganzheitlichkeit symbolisiert und als Symbol von Kindern und Erwachsenen aller Kulturen gleichermaßen erkannt und verstanden wird. Von den momentan 237 Kindern sind 147 (62%) nichtdeutscher Muttersprache. Ein Teil der Elternschaft arbeitet im VW-Werk, in überdurchschnittlich vielen Familien sind die Eltern arbeitslos und/oder leben von der Sozialhilfe. Der Standort ist durch eine hohe Fluktuation und einen hohen Anteil Alleinerziehender und so genannter Patchwork-Familien gekennzeichnet. Aufgrund des besonderen Schulkonzeptes schulen jedoch auch Eltern aus anderen Schulbezirken ihre Kinder an der Regenbogenschule ein⁷⁴.

Von 1993 bis 2008 wurde die Regenbogenschule als volle Halbtagschule mit einer täglichen Unterrichtszeit von 8.00 Uhr bis 13.00 Uhr geführt. Seit dem Schuljahr 2008/09 bietet die Schule von Montag bis Freitag ein Ganztagsangebot bis 17.00 Uhr an, welches in offener Form organisiert ist, d.h. die verpflichtenden Unterrichtsstunden liegen weiterhin am Vormittag, während am Nachmittag ein Teil der Schülerschaft additiv weiter gehende Bildungs- und Betreuungsangebote wahrnimmt. Im aktuellen Schuljahr sind 173 Schülerinnen und Schüler (73%), für das Ganztagsangebot angemeldet, darunter auch Kinder des Schulkindergartens. Im Zeitraum von 13.10 Uhr bis 15.00 Uhr nehmen alle angemeldeten Kinder am Mittagessen und an der anschließenden Hausaufgabenbetreuung teil. Danach stehen täglich zwischen vier und sieben verschiedene Arbeitsgemeinschaften oder die von den Mitarbeiterinnen des Kinderhauses organisierte so genannte offene Gruppenarbeit zur Auswahl.

Bis zum Ende des Forschungsprojektes konnte nicht abschließend geklärt werden, ob eine nahe gelegene Grundschule mit ca. 120 Schülerinnen und Schülern der Regenbogenschule angeschlossen wird. Es ist daher schwierig zu diesem Zeitpunkt verlässliche Aussagen über die Entwicklung der Schülerzahlen zu geben⁷⁵.

⁷⁴ Regenbogenschule Wolfsburg, 4

⁷⁵ Stand 19.12.2008

5.1.2 Architektur

	Grunddaten
Baujahr	1974 / 1978 / 1982 / 1994
Fläche	7.900 m ² NGF gesamt, davon Altbau 5.200 m ² NGF
Bestandsdaten Altbau	5.200 m ² NGF, 4 Vollgeschosse und ein Kellergeschoss, 14 aktive Unterrichtsräume
Konstruktion Altbau	Betonskelettstruktur Ausbauwände, vorgehängte Fassade
	Bau- und Planungsphasen
Altbau	geplant 1973 von Firma Technobau Dortmund und anschließend ausgeführt.
Sporthalle	1978 erstellt von Architekt Rolf Nolting (ehemaliger Oberbürgermeister der Stadt Wolfsburg)
Neubau	geplant 1982 von Ing. AG Peter Koller und Joachim Striethörster und anschließend ausgeführt
Kinderhaus	geplant 1994 von Joachim Striethörster und Reinhard Brandes-Wanger und anschließend ausgeführt.
	Typologie
gesamt	freistehendes Gebäudeensemble
Altbau	additiv kompakte Anlage mit offenen Flurzonen
Neubau	kombiniert lineare Anlage mit L-förmigen, einhüftigen Flurtypus
Kindertagesstätte	lineare Anlage mit einhüftigen bzw. zweihüftigen Flurtypus

Tabelle 15 Architektonische Kenndaten Wolfsburg

Beschreibung

Der Stadtteil Westhagen ist über eine Schnellstraße und den Dresdener Ring verbunden mit der Stadt. Der turmartige Altbau der Schule wirkt als ein markantes Zeichen an der Hauptzufahrt in den durch große und hohe Wohnzeilen und -türme geprägten Stadtteil. Die Schule bildet gleichzeitig die räumliche und funktionale Mitte des Stadtteils und öffnet sich eher unauffällig mit einem flachen Mittelbau als Eingang zur Schule zur Umgebung.

Die Regenbogenschule besteht aus drei Gebäudeteilen und einer separaten Sporthalle, die seit 1974 jeweils in einem Abstand von ca. 10 Jahren errichtet worden sind. Alle Bauteile entsprechen der Architektursprache ihrer Zeit, so dass die ganze Schule einen ensembleartigen Charakter aufweist mit einem Gebäude aus den 70er Jahren, einem Gebäude aus den 80er Jahren und einem Gebäude aus den 90er Jahren. Dieser Charakter findet sich in der Nutzungsmischung mit der Kindertagesstätte sowie einem baulich separierten Kinderhort wieder.

Zukünftig erhält die Schule einen Mensabereich und es ist in der Diskussion, eine Art Forum für den Stadtteil im neu zu entwickelnden Altbau unterzubringen.



Bild 32 Ansicht Nordwest Altbau der Regenbogenschule Wolfsburg

Altbau

Die offene Skelettstruktur ermöglicht eine flexible und vom statischen Raster unabhängige räumliche Unterteilung. Die hohe Tiefe des quadratischen Gebäudes (ca. 34 x 34 m) bringt Probleme in der natürlichen Belichtung des Gebäudes mit sich. Prägnant ist die große doppel- und gegenläufige Treppenanlage des Hauses, die einen imposanten vertikalen Raum aufspannt. Große und breite Flurflächen bieten den gewünschten Raum an flexibler Nutzung als Spiel- und Lernflächen. Das Gebäude wirkt abgesehen vom baulichen Zustand nüchtern, klar, kraftvoll und großzügig, aber auch dunkel. Wenige Materialien kommen zum Einsatz: Große Fensterbänder mit Betonstürzen in der Fassade, Ausbauwände aus Metall, Teppichboden und konventionelle abgehängte Decken prägen das Gebäude.

Neubau (Hauptgebäude und Kindergarten)

Das Hauptgebäude des Neubaus wird durch die Grundschule genutzt, im Süden schließt der eingeschossige Kindergarten mit gleicher Architektursprache an das Hauptgebäude an.

Im Hauptgebäude ist mit einer flachen, tiefen und verzweigten Halle versucht worden, eine Art Markthalle oder „interne Straße“ im Erdgeschoß als Motiv aufzunehmen. In der Halle und in den Fluren herrschen. 45°-Winkel vor.

Verschiedene Funktionsbereiche wie ein Besprechungsraum, ein Leseraum und die Pförtnerloge sind über die Eingangshalle miteinander verbunden. Die Halle bildet räumlich und funktional die Mitte der Schule, bietet aber keinen freundlich empfangenden, sondern eher einen drückenden Eindruck. Die Orientierung ist sehr unübersichtlich.

Im Erdgeschoss wirkt der Spiel- und Lernflur im Klassentrakt im Gegensatz zum Obergeschoß besonders dunkel.

In den Innenräumen wird Backstein mit leuchtendgelben Stahlgeländern kombiniert und mit grünen Türen kontrastiert. Braunrote Fliesen, Linoleum oder Teppich sind am Boden aufgebracht. Die Gestaltung in Farbe und Material erscheint wie eine Mischung aus angestrebter Freundlichkeit und Sicherheitsdenken. (Minimierung der Verletzungsgefahr, Signalfarben etc.) Direkt neben dem Altbau wirkt der Neubau eher wie ein niedrigerer Anbau denn als ein eigenständiger Gebäudeteil.

Kindertagesstätte

Die Kindertagesstätte als separates, neu erbautes Gebäude wird in der Planung nicht weiter bearbeitet, ist aber als Teil des gesamten Schulensembles in der typologischen Untersuchung zu berücksichtigen: Der Putzbau mit einem gesprengten Satteldach steht rechtwinklig abgerückt zu den beiden anderen Gebäuden als selbständiger Baukörper. Die Kindertagesstätte hat als linearer Bautyp grundsätzlich eine klare Struktur, die durch hofartige Einschnitte gegliedert und belichtet wird. Doch die unklare Doppelschließung führt zu Orientierungsproblemen. Die Flurbereiche sind hier im Gegensatz zu den anderen Gebäuden minimiert, aber hell.

Außenraum

Die Schule liegt in einen vielfältigen und großflächigen Außenbereich eingebettet. Dieser verfügt jedoch nicht über die räumliche Prägnanz, um die einzelnen Gebäude zu einem Ensemble in der Stadtlandschaft zusammenzufügen. Er wirkt wie patchworkartig zusammengefügt. Der Außenraum setzt sich zusammen aus einer großen Wiese, einem Fußballplatz (bei der Sporthalle), einem großen asphaltierten Platz (beim Altbau), einem Erlebnisspielplatz, einem Spielplatz, einem mit Betonwerksteinen ausgelegten Platz (beim Neubau), einem Bolzplatz sowie einem „wildem“ Gelände (bei der Kita).

Die Plätze sind nicht gefasst, es gibt keine räumliche Struktur, die Flächen wirken zu groß.

5.1.3 Gebäudetechnik

Alle drei Gebäudeteile der Regenbogenschule Wolfsburg werden mit Fernwärme versorgt. Die Wärme wird über statische Heizflächen bereitgestellt. Die Gebäude sind bis auf eine Mischlüftung in den Flurbereichen des Altbaus natürlich belüftet.

Der bauliche und technische Zustand insbesondere des Bauteils A ist sanierungsbedürftig. Es ergeben sich spezifische Energiekennwerte für Wärme von 143,0 kWh/a m² NGF und Strom von 15,5 kWh/a m² NGF. Dies liegt in dem Bereich, der durch die Vergleichswerte der EnEV für Bestandsschulen mit 155 kWh/a m² NGF Wärme und von 15,5 kWh/a m² NGF Strom beschrieben wird. Berücksichtigt ist ein Leerstand von 2.800 m² NGF im EG, dem 2.OG und 3.OG, was etwa 30% der Gesamtfläche der Schule entspricht. Die nicht genutzten Flächen haben sich durch die Auflösung der Orientierungsstufe ergeben.

5.2 Pädagogik

5.2.1 Pädagogisches Konzept

Die Lehrerinnen und Lehrer der Regenbogenschule bezeichnen ihr Unterrichtskonzept als „individualisierten Unterricht in heterogenen Lerngruppen“: Es wird ein differenziertes Lernangebot bereitgestellt, das die unterschiedlichen Fähigkeiten, Fertigkeiten und persönlichen Neigungen der Kinder einer Lerngruppe berücksichtigt. Schülerzentrierte Unterrichtsformen wie Freiarbeit, Arbeit am Wochenplan und das projektorientierte Arbeiten dominieren deutlich gegenüber dem eher lehrerzentrierten, frontal gesteuerten Unterricht. Der Lernstoff wird von den Lehrkräften so aufbereitet, dass die Kinder ihn möglichst selbsttätig handelnd aneignen können. Dafür wird i.d.R. auch die Lernumgebung entsprechend vorbereitet. Die Schülerinnen und Schüler haben vielfältige Möglichkeiten und Freiräume, ihre Arbeit selbst einzuteilen und zu gestalten und die Auswahl der Unterrichtsthemen und Projekte zu beeinflussen. Dieser durch geöffnete und differenzierte Unterrichtsformen gekennzeichnete Klassenunterricht wird zusätzlich durch individuelle Fördermaßnahmen mit verschiedenen Schwerpunkten ergänzt.

Der Schultag beginnt an der Regenbogenschule mit einem offenen Anfang, in dessen Rahmen sich die Kinder in den Klassen- und angrenzenden Gruppenräumen bzw. Flurbereichen aufhalten und eigene Beschäftigungen bzw. Spielmöglichkeiten wählen können. Dies soll ihnen ermöglichen, den Start in den Tag nach ihren individuellen Bedürfnissen zu gestalten. Die sich anschließende erste Lernphase beginnt häufig mit dem

Morgenkreis, der in zahlreichen Grundschulen ein wichtiges Ritual im Unterrichtsalltag bildet. Er dient u. a. zum Erzählen, zur Besprechung der Tagesstruktur und der Vermittlung erster Arbeitsinhalte. Alle Klassenzimmer sind ab 20 Minuten vor Unterrichtsbeginn und während der Pausen geöffnet. Die Kinder können in dieser Zeit frei entscheiden, ob sie im Klassenraum bleiben, sich auf den Fluren aufhalten oder das Außengelände aufsuchen. Die Pausenklingel ist im gesamten Schulgebäude abgestellt. Dadurch bleibt das aus anderen Schulen bekannte Gedränge zu Beginn der Pausen weitgehend aus. Die Kinder kommen häufig zeitversetzt aus dem Unterricht oder bleiben in den Klassen.

Eine Besonderheit an der Regenbogenschule ist die Dezentralisierung durch die Bildung von Flurgemeinschaften. Die Schule ist vertikal gegliedert und hat soweit möglich jeweils die Jahrgänge eins bis vier auf einem Flur zusammengefasst. Die fünf Flurgemeinschaften – Hecke, Teich, Wald, Bach und Wiese – bilden autonome Einheiten („Zwergschulen“), die in Eigenverantwortung Projekte durchführen sowie Lehr- und Arbeitsmaterialien aussuchen und anschaffen können. In der Aufgliederung in mehrere „Zwergschulen“ sieht das Kollegium der Regenbogenschule viele Vorteile. Durch die Altersmischung auf den Fluren können ältere und jüngere Kinder wechselseitig voneinander lernen, langsam lernende Kinder haben die Möglichkeit am Unterricht einer niederen Klasse teilzunehmen und schnell lernende können gefördert werden, indem sie in einzelnen Unterrichtsfächern bereits eine höhere Klasse besuchen. Die Flurgemeinschaft schafft außerdem Überschaubarkeit, verbessert die emotionalen Beziehungen und ermöglicht dadurch einen höheren Grad der Identifikation mit der Schule⁷⁶.

5.2.2 Auswertung I – Nutzerbefragung, teilnehmende Beobachtungen, Expertengespräch

An der Regenbogenschule haben sich 12 von 30 Lehrkräften und insgesamt 81 Kinder aus einer dritten und drei vierten Klassen an der Nutzerbefragung beteiligt. Die Feldstudie wurde am 03. und 06. Dezember 2007 durchgeführt. Die teilnehmenden Beobachtungen fanden in zwei vierten Klassen (Neubau und Altbau) sowie im Schulgebäude und auf dem Schulhof vor Unterrichtsbeginn und während der Pausen statt. An dem am 06. Dezember 2007 geführten Expertengespräch beteiligten sich die Schulleiterin, Giesela Hammer, und drei weitere Lehrerinnen, so dass die Erfahrungen mit den verschiedenen Gebäudeteilen zusammengetragen und diskutiert werden konnten.

⁷⁶ Regenbogenschule Wolfsburg, 7 f.

Die Lerngruppen der Regenbogenschule bestehen derzeit aus 18 bis 22 Kindern. Bezogen auf die Anzahl der Schülerinnen und Schüler sind die Klassenräume des Altbaus mit knapp 69 m² ausreichend bis eher geräumig, die Räume des Neubaus mit knapp 61 m² eher etwas beengt⁷⁷. Alle Klassen verfügen entweder über einen zusätzlichen Gruppenraum (29 oder 39 m²) oder können einen umfunktionierten Klassenraum mitnutzen. Die flächenmäßige Kapazität für die Gestaltung von Lernräumen ist damit insgesamt hinreichend. Dennoch empfinden fünf von 12 Lehrkräften – vier von ihnen unterrichten im Neubau – ihren Klassenraum als eher beengt. Ein Grund für diese negative Einschätzung könnte darin begründet liegen, dass die mit 8 m² deutlich kleineren Räumen des Neubaus bei einem direkten Vergleich mit den Räumen des Altbaus in der Gunst der Lehrkräfte deutlich schlechter abschneiden. Zudem erfordert ein offenes Unterrichtskonzept, wie das an der Regenbogenschule praktizierte, grundsätzlich ein höheres Raumangebot und andere Raumaufteilungen als dies an Grundschulen mit überwiegend lehrerzentrierter Arbeitsweise notwendig ist.

Gemäß des pädagogischen Konzepts der Schule sind die Klassenzimmer als vorbereitete Lernumgebung gestaltet und verfügen über verschiedene Arbeits- und Funktionsecken sowie Rückzugszonen, i.d.R. sind mindestens eine Computer- und eine Lesecke vorhanden. Die Schülertische sind abwechslungsreich gruppiert, häufig ist auch der Lehrertisch dezentral positioniert und nicht sofort als solcher zu erkennen. Die zahlreichen Materialien sind zumeist in offenen Regalen untergebracht. Ausgestaltet sind die meisten Klassenzimmer mit persönlichen Gegenständen von Kindern und Lehrkräften (Sofas, Stoffe, Teppiche, Bilder). Der werkstattähnliche Charakter der Klassenräume führt zu einem teilweise unaufgeräumten, wenn nicht gar chaotischen Gesamteindruck, welcher die ansonsten angenehme Lernatmosphäre konterkariert. So äußerte sich auch das Schulinspektorenteam nach seinem Schulbesuch 2005 positiv darüber, dass „sich vielfältige, systematisch zusammengestellte Lehr- und Lernmaterialien“ in der Lernumgebung befinden, die Fülle allerdings „manchmal irritierend und überfordernd“ wirke⁷⁸. Unabhängig von der tatsächlichen Raumgröße trägt dies m.E. auch zu der beengten Wirkung einiger Klassenräume bei (vgl. Bild 33).

⁷⁷ Die Musterraumprogramme für Grundschulen sehen in der Regel lediglich 2 m² pro Kind vor. Dreier et al. empfehlen 3 m² pro Schüler, was bei einer Klassenstärke von max. 22 Kindern eine Richtgröße von 66 m² ergibt (vgl. Dreier et al. 1999, 120).

⁷⁸ Niedersächsisches Kultusministerium: Bericht. Schulinspektion 2005, 10



Bild 33 Klassenzimmer (Regenbogenschule, Wolfsburg): Sitzkreis vor der Tafel (links), offene Regale (Mitte), viele Funktionen auf engem Raum: Lehrertisch, Computerplatz, Materialien und persönliche Fächer der Kinder (rechts), Sitzkreis vor der Tafel

Intensiv diskutiert wurde während des Expertengesprächs die Farbgestaltung der Schulräume. Trotz unterschiedlicher Vorlieben und Meinungen, konnten sich die Beteiligten darauf verständigen, dass grelle, bedrängend wirkende Farben eher zu vermeiden seien, zugunsten einer Farbgestaltung, die eine konzentrierte und ruhige Arbeitsatmosphäre unterstützt und helle Farben mit farblichen Akzenten und natürlichen, abwechslungsreichen Materialien, wie Holz, Glas und Ziegel kombiniert. Dieses Ergebnis korreliert weitgehend mit jenem von Rittelmeyer, der festgestellt hat, dass eine freilassende Farbgebung besonders positiv auf Schüler wirkt⁷⁹. Zudem bietet eine abwechslungsreiche Material- und Farbgestaltung Möglichkeiten, die Wahrnehmungsfähigkeit der Kinder anzuregen, was sich positiv auf deren Leistungsfähigkeit auswirken kann.⁸⁰

Da die Kinder während der Freiarbeitsphasen teilweise zeitgleich an unterschiedlichsten Aufgaben und in verschiedenen Sozialformen lernen, sind Möglichkeiten für die Separierung einzelner Schüler oder kleinerer Schülergruppen notwendig. Bereits jetzt werden während der Unterrichtszeit Flurbereiche und Verkehrsflächen einbezogen und intensiv zum Arbeiten und Spielen genutzt. Durch die Brandschutzbestimmungen, unzureichende thermische Bedingungen und schlechte Lichtverhältnisse ist die Nutzung aber teilweise stark eingeschränkt. Von den Lehrkräften des Altbaus wird zudem darauf hingewiesen, dass es trotz guter Akustik auf dem innen liegenden Flur schnell zu Unruhe kommt, wenn dort viele Kinder gleichzeitig arbeiten.

⁷⁹ Freilassend und befreiend wirkten z.B. zarte Farben und Lasuren auf die Schüler, während sie monochrome, grelle Farben eher als bedrängend oder beengend bezeichneten. In seinen Untersuchungen bezog Rittelmeyer sich nicht allein auf die Farbgebung, sondern auch auf Bauformen und Materialien, da die verschiedenen Elemente dialogisch miteinander korrespondieren (vgl. Rittelmeyer 2007, 9 f.).

⁸⁰ Vgl. dazu Dreier (2007, 24), die auf den von Grundschullehrern beobachteten Rückgang der Sinneswahrnehmungen im Alltag von Kindern Bezug nimmt und das Anregen der Wahrnehmungsfähigkeiten von Kindern als eine dringliche Aufgabe zeitgemäßer Grundschulen herausstellt.



Bild 34 Flure (Regenbogenschule, Wolfsburg): Neubau (links, Mitte), Altbau (rechts)

Um den Kindern der Regenbogenschule im Rahmen des offenen Ganztagsangebotes ein qualitativ hochwertiges Angebot machen zu können und ihren Bedürfnissen nach Erholungsphasen, Spiel sowie handlungs- und erlebnisorientierten Aktivitäten gerecht zu werden und auch den Wünschen der Eltern nach Betreuung, Hausaufgabenunterstützung und Förderung Rechnung tragen zu können, gibt es bereits vielfältige Angebote. Das Raumangebot ist teilweise noch an diese Erfordernisse anzupassen. Für die Erholungsphasen fehlen vor allem Bewegungsangebote für die Kinder. Das Außengelände der Regenbogenschule ist zwar großzügig, aber nicht besonders ansprechend gestaltet (Bild 35, Bild 36). Laut Aussagen der Lehrkräfte sowie der Schülerinnen und Schüler sind vor allem die Ballspielplätze und Rasenflächen mangelhaft bzw. nicht in ausreichendem Maße vorhanden. Ein entsprechendes Bewegungsangebot sollte auch im Innenbereich zur Verfügung stehen. In der Zeit von 15.00 Uhr bis 16.30 Uhr werden parallel unterschiedliche Arbeitsgemeinschaften (Bewegungsspiele, Jazz Dance, Capoeira, Fußball, Volleyball, Handball, Trampolin u.a.) angeboten, die jeweils sehr große Räume mit entsprechendem Bodenbelag erfordern. Es wird daher im Erdgeschoss des Altbaus die Einrichtung eines großen multifunktionalen Raumes für unterschiedlichste Aktivitäten gewünscht, der gleichzeitig auch für Schulveranstaltungen genutzt werden kann, d.h. zugleich repräsentativen Charakter aufweisen soll.

**Bild 35** Schulhof (Regenbogenschule, Wolfsburg)**Bild 36** Fußballplatz

(Schülerfotografien der Klasse 4c)

Für den Ganztagsbetrieb wird eine Mensa benötigt. Die Einnahme des Mittagessens soll, auf Wunsch der Lehrkräfte, in visuell und akustisch voneinander abgeschirmten Räumen stattfinden, da dies zum einen den Geräuschpegel senkt und so zum anderen erzieherische Maßnahmen (Tischsitten und -rituale) durch die Klassenlehrerin einfacher durchführbar sind. Rechtzeitig vor Beginn des Schuljahres 2008/09 wurde für die Aufnahme des Ganztagsbetriebes auf dem Teichflur eine provisorische Mensa in zwei Räumen eingerichtet. Die Essenszubereitung erfolgt derzeit in der Hortküche.

Die zentrale Lage der Toiletten ist aus pädagogischer Perspektive eher ungünstig, da die Kinder sich für diese Räume nicht verantwortlich fühlen und sie daher auch nicht sauber halten. Außerordentlich viele Schülerinnen und Schüler brachten während der Untersuchungen zum Ausdruck, dass sie sich in den bestehenden Toilettenräumen alles andere als wohl fühlen (vgl. Kapitel 5.2.3).

Trotz Öffnung des Unterrichts und der Schule nach außen muss die Sicherheit der Kinder gewährleistet bleiben. Probleme könnten sich in der Regenbogenschule durch die Offenheit des Schulgeländes für Außenstehende und den relativ unübersichtlich wirkenden Gebäudekomplex ergeben. Zudem wiesen neben den Lehrkräften auch viele Schülerinnen und Schüler auf Gefahrenquellen im Außengelände, wie harte Bodenbeläge, rutschige Begrenzungssteine und Treppen, hin. Grundsätzlich beurteilen die meisten Lehrkräfte und Kinder ihre Schule als sicher. Die Lehrerinnen bewerten mehrheitlich sowohl das Gebäude als auch das Außengelände der Schule als unübersichtlich, wodurch sie vor allem in den Pausen die Beaufsichtigung der Kinder als erschwert empfinden. Die bereits angesprochenen Verletzungsgefahren auf dem Schulhof werden eher von den Mädchen und den jüngeren Schülerinnen und Schülern als solche wahrgenommen. Auch hinsichtlich der Orientierung im Schulgebäude gaben mehr Mädchen als Jungen an, dass man sich in dem Gebäude verlaufen könne.

Das Kollegium der Regenbogenschule äußert im Zusammenhang mit den Anforderungen, welche die Ganztagschule an ihre Arbeit stellt, vor allem den Wunsch nach Arbeitsplätzen, nach Rückzugs- und Erholungszonen und Möglichkeiten der Materialaufbewahrung.

5.2.3 Auswertung II – Schülerprojekt

Das Schülerprojekt wurde am 06. Dezember 2007 in der Klasse 4c durchgeführt. Von den 20 Schülerinnen und Schülern der Lerngruppe liegen insgesamt knapp 150 digitale Fotografien vor, von denen sie 35 ausgewählt und kommentiert haben. Eine Auswertung dieser Fotografien mit den dazugehörigen Bildunterschriften gibt Anhaltspunkte, welche Orte innerhalb des Gebäudes für die Kinder wichtig sind und welche räumlichen Aspekte von ihnen als angenehm bzw. unangenehm bewertet werden. Fotografiert wurden hauptsächlich Orte außerhalb klassischer Lehr-Lern-Arrangements, z.B. auf Fluren, Verkehrsflächen und Schülertoiletten. Bild 37 und Bild 38 geben einen Überblick über die Verteilung der bei den Kindern beliebtesten (grün) bzw. unbeliebtesten (rot) Orte innerhalb des Schulgebäudes.



Bild 37 Verteilung „positiver“ und „negativer“ Orte (Regenbogenschule, Wolfsburg, EG)

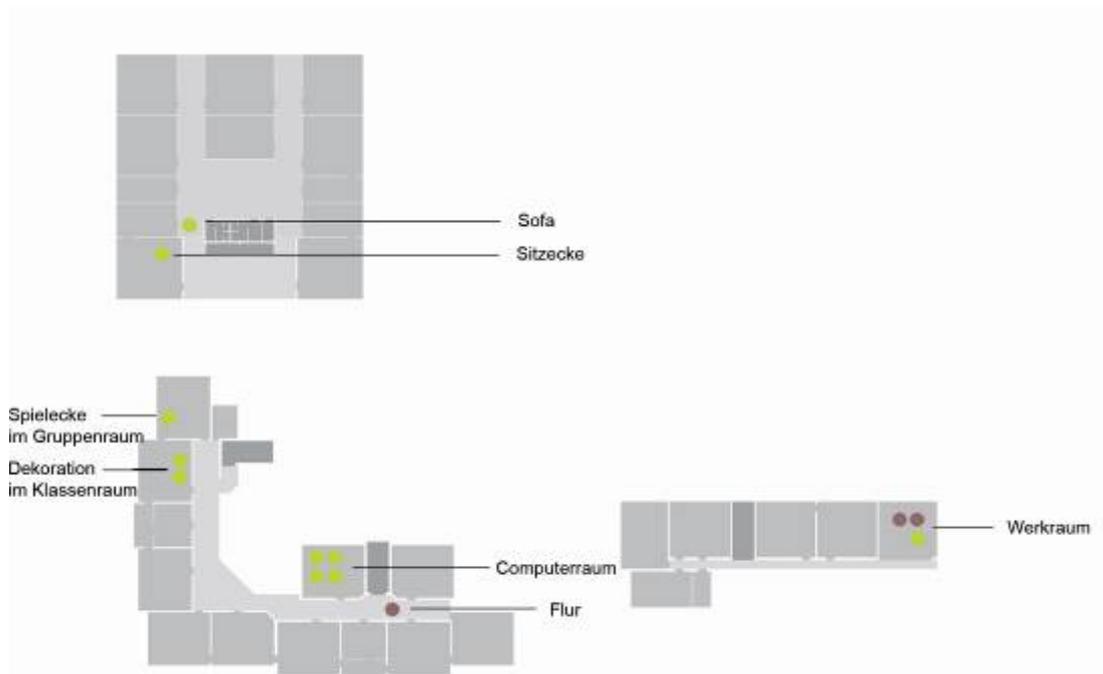


Bild 38 Verteilung „positiver“ und „negativer“ Orte (Regenbogenschule, Wolfsburg, 1. OG)

Für diese Schule auffällig ist zunächst die Verteilung der „positiven“ Orte auf das gesamte Gebäudeensemble. Durch die Einteilung der Schule in Flurgemeinschaften verfügen jeweils zwei bis vier Lerngruppen über einen gemeinsamen „Heimatraum“. Bei den insgesamt drei Flurgemeinschaften des Neubaus, zu der auch die Schüler gehören, die die Fotos gemacht haben, scheint ein Heimatgefühl aber weniger ausgeprägt zu sein, als bei jenen der Flurgemeinschaft „Hecke“, die in einem „eigenen“ Gebäude, dem Altbau, untergebracht sind. Es ist zu vermuten, dass die Kinder der „Hecke“ sich beim Fotografieren stärker auf ihren „Heimatraum“ konzentriert hätten. Zumindest konnte beobachtet werden, dass sich auf dem Flur des Altbaus viele der Kinder auch während der Pausen aufhielten. Eine Schülerin erklärte bei der Nutzerbefragung gar, sie ginge nie auf den Pausenhof sondern spiele immer auf dem innen liegenden Flur. Eine andere Schülerin äußerte in einem Gespräch nach der Nutzerbefragung, sie finde es gut, dass sie zwei Schulen seien: „einmal hier die 1-2-3-Schule und dann ist die Regenbogenschule auch noch da“⁸¹. Man kann daraus zunächst schließen, dass die im Altbau unterbrachten Kinder sich besonders gern in ihrem Gebäude aufhalten. Offensichtlich unterstützt die konkrete Raumgestalt bzw. hier die räumliche Abgrenzung den von den Pädagoginnen intendierten Heimat-Status einer „Zwergschule“.

Nähert man sich den Einzelergebnissen über eine Klassifizierung hinsichtlich der Funktion der fotografierten Räume für die Kinder, dann werden vor allem besondere

⁸¹ Entnommen aus einem Gespräch mit zwei Schülerinnen der Flurgemeinschaft „Hecke“ im Anschluss an die Nutzerbefragungen am 16.11.2007.

Unterrichtsräume, Orte zum Zurückziehen, Ausruhen, Spielen und Bewegen als positiv erlebt. Die von den Schülerinnen und Schülern zugeschriebene Bedeutung kann dabei sowohl pädagogisch oder architektonisch intendiert als auch weitgehend unintendiert sein.

Drei Schülerinnen und ein Schüler haben den Computerraum (vgl. Bild 39) favorisiert, weil ihnen der Unterricht dort Spaß macht, aber auch weil die Computer sauber sind. Bei diesem Beispiel handelt es sich um einen Fachraum, der von den Kindern nur unter Aufsicht einer Lehrkraft genutzt werden darf. Die Lernumgebung ist klar strukturiert und auf das Wesentliche reduziert, alles liegt an seinem Platz, auf den Tischen befinden sich keine weiteren Gegenstände, die Benutzeroberflächen der Schülercomputer sind vom Lehrerpult aus gut sichtbar. Der Raum als solcher bietet dadurch kaum Möglichkeiten sich der pädagogischen Intention zu entziehen. Wenngleich er durch ausreichend Tageslicht und das Gelb der Wände hell und freundlich wirkt, so strahlt er gleichzeitig wenig Behaglichkeit aus. Es gibt keine Bilder an den Wänden, auch keine Schülerarbeiten oder Pflanzen im Raum.

Bei der Schülerbücherei (Bild 40) handelt es sich um einen Ort, der ähnlich wie der Computerraum, seiner eigentlichen Funktion entsprechend vorstrukturiert ist, aber den Schülerinnen und Schülern durch die Möglichkeit der außerunterrichtlichen Nutzung dennoch mehr Freiräume lässt. So verweist der Kommentar des Jungen zwar darauf, dass die Bücherei für ihn als Rückzugsraum von Bedeutung ist, er sagt aber nicht aus, ob er sich dort vorrangig zum Lesen aufhält. Auf der Fotografie strahlt der Raum die im Kommentar angesprochene Ruhe aus. In der Realität tragen der Teppich, der (raumakustisch) schalldämmend wirkt, aber auch der Vorhang hinter der Tafel (er befindet sich hinter einer Glasscheibe) und die eher monoton wirkende Aussicht auf eine Ziegelwand (visuell) dazu bei. Offensichtlich haben die genannten Gestaltungselemente des Raums Einfluss auf das Verhalten der Kinder, denn es besteht Konsens darüber, sich dort „freiwillig“ ruhig zu verhalten. An den meisten anderen Aufenthaltsorten in der Schule, z.B. in der Pausenhalle oder auf dem Schulhof, sind die Kinder während der Pausen einem hohen Lärmpegel ausgesetzt. Insofern lassen sich die Zuordnung und die Kommentierung der Schülerbücherei durch den Schüler auch als Wunsch nach Rückzug und Stille deuten.

Beispiele für „positive“ Orte: Rückzug und Erholung**Bild 39** Computerraum

„Das ist mein Lieblingsort, weil es dort sehr schick macht und die Computer sauber sind (Seyda)“

**Bild 40** Rückzugsort Bücherei

„Hier wohle ich mich ganz gut weil es so farbig ist und ganz ruhig und leise“ (Rudi)

Die Fotografie der Fensterbank (Bild 41) wurde von zwei eng miteinander befreundeten Schülerinnen ausgewählt. Das zweite Mädchen kommentierte das Bild mit: „Hier halte ich mich gern auf weil es da so schön ruhig ist.“ Hierbei handelt es sich um ein Beispiel für eine weder von Pädagogen noch von Architekten beabsichtigte Nutzung. Die beiden Freundinnen ziehen sich in den Pausen dorthin zurück. Deutlich wird auch an diesem Exempel der Wunsch nach Ruhe und Privatheit während der täglichen Schulzeit. Allerdings verfügt dieser Ort im Vergleich zum nächsten Beispiel über einen höheren Grad an „Offenheit“. Er ist sowohl vom Flur aus als auch von draußen durch das Fenster gut einsehbar.

Das im Treppenhaus des Altbaus aufgenommene Foto lässt sich auch mit Bildunterschrift nicht so einfach deuten (Bild 42). Im Original hat die Schülerin ihre Vorliebe für diesen Ort symbolisch noch durch ein Herz unter dem Kommentar bekräftigt. Auf den (erwachsenen) Betrachter wirkt der Raum unter der Treppe im Souterrain des bis auf das erste Stockwerk leer stehenden Altbaus kalt und leer. Der nischenförmige, relativ geschlossene Raum ist vor den Blicken der aufsichtführenden Lehrkräfte gut geschützt. Eine sich über die am linken Bildrand zu sehende Treppe nähernde Person wäre in dem halligen Treppenhaus frühzeitig zu hören. Für die Schülerin übernimmt dieser Platz die wichtige Funktion eines geheimen Ortes, der innerhalb des öffentlichen Raumes „Schule“ ein hohes Maß an Privatheit ermöglicht⁸².

⁸² Zur Bedeutung geheimer Orte für die Entwicklung von Kindern und Jugendlichen vgl. den Beitrag von Winfried Lippitz und Mitra Keller in Westphal 2007

Beispiele für „positive“ Orte**Bild 41** Rückzugsort Fensterbank

„Mir gefällt es hir, weil es da so schön kwitscht und es ist warm und gemütlich.“ (Viktoria)

**Bild 42** Ort unter der Treppe

„hir füle ich mich wol und es ist da schön (Tamara)

Als weiteres wichtiges Bedürfnis brachten die Kinder der Regenbogenschule ihren Bewegungsdrang zum Ausdruck. Viele fotografierten auch verschiedene Bewegungsangebote auf dem Außengelände der Schule, obwohl die Erkundungen auf das Schulgebäude beschränkt werden sollten.

Zum unbeliebtesten Ort erklärten die Kinder mit deutlicher Mehrheit die zentral gelegenen Toiletten und Waschräume. Kommentiert wurden die Fotografien mit Aussagen wie: „An diesem Ort ist es voller Wasser. Ich habe angst wenn ich alleine bin. Die Toleten sind voller papir drin. Und es gibt kein Toleten papir.“ oder: „Hier wohl ich mich ganz schlecht und sehr heslich das hat gechtungen da war ganz nas“. Scheinbar hat dieser in Schulen häufig vernachlässigte Ort – die Schülertoiletten werden an allen drei Projektschulen ähnlich negativ bewertet – bei den Schülerinnen und Schüler dennoch einen hohen Stellenwert im schulischen Alltag. Verwiesen sei in diesem Zusammenhang noch einmal auf die Ergebnisse der Studie „The School I'd Like“ von Catherine Burke⁸³, in der viele Kinder ebenfalls den Wunsch nach gut riechenden Toiletten mit abschließbaren Türen, Seife und warmem Wasser äußern.

Zusammenfassend wurden Räume bzw. Orte von dieser Lerngruppe der Regenbogenschule dann als positiv beurteilt, wenn sie warm, ruhig, leise, farbig, groß, gemütlich, kuschelig und/oder sauber sind, wenn der dort erteilte Fachunterricht „Spaß macht“, man dort Freunde trifft oder es dort „tolle Gegenstände“ gibt. Den negativ erlebten Orten wurden Eigenschaften zugeschrieben wie kalt, laut, leer, schlecht riechend, dreckig, eklig und nass. Neben

⁸³ vgl. Burke / Grosvenor 2003

raumgestalterischen Parametern führten die Kinder demnach auch funktionale und soziale Aspekte zur Begründung ihrer Urteile an. Einige der Kommentare operieren mit ähnlichen Bewertungskriterien, wie sie Christian Rittelmeyer in seinen Forschungen zur Wahrnehmung von Schulbauten durch Schüler festgestellt hat⁸⁴.

5.3 Gebäudeanalyse (Architektur)

5.3.1 Auswertung I – grafische Gebäudeanalyse

Die Regenbogenschule in Wolfsburg, besteht aus drei Gebäudeteilen und einer separaten Sporthalle, die seit 1974 jeweils in einem Abstand von ca.10 Jahren errichtet worden sind (Bild 31). Alle Bauteile entsprechen jeweils deutlich den formalen Vorstellungen ihrer Zeit, so dass die ganze Schule einen ensembleartigen Charakter mit einer besonderen räumlichen Vielfalt aufweist. Das Ensemble wird noch durch die Kindertagesstätte, der Sporthalle sowie einem separierten Kinderhort erweitert.

In der Regenbogenschule werden die unterschiedlichen Raumangebote in den verschiedenen Gebäudeteilen für das offene Lehrkonzept aktiv genutzt. Man kann von einer Kongruenz zwischen Gebäudetypologie und Schulform sprechen:

⁸⁴ vgl. Rittelmeyer 1994

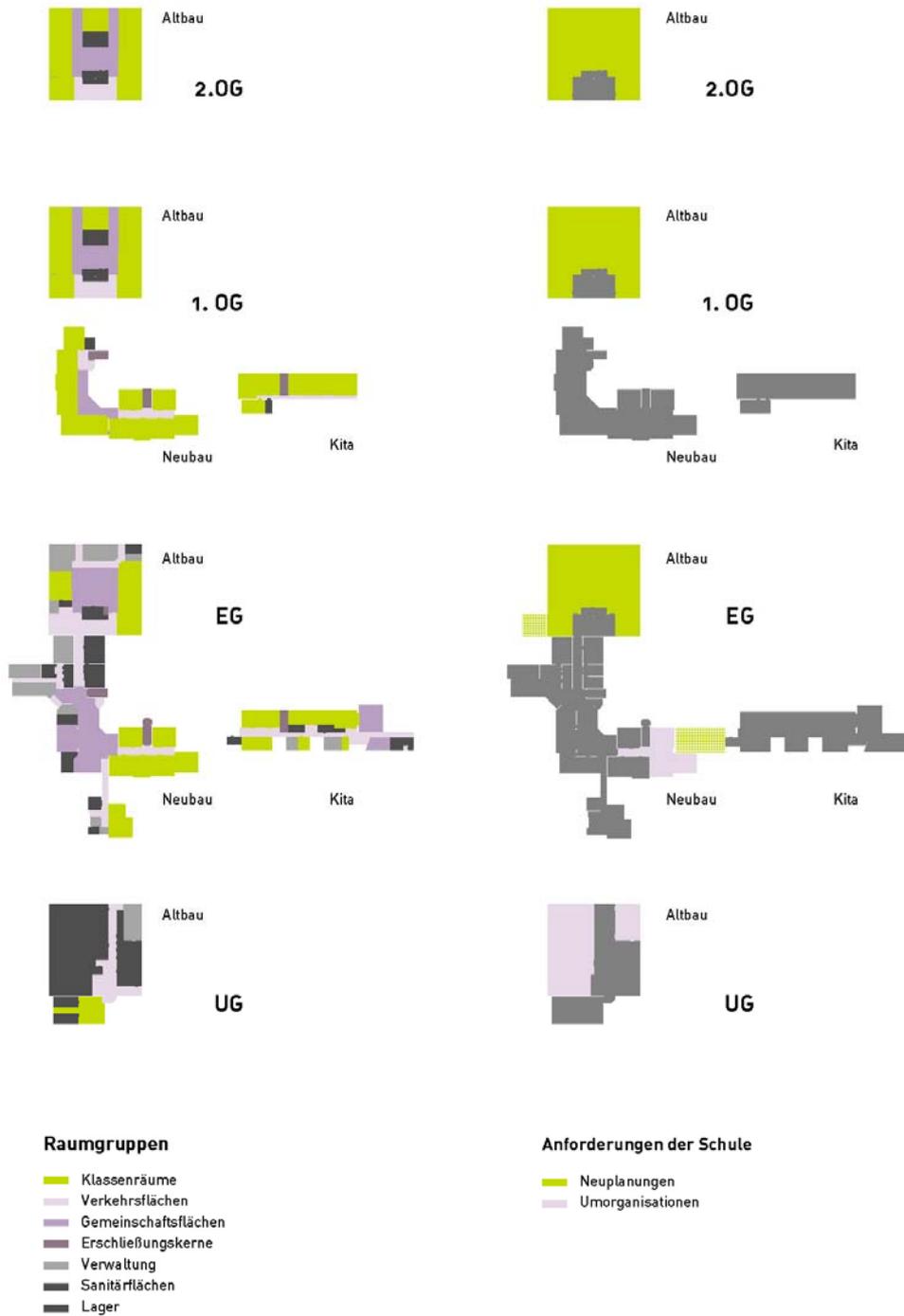


Bild 43 Raumgruppen (hier mit Nebengebäuden) und Anforderungen der Schulleitung

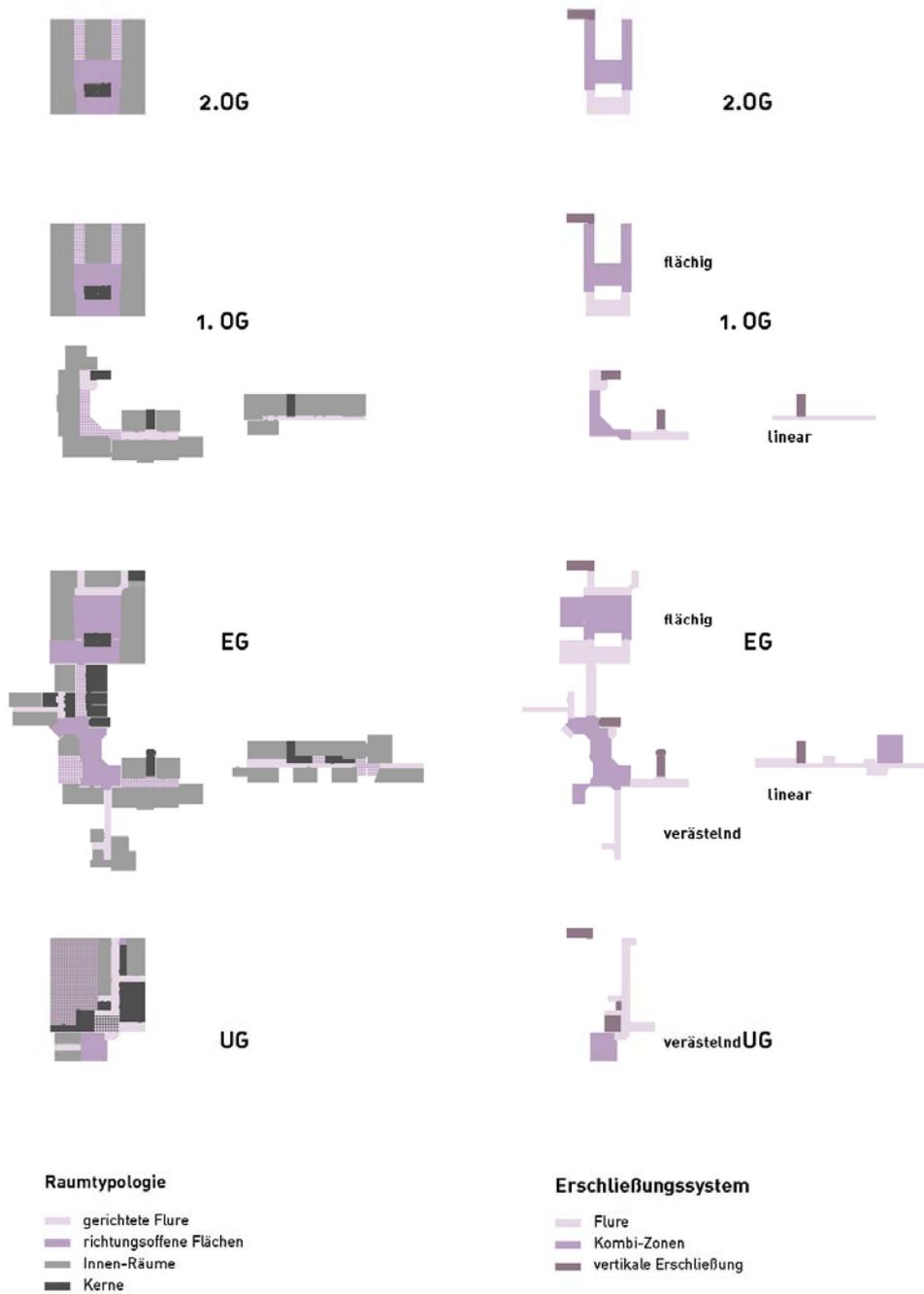


Bild 44 Raumtypologien und Erschließungssysteme.

In Wolfsburg gibt es in jedem Gebäudeteil auch einen explizit anderen Erschließungstypus und verfügt damit über eine besonders komplexe Raumstruktur.

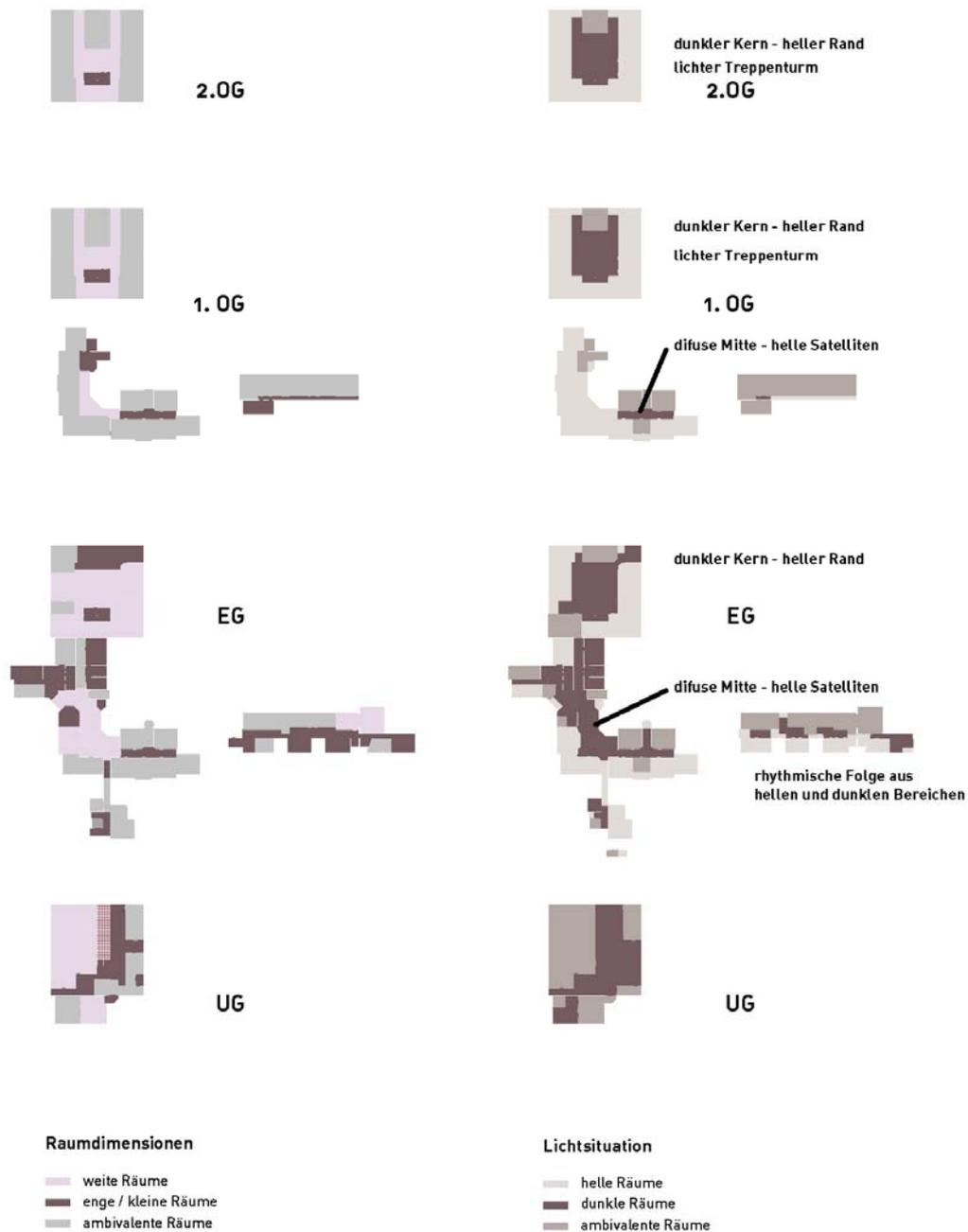


Bild 45 Analyse Raumdimensionen und Lichtsituationen.

Deutlich ist in Wolfsburg der Wechsel zwischen den Raumtypologien, den Raumgrößen, den Lichtsituationen und Raumarten im gesamten Ensemble. Die Komplexität in Wolfsburg durchzieht alle Betrachtungsbereiche, ist aber oft architektonisch nicht als eigenes Entwurfsthema entwickelt.

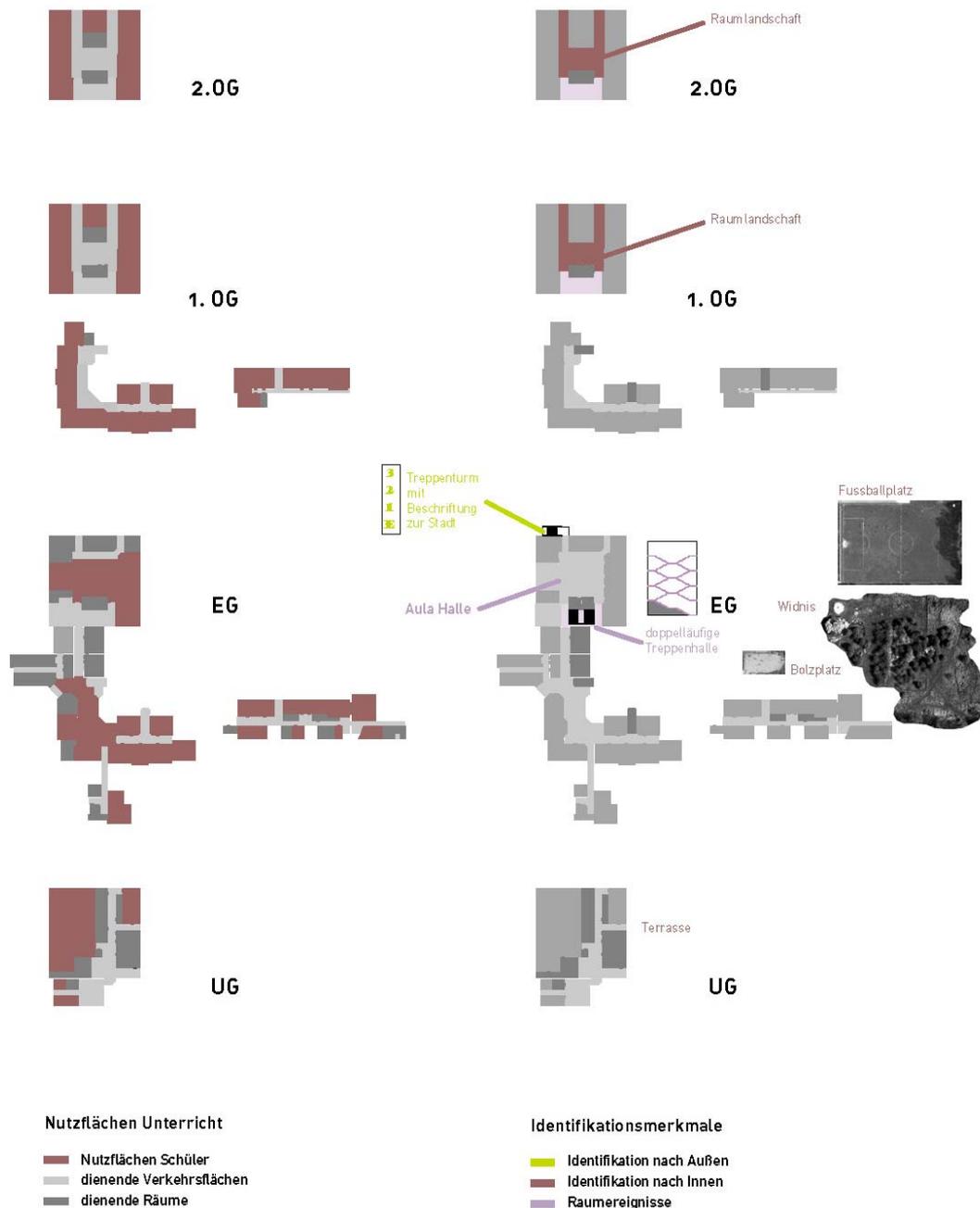


Bild 46 Analyse des Nutzflächenverhältnisses

Die Regenbogenschule in Wolfsburg verfügt im konventionellen Sinne über kein besonders effizientes Verhältnis zwischen den Klassen und dienenden Flächen, doch werden die Flure aktiv für den Lehrbetrieb genutzt, sodass die Auslastung der gesamten Schulbereiche sehr intensiv ist

In Wolfsburg fehlen deutliche bildliche Attribute der Identifikation im Innenbereich wie nach Außen in den Stadtraum. Doch verfügt Wolfsburg über ein hohes Potential unterschiedlicher „innerer Raumereignisse“

Der Außenbereich in Wolfsburg hat eine tragende Rolle, die architektonisch nicht entwickelt ist.

Das Verhältnis der unterschiedlichen Raumgrößen und Proportionen zueinander ist differenziert, aber nicht akzentuiert und sollte konzeptionell weiter entwickelt werden. Unterschiedliche Erschließungssysteme befinden sich in den jeweiligen Gebäudeteilen. Verschiedene Wege als Angebot stellen eine Entscheidungsvielfalt für die Schüler dar. Die Flure werden intensiv als Arbeits- und Spielflächen genutzt, sind aber architektonisch nicht optimal entwickelt. Klassenräume und Lernflure stellen eine wichtige konzeptionelle Einheit dar. Grundsätzlich sind die Erschließungs- bzw. Lernflächen schlecht belichtet. Da es auch weiterhin dunklere Flächen geben wird, ist hier ein kompositorisches Gesamtkonzept zu entwickeln.

Die Treppenanlage im Altbau stellt ein Raumerlebnis dar, das aber nicht integrativer Bestandteil des Gebäudes ist. Die vertikale Stapelung und die flächige, offene Tiefe der Geschosse ist die typische Grundstruktur. Mit der neuen Aula im Altbau gibt es einen zweiten Zugang, der definiert werden muss.

Der Altbau hat eine hohe zeichenhafte Präsenz im Stadtraum, der mit der neuen Fassade entsprochen werden muss. Dabei ist der Anspruch, die Räume sonnengeschützt, aber hell zu belichten ebenso zu berücksichtigen wie der Wunsch nach Ausblicken und dem Wunsch nach Konzentration im Raum. Die Anforderungen an die Klassen sind bereits vom IEW formuliert. Die Abtrennung und Verzahnung von Klassenräumen zu den Gemeinschaftsflächen sind als wichtige Themen zu entwickeln sowie eine räumliche Antwort auf die intensive Nutzung der innenliegenden Gemeinschaftsflächen, die aber auch individuell genutzt werden sollen, zu finden. Ebenso betrachten wir es als wichtige Fragestellung, wie die unterschiedlichen Themenecken mit den Materialien mit den verschiedenen Unterrichtsformen in der Klasse räumlich kombiniert sein können. Farbe und Materialität sollen die Häuser in ihrer Charakteristik differenzieren und zusammenbinden.

5.3.2 Auswertung II – Nutzerbefragung, Expertengespräch

Fast alle **Lehrer** beantworten die Fragen differenziert auf alle drei Gebäudeteile bezogen. Dabei fällt auf, dass durch den Vergleich der Gebäudeteile zueinander je nach Fragestellung und Situation abstrakte Raumkriterien oder konkrete Angaben z.B. zum Material angegeben werden. So wird besonders die räumliche Situation im Altbau trotz des schlechten baulichen Zustandes und der dunklen Lichtsituation aufgrund seiner Potentiale durchweg positiv wahrgenommen.

Alle befragten Lehrer haben angegeben, sich mit dem Schulgebäude gut identifizieren zu können. Dabei lässt sich bei den Lehrern eine Kombination aus Gemeinsamkeitsgefühl und aktives und positives Verhältnis zur Arbeit einerseits und eine Affinität zu dem Gebäude andererseits feststellen. „Vielfalt“, „Unterschiede“ und „Macken“ werden dabei billigend unter sozialen wie baulichen Aspekten bejaht. Diese positive Grundwahrnehmung der Schule drückt sich auch in Charakterisierungen wie „einladend, groß, freundlich“, „gemütlich, kinderfreundlich, Spielmöglichkeiten, Individualität“ oder „modern, aufgelockert, vielseitig nutzbar“ der Schule aus. Die Unterschiedlichkeit der Gebäude gekoppelt an die Pluralität der Schulgemeinschaft findet auch in den weiteren Fragen deutlich Ihren positiven Niederschlag: Sie wird als „eine aus mehreren Gebäudekomplexen bestehende Schule mit freundlichem Eingang“ beschrieben, die „viele Möglichkeiten bietet“, und „ambivalent, von außen schön (Neubau), Altbau hässlich, alt, einladend“, „sehr verzweigt, bestehend aus drei Gebäudeteilen“ und von „Individualität“ geprägt ist.

Im Gegensatz zum dunklen und maroden Altbau wird der Eingangsbereich des Neubaus als „freundlich“ und „einladend“ und in Kombination der Eingangshalle bzw. Pausenhalle als einer der positivsten Orte der Schule angesehen. Doch wird auch allgemein die räumliche Situation jeweils in den Eingangsbereichen und Fluren bemängelt. Dies hat Bedeutung, da auf Kommunikation zwischen den Kollegen deutlich Wert gelegt wird, die sowohl in ruhigen separaten Situationen stattfinden soll als auch beiläufig bei Begegnungen gesucht wird. Deutlich wird dies in Wolfsburg gemäß des offenen pädagogischen Konzepts dort, wo die Flure nicht flexibel und aktiv in den Lehrbetrieb integriert werden können. Kritisiert werden differenziert Ausstattung, Licht, Raumform oder Proportion.

Das **Lehrerinterview** in Wolfsburg hat vor allem verdeutlicht, welche räumlichen Anforderungen mit dem offenen und flexiblen Lehrkonzept einhergehen (s. Bild 47) Klassenräume sollen flexibel nutzbar und möblierbar sein, entsprechend groß genug sein und die Themenecken sollen in den Raum integriert werden. Ein Ausblick aus dem Klassenraum ist wichtig, darf aber nicht zu sehr ablenken. Ebenso wird eine räumlich-visuelle Verbindung zu den Flurbereichen als positiv angesehen, solange sie nicht zu sehr die Schüler ablenken.

Mit der Orientierung innerhalb des Gebäudekomplexes haben die **Schüler** in der Regenbogenschule Wolfsburg den Angaben zufolge keine Probleme. Sehr deutlich wird, welche positive Bedeutung die Pausen- und Gemeinschaftsflächen innen wie außen haben. Diese werden fast von allen Schülern als wichtig und positiv benannt. Alle Schüler wünschen sich deutlich mehr Spiel- und Sportflächen sowie Spielgeräte.

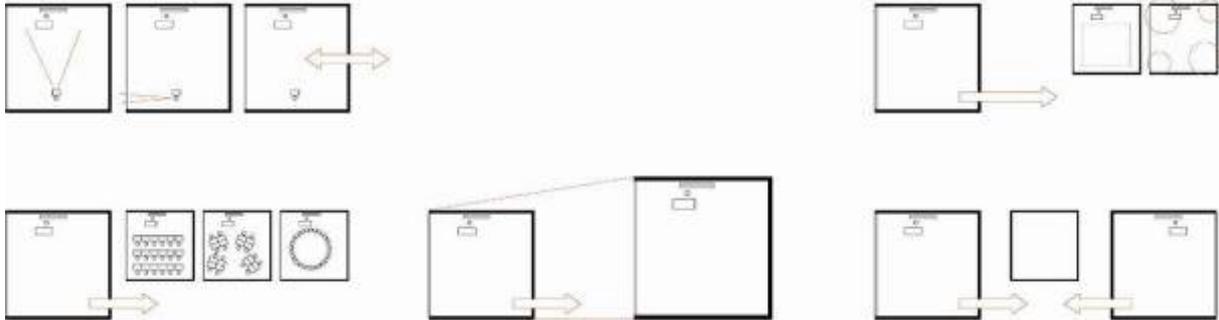


Bild 47 Experteninterview: Anforderungen an die Klassenräume:

1. Konzentration, gelenkter Ausblick, Trennung und Verbindung zu Gemeinschaftsflächen
2. Flexibilität
3. Größe
4. Integration der Themenecken, Koppelung zueinander und zu Gemeinschaftsräumen

5.3.3 Auswertung III – Schülerprojekt

Die Schulgebäude in Wolfsburg sind räumlich nicht mit dem Außenraum verwoben (wie z.B. in Hamburg). Die Überlagerung der Zeichnungen aus der ersten Übung zeigt aber, dass eine Vielfalt der Wege bewusst als Angebot wahrgenommen wird. Außen- und Innenräume werden als eine Einheit wahrgenommen, in der Variation, Umweg, Aneignung und Entscheidungsmöglichkeiten im Raum als Bereicherung fungieren.



Bild 48 Auswertung Übung 1 Hamburg

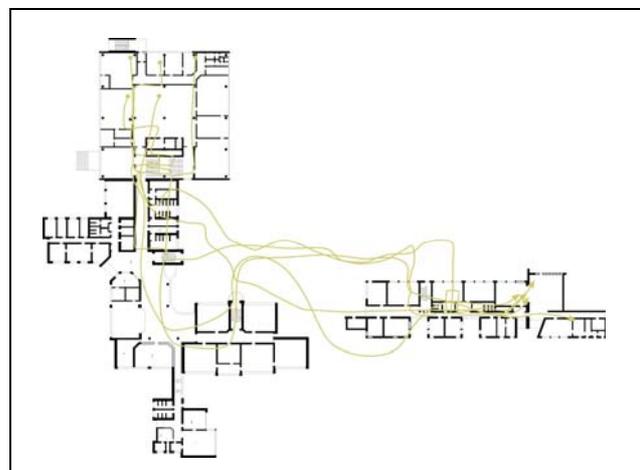


Bild 49 Auswertung Übung 1 Wolfsburg

Im Allgemeinen lassen sich bei den Grundschulern eine hohe räumliche Vorstellungskraft, eine gute räumliche Beobachtungsgabe und ein starkes Abstraktionsvermögen feststellen. Unserer Beobachtung nach waren diese Fähigkeiten im Vergleich in Wolfsburg besonders ausgeprägt. In der Übung „Wege“ sind diese Fähigkeiten hervorgetreten, was hier an einem Beispiel gezeigt werden soll: Einem Schüler reichten die angebotenen Symbole „hell“ und „dunkel“ für eine differenzierte Beobachtung nicht aus und hat sie eigenständig ergänzt: Seine Symbole kennzeichnen Räume, die auf einer Seite hell belichtet, auf der anderen Seite dunkel verschattet sind. Dabei hat er weiter zwischen natürlicher und künstlicher Belichtung differenziert.

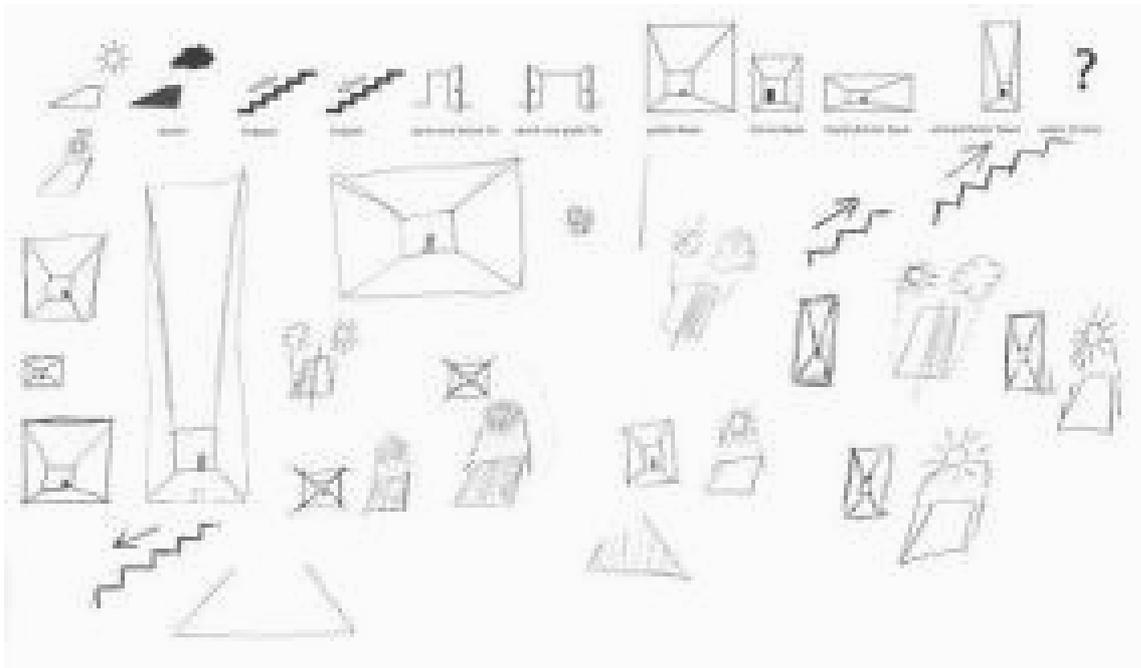


Bild 50 Bsp. Ergebnis Übung 2 in Wolfsburg

5.4 Gebäudeanalyse (Technik)

Im Rahmen der Bestandsanalyse werden der Gebäudezustand, insbesondere der Gebäudehülle aufgenommen. Neben den technischen Daten zur Erzeugung, Verteilung, Abgabe und zum Verbrauch der Energie werden die funktionalen und konstruktiven Merkmale der drei Gebäudeteile erfasst.

Nach dem Grundriss in Bild 51 wird die Regenbogenschule in Wolfsburg zunächst in drei Bauteile unterschieden:

- BT A Altbau
- BT B Neubau
- BT C Kindergarten

5.4.1 Bauteile

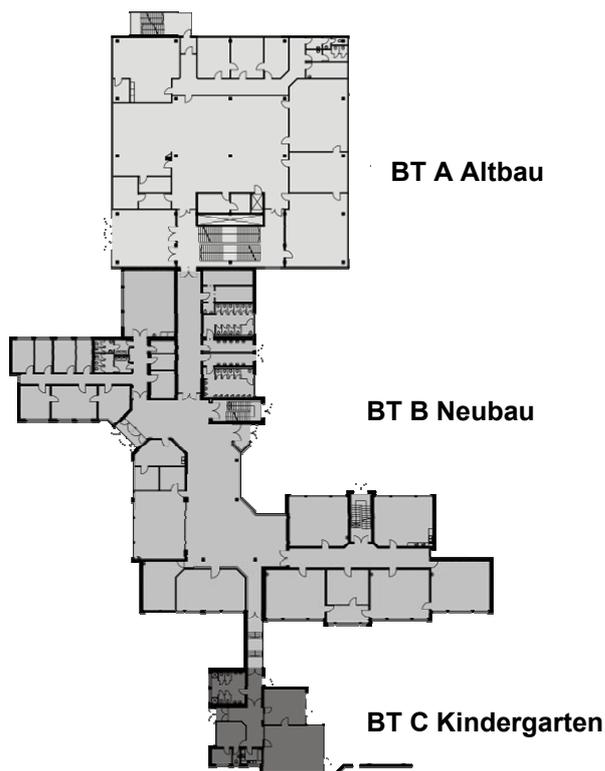


Bild 51 Grundriss Regenbogenschule

5.4.2 Gebäudehülle

Im Folgenden werden die Qualitäten und die Schwachpunkte der großteils unsanierten Gebäudehüllen für die einzelnen Bauteile erläutert. Zur genaueren Beurteilung der bauphysikalischen Qualität der Gebäudehülle werden Thermographieaufnahmen bewertet. Die thermografische Untersuchung ist am 17.04.2008 um 6:30 bis 7:30 Uhr bei Außentemperatur von 4,9 °C und klarem Himmel durchgeführt worden.

Bauteil A - Altbau



Bild 52 BT A Altbau Südansicht



Bild 53 BT A Altbau Westansicht

Das Gebäude ist in Stahlbetonskelettbauweise gebaut. Die Fassaden sind als Bandfassade (Ost, West) und als Lochfassade (Nord, Süd) ausgebildet. Die opaken Außenwandflächen bestehen aus Paneelelementen. An den Hauptfassaden (Ost, West) sind diese zwischen die Pfosten- und Riegelkonstruktion aus thermisch ungetrennten Aluminiumprofilen montiert. Im Deckenanschlussbereich sind Betonelemente vorgehängt. Das Dach des Bauteils A ist als Flachdach mit einer ca. 4 bis 6 cm dicken Wärmedämmung ausgebildet.

Das Bauteil A weist die typischen Schwachpunkte einer Fassade aus den 70er Jahren auf. Die Gebäudehülle des Bauteils A ist völlig unsaniert und damit altersbedingt in schlechten Zustand (s. Bild 54 bis Bild 59).



Bild 54 BT A Ostwand



Bild 55 BT A Eckdetail
Fassade



Bild 56 B T A
Fensterdetail

Nimmt man bei Außenfenstern eine mittlere Lebenserwartung von 25 Jahren für ein Mehrscheiben-Isolierglas an, sind die Aluminiumfenster (Baujahr 1974) abgängig. Neben den bauphysikalischen Mängeln der Verglasung, der Rahmen und der Fassadenpaneele sind Undichtigkeiten und das schwergängige Öffnen der Schiebefenster zu bemängeln. Im



Bild 57 BT A Sonnenschutz

Bild 58 BT A Brüstung

Bild 59 BT A
Fensterdetail

Osten und Westen des Bauteils A befindet sich ein außenliegender, schienengeführter Sonnenschutz in Form von Horizontallamellen aus Aluminium, der größtenteils funktionsfähig ist und nur dem Alter entsprechende Schädigungen am Lamellenbehang aufweist.

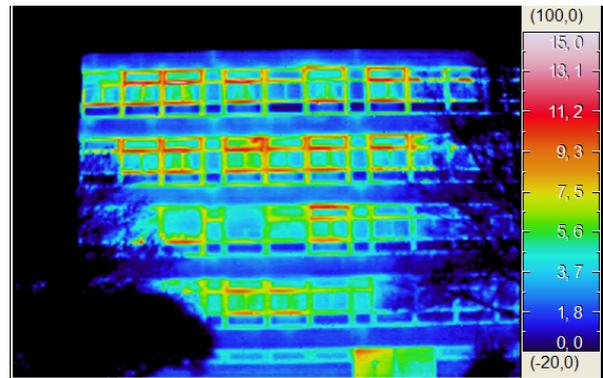
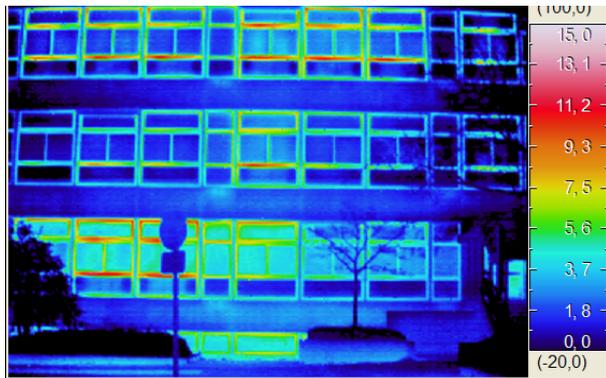


Bild 60 BT A Westfassade

Bild 61 BT A West- und Südfassade

Zu erkennen sind einzelne leichte Wärmebrücken an den Anschlusspunkten der Betonteile im Bereich der der Fassadenplatten. Dadurch dass die vorgehängten Fassadenelemente aus Beton einen Luftraum zur Dämmebene haben, sind in den Thermografieaufnahmen keine größeren Wärmebrücken zu sichtbar. Nimmt man die untere Abdeckung ab, ist in Bild 62 hinter der Fassadenplatte eine deutliche Wärmeübertragung sichtbar. Diese thermografische Untersuchung ist am 06.03.1991 im Auftrag der Stadt durchgeführt worden.

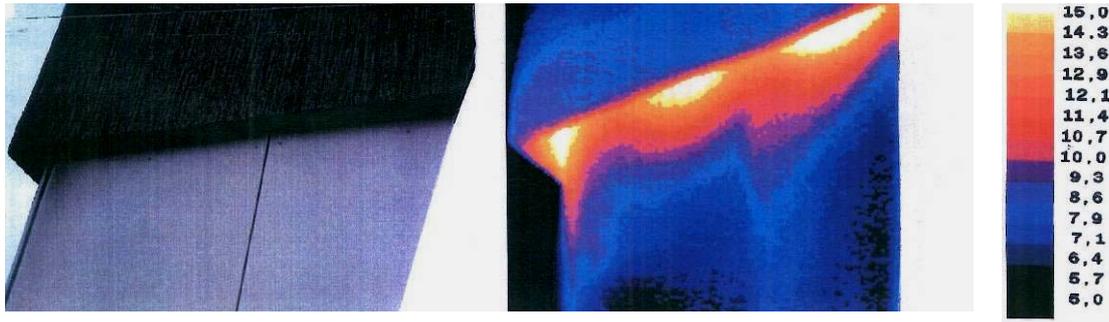


Bild 62 BT A Detail Fassade

Bauteil B - Neubau und Bauteil C - Kindergarten



Bild 63 BT B Westansicht



Bild 64 BT B Nord- Ostansicht



Bild 65 BT B Dachaufsicht



Bild 66 BT C Kindergarten

Die Gebäudeteile B und C sind in Massivbauweise mit umlaufenden Lochfassaden ausgebildet. Die äußere Schale des zweischaligen Mauerwerks ist eine Klinkerfassade. Da genauere Angaben zur Bestimmung eines U-Wertes fehlen, wird die Dämmebene mit 6 cm Mineralwolle angenommen. Bei dem zweischaligen Wandaufbau entspricht dies einem U-Wert von rd. 0,6 W/m²K. Die Kunststoffenster stammen aus der Bauzeit und haben eine

Isolierverglasung ($2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$). Die Dächer sind als Satteldach mit unbeheiztem Dachraum ausgebildet. Die Stärke der Dachdämmung ist mit 8 cm angenommen. Damit hat der Neubau von 1983 im Vergleich zum EnEV-Standard einen etwa um das dreifach höheren Wärmedurchgangskoeffizienten.

Auch die Fassaden der Bauteile B und C von 1983 entsprechen nicht mehr den Standards, Wärmebrücken werden hier an den Anschlusspunkten der Bodenplatte in Bild 67 und Bild 68 sichtbar. In den Klassenräumen der Neubauten ist ein innenliegender Blendschutz (Textilbehänge) aber keine Sonnenschutzvorrichtung vorhanden.

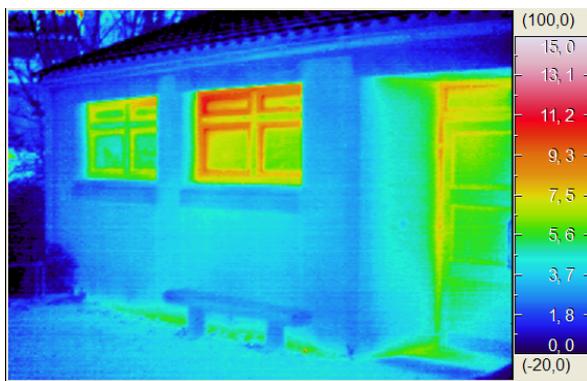


Bild 67 BT C Westfassade

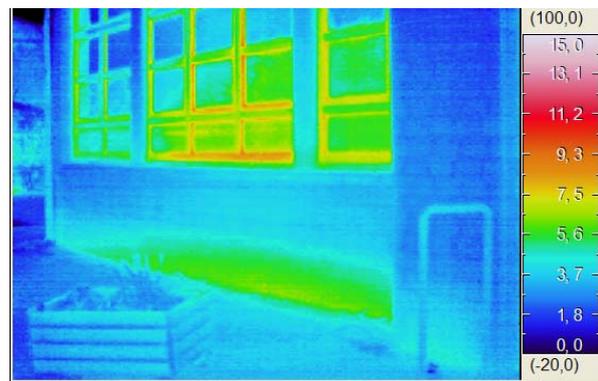


Bild 68 BT B Westfassade

Gebäudehülle Gesamt

Die Transmissionswärmeverluste über die opaken Außenwandflächen, die Dachflächen und den Fenstern bzw. Fensterelementen aus der Bauzeit werden als sehr hoch eingeschätzt und tragen zum hohen Heizwärmeverbrauch der Schule von $143 \text{ kWh/a m}^2 \text{ NGF}$ bei. Obwohl nur wenige konkrete Bauschäden zu erkennen sind, wird zur deutlichen Reduzierung der Betriebskosten eine Verbesserung der Gebäudehülle insbesondere für Bauteil A empfohlen. Kalkulatorisch sind weite Teile der Gebäudehülle des Bauteils A am Ende ihrer Lebenszeit angelangt, eine Sanierung wird aufgrund der soliden Substanz befürwortet.

5.4.3 Gebäudetechnik

Die Technikzentrale des Gesamtkomplexes inklusive der angrenzenden Sporthalle und des Kinderhauses befindet sich im KG des Altgebäudes.

Heizung

Die Wärmebereitstellung der Regenbogenschule Wolfsburg erfolgt über Fernwärme mit einer Wärmeleistung von 571 kW bei einer Vorlauftemperatur 120°C und einer Rücklauftemperatur von 60°C . Nach Angabe der Stadtwerke Wolfsburg (LSW) liegt der Primärenergiefaktor bei 0,50 und damit energetisch im günstigen Bereich.

Die Heizwärme wird in BT A über 4 Heizkreise im Bauteil BT B über 3 Heizkreise und im Kindergarten (BT C) über einen Heizkreis verteilt. Zwei weitere Heizkreise versorgen die angrenzende Sporthalle sowie das Kinderhaus, jeweils über eine Nahwärmeleitung.

Die Verteilung der Heizwärme im Gebäude erfolgt über eine horizontale Rohrführung. Die Leitungen des Zweirohrsystems werden im Brüstungsbereich geführt. Alle Heizkörper in einem Heizkreis weisen damit gleiche Vorlauftemperaturen auf. Die Dämmung der Verteilleitungen im Kellerbereich ist vorhanden.

Konditioniert werden die Räume über statische Heizflächen, die in Abhängigkeit von der Außentemperatur raumweise über die Thermostatventile geregelt werden. Es wird eine Nacht- und Wochenendabsenkung gefahren.

Verteiler und Heizkörper sind in einem dem Anlagenalter entsprechenden Zustand.

Eine hydraulische Einregulierung der Anlage wird empfohlen. Die Dämmung der Verteil- und Steigleitungen sollte in der Planungsphase genauer auf Dämmstärke, Vollständigkeit und Beschädigung geprüft werden und ggf. zur Reduzierung der Wärmeverluste im Betrieb verbessert werden. Dies gilt insbesondere für die Nahwärmeverteilung der Sporthalle und des Kinderhauses.

Die Wärmebereitstellung über Fernwärme wird primärenenergetisch gut bewertet und bedarf keiner Änderung. Aufgrund des geringen Warmwasserbedarfs in Schulen ist die dezentrale Warmwasserbereitung, als durchaus wirtschaftlich und aus energetischen Gründen als vertretbar zu betrachten.



Bild 69 Heizverteilung



Bild 70 Lüftungsanlage

Lüftung

Die werden Räume generell natürlich über die Fenster be- und entlüftet. Ausnahme sind zwei mechanische Lüftungsanlagen im EG, 1.OG, 2.OG und 3.OG des Altbaus: (Baujahr 1975) für den

- Innenbereich Fördermenge 46.000 m³/h
- WC Bereich Fördermenge 3.500 m³/h

Die große Anlage für den Innenbereich 1990 ist zur Senkung der Energiekosten zur Umluftanlage umgebaut worden, wobei die Beimischung mit der Abluft aus den Klassenräumen geschieht. Vorher war zusätzlich eine Kühlung über einen Kaltwassersatz möglich, der mit Trinkwasser rückgekühlt wurde.

Im Sanierungskonzept sind die Lüftungsanlagen zu ersetzen, da sie aufgrund ihres Alters wenig energieeffizient und komfortgerecht sind. Außerdem entspricht die Dimensionierung nicht mehr dem Bedarf der Schule.



Bild 71 Lüftungsanlage WC



Bild 72 Wärmemengenzähler
Fernwärme



Bild 73 Heizungs-
regelung

5.4.4 Steckbrief

In Form eines Steckbriefes gibt die nachfolgende Tabelle die wesentlichen Punkte der Bestandaufnahme der Schule wieder. Dazu gehören die baukonstruktiven und gebäudetechnischen Grunddaten. Es sind die nachstehenden Abkürzungen verwendet worden.

ub: unbeheizt

WSV: Wärmeschutzverglasung (ab 1994)

IsoV: Isolierverglasung (1969-1994)

EV: Einscheibenverglasung

MW: Mauerwerk

KK: Kriechkeller

Steckbrief Bestand		Regenbogenschule Wolfsburg	
Allgemeines		Grundschule 320 Schüler, 30 Lehrkräfte	
Gebäudeteile Altbau Dreifeldsporthalle Neubau Kindergarten Kinderhaus	Baujahr		Geschosse
		1974	1 UG / 4 OG
		1978	0 UG / 1 OG
		1983	0 UG / 2 OG
		1983	0 UG / 1 OG
		1996	0 UG / 2 OG
Flächen Altbau Neubau Kindergarten Dreifeldsporthalle Gesamt	BGF		NGF
		5.850 m ²	5.200 m ²
		3.092 m ²	2.750 m ²
		242 m ²	200 m ²
		1.228 m ²	1.100 m ²
	10.412 m ²	9.250 m ²	
Energiekennwerte		Wärme 143,0 kWh/a m ² NGF Leerstand im Altbau von 30% berücksichtigt	Strom 15,5 kWh/a m ² NGF
Fensterflächenanteil		36 %	
Sonstiges		Planung Grundschulzentrum im Ganztagsbetrieb	
		Altbau	Neubau, Kindergarten
Typologie		Zentralbau	Einbund W / Zweibund S
Konstruktion (Stärke)		Stahlbetonskelett (27 cm, 30 cm)	Mauerwerk (55 cm, 45 cm)
Gebäudehülle			
Dach		Flach	Sattel (ub)
Fassade		Band (Paneele)	Loch
Fenster		IsoV (1974)	IsoV (1983)
Rahmenmaterial		Aluminium	Kunststoff
Sonnen/ Blendschutz		Außen, Vorhänge	Vorhänge
Gebäudetechnik			
Wärmeversorgung		Fernwärme (120°C / 60°C) Wärmeleistung 571 kW Primärenergiefaktor 0,50 (LSW Stadtwerke Wolfsburg) WW-Bereitung Sporthalle	
Wärmeübertragung Heizregulierung		Statische Heizflächen Außentemperatur; raumweise Thermostatventile	
Mechanische Lüftung		Luftheizung über RLT ohne WRG (Bj. 1974) - Innenbereiche Altbau im Umluftbetrieb 46.000 m ³ /h - WC 3.500 m ³ /h	
Sanierungsmaßnahmen		-	

Tabelle 16 Gebäudesteckbrief

5.5 Raumklima

5.5.1 Allgemeine Auswertung der Nutzerbefragung

Die Wahrnehmung von Behaglichkeitsaspekten des Klassenraums und Beeinträchtigungen sowie deren Wichtigkeit für bzw. Auswirkung auf das subjektive Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit sind bei Schülern und Lehrern abgefragt worden.

Für einen ersten Überblick der Nutzerbefragung sind in für die Lehrer Bild 74 und für die Schüler in Bild 75 die wichtigsten Variablen nach dem Ausmaß der Wichtigkeit sowie der Störung geordnet aufgetragen worden. Als Maß für die Streuung der Werte um den Mittelwert ist durch den Fehlerbalken zusätzlich die Standardabweichung (SD) angegeben, die eine Aussage über die Deutlichkeit des ermittelten Mittelwertes liefert.

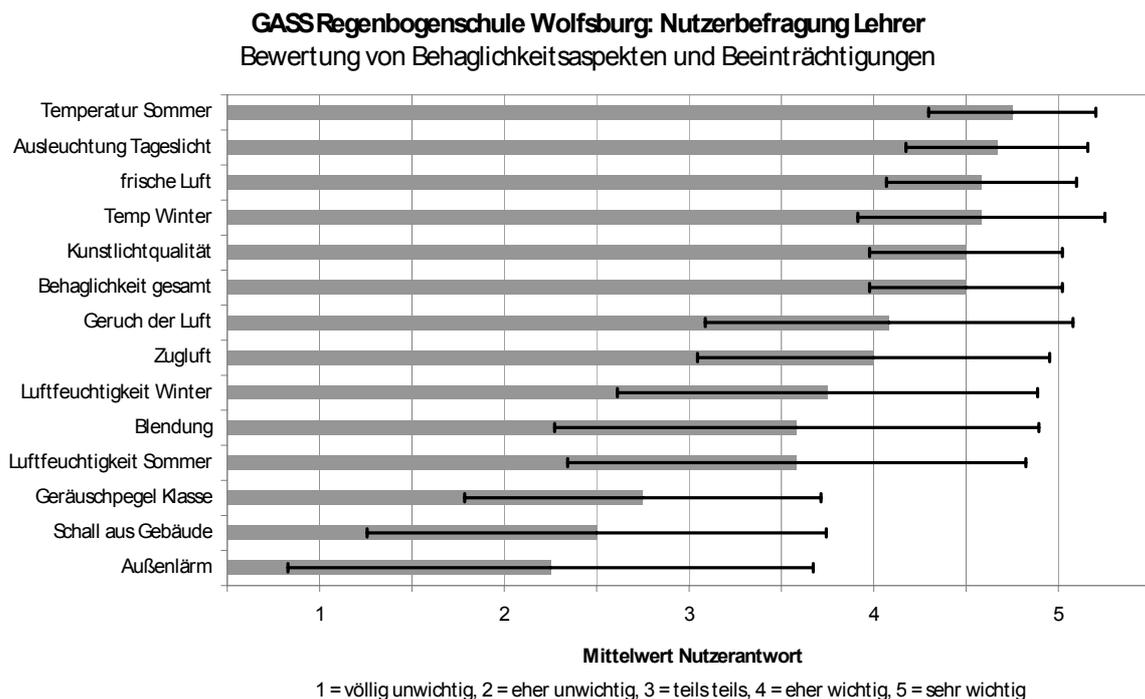


Bild 74 Gesamtbewertung der Wichtigkeit von Behaglichkeitsaspekten (Lehrer)

Den Lehrern sind die Sommertemperatur im Klassenraum und die Ausleuchtung mit Tageslicht am wichtigsten. Als fast ebenso bedeutend werden frische Luft, die Raumtemperatur im Winter, die allgemeine Behaglichkeit des Raumes und die Kunstlichtqualität bewertet. Ein hoher Lärmpegel durch die Klasse, Schallübertragungen aus dem Gebäude und Außenlärm scheinen eine untergeordnete Rolle zu spielen.

Gerade die wichtig bewerteten Themen haben bei den Lehrern geringe Standardabweichungen, die Meinungen sind einheitlich. Je unwichtiger die Themen bewertet worden sind, desto größer sind die Bandbreiten der Meinungen und damit die Standardabweichungen.

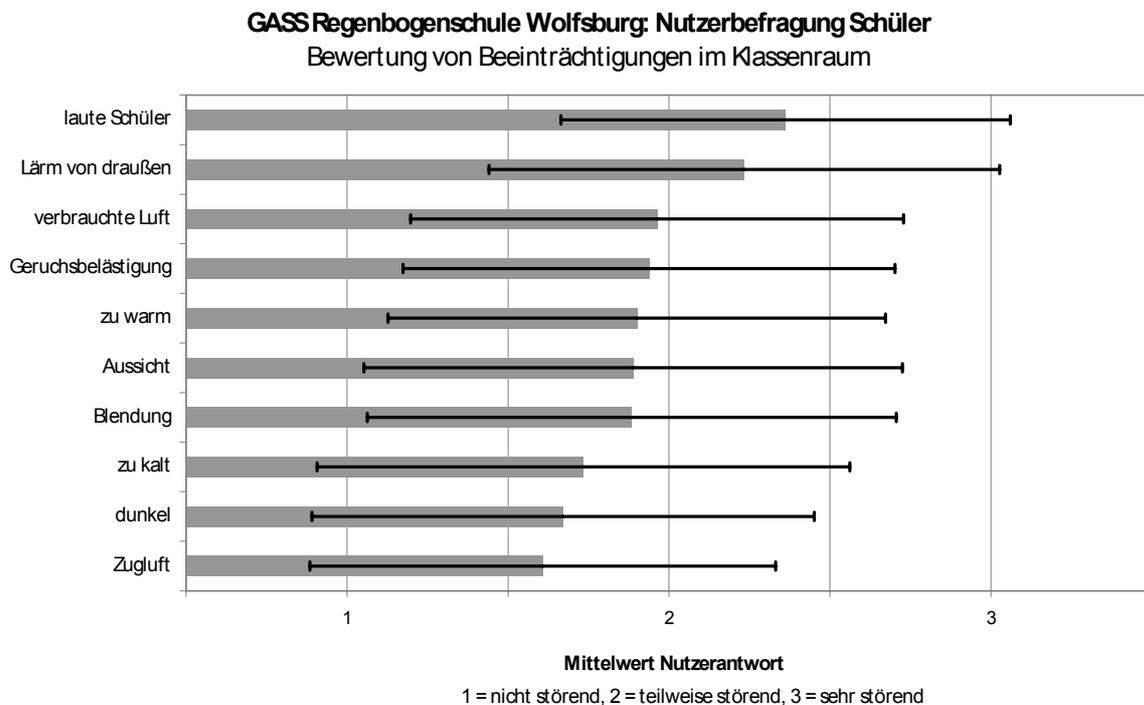


Bild 75 Gesamtbewertung der Wichtigkeit von Behaglichkeitsaspekten (Schüler)

Ein hoher Lärmpegel durch laute Mitschüler und Lärmstörungen von draußen werden von den meisten befragten Schülern im Unterricht als am störendsten wahrgenommen. Im mittleren Bereich folgen ihnen verbrauchte Luft, ein unangenehmer Geruch in der Luft, zu hohe Temperatur im Klassenraum, eine interessante Aussicht, zu helle, blendende Sonne, zu niedrige Temperatur, ein zu dunkler Arbeitsplatz und Zugluft.

5.5.2 Langzeitmessung

Zur detaillierten Analyse des Raumkomforts wurde eine Langzeitmessung zur Erfassung relevanter Parameter in drei Klassenräumen der Regenbogenschule durchgeführt. Gewählt wurden Klassenräumen, die aufgrund ihrer Lage aussagekräftige Werte bzgl. des Temperaturniveaus erwarten lassen. Für die Regenbogenschule sind die Räume im Bauteil A Ost, Bauteil A West und Bauteil B Süd gewählt worden. Die Räume im Bauteil A sind mit einem außenliegenden Sonnenschutz ausgestattet, der im Bauteil B nicht. Die nachfolgende Grafik zeigt die Lage der Räume im Grundriss:

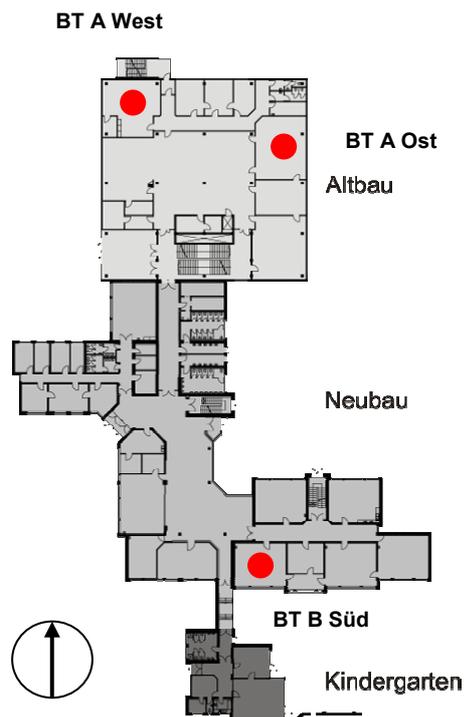


Bild 76 Beschreibung der Messräume

Messung Nr.	Langzeitmessung Wolfsburg	Raumgröße	Volumen	Anzahl Schüler	Alter der Schüler
1	BT A Ost Raum, 211	69 m ²	238 m ³	25	10 - 11 Jahre
2	BT A West Raum 205	69 m ²	238 m ³	26	8 - 9 Jahre
3	BT B Süd Raum 23	61 m ²	210 m ³	23	6 – 7 Jahre

Tabelle 17 Messzeitraum Langzeitmessung

	Messbeginn	Messende	Ausfall Messdaten Beginn	Ausfall Messdaten Ende
BT A Ost	19.11.07	08.02.09		
BT A West	19.11.07	08.02.09	26.05.08	15.06.08
BT B Süd	19.11.07	08.02.09	26.05.08	15.06.08

Tabelle 18 Messzeitraum Langzeitmessung

Der Messzeitraum des Langzeitmonitorings umfasst die Zeit vom 18.11.2007 bis 08.02.2009. In den nachfolgenden Jahresauswertungen ist der Zeitraum vom 13.02.08 bis 13.02.09 berücksichtigt. Messausfälle sind in Tabelle 18 dokumentiert.

5.5.3 Raumlufqualität

Die Stundenmittelwerte der CO₂-Konzentration im Raum BT A Ost werden in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** mit jeweiligen Minimum und Maximum bezogen auf die Jahreszeit dargestellt.

Regenbogenschule Wolfsburg			
	Winter	Übergang	Sommer
Mittelwert	1320	1032	677
Min	399	379	432
Max	2712	2114	1504

Tabelle 19 Mittelwerte CO₂-Konzentration nach Jahreszeit

Die Mittelwerte der CO₂-Konzentration nehmen mit steigenden Außentemperaturen von 1.320 ppm im Winter, über 1.032 ppm im Übergang bis 677 ppm im Sommer ab. Es ergeben sich Maximalwerte von 1.504 ppm im Sommer, 2.114 ppm in der Übergangszeit bis 2.712 ppm im Winter.

GASS Komfortmonitoring Regenbogenschule Wolfsburg
Raum 211 - Wochenübersicht (17.12.07 - 24.12.07)

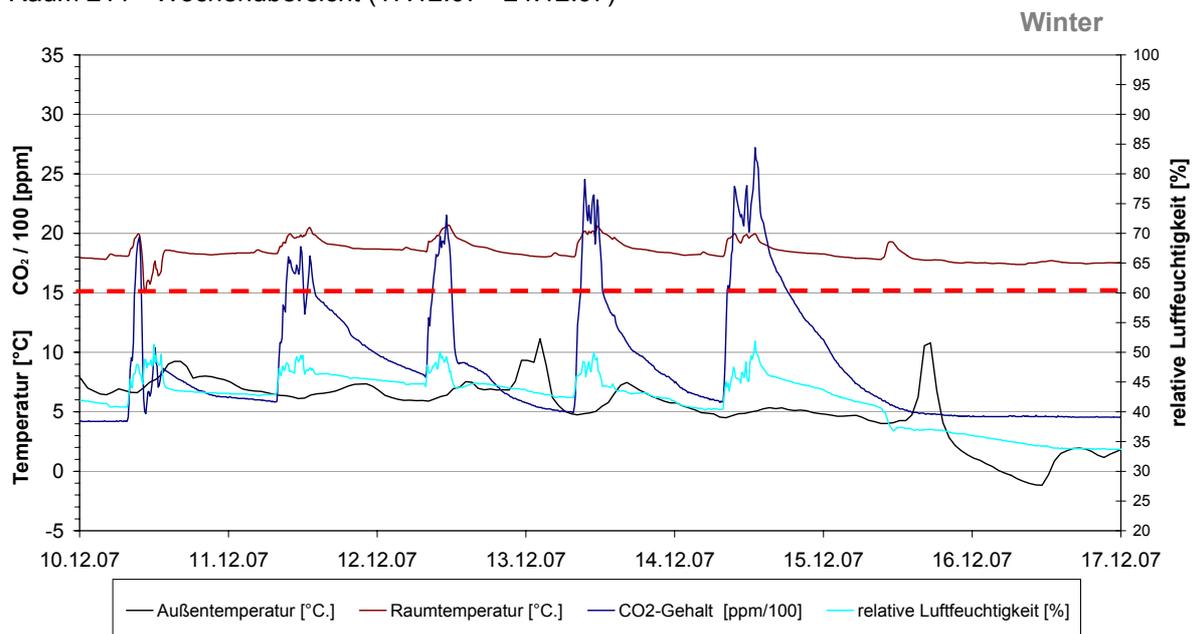


Bild 77 Langzeitmessung Winter Wochenverlauf Wolfsburg

Bild 77 zeigt einen beispielhaften Wochenverlauf der CO₂-Konzentration im Winter. Auffallend ist das regelmäßige Überschreiten des CO₂-Richtwerts von 1.500 ppm über weite Teile des Unterrichts. Nach einem steilen Anstieg zu Unterrichtsbeginn wird der Richtwert nach ersten 20 bis 30 Minuten überschritten. Einzelne Lüftungspausen sind sichtbar.

In Bild 78 ist die CO₂-Konzentration in Abhängigkeit der Außentemperatur dargestellt. Da hier auch kurzfristige Ereignisse eine Rolle spielen, sind in diesem Diagramm nicht die

Stundenmittelwerte sondern sämtliche Messdaten des Zeitraums mit 10-minütigen Messintervallen berücksichtigt. So weit Messdaten der Fensterkontakte vorliegen, ist zusätzlich die Anzahl der geöffneten Fenster dargestellt. Die Messwerte ohne Zuordnung mit Fensterkontakten sind im Diagramm grau dargestellt.

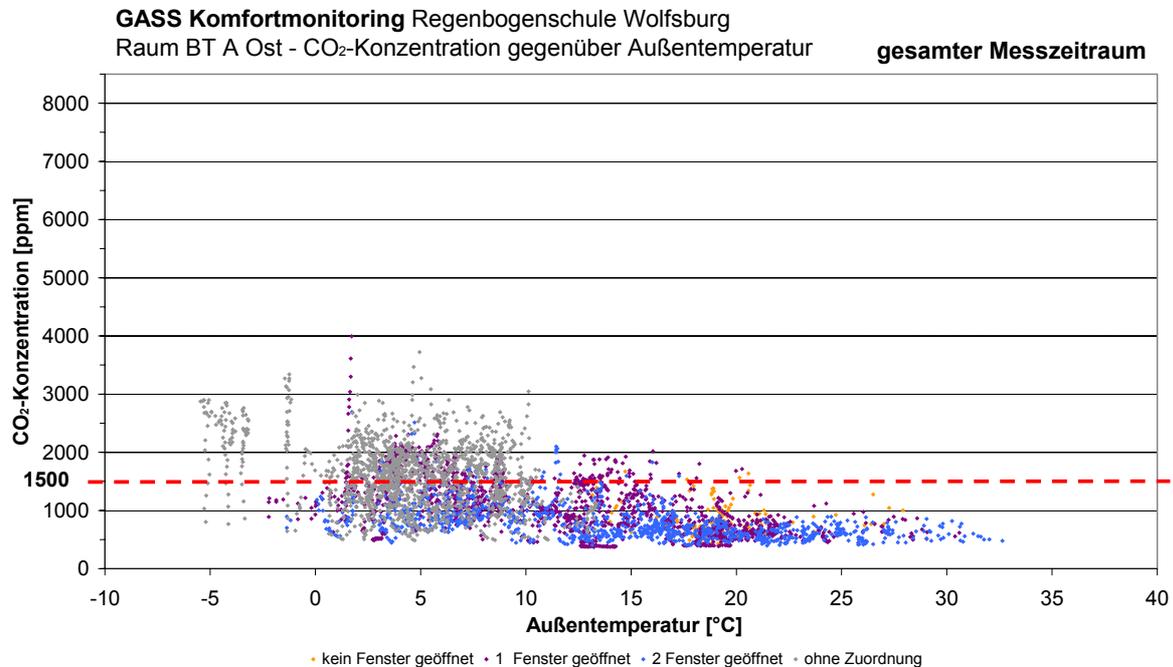


Bild 78 CO₂-Konzentration über Außentemperatur

Deutlich wird der Einfluss der Außentemperatur auf das Lüftungsverhalten. Unter 10°C häufen sich die Überschreitungen des CO₂-Richtwerts von 1.500 ppm. Die höchsten CO₂-Werte ergeben sich also infolge zu geringer Fensterlüftung bei kalten Außentemperaturen. Ein regelmäßiges und effektives Lüftungsverhalten, dass die Einhaltung des CO₂-Richtwerts von 1.500 ppm gewährleistet, ist ab Außentemperaturen über 10°C erkennbar.

Um die Anteile der gemessenen CO₂-Konzentrationen in der Unterrichtszeit zu veranschaulichen, sind in Bild 79 die Häufigkeiten (Anzahl der Stundenmittelwerte) in 300 ppm Intervallen über der Häufigkeit aufgetragen worden. Dabei sind die Balken jeweils zusätzlich nach Jahreszeit aufgegliedert worden.

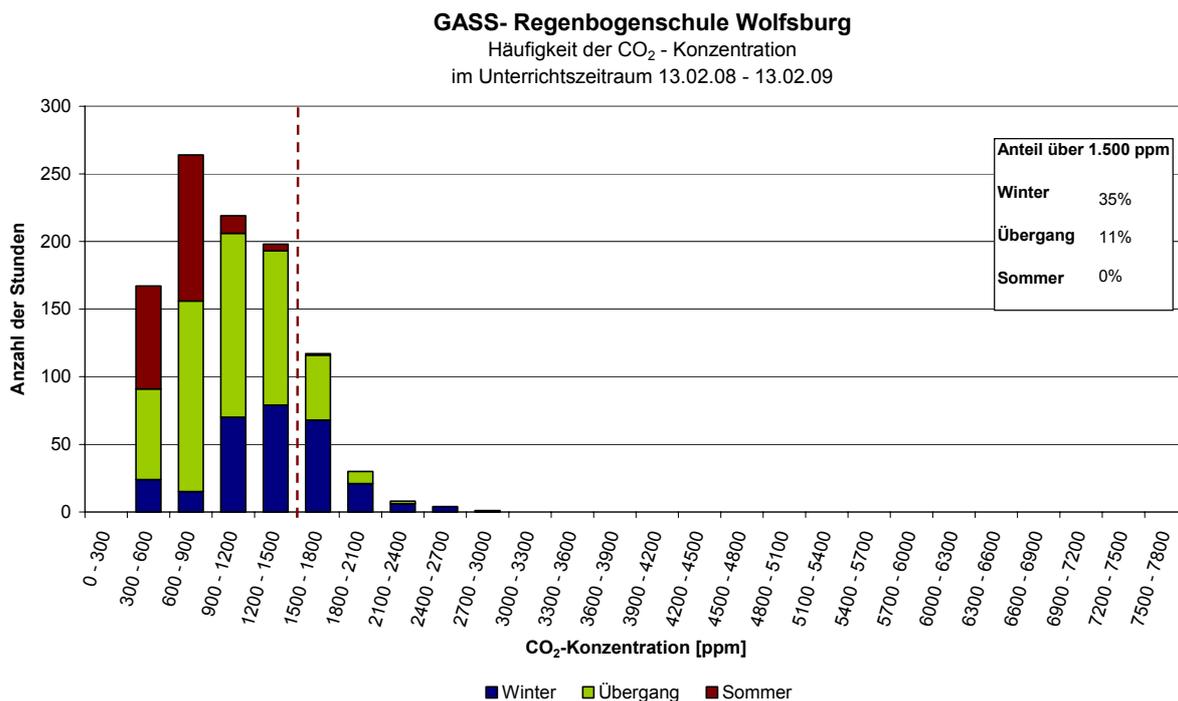


Bild 79 Anteile CO₂-Konzentration Wolfsburg

Im Winter liegen 35 % der Stundenmittelwerte der CO₂-Konzentrationen in der Unterrichtszeit oberhalb des Richtwertes von 1.500 ppm. Entsprechend sind die Überschreitungen des CO₂-Richtwertes in der Übergangszeit mit 11% geringer. Im Sommer wird der CO₂-Richtwert nicht überschritten.

Um sowohl die Überschreitungsdauer als auch die Überschreitungshöhe der CO₂-Konzentration über Werte von 1.500 ppm zu berücksichtigen, ist aus den Messdaten der CO₂-Überschreitungsindex⁸⁵ errechnet worden (s. Tabelle 20). Dieser beschreibt das Produkt aus Überschreitungshäufigkeit als Zeitanteil der überhöhten CO₂-Konzentrationen im Unterricht und des Überschreitungsmittelwerts als mittlere CO₂-Konzentration > 1.500 ppm abzüglich des Referenzwerts von 1.500 ppm. Formuliert worden ist dies durch das niedersächsische Landesgesundheitsamts aus den Erkenntnissen eines Projekts zur Untersuchung der Luftqualität in Schulen. Der Index wird darin mit 0 ppm·% als gut, bis 15.000 ppm·% als befriedigend, und darüber als ungenügend eingestuft.

Für die Wolfsburger Schule haben sich nach Tabelle 20 für den Winter und den Übergang „befriedigende“ sowie für den Sommer Überschreitungen „gute“ CO₂-Überschreitungsindizes ergeben.

⁸⁵ Hehl, O./ Grams, H (2003): Ein Modell zur Simulation der Qualität der Innenraumluft

Bewertung der	WOB_Raum Ost			
	Sommer	Übergang	Winter	Gesamt
1.Häufigkeit [%]	0%	11%	35%	16%
2.Mittelwert [ppm]	1.504	1.694	1.764	1.736
abzgl. 1.500 ppm	4	194	264	236
3.Index [ppm*%]	0	2.131	9.232	3.784

Tabelle 20 CO₂ –Überschreitungsindex

In Bild 80 und Bild 81 wird die Luftqualität durch Lehrer (Anzahl 12) und Schüler (Anzahl 77) im Rahmen der Nutzerbefragung bewertet. Dazu sind die Anzahl der Antworten auf der x-Achse und die Bewertung der Wichtigkeit der Luftqualität für die Lehrer in einer 5-Punkte Skala bzw. das Maß der Störung für die Schüler in einer 3-Punkte Skala dargestellt.

Ein Drittel der Lehrer bewertet die Luftqualität in Bild 81 als „häufig bis immer schlecht und verbraucht“, die Hälfte als „gelegentlich schlecht und verbraucht“. Auffallend ist die hohe Bewertung der Wichtigkeit der Luftqualität.

Die Schüler dagegen empfinden schlechte Luft als weniger störend, nur 17 % beurteilen die Luft als „oft bis immer verbraucht“. Dagegen sagt fast die Hälfte aller Schüler, dass die Luft "selten bis nie schlecht" ist. Diese Beurteilung entspricht der gemessenen Luftqualität eher als die schlechtere Beurteilung der Lehrer.

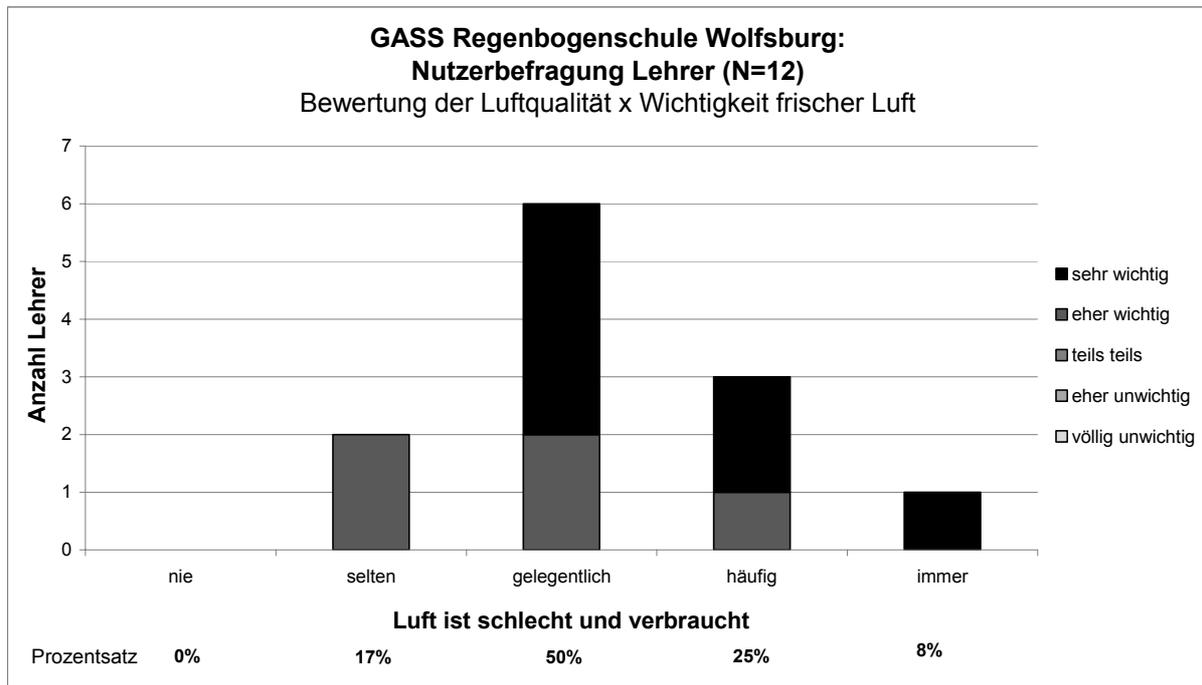


Bild 80 Nutzerbefragung Luftqualität Lehrer

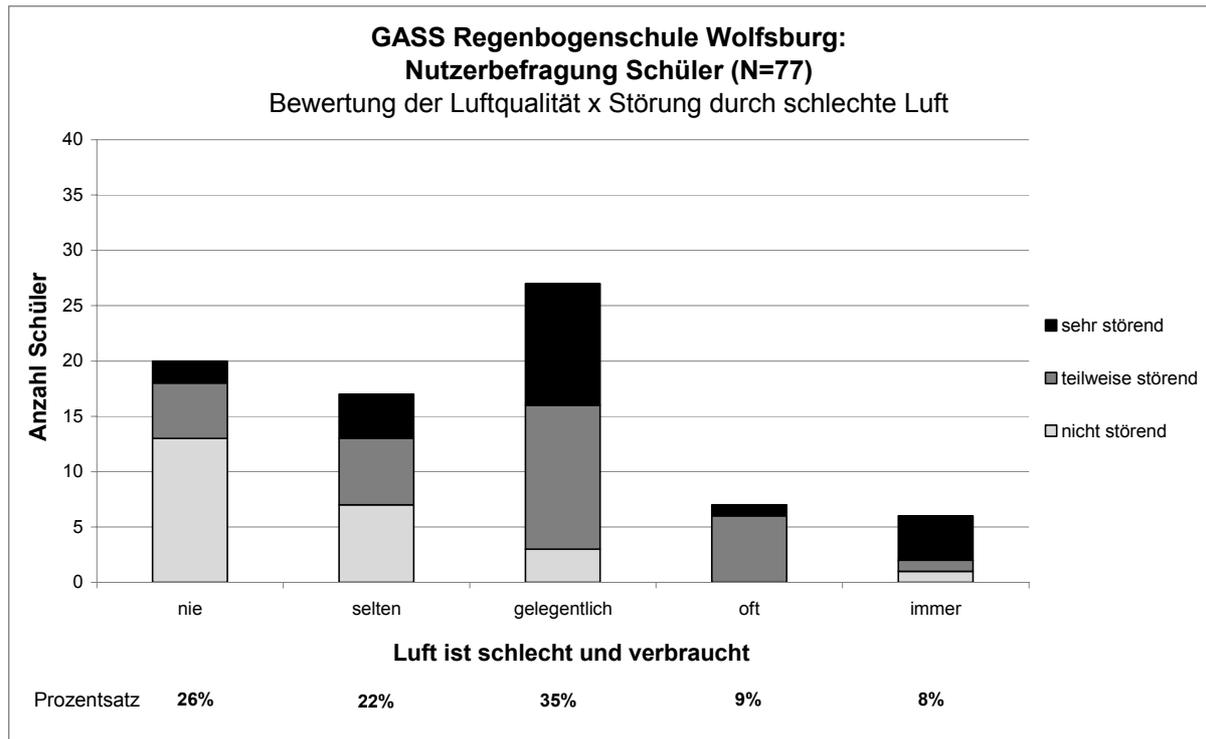


Bild 81 Nutzerbefragung Luftqualität Schüler

Die im Vergleich mit den anderen Schulen bessere Luftqualität der Regenbogenschule ist begründet durch das junge Alter der Schüler von 8 bis 10 Jahre mit einer entsprechenden CO₂- Abgaberate von 33 m³/h Pers (s. Tabelle 3) sowie einer höheren Luftwechselrate durch regelmäßiges Lüften und dauerhaft offen stehenden Türen zum Pausenbereich.

5.5.4 Raumtemperatur

Die Stundenmittelwerte der Lufttemperaturen, die während der Unterrichtszeit in den drei Klassenräumen gemessen worden sind, werden im Folgenden untersucht.

Zu berücksichtigen ist dabei, dass die Außentemperaturen im Sommer 2008 innerhalb der Unterrichtszeit mit einem Maximalwert von 29,6°C und einem Mittelwert von 20,3°C moderat waren. Betrachtet man den Gesamtzeitraum mit den Ferien, lagen zwei der drei Hitzeperioden mit maximalen Außentemperaturen bis 30°C in den Sommerferien.

Die mittlere Außentemperatur im Winter liegt bei 1,6 °C, bei einem Minimum von -11,5°C.

Zur ersten Übersicht werden die Stundenmittelwerte in Bild 82 mit dem jeweiligen Minimum und Maximum auf die Jahreszeit bezogen dargestellt.

Die höchste Raumtemperatur ergibt sich im Klassenraum Ost mit 29,5°C, die niedrigste im Klassenraum West mit 15,9°C. Auffallend sind die niedrigen Raumtemperaturen im Winter.

Die Klassenräume Bauteil Ost und BT A West liegen sogar im Mittelwert unterhalb der Behaglichkeitsgrenze von 20°C.

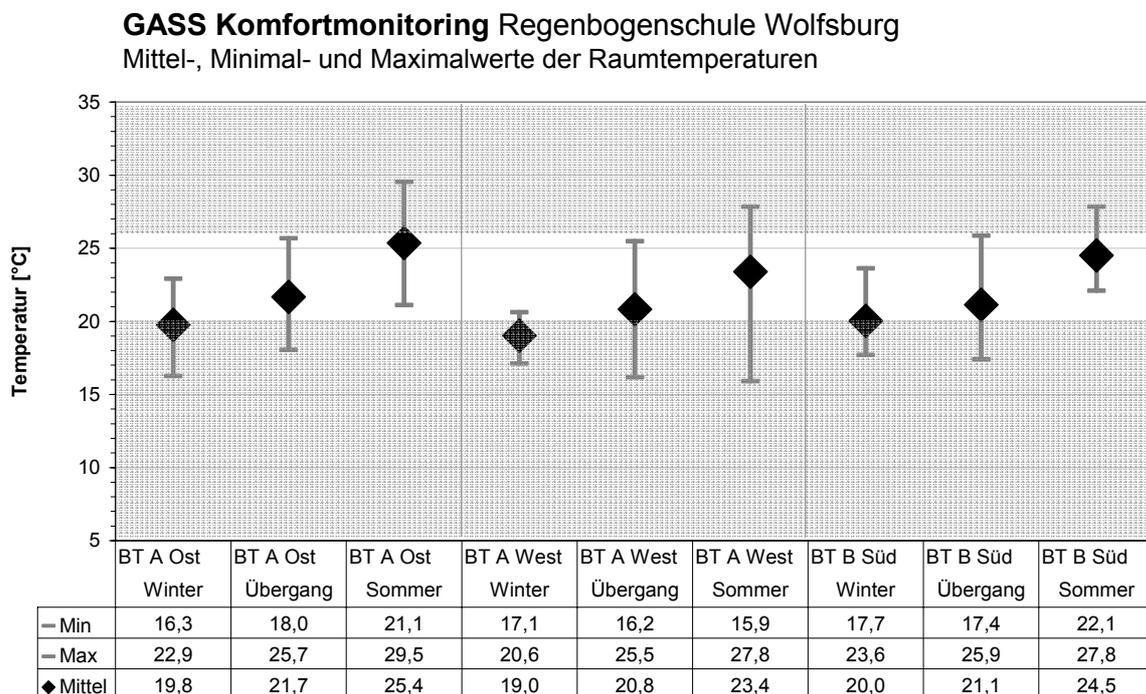


Bild 82 Mittelwerte Raumtemperaturen

Zur genaueren Beurteilung des thermischen Komforts werden in Bild 83 und Bild 86 die prozentualen Jahresanteile an warmen und kalten Raumtemperaturen dargestellt.

Nach DIN EN 15251 wird für die operative Raumtemperatur (Kategorie 2) ein Mindestwert von 20 °C für den Winter und ein Höchstwert von 26°C für den Sommer gefordert. Nach Arbeitsstättenrichtlinien ASR 6 Abs. 1 und 3 soll die Mindesttemperaturen in Büroräumen (vergleichbar mit Unterrichtsräumen) 20°C betragen und zu Arbeitsbeginn erreicht sein.

In den weiteren Untersuchungen werden diese Temperaturgrenzbereiche um 20°C und 26°C betrachtet. In Bild 88 werden entsprechende Behaglichkeitsbereiche in Abhängigkeit der Außentemperatur nach DIN 1946 Teil 2 dargestellt.

Es folgt ein Quervergleich mit den Bewertungen der Nutzerbefragung.

5.5.4.1 Raumtemperatur Sommer

Bild 83 zeigt die Anzahl und die prozentualen Anteile der Raumtemperaturen, die kleiner als 26°C bzw. größer als 25°C sind. Während diese noch als behaglich betrachtet werden können, sind Temperaturen größer als 26°C dem unbehaglichen Bereich zu zuordnen

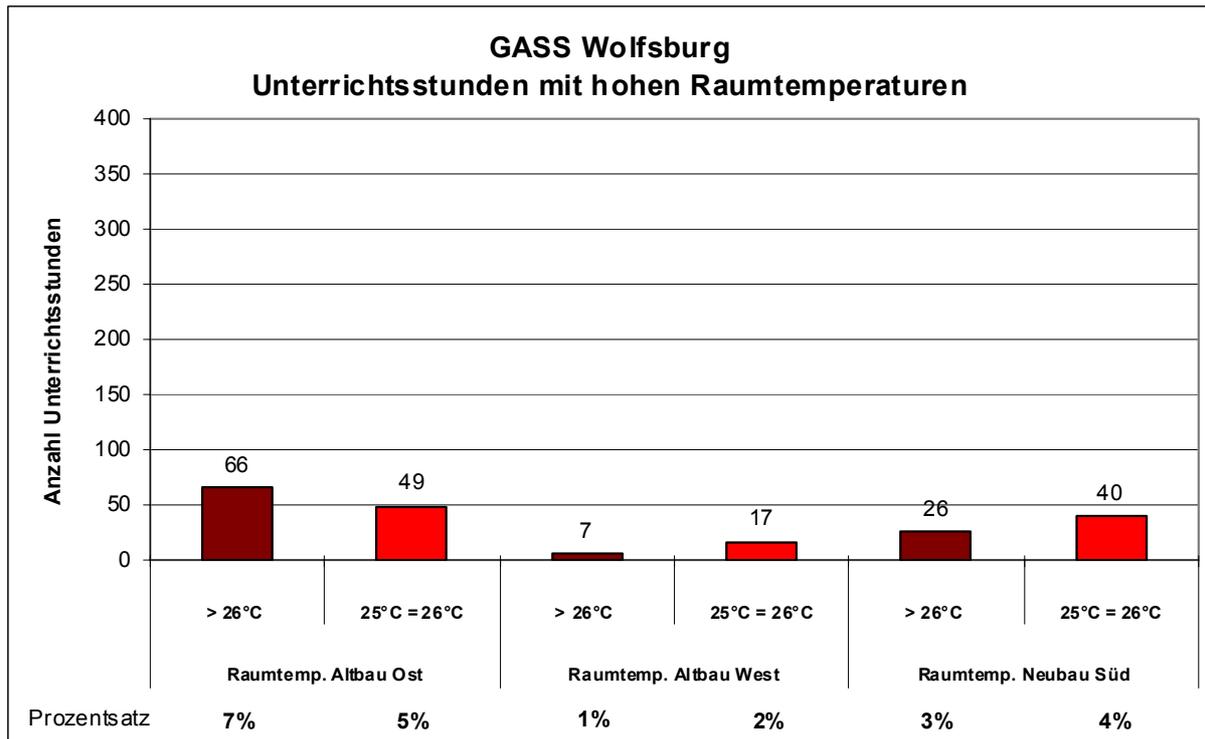


Bild 83 Vergleich hohe Klassenraumtemperaturen

Im Klassenraum mit Ostausrichtung sind 66 Stunden über 26°C Raumtemperatur gemessen worden. Mit 7 % der Schulzeit hat der ostorientierte Raum im Vergleich zum Südraum und Westraum die höchste Anzahl an sommerlichen Überhitzungsstunden. Die Anzahl liegt im Klassenraum Süd bei 3 % und im Klassenraum West bei 1 %.

Deutlich wird hier die Abhängigkeit der Belegungszeit mit dem Zeitpunkt der solaren Einstrahlung in die Räume. Anders als bei den Betrachtungen von Büroräumen von 8:00 bis 18:00 Uhr sind die Räume der Regenbogenschule entsprechend der Unterrichtszeit von 8:00 bis 13:00 Uhr betrachtet worden. Infolgedessen hat die solare Einstrahlung auf die Westfassade am Nachmittag keinen direkten Einfluss, die Überhitzungen sind dementsprechend gering. Selbst bei der Südfassade, die keinen äußeren Sonnenschutz besitzt, ist der Anteil an Überhitzungsstunden mit nur 3 % mäßig hoch, da der zeitlich beschränkte Anteil an solarer Einstrahlung die Raumtemperatur in Grenzen hält.

Zum Quervergleich werden die Antworten der Schüler und Lehrer aus der Nutzerbefragung in gleicher Weise wie bei der Luftqualität betrachtet. Zur weiteren Bewertung der Antworten zur Temperatur sind die Wichtigkeit der Raumtemperatur bzw. das Maß der Störung durch zu hohe oder niedrige Temperaturen dargestellt.

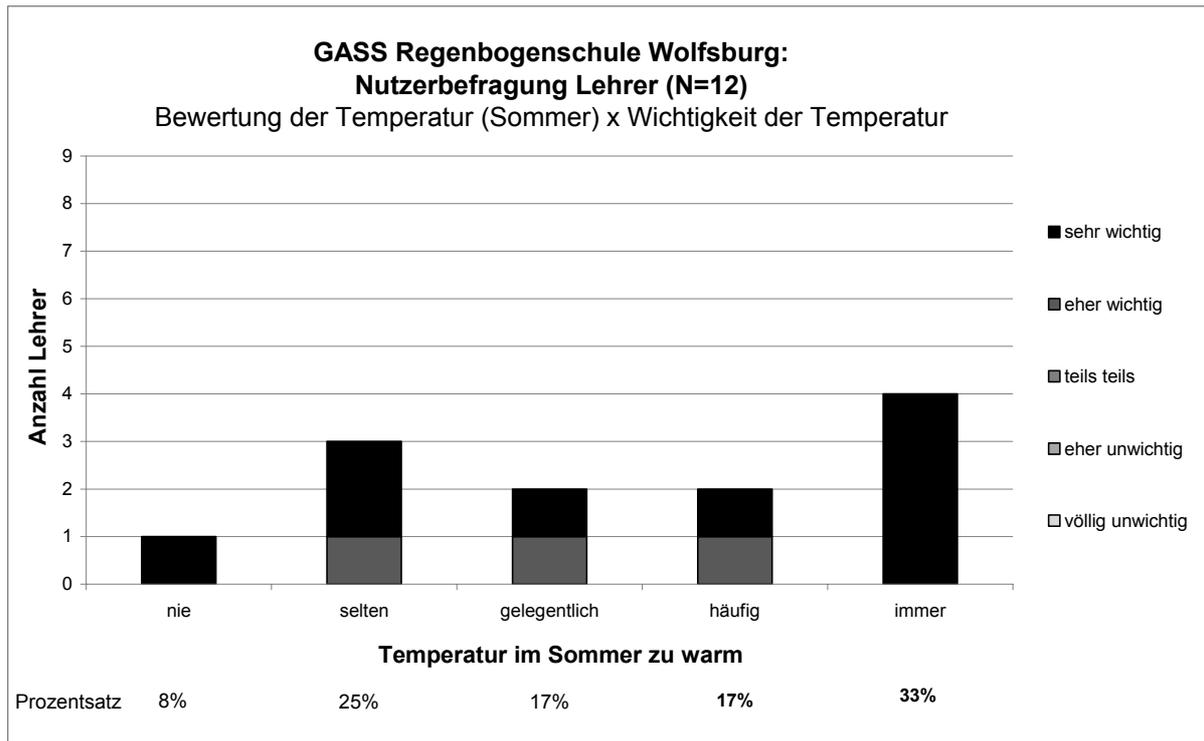


Bild 84 Nutzerbefragung Raumtemperatur Sommer Lehrer

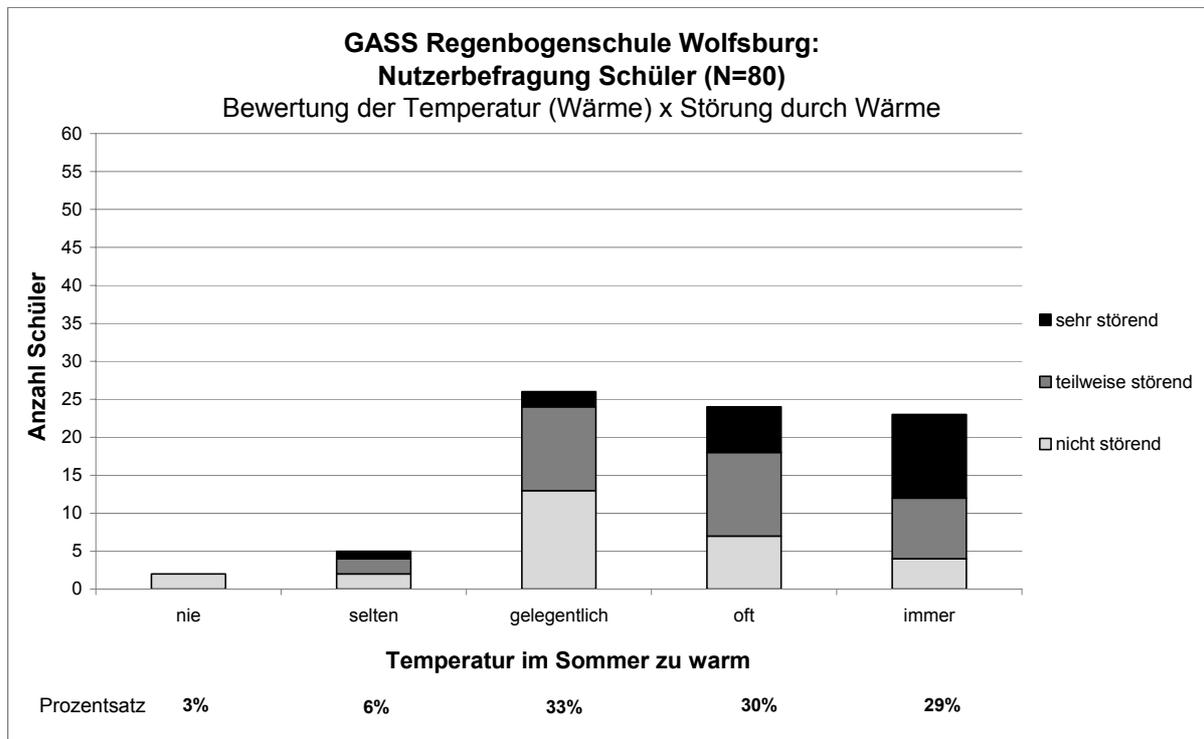


Bild 85 Nutzerbefragung Raumtemperatur Sommer Schüler

Die allgemeine Raumtemperatur in den Klassenräumen wird von den 12 befragten Lehrern zur Hälfte mit „häufig bis immer zu warm“ bewertet. Alle Lehrer bewerten die Temperaturhöhe im Sommer als „wichtig bis sehr wichtig“ für ihre Arbeit. 59 % der befragten

80 Schüler beurteilen die Raumtemperatur im Sommer als „oft bis immer zu warm“, 33 % als „gelegentlich zu warm“. Die hohen Raumtemperaturen sehen die Schüler als weniger störend an als die Lehrer.

Bei Untersuchung über die hier abgebildeten Diagramme hinaus werden die Räume des Neubaus mit Südorientierung und ohne außenliegenden Sonnenschutz von den beiden dort unterrichtenden Lehrkräften als „immer zu heiß“ bewertet.

Die Mehrheit der Schüler und Lehrer empfinden die sommerlichen Temperaturen im Klassenraum als „häufig bis immer zu hoch“. Dieser hohe Anteil wird durch die gemessenen Temperaturen in den drei Räumen allenfalls für den Klassenraum Ost bestätigt. Für die süd- und westorientierten Räume konnten zur bisherigen Unterrichtszeit im Sommer 2008 keine Überhitzungsprobleme nachgewiesen werden.

5.5.4.2 Raumtemperatur Winter

Bild 86 zeigt die Anzahl und die prozentualen Anteile der Raumtemperaturen, die kleiner als 19°C bzw. kleiner als 20°C sind und damit im unbehaglichen Bereich liegen.

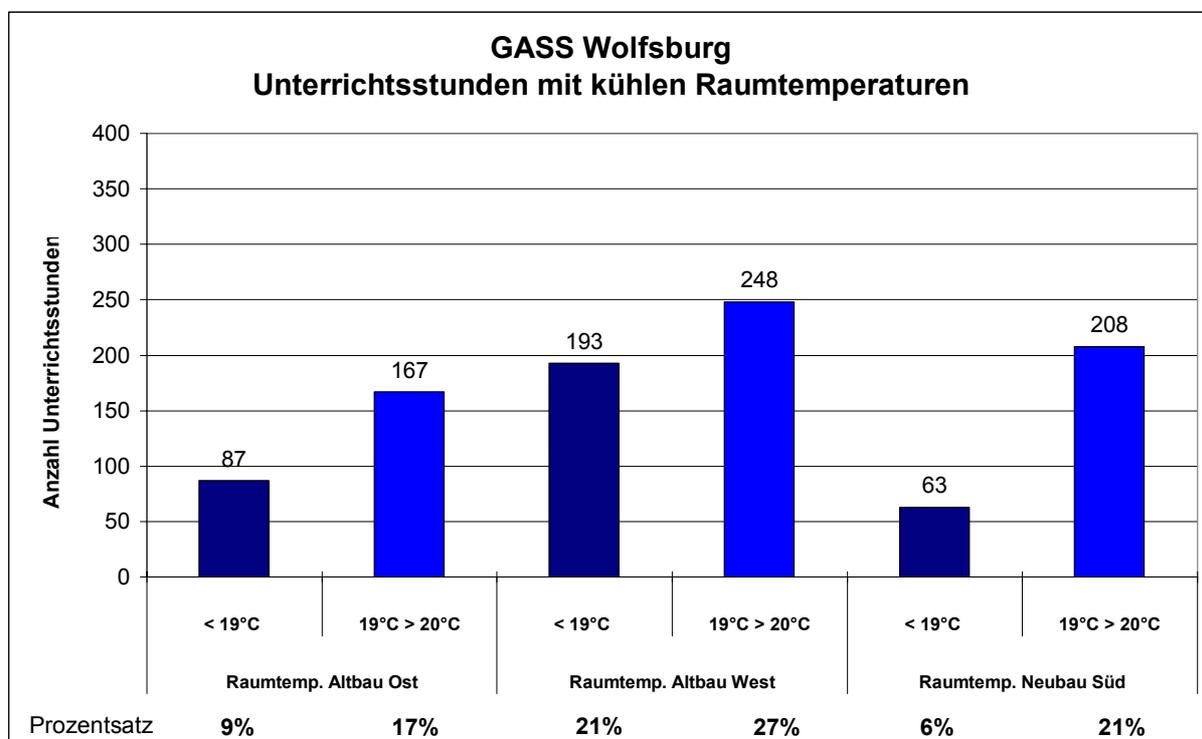


Bild 86 Vergleich niedrige Klassenraumtemperaturen

Bei näherer Untersuchung der gemessenen Klassenraumtemperaturen unter 19°C ist der hohe Anteil an niedrigen Raumtemperaturen vor allem zu Beginn des Unterrichts auffallend.

Die mit Abstand höchste Anzahl kühler Temperaturen hat sich mit 21 % der Unterrichtsstunden bzw. Zeitstunden im Klassenraum West eingestellt. Im Klassenraum Ost des Altbaus liegen 9 % und im Klassenraum Süd des Neubaus sind 6 % der Raumtemperaturen unter 19°C.

Unter einer Grenztemperatur von 20°C liegen in der Unterrichtszeit 26 % der Stunden im Raum Ost, 27 % im Raum West und 49 % im Raum West.

Durch den tageszeitlich bedingten geringeren Solareintrag im westorientierten Raum ist der Anteil kühler Temperaturen besonders hoch. Der Ostraum kann durch die Kombination interner Gewinne durch die Schüler und Lehrer sowie solarer Gewinne am Morgen und am Vormittag die kühlen Temperaturen schneller ausgleichen.

Eine weitere Erklärung für den hohen Anteil an kühlen Temperaturen sind Auskühlungen, die besonders zu Unterrichtsbeginn gemessen worden sind. In Bild 87 ist die Häufigkeit der gemessenen Stundenmittelwerte mit Raumtemperaturen unter 19°C in Abhängigkeit der Tageszeit aufgetragen worden.

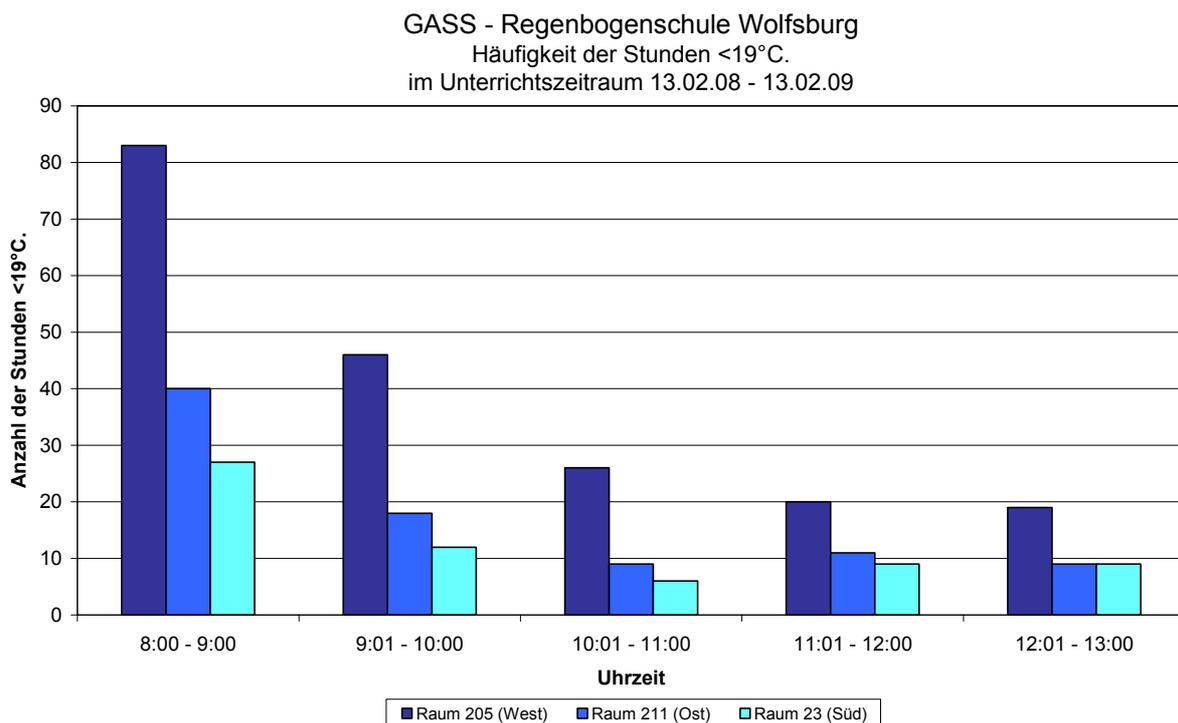


Bild 87 Verteilung kalte Raumtemperaturen nach Uhrzeit

Durch die Temperaturabsenkung außerhalb der Unterrichtszeit kühlen die Räume bei der schlechten Qualität der Gebäudehülle stark aus. Im besonderen Maße ist dies beim Westraum erkennbar. Erst durch die internen Gewinne steigt die Raumtemperatur über den Schultag verteilt über die Behaglichkeitsgrenze von 19°C an. Dazu führt die Fensterlüftung z.B. durch die notwendigen Pausenlüftungen über den gesamten Tag verteilt zu zeitlich

begrenzten Auskühlungen. Bei ähnlicher Auswertung in Abhängigkeit der Jahreszeit ist eine eindeutige Verteilung auf die Monate mit geringen Außentemperaturen zu erkennen.

Abschließend werden die gemessenen Raumlufttemperaturen der drei Klassenräume in Bild 88 vergleichsweise über die Außentemperaturen aufgetragen. Dazu sind in Anlehnung an die DIN 1946 die empfohlenen Temperaturbereiche graphisch dargestellt. Wie in Bild 86 werden alle Tage im Zeitraum eines Jahres von Montag bis Freitag in der Zeit von 8:00 bis 13:00 Uhr außerhalb der Ferien betrachtet.

Bild 88 veranschaulicht die beschriebenen Unter- bzw. Überschreitungen der Behaglichkeitsgrenzen in Abhängigkeit der Außentemperatur. Raumtemperaturen unter 20 °C stellen sich in allen Messräumen häufig ab Außentemperaturen unter ca. 14 °C in einem Kernbereich mit typischen winterlichen Temperaturen von -2 °C bis 8 °C ein.

Wenige Überschreitungen der Raumtemperatur von 26 °C stellen sich schon ab Außentemperaturen von 19 °C ein. Dies gilt aufgrund zeitgleicher interner und solarer Wärmelasten vor allem im ostorientierten Raum.

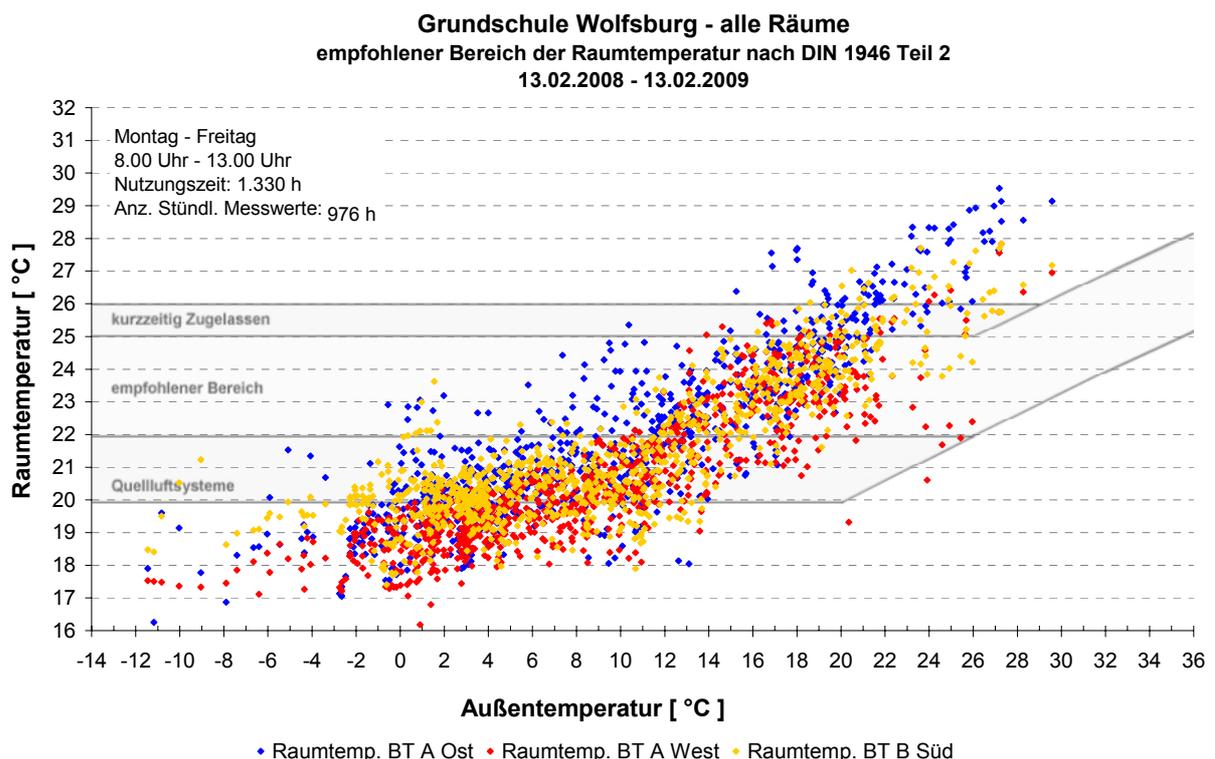


Bild 88 Bewertung Temperatur alle Klassenräume

Die Ergebnisse der Nutzerbefragung zu kühlen Temperaturen sind bei Schülern und Lehrern etwas uneinheitlich:

Die Lehrer messen der Variable Raumtemperatur im Winter zwar eine große Wichtigkeit für ihre Arbeit bei, 2/3 bewerten sie aber als nur „gelegentlich zu kalt“. Nur 8 % der Lehrer

sagen, dass die Temperatur häufig zu kalt ist. Sie empfinden die winterlichen Raumtemperaturen mehrheitlich als nur „mäßig kalt“, sehen den Faktor Raumtemperatur generell aber als „wichtig“ an. Obwohl die Raumtemperaturen der Messung häufig in einem unbehaglichen Bereich liegen, werden sie von den Lehrern in der Mehrheit nur als „gelegentlich zu kalt“ bewertet.

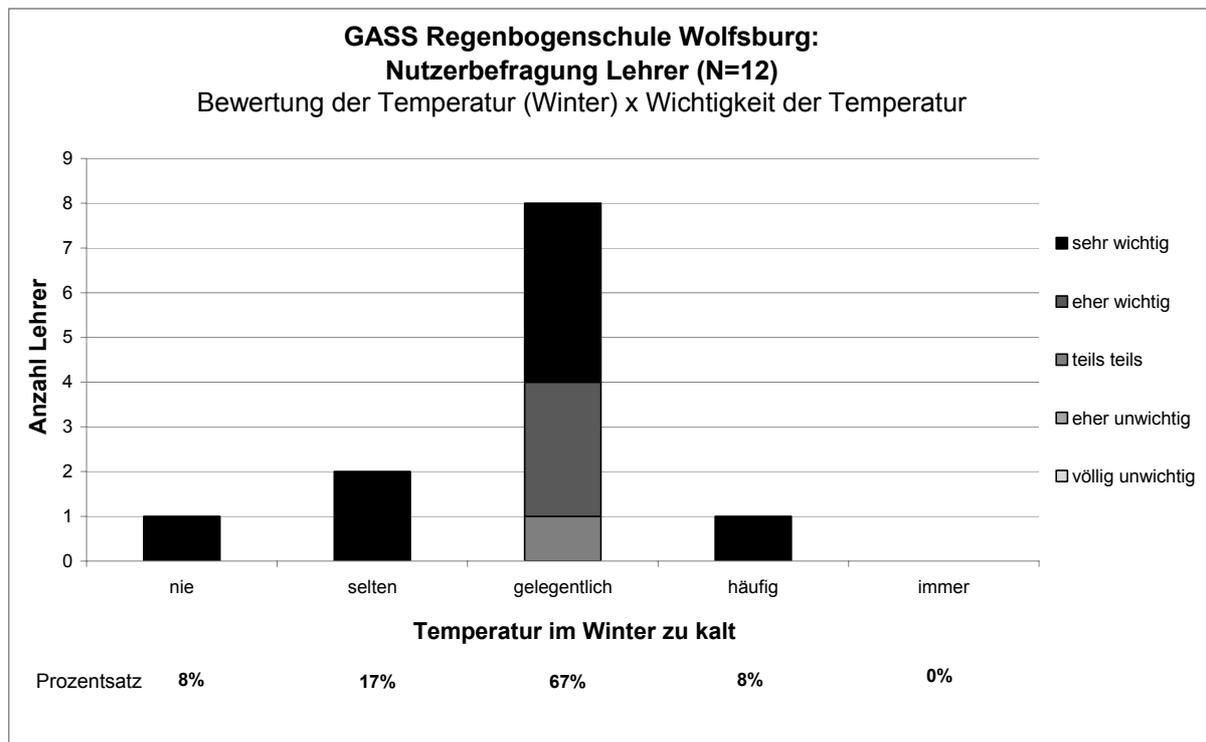


Bild 89 Nutzerbefragung Raumtemperatur Winter Lehrer

Ein hoher Anteil der Grundschüler von 40 % gibt jedoch an, dass die Raumtemperaturen im Winter „oft bis immer zu kalt“ sind. Dieses wird aber im Vergleich zu den Lehrern als erheblich „weniger störend“ empfunden (s. Bild 90).

Dies lässt vermuten, dass die Schüler aufgrund ihres Alters eine noch weniger ausgeprägte Kritikfähigkeit in Bezug auf die Bewertung eines Störfaktors besitzen. Lehrer scheinen dagegen über eine höhere Sensibilität zu verfügen.

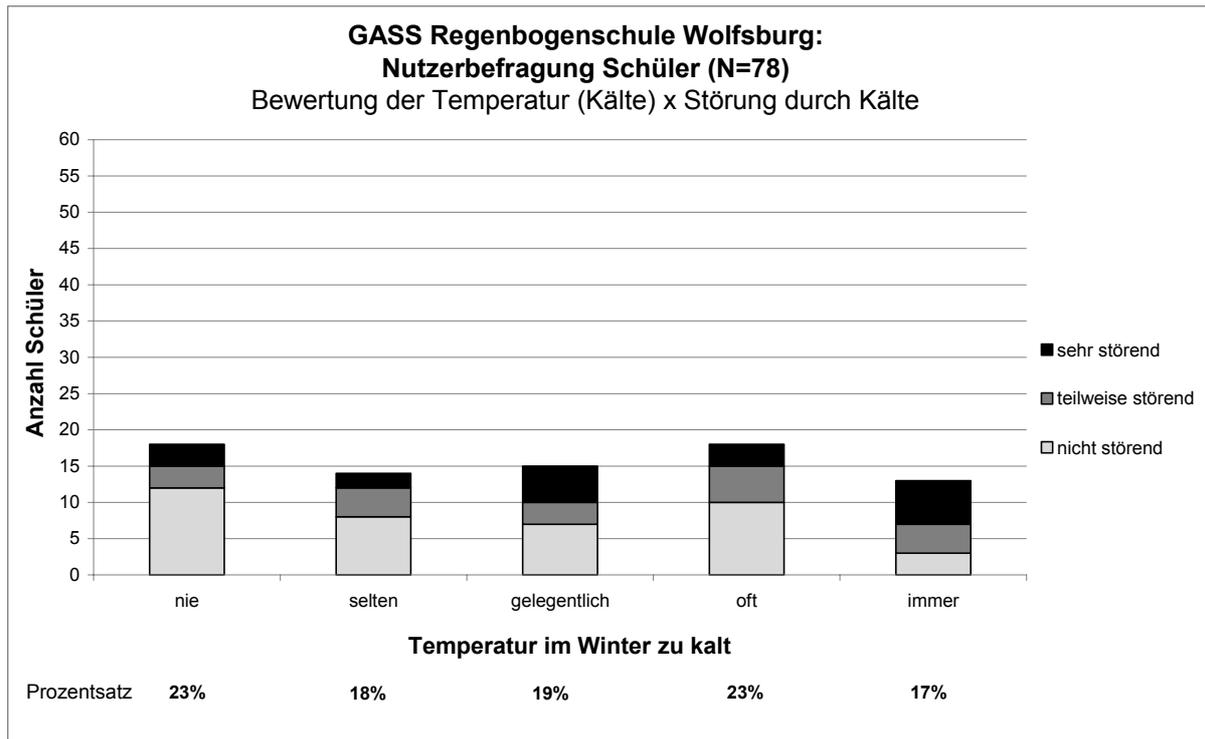


Bild 90 Nutzerbefragung Raumtemperatur Winter Schüler

5.5.5 Raumlufffeuchte

Zunächst werden die Messwerte in Anlehnung an die prEN 15251:2005 nach Höhe der relativen Raumlufffeuchte bewertet:

- „unbehaglich trocken“ < 20 % RH
- „unbehaglich feucht“ > 70 % RH

Die Bereiche von 30 bis 20 % RH und 60 bis 70 % RH werden als „noch behaglich“ angenommen.

GASS Komfortmonitoring Regenbogenschule Wolfsburg
 Mittel-, Minimal- und Maximalwerte der relativen Raumlufffeuchten

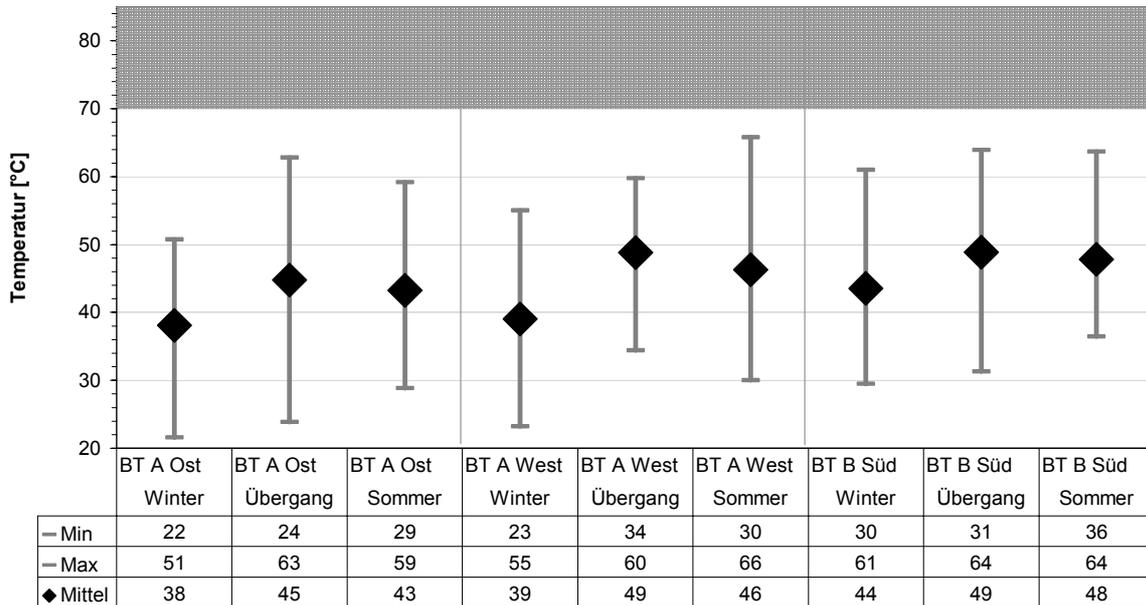


Bild 91 Mittelwerte Relative Raumlufffeuchte

Unter der Voraussetzung, dass Raumlufffeuchten von 60-70 % bzw. von 20 -30 % als noch behaglich eingestuft werden können, gibt es in keinem der untersuchten Räume der Wolfsburger Schule Probleme mit der Raumlufffeuchte (vgl. Bild 91). Zudem liegt nur eine sehr geringe Anzahl an Stundenwerten im noch behaglichen Bereich von 60 bis 70 % RH. Im Südraum sind das z.B. maximal 2 %.

Im noch behaglichen trockenen Bereich von 20 bis 30 % RH reichen die prozentualen Anteile von 4 % RH im Raum Ost bis 0 % RH im Raum Süd.

In der Nutzerbefragung wird die relative Raumlufffeuchte von den Lehrern im Sommer und Winter als selten zu feucht bewertet. Als „gelegentlich bis häufig zu trocken“ wird die Raumlufffeuchte in der Nutzerbefragung für den Winter angegeben. Die Bewertungen der Lehrer decken sich weitgehend mit den Messwerten, obwohl Veränderungen der relativen Luftfeuchtigkeit im Bereich 35 – 65 % RH bei normalen Temperaturen nur schwer wahrgenommen werden.

5.5.6 Tages- und Kunstlicht

Tageslicht

Zur Beurteilung der Tageslichtqualität sind am 23.02.09 um 13:30 Uhr in fünf typischen Räumen des Altbaus BT A und des Neubaus BT B die Beleuchtungsstärken gemessen worden.

Die ausreichende Tageslichtversorgung wird über den Tageslichtquotienten D [%] bewertet (vgl. Kap.3.3.4). Gute Lichtverhältnisse bestehen bei Tageslichtquotienten größer 3 %. Ab ca. 1 % werden die Lichtverhältnisse als schlecht angesehen.

Im folgenden Bild sind die Fensterflächenanteile der gemessenen Räume zusammengetragen. Darunter sind auch die Räume der Langzeitmessung. Alle Räume sind nur einseitig über die Hauptfassade belichtet.

Regenbogenschule Wolfsburg			BT A Ost	BT A West	BT B Süd	BT B Süd	BT B Nord
			1.OG	1.OG	EG	1.OG	EG
	Raumtiefe	m	8,28	8,25	7,21	7,21	7,21
	Raumfläche	m ²	68,89	68,89	61,27	61,28	60,53
Hauptfassade	Orientierung		Ost	West	Süd	Süd	Nord
	Gesamtfläche	m ²	35,10	34,80	30,90	30,90	30,90
	Fensterfläche	m ²	17,40	17,40	18,10	18,10	18,10
	Fensterflächenanteil	%	50%	50%	59%	59%	59%
	Verhältnis Fenster-zur Raumfläche	%	25%	25%	30%	30%	30%

Bild 92 Fensterflächenanteile Regenbogenschule Hamburg

Die Fensterflächenanteile betragen für die Räume des Bauteils A an der Hauptfassade etwa 50 %, die des Bauteils B 59 %. Die Raumtiefen reichen von 7,21 bis 8,28 Meter.

Die Beleuchtungsstärke Außen betrug während der Messung bei leicht bedecktem Himmel von 11.985 lx bis 15.190 lx.

Die Tageslichtquotienten aller Räume liegen im akzeptablen Bereich. Die beiden Räume im Altbau BT A haben die besten Tageslichtquotienten und sinken erst ab einer Raumtiefe von 6 m unterhalb des Grenzbereichs von ca. 1,0 % ab. Im Bauteil B hat der Nordraum im EG vergleichbare Werte. Die Südräume im EG und im 1.OG haben ab etwa 5 Meter Raumtiefe einen Tageslichtquotienten unter 1 % und damit noch akzeptable Tageslichtverhältnisse.

GASS Regenbogenschule Wolfsburg
Tageslichtquotient

23.02.09 13:30h

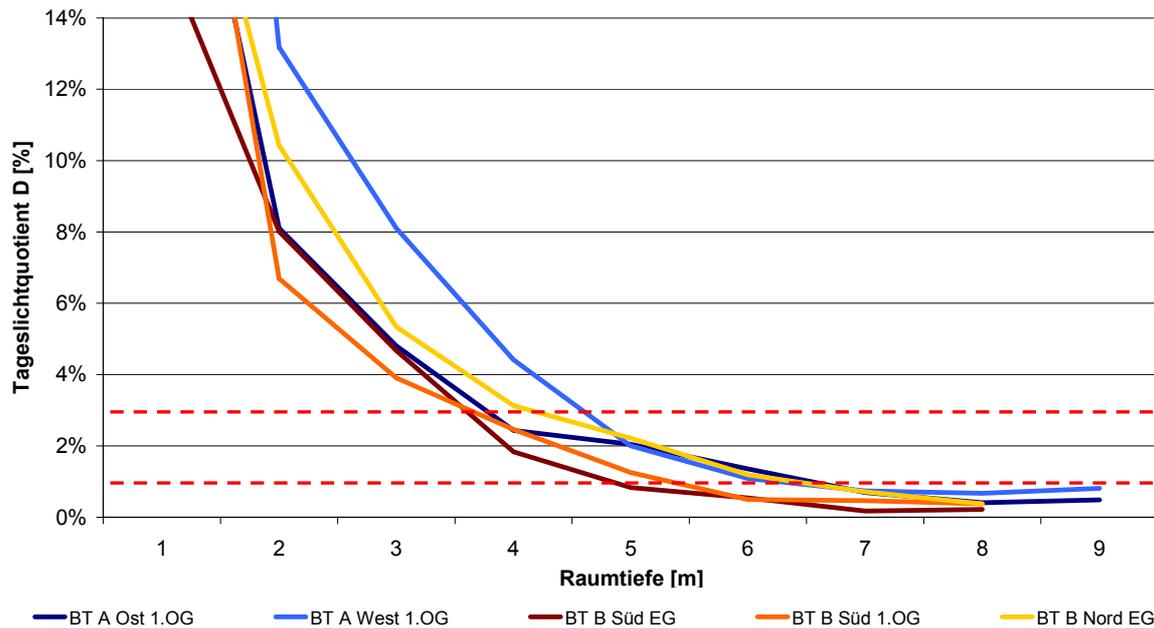


Bild 93 Tageslichtquotient Wolfsburg

Aufgrund der Messergebnisse hat das Bauteil B im Vergleich zum Bauteil A die leicht schlechtere Tageslichtqualität. Dabei liegen die Fensterflächenanteile mit 59 % rd. 9 % höher als im Bauteil A. Neben einem Einfluss der Bäume und Büsche im Erdgeschoss ist zu vermuten, dass hier schnelle Wechsel der Außenbeleuchtungsstärke für die Unterschiede der beiden Bauteile verantwortlich sind.

Künstliche Beleuchtung

Die in der Bestandsaufnahme ermittelten spezifischen Kennwerte für die installierte Beleuchtungsleistung werden im Folgenden mit den jeweiligen nutzungsabhängigen Richtwerten für installierte Lampenleistungen pro Fläche NGF nach dem „Leitfaden Elektrische Energie – LEE“ aus Tabelle 9 verglichen und als Maß für das Optimierungspotential angenommen.

Als Richtwerte für einen Unterrichtsraum werden danach bei einer geforderten Beleuchtungsstärke von 300 Lux eine installierte Lampenleistung von 10,0 W/m² (einfach) bzw. 7,5 W/m² (verbessert) empfohlen.

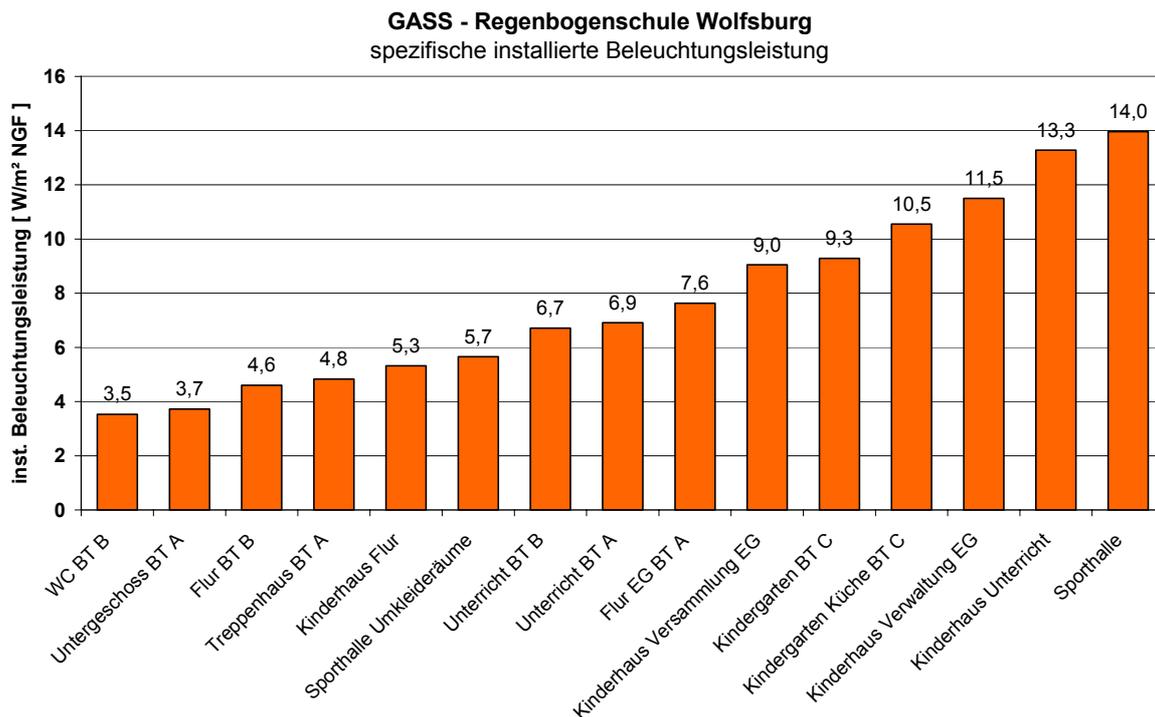


Bild 94 Installierte Beleuchtungsleistung Wolfsburg

In den typischen Unterrichtsräumen der Bauteile A und B sind spezifische Leistungen von etwa $6,8 \text{ W/m}^2$ installiert, die damit knapp unterhalb des verbesserten Richtwerts ($p_{B,v}$) von ca. $7,5 \text{ W/m}^2$ liegen. In der weiteren Planungsphase ist hier ggf. zu prüfen, ob die Beleuchtungsstärke der dort eingesetzten Spiegelrasterleuchten ausreichend ist. In den Unterrichtsräumen des 1993 erbauten Kinderhaus liegt die spezifische Leistung mit $13,3 \text{ W/m}^2$ zu hoch. Im Hinblick auf einen Referenzwert von $7,5 \text{ W/m}^2$ ist ein Optimierungspotential von ca. 44 % gegeben. Mit Abstrichen gilt das auch für die Verwaltung des Kinderhauses. Auch für die Sporthalle ist eine größere Reduzierung der Beleuchtungsleistung in einer Höhe von ca. 46 % möglich.

Die zu geringe Beleuchtungsleistung des WC-Bereichs im Bauteil B wäre mehr als zu verdoppeln. Die Flurbereiche entsprechen den Leistungsrichtwerten weitgehend.

Keine der Beleuchtungsanlagen in der Schule hat eine bedarfsgerechte Beleuchtungssteuerung oder elektronische Vorschaltgeräte. Im Rahmen einer Gesamtanierung wird die Berücksichtigung dieser Komponenten zur Erhöhung der Effizienz empfohlen. Eine Reduzierung des Stromverbrauchs um etwa 45 % wird dadurch möglich.

5.6 Akustik

5.6.1 Außenlärm und Störgeräuschpegel im Gebäude

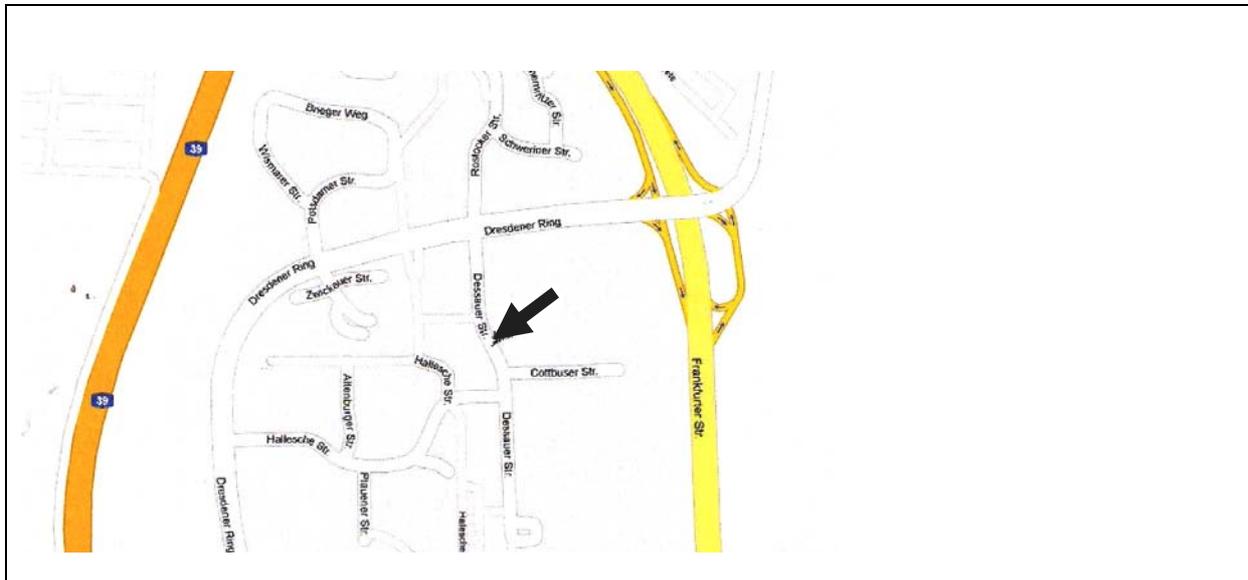


Bild 95 Lageplan zur Außenlärmsituation der Regenbogenschule Wolfsburg

Die Regenbogenschule Wolfsburg liegt an der Dessauer Straße, die keinerlei Durchgangsverkehr aufweist, der Abstand zur Frankfurter Straße mit zumindest gelegentlich starkem Verkehrsaufkommen beträgt ca. 300 m und zur Autobahn mehr als 500 m. Selbst bei einer Verkehrsbelastung von bis zu 10 000 Fahrzeugen/Tag ergäbe sich nach DIN 4109⁸⁶ ein maßgeblicher Außenlärmpegel unter 60 dB(A) für den der niedrigste gelistete Anforderungswert an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen von erf. $R'_w = 30$ dB ausgewiesen ist. Gemessen wurde an einem Wochentagvormittag vor dem Schulgebäude an der Dessauer Straße über einen Messzeitraum von einer Stunde ein $L_{eq} = 40,5$ dB(A).

Im Gebäude wurde in dem unmittelbar an der Dessauer Straße gelegenen Raum der Bücherei ein Störgeräuschpegel von nur 23,4 dB(A) ermittelt, damit wird selbst der nach DIN 18041⁸⁷ geforderte Grenzwert der Störschalldruckpegel der bauseitigen Geräusche bei hohen Anforderungen an die Raumnutzung von ≤ 30 dB(A) deutlich unterschritten. Es wurde daher die Luftschalldämmung der Außenbauteile keiner weiteren Untersuchung unterzogen. Auch zur Luftschall- und Trittschalldämmung in allen Gebäudeteilen fanden sich bei Stichprobenmessungen und subjektiven Beurteilungen keinerlei Hinweise auf Mängel bzw. auf einen maßgeblichen Einfluss zur Beurteilung der akustischen Situation. Die weiteren Untersuchungen konzentrierten sich daher auf die Halligkeit.

⁸⁶ DIN 4109 (1989)

⁸⁷ DIN 18041 (2004)

5.6.2 Nachhallzeitmessungen und Beurteilung der Ergebnisse

In allen Bereichen der Regenbogenschule Wolfsburg, also in den Bauteilen BT A Altbau, BT B Neubau und im BT C Kindergarten wurden Nachhallzeitmessungen durchgeführt. Die ermittelten Nachhallzeiten T_m sowie ihre Einstufungen in die 3-stufige Klassierung sind in den folgenden Abbildungen dargestellt.

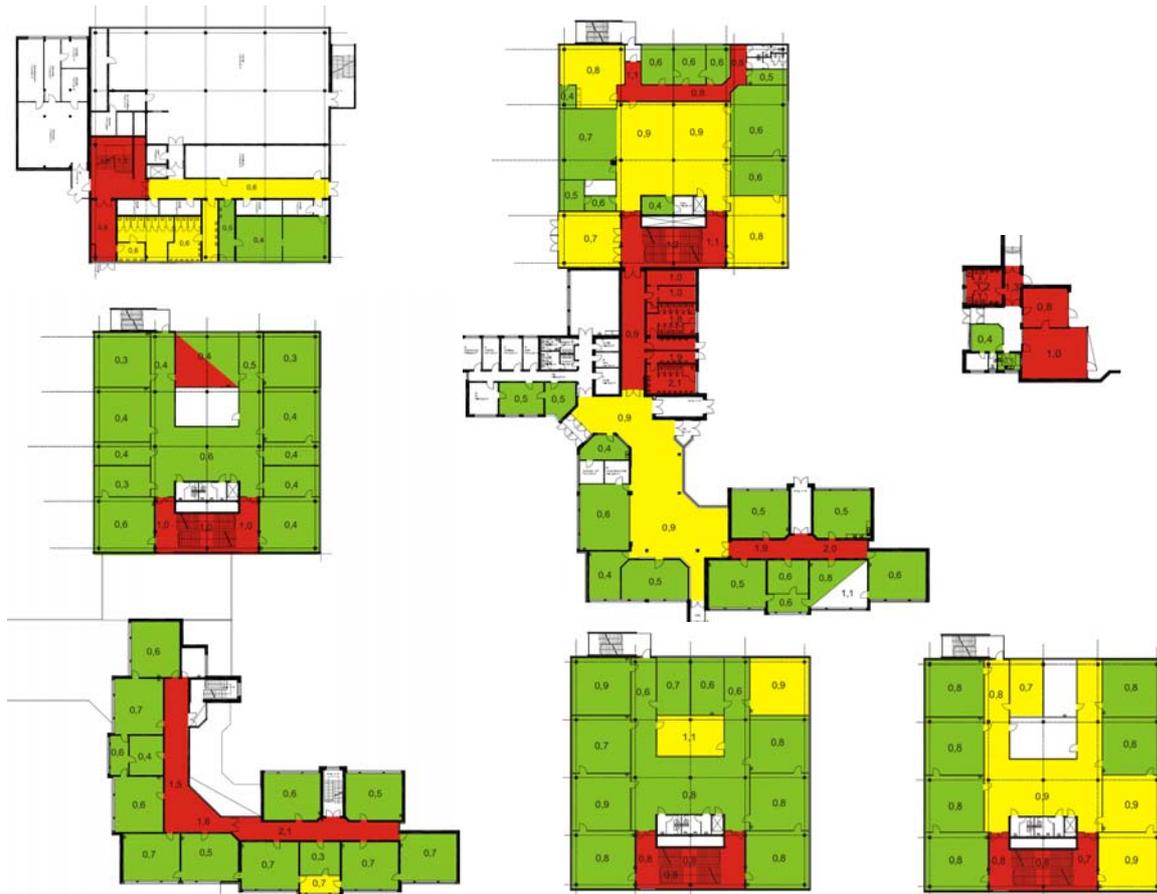


Bild 96 Gesamtübersicht der Einstufung der ermittelten Nachhallzeitverhältnisse

In der allgemeinen Übersicht Bild 96 ist bereits erkennbar, dass bezüglich der Messwerte und ihrer Zuordnung zu den in aktuellen Regelwerken vorgegebenen Empfehlungen die Nachhallzeiten in den Unterrichtsräumen fast ausschließlich im Optimalbereich liegen, denn es zeigte sich, dass alle Räume bereits vollflächig mit Akustikdecken ausgestattet sind. Es treten jedoch in erheblichen Umfang auch rot und damit als dringend sanierungsbedürftig gekennzeichnete Flächen auf und zwar insbesondere in Fluren und Treppenhäusern aber auch in Räumen der Kindertagesstätte (oben rechts in der Übersicht).

Zur genaueren Analyse werden die Stockwerke nachfolgend getrennt betrachtet, beginnend mit dem EG. Es sind die einzelnen Räume bezeichnet, aus denen die gemessenen

Nachhallzeiten in den Oktavbändern und ihre Lage im jeweiligen Sollbereich nachfolgend dargestellt sind.



Bild 97 Mittlere Nachhallzeiten und ihre Einstufungen im EG

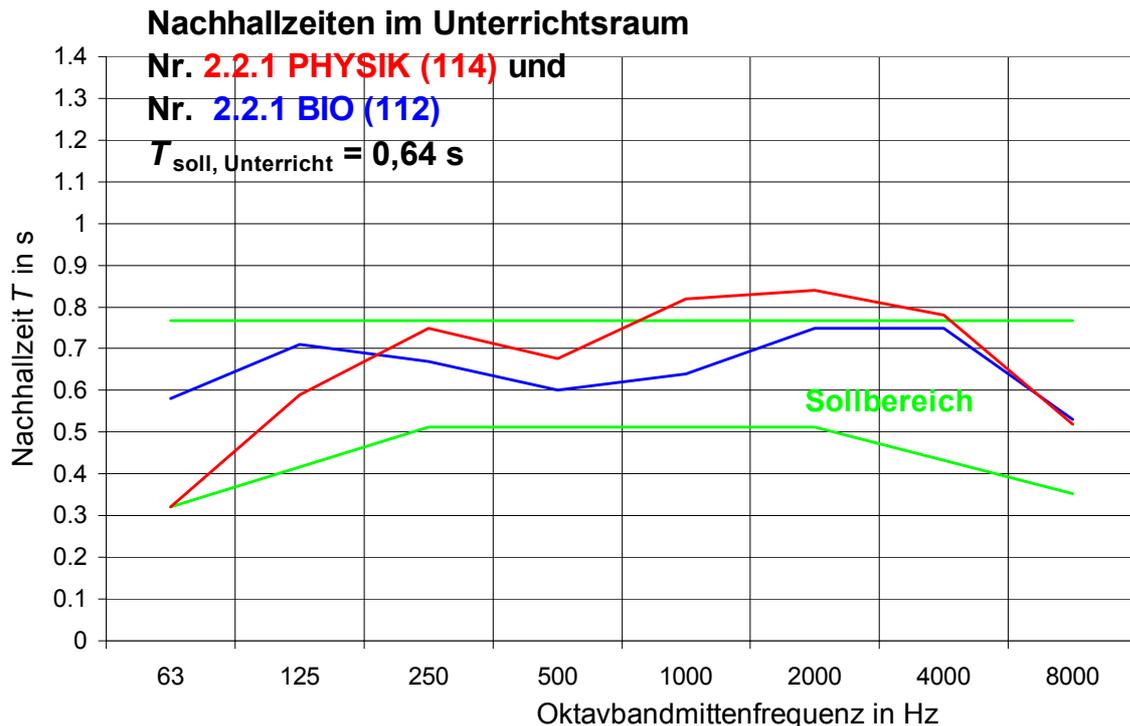


Bild 98 Nachhallzeitverläufe in den Räumen „BIO“ und „PHYSIK“ im EG

Bild 98 zeigt als Beispiel der Vorgehensweise die Werte aus dem „grün“ eingestuftem Raum „BIO“ und dem gelb gekennzeichneten Raum „PHYSIK“ unmittelbar vergleichbar, da sich die Volumina nur geringfügig unterscheiden und somit gleiche „Sollbereiche“ bestehen. Während im Raum „BIO“ Optimalwerte vorliegen, ist im Raum „PHYSIK“ im Frequenzbereich von ca. 1000 bis 3000 Hz die Absenkung der Nachhallzeiten um ca. 0,2 Sekunden empfehlenswert. Hierbei wäre kostengünstig eine hochabsorbierende „Pinwand“ von ca. 10 m² Fläche auf der den Fenstern gegenüberliegenden Seitenwand und ggf. auf der Rückwand des Raumes zweckentsprechend. Im Raum 1.1.1 konnte der wissenschaftlich interessante Beleg gewonnen werden, dass durch komplettes Leerräumen des vorher vollmöblierten Klassenraums, Entfernen des Fußbodenbelages und Neuanstrich der Wände sich eine Erhöhung der mittleren Nachhallzeiten um 0,3 s einstellte, wobei offenbar tieffrequente Raummoden zum Tragen kommen und die herkömmliche Nachhallzeitberechnung unsicher wird.

In den „rot“ eingestuften Bereichen der WCs, aber auch in den Fluren und Treppenhäusern liegen die Nachhallzeiten deutlich zu hoch. Die empfohlene Absenkung auf den vierten Teil des Wertes würde bereits physikalisch eine Lärmpegelreduzierung um 6 dB bewirken. Bild 102 verdeutlicht nachfolgend beispielhaft ähnliche Verhältnisse im dort genannten Flur. Die Nachhallzeiten liegen mit ca. 2 Sekunden viel zu hoch, entsprechend hoch ist zweifellos der Lärmpegel, z.B. wenn Schülerinnen und Schüler den Raum verlassen. Wird zu solch einem Zeitpunkt der Unterricht in den ebenfalls an dem Flur liegenden Nachbarklassen noch

fortgeführt, kommt es zweifellos zu Lärmbelastigung. Damit ist dieser Bereich aus akustischer Sicht vordringlich sanierungsbedürftig. Im Flur ist an der Decke ein Plattenbelag vorhanden, der offenbar Schall nur geringfügig zu absorbieren vermag. Als kostengünstige Sanierungsmaßnahme ist dieser Plattenbelag auf der Decke durch hochabsorbierende, mindestens 20 cm abgehängte Absorberplatten zu ersetzen.

Auch im Treppenhaus des EG liegen die mittleren Nachhallzeiten mit 1,5 s dreimal so hoch wie sie sein sollten. Die Entstehung von Lärm wird hierdurch physikalisch verstärkt, darüber hinaus wird aber auch das Verhalten der Schüler zum „laut sein“ angeregt. Die Unterseite der Betontreppenträger könnte hier unaufwändig mit Absorptionsmaterial, z.B. mit vlieshinterlegten gelochten Gipskartonplatten verkleidet werden, was durchaus auch den für Treppenhäuser strengen Brandschutzvorgaben entsprechen kann. Eine besondere Eignung derartiger Absorber in diesen Bereichen ist auch darin zu sehen, dass beliebige farbliche Gestaltung ohne Zusatzkosten möglich ist und so pädagogischen und architektonischen Sanierungsempfehlungen entgegen kommt.

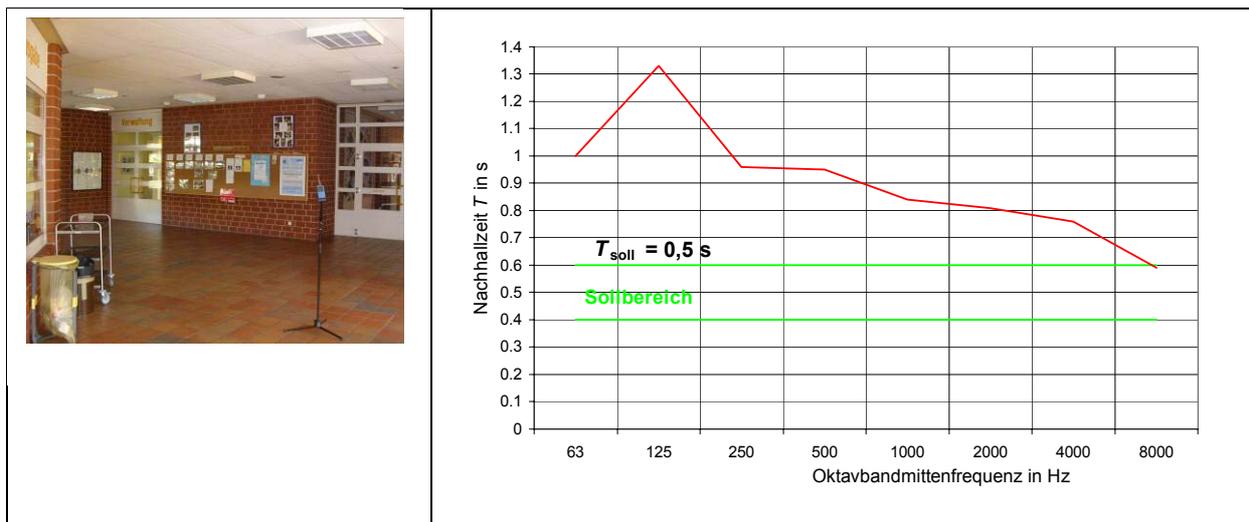


Bild 99 Eingangsbereich Grundschule

Der in Bild 99 gezeigte Grundschul-Eingangsbereich weist zwar eine ganzflächige Akustikdecke auf, jedoch einen „schallharten“ Fußboden und weitgehend reflektierende Wände. Im Frequenzbereich 125 Hz kommt es wiederum zu offenbar resonanzbedingter Überhöhung der Nachhallzeit, jedoch ohne dass die Nachhallzeitverhältnisse als dramatisch schlecht zu kennzeichnen sind. Dennoch ist eine Verbesserung empfehlenswert um das „Lärmniveau“ der gesamten Schule optimal niedrig einzustellen. Es bietet sich hier an, die Anzeigetafeln, von denen eine auf dem Foto zu sehen ist, zu vergrößern und als Tiefenabsorber auszubilden.

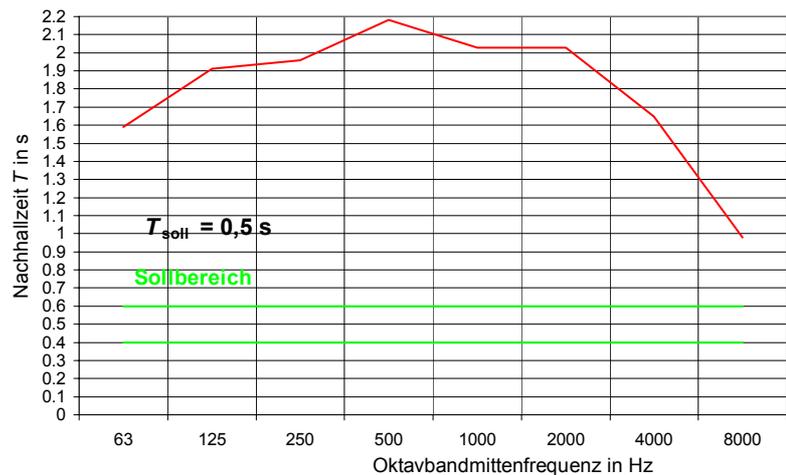


Bild 100 Toilettenräume

Wie in Bild 100 gezeigt, sind die Toilettenräume derartig hallig, dass hier der Einbau von Akustikdecken vordringlich erforderlich erscheint, um hohe Lärmpegel auch in diesen Bereichen zu vermeiden.

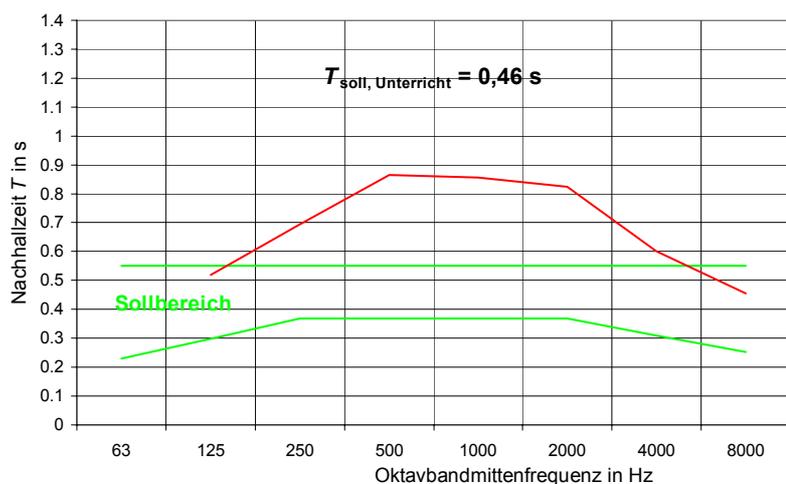


Bild 101 Schulkindergarten, Lernen

Im Schulkindergarten gibt es die Bereiche „Lernen“ und „Spielen“. Im Bereich „Lernen“ (Bild 101) ist von unterrichtsähnlicher Situation auszugehen, so dass als Sollnachhallzeit die untere Bereichsgrenze mit ca. 0,4 s als Empfehlung gilt. Gemessen wurden im mittleren Frequenzbereich jedoch 0,8 s. Auch im Bereich „Spielen“ zeigen sich im Schulkindergarten deutlich zu hohe Nachhallzeiten, jedoch lediglich im mittleren Frequenzbereich. Hier stellt ein zusätzliches Absorberband unterhalb der vorhandenen Wand- bzw. Deckenverkleidung ein wenig aufwändiges Sanierungskonzept dar.

Der Flur des Schulkindergartens stellt mit deutlich zu hohen Nachhallzeiten zweifellos eine Hauptursache für hohe Lärmpegel im Bereich des Kindergartens dar, da praktisch keine

größeren Absorberflächen vorhanden sind. Der Einbau einer Akustikdecke, bei der auf hohe Absorptionswerte im tieffrequenten Bereich zu achten ist, ist hier die angemessene Sanierungsempfehlung.

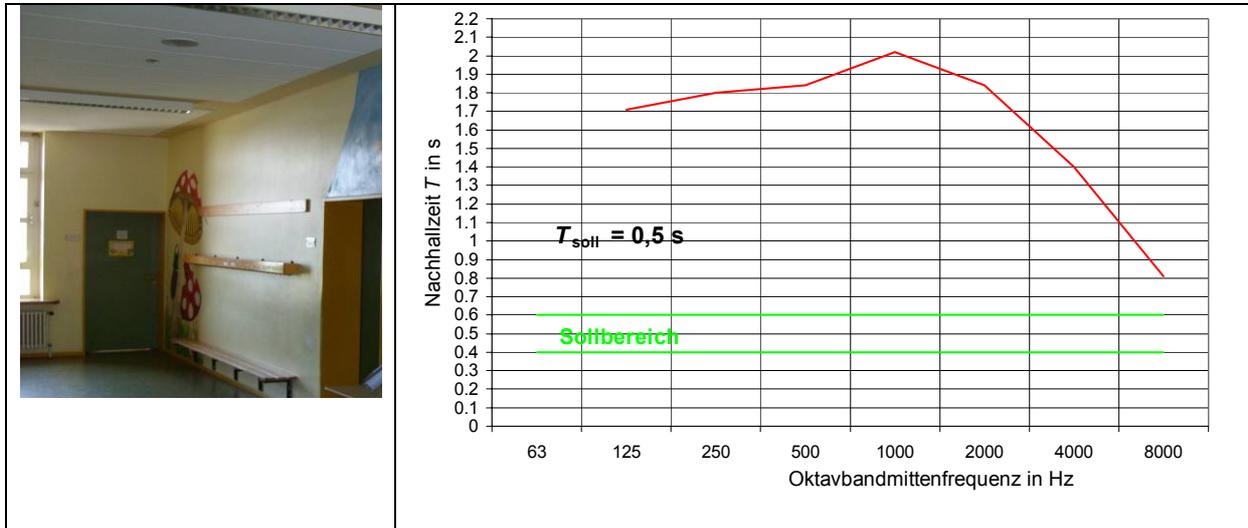


Bild 102 Flur der Grundschule

Der in Bild 102 gezeigte Flurbereich der Grundschule besitzt zwar eine Deckenverkleidung, die aber offenbar nur minimales Schallabsorptionsvermögen besitzt. Die große Halligkeit dieses Bereiches führt zweifellos zu Lärmproblemen. Als Sanierung wird hier der Ersatz der bestehenden Deckenverkleidung durch eine hochwirksame Akustikdecke empfohlen.

Die Übersicht zu den akustischen Verhältnissen im 1. OG zeigt in Bild 103, dass in allen Unterrichtsräumen die obere Grenze des Sollbereichs ausnahmslos eingehalten wird. Dennoch ist einer der Räume aus akustischer Sicht zu bemängeln, nämlich ein Musikraum, in dem die Nachhallzeiten zu niedrig sind. Außerdem sind auf Grund zu hoher Nachhallzeiten die Flurbereiche sanierungsbedürftig. Auffällig ist zudem, dass in den Unterrichtsräumen des alten Schulzentrums Westhagen sehr niedrige Nachhallzeiten festzustellen sind.



Bild 103 Mittlere Nachhallzeiten und ihre Einstufungen im 1. OG

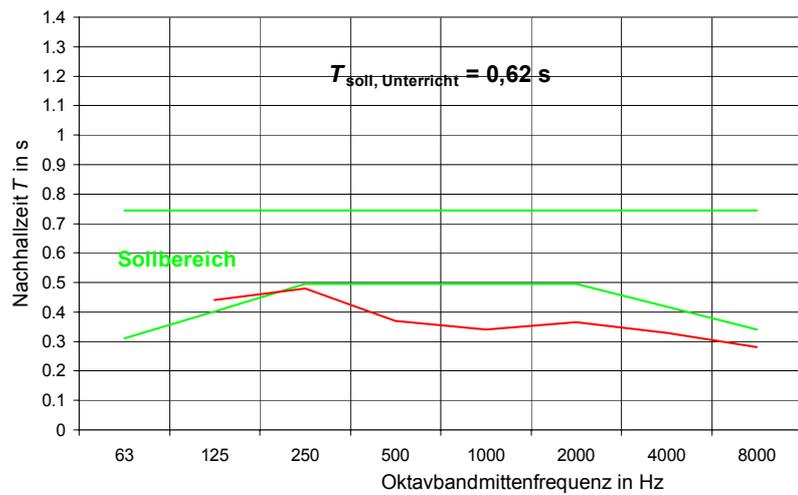


Bild 104 Raum Nr. 204, Klasse 16

Bild 104 zeigt beispielhaft die Verhältnisse. Die Nachhallzeiten liegen mit ca. 0,4 s etwas unterhalb der unteren Grenze des Sollbereichs und entsprechen damit der Empfehlung von DIN 18041 für Sprachkommunikation von Personen mit eingeschränktem Hörvermögen oder mit Personen, die Deutsch als Fremdsprache sprechen. Da letztere Situation an dieser Schule gegeben ist, sind hier ideale akustische Verhältnisse vorhanden. Wie das Foto aus diesem Klassenraum zeigt, ist der Raum sowohl vollflächig mit einer Akustikdecke wie auch mit relativ hochflorigem Teppichboden ausgestattet. Darüber hinaus ist der Raum sehr stark möbliert u.a. mit voll bestückten Wandregalen, so dass die niedrigen Nachhallzeiten nicht überraschen.

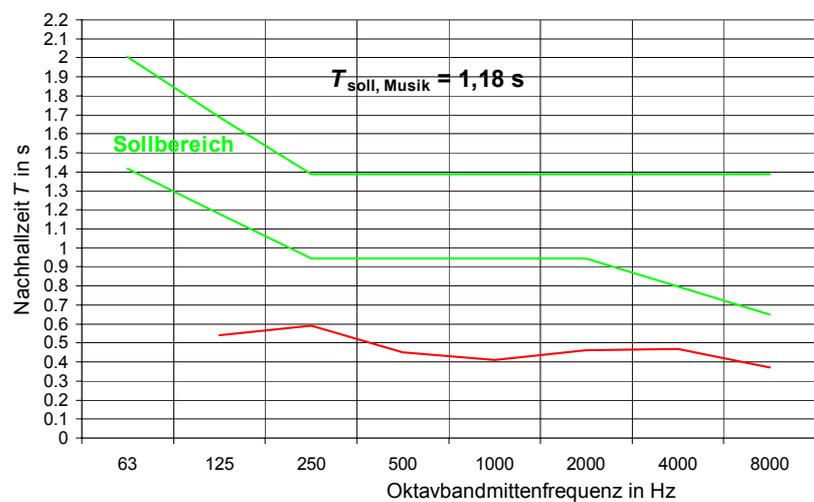


Bild 105 Raum 206, Klasse 14 Musikraum

In Bild 105 ist ein durch Akustikdecke und Teppichfußboden stark bedämpfter Raum dargestellt, der als Musikraum genutzt wird. Da für die Nutzung zum Musikunterricht ein deutlich höher liegender Sollbereich der optimalen Nachhallzeiten vorgegeben ist, gilt der Raum bei derartiger Nutzung als sanierungsbedürftig. Empfohlen wird der Ersatz des Teppichboden durch einen weitgehend schallharten Bodenbelag, z.B. Parkett oder Laminat.

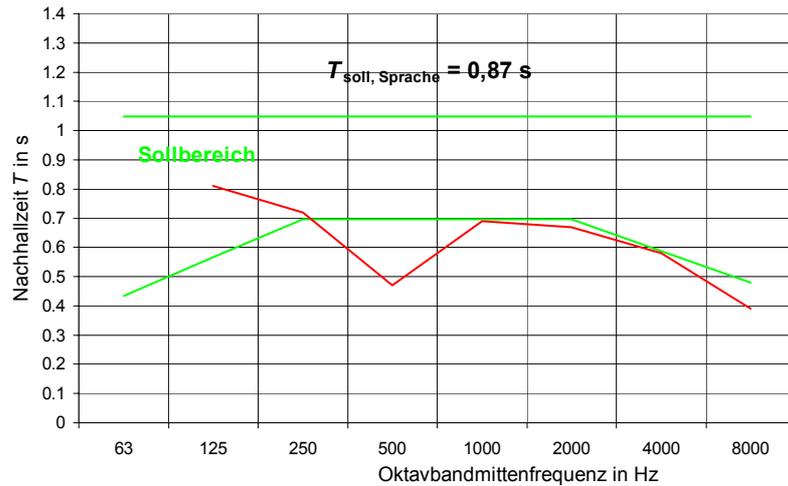


Bild 106 Raum 208, Schüleraufenthalts- und Arbeitsraum, Bühne

Der in Bild 106 gezeigte Raum 208 wird sowohl als Schüleraufenthalts- und Arbeitsraum wie auch für Vortrags- und Theaterdarbietungen genutzt. Er zeigt mit Nachhallzeiten an der unteren Grenze des Sollbereichs für sprachliche Kommunikation zwar Optimalwerte in Bezug auf die Ausbildung niedriger Lärmpegel, er muss aber als zu stark bedämpft gelten in Bezug auf die Beschallungsverhältnisse von der Bühne aus. Um hier mit „natürlicher Akustik“, also ohne elektronische Verstärkung über Lautsprecher arbeiten zu können, sollte der Bühnenraum so umgestaltet werden, dass zusätzlich zur direkten Schallabstrahlung von den Akteuren auf der Bühne möglichst viel Schallenergie von der Bühnenrückwand aber auch von der seitlichen Begrenzung und vom Deckenbereich auf die Zuhörer reflektiert wird. Hier zu sind optimal auszurichtende Reflektoren zu montieren.



Bild 107 und Bild 108 zeigen Untersuchungsergebnisse aus dem 2. und 3. Obergeschoss, in denen alle Räume völlig leer geräumt waren. Es ergaben sich für einige Räume Einstufungen „im gelben Bereich“ mit geringfügig über dem Sollbereich liegenden mittleren Nachhallzeiten von 0,9 s. Rot markiert sind auch hier die Treppenhausbereiche, in denen die Nachhallzeiten mit 0,8 s ebenfalls nicht übermäßig hoch liegen, jedoch sollte auch hier bei erneuter Nutzung des Bereichs für schulische Zwecke der Einbau von zusätzlicher Absorption, kostengünstig vorzugsweise als Wandpaneel, erfolgen.

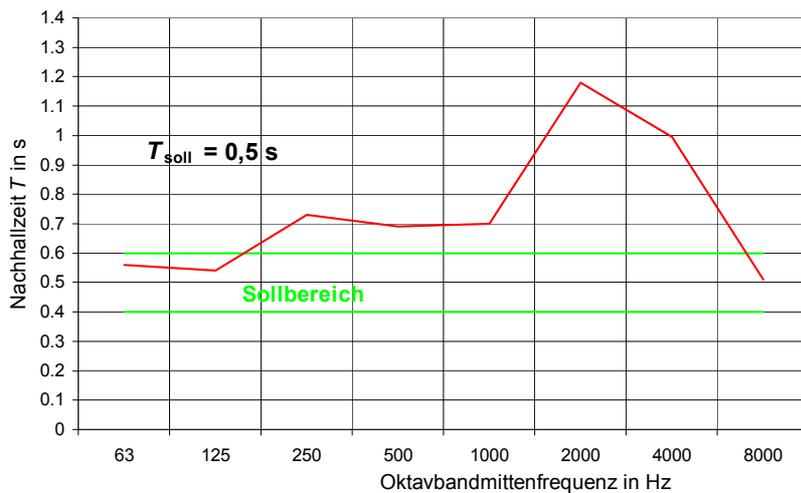


Bild 109 Raum 408 (Schüleraufenthalts- und Arbeitsraum)

Im Schüleraufenthalts- und Arbeitsraum (Raum 408) im 4.OG erwiesen sich die Nachhallzeiten nur im oberen Frequenzbereich als wesentlich zu hoch. Hier sollte bei erneuter Verwendung als Schulraum auf den Einsatz absorbierender Einrichtungsgegenstände (z.B. Stellwänden) geachtet werden.



Bild 110 Mittlere Nachhallzeiten und Einstufung im UG

Bild 110 zeigt abschließend die Übersicht der mittleren Nachhallzeiten im Untergeschoss. In den Toilettenbereichen und anschließenden Umkleieräumen und Fluren liegen die Nachhallzeiten relativ geringfügig zu hoch. Hier sollte im Rahmen von gegebenenfalls anstehenden Renovierungen auf Erhöhung der Absorption im Deckenbereich geachtet werden. Als vordringlich akustisch sanierungsbedürftig zeigt sich wiederum das Treppenhaus. Die Nachhallzeiten von 1,3 s sind für hohe Lärmpegel verantwortlich, die sich auch in den darüber liegenden Stockwerken sehr negativ bemerkbar machen dürften. Die absorbierende Verkleidung der Unterseite der Treppenstufenträger ist hier dringend zu empfehlen.

5.6.3 Befragungsergebnisse von Lehrern und Schülern zur Akustik

Die Befragungsergebnisse der Lehrer zeigen folgendes:

- Außenlärm hat hier keine Bedeutung. Die subjektive Bewertung der Störung durch Außenlärm ist bei geöffnetem Fenster und bei geschlossenem Fenster nahezu gleich und sowohl bei Lehrern wie bei Schülern nicht gravierend negativ.
- Störung durch Geräuschpegel in der Klasse wird von den befragten 12 Lehrkräften als negativstes Ergebnis nur in 2 Fällen als „gelegentlich eher störend“ bewertet.
- Von 80 befragten Schülern gaben immerhin 16 an, laute Mitschüler oft als „sehr störend“ zu empfinden, 13 befanden diese Situation als „immer sehr störend“.

5.6.4 Abschließende allgemeine Bewertung

Die Nutzerbefragungen betätigten einerseits, dass die generelle akustische Situation dieser Schule zumindest tendenziell als recht gut einzustufen ist. Dennoch sollte berücksichtigt werden, dass subjektiv sehr wohl das Lärmproblem im Unterricht zumindest von einem bemerkenswert großen Teil der Schüler als gravierende Störung wahrgenommen wird. Hier können möglicherweise insbesondere pädagogische Maßnahmen, wie sie in einem gesonderten Teil in Form eines „Handlungsleitfaden für Lehrkräfte“ angesprochen sind, Abhilfe bringen, denn physikalisch sind generell die Unterrichtsräume nahezu ausnahmslos auf einem vorbildlichen Stand. Andererseits wurden erhebliche akustische Mängel insbesondere in Fluren und Treppenhäusern festgestellt, die Schüler geradezu animieren, Lärm zu machen. Wenn also pädagogisch auf Lärmpegelminderung im Unterricht hingewirkt wird, sollten die genannten „technischen“ Mängel zuvor soweit wie nur eben möglich beseitigt werden, zumal dies hier mit relativ geringem Aufwand und ausschließlich als so genannter „Trockenbau“ ohne lang dauernde „Betriebsstörung“ realisierbar erscheint.

6 Sanierungskonzept Wolfsburg

6.1 Pädagogik: Empfehlungen für die Sanierung

Die Größe der Klassenräume in der Regenbogenschule ist ausreichend. Die Nutzungsmöglichkeiten der Klassenzimmer können durch eine Umgestaltung der Räume optimiert werden. Eine ansprechende und übersichtliche Gestaltung der Funktions- und Arbeitsbereiche wird empfohlen. Durch das Einlassen von Nischen ist der vorhandene Raum entsprechend der methodisch-didaktischen Anforderungen effektiver nutzbar. Bereits in den Befragungen, noch deutlicher aber bei den Fotografien, tritt zutage, welche hohen Stellenwert Ordnung und Sauberkeit bei den Schülerinnen und Schülern einnehmen. Eine angenehme Lernatmosphäre verlangt nach einer aufgeräumten Lernumgebung. Dafür sind Lösungen in Form verschließbarer Möglichkeiten zur Materialaufbewahrung gefordert, was auch dem Brandschutz dienlich wäre. Für jedes Kind sollte ferner ein Fach für persönliche Gegenstände eingeplant werden. Durch bewegliches Mobiliar oder Raumteiler könnte die notwendige Flexibilität der Räume – die Anforderungen an die Räume ändern sich ständig, da die Klassen vier Jahre in demselben Raum bleiben und jede Lehrkraft individuelle Schwerpunkte setzt – gewährleistet werden. Zum Ausstellen von Schülerarbeiten sollten ästhetisch ansprechende Flächen installiert werden, die im Idealfall zugleich schalldämmend wirksam sind.

Damit die innen liegenden Flure der Schule dauerhaft als zusätzlicher Lernraum gestaltet und genutzt werden können, sind hinsichtlich der architektonischen Planung zunächst die Brandschutzbestimmungen zu berücksichtigen. Zu schaffende Voraussetzungen für die regelmäßige Nutzung sind eine gute Akustik, ausreichende Licht- und Luftqualität sowie angenehme Farbgebung und Temperaturen. Der Flur im Altbau der Regenbogenschule bietet aufgrund seiner Geräumigkeit gute Voraussetzungen für eine multifunktionale Nutzung. Wegen des Prinzips der Jahrgangsmischung innerhalb der Flurgemeinschaft muss man den verschiedenen Altersstufen gerecht werden, in diesem Zusammenhang aber auch unterschiedliche Vorlieben bezüglich der Sitzpositionen beim Lernen berücksichtigen. Im Expertengespräch bestätigten die Lehrerinnen, dass gerade jüngere Schülerinnen und Schüler gerne auch auf dem Boden liegend oder sitzend arbeiten. Dieses Bedürfnis kann in der Konzeption einer „Lernlandschaft“ berücksichtigt werden. Empfehlenswert sind die von den Lehrkräften gewünschten visuell und zugleich akustisch abgeschirmten Bereiche, in denen sich kleinere Gruppen zum Arbeiten zurückziehen können, sowie ein Foyer mit Bühne für gemeinsame Veranstaltungen der Flurgemeinschaft.

Sehr deutlich wurde in den Erhebungen, welche hohen Stellenwert bereits in der Halbtagsschule die Pausen- und Gemeinschaftsflächen innen wie außen bei den Kindern einnehmen. Diese wurden von fast allen Schülerinnen und Schülern als wichtig und positiv benannt. Durch die Einrichtung der Ganztagschule, verbringen die Kinder noch mehr Zeit des Tages in der Schule, wodurch neben Orten für Rückzug auch bewegungsfördernde Angebote vermehrt nötig sind. Sowohl innerhalb als auch außerhalb des Schulgebäudes muss es hierfür genügend Anreize geben. Bei dem Entwurf des multifunktional nutzbaren Raumes im Erdgeschoss des Altbaus, sollten entsprechende Bewegungsmöglichkeiten mit eingeplant werden. Die Pausenhalle, welche von den Schülerinnen und Schülern sowohl in der Nutzerbefragung als auch bei den Fotografien mehrfach positiv erwähnt wurde (groß, sauber, hell, freundlich) würde durch eine Erweiterung der Sitzmöglichkeiten eine Aufwertung erfahren. Günstig wäre es, im Bereich der alten Pausenhalle in räumlicher Nähe zur Schülerbücherei und den Lehrerarbeitsplätzen Orte für Rückzug und Erholung anzusiedeln, während der Multifunktionsraum im Erdgeschoss eher zu Bewegung und Kommunikation auffordert, so dass „leise“ und „laute“ Zonen im Schulgebäude entstehen. Für die anderen Nachmittagsangebote, wie Hausaufgabenbetreuung, Einzel- oder Kleingruppenförderung und Arbeitsgemeinschaften sollten im Rahmen der Sanierung teilweise weitere Räume von unterschiedlicher Größe geschaffen werden. Die vorhandenen Räume gilt es entsprechend ihrer Funktion, z.B. Schulsanitätsdienst, noch zu gestalten und einzurichten. Momentan finden einige AGs in den Mensaräumen statt. Im Außenbereich sollten in erster Linie die vorhandenen Gefahrenquellen beseitigt werden.

Die zentrale Lage der Schülertoiletten wirkt sich im Schulalltag wie bereits angemerkt eher ungünstig aus. Günstigstenfalls ordnet man diese Räumlichkeiten dezentral an und jeweils nur einer Flurgemeinschaft zu. Bleibt die derzeitige Lage bestehen, was aus ökonomischen Gesichtspunkten wahrscheinlich ist, sollte über eine konzeptionelle Neugestaltung der sanitären Anlagen nachgedacht werden. Der Ganztagsbetrieb erfordert u.U. ohnehin die Einrichtung weiterer Schülertoiletten.

Wenn Lehrkräfte den gesamten Arbeitstag in der Schule verbringen, sollten sie die Möglichkeit haben ihren Unterricht vor- und nachzubereiten. Dafür sollten neben Lagermöglichkeiten für im Unterricht benötigte Materialien auch Rückzugsmöglichkeiten und Arbeitsplätze in angemessener Anzahl bereitgestellt werden.

6.2 Architektonisches Konzept

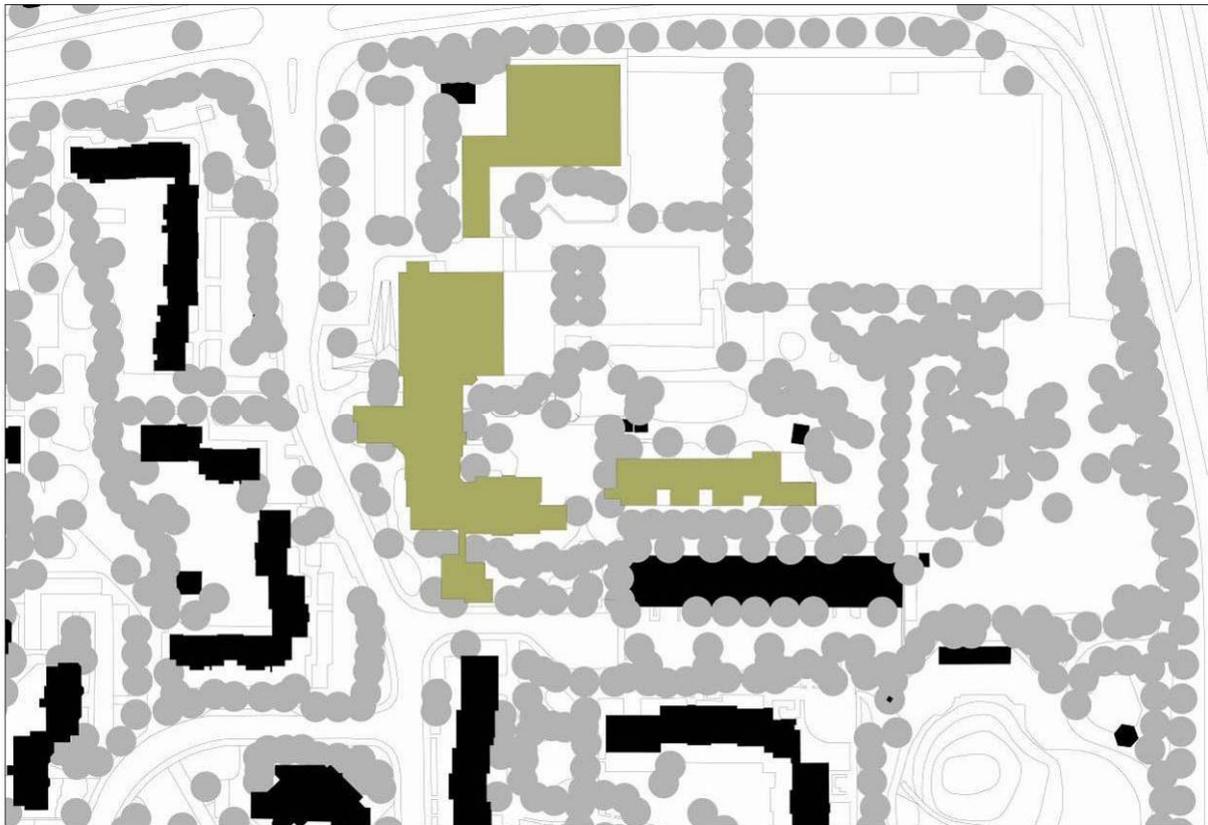


Bild 111 Lageplan Wolfsburg

6.2.1 Empfehlungen für die Sanierung

In der Regenbogenschule Wolfsburg konzentriert sich die Aufgabe im Zuge der Umwandlung in den Ganztagesbetrieb auf zwei konkrete Aufgaben:

- Erweiterung und Umbau des Mensabetriebes im Neubau, Neuorganisation des gesamten Erdgeschosses, Neudefinition des Einganges etc.
- Vollständige Sanierung und Umbau des Altbaus.

Dennoch muss die Schule als Ganzes betrachtet werden, um zu vermeiden, dass die vorgenommenen baulichen Änderungen Stückwerk bleiben. Architektonische und funktionale Mängel des Ensembles können mit relativ einfachen Umorganisationen strukturell und räumlich deutlich verbessert werden.

6.2.2 Innenraum

Neuorganisation des Erdgeschosses

Durch die Reaktivierung des Altbaus muss die Gesamtorganisation der Schule neu gedacht werden. Verschiedene besondere Punkte werden dabei entwurflich integriert. Leitbild ist die „Umkehr“ des Schulensembles in seiner Erscheinung zur Stadt.



Bild 112 *Image von „Schulzentrum“ und „Gartenpavillons“ (hier exemplarisch Goethes Gartenhaus in Weimar) als Organisationsprinzip der Regenbogenschule*

Wie schon in der Analyse herausgestrichen, stellt das Ensemble aus urbanen, blockhaften „Hochhaus“ und den kleinteiligen, niedrigen Pavillons in dem ungewöhnlich großen Außenbereich ein besonderes Potential der Schule dar, dass mit dem partiellen Leerstand des Altbaus und dem fast versteckt liegenden Eingang die eigentliche Grundkonzeption des Ensembles heute paradox verkehrt: Der mächtige und vor allem von der Hauptstraße schon von weiten sichtbare Altbau⁸⁸ auch mit seinen zukünftigen externen Nutzungen⁸⁹ ist das eigentliche Hauptgebäude/Schulgebäude, das sich zukünftig mit der Morphologie von Westhagen stadträumlich verbindet und räumlich wie sozial die neue/alte Mitte definieren kann. Der Neubau und der Hort im Sinne einer Folge von „Gartenpavillons“ sind die „Klassenhäuser“ im Garten der Schule.

⁸⁸ Auch Taxifahrer kennen die Schule vor allem als die „1-2-3-Schule“, wie sie von der Hauptzufahrtsstraße durch die Beschriftung von Weiten zu sehen ist.

⁸⁹ Im Gespräch ist die Institution „Arbeit und Leben“ und als Wunsch der Schulleitung ein Familienzentrums mit Nutzungen wie Ergotherapie und Erziehungsberatungsstelle. (Expertengespräch, 06.12.2007)

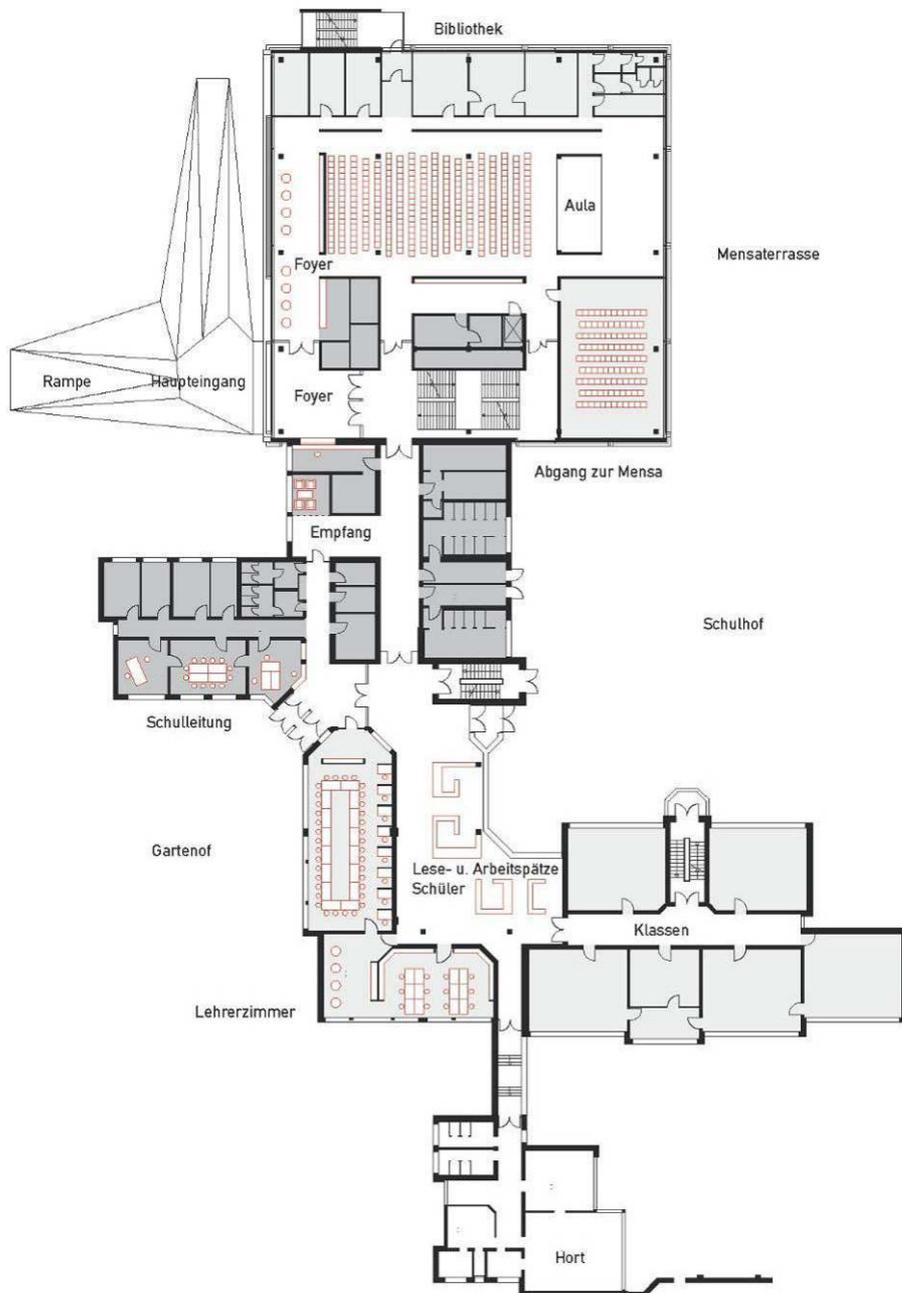


Bild 113 Umstrukturierung der Regenbogenschule im Erdgeschoß

Der Altbau stellt aus verschiedenen Gründen das markante Erkennungszeichen der Schule im urbanen Kontext dar. Hier ist nicht nur die Adresse zur Stadt, sondern auch die zentrale Treppenhalle als interner Verteiler und identifikationsstiftendes Raumerlebnis der Schule. Eine neue Rampenanlage berücksichtigt nicht nur die normativen Vorgaben, sondern trägt auch zur positiven Aufwertung des sozialen Raumes bei und betont markant die Bedeutung des Eingangs mit ggf. unterschiedlichen Nutzungen innerhalb der Schule für den Stadtteil. Der bestehende Eingang im Neubau wird aufgegeben, der alte Eingang im Altbau wieder aktiviert.

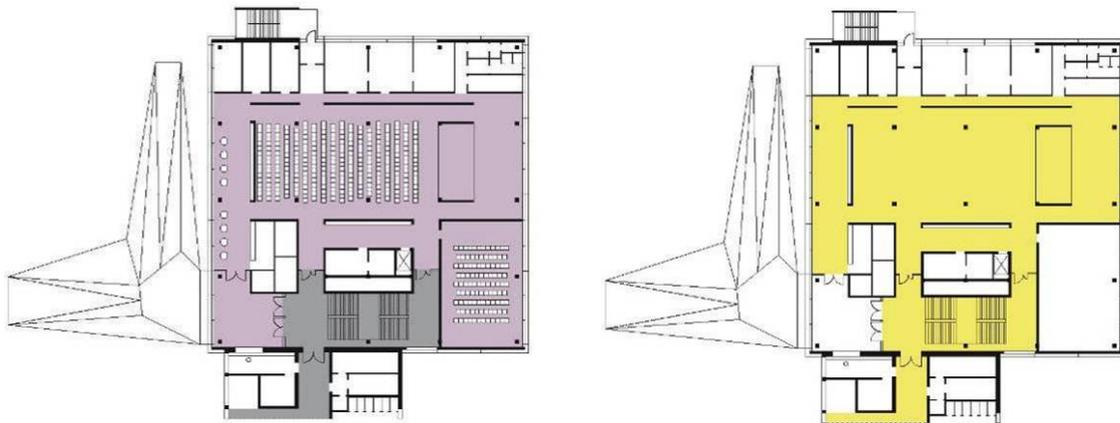


Bild 114 Nacht- und Tagsituation des neuen Eingangsbereiches mit Multifunktionsaula des Altbaus

Durch Verlagerung der Lehrerzimmer, Durchbrüche und Neuorganisation des Foyerbereiches entsteht ein neuer, offener und zentraler Eingangsbereich, von dem die unterschiedlichen Schulbereiche erschlossen werden. Die unterschiedlichen Nutzungen können getrennt voneinander betrieben und erschlossen werden. Die heute räumlich misslungene, trübe Durchgangssituation vor den Toiletten wird aufgehoben, eine Pfortnerloge integriert. Die neue Mensa in der Gartenebene, die neue Aula und der Wartebereich für die Verwaltung werden direkt angebunden. Die Durchbrüche im Sinne einer Raumbildung durch eingestellte Körper im fließenden Raum schaffen nicht nur eine neue Großzügigkeit im Schulgebäude, sondern vermitteln auch zwischen den unterschiedlichen Raumkonzepten von Alt- und Neubau.



Bild 115 Dorte Mandrup Arkitekter: Nicolai Kulturcenter Kolding 2003: Vertikale Spiel und Erlebnishalle



Bild 116 Leselandschaft (im umgenutzten Gebäude)

Die Lehrerzimmer werden in die Bibliothek des Neubaus verlegt. Dadurch entsteht ein neuer „Lehrerhofgarten“ anstelle des alten Eingangs. Die Bibliothek findet Platz im Altbau, z.B. in dem Streifen nördlich der neuen Aula. Die jetzige Aula (dunkel und niedrig, räumlich nicht gefasst) wird durch eingebaute Sitz- und Arbeitslandschaft mit entsprechender Beleuchtung zur Lern- und Lese-Lounge für Schüler am Hof.

Die neue Aula als „durchgesteckter“ Raum im EG des Altbaus öffnet sich zeichenhaft mit einem „Schaufenster“ zur Stadt und wie eine Loggia über der Terrasse der neuen Mensa über den Schulgarten. Sie ist Pausen-, Lehr- und Veranstaltungshalle zugleich, vielfältig nutzbar und unterteilbar. Als eine Art Foyer für die Schule sollte der Raum nicht wie eine einfache Pausenhalle gestaltet werden. Gerade dem Wunsch seitens der Schule nach einem Parkettboden sollte zusammen mit einer sorgfältigen Lichtplanung und einem durchdachten Farb- und Materialkonzept nachgekommen werden.



Bild 117 Die neue Mensa im Gartengeschoss

Die heutige Mensa ist etwas abseits in einem der Klassentrakte im Erdgeschoß des Neubaus integriert. Sie liegt damit zwischen Schule und Hort und verfügt über mehrere kleinere Speisezimmer. Dennoch schlagen wir vor, die Mensa im Zuge der Sanierung des Altbaus wieder an ihre ursprüngliche Stelle im Gartengeschoss des Altbaus zu verlegen und die frei werdenden Räume gemäß des Eingangs benannten Grundkonzepts der

„Gartenhäuschen als Klassenhäuschen“ wieder als Unterrichtsräume zu nutzen: Der längere Weg vom Hort (der auch separat versorgt werden kann) wird durch den kürzeren Weg aus den Obergeschossen (im Maximalfall bis zu 28 neue Unterrichtsräume) ausgeglichen. Auch stellt die mittelbare Verbindung zur Aula als Veranstaltungsort einen wichtigen Vorteil dar. Sie ist mit ausreichend Toiletten versehen und öffnet sich räumlich ideal zum platzartigen Hof des Schulgartens nach Osten. Zu diesem kann sich die Mensa im Sommer über die ganze Breite öffnen. Für z.B. Gartenfeste ergeben sich ganz andere Möglichkeiten. Der Speiseraum ist in drei kleine Esszimmer unterteilbar. Nebenräume, Versorgung und Anlieferung lassen sich gut integrieren.

Neue Klassen und Flure im Altbau

Von einer vollständigen Erneuerung der Fassade, der Trennwände und der gesamten Raumausstattung ist wegen der diagnostizierten umfassenden Mängel im Altbau auszugehen. Dabei wird die Grundstruktur der Klassengeschosse grundsätzlich beibehalten, die auch vom Kollegium als sehr positiv bewertet wurde. Die offene, flexible und zum selbständigen Arbeiten motivierende Unterrichtsform verlangt nach einem Raumkonzept, indem die heute schon bestehenden Flure des Altbaus vielfältig nutzbar sind.



Bild 118 Die Baupiloten: Erika-Mann-Schule, Berlin-Wedding: gefaltete Podeste, Sitze und Nischen

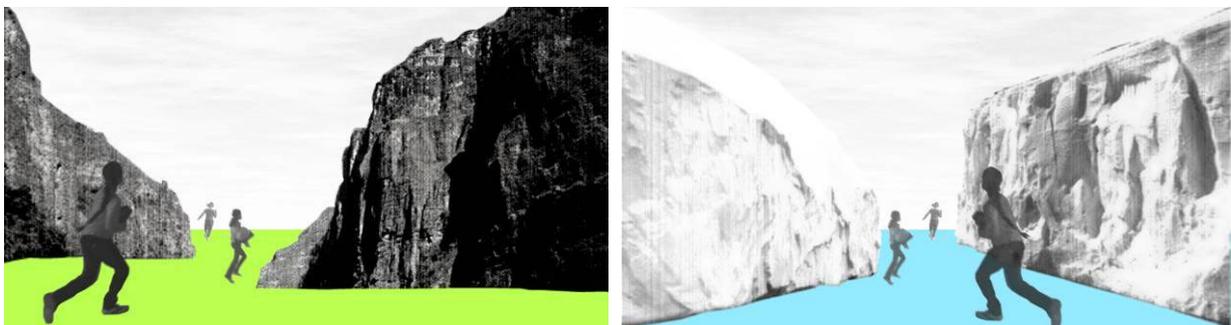


Bild 119 Image Felsen- und Eisberglandschaft für Flurlandschaften Altbau

Die Flure werden als eine gefaltete Landschaft mit Aufweitungen und Verengungen, Tälern und Schluchten begriffen⁹⁰, die vielfältige Nutzungs- und Aneignungsmöglichkeiten nebeneinander ermöglichen⁹¹:

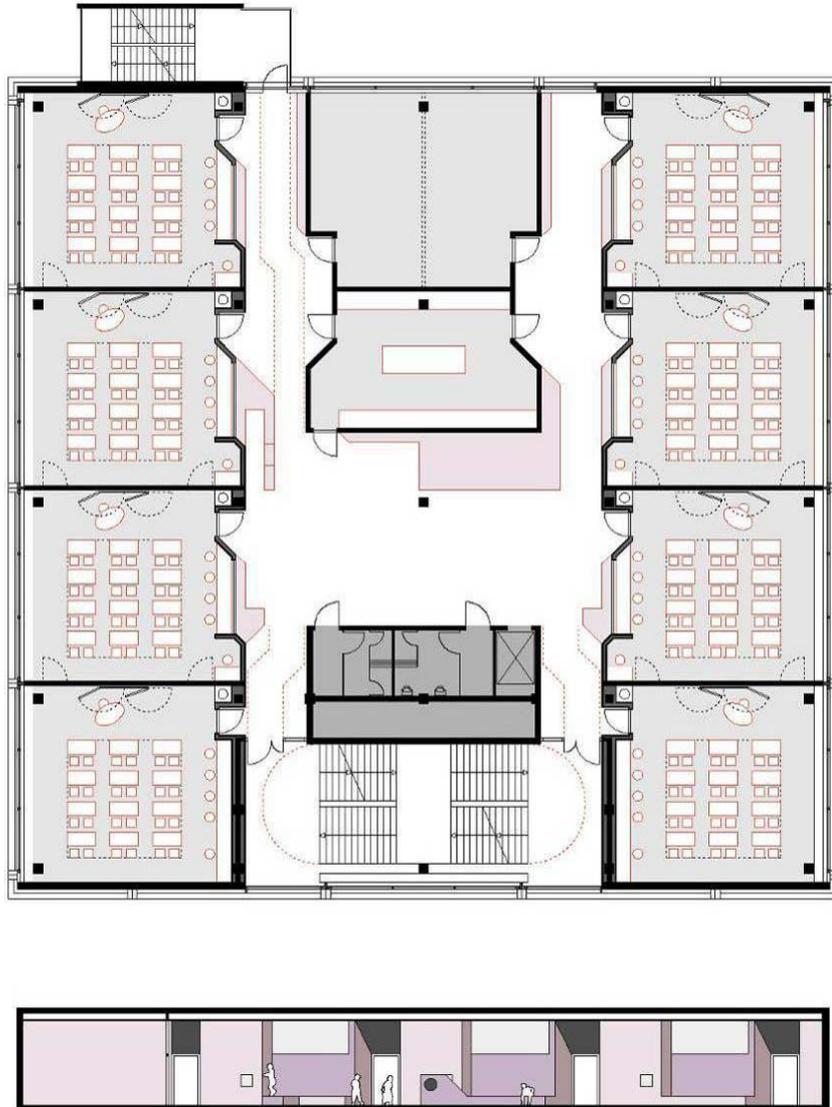


Bild 120 Obergeschoss Altbau mit gefalteten Landschaften der raumhaltigen Wände

Orte zum Lesen, Lernen, Arbeiten, Spielen, Verstecken, Aufführen, Ausstellen, „nur mit der besten Freundin“, „rumhängen, „heimlich besprechen“, etc. finden ihren Platz. Die Funktionen sind alle in die Wand integriert und fest montiert. Gerade Rückzugsorte und

⁹⁰ Welche positive Bedeutung eine assoziative Ikonografie der Einbauten im Hinblick auf Aneignung und Identifikation mit der Schule haben kann, ist sehr anschaulich in etlichen Veröffentlichungen (z.B. archplus Nr. 178/06.06.: Atmosphäre als partizipative Strategie im Entwurfsprozess; baunetz 06.04.: öffentliche Gebäude Erika Mann Schule, Berlin-Wedding. Poetische Verwandlung; Baumeister 04.04.: Drachenwelten und Baupiloten. Umbau der Berliner Erika-Mann-Schule;) über die Erika-Mann-Schule in Berlin-Wedding illustriert.

⁹¹ Dabei ist für vielen unterschiedlichen Schüler über die Jahre hinweg die Ikonografie zwischen Abstraktion und Bildhaftigkeit auszubalancieren, um auch als Aneignungsflächen zu funktionieren.

Verstecke sind im Zuge des anstehenden Ganztagsbetriebes von wesentlicher Bedeutung.⁹² Es hat sich gezeigt, dass gerade recht hohe Podeste oder Nischen bei den Kindern besonders beliebt sind.⁹³ Ebenso werden auch bewusst falsche Sitzhöhen und schiefe Flächen eingesetzt, um durch die ungewohnten und „falschen“ Flächen und Höhen den eigenen Körper spielerisch zu erkunden und auszuloten. Die baulichen Sicherheitsvorschriften sind bei der Ausführung (vgl. Hildesheim) zu beachten.



Bild 121 Entwurfsskizzen zur Entwicklung der raumhaltigen Wand im Altbau.

Großformatige Fenster an den Außenwänden und Oberlichter an den Innenwänden erhellen nicht nur die Flurbereiche, sondern lassen durch die optisch durchgehende Decke den Raum viel großzügiger und die Wände wie Felsen frei stehend erscheinen. Wie skulptural solch ein

⁹² Hierauf und auf andere, ganz einfache Raumkonstellationen („unter der Treppe“) als Rückzugs-, Spiel- und Raumerfahrungsorte verweist Kroner in: Kroner, W.(1994): Architektur für Kinder, Stuttgart + Zürich, 163 f.

⁹³ Susanne Hofmann im Vortrag „Schulen weiterbauen – gemeinsam mit Schülern“ in der Architektenkammer Berlin am 4. Juni 2009 über die gefalteten Landschaften in den Fluren der Erika-Mann-Schule in Berlin-Wedding.

Schulflur wirken kann, ist in der Erweiterung der Dreirosenschule von Morger Degelo Architekten⁹⁴ zu sehen. Ein Konzeptplan ist exemplarisch vertieft.



Bild 122 Die Baupiloten: **Bild 123** Dorte Mandrup Arkitektur: Nicolai Kulturcenter
Erika-Mann-Schule in Berlin- Wedding: geheime Schlupftür *Kolding 2003: Lesenischen in der Wand*

Der Zugang zu den zwei südlichen Klassenräumen wird vor die Brandschleuse des Treppenhauses verlegt.

Der zentrale Abstellraum wird zugunsten einer gemeinsamen Garderobe pro Flurgemeinschaft aufgegeben. Offene Garderoben im Flur stellen enorme Brandlasten im Fluchtweg dar. In der Klasse sind sie in jeder Hinsicht störend. Durch den separaten Raum kann das Gefühl des „Ankommens“ in „meinen Klassenbereich“, gefördert werden, was ja der in der Analyse mehrfach hervorgehobenen positiven Aneignung einzelner Klassenbereiche in der Regenbogenschule entspricht.

Der teilbare Sonderraum bzw. Fachraum an der Nordfassade bleibt bestehen.

Im Gegensatz zur „bewegten Landschaft“ der Flure sind die Klassen klare, aufgeräumte, helle und „konzentrierte“ Räume. Der gleichwohl anregende wie disziplinierende Wechsel der Raumstimmungen zwischen Klassenzimmer und offenen Flurbereich wird eindrücklich in der Schule von Valerio Olgiati in Paspels/CH⁹⁵ vorgeführt.

⁹⁴ Überbauung Dreirosen-Klybeck (Dreirosenschule), Klybeckstraße Basel/CH, Morger Degelo Architekten 1993-96.

⁹⁵ Valerio Olgiati, Oberstufenschulhaus in 7417 Paspels/CH, 1998, mehrfach preisgekrönt.

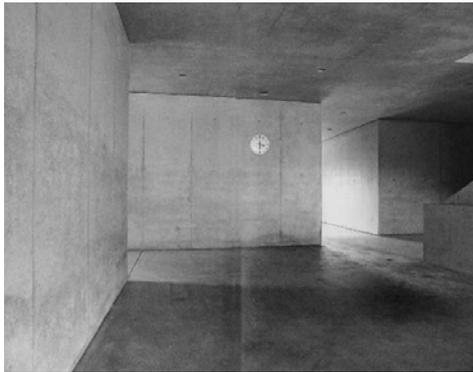


Bild 124 Schule Paspels: Flur (Beton) und Klassenraum (Holz) im dialektischen Verhältnis.



Bild 125 Klassenraumgestaltung von Enzmann & Fischer, Schule Steinmürli 2006, Dietikon

Auch in den Klassen sind die Funktionen wie Schränke, Nischen und Themenecken in die Flurwand integriert. Um zusätzliche Schränke zu vermeiden, läuft auf voller Breite ein Sideboard vor dem Fenster längs, indem die Schüler gut erreichbar ihre Projekt-Kisten verwahren können. Rückwärtig hängt auf voller Breite eine akustisch wirksame Pinnwand . Durchbrüche in den Geschoßdecken, Oberlichter und räumliche Erweiterungen sind möglich und bereichern die Schule in ihrem offenen Lehrkonzept. Diese Option sollte wegen der wesentlich großzügigeren und helleren Raumsituation aufgegriffen werden, wenn kein explizierter Raumbedarf für die dafür aufgegebenen Klassenräume entsteht. Jeweils zwei Gruppenräume pro Klassentrakt lassen sich problemlos in den Entwurf integrieren.

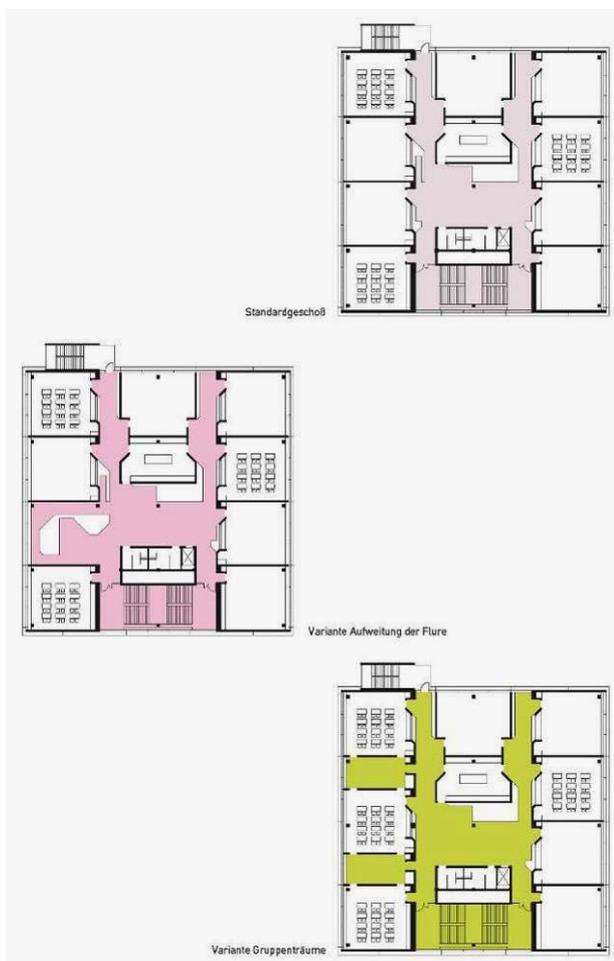


Bild 126 Varianten der offenen Flurlandschaften im Altbau:

8 Klassenräume, 7 Klassenräume mit Flurerweiterung, 7 Klassenräume mit Gruppenräumen.

Sanitärräume

Die Sanitärräume stellen einen wichtigen Sanierungsbereich dar, da Untersuchungen⁹⁶ regelrechte psychologische Hemmschwelle beschreiben.⁹⁷ Aber auch gerade bei Anlagen für jüngere Schüler sind die Gestaltungsmöglichkeiten für einen positiven Raumeindruck noch größer, weil hier verstärkt eine besondere "Erlebnis"-Atmosphäre gestaltet werden kann. Auch hier sollte über ein Konzept hinaus separat ein spezieller Entwurf entwickelt werden.



Bild 127 coast Architekten: Neugestaltung Herzog-Ulrich-Grundschule, Lauffen am Neckar

Farbkonzept

Durch den vielfältigen Gebrauch von Farbe vor allem im Neubau ist die hier Benennung eines stringenten Farbkonzepts in der Regenbogenschule nur teilweise möglich. Jedes Haus hat dabei sein eigenes Farbspektrum. Wir konzentrieren uns dabei auf die Obergeschosse des Altbaus mit Anmerkungen zum Neubau:

- Der Neubau im EG ist vor allem durch die Materialfarben „roter Klinker“ und „Terra-cotta-Fliesen“, geprägt. Als Sonderfarben, die Geländer und Türen markieren, gibt es (neben weiß) ein Schwefelgelb und Grün. Da die Materialfarben nicht zur Disposition stehen, sollten die Sonderfarben erneuert werden. Sie wirken heute schlaff und müde, weder im Einklang mit den Materialfarben noch als Signal dagegen.
- Die Wände der Flure im OG (wie auch Teile im EG) sind „neutralgelb“ gestrichen. Ein entschiedener Farbton (oder Weiß) sollte in Abstimmung mit dem Gebäude gefunden werden.
- Ein spezifisches Farbkonzept unterstützt im Altbau die Orientierung und Identifikation mit den Klassentrakten unterschiedlich pro Geschoss: Kräftige (Spektral-)Farben lassen

⁹⁶ Kroner, 170.

⁹⁷ Im Lehrerinterview Regenbogenschule Wolfsburg vom 06.12.08. wird deutlich, wie problematisch die Benutzung („teilweise auf Socken“) und Reinhaltung der Toiletten ist.

sich großflächig einsetzen: Der Boden als durchgängige, alles verbindende Fläche (z.B. „Wasser“ oder „Wiese“), die Wände als darauf stehende „(Eis-)Berge“ oder Felsen mit variierenden Nuancen (Wand, Nische, Element) und die möglichst immaterielle Decke (lichter Himmel).

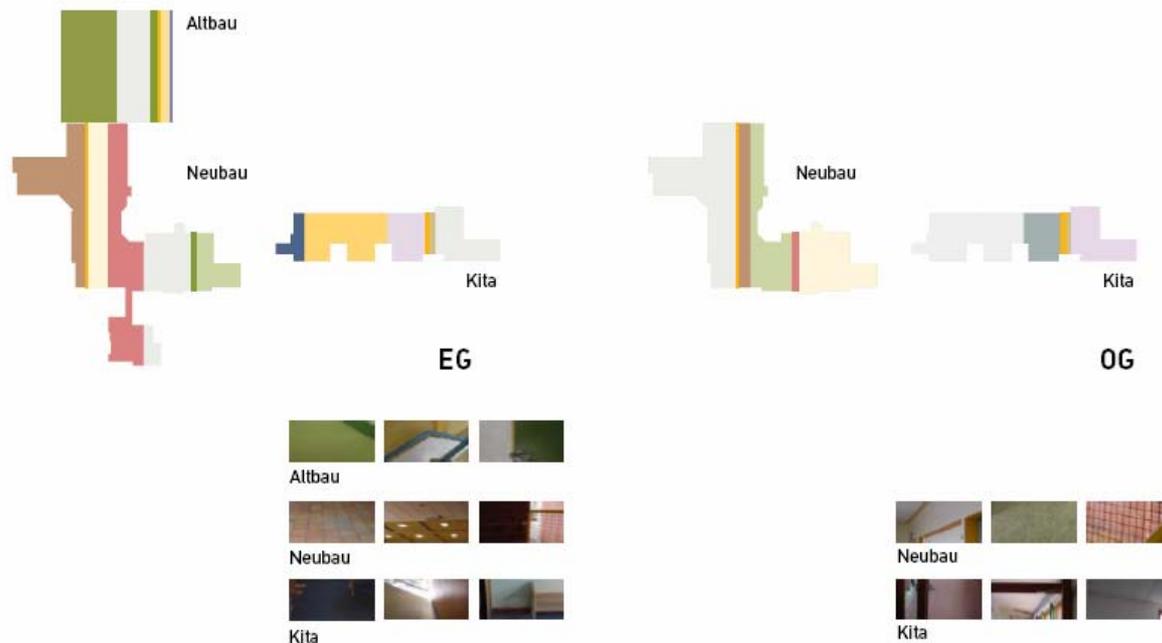


Bild 128 Farbuntersuchung (Wolfsburg)

Der Farbe kommt in Wolfsburg vor allem in dem zu sanierenden Altbau in zweifacher Hinsicht die Aufgabe zu, die Orientierung der Schüler im Gebäude zu fördern: Alle Klassentrakte im Neubau definieren sich assoziativ durch Eigennamen aus der Landschaftswahrnehmung (Bach, Wiese, etc.), was durch Bemalung der Wände sich aneignend auch erfolgreich praktiziert wird und im zu sanierenden Altbau grundsätzlich übernommen werden sollte. Im Altbau wiederholen sich dreimal die annähernd gleichen Geschosse, dies macht eine Orientierung und eine Identifikation mit dem jeweiligen Geschosstrakt schwierig. Eine klare und signifikante Farbgestaltung der drei Geschosse kann die Orientierung im Gebäude und die Identifikation mit den jeweiligen Trakten positiv unterstützen. Die kräftigen Bodenfarben signalisieren den Übergang der „öffentlichen“ Flächen zu den „halböffentlichen“ Klassentrakten. In der Grundschule kann großflächig mit kräftigen, „gesättigten“⁹⁸ Farben gearbeitet werden.“ Durch eine entsprechende Raumgestaltung mit werkstattähnlichen Klassenzimmern und vielfältiger Materialauswahl sollen die Kinder angeregt werden, selbständig zu erforschen und zu erkunden“, so Walden

⁹⁸ Richter, P.: Architekturpsychologie. Eine Einführung. Lengerich 2008. Richter unterscheidet „Farbton, Sättigung und Helligkeit“ als grundlegende Eigenschaften des Farbraumes, aus dem in der Wahrnehmung ein ganzheitlicher Farbeindruck entsteht. Dabei wird darauf verwiesen, dass „gesättigte Farben Reinheit und Lebhaftigkeit“ aufweisen. (Richter, 215)

und Borrelbach.⁹⁹ „Es eröffnen sich den Kindern dadurch eine Menge Lern- und Aneignungsformen.“

Es kann angenommen werden, dass frühe Wahrnehmungsprägungen die späteren Wahrnehmungsgewohnheiten prägen.¹⁰⁰ Deshalb könnte die hier vorgeschlagene Gestaltung der Flurbereiche durch abstrahierte, farbige „felsentartige“ Wände und dem homogen in je nach Geschos in pink, grün oder hellblau gefärbten Boden über die Identifikation und Orientierung hinaus auch dazu beitragen, die bisherigen Sehgewohnheiten aufzubrechen: ein blauer Fußboden kann auch als See oder Meer assoziiert werden, die gefaltete und profilierte Wand ist nicht nur eine Wand. Sie ist auch Spiel-, Lern- und Leseraum und sie kann als Felsen oder (Eis-)Berg begriffen werden. Wichtig erscheint uns dabei, die Assoziationsmöglichkeiten nicht vordergründig direkt zu inszenieren, sondern, als mehrfach lesbare, selbst zu entdeckende Optionen anzubieten, um die Erfahrung „neuer“ Sichtweisen zu ermöglichen. Dies gelingt womöglich besser, wenn vielfache Nutzungsmöglichkeiten (der Wand) mit verschiedenen Assoziationsmöglichkeiten überlagert werden, ohne dass der gesamte Raumeindruck an Stringenz verliert. „Die Schüler von heute wünschen sich (...) abwechslungsreich gestaltete, jedoch keine chaotischen Schulbauten.“¹⁰¹ Somit lässt sich zusammenfassen, dass das Farbkonzept für die neuen Spiel- und Lernflure grundsätzlich dem Schema von einer klaren, kräftigen Bodenfarbe als Basis, dann in Abstimmung dazu einer weniger gesättigten, variierten Farbpalette der Möbel-Wände und nach oben hin eine hell-lichten Decke vorsieht.(vgl. Kap. 3.2.1)

Diese Punkte sind als grobe Gestaltungsempfehlung zu verstehen. Ein ausgereiftes Farbkonzept stellt eine eigene Entwurfsaufgabe dar.

6.2.3 Außenraum

Der Außenraum in seiner Größe und als potentielle räumliche Klammer für das gesamte Gebäudeensemble in der „Stadtlandschaft“ von Westhagen ist integraler Bestandteil der Schule, stellt aber gerade deshalb ebenfalls eine eigene komplette Entwurfsaufgabe dar. Konkret sind im Zuge der Umbauten der neue Vorplatz mit der Parkplatzanbindung, der alte Vorplatz (zukünftig Lehrer-Garten) und der Hofgarten vor der neuen Mensa zu überplanen. Da auch hier eine Betrachtung der Gesamtanlage nötig ist, um ein überzeugendes längerfristiges Gestaltungskonzept zu erhalten, sei an dieser Stelle lediglich auf die Wichtigkeit dieser Aufgabe hingewiesen.

⁹⁹ Walden Borrelbach, 41.

¹⁰⁰ ebd., 43.

¹⁰¹ ebd., 51.

6.2.4 Fassade

Bei der Entwicklung der Fassade für den Altbau der Regenbogenschule wurden zusammen mit dem IGS verschiedene Fassadenkonzepte gestalterisch wie bauphysikalisch geprüft. Hier wird das Thema der strukturellen Gliederung durch „übereinander gestapelte“ Kastenelemente variiert.

Folgende Gestaltungsgrundsätze wurden in der Entwicklung als Vorgaben formuliert:

1. Das kräftige Volumen des Gebäudes soll als solches akzeptiert werden und nicht beispielsweise durch bauteil- oder geschoßorientierte Differenzierungen wie Brüstung, Fenster, Sturz, Decke etc. konventionell zergliedert werden.
2. Damit einher geht die Suche nach einer strukturellen Abstraktion der Fassade, die dem Gebäude „klare Eleganz“ verleihen soll. Das heißt auch, dass die gleiche Struktur alle vier Seiten des Gebäudes umläuft.
3. Gleichzeitig war von vornherein (auch durch die wichtige Frage nach dem Sonnenschutz) die Vorstellung maßgebend, dass durch eine Auflösung oder Profilierung der Oberfläche das Gebäude eine „flirrige“ Leichtigkeit durch eine „unscharfe“ Oberfläche erhält, um dem Schulgebäude eine „leichte“ Freundlichkeit zu verleihen.
4. Wenn möglich, sollte eine subtile Form gefunden werden, gestalterisch dem Namen der Regenbogenschule zu entsprechen.



Bild 129 *Verschiedene Beispiele von Lamellenfassaden und gefalteten Fassaden*

Eine Auswahl der ersten Konzeptstudien zeigt die Bandbreite der angedachten Möglichkeiten. Als erstes wurde die Variante vertikaler Lamellen weiterentwickelt, wie sie aus verschiedenen Beispielen besonders im Bürobau (meist mit geschoßhohen Glaslamellen) bekannt sind. Zwei grundsätzliche Gestaltungsschwierigkeiten haben sich hier schon abgezeichnet: Der hohe Anteil geschlossener Wandflächen im Verhältnis zu den Fenstern (bzw. der Übergang von Brüstung zu Fenster) und die großformatigen Einzelöffnungen im Erdgeschoß im Gegensatz zu den bandartig gegliederten Klassenfronten.

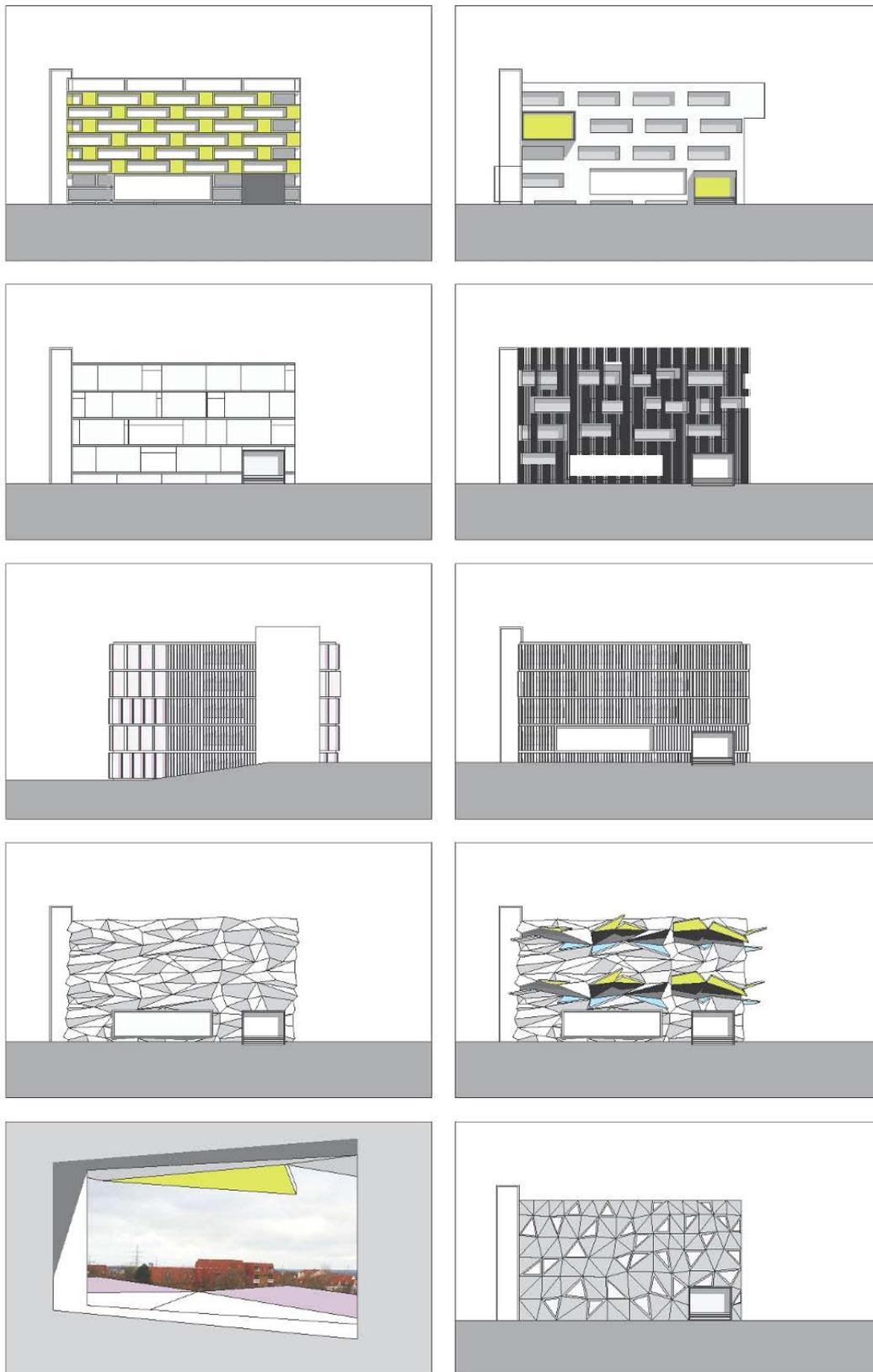


Bild 130 Konzeptstudien Fassade Altbau Regenbogenschule

Durch Paneele mit Nuten wie negativ eingefaltete Lamellen können auch die geschlossenen Wandflächen verkleidet werden und im Erdgeschossbereich eine Sockelzone entwickelt werden, in die die Fensteröffnungen eingeschnitten sind. Die gefalzten Blech-Lamellen in einem Raster von ca. 60 cm und einer Tiefe von ca. 50 cm (vor den Fenstern in der Tiefe auf ca. 30 cm verjüngt) sind weiß gespritzt und von einer Seite zusätzlich mit einer Spektralfarbe versehen.

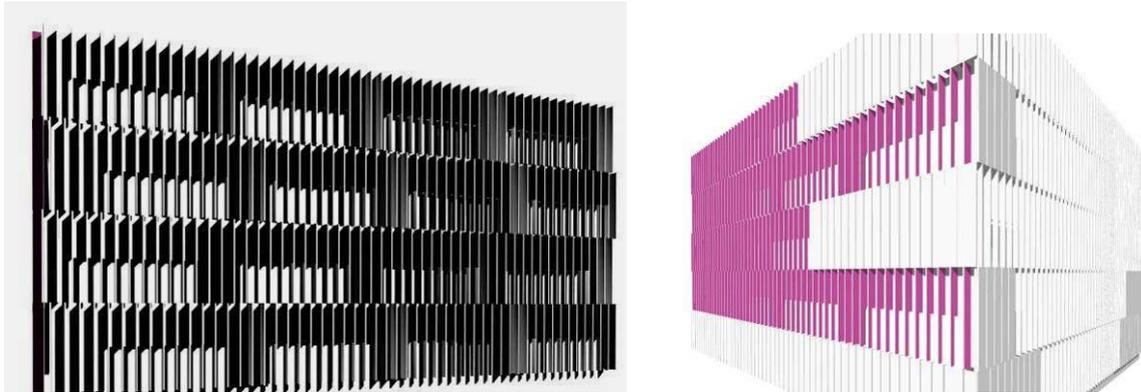


Bild 131 Licht- und Farbstudie zur Fassade mit vertikalen Lamellen.

Die Berechnungen des IGS haben ergeben, dass vertikale Lamellen nur praktikabel sind, wenn sie der Tageslichtsituation entsprechend beweglich und verfahrbar sind, um entweder ausreichend zu verschatten oder das Tageslicht hereinzulassen.¹⁰² Feststehende oder auch nur drehbare Lamellen können, egal in welcher Tiefe oder in welchem Abstand, nicht gleichzeitig ausreichend verschatten, Licht brechen und in den Raum hineinführen. Eine Unterteilung in bewegliche und verfahrbare Lamellen vor den Fensteröffnungen und Feststehende Lamellen in anderen Bereichen ist weder gestalterisch noch bautechnisch sinnvoll.

Vergleichend haben wir untersucht, ob mit kleinteiligeren, horizontalen Lamellen bessere Ergebnisse zu erzielen wären. Die Ergebnisse der Berechnungen des IGS führten aber letztendlich zu dem gleichen Ergebnis.

¹⁰² vgl. Kap. 6.3.1.

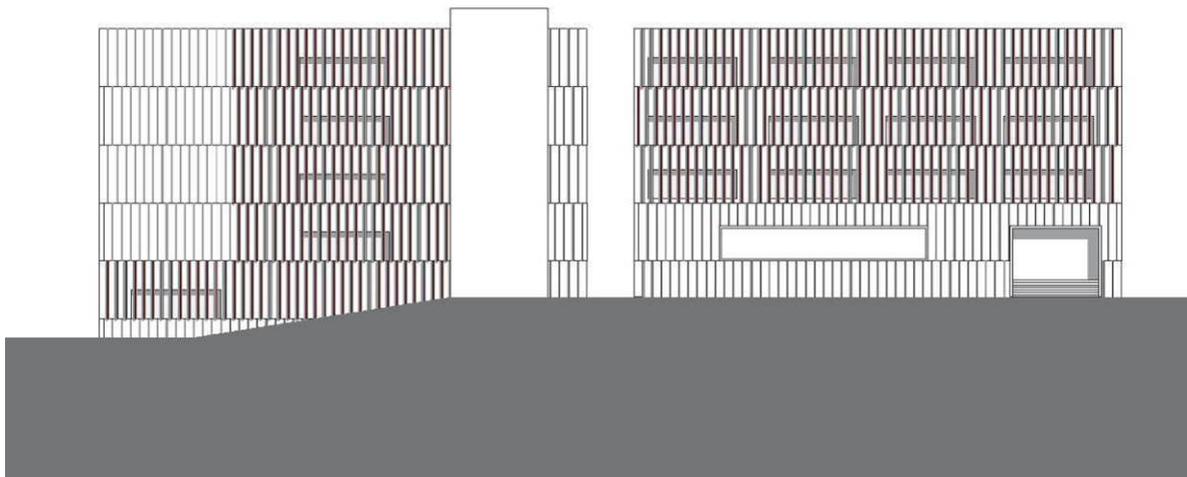


Bild 132 Fassadenstudie vertikale Metalllamellen



Bild 133 Fassadenstudie horizontale Metalllamellen.

Deshalb schlagen wir abschließend ein System aus gleichgroßen, horizontalen Blechkästen in halber Geschosshöhe vor, die jeweils um ein halbes Achsmaß zu den Geschossen verschoben sind.

Die weiß gespritzten Kastenprofile mit einer Länge von ca. 8,00 m und einer Höhe von ca. 2,00 m werden horizontal zueinander versetzt und so angeordnet, dass kein Profil die Ecke besetzt, um der Hülle in der Perspektive durch die „offenen Ecken“ mehr Leichtigkeit zu geben. Es entsteht der Eindruck einer Stapelung von immer gleichen Baukästen.

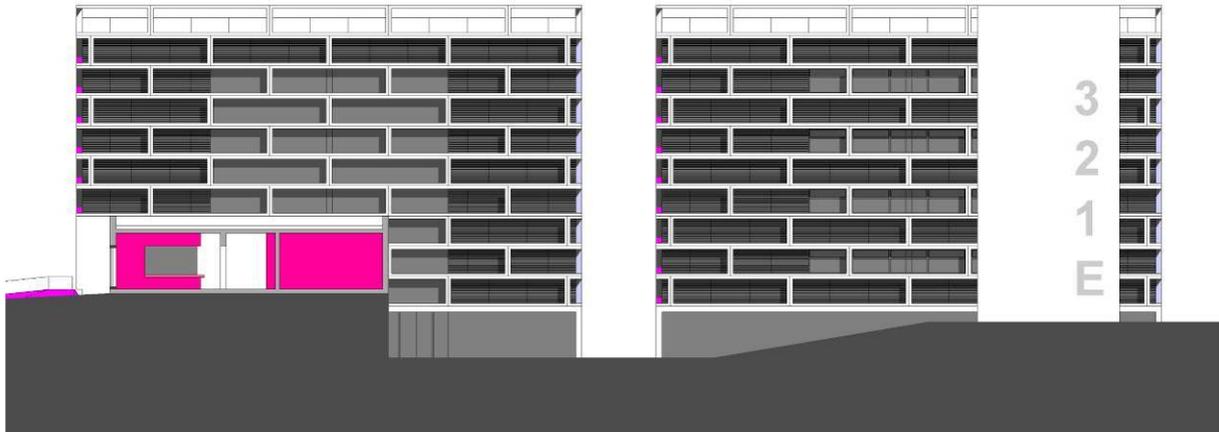


Bild 134 Ansicht Altbau Süd und Nord

Durch die Tiefe der Kästen können unterschiedliche Fassadenelemente integriert werden, ohne das abstrakte Bild der Fassadenstruktur zu stören: Die Kastenprofile rahmen die Fenster und nehmen den außenliegenden, horizontalen Sonnenschutz aus weiß gespritzten Jalousien auf. Im Deckenbereich werden die Felder mit anthrazitfarbenen Paneelen (z.B. aus Eternit) geschlossen. Durch den Hell-Dunkel-Kontrast (im Material: hart-weich) steigern sich die beiden Fassadenschichten gegenseitig: das dunkle Volumen wird zur Masse, die von der fast filigranen, netzartigen Struktur der Kästen umwickelt wird.

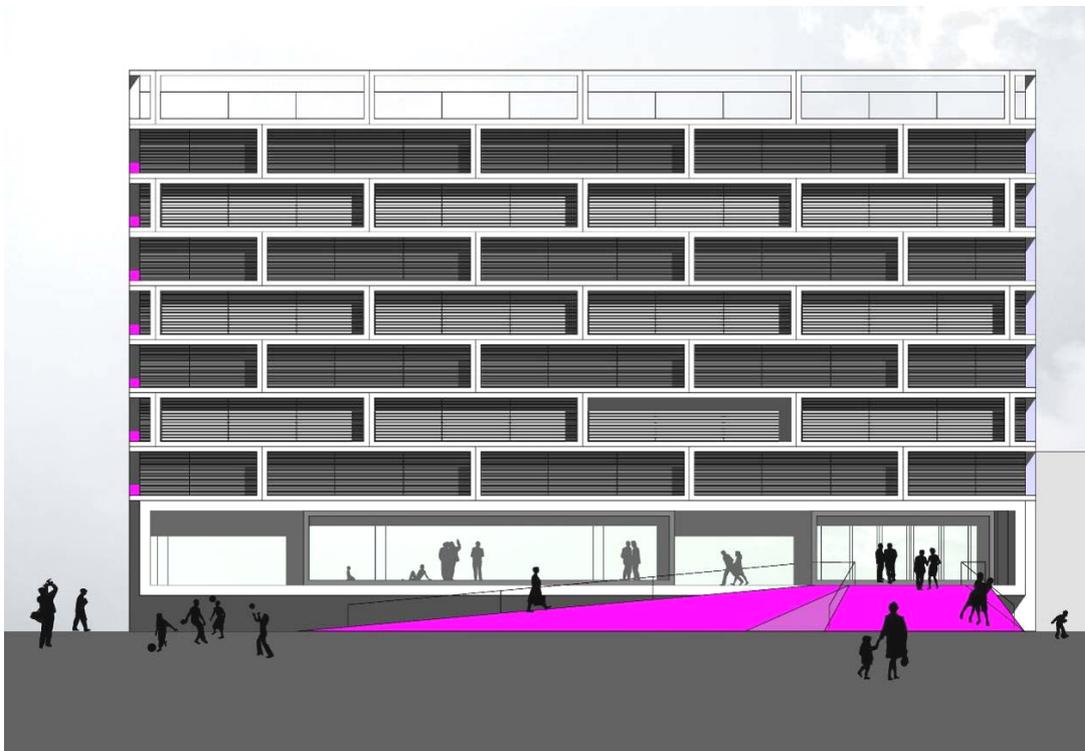


Bild 135 Ansicht Altbau West.

Im Erdgeschoss auf der Eingangsseite im Westen und im Gartengeschoß im Osten wird die Fassade vollständig verglast und durch einen umlaufenden Rahmen gefasst. Im Süden wird die Fassade vor dem Treppenhaus geöffnet, im Norden nur partiell mit Fenstern versehen.

Das Hauptgebäude der Regenbogenschule erscheint kraftvoll und elegant, abstrakt und differenziert zu gleich. Es ist im Sinne der Schule leicht und fröhlich, aber nicht laut und knallig-bunt. Eine partielle Belegung der Kasteninnenseiten mit einer farbigen Textur greift das nominelle Thema der Schule auf.



Bild 136 Perspektive Altbau Ost



Bild 137 Perspektive Altbau West.

Abschließend sind Details (s. auch Anhang) der Fassadenstudie dargestellt:

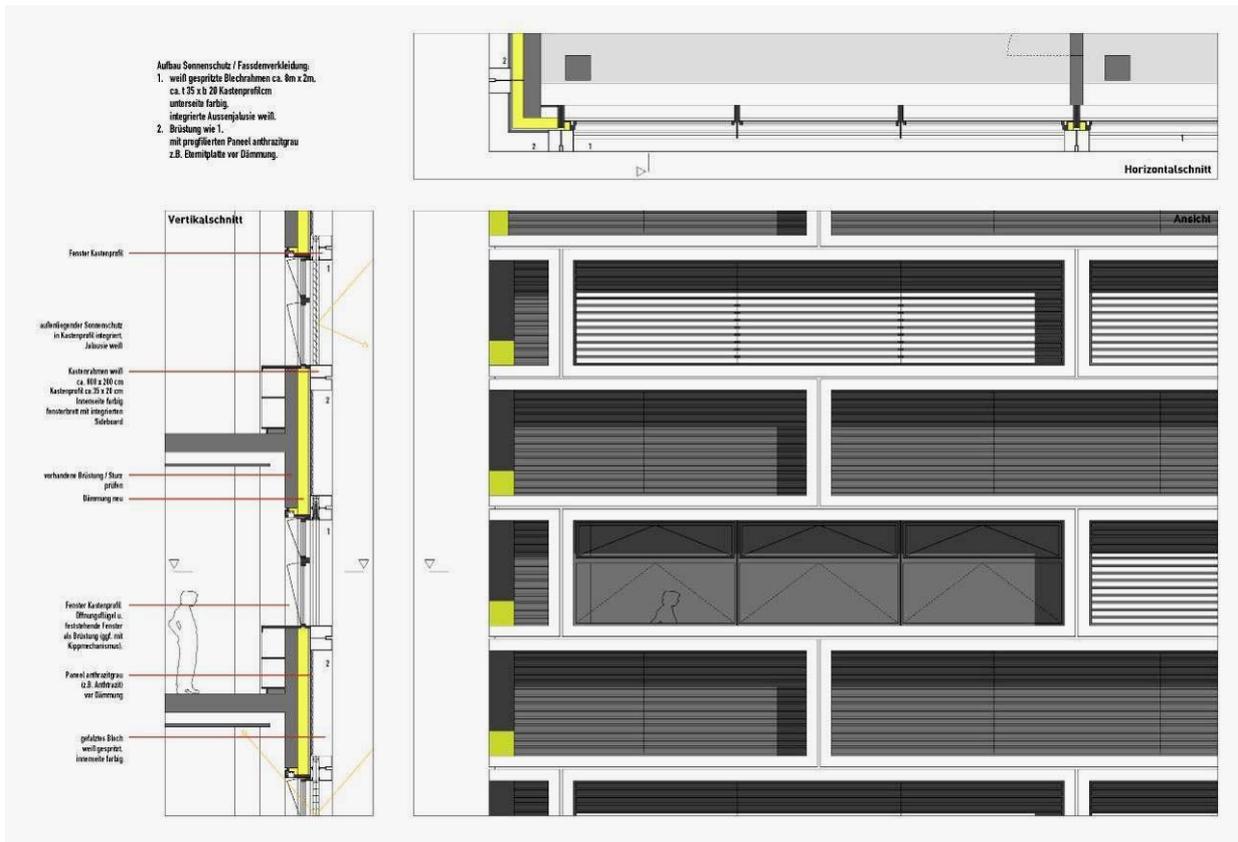


Bild 138 Fassadenstudie Altbau M 1:50

6.3 Sanierungskonzept Technik

6.3.1 Tageslichtsimulation

Zielsetzung und Umsetzung

Da die Architekten für die Fassade des Altbaus BT A der Regenbogenschule Wolfsburg während der Konzeptphase (s. Kap. 6.2.4) einen Sonnenschutz mit vertikalen Lamellen vorgeschlagen haben, ist eine Tageslichtsimulation für einen typischen Klassenraum (OG, Ost) durchgeführt worden.

Ziel der Tageslichtuntersuchung ist es, die Lichtverhältnisse in diesem Raum im Bezug auf die ausreichende Versorgung mit Tageslicht an bedeckten Tagen (Auslegungsfall) sicherzustellen. Zudem werden Untersuchungen des ausreichenden Blendschutzes der gewählten Sonnenschutzvorrichtungen, zur Stellung der Lamellen sowie zur Notwendigkeit der Verfahrbarkeit durchgeführt.

Grundlage bildet die Geometrieerfassung als 3D Modell. Mit dem Modell werden im Simulationsprogramm Radiance unterschiedliche Varianten der Verglasung und der Sonnenschutzmaßnahmen in Form der vorgeschlagenen vertikalen Lamellen untersucht.

Zunächst werden die Lichtverhältnisse des unverschatteten Klassenraumes und anschließend die drei unterschiedlichen vertikalen Lamellenarten analysiert.

Folgende Varianten werden dazu gebildet und berechnet:

1. Ohne Lamellen mit Wärmeschutzverglasung (WSV)
2. Ohne Lamellen mit Sonnenschutzverglasung (SSV)
3. Vertikale, drehbare Aluminium-Doppellamellen mit 30 % Durchlässigkeit
4. Vertikale, drehbare Aluminium-Doppellamellen mit 60 % Durchlässigkeit
5. Vertikale, drehbare Glaslamellen aus ESG/VSG mit 50 % Bedruckungsgrad

Die Varianten mit bedecktem Himmel haben eine Lamellenstellung von 90° und die Varianten mit direkter Sonne eine Lamellenstellung von 135°.

Bewertungsmaßstäbe

Bedeckter Himmel

Die ausreichende Tageslichtversorgung wird über den Tageslichtquotienten D [%] berechnet.

- Tageslichtquotient (D in %) bei bedecktem Himmel (10.000 Lux) als Verhältnis zwischen der inneren und der äußeren horizontalen Beleuchtungsstärke auf der Bewertungsebene.



Bild 139 Beispiel bedeckter Himmel



Bild 140 Beispiel für direkte Sonne

Direkte Sonne

Die Bewertung der direkten Sonne ist für jeden Standort und jeden Zeitpunkt unterschiedlich und daher individuell für die jeweilige Aufgabe zu berücksichtigen. Im vorliegenden Fall wurde ein ostorientierter Klassenraum am Vormittag (Beispiel Juni) untersucht.

Bewertet werden die Beleuchtungsstärken und die Blendung durch die direkte Sonne. Eine Abstimmung zur thermischen Simulation zur Festlegung der Glasparameter und der Verschattungsleistung der Sonnenschutzmaßnahmen ist sinnvoll.

- Beleuchtungsstärke und Blendung bei direkter Sonne zu bestimmten Tages- und Jahreszeiten.

Berechnung des Tageslichtquotienten

Die Berechnung der Tageslichtquotienten wurde für die beschriebenen 5 Varianten im Vergleich durchgeführt und bewertet. Ziel ist es, die Beeinträchtigung der Lichtverhältnisse durch die unterschiedlichen vertikalen Lamellen festzustellen.

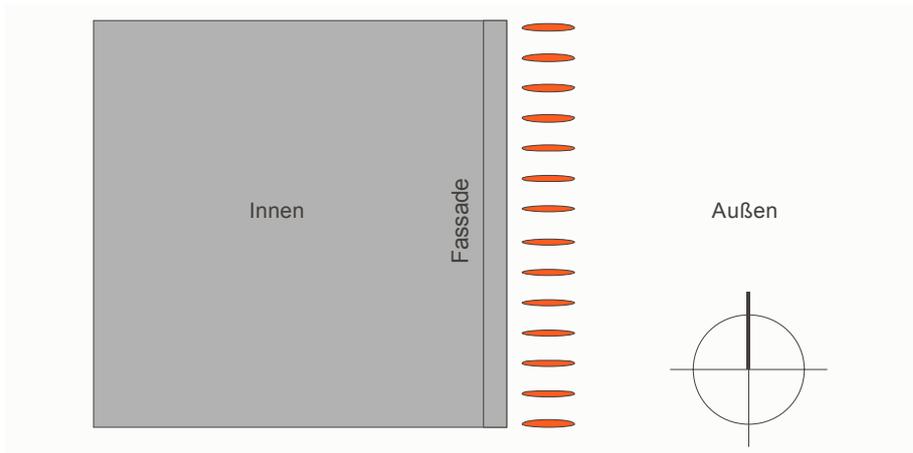


Bild 141 Stellung der Lamellen bei bedecktem Himmel (Raumgeometrie: 7,7 m × 7,7 m)

Als Vergleichsmaßstab wurden dabei die Berechnungen ohne Lamellen denen der unterschiedlichen Verglasungen gegenüber gestellt. Die Lamellen wurden in den Berechnungen senkrecht zur Fassade geöffnet, um den größten Tageslichteinfall bei bedecktem Himmel zu gewährleisten.

Bild 142 zeigt die Tageslichtverhältnisse im Innenraum bei bedecktem Himmel im Vergleich.

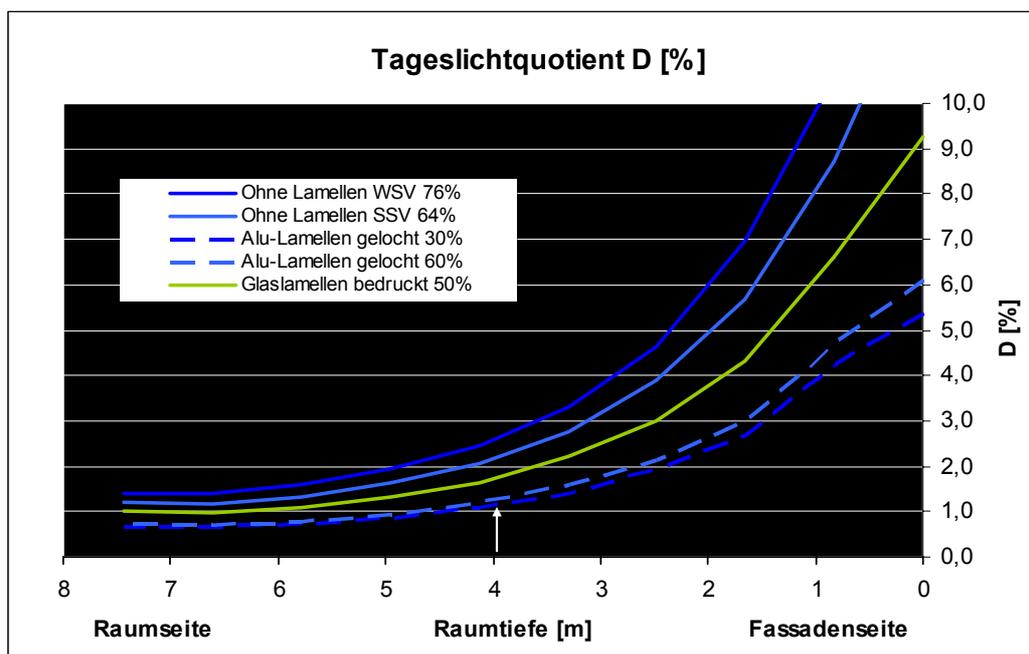


Bild 142 Vergleich der Verläufe der Tageslichtquotienten der unterschiedlichen Varianten

In allen Varianten sind die Mindestanforderungen in Anlehnung an die DIN 5034-1¹⁰³ eingehalten. Die Norm fordert einen Tageslichtquotienten in halber Raumtiefe von ca. 1 %. Zudem muss der Tageslichtquotient am Arbeitsplatz etwa dem 0,6-fachen der Nennbeleuchtungsstärke nach DIN EN 12464¹⁰⁴ entsprechen. Für Klassenräume ist das

¹⁰³ DIN 5034 Teil 1 (2007): Tageslicht in Innenräumen

¹⁰⁴ DIN EN 12464 Teil 1(2009): Licht und Beleuchtung-

entsprechend $0,6 * 300 = 180$ Lux. Dies ist in allen Varianten bis zu einer Raumtiefe von ca. 4 m gegeben.

Zu beachten ist, dass die Norm für Klassenräume keine Anforderungen angibt, daher sind hier die Bewertungsmaßstäbe für Arbeitsplätze in Anlehnung angewendet worden.

Im Folgenden sind die jeweiligen Tageslichtsituationen und die dazugehörigen Raumeindrücke dargestellt:



Bild 143 Ohne Lamellen mit Wärmeschutzverglasung



Bild 144 Ohne Lamellen mit Sonnenschutzverglasung



Bild 145 Vertikale, drehbare Aluminium-Doppellamelle mit 30% Durchlässigkeit



Bild 146 Vertikale, drehbare Aluminium-Doppellamelle mit 60% Durchlässigkeit



Bild 147 Vertikale, drehbare Glaslamelle aus ESG/VSG mit 50% Bedruckungsgrad

Tageslichtautonomie

Zur Beurteilung der Beleuchtungssituation wurden aus den Ergebnissen Berechnungen zum avisierten Energiebedarf der künstlichen Beleuchtung durchgeführt und gegenüber gestellt.

Die Tageslichtautonomie bezeichnet dabei die Zeiten mit ausreichender Tageslichtversorgung bei bedecktem Himmel, ohne dass künstliche Beleuchtung zugeschaltet werden muss. Die künstliche Beleuchtung ist mit 10 W/m² installierte Leistung und einer Nennbeleuchtungsstärke von 300 lux angesetzt. Die Nutzungszeiten wurden entsprechend einer Schulnutzung (200 Tage im Jahr mit verstärkter Nutzung am Vormittag bis ca. 15 Uhr) berücksichtigt.

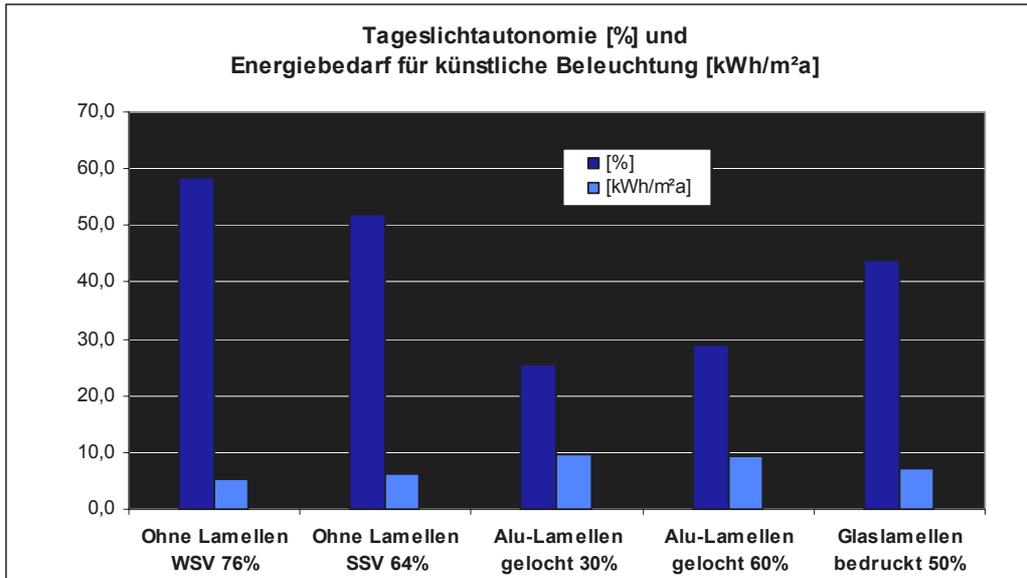


Bild 148 Vergleich Tageslichtautonomie und Energiebedarf für künstliche Beleuchtung

Die Ergebnisse zeigen einen deutlichen Einfluss der Lamellen auf die Tageslichtautonomie, da der Energiebedarf durch die Vertikallamellen erhöht wird.

Blendungsbewertung

Für die Sonnenschutzvarianten wurden Berechnungen zur direkten Sonneneinstrahlung durchgeführt. Referenztag ist der 21. Juni. Die Berechnungen sind von 7:00 bis 12:00 Uhr stundenweise erfolgt und berücksichtigen dabei die Hauptnutzung des nach Osten gelegenen Klassenraumes. Die Lamellen wurden für die Berechnungen in eine 45° Position nach Süden gebracht. Aus diesen Daten konnte als Referenzzeitpunkt die Uhrzeit 10:00 Uhr Vormittags ermittelt werden, für die die Lamellen entsprechend wirksam sind. Für diesen Zeitpunkt wurden die Bilder im Hinblick auf die Blendung bewertet und in Falschfarbenbildern dargestellt.

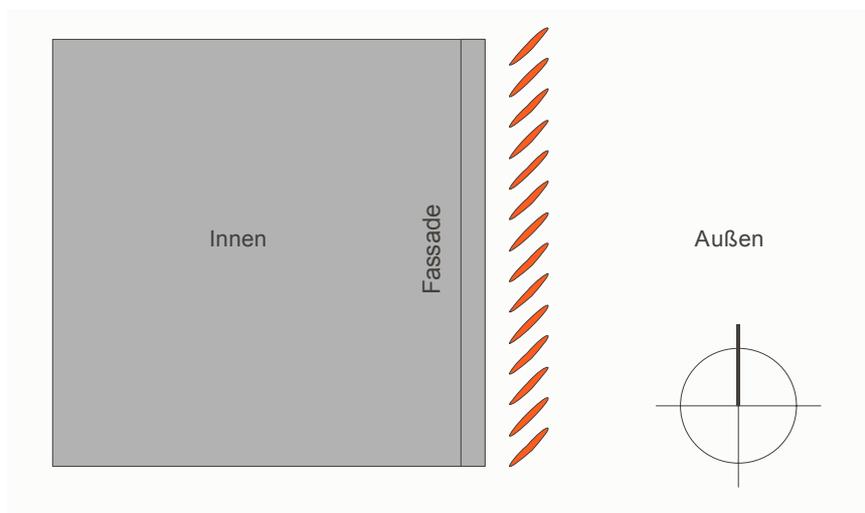


Bild 149 Stellung der Lamellen bei direkter Sonne 21. Juni 10 Uhr (Raumgeometrie: 7,7 m * 7,7 m)

Variantenanalyse

Alulamellen 30 % Lochanteil

Die Bewertung zeigt Leuchtdichten im Bereich von max. 2000 cd/m² auf den Sonnenschutzlamellen und den Rahmen. Lediglich beim Blick zwischen die Lamellen entstehen höhere Leuchtdichten. Die Lamellen müssten also weiter geschlossen werden, um eine Blendung zu verhindern.

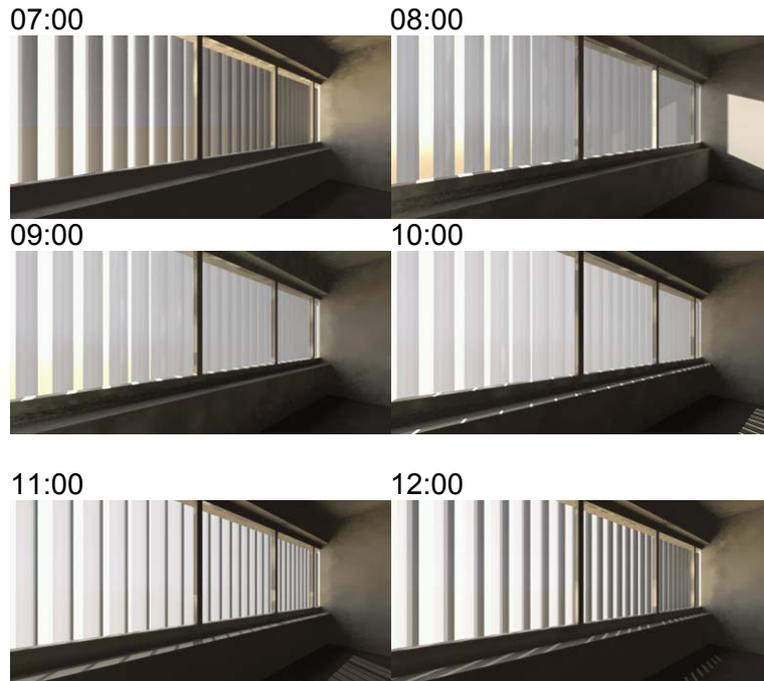


Bild 150 Alulamellen 30 % Lochanteil, 21. Juni, direkte Sonne

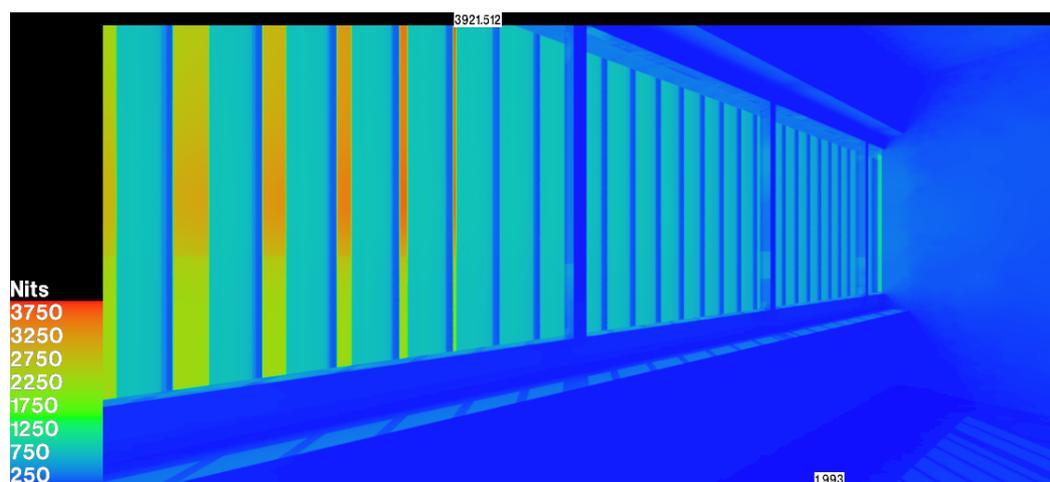


Bild 151 Alulamellen 30 % Lochanteil, 21. Juni, 10:00 Uhr, direkte Sonne: Blendungsbewertung [cd/m^{2a}]

Alulamellen 60 % Lochanteil

Die Bewertung zeigt Leuchtdichten im Bereich von bis zu 3000 cd/m² (Nits) auf den Sonnenschutzlamellen. Der Lochanteil ist für eine wirksame Blendungsbegrenzung zu hoch.

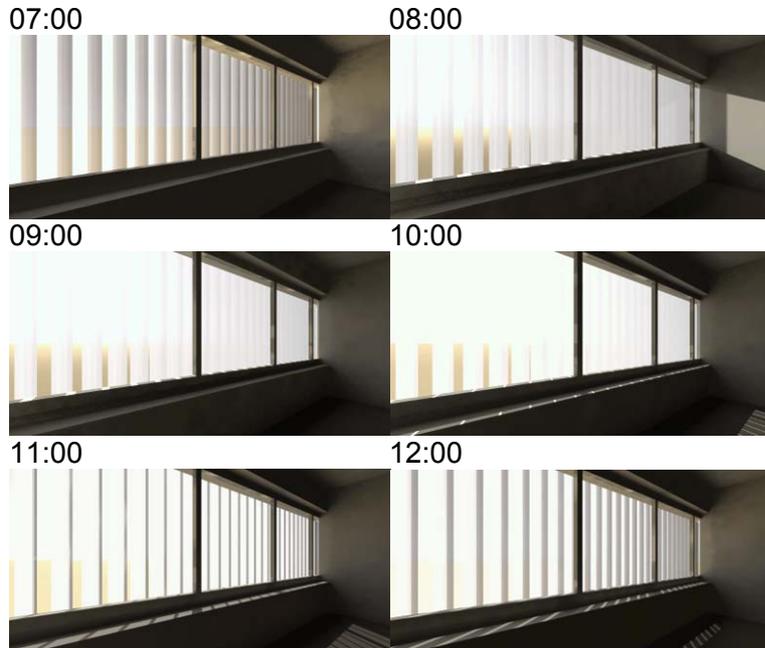


Bild 152 Alulamellen 60% Lochanteil, 21. Juni, direkte Sonne

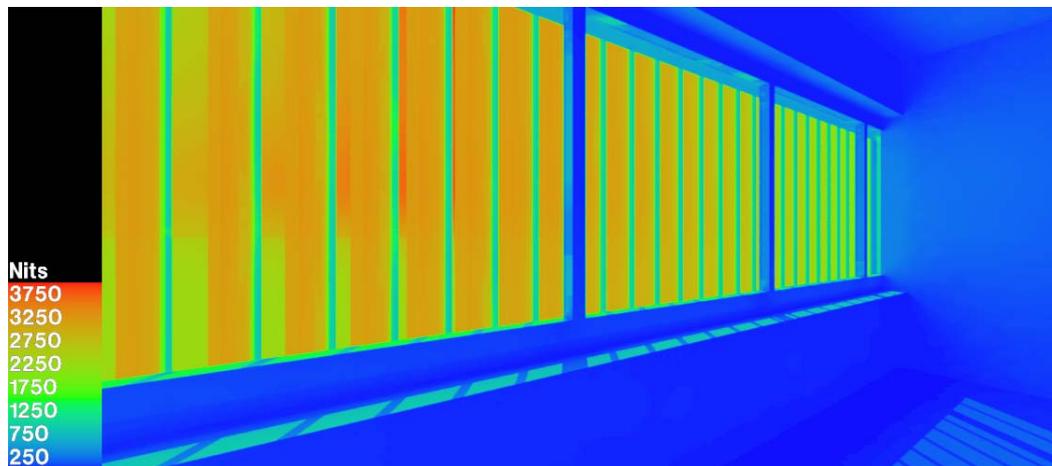


Bild 153 Alulamellen 60% Lochanteil, 21. Juni, 10:00 Uhr, direkte Sonne: Blendungsbewertung [cd/m²a]

Glaslamellen mit 50 % Bedruckung

Die Bewertung zeigt Leuchtdichten im Bereich von bis zu 2800 cd/m² auf den Sonnenschutzlamellen. Die Bedruckung sollte auf ca. 65 - 75 % erhöht werden. Eine Blendung kann in Verbindung mit der Verglasung damit beschränkt werden. Zudem werden die Leuchtdichten auf der Fensterbank gemindert.

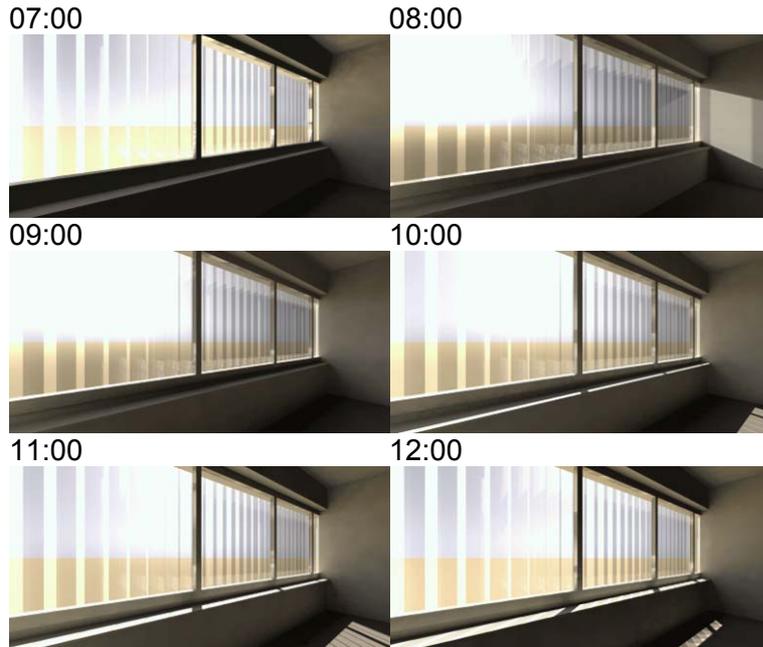


Bild 154 Glaslamellen 50% Bedruckungsgrad, 21. Juni, direkte Sonne

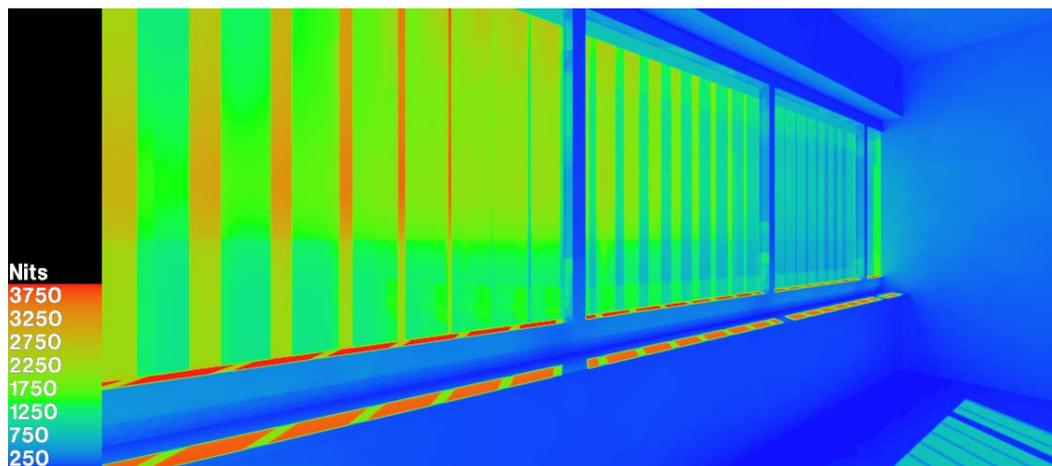


Bild 155 Glaslamellen 50% Bedruckung, 21. Juni, 10:00 Uhr, direkte Sonne: Blendungsbewertung [cd/m²a]

Empfehlung

- Für einen hohen Tageslichteintrag ist es ratsam, eine hochtransparente Verglasung einzusetzen. Dabei wird aufgrund der besseren thermischen Eigenschaften eine Sonnenschutzverglasung vorgeschlagen.
- Der Tageslichteintrag ist durch die drehbaren aber nicht verfahrbaren Lamellen in allen Varianten eingeschränkt. Auch in der senkrechten Position (max. Lichteintrag) ist die Reduzierung des Lichteintrags deutlich. Es sollten Varianten bedacht werden, in denen die Lamellen vollständig verfahrbar sind.
- Die Blendung kann durch die Alulamellen mit 30 % Bedruckungsanteil am besten begrenzt werden. Eine Erhöhung des Lochanteils ist bei Alulamellen (im Beispiel

60%) nicht ratsam. Glaslamellen sind ebenfalls als Alternative denkbar. Ihr Bedruckungsgrad sollte bei ca. 65-75% liegen. Eine Abstimmung mit einer thermischen Simulation ist ratsam, da der Gesamtenergiedurchlassgrad dieser Konstruktion herabgesetzt ist.

Die folgende Grafik zeigt diesen Zusammenhang. Bei der Lösungsvariante ist der Bedruckungsgrad auf 70 % erhöht. Insgesamt zeigen sich moderate Leuchtdichten im Bereich von max. 2000 cd/m^2 bei gleichzeitiger Durchsicht und guten Lichtverhältnissen im Innenraum bei bedeckten und sonnigen Tagen. Für die Verhinderung der direkten Blendung sollten die Lamellen in der dargestellten Situation weiter geschlossen werden. Daher die Empfehlung, die Lamellen in jedem Fall drehbar zu gestalten.

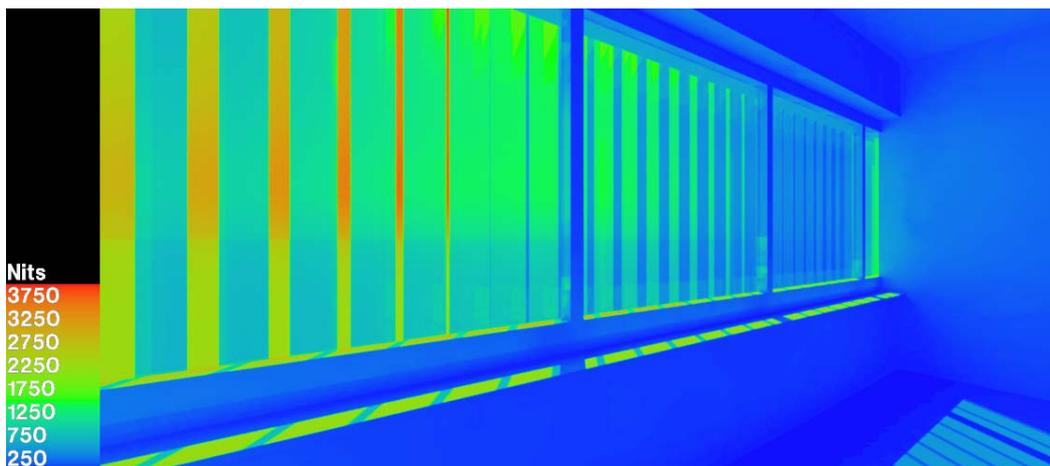


Bild 156 Glaslamellen 70 % Bedruckung, 21. Juni, 10:00 Uhr, direkte Sonne: Innenraumansicht und Blendungsbewertung [$\text{cd}/\text{m}^2\text{a}$]

6.3.2 Rahmenbedingungen Sanierungskonzept

Die energetischen und wirtschaftlichen Berechnungen werden jeweils für drei Gebäude bzw. Bauteile der Regenbogenschule Wolfsburg durchgeführt, die für eine separate Sanierung geeignet sind.

Betrachtet werden:

- BT A Altbau
- BT B Neubau
- BT C Kindergarten

Die Lage der Gebäude bzw. Bauteile ist im Grundrissplan in Bild 157 dargestellt.

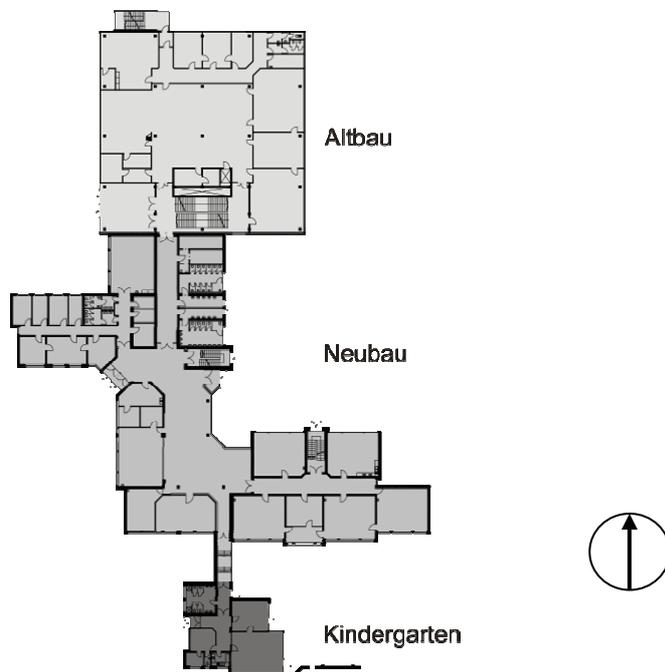


Bild 157 Grundriss EG Regenbogenschule Wolfsburg

Bild 158 beschreibt die Einteilung der Gebäudeteile in die Zonen nach der DIN 18599. Die Gebäude werden nach den in Kapitel 4.4.1 definierten Standards berechnet.



Bild 158 Zonierung nach DIN 18599 Regenbogenschule Wolfsburg

6.3.3 Sanierungsmaßnahmen

Gebäudehülle:

Für die Erreichung der energetischen Standards sind nach der Bedarfsberechnung folgende Sanierungsmaßnahmen der Gebäudehülle notwendig:

Wolfsburg	Bestand		EnEV Plus		KfW 40 / 60		Passivhaus mit IBP					
Altbau	Dämmstärke		Uges		Dämmstärke		Uges					
	cm	W/m²K	cm	W/m²K	cm	W/m²K	cm	W/m²K				
Dach	4	WLГ 0,060	1,24	20	WLГ 0,035	0,20	24	WLГ 0,035	0,17	32	WLГ 0,035	0,13
Außenwand	4	WLГ 0,060	1,36	12	WLГ 0,034	0,22	18	WLГ 0,034	0,16	30	WLГ 0,034	0,10
Kellerboden zu Erdreich	2	WLГ 0,034	1,18	2	WLГ 0,034	1,18	2	WLГ 0,034	1,18	4	WLГ 0,020	0,44
Fenster	Isolierverglasung		3,30		WSV	1,40		WSV	1,20		3-fach	0,70

Neubau	Dämmstärke		Uges		Dämmstärke		Uges		Dämmstärke		Uges	
	cm	W/m²K	cm	W/m²K	cm	W/m²K	cm	W/m²K	cm	W/m²K	cm	W/m²K
Dach	8	WLГ 0,035	0,47	18	WLГ 0,035	0,20	24	WLГ 0,035	0,15	32	WLГ 0,035	0,12
Außenwand	6	WLГ 0,045	0,61	18	WLГ 0,034	0,22	24	WLГ 0,034	0,17	30	WLГ 0,034	0,13
Kellerboden zu Erdreich	6	WLГ 0,057	0,78	6	WLГ 0,057	0,78	6	WLГ 0,057	0,78	4	WLГ 0,020	0,44
Fenster	Isolierverglasung		2,80		WSV	1,40		WSV	1,20		3-fach	0,70

Kindergarten	Dämmstärke		Uges		Dämmstärke		Uges		Dämmstärke		Uges	
	cm	W/m²K	cm	W/m²K	cm	W/m²K	cm	W/m²K	cm	W/m²K	cm	W/m²K
Dach	8	WLГ 0,035	0,47	18	WLГ 0,035	0,20	24	WLГ 0,035	0,15	32	WLГ 0,035	0,11
Außenwand	6	WLГ 0,045	0,61	18	WLГ 0,034	0,22	24	WLГ 0,034	0,17	30	WLГ 0,034	0,12
Kellerboden zu Erdreich	6	WLГ 0,057	0,78	6	WLГ 0,057	0,78	6	WLГ 0,057	0,78	4	WLГ 0,020	0,44
Fenster	Isolierverglasung		2,80		WSV	1,40		WSV	1,20		3-fach	0,70

Tabelle 21 Sanierungsmaßnahmen in den Varianten

Die Stärke der Dachdämmung (WLG 0,035) erhöht sich in den Varianten von 18 bzw. 20 cm für Variante 1, auf 24 cm für Variante 2 und auf 32 cm für Variante 3.

Die Dämmung der Fassaden erfolgt für das Bauteil A über Wärmedämmpaneleelemente und für die Bauteile B und C über ein Wärmedämmverbundsystem (WDVS), für den EnEV plus-Standard mit Stärken für Bauteil A von 12 cm bzw. 18 cm (WLG 0,034) bei den Bauteilen B und C. Maßgebend waren dabei die vergleichbare mittleren Transmissionswärmeverlustwerte HT' der Bauteile.

Der Kellerboden zu Erdreich kann nur durch den Austausch der bestehenden Dämmlage im Fußbodenaufbau eingeschränkt energetisch verbessert werden. Im Falle einer Erneuerung des Fußbodens ist dies zu empfehlen. In der Berechnung ist dies jedoch nur für den Passivhausstandard vorgesehen.

Innerhalb der Berechnungen werden alle bestehenden Fenster mit Isolierverglasung in den Varianten 1 und 2 als Fenster mit Wärmeschutzverglasung bzw. Sonnenschutzverglasung (1,4 bzw. 1,2 W/m^2K , in Abhängigkeit der Fassadenorientierung) und in Variante 3 als Dreischeibenverglasung (0,7 W/m^2K) mit entsprechenden Rahmen berücksichtigt.

Gebäudetechnik:

Da die Regenbogenschule Wolfsburg mit dem Fernwärmeanschluss und einem Primärenergiefaktor von 0,50 über eine primärenergetisch günstige Wärmebereitstellung verfügt, besteht dort kein Änderungsbedarf. Die Wärmeverteilung ist im Rahmen einer Sanierung an den Stand der Technik anzupassen. Dazu zählen z.B. die Verteilleitungen, die Heizkörper, Thermostatventile oder Pumpen. Einzelheiten sind in Kapitel 4.4.2 dargestellt.

Die Konditionierung der Gebäude erfolgt für Variante 1 wie im Bestand mit statischen Heizflächen und einer Fensterlüftung. Ausnahme sind die Innenbereiche des Neubaus im EG, 1.OG, 2.OG und 3.OG, die zusätzlich mit einer bestehenden mechanischen Lüftung versorgt werden. Die Anlage mit dem Baujahr 1974 ist 1990 zur Umluftanlage umgebaut worden, wobei die Beimischung mit der Abluft aus den Klassenräumen geschieht.

Für die Varianten 2 und 3 ist in den Unterrichtsräumen eine mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung vorgesehen. In Bauteil A werden eine komplette Erneuerung der zentralen Lüftungsanlage und der Einbau von dezentralen Geräten in den Bauteilen B und C angenommen. Die empfohlenen Parameter der beiden Anlagenarten sind in Kapitel 4.4.2 dargestellt.

6.3.4 Energetische Bewertung

Für diese Sanierungsmaßnahmen ergibt sich der in Tabelle 22 für die Varianten dargestellte Heizenergiebedarf. Die rot markierten Varianten erreichen mit wirtschaftlich vertretbaren Maßnahmen die Grenzwerte der Standards nicht, werden im Folgenden für einen Vergleich der Maßnahmen dennoch betrachtet.

Jahresheizenergiebedarf Q _H End	Bestand [kWh/a]	EnEV plus [kWh/a]	KfW 40 / 60 [kWh/a]	PH [kWh/a]
BT A Altbau	793.265	256.741	154.762	106.773
BT B Neubau	266.327	182.164	115.748	66.118
BT C Kindergarten	39.126	23.289	19.212	13.695
Gesamt	1.098.718	462.194	289.722	186.586

Tabelle 22 Endenergieverbrauch (Bestand) und -bedarf (Wärme) der Sanierungsvarianten

Der Vergleich des berechneten Jahres-Gesamtheizenergiebedarfs der Grundschule von 1.098.718 kWh/a zeigt nur eine geringe Übereinstimmung mit dem realen klima- und zeitbereinigten Wärmeverbrauch von 769.014 kWh/a der Jahre 2006 bis 2008. Hierbei ist der gemessene Verbrauchswert der Gesamtschule inklusive Sporthalle und Kinderhaus von 920.128 kWh/a über die Fläche der drei berechneten Gebäudeteile auf 769.014 kWh/a angepasst worden.

Die Differenz des Verbrauchs- zum Bedarfswert von 30 % liegt möglicherweise in dem hohen Leerstand des Altbaus begründet. Die gesamten Etagen des EG, 2.OG und 3.OG mit einer NGF von etwa 2.800 m² und einem Anteil von etwa 30 % an der Gesamtfläche sind ab Mitte 2004 nicht mehr voll beheizt worden. Über den Betrieb der Anlage wird lediglich die Frostsicherheit gewährleistet.

Zum anderen begründet sich die Differenz in der unterschiedlich betrachteten Dauer der Unterrichtszeit. Beim Verbrauchswert liegt die Unterrichtszeit in der Grundschule von 8:00 bis 13:00 Uhr, beim errechneten Bedarfswert ist im Hinblick auf den beabsichtigten Ganztagsbetrieb eine Unterrichtszeit von 8:00 bis 16:00 Uhr angenommen worden.

Das Einsparpotential des Endenergiebedarfs Wärme aller Gebäudeteile liegt im Vergleich zum Bestand aufgrund des altersbedingten Zustands der Gebäudehülle gegenüber Variante 1 EnEV plus bei 58 % und bei Variante 2 KfW 40 / 60 Standard bei 74 %. Über den Passivhausstandard sind Einsparungen von 83 % möglich.

Die höchsten Einsparpotentiale beim Endenergiebedarf Wärme ergeben sich für das Bauteil A Altbau durch die sehr hohe Kompaktheit mit einem Verhältnis von A/Ve von 0,22 als wärmeabgebende Umschließungsfläche zu beheiztem Bauwerksvolumen mit 68 % (Var. 1), 80 % (Var. 2) und 87 % (Var. 3).

Für die Bauteile B und C sind die Heizenergiebedarfswerte der EnEV-Berechnung aufgrund der eingeschränkten Wirksamkeit der Sanierungsmaßnahmen so hoch, dass ein Passivhaus-Standard nicht möglich ist. Gründe dafür liegen in der geringen Kompaktheit mit einem Verhältnis von A/Ve von 0,42 und 0,86 sowie nicht unterkellerten Bodenplatten, die nur sehr aufwändig zu dämmen sind. Ein Austausch der Dämmung im bestehenden Fußbodenaufbau ist daher nur für die Passivhausvariante gerechnet worden. Eine Erhöhung der Dämmstärke mit den daraus folgenden baulichen Veränderungen lässt sich wirtschaftlich nicht begründen.

Das Gebäude C Kindergarten erreicht aufgrund eines zu hohen Primärenergiebedarfs von 66 kWh/m²a auch den KfW-Standard nicht. Zum Vergleich ist das Gebäude C in den Diagrammen dennoch berücksichtigt. Graphisch sind die berechneten Bedarfswerte im folgenden Balkendiagramm Bild 159 dargestellt.

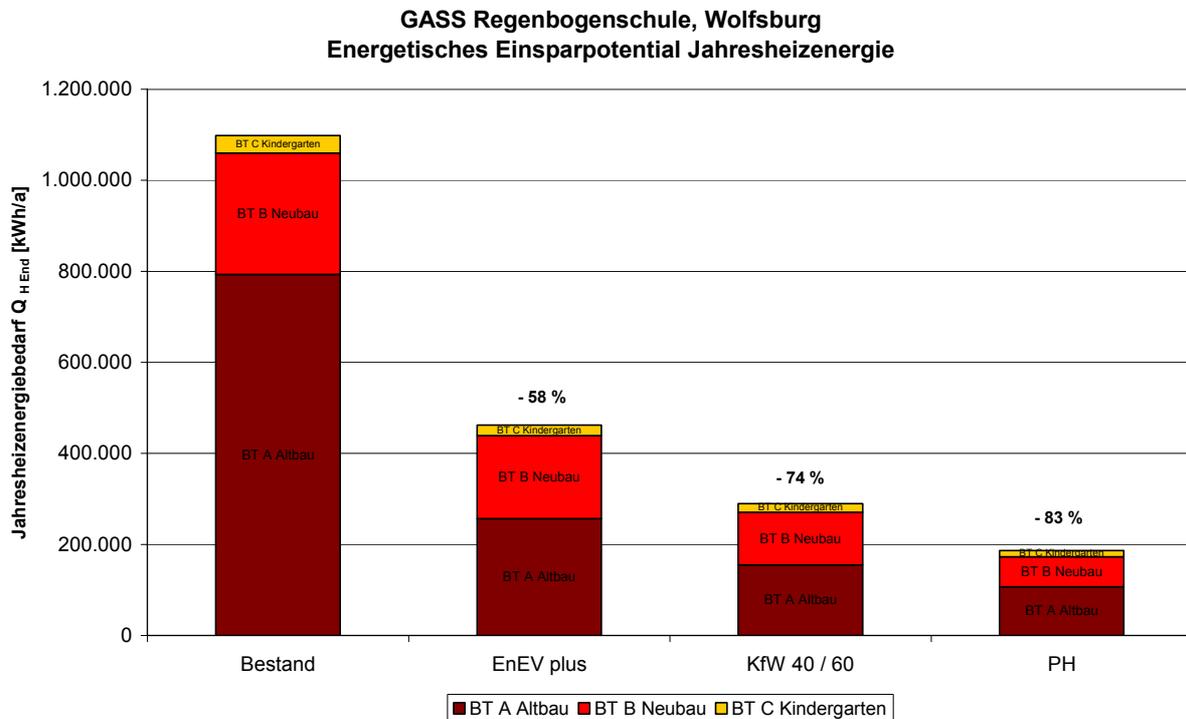


Bild 159 Energieeinsparpotential der Jahresheizendenergie gesamt

In Bild 160 und Bild 161 werden die spezifischen und absoluten Jahresheizenergiekennwerte (Endenergie Wärme) der einzelnen Bauteile zusammengefasst. Die Werte für den Jahres-Primärenergiebedarf befinden sich im Anhang.

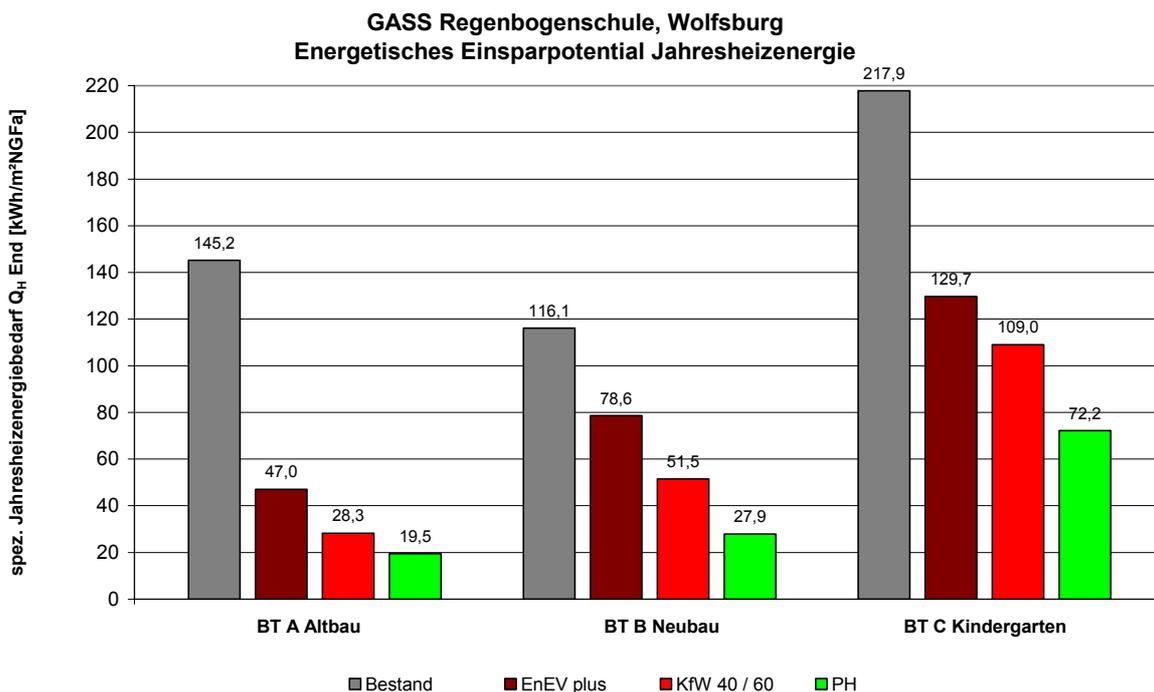


Bild 160 Spez. Jahresheizenergiebedarf (Endenergie) der Bauteile

Das für den Altbaubereich erschließbare Einsparpotential zeigt sich insbesondere bei Betrachtung der absoluten Werte deutlich. Der Kindergarten hat nur einen geringen Anteil am Gesamtenergieverbrauch der Liegenschaft.

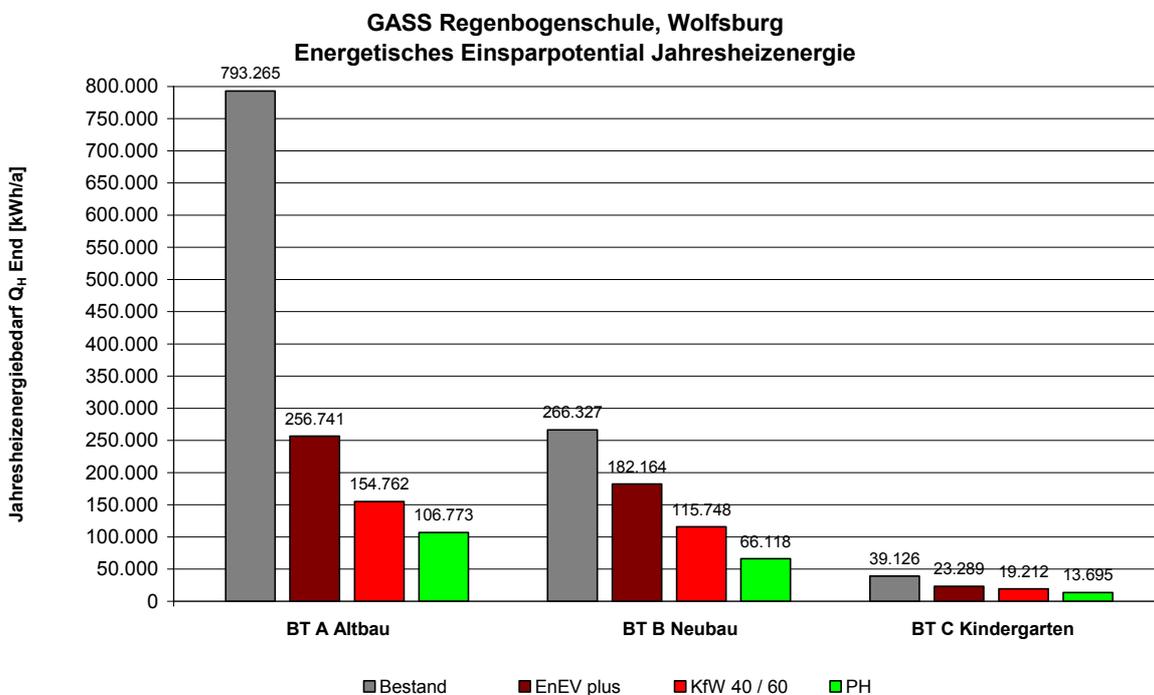


Bild 161 Abs. Jahresheizenergiebedarf (Endenergie) der Bauteile

6.3.5 Wirtschaftlichkeitsberechnung

In Tabelle 23 sind die energetischen Sanierungskosten, die in die Wirtschaftlichkeitsberechnung einfließen, für jedes Bauteil getrennt nach den Kostengruppen Baukonstruktion und technische Anlage dargestellt. Die Kosten beruhen auf den Tabelle 12 angenommenen Parametern.

Kosten (Brutto)			Gebäude A	Gebäude B	Gebäude C	Gesamt
			Altbau	Neubau	Kindergarten	
Energ. Sanierung						
Var. 1	KG 300	Baukonstruktion	410.094 €	428.657 €	43.691 €	882.442 €
EnEV plus	KG 400	Technische Anlagen	344.358 €	65.213 €	4.843 €	414.414 €
Gesamt			754.451 €	493.870 €	48.534 €	1.296.856 €
Energ. Sanierung						
Var. 2	KG 300	Baukonstruktion	425.439 €	448.522 €	46.363 €	920.324 €
KfW 40/60	KG 400	Technische Anlagen	579.104 €	148.740 €	12.203 €	740.047 €
Gesamt			1.004.543 €	597.262 €	58.566 €	1.660.371 €
Energ. Sanierung						
Var. 3	KG 300	Baukonstruktion	512.907 €	548.905 €	57.552 €	1.119.363 €
PH	KG 400	Technische Anlagen	579.104 €	148.740 €	12.203 €	740.047 €
Gesamt			1.092.011 €	697.644 €	69.755 €	1.859.410 €

Tabelle 23 Sanierungsmaßnahmen in den Varianten

Eine graphische Zusammenstellung der Investitions-, Betriebs- und Kapitalkosten bei Sanierung der einzelnen Bauteile für die verschiedenen Varianten zeigt Bild 162.

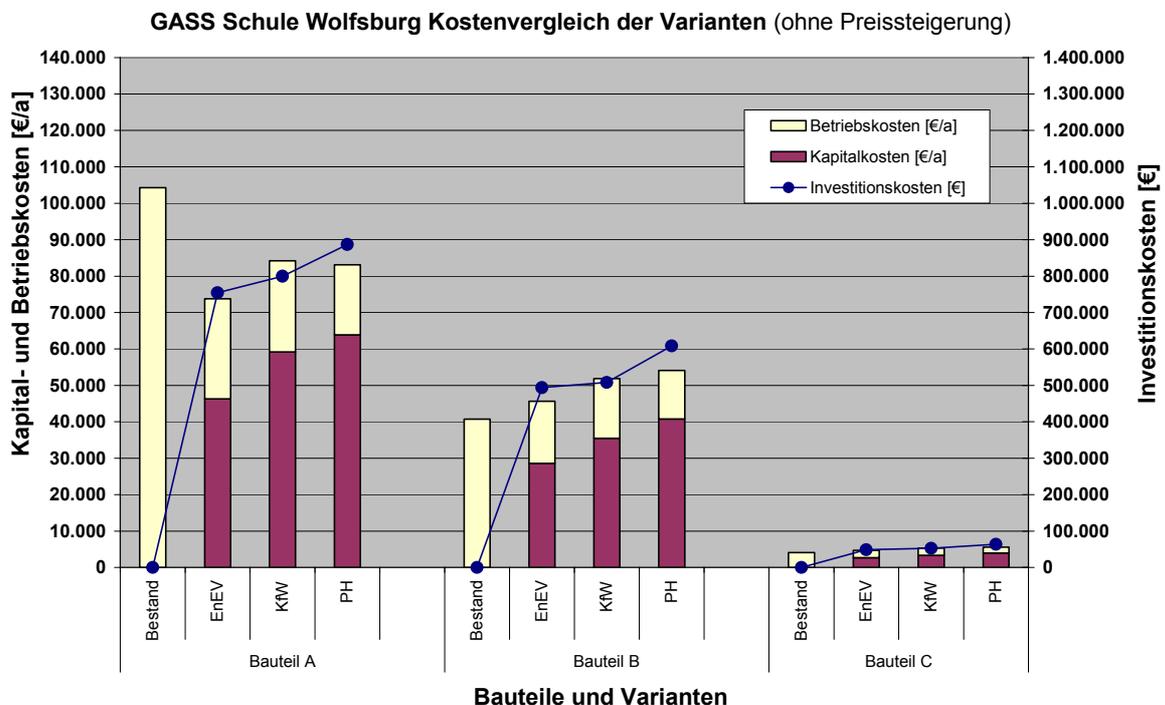


Bild 162 Vergleich der jährlichen Betriebs-, Kapital- und Investitionskosten

Über die Kapitalkosten für die Sanierungsmaßnahmen ergibt sich jeweils eine Erhöhung der Jahresgesamtkosten. Eine Steigerung der Energiepreise ist in Bild 162 nicht berücksichtigt, folgt aber in den nächsten Darstellungen.

Aufgrund der Größe des Bauteils A sind die absoluten Kapital- und Betriebskosten mit Abstand am höchsten. Die Betriebskosten der Bestandsvariante für dieses Bauteil teilen sich beispielsweise zu rd. 41.000 € Instandhaltung und 62.000 € Energiekosten auf. Erwartungsgemäß hat die Bestandsvariante die höchsten Betriebskosten. Die geringsten Betriebskosten ergeben sich bei allen Bauteilen für die Variante 3 des Passivhausstandards.

Im Rahmen der Berechnungen über die Nutzungsdauer von 20 Jahren sind zwei unterschiedliche Steigerungsraten der Energiekosten in Höhe von 5 % (Preissteigerung 1 – PS 1) bzw. von 10 % (Preissteigerung 2 - PS 2) der Energiekosten berücksichtigt worden. Bild 163 und Bild 164 zeigen die zeitliche Entwicklung der Jahresgesamtkosten der Varianten über einen Zeitraum von 20 Jahren mit den genannten Energiepreissteigerungen.

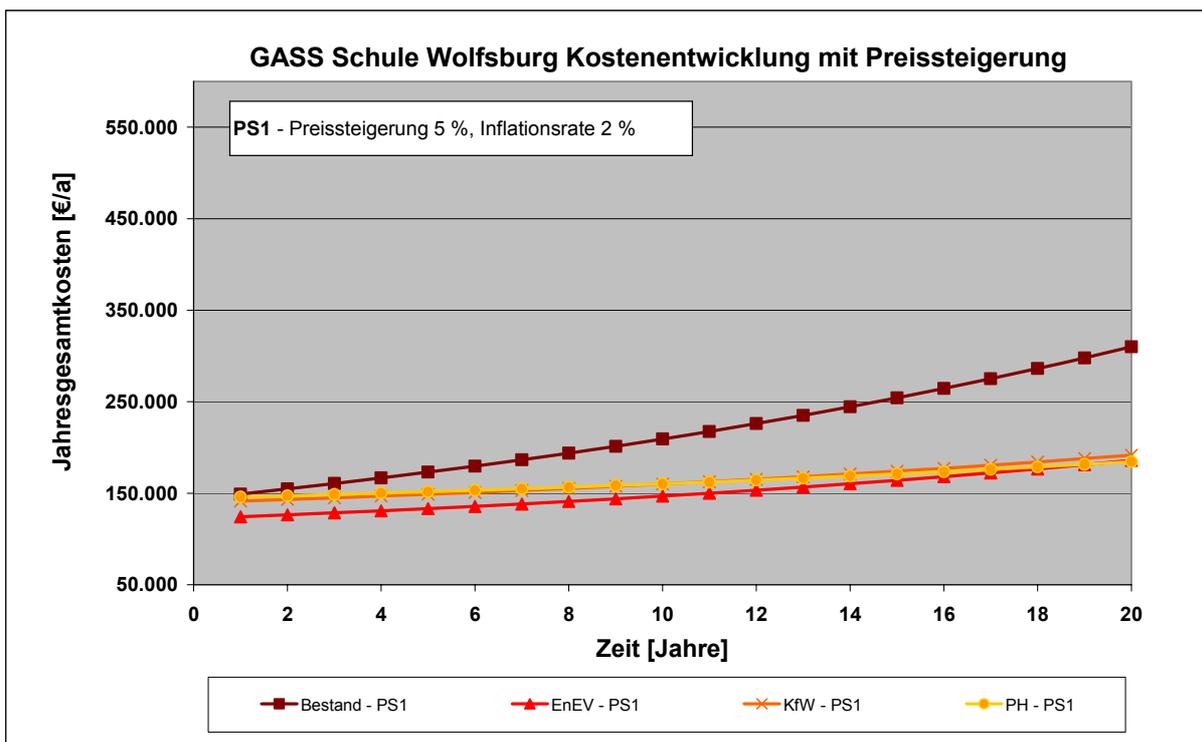


Bild 163 Entwicklung Jahresgesamtkosten bei jährl. Energiekostensteigerung von 5 %

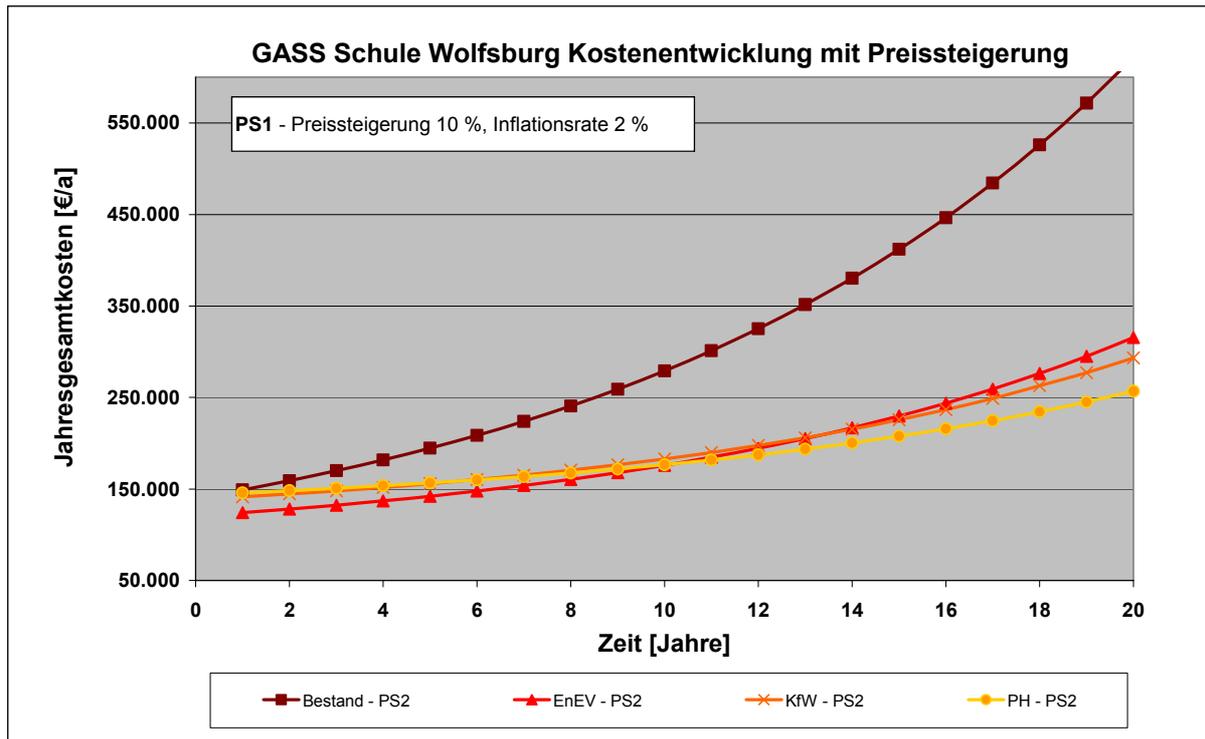


Bild 164 Entwicklung Jahresgesamtkosten bei jährl. Energiekostensteigerung von 10 %

Die Bestandsvariante weist in Bild 163 und Bild 164 die typische Entwicklung eines unsanierten Gebäudes auf. Die Jahresgesamtkosten liegen hier aufgrund der hohen Betriebskosten und der hohen Instandhaltungskosten für die Bestandsvariante schon zu Beginn am höchsten. Zusammen haben alle drei Bauteile schon zu Beginn jährliche Energiekosten von 87.000 € und Instandhaltungskosten von 62.000 €. Der Weiterbetrieb des Bestandes ohne Sanierung führt zu den deutlich höchsten Jahresgesamtkosten nach 20 Jahren.

Der verbesserte Wärmeschutz verringert den Anstieg der Energie- und damit der Jahresgesamtkosten im Vergleich zum Bestand bei einer Nutzung der Gebäude über 20 Jahre deutlich. Dies gilt insbesondere bei einer angenommenen Erhöhung der Energiepreise von 10 %.

Die Jahresgesamtkosten der EnEV-Variante liegt zum Beginn der Betrachtung aufgrund der vergleichsweise geringen Investitionskosten unterhalb der anderen Varianten, steigen aber nach 20 Jahren bei Energiepreissteigerungen von 5 % auf das Niveau der Varianten 2 und 3 an. Bei Energiepreissteigerungen von 10 % liegen die Jahresgesamtkosten der Variante 1 nach etwa 10 Jahren über denen der Varianten 2 und 3.

Zur Gesamtbewertung über einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren sind in Bild 165 und Bild 166 die kumulierten Kosten mit den jeweiligen Investitionskosten dargestellt. Die Berechnungsgrundlage sind die sich mit einem Zinssatz von 4 % ergebenden Kapitalkosten

sowie die Betriebskosten und Wartungskosten bei einer Inflationsrate von 2% und einer jährlichen Energiepreissteigerung von 5% bzw. 10%.

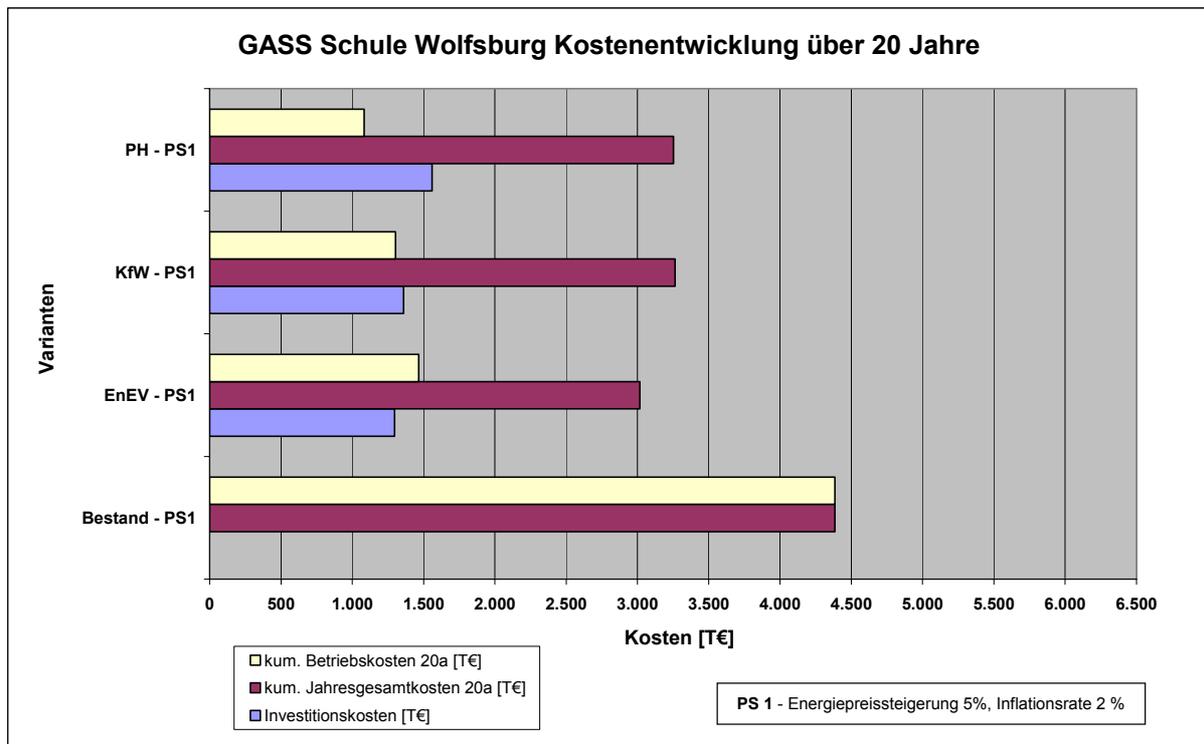


Bild 165 Vergleich kum. Betriebs-, Kapital- und Investitionskosten mit Energiepreissteigerung 5%

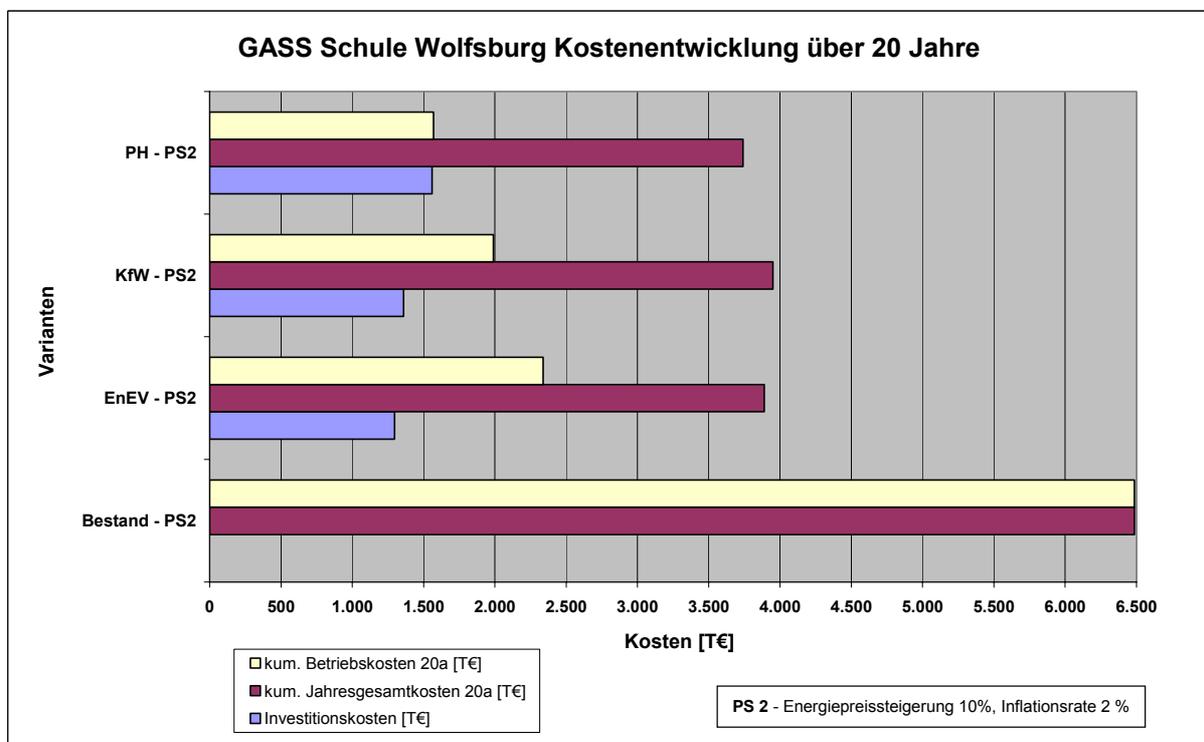


Bild 166 Vergleich der kum. Betriebs-, Kapital- und Investitionskosten mit Energiepreissteigerung 10%

Die Variante 1 stellt bei einer Energiepreissteigerung von 5 % aufgrund der reduzierten Kapitalkosten über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren die wirtschaftlichste Variante dar (s. Bild 165).

Bei einer Energiepreissteigerung von 10 % liegt die höchste Wirtschaftlichkeit bei Variante 3 (s. Bild 166). Trotz der höheren Investitionen und dem zusätzlichen Betrieb der Lüftungsanlagen in allen Unterrichtsräumen sind die kumulierten Gesamtkosten aufgrund der hohen Energieeinsparungen für die Passivhausvariante am geringsten.

Das deutlich höchste energetische und wirtschaftliche Einsparpotential ergibt sich durch die hohen Verbrauchswerten sowie einer sehr hohen Kompaktheit mit einem A/V_e -Verhältnis von 0,22 für das Bauteil A Altbau.

Die Maßnahmen zur thermischen Verbesserung der Gebäudehülle für die Bauteile B und C sind energetisch und wirtschaftlich weniger wirksam, da zum einen die Qualität der Gebäudehüllen altersbedingt in einem besseren Zustand sind, zum anderen der Außenflächenanteil im Vergleich zu Bauteil A hoch liegt.

Bei der Bewertung der EnEV plus-Variante ist neben der Wirtschaftlichkeit der Nutzerkomfort zu berücksichtigen. Die Varianten 2 und 3 gewährleisten durch den Betrieb der Lüftungsanlagen in den Unterrichtsräumen die Einhaltung der Grenzwerte für die Luftqualität. Dies trägt zu Verbesserung der Lernbedingungen bei den Schülern und Lehrern bei und kann in dieser Form wirtschaftlich nicht bewertet werden. Durch die Fensterlüftung kann eine ausreichende Luftqualität nicht gewährleistet werden, da die Richtwerte für die CO_2 -Konzentration im Winter und teilweise in der Übergangszeit in der Regel überschritten werden. Dies wurde über die Messungen in den Klassenräumen der Regenbogenschule nachgewiesen.

6.3.6 Kostenübersicht

In der Übersicht der Tabelle 24 sind die Investitions-, Kapital-, Instandhaltungs-, und Betriebskosten der einzelnen Bauteile zusammengetragen. Dazu sind die verwendeten Energiepreise angegeben.

Kostenübersicht Wolfsburg (Brutto)				
Energiepreis				
Wärme 2008	Arbeitspreis (AP)	58 €/MWh		
	Steigung 5%	AP-Var 0	AP-Var 1	AP-Var 2
		95,71 €/MWh	95,71 €/MWh	95,71 €/MWh
	Steigung 10%	AP-Var 0	AP-Var 1	AP-Var 2
		165,78 €/MWh	165,78 €/MWh	165,78 €/MWh
Strom 2007 (Lüftungsanlage)				
	Arbeitspreis (AP)	0,18 €/kWh		
	Steigung 5%	0,29 €/kWh		
	Steigung 10%	0,51 €/kWh		
	Grundpreis (GP)	900 €/a		
	Steigung 5%	1.488 €/a		
	Steigung 10%	2.577 €/a		
	(Steigungen - Mittelwert mit Bezug 20 Jahre)			
Zins		5,0%		
Inflation (20 Jahre bei 2%)		21,49%		
Variante 0				
Investitionskosten [€]	Bauteil A	Bauteil B	Bauteil C	Gesamt
	0	0	0	0
Kapitalkosten [€/a]	0	0	0	0
Instandhaltungskosten [€/a]	41.962	19.034	1.386	62.382
Betriebskosten [€/a]	104.281	40.745	4.105	149.131
Heizenergiebedarf [MWh]	793	266	39	1.099
Variante 1				
Investitionskosten [€]	Bauteil A	Bauteil B	Bauteil C	Gesamt
	754.451	493.870	48.534	1.296.856
Kapitalkosten [€/a]	46.294	28.610	2.671	77.575
Wartungskosten [€/a]	6.192	2.216	437	8.845
Betriebskosten [€/a]	27.499	17.066	2.055	46.620
Heizenergiebedarf [MWh]	257	182	23	462
Variante 2				
Investitionskosten [€]	Bauteil A	Bauteil B	Bauteil C	Gesamt
	799.540	508.331	52.500	1.360.371
Kapitalkosten [€/a]	59.215	35.487	3.331	98.032
Wartungskosten [€/a]	8.363	6.156	611	15.129
Betriebskosten [€/a]	24.962	16.365	2.013	43.340
Heizenergiebedarf [MWh]	155	116	19	290
Variante 3				
Investitionskosten [€]	Bauteil A	Bauteil B	Bauteil C	Gesamt
	887.008	608.714	63.688	1.559.410
Kapitalkosten [€/a]	63.839	40.782	3.921	108.542
Wartungskosten [€/a]	9.237	7.160	723	17.120
Betriebskosten [€/a]	19.236	13.323	1.675	34.234
Heizenergiebedarf [MWh]	107	66	14	187

Tabelle 24 Kostenübersicht

6.3.7 Primärenergiebedarf und CO₂-Emissionen

Die Reduzierung des Primärenergiebedarfs bei Sanierung ist für die verschiedenen Varianten in Bild 167 zusammengefasst. Der Primärenergiebedarf der Varianten 2 und 3 liegen mit Berücksichtigung des Strombedarfs der Lüftungsanlagen für alle Unterrichtsräume unter denen der Variante 1.

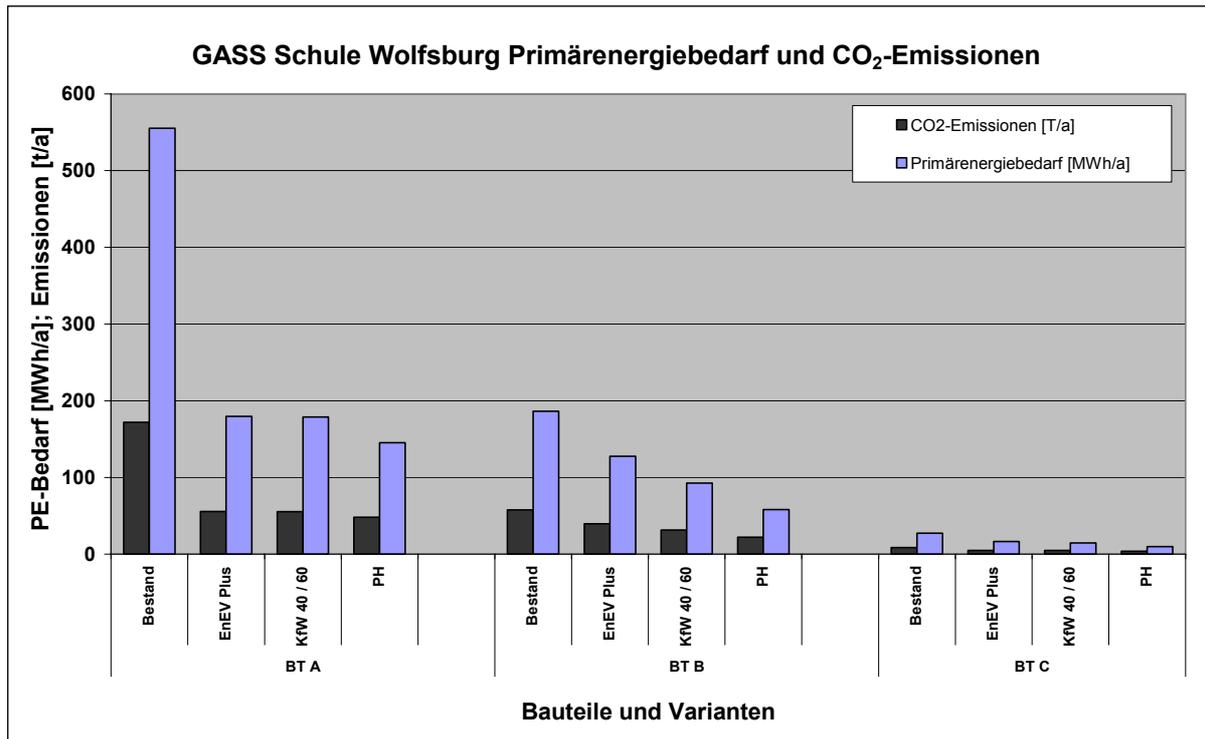


Bild 167 Jährliches Einsparpotential CO₂-Emissionen und Primärenergiebedarf

Durch die Umsetzung des Sanierungskonzeptes für alle Bauteile kann eine CO₂- Reduktion in der Größenordnung von 140 bis 160 t/a erreicht werden.

6.3.8 Zusammenfassung Technik

Energetisches Potential:

Die Regenbogenschule Wolfsburg verfügt mit der angeschlossenen Fernwärme mit einem Primärenergiefaktor von 0,50 über eine primärenergetisch günstige Wärmebereitstellung. Der Heizenergiebedarf des Bestandsgebäudes mit rd. 1.110 MWh/a führt bei Weiterbetrieb ohne Verbesserung des Wärmeschutzes der Gebäudehülle zu einer deutlichen Erhöhung der Betriebskosten. Insbesondere für den Erhalt des Neubaus und für eine Reduzierung der Betriebskosten der Gesamtschule ist eine energetische Sanierung der Hülle erforderlich.

Die für die Variante 1 (EnEV plus) definierten Anforderungen des baulichen Wärmeschutzes werden bei Umsetzung des KfW 40 / 60 Standards (Var. 2) und des Passivhaus-Standards (Var. 3) nochmals unterschritten.

Für das Gebäude C Kindergarten reichen allgemeine Maßnahmen an der Gebäudehülle aufgrund eines zu hohen Primärenergiebedarfs von 66 kWh/m²a nicht aus, um einen KfW-Standard zu erreichen.

Für die Bauteile B und C ergeben sich, aufgrund der eingeschränkten Wirksamkeit der Sanierungsmaßnahmen, so hohe Heizenergiebedarfswerte, dass ein Passivhaus-Standard nicht möglich ist. Gründe dafür liegen in der geringen Kompaktheit mit einem Verhältnis von A/V_e von 0,42 und 0,86 sowie in nicht unterkellerten Bodenplatten, die nur sehr aufwändig auf einen passivhaustauglichen Standard zu dämmen sind.

Das Einsparpotential des Endenergiebedarfs Wärme aller Gebäudeteile liegt im Vergleich zum Bestand aufgrund des altersbedingten Zustands der Gebäudehülle gegenüber Variante 1 EnEV plus bei 58 % und bei Variante 2 KfW 40 / 60 Standard bei 74 %. Über den Passivhausstandard sind Einsparungen von 83 % möglich.

Das deutlich höchste Einsparpotential beim Endenergiebedarf Wärme ergibt durch die sehr hohe Kompaktheit mit einem Verhältnis von A/V_e als wärmeabgebende Umschließungsfläche zu beheiztem Bauwerksvolumen von 0,22 für das Bauteil A Altbau mit 68 % (Var. 1), 80 % (Var. 2) und 87 % (Var. 3).

Wirtschaftliche Bewertung:

Bei einer Energiepreissteigerung von 5 % und einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren stellt der EnEV plus-Standard aufgrund des günstigen Kosten/Nutzen-Verhältnisses die wirtschaftlichste Sanierungsvariante dar. Die Sanierungsvarianten KfW 40 / 60 Standard und Passivhausstandard haben durch die zusätzlichen Investitionskosten über 20 Jahre höhere kumulierte Jahresgesamtkosten. Bei einer angenommenen Energiepreissteigerung von 10 % stellt der Passivhausstandard die wirtschaftlichste Variante dar, da die höheren Kapitalkosten durch die niedrigen Betriebskosten ausgeglichen werden.

Fazit:

Mit der Realisierung des Passivhausstandards ist die deutlichste Reduzierung des Energieverbrauchs und damit der resultierenden CO₂-Emissionen sowie der Betriebskosten möglich. Die Höhe der Einsparung ist an das Niveau des umgesetzten Energiestandards gekoppelt. Allein mit der Sanierung der Regenbogenschule Wolfsburg im Passivhaus-Standard ist eine Reduzierung von über 160 t/a möglich.

Neben dem ökologischen Anspruch des Projektes ist die Verbesserung des thermischen Komforts und damit der Lernsituation für Schüler und Lehrer ein wesentlicher Teil des Konzeptansatzes. Die Grenzwerte für die Luftqualität (CO₂-Richtwert von 1.500 ppm) in Schulen werden bei einer Fensterlüftung (Variante 1) ohne entsprechendes Lüftungsverhalten in der Regel nur schwer eingehalten. Die messtechnischen Untersuchungen ergaben für die Wolfsburger Schule im Winter, dass 35 % der Stundenmittelwerte über dem Richtwert liegen.

Bei Grundschulern ist je nach Raumbelagung und –größe ein zwei bis dreifacher Mindestluftwechsel notwendig. Über die so genannte „motivierte Fensterlüftung“ mit regelmäßiger Stoßlüftung in den Pausen und einer Stoßlüftung von 5 Minuten nach 20 Minuten Unterricht sind bei günstigen Bedingungen Mittelwerte um 1.500 ppm möglich. Ein solches Lüftungsverhalten ist im Winter allerdings nur schwer umsetzbar, ohne den Nutzerkomfort einzuschränken.

Hinzu kommt, dass durch die Sanierungsmaßnahmen die Dichtigkeit der Gebäudehülle stark erhöht wird, was bei geringer Infiltration über Undichtigkeiten zur schnelleren Abnahme der Luftqualität als bei unsanierten Gebäuden führt.

Durch den Betrieb einer Lüftungsanlage in den Unterrichtsräumen werden die Luftqualität und der thermische Komfort erhöht und so die Bedingungen für die Lern- und Lehrfähigkeit der Lehrer und Schüler erheblich verbessert.

Es wird daher für das Bauteil A Altbau die Sanierung im Passivhausstandard zu empfehlen, da damit der Energieverbrauch, die Betriebskosten und die CO₂-Emissionen am deutlichsten gesenkt werden und gleichzeitig die Lernbedingungen verbessert werden. Die Sanierung der Bauteile B und C wird im EnEV Plus-Standard empfohlen.

7 Abschlussbewertung Wolfsburg

7.1 Bestandsanalyse Wolfsburg

Im Folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse und Empfehlungen der Bestandsanalyse zusammengefasst.

Pädagogik

Anforderungen aus pädagogischer Sicht:

- Gestaltung der Klassenräume
 - ansprechende und übersichtliche Gestaltung von Funktions- und Arbeitsbereichen
 - flexible Raumnutzung (bewegliches Mobiliar, Raumteiler)
 - verschließbare Schränke zum Lagern von Materialien sowie Fächer für persönliche Gegenstände der Kinder
 - ästhetisch ansprechende Flächen zum Ausstellen von Schülerarbeiten
- innen liegende Flurzonen als erweiterte Lernumgebung nutzbar machen (Architektur, Akustik, Temperatur, Beleuchtung)
- im Altbau neben Raum für gemeinsames Forum visuell und akustisch abgeschirmte Bereiche für Kleingruppenarbeit integrieren
- Einrichtung eines multifunktionalen Raumes im Erdgeschoss des Altbaus (Schulveranstaltungen, Bewegungsangebote für die Kinder)
- Einrichtung kleinerer Räume (Hausaufgabenbetreuung, Kleingruppenförderung, Beratungsgespräche) im Erdgeschoss des Altbaus
- Unterteilung des Freizeitbereiches in „laute“ Zonen zum Bewegen und Kommunizieren und „leise“ Zonen zum Ausruhen und Zurückziehen
- Weiterentwicklung des Außengeländes (mehr Bewegungsanreize schaffen, übersichtlichere Gestaltung)
- Beseitigung von Sicherheitsmängeln auf dem Außengelände
- Einrichtung von Räumen für die Mensa
- Sanierung der sanitären Anlagen unter Berücksichtigung derzeitiger Probleme (starke Verschmutzung)
- Einrichtung von Rückzugsorten und Arbeitsplätzen für Lehrkräfte
- Hinweise zur Orientierung im Schulgebäude

Architektur

Die gesamte Schule ist ein Ensemble unterschiedlicher Gebäude mit einer besonderen räumlichen Vielfalt. Die unterschiedlichen Raumangebote in den verschiedenen Gebäudeteilen werden für das offene Lehrkonzept aktiv genutzt.

- In Wolfsburg gibt es in jedem Gebäudeteil unterschiedliche Erschließungstypen. Der Wechsel zwischen den Raumtypologien, den Raumgrößen, den Lichtsituationen und Raumarten durchzieht das gesamte Ensemble.
- Große, aber teilweise schlecht belichtete Flurflächen stellen ein besonderes Potential der Schule dar. Klassenräume und Lernflure sind eine wichtige konzeptionelle Einheit. Eine räumliche Antwort auf die intensive Nutzung der innenliegenden Gemeinschaftsflächen ist zu finden. Es gibt keine räumliche Strategie im Umgang mit den unterschiedlichen Themenecken und den verschiedenen und flexiblen Unterrichtsformen in den Klassen.
- Mit der neuen Aula im Altbau gibt es einen zweiten Zugang, der definiert werden muss.
- Die zukünftige Mensa muss auf den Ganztagsbetrieb angepasst werden.
- Die großen und wichtigen Außenflächen sind architektonisch nicht entwickelt.
- Der Altbau hat eine hohe zeichenhafte Präsenz im Stadtraum, der mit der Gestaltung einer neuen funktionalen Fassade entsprochen werden muss.

Gebäudehülle

- Fassaden aller Bauteile insbesondere aber des Altbaus entsprechen bauphysikalisch nicht mehr dem Stand der Technik.
- Hohe Wärmeverluste über Außenwände, Dach und besonders über veraltete Fenster tragen zu hohen Betriebskosten bei.
- Zur Verbesserung der Energieeffizienz und des Raumkomforts wird eine energetische Sanierung empfohlen.
- In den Klassenräumen der Neubauten ist nur ein innenliegender Blendschutz (Textilbehänge), aber keine Sonnenschutzvorrichtung vorhanden.

Gebäudetechnik

- Wärmebereitstellung über Fernwärme wird primärenenergetisch gut bewertet und bedarf keiner Änderung.

- Anpassung der Leistung des Fernwärmeanschlusses an den Wärmebedarf nach energetischer Sanierung. Über Senkung des Leistungspreises können die sehr hohen Bereitstellungskosten des Energieversorgers reduziert werden.
- Prüfung und ggf. Verbesserung der Wärmedämmqualität der Heizverteilung und insbesondere der Nahwärmeleitungen zur Sporthalle und zum Kinderhaus
- Verteiler und Heizkörper sind in einem dem Anlagenalter entsprechend gutem Zustand. Die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs wird empfohlen.
- Die Lüftungsanlage im Altbau ist zu ersetzen, da sie aufgrund ihres Alters wenig energieeffizient und komfortgerecht und die Dimensionierung nicht mehr dem Bedarf der Schule entspricht.

Raumklima

Raumluftqualität

- Im Winter liegen 63 % der Stundenmittelwerte der CO₂- Konzentrationen in der Unterrichtszeit oberhalb des Richtwertes von 1.500 ppm.
- Mit höheren Außentemperaturen und entsprechenden Lüftungsverhalten sind die Überschreitungen des CO₂- Richtwerts im Übergang mit 33 % und im Sommer mit 3 % geringer.
- Beim Quervergleich mit der Nutzerbefragung entspricht die Beurteilung der Lehrer der gemessenen Luftqualität weitgehend. Die Frage, wie wichtig die Frische der Luft ist, wird von den Lehrern mit „eher bis sehr wichtig“ beantwortet. Die Schüler dagegen beurteilen die Luft weit weniger wichtig und weniger schlecht.

Raumtemperatur

Sommer

- Mit 7 % der Schulzeit hat der ostorientierte Raum die höchste Anzahl an Überhitzungsstunden über 26°C. Im Vergleich dazu liegen der Südraum bei 3 % und der Westraum bei 1 %
- Anteil der Überhitzungsstunden über 26°C werden insgesamt gering bewertet. Begründungen liegen
 - in mäßigen Außentemperaturen im Sommer 2008,
 - der Nichtberücksichtigung der Sommerferien
 - sowie der betrachteten Unterrichtszeit von 8:00 bis 13:00 Uhr mit entsprechend geringeren Anteil an Solarstrahlung auf West und in Teilen auf Südfassaden.

- Bei geplantem Ganztagsbetrieb wird die Anzahl an Überhitzungsstunden insgesamt zunehmen. In diesem Fall sind Maßnahmen zum Sonnenschutz zu empfehlen.
- Die Mehrheit der Schüler und Lehrer empfinden die sommerlichen Temperaturen im Klassenraum als häufig bis immer zu hoch und damit schlechter als die gemessenen Temperaturen.

Winter

- Auffallend sind die niedrigen Raumtemperaturen im Winter.
- Unter der Grenztemperatur für Behaglichkeit von 20°C liegen in der Unterrichtszeit 26 % im Raum Ost, 27 % im Raum West und 49 % im Raum West.
- Erklärungen für den hohen Anteil an Temperaturen unter 20°C sind neben der allgemein schlechten Gebäudehülle, unzureichender Heizregelung, die Auskühlungen durch Fensterlüftung und Nachtabsenkungen.
- Es lässt sich eine Abhängigkeit zwischen kühlen Raumtemperaturen und der solaren Einträge der verschiedenen Fassadenseiten nachweisen.
- Im Quervergleich mit der Nutzerbefragung bewerten 67 % der Lehrer die Raumtemperaturen im Winter als „gelegentlich zu kalt“. Nur 8 % der Lehrer sagen, dass die Temperatur häufig zu kalt ist.
- Von den Schülern werden kalte Temperaturen als erheblich weniger störend empfunden. 40 % der Schüler bewerten die Raumtemperatur als „oft bis immer zu kalt“.

Raumluftfeuchte

- Keine Einschränkung der Behaglichkeit durch zu feuchte oder zu trockene Raumfeuchten in den Messräumen.

Tageslicht

- Die Tageslichtquotienten aller Unterrichtsräume liegen bei Fensterflächenanteilen von 50 bis 59 % im akzeptablen Bereich. Im Vergleich zum Bauteil B haben die beiden Räume im Altbau BT die besseren Tageslichtquotienten.

Kunstlicht

- In den typischen Unterrichtsräumen der Bauteile A und B liegen die installierten Leistungen knapp unterhalb des verbesserten Richtwerts ($p_{B,v}$) nach LEE. In der

weiteren Planungsphase ist hier zu prüfen, ob die Beleuchtungsstärke der dort eingesetzten Spiegelrasterleuchten ausreichend ist

- Auffallend sind die überhöhten Beleuchtungsleistungen im 1993 erbauten Kinderhaus, die Optimierungspotentiale von etwa 40 % bieten.
- Auch in der Sporthalle ist eine Reduzierung der Beleuchtungsleistung bis zu einer Höhe von 46 % möglich.
- Keine der Beleuchtungsanlagen in der Schule hat eine bedarfsgerechte Beleuchtungssteuerung oder elektronische Vorschaltgeräte. Im Rahmen einer Gesamtanierung wird die Berücksichtigung dieser Komponenten zur Erhöhung der Effizienz empfohlen. Eine Reduzierung des Stromverbrauchs um etwa 45 % wird dadurch möglich.

Akustik

- Alle Unterrichtsräume sind vollflächig mit gut funktionierenden Akustikdecken ausgestattet. Dementsprechend liegen die Nachhallzeiten fast ausschließlich im Optimalbereich, so dass die generelle akustische Situation dieser Schule als recht gut einzustufen ist. Dem hohen Anteil von Kindern mit Sprachproblemen wird durch sehr niedrige Nachhallzeiten in den Unterrichtsräumen optimal entsprochen.
- Sanierungsbedarf aufgrund zu hoher Nachhallzeiten ergibt sich insbesondere in Fluren und Treppenhäusern sowie in Räumen der Kindertagesstätte.
- Gemessene Störgeräuschpegel in den Gebäuden unterschreiten die geforderten Grenzwerte, auch Außenlärm hat keine Bedeutung. Dennoch wird von einem bemerkenswert großen Teil der Schüler subjektiv das Lärmproblem im Unterricht als gravierende Störung wahrgenommen. Hier sollte versucht werden, durch pädagogische Maßnahmen Abhilfe zu erreichen.
- Akustische Optimierung ist auch im Bereich von Versammlungsräumen, Bühnen etc. aber auch bei Bereichen für musikalische Betätigung zu empfehlen.

7.2 Sanierungskonzept Wolfsburg

Im Folgenden wird das Sanierungskonzept für Wolfsburg erläutert.

Architektur

Architektonische Gesamtkonzeption:

In der Regenbogenschule Wolfsburg konzentriert sich die Aufgabe im Zuge der Umwandlung in den Ganztagesbetrieb auf zwei konkrete Aufgaben:

- Vollständige Sanierung und Umbau des Altbaus.
- Erweiterung und Umbau des Mensabetriebes im Neubau.

Um den ensembleartigen Charakter der Schule zu stärken und die Identifikation mit der Schule zu verbessern, ist ein Gesamtkonzept zu entwickeln, das die unterschiedlichen Charakteristika der einzelnen Gebäude positiv weiterentwickelt. Besonders die Lichtsituation in den Flurbereichen und Gemeinschaftsflächen wird durch Durchbrüche, Öffnungen und Umorganisationen im ganzen Gebäude verbessert. Die sanitären Anlagen werden neu gestaltet.

Altbau Entwurf:

1. Entwicklung

- ausreichend großer Klassenräume in räumlicher Beziehung zu Gruppenräumen und gegebenenfalls auch zueinander,
- einer neuen Fassade in Kooperation mit dem IGS, die für gleichmäßige, helle Belichtung sorgt, den Ausblick zulässt und die Konzentration im Klassenraum nicht beeinträchtigt,
- einer multifunktionalen „Aula“ im Erdgeschoss mit einer neuen Eingangssituation,
- von Rückzugs- / Arbeitsräumen für die Lehrerinnen und Lehrer,
- gegebenenfalls weiterer Nutzungen im zweiten und dritten Obergeschoss im Zuge der Einrichtung einer Ganztagschule.

2. Im Zuge der Umwandlung zur Ganztagschule, Aktivierung des Werkraumes und der Küche im Souterrain.

Neubau Entwurf:

1. Umbau und Erweiterung eines Mensa-Bereiches.
2. Bauliche Anbindung der Kita an den Neubau.

Außenanlagen Entwurf:

1. Entwicklung
 - eines Konzeptes, das die gesamte Schule mit ihren Gebäuden und den Außenanlagen als ein Ensemble begreift und entwickelt,
 - einer klaren Eingangssituation im Zusammenhang mit dem Altbau.
2. Integration weiterer Spielflächen (zweiter Bolzplatz, Erlebnisräume, Schaukeln, etc.)
3. Sanierung der Bodenbeläge.

Energetische Sanierung

Es werden drei Sanierungsstandards betrachtet:

- Variante 1 - EnEV plus
- Variante 2 - KfW 40 / 60
- Variante 3 - Passivhausstandard (PH)

Gebäudehülle

Vorschlag zur Ausführung der Fassaden:

- Bauteil A, Wärmedämmpaneелеlemente
- Bauteile B und C Wärmedämmverbundsystem (WDVS)

Auf Grundlage der Berechnung der energetischen Standards ergeben sich folgende beispielhafte U-Werte für die Bauteile:

	EnEV Plus	KfW 40 / 60	Passivhaus
U-Werte	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K
Dach	0,20	0,16	0,13
Außenwand	0,22	0,16	0,11
Kellerboden zu Erdreich			0,44
Fenster	1,40	1,20	0,70

Table 25 U-Werte der Bauteile in Varianten

Austausch aller bestehenden Fenster mit Isolierverglasung:

- Varianten EnEV plus und KfW 40 / 60: Fenster mit Wärmeschutzverglasung bzw. Sonnenschutzverglasung (system und objektabhängig)
- Variante Passivhaus: Dreischeibenverglasung (0,7 W/m²K)
- Vorschlag der Architekten von Vertikallamellen für BT A ist durch eine Lichtsimulation geprüft worden.

- Ergebnis: Der Tageslichteintrag ist durch drehbare aber ortsfeste Lamellen in allen Varianten eingeschränkt. Es besteht die Notwendigkeit verfahrbarer Lamellen.
- Aufgrund hoher Kosten der verfahrbaren Vertikallamellen sind Horizontallamellen gewählt worden.
- Allgemein wird außenliegender Sonnenschutz mit Tageslichtlenkung vorgeschlagen

Gebäudetechnik

- Beibehalten der Wärmebereitstellung über Fernwärme mit Primärenergiefaktor 0,50
- Variante 1: Konditionierung mit statischen Heizflächen und einer Fensterlüftung. Ausnahme sind Innenbereiche Neubau EG, 1.OG, 2.OG und 3.OG, die zusätzlich mit einer bestehenden mechanischen Lüftung versorgt werden.
- Varianten 2 und 3: Konditionierung der Unterrichtsräume mit statischen Heizflächen und mechanischer Lüftung mit Wärmerückgewinnung
- BT A -zentrale Zu- und Abluftanlage
- BT B und C - dezentrale Fassadenlüftungsgeräte

Raumklima

- Verbesserung der Luftqualität und des thermischen Komforts in den Unterrichtsräumen durch Lüftungsanlagen
- In Folge Verbesserung der Lern- und Lehrfähigkeit der Lehrer und Schüler

Energetische Bewertung

- Einsparpotential Endenergiebedarf Wärme aller Gebäudeteile gegenüber Bestand:
 - EnEV plus 58 %
 - KfW 40 / 60 74 %
 - Passivhausstandard (PH) 83%
- KfW 40 / 60-Standard wird für das Gebäude C Kindergarten aufgrund eines zu hohen Primärenergiebedarfs nicht erreicht.
- Passivhaus-Standard wird für die Bauteile B und C aufgrund der eingeschränkten Wirksamkeit der Sanierungsmaßnahmen (z.B. geringe Kompaktheit, nicht unterkellerte Bodenplatten) nicht erreicht.

- Höchstes Einsparpotential Endenergiebedarf Wärme gegenüber Bestand für Bauteil A Altbau:
 - EnEV plus 68 %
 - KfW 40 / 60 80 %
 - Passivhausstandard (PH) 87%

Wirtschaftliche Bewertung

- EnEV plus-Standard bei Energiepreissteigerung von 5 % und Betrachtungszeitraum von 20 Jahren wirtschaftlichste Sanierungsvariante
- Bei Sanierungsvarianten KfW 40 / 60 Standard und Passivhausstandard ergeben sich höhere kumulierte Jahresgesamtkosten durch zusätzliche Investitionskosten
- Bei Energiepreissteigerung von 10 % ist Passivhausstandard die wirtschaftlichste Variante, Ausgleich höherer Kapitalkosten durch niedrige Betriebskosten
- Bei Berücksichtigung der Faktoren Klimaschutz und Lerneffektivität ist für das Bauteil A der Passivhausstandard zu empfehlen.
- Sanierung der Bauteile B und C wird im EnEV Plus-Standard empfohlen.

Akustik

- Im Altbau wird der Einbau von hochabsorbierenden „Pinwänden“ von jeweils ca. 10 m² Fläche für einige Unterrichtsräume im EG empfohlen.
- In den Bereichen WC, Flure und Treppenhäuser sind Nachhallzeiten von ca. 2 s durch Einbau bzw. der Erneuerung von Akustikdecken auf den vierten Teil des Istzustandes zu senken.
- Im 1. OG sollte in einem Musikraum, in dem die Nachhallzeiten deutlich zu niedrig sind, der Teppichboden durch einen weitgehend schallharten Bodenbelag, z.B. Parkett ersetzt werden.
- Im Zentralbereich des 2.OG im Altbau sollte der Bühnenraum durch optimal auszurichtende Reflektoren so umgestaltet werden, dass zusätzlich zur direkten Schallabstrahlung von den Akteuren auf der Bühne möglichst viel Schallenergie von der Bühnenrückwand aber auch von der seitlichen Begrenzung und vom Deckenbereich auf die Zuhörer reflektiert wird.

- Bei dem empfohlenen Ersatz der Belüftungsanlage des Altbaus ist sorgfältig auf das Erreichen sehr niedriger Strömungsgeräusche zu achten, insbesondere auch unter dem Gesichtspunkt der vorhandenen sehr niedrigen Störgeräuschpegel.
- Der Grundschul-Eingangsbereich sollte durch Vergrößern der Anzeigetafeln und Ausbildung als Tiefenabsorber akustisch optimiert werden.
- Im Untergeschoss wird im Treppenhaus eine absorbierende Verkleidung der Unterseite der Treppenstufenträger empfohlen.
- Im Schulkindergarten ist im Bereich „Lernen“ der Wandbereich unmittelbar unter der Holzverkleidung des oberen Raumbereichs und im Bereich „Spielen“ der Beton-Querbalken mit Absorberplatten zu verkleiden. Im Flur des Schulkindergartens wird der Einbau einer Akustikdecke empfohlen.

Bestandsanalyse Hildesheim

7.3 Allgemeine Objektvorstellung

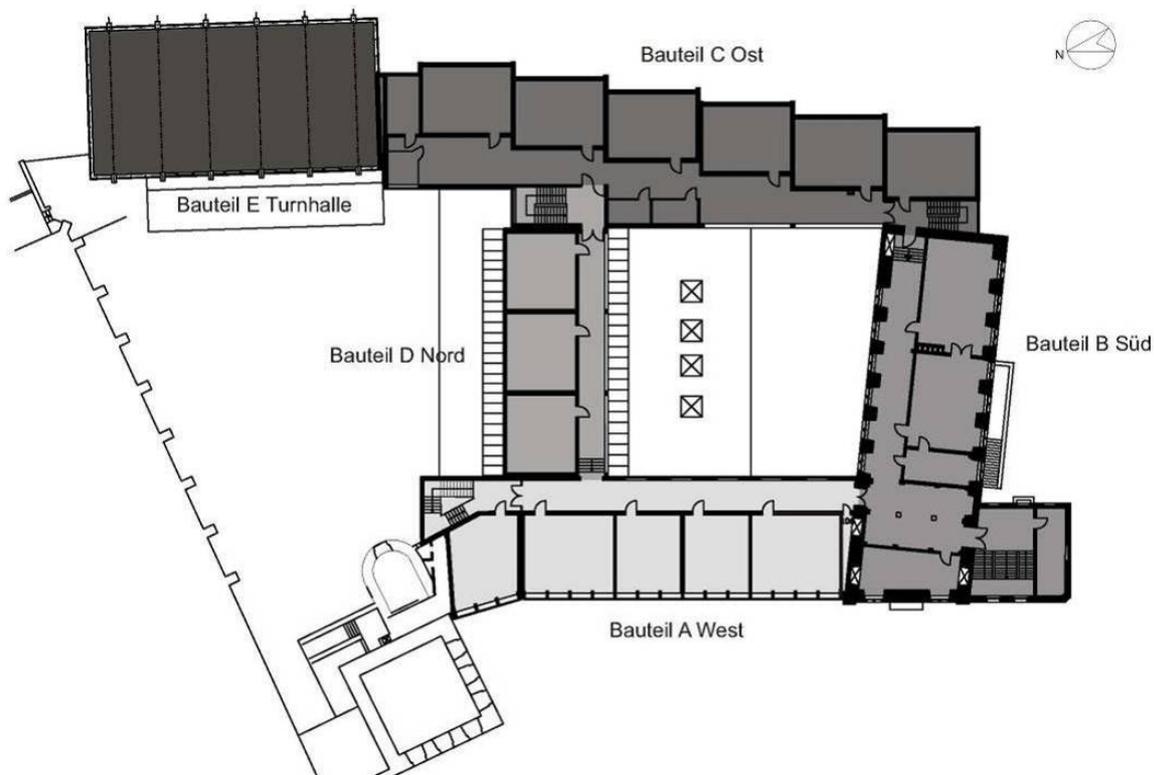


Bild 168 Grundriss 1.OG, Gymnasium Hildesheim

7.3.1 Schulprofil Hildesheim

Schüler/innen	insgesamt 1.047 Schülerinnen und Schüler in den Jahrgängen 5-9: 604 Schülerinnen und Schüler
Klassen	insgesamt 38 Klassen 105 davon 21 Klassen in den Jahrgängen 5-9 ¹⁰⁶
Jahrgänge	5 bis 13 5 bis 7 vierzügig 8 fünfzügig 9 vierzügig 10 fünfzügig 11 zweizügig

¹⁰⁵ In den Jahrgängen 5-11 sind derzeit 28 Klassen. Durch das Kurssystem gibt es in Klasse 12 und 13 streng genommen keine Klassengemeinschaften mehr. Da sich der 12. Jahrgang aus ehemals sechs Klassen und der 13. Jahrgang aus ehemals vier Klassen zusammensetzt, kann man aber von insgesamt 38 Klassen sprechen.

¹⁰⁶ Im Schuljahr 2008/09 wird eine der fünf 10. Klassen ebenfalls im Hauptgebäude unterrichtet, da im KB-Haus nur vier Klassenräume vorhanden sind.

Anzahl Mitarbeiter¹⁰⁷	80 Lehrkräfte 6 Referendare 3 Sekretärinnen 2 Hausmeister (Hauptgebäude und Kolleg-Gebäude) 1 teilabgeordneter Hausmeister (Kardinal-Bertram-Haus) 1 Schulassistent 2 festangestellte Mitarbeiterinnen im Bistro und der Mensa 2 ABM-Kräfte (Bücherhaus und Kardinal-Bertram-Haus)
---	---

Tabelle 26 Kennzahlen Hildesheim Schuljahr 2008/09 ¹⁰⁸

Das Bischöfliche Gymnasium Josephinum liegt in der Stadtmitte im historischen Dombezirk. Im „alten“ Josephinum sind derzeit die Jahrgänge 5-9 untergebracht. Die Jahrgänge 11-13 werden bereits seit 1977 im Kolleggebäude und die 10. Klassen seit Februar 2006 im Kardinal-Bertram-Haus unterrichtet. Die Mensa der Schule befindet sich im so genannten „Remter“, dem Untergeschoss des Kardinal-Bertram-Hauses. Das Kolleggebäude teilt sich das Josephinum mit der nahe gelegenen Marienschule, welches dort ebenfalls seine Oberstufenschülerinnen und –schüler unterrichtet. Bei der Bearbeitung des Projekts wird sich auf das Hauptgebäude ohne die Dependancen Kolleggebäude und Kardinal-Bertram-Haus beschränkt.

Das Josephinum ist ein staatlich anerkanntes Gymnasium für Jungen und Mädchen in der Trägerschaft der Diözese Hildesheim (Konkordatsschule). Die Schule steht für Schülerinnen und Schüler aller Konfessionen offen, darf aber nur eine begrenzte Anzahl nicht-katholischer Kinder aufnehmen (bis zu 30 Prozent). Derzeit wird sie von 844 katholischen und 203 nicht-katholischen Schülerinnen und Schülern besucht. Die Teilnahme am katholischen oder evangelischen Religionsunterricht ist verpflichtend. Über die Hälfte der Schülerinnen und Schüler wohnt nicht in der Stadt Hildesheim; der Einzugsbereich der Schule liegt in einem Radius von 20 km. In der Schülerschaft sind alle sozialen Schichten vertreten, die überwiegende Mehrheit gehört aber der Mittelschicht an. Der Anteil der Kinder, deren Eltern alleinerziehend, arbeitslos sind oder Hartz IV empfangen liegt unter 3%. Die Eltern zahlen ein Schulgeld von 420 € im Jahr, für einkommensschwache Familien oder Alleinerziehende ist eine soziale Ermäßigung möglich. Nur wenige Schülerinnen und Schüler (ca. 2%) sind nichtdeutscher Muttersprache. Der Anteil der Schülerinnen beträgt ca. 40%. Bis vor 30 Jahren besuchten das Josephinum nur Jungen, während das benachbarte Mariengymnasium, ebenfalls ein freies Gymnasium in katholischer Trägerschaft, bis vor 15 Jahren nur Mädchen aufnahm. Bis heute wird daher, teilweise aus der Tradition heraus, die Marienschule mehrheitlich von Mädchen und das Josephinum mehrheitlich von Jungen besucht.

¹⁰⁷ Ein Teil der Mitarbeiter ist teilzeitbeschäftigt. Eine diesbezügliche Differenzierung ist für die Durchführung dieses Forschungsprojektes nicht erforderlich.

¹⁰⁸ Stand 05.12.2008

An maximal drei Tagen endet der Schultag für einen Teil der Schülerinnen und Schüler an (Montag, Mittwoch und Donnerstag) mit dem Ende der achten Stunde um 14.30 Uhr. Für alle Klassen ist an diesen Tagen eine einstündige Mittagspause eingeplant. Für die fünften und sechsten Klassen findet diese in der 5. Stunde statt, für die neunten Klassen in der 6. Stunde und für die siebten und achten Klassen in der 7. Stunde. Die Jugendlichen haben in dieser Zeit die Möglichkeit in der Mensa ein warmes Mittagessen einzunehmen und/oder verschiedene Freizeitangebote wahrzunehmen. In den Pausen bietet das Bistro Josephinum, auch „Bi-Jo“ genannt, Getränke und Snacks an. Die Ausweitung zur Ganztagschule ist nicht geplant, da dies, laut Aussage der Schulleitung, nicht im Interesse der Elternschaft liegt.

Tendenziell wird die Zahl der Schülerinnen und Schüler, die das Josephinum besuchen, in den nächsten fünf Jahren um ca. 30% abnehmen¹⁰⁹. Durch das Abitur nach 12 Jahren entfällt ab dem Schuljahr 20011/12 ein Jahrgang. Es ist geplant, dass der 10. Jahrgang dann in das Oberstufengebäude übersiedelt. Die Schulverwaltung steht vor der Entscheidung das Kardinal-Bertram-Haus zu halten und die neunten Klassen dort zu unterrichten, was im Hauptgebäude räumliche Kapazitäten schaffen würde, oder das Haus aufzugeben, was langfristig einen Ausbau des Hauptgebäudes, z.B. des Dachstuhls, unumgänglich werden ließe.

7.3.2 Architektur Hildesheim

	Grunddaten
Baujahr	1694 / Wiederaufbau 1951 -1970 / 2001
Fläche	12.500 m ² NGF gesamt
Konstruktion	Vorwiegend Massivbau mit tragenden Wänden, Putzfassade mit Lochfenstern u. tlw. Fensterbändern, Ostfassade mit Sichtbeton
	Bau- und Planungsphasen
Bauteil A + B	1951 Wiederaufbau des hist. Altbaus (Bauteil B) 1961 an Altbau angrenzender Gebäudeteil am Domhof (Bauteil A)
Baujahr Bauteil C + D + E	1961 ehem. Wohnhaus Hausmeister / Bücherei am Lesehof 1966 Gebäudeteil Hückedahl (Bauteil C) mit Querriegel (Bauteil D1) 1970 Turnhalle (Bauteil E) 2006 Planung Mensa, Eigenplanung
Aula	2001 Lippitz Architekten
	Typologie
gesamt	Gebäudeensemble (mit Dependancen in der Stadt). Zentrale Anlage als Hoftypus mit einhöftiger Flurerschließung

Tabelle 27 Architektonische Kenndaten Hildesheim

¹⁰⁹ nach Aussage des Schulleiters; basierend auf Daten der Primarschulen der Stadt Hildesheim

Beschreibung

Das Bischöfliche Gymnasium Josephinum bindet sich mit Dom, Domhof, Dommuseum und umliegenden Gebäuden in den historischen Nukleus der Stadt ein.

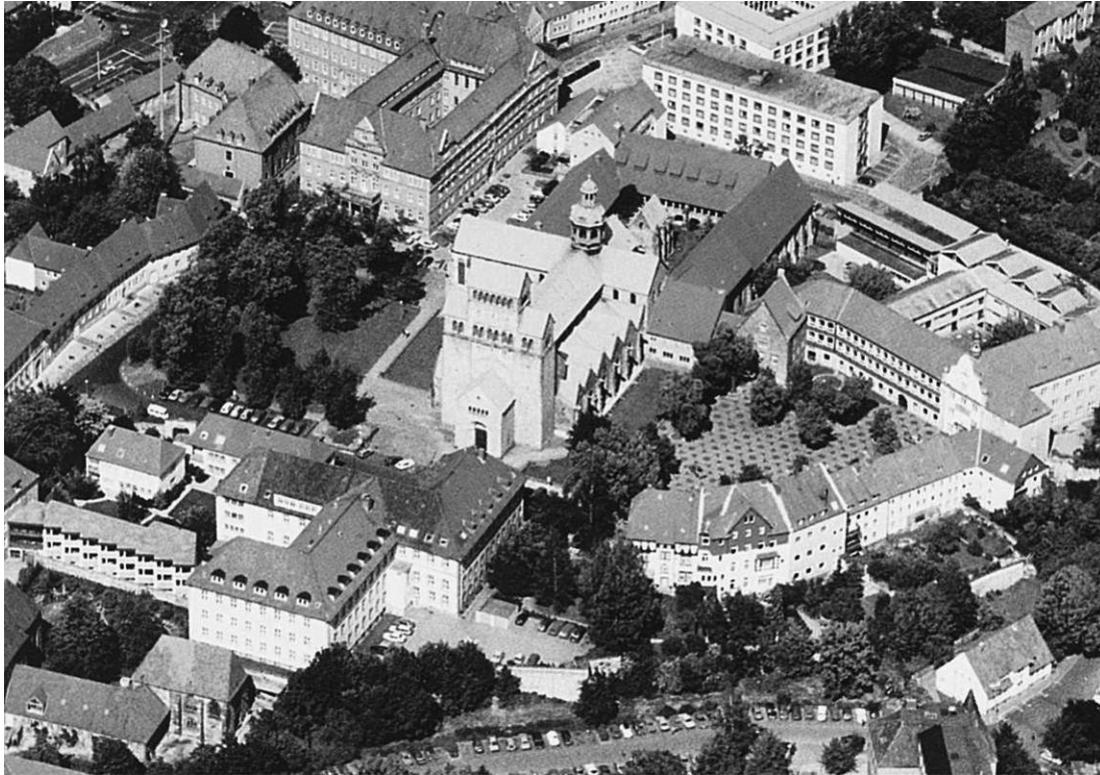


Bild 169 Luftbild des Gymnasiums mit Mariendom und Domplatz

Obwohl das Gymnasium aus unterschiedlichen Gebäudeteilen besteht, die über einen Zeitraum von ca. 50 Jahren entstanden sind, wirkt das zum Domhof hin historisierende, zum Hückedahl kritisch moderne Ensemble wie eine geschlossene, homogene Einheit. Die ringförmige Hofanlage, die kompakte Anordnung der Gebäudekörper, die gestalterische Stringenz zwischen rekonstruierten Bauteilen und neuen Bauteilen in Materialität und Detaillierung sowie die historische Anlage an sich tragen dazu bei. Gerade in den im Wiederaufbau neu errichteten Teilen gibt es ein Zusammenspiel aus gestalterischer Klarheit und Feinheit sowie räumlicher Differenz.

Außenraum

Zurzeit wird die Schule um zwei Unterrichtsgebäude in unmittelbarer Nähe (Kardinal-Bertram-Haus und Kolleggebäude Mariano-Josephinum), eine Mensa und ein kleines Bibliotheksgebäude ergänzt. Der Außenraum besteht aus mehreren kleinen Höfen sowie dem öffentlichen Domhof.

7.3.3 Gebäudetechnik Hildesheim

Das Hauptgebäude des Bischöflichen Gymnasiums Josephinum sowie die angrenzende Turnhalle werden über zwei ölbefeuerte Heizkessel mit Wärme versorgt. Bereitgestellt wird die Wärme über statische Heizflächen. Bis auf kleine mechanische Abluftanlagen in Sonderbereichen wie den naturwissenschaftlichen Räumen sind die Gebäudeteile natürlich belüftet.

Der bauliche und technische Zustand aller Gebäudeteile ist sanierungsbedürftig. Es ergeben sich spezifische Energiekennwerte für Wärme von 152,1 kWh/a m² NGF und Strom von 15,9 kWh/a m² NGF. Dies entspricht den Vergleichswerten der EnEV für Bestandsschulen mit 155 kWh/a m² NGF Wärme und von 15,5 kWh/a m² NGF Strom.

7.4 Pädagogik

7.4.1 Pädagogisches Konzept

Bei der Anmeldung zur fünften Klasse können sich Eltern und ihre Kinder am Josephinum für eines von drei Profilen entscheiden. Zur Wahl stehen die „Latein-Klasse“, die „Chor-Klasse“ und die „Forscher-Klasse“. Das bedeutet für die Kinder pro Woche zusätzlich die Teilnahme an zwei Stunden AG in Latein, Chorunterricht oder Naturwissenschaften. Beim Übergang in die siebte Klasse findet eine erneute Profilwahl statt. Zur Wahl stehen der „Europazweig“ (drei Fremdsprachen), der kulturell-religiöse Zweig (3-4 Stunden Projektarbeit) oder der naturwissenschaftlich-kreative Zweig (ebenfalls 3-4 Stunden Projektarbeit). Für die Schülerinnen und Schüler der Oberstufe stehen weitere vier Profile zur Auswahl.

Im Josephinum werden ergänzend zum Pflichtunterricht über 30 Arbeitsgemeinschaften aus den Bereichen Sport, Musik, Kunst, Fremdsprachen, Mathematik, Naturwissenschaften, Astronomie und Theater angeboten. Für die Jahrgänge 5 und 6 ist die Teilnahme an den AGs im Rahmen der Profilwahl obligatorisch. Für die Klassen 5-10 besteht ein Förderangebot in den Fächern Deutsch, Englisch, Französisch, Spanisch, Latein und Mathematik. Gelernt wird dabei in Kleingruppen unter Anleitung eines Fachlehrers und mit der Unterstützung eines kompetenten, älteren Schülers. Im Rahmen der Förderung des religiösen und sozialen Lernens können die Schülerinnen und Schüler unter Anleitung ausgebildeter Mentorinnen und Mentoren (Lehrkräfte der Schule), ein Paten- oder Streitschlichteramt übernehmen oder sich im Schulsanitätsdienst engagieren. In der 10. oder

11. Klasse ist für alle Jugendlichen ein dreiwöchiges Praktikum in einer sozialen Einrichtung obligatorisch.

7.4.2 Auswertung I – Nutzerbefragung, teilnehmende Beobachtungen, Expertengespräch¹¹⁰

An den Nutzerbefragungen haben sich 28 Lehrkräfte und 102 Schülerinnen und Schüler, davon 62 Jungen und 40 Mädchen, des siebten, achten und neunten Jahrgangs beteiligt. Die pädagogische Feldstudie am Gymnasium Josephinum wurde vom 07.-11.04.2008 durchgeführt. Die teilnehmenden Beobachtungen fanden am 07. April 2008 von der ersten bis zur sechsten Stunde vorwiegend in der Klasse 5d (Raum 210) statt. In den großen Pausen und der Mittagsfreizeit wurde die Hospitation fortgeführt, beschränkte sich in diesen Zeiten aber nicht auf die beobachtete Lerngruppe. An dem Expertengespräch am 08. April 2008 beteiligten sich neben dem Schulleiter Benno Haunhorst und dem Schulkoordinator Jens Eichhoff zwei weitere Lehrkräfte und drei Schülervetreter.

Von 28 Lehrkräften beurteilen in den Nutzerbefragungen 15 die Größe ihres Klassenraumes bezogen auf die Anzahl der Schülerinnen und Schüler und die von ihnen bevorzugten Lehr-/Lernmethoden als ausreichend und elf als eher zu eng. Lediglich zwei Lehrkräfte bewerten ihren Klassenraum als sehr eng, vier dagegen gleichsam als eher geräumig.



Bild 170 Klassenraum der 8g2,
Raum 203.¹¹¹ (Schülerfotografie, 8g2)

Die tatsächlichen Klassenraumgrößen am Josephinum liegen bei 44 m² bis 60 m². Das erfüllt selbst bei den größeren Klassenräumen bei einer Frequenz von 26 bis 32 Schülerinnen und Schülern gerade einmal die in den Schulbaurichtlinien angegebene Richtgröße von zwei

¹¹⁰ Alle Angaben zu den Lerngruppen und Raumbelagungen beziehen sich auf das Schuljahr 2007/08.

¹¹¹ Mit 44,7 m² einer der kleinsten Klassenräume im Josephinum. Zwei Schüler kommentierten ein Foto von ihrem Klassenraum mit den Worten „In diesem Ort halten wir uns nicht so gerne auf, da er zu klein ist und es im Sommer zu warm ist.“

Quadratmetern Fläche pro Schüler¹¹². Gruppenräume oder andere Ausweichräume sind kaum vorhanden. Die Einschätzung der meisten Lehrkräfte korreliert also durchaus mit den realen Gegebenheiten. Die Ausreißer (2x sehr eng, 4x eher geräumig) erklären sich durch die teilweise erheblich voneinander differierenden Raumgrößen sowie Klassenstärken. Entscheidend für das Urteil der Lehrerinnen und Lehrer ist sicherlich auch, welche Arbeits- und Sozialformen sie in ihren eigenen Unterricht integrieren bzw. gerne integrieren möchten. Zwar zeichnet sich auch am Josephinum ein Trend zu einem schülerzentrierten Unterrichten ab – im Expertengespräch wurde der Wunsch nach geeigneten Räumen für die Durchführung geöffneter Arbeitsformen wie dem Lernen an Stationen oder der Projektarbeit durchaus artikuliert – die Durchführung ebendieser konnte aber zumindest während des Hospitationszeitraumes im Gegensatz zu den untersuchten Grundschulen nicht beobachtet werden. Die Aussagen der Lehrkräfte zur Häufigkeit des Einsatzes von Arbeits- und Sozialformen mit höherem Raumbedarf blieben sehr vage („Das ist sicherlich ganz unterschiedlich, hängt vom Fach ab, hängt vom Kollegen ab, hängt von den Inhalten ab“). Eine Kollegin merkte während des Gespräches an, dass die Durchführung von materialintensiven oder kooperativen Lernformen in einigen Klassenräumen aufgrund der räumlichen Enge nicht möglich sei und in diesen Fällen gänzlich darauf verzichtet werde. Es nehme im Alltag zu viel Unterrichtszeit in Anspruch, zuerst alles wegzuräumen und umzustellen. In den größeren Klassenräumen, in denen zurzeit die fünften und sechsten Klassen unterrichtet werden (Bild 171), könnten zumindest die Fensterbänke für die Materialauslage genutzt werden¹¹³.

Unabhängig von den eingesetzten Arbeits- und Sozialformen wird von Lehrkräften und den Schülerinnen und Schülern die grundsätzlich empfundene Enge in den Klassenräumen beklagt. Die Rucksäcke stehen zwischen den Tischen auf dem Boden. Wenn alle etwas aus dem Schrank, der zumeist an der hinteren Wand steht, holen möchten, kommt es schnell zu Gedränge. Die Jugendlichen empfinden den Raum vor allem dann als eng, „wenn alle in die Pause gehen“, während des Unterrichts sei es hingegen „normal“¹¹⁴. Die Schülerinnen und Schüler kritisieren vor allem die zu kleinen Arbeitstische. In den meisten Räumen befinden sich Einzel- und Partnerarbeitstische mit den Maßen 75 x 65 cm bzw. 130 x 50 cm. Was das für die Raumgestaltung bedeutet, soll an einem Beispiel verdeutlicht werden. In der Klasse 8g2 werden 28 Schülerinnen und Schüler unterrichtet. Der Klassenraum, in dem 14 Partnerarbeitstische aufgestellt sind, hat eine Größe von 44,7 m². Das entspricht einer

¹¹² Die Vorgaben sind in den Richtlinien der Bundesländer nicht einheitlich. Nordrhein-Westfalen sieht z.B. für Klassenräume in allgemeinbildenden Schulen 2,25 m² pro Schüler vor, Bremen empfiehlt 2 m² und zusätzlich 10 m² Bewegungsfläche.

¹¹³ Expertengespräch am 08.04.2008

¹¹⁴ Mündliche Aussage einer Schülergruppe der Klasse 8g2 im Schuljahr 2007/08. Die Aussage basiert auf den Unterrichtserfahrungen der Lerngruppe, die überwiegend frontal unterrichtet wird.

Fläche von 1,6 m² pro Schüler. Die Maße der Schülertische summieren sich zu einer benötigten Stellfläche von 9,1 m², was bei der genannten Raumgröße bereits einem Flächenanteil von 20,4 % entspricht. Da zusätzlich für jede Schülerin und jeden Schüler eine Nettobewegungsfläche, ohne die Tischfläche, von mindestens 1 m² vorhanden sein sollte¹¹⁵, werden in diesem Raum allein für die Schülerarbeitsplätze insgesamt 37,1 m² der Gesamtfläche benötigt. Abzüglich der Fläche für den Lehrerarbeitsplatz, dem Raum vor der Tafel und der Stellfläche für zumindest ein Regal oder einen Schrank, bleibt nahezu kein freier Bewegungsraum übrig. Größere Schülerarbeits-tische können, obwohl empfehlenswert, in diesem Raum de facto nicht untergebracht werden. Auf die Nutzung weiterer Flächen (Flure, Verkehrsflächen, Außengelände) wird bislang nicht bzw. nur äußerst selten zurückgegriffen.



Bild 171 Klassenraum der 5d, Raum 210 (Josephinum, Hildesheim).¹¹⁶

Von einigen Lehrkräften wurde in den Nutzerbefragungen auch die Ausstattung der Klassenräume bemängelt. In etlichen Klassenräumen fehlen geeignete Projektionsflächen, Waschbecken und Möglichkeiten für die Aufbewahrung von Materialien. Mehrfach wird der Wunsch nach größeren Pinnwänden oder Magnettafeln für das Anbringen von Arbeitsergebnissen geäußert.

Ein häufig zwischen Schülerschaft und Schulleitung diskutiertes Thema ist die Farbgestaltung der Klassenräume. Die Lerngruppen sind am Josephinum für jeweils zwei Jahre in einem Raum. In einem Turnus von drei Jahren werden alle Klassenräume neu gestrichen. In der Vergangenheit hatten die Schülerinnen und Schüler ein Mitbestimmungsrecht sowohl bei der farblichen Gestaltung als auch bei der Ausgestaltung

¹¹⁵ Zum Vergleich: Die deutsche Arbeitsstättenverordnung sah bis 2004 gemäß § 24 (1) pro Arbeitnehmer eine freie Bewegungsfläche von mindestens 1 m Breite und 1,50 m² Größe als „unabdingbares Minimum“ vor. (Buddensiek 2005, 4). In der Novellierung vom 25.08.2004 heißt es allerdings nur noch: „Die freie unverstellte Fläche am Arbeitsplatz muss so bemessen sein, dass sich die Beschäftigten bei ihrer Tätigkeit ungehindert bewegen können.“ (Bundesministerium für Justiz)

¹¹⁶ Mit 58,8 m² zwar geräumiger als Raum 203, bei derzeit 32 Schülerinnen und Schüler aber immer noch unterhalb der in den Schulbaurichtlinien angegebenen Fläche pro Kind (1,8 m²). Bei diesem Raum handelt es sich um einen der größten in der Schule vorhandenen Klassenräume!

der Klassenzimmer. Das führte immer wieder zu „Ausreißern“ bezüglich der Farbwahl, so dass nachfolgende Lerngruppen sich teilweise weigerten in diese Räume einzuziehen. Gewünscht ist daher für die Zukunft ein einheitliches Farbkonzept mit der Möglichkeit der reversiblen Ausgestaltung. Zu bevorzugen ist dabei eine Farbgebung, die durch einen freilassenden, warm-weichen Raumeindruck gekennzeichnet ist, da dieser besonders positiv auf Schüler wirkt¹¹⁷.

Im Schulgebäude sind laut Aussage aller Nutzerinnen und Nutzer insgesamt zu wenig Aufenthalts- und Rückzugsorte, sowie Arbeitsräume für die Schülerinnen und Schüler vorhanden. Angebote für die Mittagsfreizeit finden derzeit in dem durchweg positiv beurteilten Raum E06 (T-Treff) statt. Dort können die Jugendlichen Gesellschaftsspiele ausleihen und spielen. Weiterhin werden das Foyer und die Sporthalle für Sportspiele genutzt. Für das Erledigen der Hausaufgaben steht den Schülerinnen und Schülern der Silentiumraum, Raum 103, zur Verfügung. Es handelt sich dabei um einen umgenutzten Klassenraum, dessen Einrichtung jedoch kaum an die neue Funktion angepasst wurde (Bild 172). Konzentriertes Arbeiten ist dort ohne Beaufsichtigung einer Lehrperson nicht möglich, da der Geräuschpegel schnell ansteigt. Dieser Raum strahlt auf den ersten Blick wenig Behaglichkeit aus, wird von den Schülerinnen und Schülern aber dennoch angenommen und ist regelmäßig gut frequentiert. Im Unterschied zu den Kindern der Grundschulen, differieren die Bedürfnisse und Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler in den unterschiedlichen Jahrgängen in Bezug auf die Gestaltung des Freizeitbereiches in der Schule sehr stark. Während die Jüngeren sich in den Nutzerbefragungen eher „gemütliche Ecken“ wünschen, äußern die Älteren den Wunsch nach einer „Schülerlounge“, in der man Tischkicker, „Playstation“ und „X-Box“ spielen und „in Ruhe leben kann“. Das Bedürfnis sich jahrgangsweise zu separieren ist stark ausgeprägt. Im Freizeitbereich findet eine regelrechte Wanderbewegung statt. Jede Gruppe besetzt auf Zeit eine bestimmte Nische, verlässt ein Jahrgang nach der neunten Klasse das Gebäude, rückt der nächste Jahrgang auf. Dieses Phänomen lässt sich am deutlichsten in der Pausenhalle beobachten. Der neunte Jahrgang hat das Privileg einen der Pausenhöfe, den so genannten „Neuntklässlerhof“, für ein Jahr alleine nutzen zu dürfen und hält sich daher nur noch bei schlechtem Wetter in der Pausenhalle auf. Die siebten und achten Klassen besetzen die durch Sitzbänke und eine interessante Aussicht attraktive Fensterfront hin zum Leunishof sowie die Stehtische an der südlichen Wand der Pausenhalle (siehe Bild 181). Den fünften und sechsten Klassen bleiben als Aufenthaltsort der aufgrund seiner schlechten Belüftbarkeit eher unbeliebte Schülerwarteraum sowie die Fensterfront hin zum Fachklassentrakt.

¹¹⁷ Die Aussage bezieht sich auf eine Untersuchung von Rittelmeyer, in der Schulgebäude und Räume mit z.B. zarten Farben und Lasuren freilassend und befreiend auf die Schüler wirkten, während knallige, grelle Farben häufig als bedrängend oder beengend bezeichnet wurden.



Bild 172 *Silentiumraum (Zschesche)*



Bild 173 *Schülerwarteraum (Schülerfoto 8g2)*

Von den Schülerinnen und Schülern werden mehr Bewegungsangebote bzw. mehr Möglichkeiten für Aktivitäten gefordert. Vor allem im Außenbereich bestehen diesbezüglich Defizite. Da die Schule im Stadtzentrum liegt, sind die Außenflächen ohnehin sehr knapp und können kaum erweitert werden. Die auf dem Domhof parkenden Autos schränken die Bewegungsmöglichkeiten zusätzlich ein und werden sowohl von Schüler- als auch von Lehrerseite als problematisch eingestuft. Positiver als der Domhof wird von vielen Schülerinnen und Schülern der Leunishof beurteilt. Er ist gerade in den Sommermonaten als Rückzugsort recht beliebt. Der „Neuntklässlerhof“ wird in den Sommermonaten ebenfalls gut angenommen, wird aber bei schlechtem Wetter kaum genutzt, da es an überdachten Unterstellmöglichkeiten und geeigneten Sitzgelegenheiten fehlt.



Bild 174 *Domhof*

(Schülerfoto 8g2)



Bild 175 *Leunishof*

(Schülerfoto)



Bild 176 *Neuntklässlerhof*

(Schülerfoto 8g2)

Von Seiten des Lehrerkollegiums werden die Ausstattung des Lehrerzimmers und der Mangel an Lehrerarbeitsplätzen kritisiert. Gefordert wird außerdem ein Raum für Eltern- bzw. Schüler-Lehrer-Gespräche. Die Schulleitung weist im Expertengespräch diesbezüglich darauf hin, dass im Bücherhaus ruhige Räume zur Verfügung stünden, die sowohl für die Unterrichtsvorbereitung als auch für Eltern- bzw. Schüler-Lehrer-Gespräche genutzt werden

können, diese aber bislang kaum angenommen werden. Die beim Gespräch anwesenden Lehrkräfte begründen dies damit, dass man im Bücherhaus separiert sei und der ebenfalls als sehr wichtig empfundene Austausch mit den Kolleginnen und Kollegen dadurch behindert werde. Da aufgrund der bisherigen Erfahrungen Konsens darüber besteht, dass die derzeitige Lage des Lehrerzimmers im ersten Stockwerk sehr ungünstig ist, wird ein Tausch mit den Kunsträumen im Erdgeschoss vorgeschlagen. Im neuen Lehrerzimmer sollen zusätzliche Arbeitsplätze in Form abgeschirmter Nischen integriert werden, die ein konzentriertes Arbeiten ermöglichen, gleichzeitig aber die Kommunikation mit den Kolleginnen und Kollegen ohne einen Raumwechsel gestatten.

7.4.3 Auswertung II – Schülerprojekt

Das Schülerprojekt wurde am 08. und 11. April 2008 in der Klasse 8g2 durchgeführt. Am ersten Projekttag erfolgte die Einführung in die Aufgaben und am zweiten die Auswertung der Ergebnisse.

Die Schülerinnen und Schüler des Josephinum haben mehrheitlich weniger klassische Lernräume wie Klassen- oder Fachräume, sondern hauptsächlich Freizeitbereiche, Orte zum Zurückziehen, Ausruhen und Bewegen fotografiert. Das lag teilweise sicherlich daran, dass einige Fachräume während der Erkundung nicht zugänglich waren, weil dort Unterricht stattfand und das Schulgebäude insgesamt wesentlich größer als die untersuchten Grundschulen ist. „Nicht immer stand eine Lehrkraft, der Schulassistent oder der Hausmeister zur Verfügung, um einzelne Räume aufzuschließen. Dennoch sind die Ergebnisse sehr aufschlussreich. Zunächst soll ein Überblick über die Verteilung der erstplatzierten positiven (grün) und negativen (rot) Orte innerhalb und außerhalb des Schulgebäudes gegeben werden (Bild 177 und Bild 180).



Bild 177 Verteilung „positiver“ und „negativer“ Orte (UG)

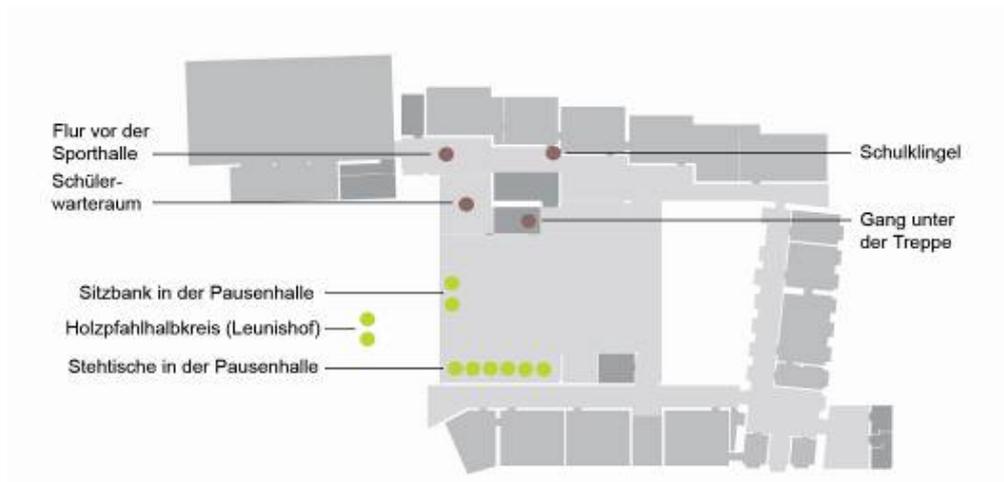


Bild 178 Verteilung „positiver“ und „negativer“ Orte (EG)

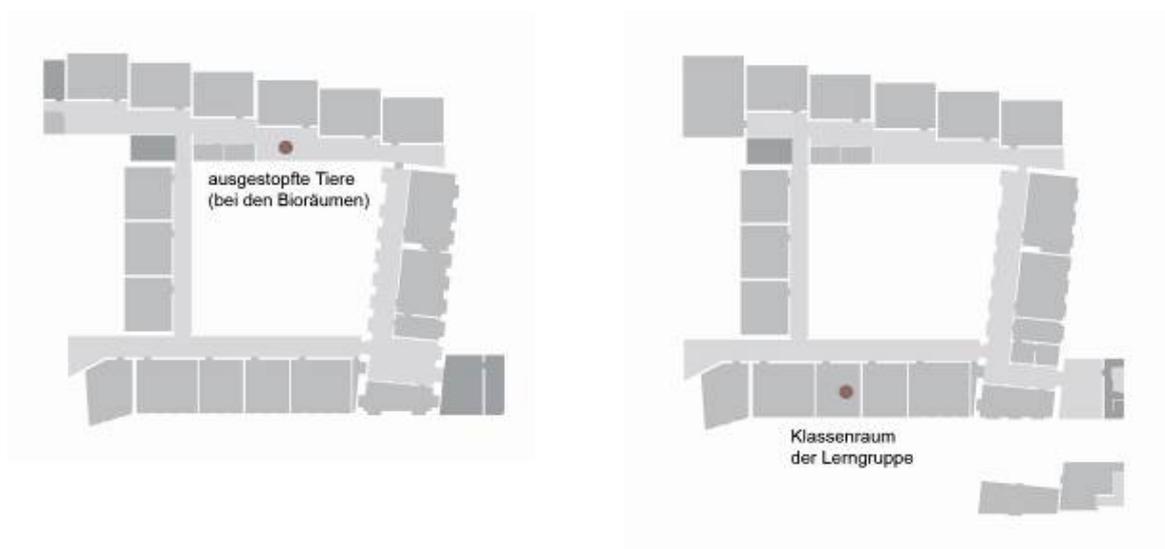


Bild 179 Verteilung „positiver“ und „negativer“ Orte (1.OG)

Bild 180 Verteilung „positiver“ und „negativer“ Orte (2.OG)

Einen außerordentlich hohen Stellenwert nimmt die Pausenhalle für die gesamte Lerngruppe ein. Sie wurde von allen Teams auf den ersten oder zumindest auf den zweiten oder dritten Platz gesetzt. Am häufigsten wurden dabei die Stehtische favorisiert (Bild 181). Auf den Fotografien wirkt der Raum durch die Fensterfront zum Leunishof, das Oberlicht und die Wandfarbe hell und freundlich.. An der Wand befinden sich lange Heizkörper und Sitzbänke. Davor stehen mobile Stehtische, die bedarfsgerecht gruppiert werden können. Begründet wird die Vorliebe für diesen Ort damit, dass er „sehr hell“ ist (2x), es dort im „Winter über der Heizung warm ist“ (2x), er als Treffpunkt dient und man dort gut Karten spielen oder Hausaufgaben machen kann. Ihm wird gleichermaßen die Funktion eines Rückzugsortes und eines Kommunikationsortes (Treffpunkt) zugewiesen. Wofür die Schülerinnen und

Schüler ihn gerade nutzen, variiert wahrscheinlich im Verlauf des Schultages. Während es in den Pausen in der gesamten Pausenhalle eher hektisch und laut zugeht, ist es dort während der Mittagsfreizeit, wenn sich nur die siebten und achten Klassen zeitgleich im Schulgebäude aufhalten, relativ ruhig und durchaus zum Erledigen der Hausaufgaben geeignet. Insgesamt wurden drei Orte in der Pausenhalle fotografiert, weshalb einige Schülerinnen und Schüler auch auf Platz zwei und/oder drei einen in der Pausenhalle befindlichen Ort gewählt haben. Das „Bi-Jo“ wird siebenmal fotografiert, dabei sechsmal positiv und einmal negativ bewertet.



Bild 181 Der am häufigsten gewählte „positive“ Ort: Stehtische in der Pausenhalle

Diese sind gut, wenn man z.B. Hausaufgaben erledigen möchte. Und wenn es mal kalt ist, gibt es dort Heizungen, wo man sich hinsetzen kann. (Laura, Julia)

Ein sehr schön heller Ort, der als Treffpunkt dient. (Damian, Patti)

Ebenfalls ganz weit oben in der Beliebtheitskala angesiedelt sind die außen liegenden Pausenhöfe. Sechsmal wurden der Leunishof und jeweils dreimal der „Neuntklässlerhof“ und der Domhof gewählt. Dies korreliert mit den Wünschen der Schülerinnen und Schüler in den Nutzerbefragungen. Mehrere Jugendliche beurteilen die Außenbereiche als wichtig und positiv, wünschen sich aber eine Aufwertung der Freiflächen. Als störend werden vor allem die parkenden Autos auf dem Domhof erwähnt, fehlende Unterstell- und Sitzmöglichkeiten auf dem Leunishof und die schon morschen Holzpfähle (dienen ebenfalls als Sitzgelegenheit) auf dem Leunishof (vgl. Bild 175).

In Bezug auf die negativen Räume wurde den Schülerinnen und Schülern zuvor mitgeteilt, dass ihr Negativurteil über die Schülertoiletten bereits aus den Nutzerbefragungen klar hervorgeht und dieser Raum bei der Erkundung daher unberücksichtigt bleiben soll. Da das Forscherteam diese Räume bereits als sanierungsbedürftig erkannt hat, wären weitere „Beweise“ für den schlechten Zustand nicht zielführend gewesen.

Von allen Jugendlichen negativ beurteilt: die unterschiedlichen Fachraumtrakte



Bild 182 Flur zu Chemieräumen

Ein stinkender, dunkler Flur, der zu den Chemieräumen führt (Thorben; Niklas E.)



Bild 183 Flur vor der Sporthalle

Hier ist es meist sehr kalt und die blauen Schließfächer passen überhaupt nicht in den Raum, denn der Raum ist gelb gestrichen. Das passt einfach nicht zusammen. (Laura, Julia)

Als besonders negativ werden von den Jugendlichen die Fachraumtrakte, davon am häufigsten der Chemietrakt beurteilt. Auf den Fotografien der Schülerinnen und Schüler wirkt der niedrige und fensterlose Flur im Untergeschoss, der zu den Chemieräumen führt, dunkel und erdrückend. Zwei Jungengruppen begründen ihre Ablehnung für den Flur in beinahe gleichem Wortlaut damit, dass es dort dunkel sei und schlecht rieche. Die Flure vor der Sporthalle, den Biologieräumen und den Umkleieräumen wurden von jeweils einer Mädchengruppe und damit von allen Mädchen der Lerngruppe als negativste Räume ausgewählt. Gemeinsam haben alle negativ beurteilten Fachraumtrakte neben dem dunklen Steinfußboden, den weißen Metalllamellen an den Decken und der gelben Wandfarbe, dass sie i.d.R. völlig schmucklos und keinerlei ausgestaltende Elemente vorhanden sind.

Zusammenfassend wurden Räume von den Jugendlichen dann als negativ eingestuft, wenn sie dunkel oder klein sind (je 3x), sie schmutzig sind oder die Einrichtung beschädigt ist, sie schlecht riechen (je 2x), es dort im Winter zu kalt oder im Sommer zu warm oder der Raum schlecht belüftbar ist (je 1x). Bei dieser Zusammenstellung ist zu berücksichtigen, dass nur die erstplatzierten Fotografien entsprechend kommentiert wurden und bei den auf Rang zwei bis sechs gewählten Fotografien, implizit wahrscheinlich ähnliche Attribuierungen zutreffen.

Eine Jungengruppe setzt ein hör- und eigentlich nicht sichtbares Element des Schulalltages auf Rang eins der negativen Orte: die bei Lehrkräften und Schülerschaft äußerst unbeliebte Schulglocke („Die Schulglocke klingt schrecklich!“).

7.5 Gebäudeanalyse (Architektur)

7.5.1 Auswertung I – grafische Gebäudeanalyse

Obwohl das Gymnasium aus unterschiedlichen Bauteilen besteht, die über einen Zeitraum von ca. 50 Jahren entstanden sind, wirkt das Ensemble wie eine geschlossene, homogene Einheit. Hierzu tragen die ringförmige Anlage, die kompakte Anordnung der Gebäudekörper, die gestalterische Stringenz zwischen rekonstruierten und neuen Bauteilen auch in Materialität und Detaillierung bei. Gerade in den im Wiederaufbau neu gebauten Teilen gibt es ein Zusammenspiel aus gestalterischer Klarheit und Feinheit sowie räumlicher Differenz. Insgesamt erscheint die Anlage in seiner relativ hohen architektonischen Qualität in allen Bereichen (von der Raumkonzeption bis zur Detaillierung) in guten baulichen Zustand.

Das Gymnasium ist in kompakter Form um den Hof organisiert. Im Erdgeschoss wird diese durch die Eingänge und die Aula anstelle des Hofes zu einer horizontalen Abfolge von miteinander verwobenen Raumfolgen aufgeweicht.

Die Einbindung der verschiedenen Außenräume und der Dependancen der Schule geben dem Ensemble einen spannungsvollen Wechsel von verschiedenen Räumen, innen und außen und privaten und öffentlichen (städtischen) Räumen. Hierzu steht im positiven Kontrast die Einfachheit des Schulgebäudes.

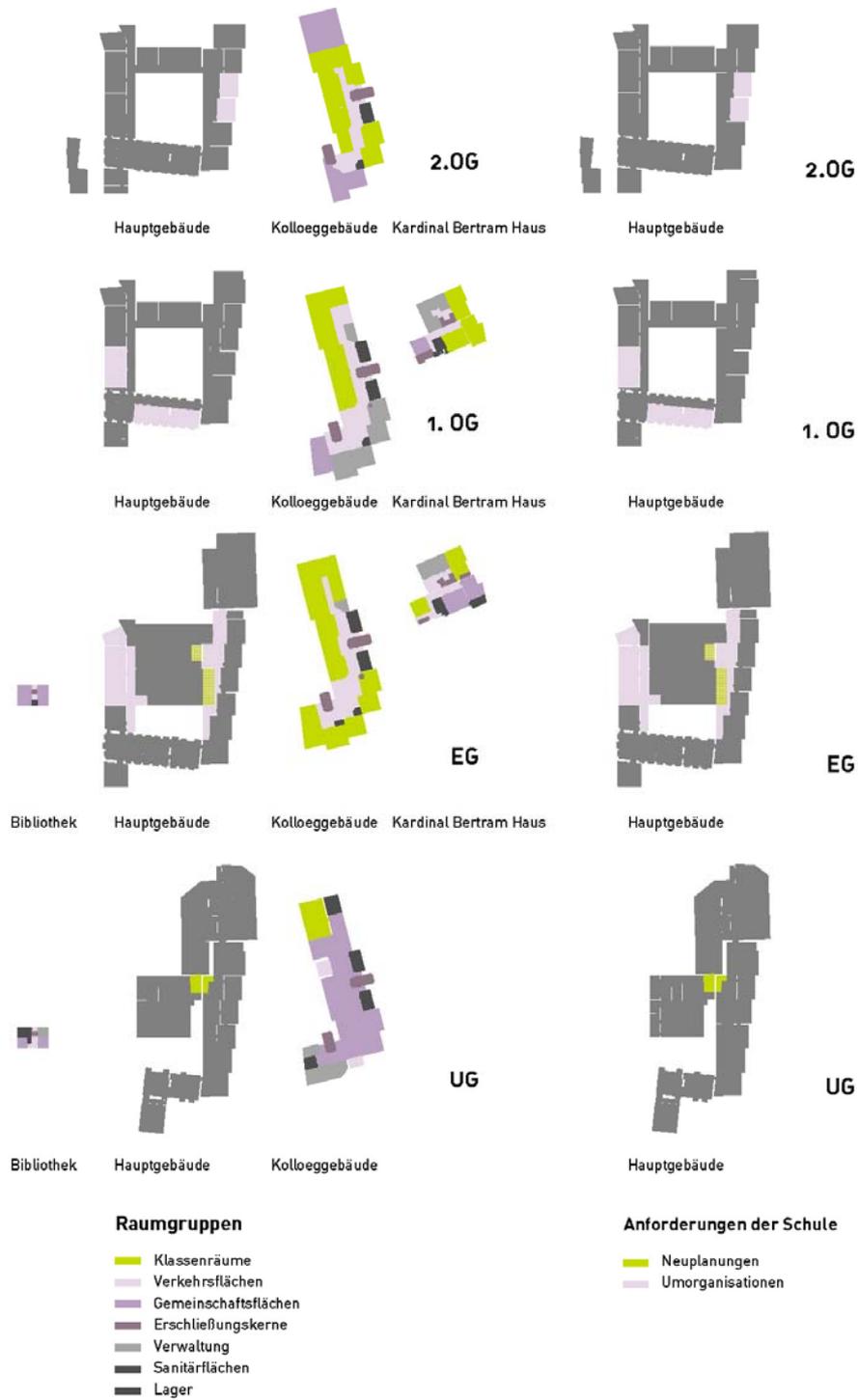


Bild 184 Raumgruppen und die Anforderungen der Schulleitung.

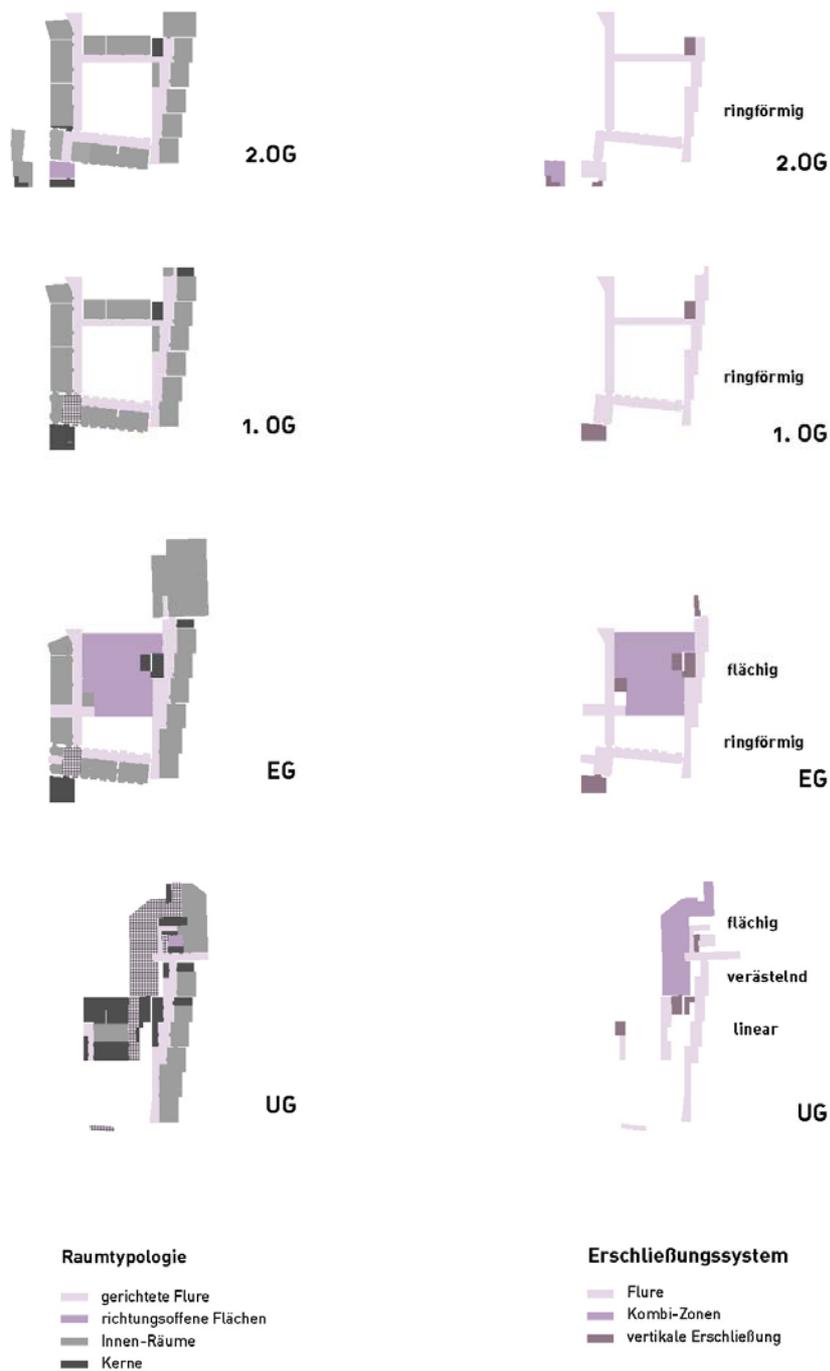


Bild 185 Raumtypologien und Erschließungssysteme.

In Hildesheim ist in allen Bereichen ein geringer Wechsel zwischen den Raumtypologien, den Raumgrößen, den Lichtsituationen und Raumarten festzustellen. Die Übergänge sind deutlich („dienende“ Flure und „bediente“ Klassen).

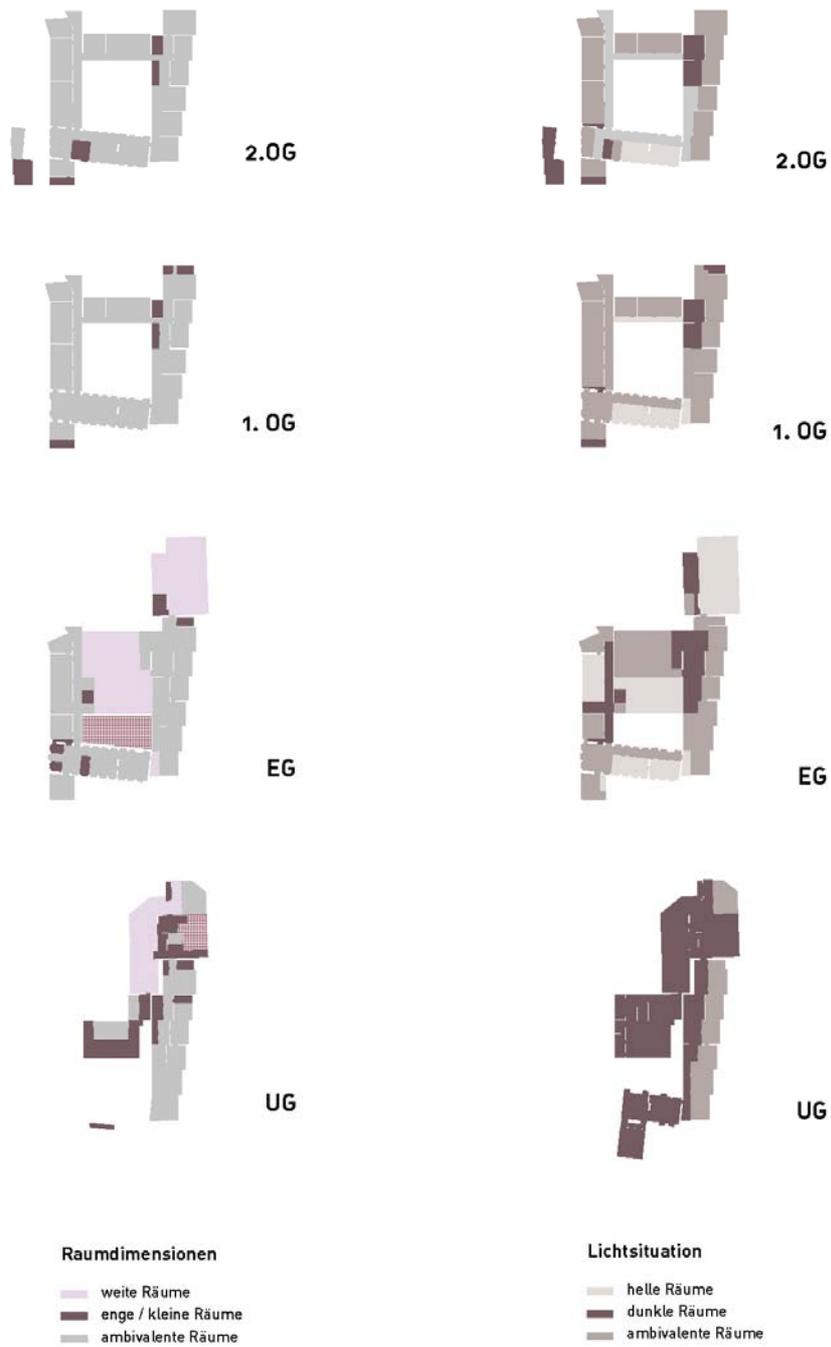


Bild 186 Raumdimensionen und Lichtsituationen.

Raumdifferenzen ergeben sich eher durch subtilere Attribute wie die Richtung des Tageslichtes, Niveauversprünge der einzelnen Trakte und unterschiedliche Geschosshöhen.

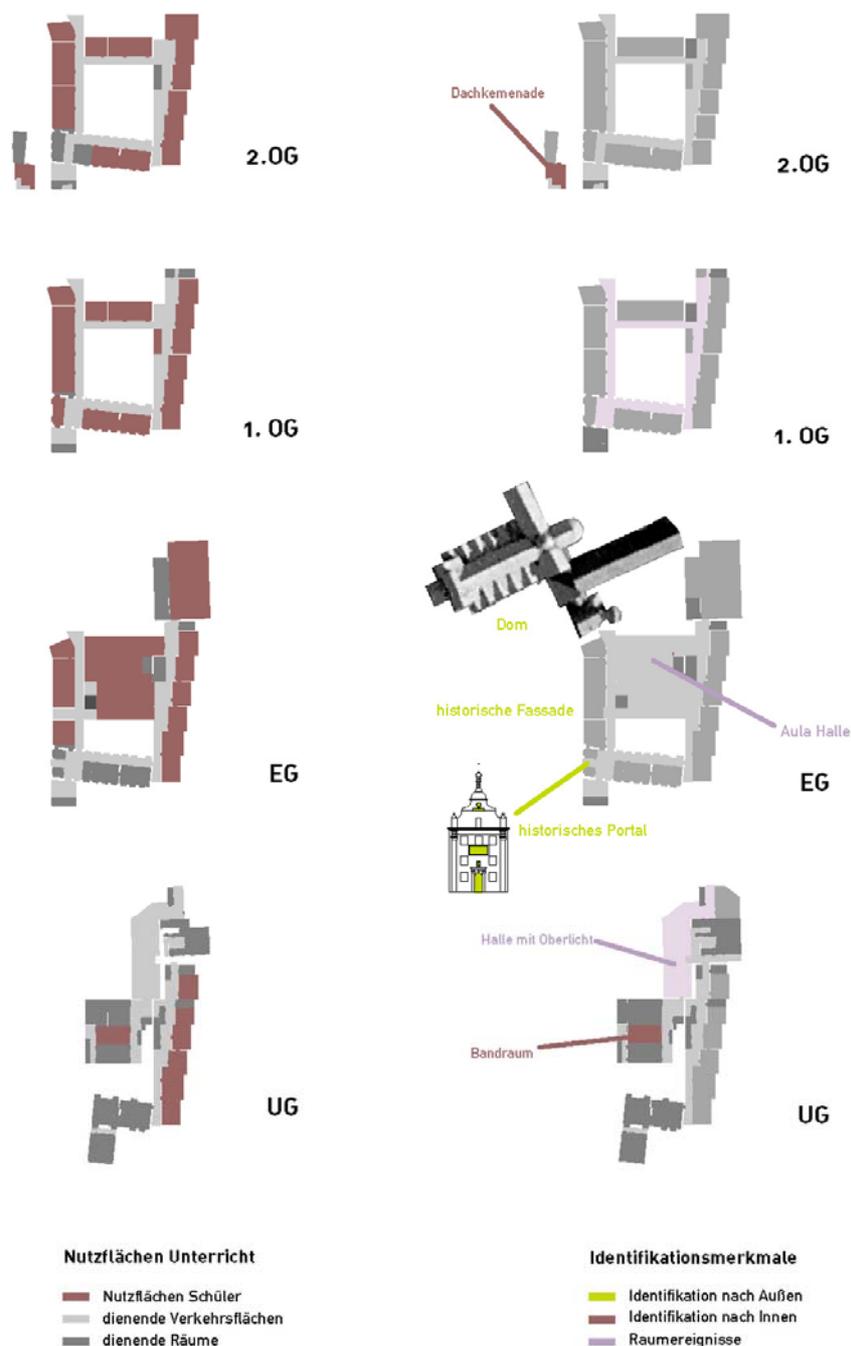


Bild 187 Nutzflächenverhältnis und Identifikationsmerkmale

In Hildesheim gibt es ein hohes Identifikationspotential auf symbolischer Ebene durch z.B. die zentrale Einbindung in den Nukleus der Stadt, die Anbindung an den Dom, die historischen Attribute wie das Barockportal und die gesellschaftliche Definition. Die symbolische Aufladung in Hildesheim ist kongruent zu der homogenen und in der Anlage an Klöster erinnernden Klarheit.

7.5.2 Auswertung II – Nutzerbefragung, Expertengespräch

Allgemein werden hier Aspekte der Gebäudewirkung eher positiv beurteilt, praktische Belange eher negativ kritisiert. Diese Kritik deckt sich auch mit dem hohen empfundenen Identifikationswert der Schule. Allgemein wird dem Gebäude eine angenehme, helle ansprechende Atmosphäre zugesprochen, das einen funktionalen Rahmen für einen fruchtbaren Unterricht bietet. Negativ bewertet werden vor allem technisch-funktionale Aspekte wie mangelnde Pflege und Reinigung, technisch-räumliche Ausstattung und der Sanierungsbedarf vor allem des Osttrakts:

Die Bewertungen des Schulgebäudes der Lehrkräfte laufen zusammengefasst auf drei sich ergänzende und verbindende Aspekte hinaus: Das Gebäude wird als eine „Mischung aus funktionalen Zweckbau bzw. Bau der Moderne und „altehrwürdiger“ „Traditionsbau“ in Verbindung zu Dom und Stadt beschrieben, dass über ein „insgesamt helles und freundliches Innenleben“ verfügt. Die zentrale Lage in der Stadt wird als etwas Besonderes empfunden. Darüber hinaus wird mehrmals auch die stringente Organisation im Grundriss (der „quadratische, logische Aufbau“) sehr positiv bewertet und die „vier rechteckig angeordneten Flügel“ um „einen Innenhof“ als das charakterisierende Spezifikum benannt.

Ferner werden Einzelräume wie vor allem die Pausenhalle, die auch bei den Schülern durchweg sehr beliebt ist, dann auch vereinzelt die Klassen, Flure und Sonderräume, der Fahrradkeller und das Lehrerzimmer positiv bewertet. Besondere Nennung finden auch die renovierten bzw. technischen Fachräume (Computerraum, Physik). Das Bistro ist eine wichtige Einrichtung für die Schüler.

Als besonders negativ werden vor allem praktische Belange wie die zu kleinen und schlecht proportionierten Klassenräume, die fehlenden Gruppen- oder Arbeitsräume sowie die als eng empfundenen Flure und Treppen benannt. Die Flure verspringen in der Höhe und sind somit zwar räumlich spannungsvoll, aber unpraktisch und nicht behindertengerecht. Die Weitläufigkeit im Gebäude und im gesamten Ensemble, mangelnde Rückzugsmöglichkeiten oder Aufenthaltsräume und vor allem Pausenflächen innen wie außen werden mehrfach angeführt. Die Höfe sowie der öffentliche Domhof reichen kaum als Außenflächen für die Schüler aus. Spiel- und Sportflächen fehlen im erheblichen Maße, doch die Vielfalt der Pausenhöfe und die damit verbundene Entmischung der Altersstufen wird von den Schülern sehr positiv bewertet.

Die Ausstattung und der bauliche Zustand der Klassenräume, des Osttrakts, des Kardinal-Bertram-Hauses und der Sporthalle und vor allem der Zustand der Toilettenanlagen werden, besonders bei den Schülern, als unzureichend kritisiert. Vereinzelt ergänzt wird diese Kritik durch die Nennung der zugigen, unangenehmen Orte wie Fahrradkeller oder Foyer und den nüchternen Fluren. Der Eingangsbereich ist laut Expertengespräch dunkel und es fehlt eine

Art räumlicher Auftakt, der den Besucher empfängt und auch die Orientierung erleichtert. Der Umkleidebereich der Sporthalle wirkt düster und nicht mehr zeitgemäß.

Große Flächen in Dachgeschoß werden lediglich als Abstellflächen genutzt. Eine Aktivierung des Dachstuhls wird als sinnvoll, aber aus Gründen des Denkmalschutzes als problematisch bewertet.

Als Kommunikationsorte werden eigentlich nur das Lehrerzimmer und die Flure genannt. Der Tenor ist, dass es weder Zeit (durch die disparate Lage der Schulgebäude) noch richtige Räume dafür gibt und man sich also entweder zwangsläufig nur im Lehrerzimmer trifft oder jeder zufällige Begegnung meist auf den Fluren zum Gespräch nutzt.

Die sehr zurückhaltende Farbgebung im Josephinum führt offensichtlich dazu, dass diese vielfach als solche gar nicht wahrgenommen wird. 16 Lehrer haben zu den Farben der Klassen und 20 Lehrer zu den Farben in den Fluren keine dezidierte Meinung. Von den Restlichen werden die Farben entweder als positiv hell oder trist wahrgenommen. Die „hellen Wände, Böden und Decken in Kombination mit historischen Elementen“ in Holz werden als positive Materialverbindung und Träger der „historischen Atmosphäre“ häufig genannt. Umgekehrt werden auch „langweilige Farben“ zusammen mit „dunklen Flächen“ und Böden als negative Raumgestaltungsmaterialien angeführt.

Im Expertengespräch wird eine Aktivierung der Flure gefordert. Zwar wird die Binnendifferenzierung mithilfe von Themen- und Arbeitsecken als wünschenswert angeführt, doch der eigentliche Grund hierfür liegt in den zu engen und teilweise schlecht belichteten Klassenräumen. Durch die potentielle Verlagerung der neunten Klassen in das Kardinal-Bertram-Haus könnten vier Klassenräume frei werden, die als Gruppenräume zu nutzen wären und den Raummangel entspannen würden.

Die Schulleitung versucht in den Pausen die unterschiedlichen Altersstufen voneinander zu trennen. Altersspezifische Vorlieben für die Pause zeichnen sich auch in der Befragung der Schüler ab: In der 7. Klasse gibt es vornehmlich den Wunsch nach Bewegung und Spiel neben dem Wunsch nach Aufenthalt mit Sitzgelegenheiten in der Pausenhalle. In der 8. und dann besonders in der 9. Klasse verschiebt sich die Gewichtung hin zum „Chillen“ in der Pausenhalle.

Von vielen Schülern wird die Schule als „groß und „mit vielen Räumen“ und „Treppen“ und „übersichtlich, hell, geordnet und klar gegliedert“ charakterisiert. Die Bewertungen hierüber gehen aber deutlich auseinander: der eine Teil beurteilt diese Eigenschaften positiv im Sinne von „freundlich, ruhig, harmonisierend“ und „schön“, der andere Teil negativ als „ungemütlich, kalt, einfarbig, kirchlich, altmodisch, veraltet, unschöne Farben, hässlich, langweilig, ungemütlich und antik“. Auch in der Frage nach dem Identifikationspotential der Schule lässt sich die altersstufentypische Beobachtung machen: die Identifikation nimmt mit zunehmenden Alter von fast völliger Zustimmung zu starker Ablehnung deutlich ab. Hier

bleibt die Frage, ob es sich hierbei nun um „Protestverhalten“ handelt, oder ob die Schule tatsächlich mehr Angebote für jüngere Schüler aufweist als für ältere. Aus den Begründungen für diese Angabe ist dies nicht ersichtlich.

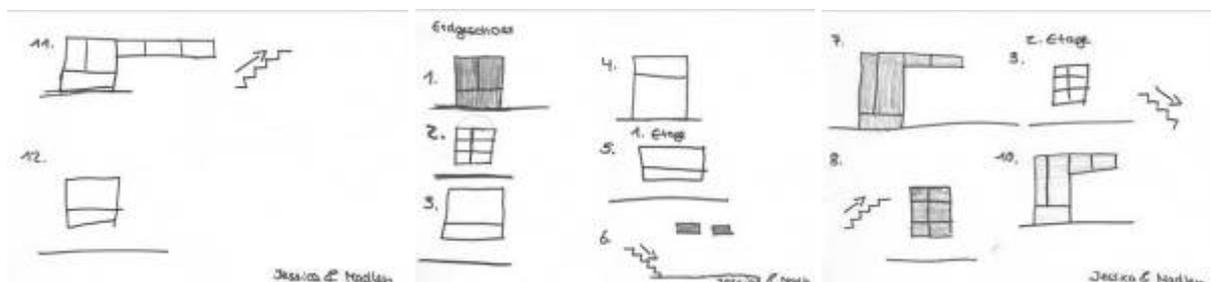
7.5.3 Auswertung III – Schülerprojekt

Auch die Neuntklässler des Bischöflichen Gymnasiums haben im Allgemeinen mit viel Kreativität, Sensibilität und guter Beobachtungsgabe in der kurzen Zeit vor allem auch sehr abstrakt architektonische Themen in grafischen Zeichnungen analysiert und dargestellt, was hier anhand von zwei Beispielen nur kurz gezeigt werden kann:

Zwar erscheinen die Flure des Gymnasiums recht gleichförmig, doch Jessica und Madlen haben durch ihre grafische Reihenuntersuchung herausgefunden, dass es nicht nur viele verschiedene Fensterformate in den Fluren gibt, sondern dass diese durch die Treppenstufen zwischen den Flurbereichen auch plötzlich in wechselnden Höhen im Verhältnis zum Betrachter stehen. Sie haben in sehr klarer und reduzierter Weise veranschaulicht, dass sich durch die Bewegung im Raum auch die Raumwahrnehmung selbst verändert. Gleichzeitig informieren ihre Analysen darüber, wie hell die Fenster den Flur belichten.

Thorben und Niklas untersuchen die komplexe Wechselwirkung von Bewegungsrichtung im Raum, der Raumform und die Modulation des Lichts. Ihre weichen, sehr stimmungsvollen Zeichnungen fokussieren über die bisherigen Aspekte hinaus auf den Zielpunkt in der Bewegung (eine helle Treppe, ein Fenster, eine Tür). Der Rhythmus von Licht und Schatten in der Tiefe der Räume wird direkt spürbar.

Durch die gemeinsame abschließende Besprechung aller Arbeiten ist für die Klasse die Vielschichtigkeit der individuellen Beobachtungen des Raumes offensichtlich geworden.



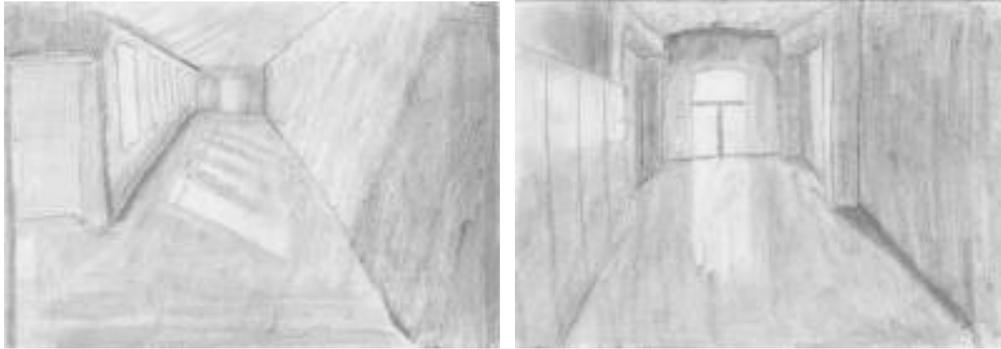


Bild 188 *Exemplarische Ergebnisse des Schülerprojektes : Jessica und Madlen; Thorben und Niklas*

7.5.4 Zusammenfassung

Das Gymnasium wird als eine kompakte und homogene Einheit von relativ hoher gestalterischer Qualität betrachtet. Die Aula stellt die räumliche und funktionale Mitte des Gebäudes dar, hat aber auch den Charakter eines Durchgangsraumes. Die Aula hat im hinteren Bereich undefinierte Restflächen, die räumlich neu entwickelt werden sollen. Bestimmend ist die klosterartige Ringerschließung, die alle Gebäudeeinheiten kraftvoll miteinander verbindet. Dabei sind die Flure jeweils fein differenziert. Sie bieten kaum Aufenthaltsmöglichkeiten. Die Zugangssituation ist räumlich unbefriedigend und dunkel, die Orientierung hier schlecht. Der Eingang wird wegen des Barockportals daneben leicht übersehen. Die Einbindung der Außenräume ist integraler Bestandteil des Schulensembles. Sie sind in ihrer Funktion gestalterisch längst nicht adäquat entwickelt.

Da sich die meisten zukünftigen Anforderungen voraussichtlich nach Umstrukturierungen der Räume richten werden, ist ein langfristiges gestalterisches Konzept für innenräumliche Maßnahmen ein Schwerpunkt in der Konzeptentwicklung. Ziel kann es sein, neben konkreten baulichen Anforderungen einen konzeptionellen Gestaltungskatalog zu entwickeln, wie zukünftig auf immer wieder neu auftretende vor allem innenräumliche Veränderungen reagiert werden kann.

Die Erweiterung der Schule um die Dependancen ermöglicht es, die Schule im inneren umzustrukturieren und z.B. Gruppenräume zu integrieren.

Die historische Fassade zum Domplatz ist von gestalterischer Qualität, die zu erhalten ist. Umso mehr fällt der zu sanierende Fachklassentrakt am Hückedahl dagegen ab. Die Sanierung dieses Gebäudeteils sollte mit dem Anspruch, der Schule hier ebenfalls ein Gesicht zur Stadt zu geben, angegangen werden, um den Eindruck einer vernachlässigten Rückseite zu vermeiden.

7.6 Gebäudeanalyse (Technik)

Im Rahmen der Bestandsanalyse werden der Gebäudezustand, insbesondere der Gebäudehülle aufgenommen. Neben den technischen Daten zur Erzeugung, Verteilung, Abgabe und zum Verbrauch der Energie werden die funktionalen und konstruktiven Merkmale der Gebäudeteile erfasst.

Nach dem Grundriss in Bild 189 wird das Josephinum in Hildesheim zunächst in vier Bauteile unterschieden:

- BT A West Eingangsgebäude
- BT B Süd Altbau
- BT C Ost Neubau
- BT D Nord Neubau

7.6.1 Grundriss

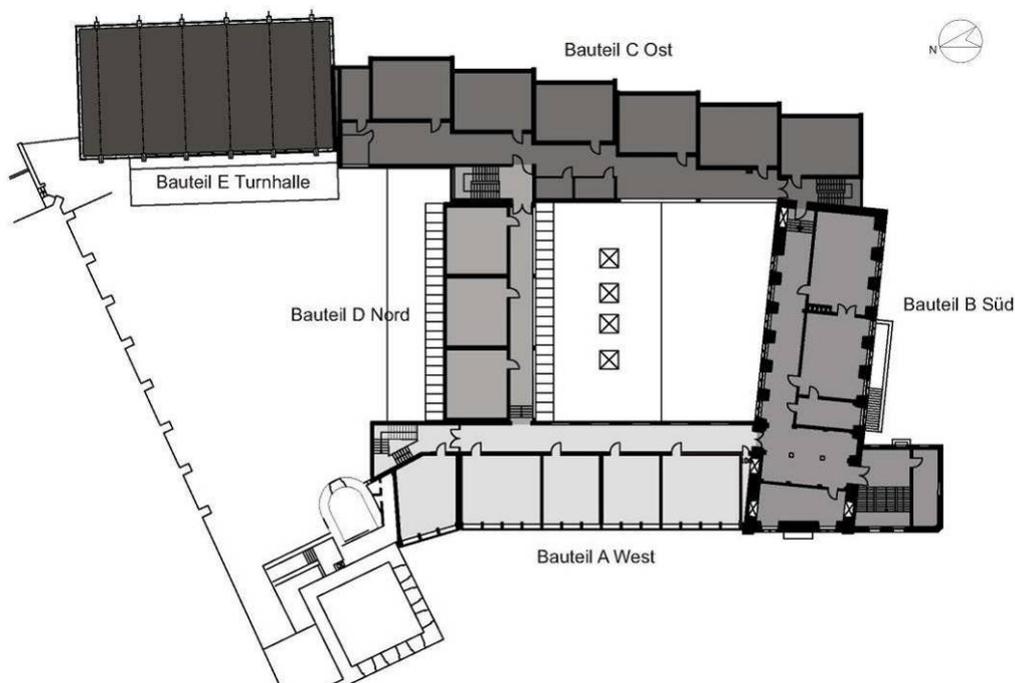


Bild 189 Grundriss Josephinum

In Absprache mit dem Schulbetreiber wird im Weiteren auf die Einbeziehung des Bauteils E Sporthalle verzichtet.

7.6.2 Gebäudehülle

Im Folgenden werden die Qualitäten und die Schwachpunkte der großteils unsanierten Gebäudehüllen für die einzelnen Bauteile erläutert. Zur genaueren Beurteilung der bauphysikalischen Qualität der Gebäudehülle werden die Thermographieaufnahmen bewertet. Die thermografische Untersuchung ist am 28.03.08 von 6:00 bis 7:30 Uhr bei Außentemperaturen von 4,7°C durchgeführt worden.

Bauteil A - West

Das Gebäude ist in den 50er Jahren in Stahlbetonskelettbauweise gebaut worden. Die Hauptfassade West ist als Lochfassade ausgebildet. Die opaken Außenwandflächen bestehen aus 24 cm starken Ausmauerungen zwischen den Betonpfeilern (24 cm x 84 cm). Im Jahr 2005 ist Wärmedämmung auf die Brüstung der Obergeschosse aufgebracht worden. Da genauere Angaben zur Bestimmung des U-Wertes fehlen, wird der U-Wert mit 0,7 W/m²K angenommen.

Zudem sind die Fenster der Westfassade durch neue mit einer Wärmeschutzverglasung ($U_w = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$) ausgetauscht worden.

Die östliche Lochfassade besteht aus einem 36 cm starken ungedämmten Mauerwerk, die mit einem U-Wert von 1,9 W/m²K (Ost) angenommen wird. Die Fenster sind weiterhin mit Einscheibenverglasung eingebaut ($U_w = 4,6 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Über der obersten Geschossdecke befindet sich ein ungeheizter Dachraum.



Bild 190 BT A Westwand



Bild 191 BT A Ostwand



Bild 192 BT A Klassenraum West



Bild 193 BT A Treppenhaus Nord

Die Thermografieaufnahme des Bauteils A in Bild 194 zeigt die Wärmebrücken am ungedämmten westlichen Betontragwerk der Stützen und der Decken.

Die Ausmauerung im Brüstungsbereich hat eine bessere thermische Qualität. In Bild 195 sind die Wärmebrücken an der östlichen Fassade zum Innenhof sichtbar. Deutlich bildet sich das Betontragwerk ab. Aber auch die Mauerwerksflächen zeigen einen erhöhten Wärmeverlust.

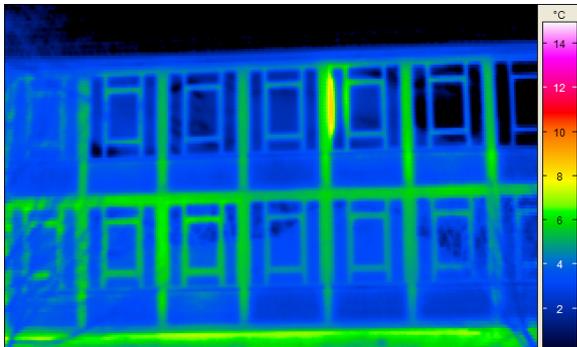


Bild 194 BT A Ansicht Westwand

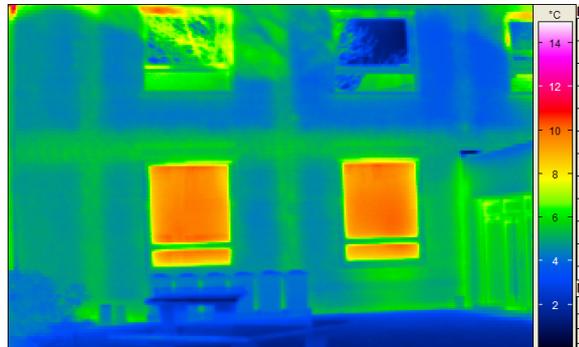


Bild 195 BT A Ansicht Ostwand

Bauteil B - Süd

Der Gebäudeteil B ist ein historischer Mauerwerksbau mit Lochfassaden, der in Teilen auf das Jahr 1694 zurückgeht. Unter Denkmalschutz steht nur der westliche Portalbereich. Optische Veränderungen sind auf Wunsch des Schulbetreibers für alle Fassaden des Bauteils nicht möglich.



Bild 196 BT B Südwand und Bücherei



Bild 197 BT B Nordwand

Die Stärken des Mauerwerks reichen von 130 cm im EG bis 86 cm im 2.OG. Für die Heizkörper sind Nischen ausgebildet. Es ist ein mittlerer U-Wert $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ angenommen worden.

Im Jahr 2005 sind an der Südfassade und an der Westfassade des Portals die Fenster ($U_w = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$) erneuert worden. Die Nordseite zum Innenhof und der Gebäudeteil südlich des Portals sind weitgehend mit Einscheibenfenster ausgerüstet. Über der obersten Geschossdecke befindet sich ein ungeheizter Dachraum.

Ein Sonnenschutz ist nicht vorhanden. Zum Blendschutz sind die Klassenräume lediglich mit Vorhängen ausgestattet.



Bild 198 BT B Klassenraum



Bild 199 BT B Fenster Flur

Die größten Schwachstellen des Bauteils B liegen in den Heizkörpernischen der historischen Wand, da die Wandstärke dort auf 24 cm reduziert ist (s. Bild 200). Aber auch die restlichen massiven Wandflächen haben am Ende des Heizperiode durch die Erwärmung der großen Speichermasse wie in Bild 201 ersichtlich eine erhöhte Wärmabgabe.

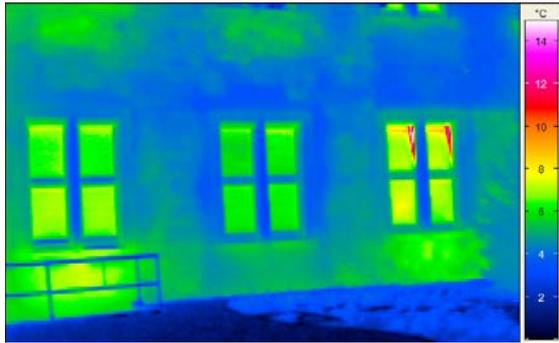


Bild 200 BT B Ansicht Südwand

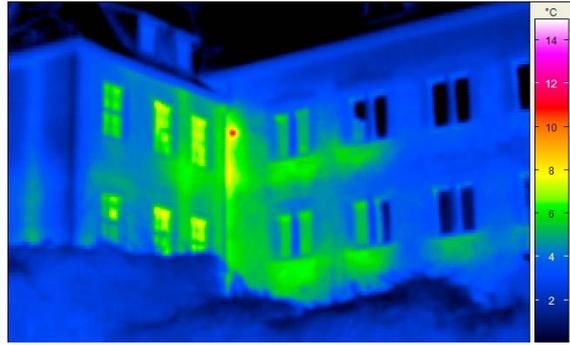


Bild 201 BT B Ansicht Südwand

Bauteile C - Ost und D - Nord

Die beiden Gebäudeteile sind 1960 in Stahlbetonskelettbauweise errichtet worden. 1969 ist nördlich der Gebäude C und D eine Sporthalle (BT E) angebaut worden.



Bild 202 BT C Ostwand



Bild 203 BT C Westwand

Die Hauptfassaden (BT C Ost, BT D Nord) zu den Klassenräumen sind als Bandfassade und die Fassaden zu den Fluren als Lochfassade (BT C West, BT D Süd) ausgebildet. Die opaken Außenwandflächen der Hauptfassaden, bestehen aus Sichtbeton, die Nebenfassaden zu den Fluren in West- bzw. Nordrichtung aus Mauerwerk. Auch die schmalen Fassadenteile des Bauteils C in Nord- und Südrichtung sind in Sichtbeton erbaut. Da genauere Angaben zur Bestimmung eines U-Wertes fehlen, wird der U-Wert des Wandaufbaus der Sichtbetonflächen mit $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ angenommen.

**Bild 204** BT C Ostwand Fassadendetail**Bild 205** BT C Ostwand Fassadendetail

Die Westfassade des Bauteils C ist im Jahr 2007 mit einem Wärmedämmverbundsystem ($U_{Aw} = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$) und Fenstern mit Wärmeschutzverglasung ($U_w = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$) saniert worden. Dazu ist die Pfosten-Riegel-Fassade des südlichen Treppenhauses erneuert worden. Das Mauerwerk des Bauteils D ist ungedämmt, der U-Wert wird mit $U_{Aw} = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ angenommen.

Die Holzfenster der östlichen Klassenraumfassaden Bauteil C stammen aus der Bauzeit und haben eine Isolierverglasung ($U_w = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$). Nimmt man bei Fenstern eine mittlere Lebenserwartung von 25 Jahren an, sind die Holzfenster (Baujahr 1960) seit langem abgängig. Die bauphysikalischen Mängel der Verglasung und der Rahmen sind hoch. Das gilt insbesondere für die Undichtigkeiten.

In einem Teilbereich des Flurs an der Sporthalle befindet sich weiterhin die Einscheibenverglasung ($U_w = 4,6 \text{ W/m}^2\text{K}$) aus der Bauzeit.

Im Osten des Bauteils C ist ein außenliegender, schienengeführter Sonnenschutz in Form von Horizontallamellen aus Aluminium integriert, der größtenteils funktionsfähig ist und nur dem Alter entsprechende Schädigungen am Lamellenbehang aufweist. Die weiteren Fassaden haben keinen Sonnenschutz.

**Bild 206** BT C Fenstergiebel West**Bild 207** BT C Dachdetail

Das Dach des Bauteils C ist in Teilbereichen als Flachdach mit einer ca. 4 bis 6 cm dicken Wärmedämmung ($0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$) ausgebildet. Die Satteldächer grenzen an Außenluft. Da die Dachhaut in diesem Bereich an mehreren Stellen undicht ist, sind die vorhandenen Dämmlagen beschädigt. Dies zeigt sich teilweise in Klassenräumen des 2.OG durch Wassereintritt. Die oberste Geschossdecke des Bauteils D grenzt an einen ungeheizten Dachraum.

In Bild 208 und Bild 209 sind deutliche Wärmebrücken an den Anschlusspunkten der Betonteile im Bereich der Stützen und der Fassadenplatten zu erkennen. Dies gilt insbesondere für die Eckbereiche von Brüstungsplatte und Betonstütze, von denen sich die Wärme bis weit in die ungedämmten Betonstützen verteilt. Auch die Fassadenplatten selbst haben eine hohe Wärmübertragung.

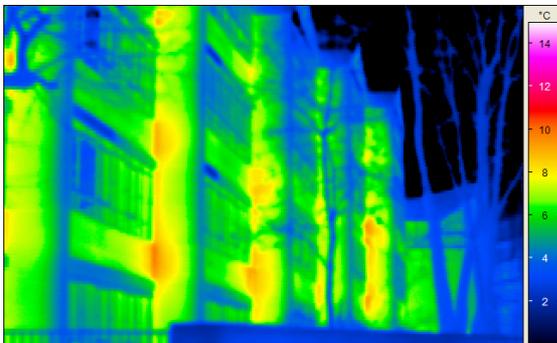


Bild 208 BT C Ostwand

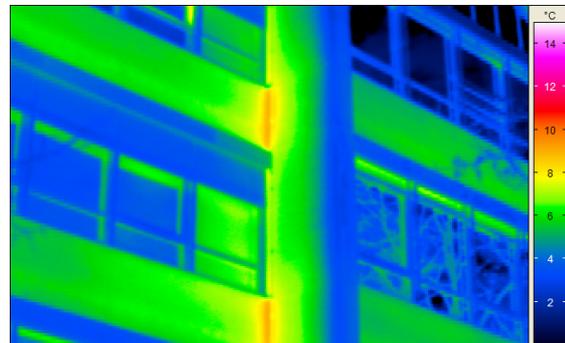


Bild 209 BT C Ostwand

Das Bauteil C und D sind gleichen Baujahrs und ähneln sich in der Qualität der Gebäudehülle. Bauteil D ist zu etwa 50 Prozent unterkellert. Der Kellerbereich wird durch verschiedene Nebenräume und einem großen Fahrradkeller genutzt. Im EG befindet sich eine etwa 700 m^2 eingeschossige Pausenhalle, die 2001 umgestaltet worden ist. Dabei sind die Fenster und das Dach inkl. der Dachkuppeln erneuert worden. In den zwei Obergeschossen befinden sich 6 Klassenräume. Über der obersten nicht gedämmten Geschoßdecke ist der Dachraum ungeheizt. Die Fensterbänder der Klassenräume sind nach Norden orientiert und verfügen nur über einen Blendschutz durch Textilvorhänge. Die Fenster der Nordfassade sind 2005 erneuert worden. Im Süden befindet sich eine unsanierte Lochfassade, die gestalterisch der von BT C entspricht. Die Flurfenster des Bauteils D sind mit Einscheibenverglasung ($U_w = 4,6 \text{ W/m}^2\text{K}$) ausgebildet.



Bild 210 BT D Ansicht Süd



Bild 211 BT D Ansicht Nord

7.6.3 Wärmeversorgung

Die Technikzentrale der Bauteile A bis E des Bischöflichen Gymnasiums Josephinum befindet sich im Kellergeschoss des Altgebäudes BT B.

Heizung

Die Wärmeerzeugung des Bischöflichen Gymnasiums Josephinum erfolgt über zwei Ölkessel (Buderus) mit dem Baujahr 1989. Nach 20 Betriebsjahren sind die Kessel und die Steuerung der Wärmeversorgung als in Teilen abgängig zu bezeichnen und sollten mittelfristig ersetzt werden. Je Kessel steht eine Wärmeleistung von 651kW zur Verfügung. Die Brenner (ECO Klöckner) sind 1998 erneuert worden.

Das Heizöllager aus dem Jahr 1965 befindet sich neben der Heizzentrale und hat ein Tankvolumen von 49,5 m³.



Bild 212 Ölkessel, Baujahr 1989



Bild 213 Wärmeverteilung



Bild 214 Öltank, Baujahr 1965



Bild 215 Steuerung Wärmeversorgung

Die Heizwärme wird über fünf Heizkreise verteilt. Die Verteilung der Heizwärme im Gebäude erfolgt über eine horizontale Rohrführung, wobei die Verteilleitungen des Zweirohrsystems im Brüstungsbereich geführt werden. Eine Dämmung der Verteilleitungen im Kellerbereich ist vorhanden.

Die Konditionierung der Räume erfolgt über statische Heizflächen, die in Abhängigkeit von der Außentemperatur raumweise über die Thermostatventile geregelt werden. Es wird eine Nacht- und Wochenendabsenkung gefahren.

Verteiler und Heizkörper sind in einem dem Anlagenalter entsprechenden Zustand.

Eine hydraulische Einregulierung der Anlage wird empfohlen. Die Dämmung der Verteil- und Steigleitungen sollte in der Planungsphase genauer auf Dämmstärke, Vollständigkeit und Beschädigung geprüft werden und ggf. zur Reduzierung der Wärmeverluste im Betrieb verbessert werden.

Die Wärmebereitstellung über Erdöl wird negativ bewertet, da primärenenergetisch bessere und im Betrieb langfristig wirtschaftlichere Systeme verfügbar sind.

Aufgrund des geringen Warmwasserbedarfs in Schulen ist die dezentrale Warmwasserbereitung als durchaus wirtschaftlich und aus energetischen Gründen als vertretbar zu betrachten.

Lüftung

Die Räume werden generell natürlich über die Fenster be- und entlüftet. Ausnahme sind einige Fachklassenräume, deren Digestorien mit auf dem Dach installierten Lüftungsgeräten kurzzeitig entlüftet werden können.

Zudem hat die in diesem Projekt nicht weiter betrachtete Sporthalle (BT E) eine Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung aus dem Jahr 1969 mit einer Fördermenge von 4.100 m³/h. Diese Lüftungsanlage ist aufgrund ihres Alters wenig energieeffizient und damit kurzfristig zu ersetzen.



Bild 216 Lüftungsanlage
Sporthalle



Bild 217 Lüftungsregelung
Sporthalle



Bild 218 Warmwasserspeicher
Sporthalle

7.6.4 Steckbrief

In Form eines Steckbriefes gibt die nachfolgende Tabelle die wesentlichen Punkte der Bestandaufnahme der Schule wieder. Dazu gehören die baukonstruktiven und gebäudetechnischen Grunddaten. Die verwendeten Abkürzungen sind in Kap. 5.4.4 erläutert.

		Bischöfliches Gymnasium Josephinum, Hildesheim	
Allgemeines	Gymnasium 1.100 Schüler, 80 Lehrkräfte		
Gebäudeteile	Baujahr		Geschosse
Bauteil A West	ab 1950		1 UG (ub) / 4 OG / 1 DG (ub)
Bauteil B Süd	ab 1694		1 UG / 3 OG / 1 DG (ub)
Bauteil C Ost	1960		1 UG / 3 OG / 0 DG
Bauteil D Nord	1960		1 UG / 3 OG / 1 DG
Bauteil E Sporthalle	1969		1 UG / 2 OG / 1 DG (ub)
Flächen	BGF		NGF
Bauteil A West			1.201 m ²
Bauteil B Süd			1.198 m ²
Bauteil C Ost			2.276 m ²
Bauteil D Nord			1.522 m ²
Bauteil E Sporthalle			1.134 m ²
Gesamt			7.331 m²
Energiekennwerte	Wärme		Strom
	152,1 kWh/a m ² NGF		16,5 kWh/a m ² NGF
Fensterflächenanteil	28 %		
Sonstiges	Portikus unter Denkmalschutz		
Typologie	Einbünde in Ringstruktur		

	BT A West	BT B Süd	BT C Ost / D Nord
Konstruktion (Stärke)	Histor. Mauerwerk (60 cm,EG) Mauerwerk W (36 cm) Mauerwerk W (24 cm)	Histor. Mauerwerk (130 cm, EG) (86 cm, 2.OG)	Stahlbeton O (22 cm) Mauerwerk W (36 cm)
Gebäudehülle Dach Fassade Fenster Rahmenmaterial Sonnen/ Blendschutz	Sattel (ub) Band W / Loch O WSV W / EV IsoV O Holz tlw. Vorhänge	Sattel (ub) Loch S, N WSV S / EV N Holz tlw. Vorhänge	Sattel (ub) / Flach Band O / Loch W IsoV O / WSV W IsoV WSV N / EV O Holz Außen O tlw. Vorh. N
Gebäudetechnik Wärmeversorgung Wärmeübertragung Heizregulierung Mechanische Lüftung	zentrale Ölheizung im KG 2 Heizkessel, Bj. 1989, je 570 - 651 kW Wärmeleistung WW-Bereitung Sporthalle Statische Heizflächen (VL-Temp 60°C) Außentemperatur; raumweise Thermostatventile Sporthalle: RLT ohne WRG (Bj.1969) Fachräume: Dezentrale Abluftanlagen		
Sanierungsmaßnahmen	1998 Heizbrenner Austausch 2001 Pausenhalle Umgestaltung, Fenster 2005 BT A West Fenster West, BT D Nord Fenster Nord 2005 BT B Süd Fenster Süd 2007 BT C Ost WDVS Fenster West		

Tabelle 28 Steckbrief Bischöfliches Gymnasium Josephinum, Hildesheim

7.7 Raumklima

7.7.1 Allgemeine Auswertung der Nutzerbefragung

Die Wahrnehmung von Behaglichkeitsaspekten des Klassenraums und deren Wichtigkeit für bzw. Auswirkung auf das subjektive Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit sind bei Schülern und Lehrern abgefragt worden.

Für einen ersten Überblick sind eine Reihe verschiedener Variablen nach dem subjektiven Ausmaß der Störung und der Wichtigkeit geordnet aufgetragen worden. Als Maß für die Streuung der Werte um den Mittelwert ist durch den Fehlerbalken zusätzlich die Standardabweichung (SD) angegeben. Die Standardabweichung liefert so eine Aussage über die Güte des ermittelten Mittelwertes.

Die Gesamtbewertung des Ausmaßes der Störung bzw. der Wichtigkeit der Behaglichkeitsaspekte für die Lehrer wird in Bild 219 beschrieben. Den Lehrern sind mehr Einflussvariablen wichtig als den Schülern, allen voran aber ebenfalls die Luftqualität (Frische der Luft). Gefolgt wird diese von der Lichtqualität (Ausleuchtung mit Tageslicht und Kunstlichtqualität), der Temperatur im Klassenraum und der Geruchsbelastung der Luft. Den Abschluss bilden Lärmereignisse (von draußen, aus der Klasse oder dem Gebäude).

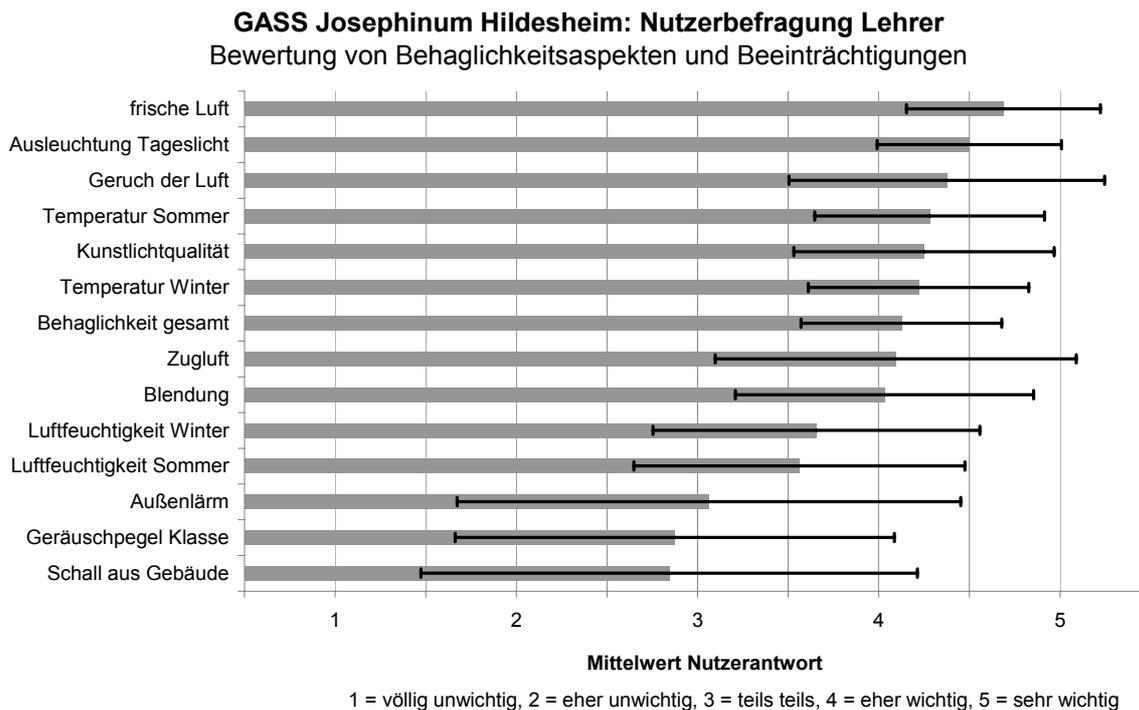


Bild 219 Gesamtbewertung des Ausmaßes der Störung bzw. der Wichtigkeit (Lehrer)

Die Gesamtbewertung des Ausmaßes der Störung für die Schüler wird in Bild 220 beschrieben. Die befragten Schüler fühlen sich beim Lernen vor allem durch verbrauchte oder geruchsbehaftete Luft gestört.

Die Temperatur im Klassenraum, Lärm durch Mitschüler oder von draußen sowie die Lichtverhältnisse am Platz sind ihnen mittelmäßig wichtig, hingegen die Luftfeuchtigkeit und eine ablenkende Aussicht eher nicht.

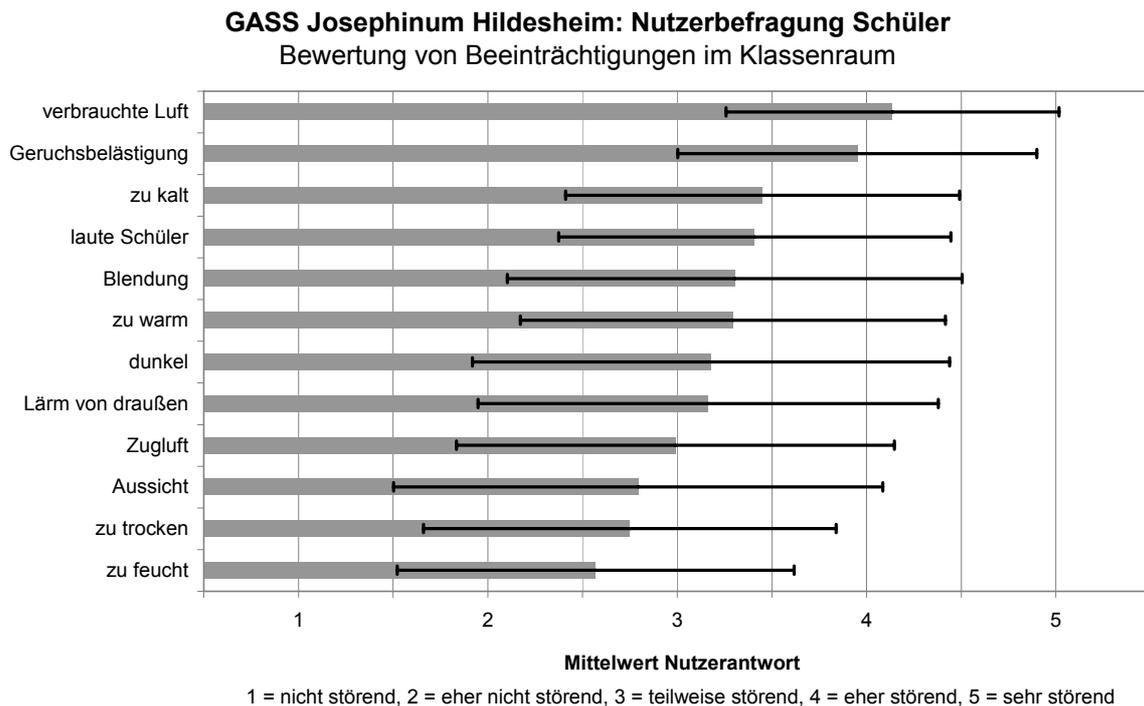


Bild 220 Gesamtbewertung des Ausmaßes der Wichtigkeit (Schüler)

7.7.2 Langzeitmessung

Zur detaillierten Analyse des Raumkomforts wurde eine Langzeitmessung zur Erfassung relevanter Parameter in drei Klassenräumen des Josephinums durchgeführt. Gewählt wurden Klassenräumen, die aufgrund ihrer Lage aussagekräftige Werte bzgl. des Temperaturniveaus erwarten lassen. Für das Josephinum sind die Räume im Bauteil A West, Bauteil B Nord und Bauteil C Ost gewählt worden. Die Räume im Bauteil C sind mit einem außenliegenden Sonnenschutz ausgestattet, die im Bauteil A und B nicht. Die nachfolgende Grafik zeigt die Lage der Räume im Grundriss:

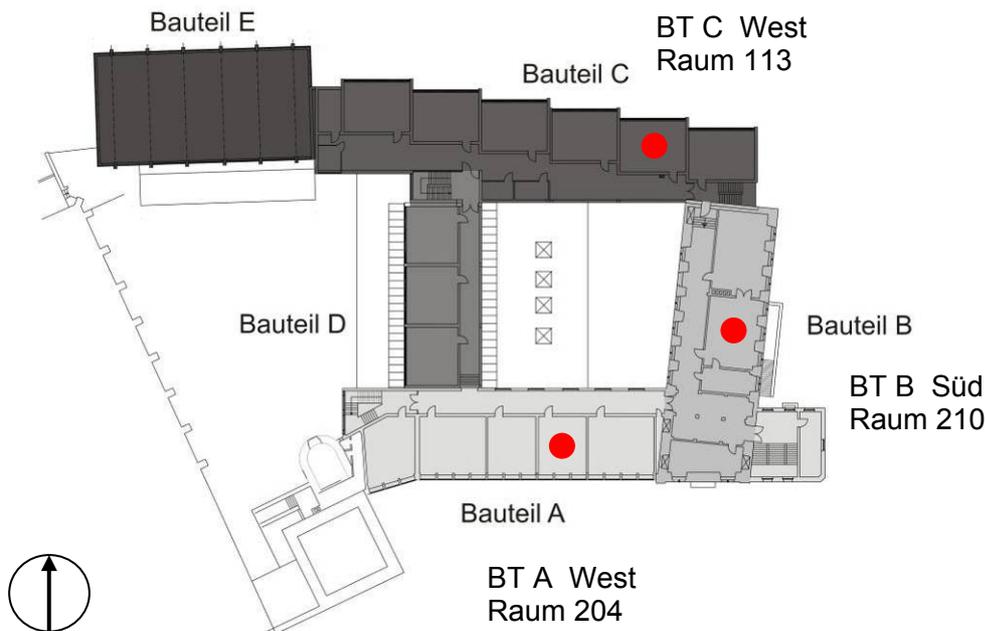


Bild 221 Beschreibung der Messräume

Messung Nr.	Langzeitmessung Hildesheim	Raumgröße	Volumen	Anzahl Schüler	Alter der Schüler
1	BT C Ost Raum 113	63 m ²	204 m ³	25	11-12 Jahre
2	BT B Süd Raum 210	53 m ²	172 m ³	26	11-12 Jahre
3	BT A West Raum 204	45 m ²	146 m ³	23	13-14 Jahre

Tabelle 29 Langzeitmessung Räume

Der Messzeitraum des Langzeitmonitorings umfasst die Zeit vom 14.12.2007 bis 04.11.2008. In den nachfolgenden Auswertungen ist dieser Zeitraum berücksichtigt. Messausfälle sind in Tabelle 30 dokumentiert.

	Messbeginn	Messende	Ausfall Messdaten Beginn	Ausfall Messdaten Ende
BT C Ost	14.12.07	04.11.08		
BT B Süd	19.11.07	08.02.09		
BT A West	19.11.07	08.02.09	23.06.08	06.07.08

Tabelle 30 Langzeitmessung Messzeitraum

7.7.3 Raumlufthqualität

Die Stundenmittelwerte der CO₂-Konzentration im Raum BT A Ost werden in Tabelle 31 mit jeweiligen Minimum und Maximum bezogen auf die Jahreszeit dargestellt. Die graue Fläche gibt den Bereich über den Richtwert von 1.500 ppm an.

Die Mittelwerte der CO₂-Konzentration nehmen mit sinkenden Außentemperaturen von 2.411 ppm im Winter, über 1.278 ppm im Übergang bis 672 ppm im Sommer ab. Es ergeben sich Maximalwerte von 1.946 ppm im Sommer, 4.932 ppm in der Übergangszeit bis 7.822 ppm im Winter.

Josephinum Hildesheim			
	Winter	Übergang	Sommer
Mittelwert	2411	1278	672
Min	488	334	360
Max	7822	4932	1946

Tabelle 31 Mittelwerte CO₂-Konzentration nach Jahreszeit

Während in den anderen innerhalb des Projektes untersuchten Grundschulen überhöhte Maximalwerte von 3.770 ppm (Wolfsburg) und 3.100 ppm (Hamburg) gemessen wurden, tritt in Hildesheim sogar eine Spitze von 7.822 ppm auf.

Begründet ist dies durch den vergleichsweise kleinen Klassenraum mit einem Volumen von 144 m³ bei hoher Belegung mit 21 Schülern sowie dem höheren Alter der Schüler mit entsprechend höheren CO₂-Ausstoß von etwa 40 l/h pro Person (14 Jahre). Unterschiede zwischen den beiden Grundschulen und dem Gymnasium in Hildesheim ergeben sich auch durch das allgemeine Lüftungsverhalten. In der Nutzerbefragung geben die Gymnasiallehrer für die Fensterflügel eine geringere Öffnungsdauer (15 min) an, die Grundschullehrer dagegen von Öffnungsdauern von 45 bis 60 Minuten.

In Bild 222 ist die CO₂-Konzentration in Abhängigkeit der Außentemperatur dargestellt. Da hier auch kurzfristige Ereignisse eine Rolle spielen, sind in diesem Diagramm nicht die Stundenmittelwerte sondern sämtliche Messdaten des Zeitraums mit zehnmütigen Messintervallen berücksichtigt. Durch die Messdaten der Fensterkontakte, ist zusätzlich die Anzahl der geöffneten Fenster dargestellt.

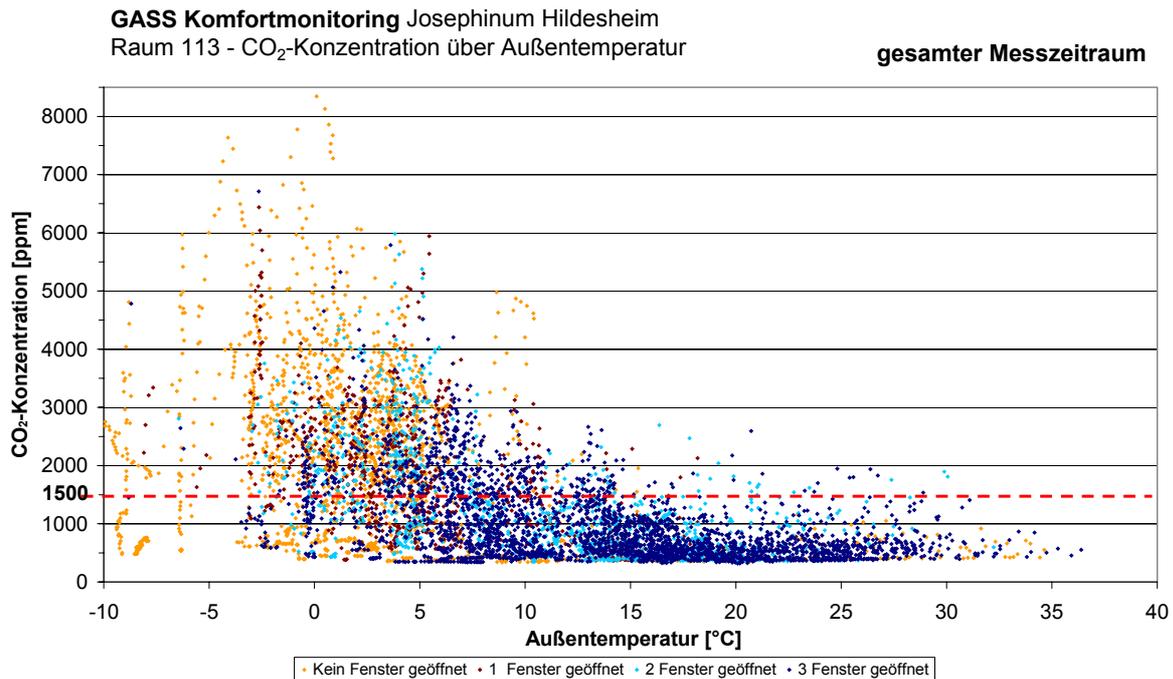


Bild 222 CO₂-Konzentration über Außentemperatur

Deutlich wird der Einfluss der Außentemperatur auf das Lüftungsverhalten. Schon unter 15°C Außentemperatur häufen sich die Überschreitungen des CO₂-Richtwerts von 1.500 ppm. Die höchsten CO₂-Werte ergeben sich infolge zu geringer Fensterlüftung bei kalten Außentemperaturen. Ein regelmäßiges und effektives Lüftungsverhalten, dass die Einhaltung des CO₂-Richtwerts von 1.500 ppm gewährleistet, ist erst ab Außentemperaturen über 15°C erkennbar.

Um die Anteile der gemessenen CO₂-Konzentrationen in der Unterrichtszeit zu veranschaulichen, sind in Bild 223 die Häufigkeiten (Anzahl der Stundenmittelwerte) in 300 ppm Intervallen über der Häufigkeit aufgetragen worden. Dabei sind die Balken jeweils zusätzlich nach Jahreszeit aufgegliedert worden.

Im Winter liegen 77 % der Stundenmittelwerte der CO₂-Konzentrationen in der Unterrichtszeit oberhalb des Richtwertes von 1.500 ppm. Die extrem hohen Maximalwerte von 6.000 ppm werden nur in 5 Stunden erreicht, was einem geringen Winteranteil von 1,6 % entspricht. Auch die Überschreitungen des CO₂- Richtwerts haben im Übergang mit 36 % und im Sommer mit 5 % ein im Vergleich den zu anderen Schulen höheres Niveau.

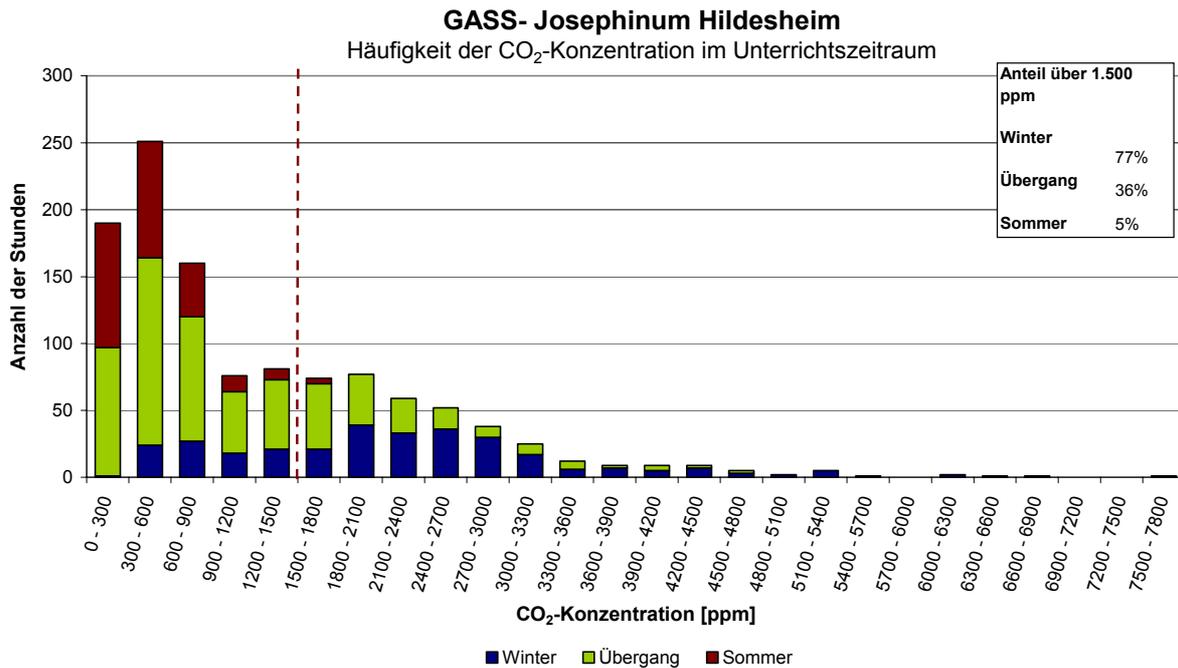


Bild 223 Anteile CO₂ - Konzentration Hildesheim

Um sowohl die Überschreitungsdauer als auch die Überschreitungshöhe der CO₂-Konzentration über Werte von 1.500 ppm zu berücksichtigen, ist aus den Messdaten der CO₂-Überschreitungsindex¹¹⁸ errechnet worden. Dieser beschreibt das Produkt aus Überschreitungsmittelwert als Zeitanteil der überhöhten CO₂-Konzentrationen im Unterricht und der Überschreitungshäufigkeit als mittlere CO₂-Konzentration > 1.500 ppm abzüglich des Referenzwertes von 1.500 ppm.

Für die Hildesheimer Schule haben sich nach Tabelle 32 für den Winter und den Übergang ungenügende CO₂-Überschreitungsindizes ergeben. Allein die CO₂-Konzentration im Sommer wird mit befriedigend bewertet. Durch die sehr schlechten Verhältnisse im Winter liegt die Gesamtbewertung im ungenügenden Bereich.

Bewertung der	HI Raum Ost			
	Sommer	Übergang	Winter	Gesamt
1.Häufigkeit [%]	5%	36%	77%	43%
2.Mittelwert [ppm]	1.759	2.171	2.598	2.540
abzgl. 1.500 ppm	259	671	1.098	1.040
3.Index [ppm*%]	1.297	27.531	84.508	44.712

Tabelle 32 CO₂ -Überschreitungsindex

In Bild 224 und Bild 225 wird die Luftqualität durch Lehrer (Anzahl 32) und Schüler (Anzahl 101) im Rahmen der Nutzerbefragung bewertet. Dazu sind die Anzahl der Antworten auf der x-Achse und die Bewertung der Wichtigkeit der Luftqualität für die Lehrer in einer 5-Punkte Skala bzw. das Maß der Störung für die Schüler in einer 5-Punkte Skala dargestellt.

¹¹⁸ Hehl, O./ Grams, H (2003): Ein Modell zur Simulation der Qualität der Innenraumluft

Auch die Nutzerbefragung spiegelt die schlechte Situation der Luftqualität wieder. 53 % der Lehrer bewerten die Luftqualität in Bild 224 als „häufig bis immer schlecht und verbraucht“, 38 % als „gelegentlich schlecht und verbraucht“. Auffallend ist die hohe Bewertung der Wichtigkeit der Luftqualität insbesondere bei den Lehrern.

Ähnlich wie die Lehrer empfinden auch die Schüler die schlechte Luft überwiegend als „eher bis sehr störend“. 67 % beurteilen die Luft als „häufig bis immer verbraucht. Nur 20 % der befragten Schüler sagen, dass die Luft "gelegentlich verbraucht“ ist. Allerdings messen die Schüler der Luftqualität tendenziell weniger Bedeutung bei als die Lehrer.

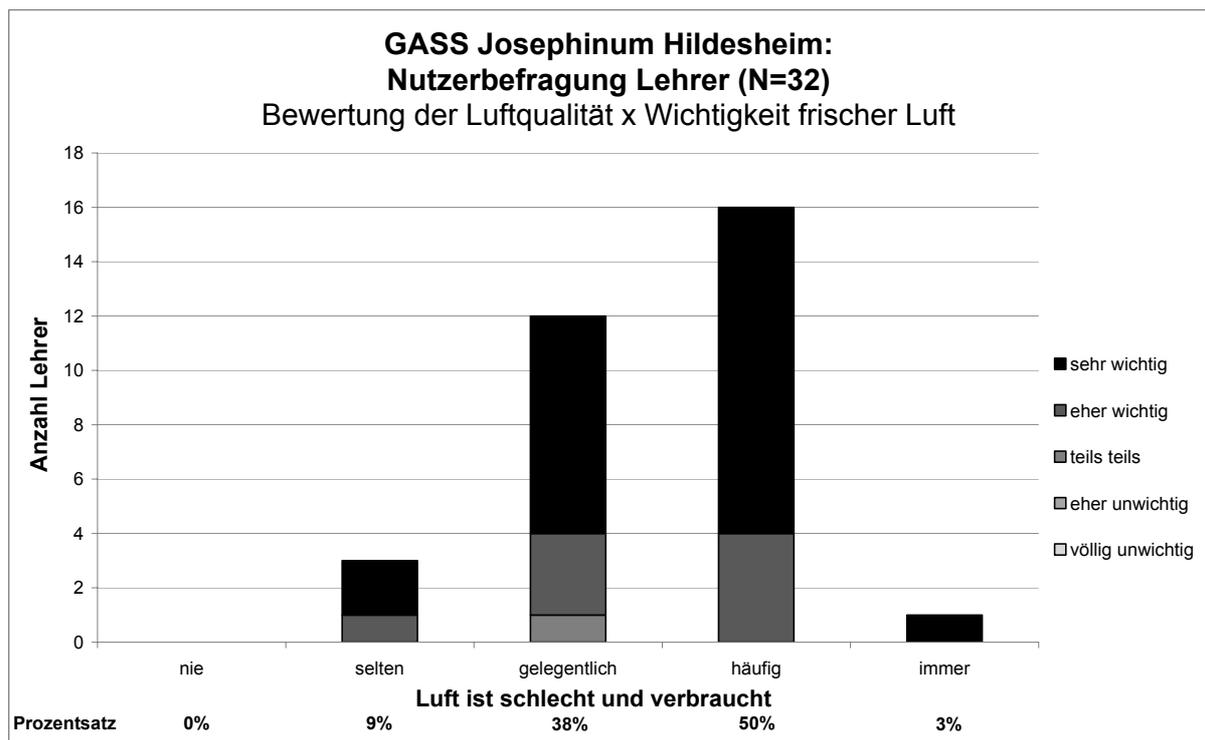


Bild 224 Nutzerbefragung Luftqualität Lehrer

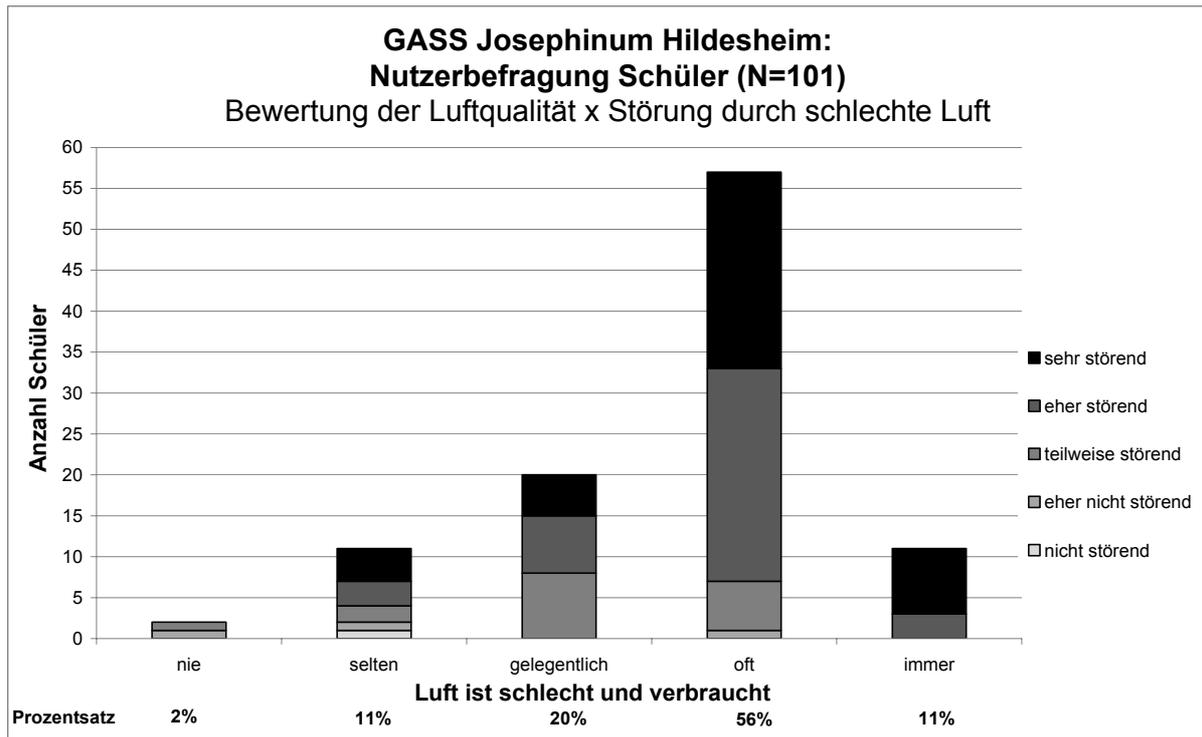


Bild 225 Nutzerbefragung Luftqualität Schüler

7.7.4 Raumtemperatur

Die Stundenmittelwerte der Lufttemperaturen, die während der Unterrichtszeit in den drei Klassenräumen gemessen worden sind, werden im Folgenden untersucht.

Zu berücksichtigen ist dabei, dass die Außentemperaturen im Sommer 2008 innerhalb der Unterrichtszeit mit einem Maximalwert von 34,2°C und einem Mittelwert von 20,2°C recht moderat waren. Betrachtet man den Gesamtzeitraum mit den Ferien, lagen zwei der drei Hitzeperioden mit maximalen Außentemperaturen über 30°C in den Sommerferien.

Die mittlere Außentemperatur im Winter liegt bei 0,5 °C, bei einem Minimum von -10,3°C.

Zur ersten Übersicht werden die Stundenmittelwerte in Bild 226 mit dem jeweiligen Minimum und Maximum auf die Jahreszeit bezogen dargestellt.

Die höchste Raumtemperatur ergibt sich im Klassenraum Ost mit 31,9°C, die niedrigste im Klassenraum West mit 9,9°C.

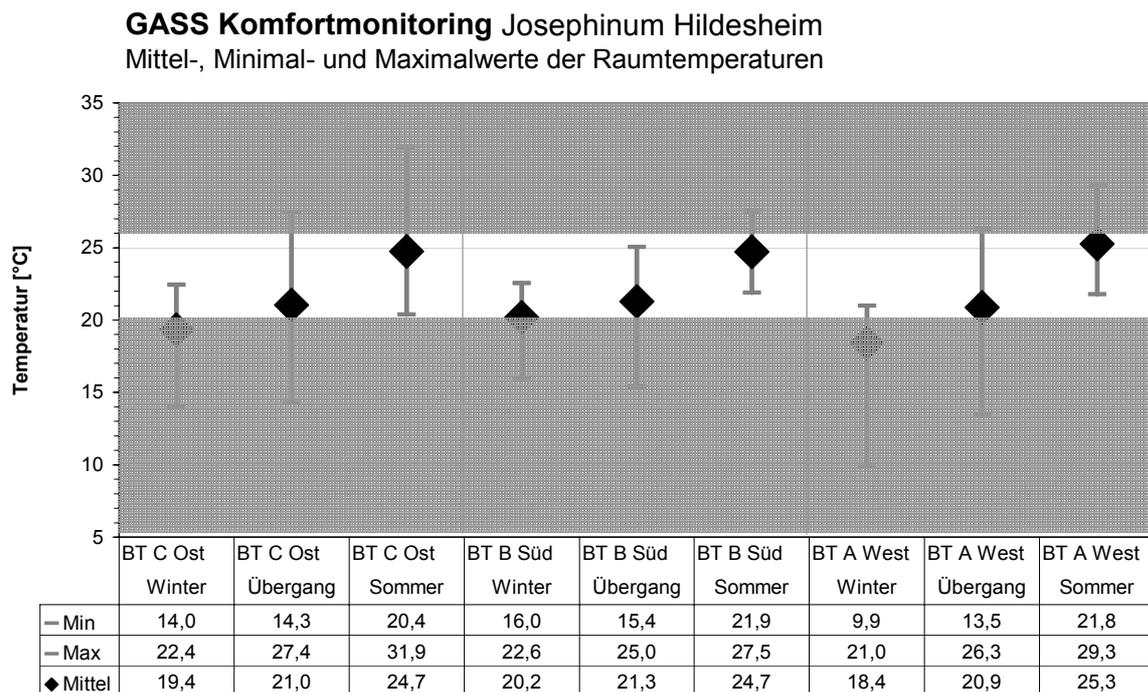


Bild 226 Mittelwerte Raumtemperaturen

Zur genaueren Beurteilung des thermischen Komforts werden in Bild 227 und Bild 230 die prozentualen Anteile an warmen und kalten Raumtemperaturen dargestellt.

In den weiteren Untersuchungen werden die Temperaturgrenzbereiche um 20°C und 26°C nach DIN EN 15251 und ASR 6 Abs. 1 betrachtet. Zusätzlich werden in Bild 233 entsprechende Behaglichkeitsbereiche in Abhängigkeit der Außentemperatur nach DIN 1946 Teil 2 dargestellt.

Es folgt ein Quervergleich mit den Bewertungen der Nutzerbefragung.

7.7.4.1 Raumtemperatur Sommer

Bild 227 zeigt die Anzahl und die prozentualen Anteile der Raumtemperaturen, die über 25°C dem noch behaglich Bereich und die über 26°C dem unbehaglichen Bereich zugeordnet werden.

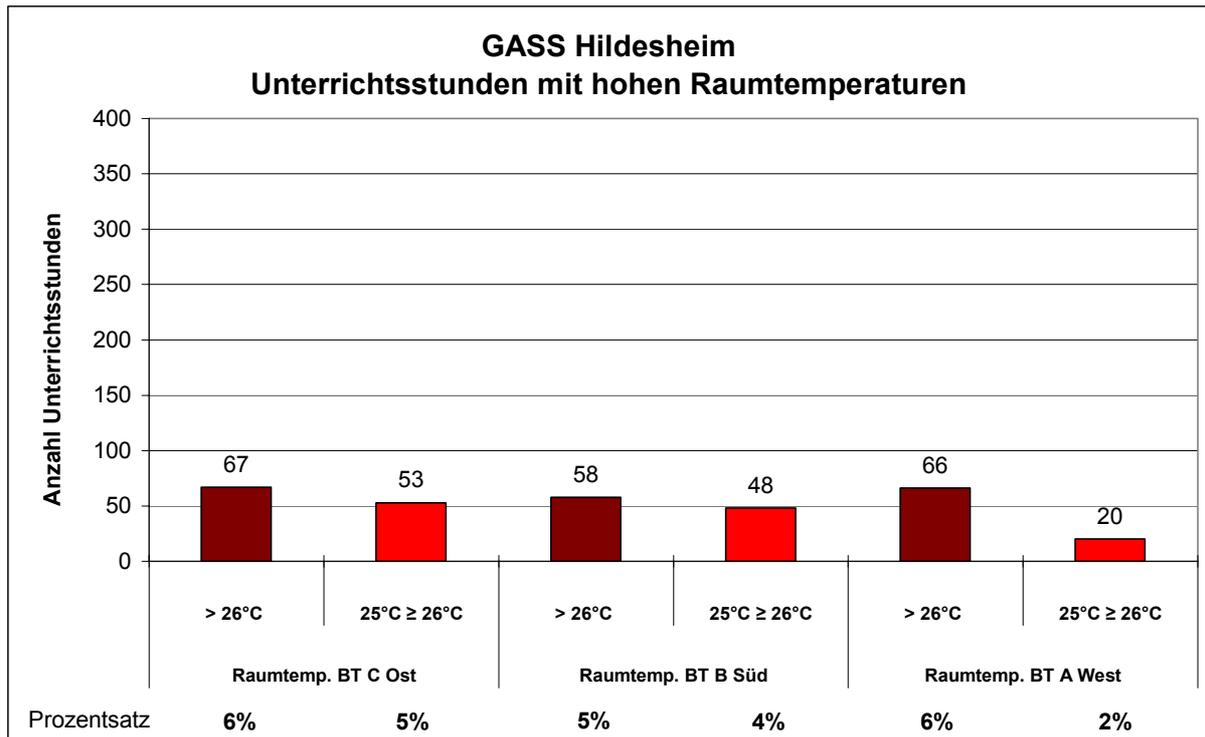


Bild 227 Vergleich hohe Klassenraumtemperaturen

Insgesamt liegt die Anzahl an Raumtemperaturen über 26°C bei allen drei Orientierungen mit 5 % bzw. 6 % in einem ähnlich erhöhten Bereich. Dies liegt zwar im noch im akzeptablen Bereich, die Behaglichkeit ist dennoch als eingeschränkt zu bewerten.

Die Räume des Gymnasiums Josephinum werden entsprechend der Unterrichtszeit von 8:00 bis 15:00 Uhr betrachtet, wodurch die solare Einstrahlung neben der Ostfassade auf die Südfassade und in Teilen auf die Westfassade Einfluss hat. Dadurch gleichen sich die Anteile an Überhitzungen an.

Im Ostraum trägt der vorhandene außenliegende Sonnenschutz zu einer Begrenzung der Überhitzungsstunden auf 6 % bei. Süd- und Ostraum haben keinen äußeren Sonnenschutz. Bauteil B verfügt als historisches Gebäude mit Außenwandstärken von rd. 1,25 m über eine thermisch besonders träge Gebäudehülle, die mäßigend bei hohen Temperaturen wirkt. Dadurch hat der Raum an der Westfassade (BT A) trotz einer durch die Belegungszeit bis 15:00 Uhr geringere solare Einstrahlungsdauer einen etwa höheren Temperaturen als der Südraum BT B.

Zum Quervergleich werden die Antworten der Schüler und Lehrer aus der Nutzerbefragung in gleicher Weise wie bei der Luftqualität betrachtet. Zur weiteren Bewertung der Antworten zur Temperatur sind die Wichtigkeit der Raumtemperatur bzw. das Maß der Störung durch zu hohe oder niedrige Temperaturen dargestellt.

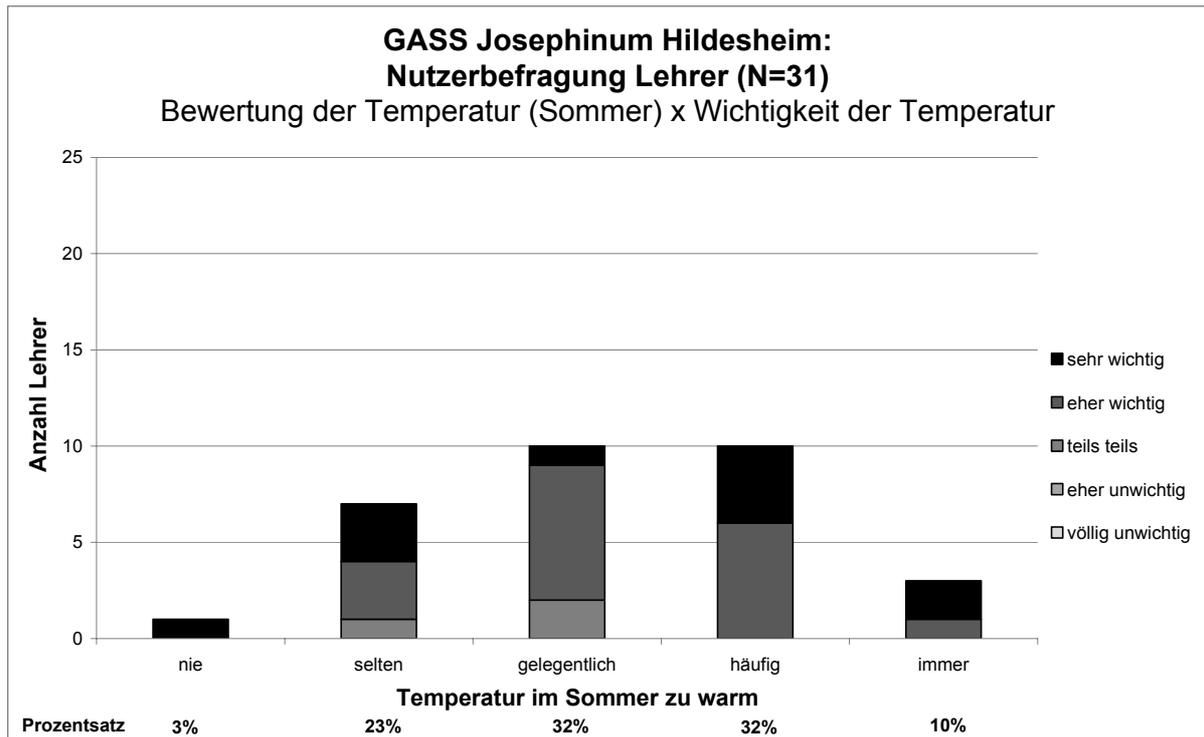


Bild 228 Nutzerbefragung Raumtemperatur Sommer Lehrer

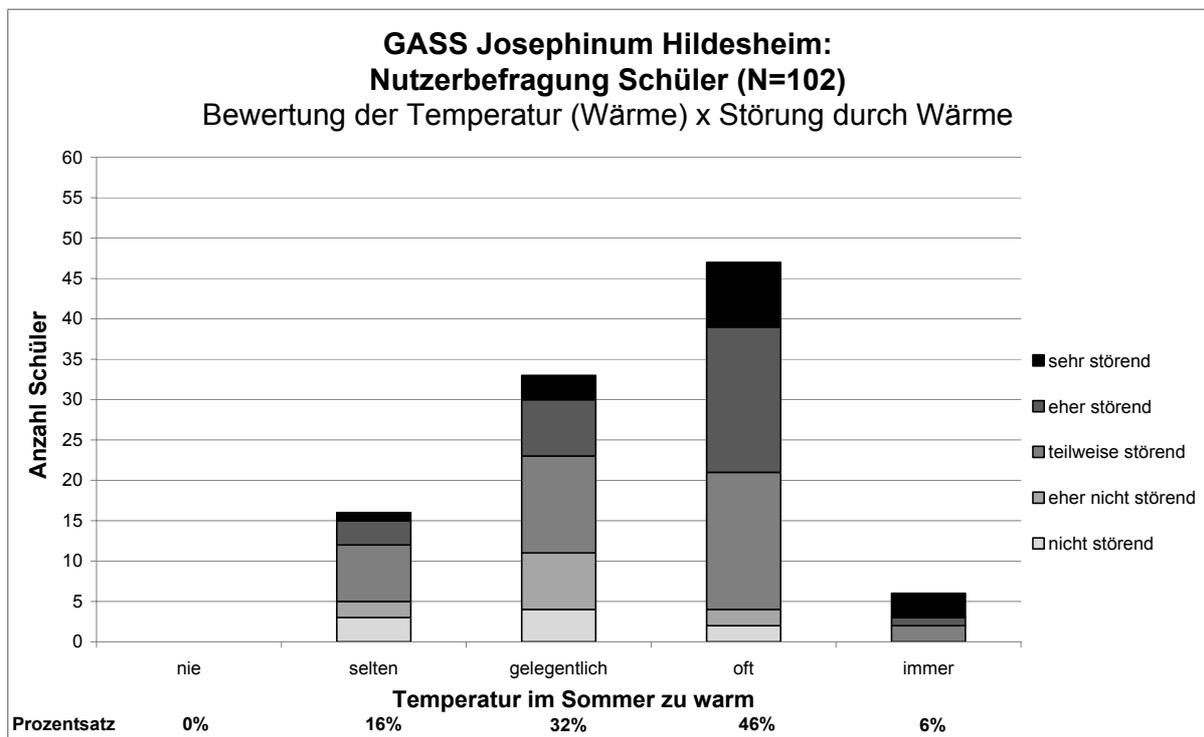


Bild 229 Nutzerbefragung Raumtemperatur Sommer Schüler

Die Nutzer bewerten die sommerlichen Temperaturen allgemein ein wenig kritischer als die Messdaten aus dem Jahr 2008 vermuten lassen. Die Raumtemperatur in den drei Klassenräumen wird von 42 % der 31 befragten Lehrer mit „häufig bis immer zu warm“

bewertet. Die Lehrer bewerten die Temperaturhöhe im Sommer in der Regel als wichtig bis sehr wichtig für ihre Arbeit. 52 % der befragten 102 Schüler beurteilen die Raumtemperatur im Sommer als „oft bis immer zu warm“, 32 % als „gelegentlich zu warm“. Dabei sehen die Schüler zu hohe Raumtemperaturen als weniger störend an als die Lehrer.

7.7.4.2 Raumtemperatur Winter

Bild 230 zeigt die Anzahl und die prozentualen Anteile der Raumtemperaturen, die kleiner als 19°C bzw. größer als 19°C und kleiner als 20°C sind und damit im unbehaglichen Bereich liegen.

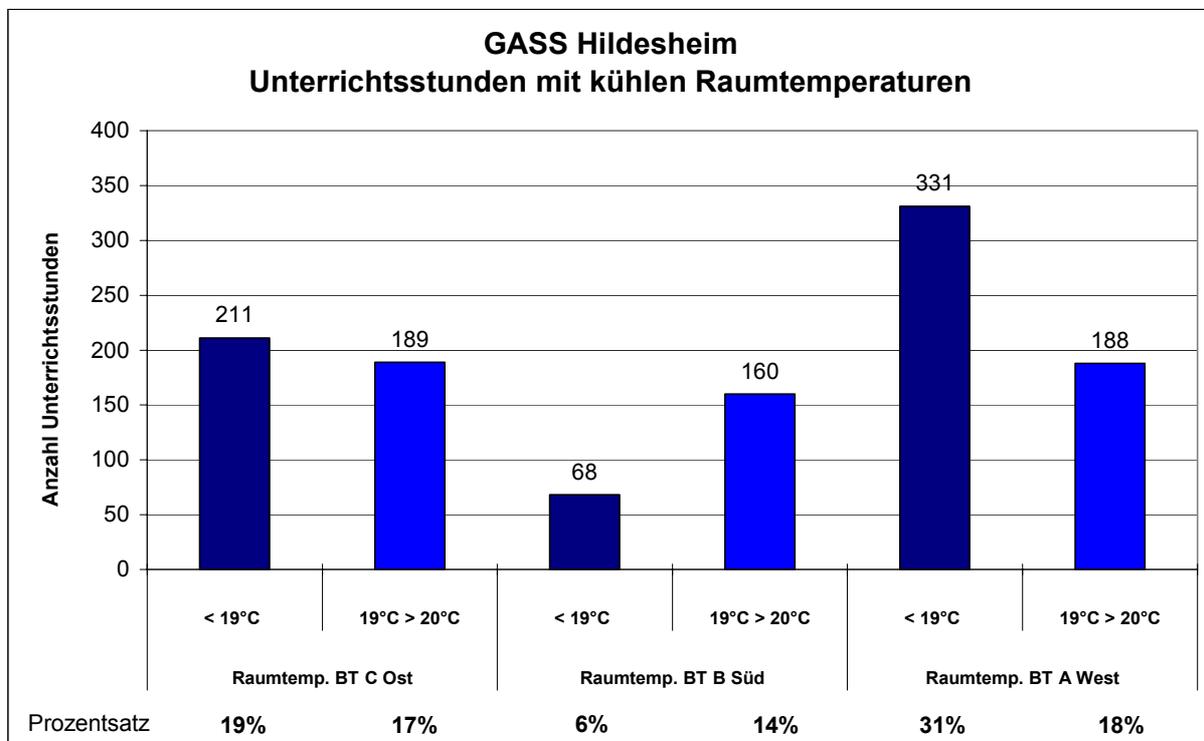


Bild 230 Vergleich niedrige Klassenraumtemperaturen

Der hohe Anteil an niedrigen gemessenen Klassenraumtemperaturen unter 19°C in allen Räumen ist auffallend. Die mit Abstand höchste Anzahl kühler Temperaturen hat sich mit 31 % im Klassenraum West eingestellt. Im Klassenraum Ost liegen noch 19 % und im Klassenraum Süd 6 % der Raumtemperaturen unter 19°C.

Unter einer Grenztemperatur von 20°C liegen in der Unterrichtszeit 49 % im Raum West, 36 % im Raum Ost und 20 % im Raum Süd.

Durch den tageszeitlich bedingten späteren und geringeren Solareintrag im westorientierten Raum ist der Anteil kühler Temperaturen besonders hoch. Der Ostraum kann durch die

Kombination interner Gewinne durch Schüler und Lehrer sowie solarer Gewinne am Morgen und am Vormittag die kühlen Temperaturen schneller ausgleichen.

GASS Komfortmonitoring Josephinum Hildesheim
 Wochen - Temperaturverlauf (17.12.07 - 18.12.07)

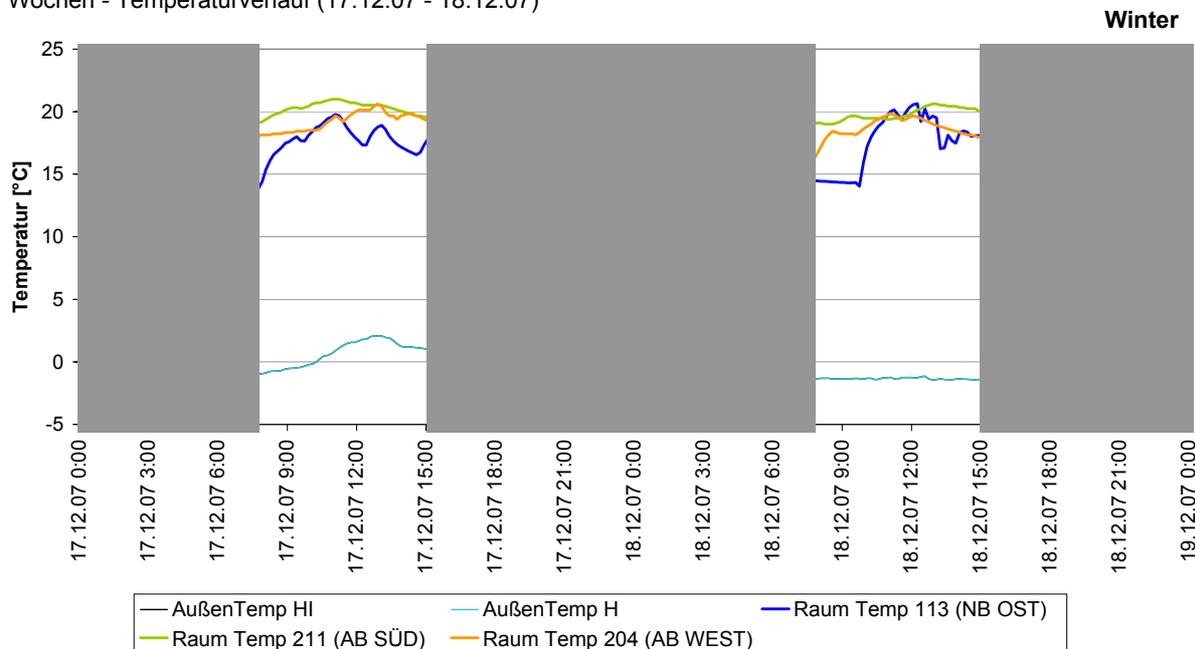


Bild 231 Temperaturverlauf kalte Raumtemperaturen

Bild 231 zeigt einen beispielhaften Temperaturverlauf am 17.12.07 und 18.12.07 für die drei Unterrichtsräume der Hildesheimer Schule. Zu erkennen ist eine Auskühlung in der unterrichtsfreien Zeit, besonders deutlich im Raum 113 im BT C auf 14°C und ein Ansteigen zu Beginn des Unterrichts. Der spätere Unterrichtsbeginn in Raum 113 am 18.12. verzögert das Aufwärmen des Raums, wird aber statistisch bewertet. Außerdem werden im Raum 113 zeitlich begrenzte Auskühlungen durch Fensterlüftung deutlich. Die anderen beiden Räume dagegen lassen keine wesentlichen Fensterlüftungen erkennen.

Zur näheren Untersuchung sind in Bild 232 ist die Häufigkeit der gemessenen Stundenmittelwerte mit Raumtemperaturen unter 19°C in Abhängigkeit der Tageszeit aufgetragen worden.

Durch die Temperaturabsenkung außerhalb der Unterrichtszeit kühlen die Räume, wie an den beiden Beispieltagen beobachtet, durch die schlechte Qualität der Gebäudehülle stark aus. Erst durch die internen Gewinne steigt die Raumtemperatur über den Schultag verteilt über die Behaglichkeitsgrenze von 19°C an.

Bei ähnlicher Auswertung in Abhängigkeit der Jahreszeit ist eine eindeutige Verteilung auf die Monate mit geringen Außentemperaturen zu erkennen.

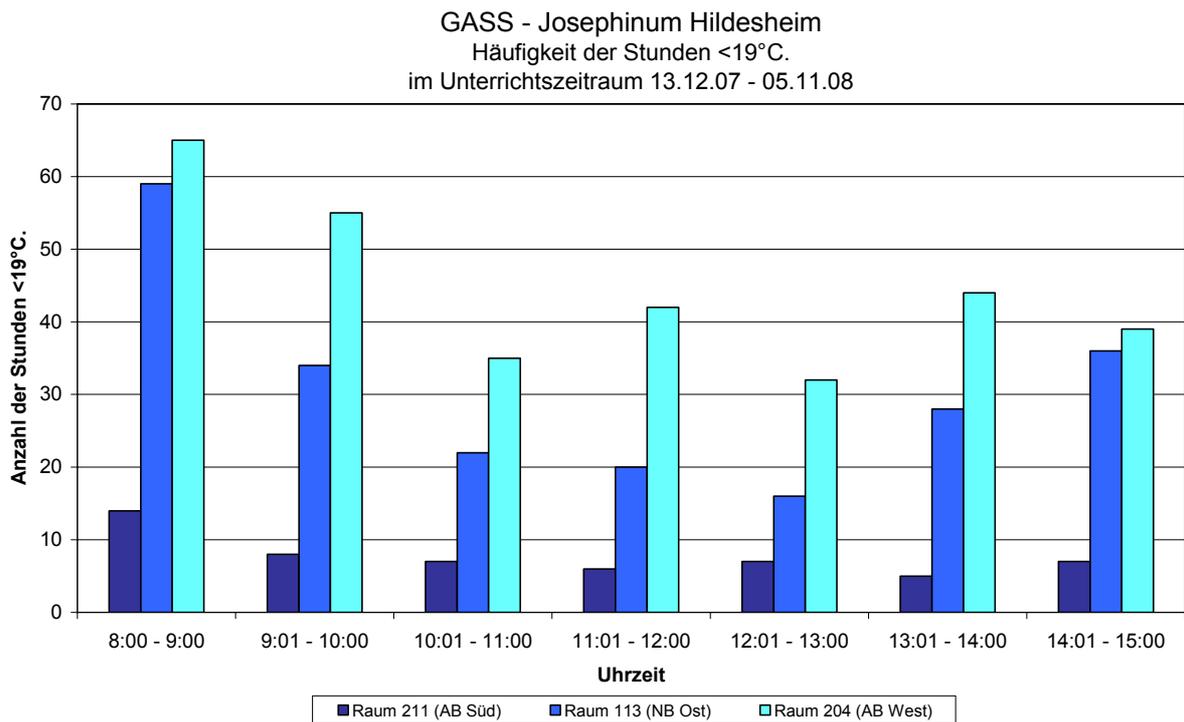


Bild 232 Verteilung kalte Raumtemperaturen nach Uhrzeit

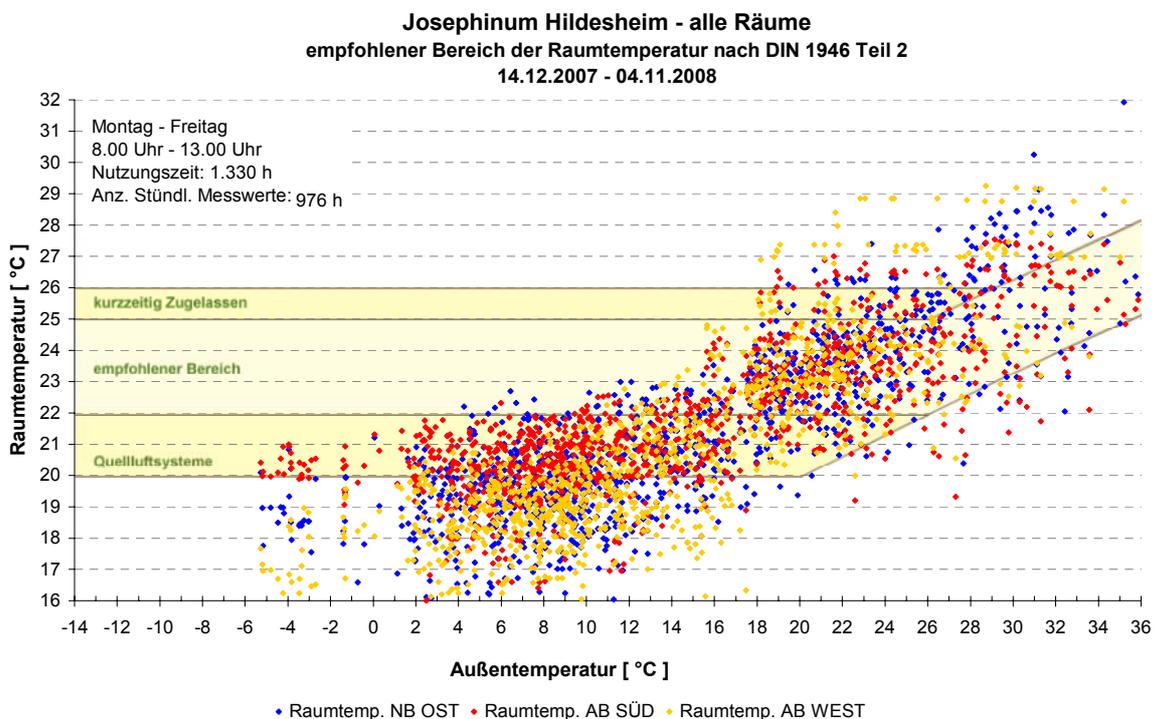


Bild 233 Bewertung Temperatur alle Klassenräume

Um die Messwerte der drei Klassenräume genauer bewerten zu können, sind in Bild 233 die Raumlufttemperaturen über die Außentemperaturen aufgetragen worden. Dazu sind in Anlehnung an die DIN 1946 die empfohlenen Temperaturbereiche graphisch dargestellt. Es

werden alle Tage im Zeitraum eines Jahres von Montag bis Freitag von 8:00 bis 13:00 Uhr außerhalb der Ferien betrachtet.

Bild 233 veranschaulicht die beschriebenen Unter- bzw. Überschreitungen der Behaglichkeitsgrenzen in Abhängigkeit der Außentemperatur. Raumtemperaturen unter 20 °C stellen sich vor allem in den Messräumen Ost und West gehäuft ab Außentemperaturen unter ca. 16°C in einem Kernbereich mit typischen winterlichen Temperaturen von 2°C bis 12°C ein.

In einigen Fällen wird eine Raumtemperatur von 26 °C schon ab Außentemperaturen von 20°C überschritten. Dies gilt aufgrund zeitgleicher interner und solarer Wärmelasten vor allem im ostorientierten Raum.

Die Ergebnisse der Nutzerbefragung sind bei Schülern und Lehrern etwas uneinheitlich:

Im Quervergleich mit der Nutzerbefragung zeigt sich, dass nur 3 % der Lehrer die Raumtemperaturen im Winter als „immer zu kalt“ und 13 % als „häufig zu kalt“ bewerten (Bild 234). Auffallend ist angesichts der gemessenen Werte zum einen der geringe Anteil der Lehrer, die die Raumtemperatur generell als kalt bewerten, als auch die durchgängig hohe Bewertung der Wichtigkeit der Temperatur.

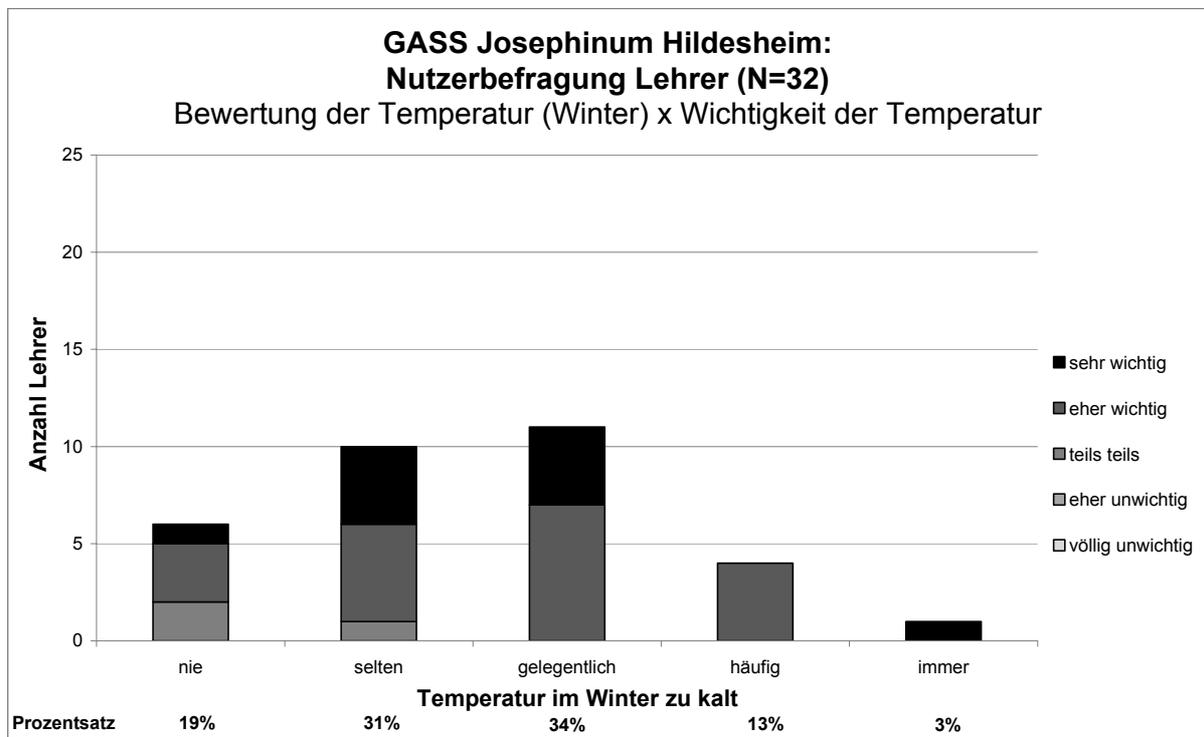


Bild 234 Nutzerbefragung Raumtemperatur Winter Lehrer

Ein hoher Anteil der Gymnasiasten von 58 % jedoch gibt an, dass die Raumtemperaturen im Winter „oft bis immer zu kalt“ sind, bewertet den Störfaktor aber nur mäßig hoch (s. Bild 235).

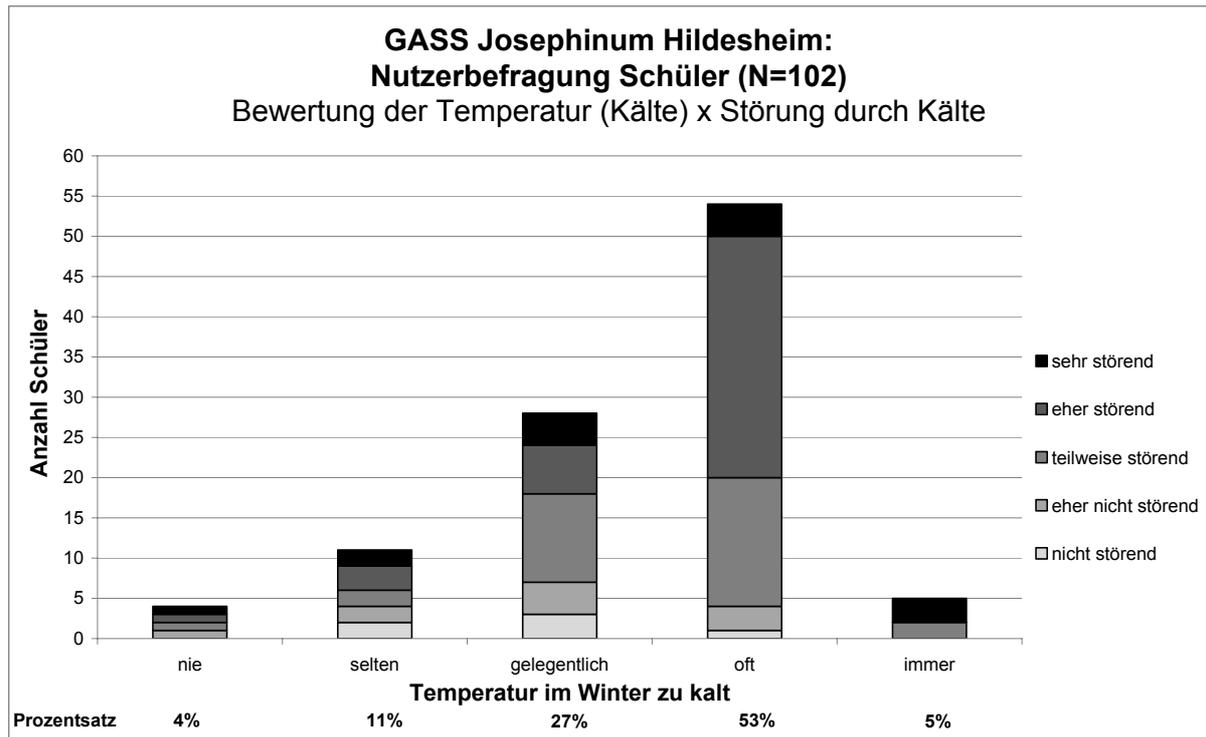


Bild 235 Nutzerbefragung Raumtemperatur Winter Schüler

Obwohl die Raumtemperaturen der Messung häufig in einem unbehaglich kalten Bereich liegen, werden sie in der Befragung von den Lehrern allgemein nur als „gelegentlich zu kalt“ bewertet. Die Bewertung der Schüler im Alter von etwa 14 Jahren entspricht dagegen eher dem gemessenen hohen Anteil an kühlen Raumtemperaturen. Möglicherweise sind Lehrer eher bereit, die winterlichen Temperaturen durch angemessene Kleidung auszugleichen als die Jugendlichen. Als eine weitere Erklärung wäre denkbar, dass Lehrer aufgrund ihrer aktiven Rolle während des Unterrichts die kühle Raumtemperatur nicht so wahrnehmen wie die zuhörenden, eher passiven Schüler.

7.7.5 Raumlufffeuchte

Zunächst werden die Messwerte in Anlehnung an die EN 15251:2007 bewertet nach Höhe der relativen Raumlufffeuchte:

- „unbehaglich trocken“ < 20 % RH
- „unbehaglich feucht“ > 70 % RH

Die Bereiche von 20 bis 30 % RH und 60 bis 70 % RH werden als „noch behaglich“ angenommen.

In allen drei Messräumen sind in der Unterrichtszeit maximale Raumlufffeuchten über 70 % gemessen worden. Die erhöhten Werte verteilen sich auf alle Jahreszeiten. Der Maximalwert ist im Bauteil B Süd mit 80 % RH in der Übergangszeit und der Minimalwert im Bauteil C Ost mit 21 % RH im Winter gemessen worden.

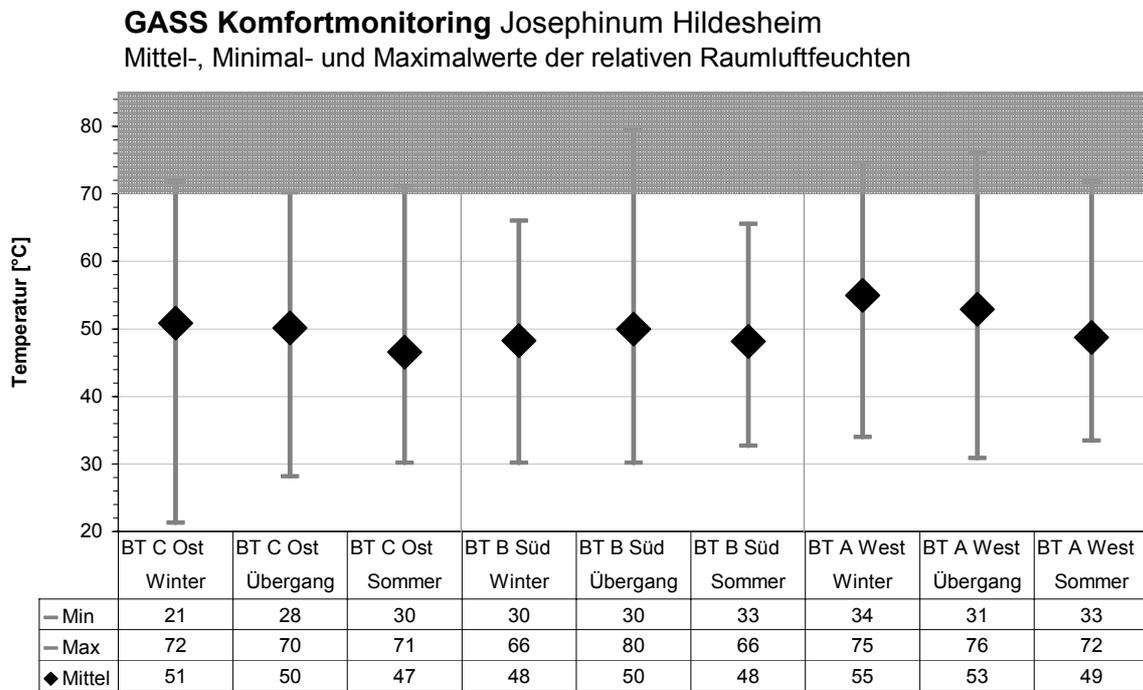


Bild 236 Mittelwerte Relative Raumlufffeuchte (trocken)

Im unbehaglichen Bereich über 70 % RH liegen allerdings mit bis zu 2 % aller Unterrichtsstunden nur wenige Stundenmittel. Im noch behaglichen Bereich von 60 bis 70 % RH haben die Klassenräume erhöhte Anteile von 9 % und 21 %.

Werte im unbehaglich trockenen Bereich unter 20 % relativer Feuchte sind während des Unterrichts nicht gemessen worden. Eine nennenswerte Einschränkung der Behaglichkeit durch hohe oder niedrige Raumlufffeuchten gibt es somit in keinem Raum.

7.7.6 Tages- und Kunstlicht

Tageslicht

Zur Beurteilung der Tageslichtqualität sind am 19.06.09 um 10:00 Uhr in typischen Räumen aller vier Gebäudeteile die Beleuchtungsstärken gemessen worden.

Eine Tageslichtversorgung in ausreichender Qualität wird über den Tageslichtquotienten D [%] berechnet.

Im folgenden Bild sind die Fensterflächenanteile der gemessenen Räume zusammengetragen. Darunter sind auch die Räume der Langzeitmessung. Alle Räume sind nur einseitig über die Hauptfassade belichtet.

Josephinum Hildesheim			BT A West 2.OG	BT B Süd 2.OG	BT C Ost 2.OG	BT D Nord 2.OG
	Raumtiefe	m	7,34	6,59	6,47	6,54
	Raumgröße	m ²	61,22	55,29	54,03	48,00
Hauptfassade	Orientierung		West	Süd	Ost	Nord
	Gesamtfläche	m ²	20,65	30,10	30,90	23,80
	Fensterfläche	m ²	13,60	10,23	17,60	17,54
	Fensterflächenanteil	%	66%	34%	57%	74%
	Verhältnis Fenster- zur Raumfläche	%	22%	19%	33%	37%

Tabelle 33 Fensterflächenanteile Hildesheim

Die Fensterflächenanteile betragen für die Räume des Bauteils A an der Hauptfassade im Westen etwa 66 %, die des Bauteils B mit historischen Mauerwerk nur 34 %. Die Raumtiefen liegen bei 7,34 und 6,59 Meter. Die Bauteile C und D haben sehr hohe Anteile von 65 % und 76 %, bei Raumtiefen von etwa 6,50 Meter.

Die Beleuchtungsstärke Außen betrug während der Messung bei leicht bedecktem Himmel zwischen 18.700 und 21.600 Lux.

GASS Josephinum Hildesheim
Tageslichtquotient

19.06.09 10:00h

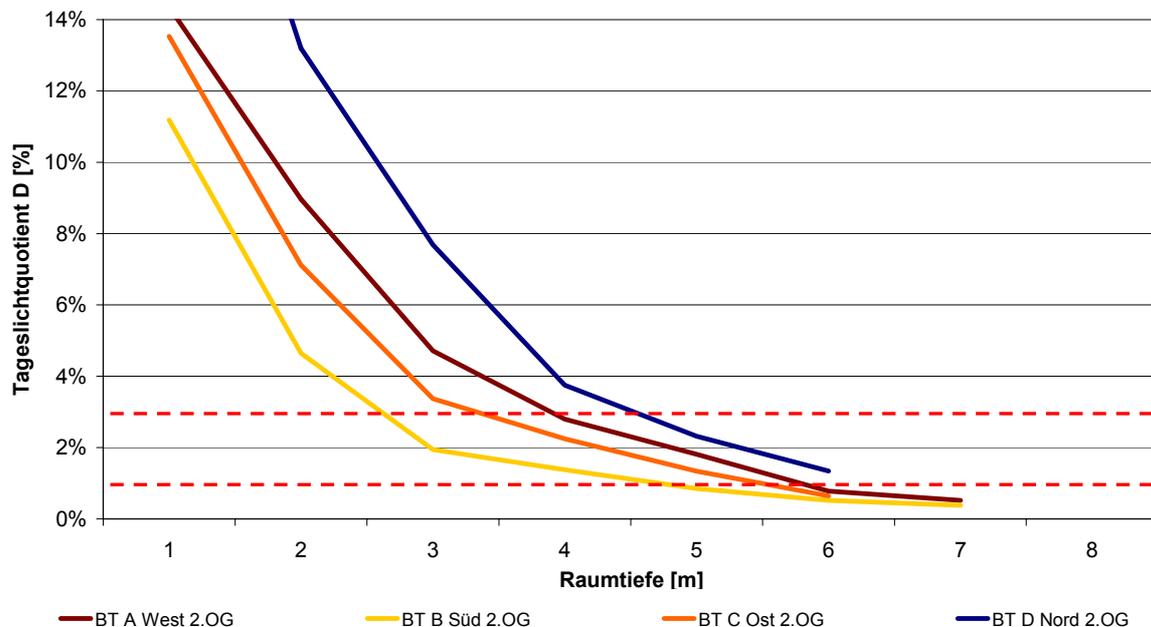


Bild 237 Tageslichtquotient Hildesheim

Der Raum im BT D Nord hat die besten Tageslichtquotienten und sinkt bei einer Raumtiefe von 6,50 m und einem hohen Fensterflächenanteil von 74 % nicht unterhalb des Grenzbereichs von 1,0 % ab.

Die Tageslichtquotienten im Westraum BT A und im Ostraum BT C sinken bis zur Raummitte nicht unter den Grenzwert von 1,0 % ab, und sind damit als gut zu bewerten. Für den ist Ostraum BT C anzumerken, dass die hoch gefahrenen Sonnenschutzlamellen die Oberlichter mindestens bis zur halben Höhe verschatten, was trotz hohem Fensterflächenanteil von 75 % die Tageslichtverhältnisse entsprechend verschlechtert. Einzig der Südraum BT B erweist sich in der Messung lediglich als akzeptabel, was durch den geringen Fensterflächenanteil der historischen Fassade von 34 % begründet ist.

Ansatzpunkte zur Verbesserung der Tageslichtsituation des Bauteils C sind eine Integration des geschlossenen Lamellenbehangs bei möglichst verschattungsfreier Sturzhöhe. Für das Bauteil B ist der Einsatz einer Lichtlenkung, z.B. über einen innenliegenden geteilten Lamellenbehang zu prüfen, der die Tageslichtautonomie erhöht und zur Vermeidung von Überhitzungen beiträgt.

Künstliche Beleuchtung

Die in der Bestandsaufnahme ermittelten spezifischen Kennwerte für die installierte Beleuchtungsleistung werden im Folgenden mit den jeweiligen nutzungsabhängigen Richtwerten für installierte Lampenleistungen pro Fläche NGF nach dem „Leitfaden Elektrische Energie – LEE“ aus Tabelle 9 verglichen und als Maß für das Optimierungspotential angenommen.

Als Richtwerte für einen Unterrichtsraum werden danach bei einer geforderten Beleuchtungsstärke von 300 Lux eine installierte Lampenleistung von 10,0 W/m² (einfach) bzw. 7,5 W/m² (verbessert) empfohlen.

Im Mittel sind in den Unterrichtsräumen der Gesamtschule spezifische Leistungen von 16,8 W/m² installiert (s.Bild 238). Dies liegt weit oberhalb der empfohlenen Richtwerte und ist als zu hoch zu bewerten. Durch eine Annäherung an den verbesserten Richtwert ($p_{B,v}$) von ca. 7,5 W/m² ist eine Reduzierung des Stromverbrauchs um bis zu 55 % möglich. Auch die installierte Leistung in der Verwaltung ist mit 22 W/m² stark erhöht, was entsprechend der Zielvorgaben im Falle einer Erneuerung der Beleuchtungsanlagen eine maximale Absenkung von 66 % ermöglicht.

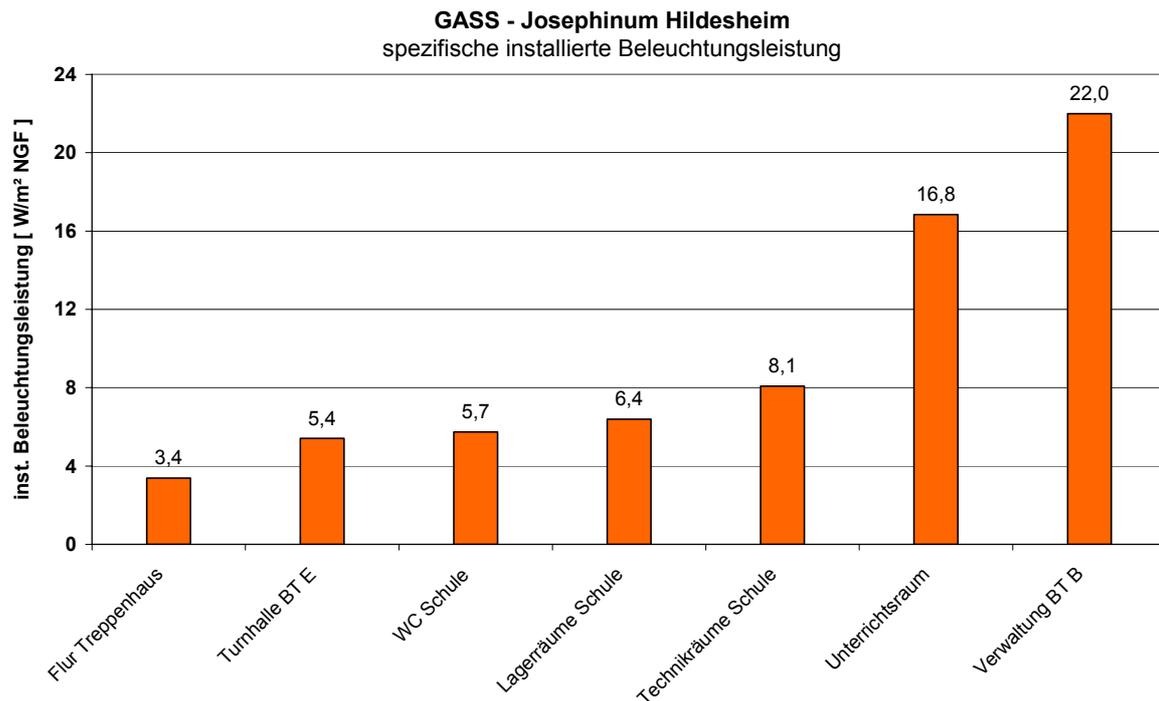


Bild 238 Installierte Beleuchtungsleistung Hildesheim

Die Technik- und Lagerräume haben in Bezug zu den Richtwerten eine leicht erhöhte, die Toiletten und die Turnhalle eine etwas zu niedrige installierte Beleuchtungsleistung. Der Flurbereich der Schule entspricht zwar dem Zielwert für die Leistung, hier ist jedoch aufgrund der alten ineffizienten Abdeckungen ist jedoch eine zu geringe Ausleuchtung zu vermuten,

In den Klassenräumen der Bauteile A und B sowie teilweise der Bauteile C und D sind Spiegelrasterleuchten vorhanden, die zur Verbesserung der Beleuchtungsstärke beitragen.

Keine der Beleuchtungsanlagen in der Schule hat eine bedarfsgerechte Beleuchtungssteuerung oder elektronische Vorschaltgeräte. Im Rahmen einer Gesamtanierung wird die Berücksichtigung dieser Komponenten zur Erhöhung der Effizienz führen. Insgesamt wird dadurch eine Reduzierung des Stromverbrauchs für die Beleuchtung um bis zu 45 % möglich.

7.8 Akustik

7.8.1 Außenlärm und Störgeräuschpegel im Gebäude



Bild 239 Lageplan des Gymnasiums Hildesheim in Bezug auf die Straßenlärmsituation

Das Hauptgebäude des Gymnasiums ist nur auf einer Seite unmittelbar Straßenverkehrslärm ausgesetzt, der vom „Hückedahl“ ausgeht. Bezüglich des zahlenmäßigen Verkehrsaufkommens würden sich relativ niedrige Lärmpegel ergeben, es handelt sich jedoch um die Zufahrtsstraße zu einem großen Krankenhaus, das durch ein neues Ärztezentrum ergänzt worden ist und häufig von Krankenwagen mit eingeschaltetem Martinshorn angefahren wird. Es kommt daher laut Presseberichten zu erheblichen Störungen des Unterrichtsbetriebes. Es steht jedoch die Erneuerung der Fassade des Schulgebäudes zum „Hückedahl“ unmittelbar bevor, die allerdings zunächst auf energetische Sanierung zielt. Hier sollte unbedingt auch auf das Erreichen hinreichender Schalldämmung Wert gelegt werden. Es ergeben sich überschlägig folgende Anforderungen: Der Abstand der Fassade von der Straße beträgt etwa 50 m, die Lautstärke eines Martinshorns wird mit 122 bis 125 dB(A) in 1 m Abstand angegeben. Hieraus folgt ein Pegel auf der Fassade in einer Größenordnung von ca. 90 dB(A). Es erscheint kaum vertretbar, dass dieser Pegel als Dauerbelastung zugrunde gelegt wird und hieraus die erforderliche Schalldämmung des Außenbauteils ermittelt wird, dies würde eine Größenordnung von 60 dB ergeben, die nur durch aufwändige Sonderkonstruktionen erreichbar wäre. Es erscheint daher sinnvoll, von

einem Lärmpegelbereich VI nach DIN 4109¹¹⁹ mit einem maßgeblichen Außenlärmpegel bis zu 80 dB(A) auszugehen, für den ein erforderliches bewertetes Luftschalldämm-Maß von $R_w = 50$ dB gefordert wird, das von modernen Fassaden mit ohnehin anzustrebendem hohem Wärmeschutz bei gezielter Berücksichtigung von Schallschutzanforderungen problemlos realisierbar erscheint. Berücksichtigt werden sollte bei der Auswahl der Konstruktion, dass die Martinshornsignale bevorzugt Frequenzen von 500 Hz bis 2000 Hz abstrahlen, für die das Schalldämm-Maß hohe Werte annehmen sollte bzw. Einbrüche in der Kurve des Schalldämm-Maßes vermieden werden sollten.

Die entsprechende Verbesserung der Schalldämmung der Fassade würde zumindest für die angrenzenden Klassenräume auch ein weiteres akustisches Problem lösen: Das Läuten der Glocken des nahe gelegenen Hildesheimer Doms führt mitunter zu erheblichen akustischen Störungen des Unterrichts.

Stichprobenweise durchgeführte Schallpegelmessungen in verschiedenen Räumen des Schulgebäudes führten in Räumen, deren Fensterfront zum Domhof angeordnet ist, zu Störschallpegelwerten von 26,3 dB(A) im Raum 207 und zu 28,5 dB(A) im Raum 211. Im Raum 215 an der Straße Hückedahl wurden 33,8 dB(A) gemessen, allerdings bei „normalem“ Verkehrslärm ohne Martinshornsignale. Nach DIN 18041 beträgt der geforderte Grenzwert der Störschalldruckpegel der bauseitigen Geräusche ≤ 35 dB(A) bei mittleren Anforderungen an die Raumnutzung, was für Gymnasien relevant erscheint. Dies belegt, dass bei „normalen“ Straßenverkehrsgeräuschen die Grenzwerte knapp unterschritten werden, dass aber andererseits die wesentlich höheren Pegel der Martinshornsignale zweifellos erhebliche Störungen verursachen.

Ein weiteres akustisches Problem ist zu nennen: Das Schulgebäude ist mit einer altertümlich anmutenden Pausenklingelanlage ausgestattet, wie sie zeigt.



Bild 240 Pausenklingel

¹¹⁹ DIN 4109 (1989)

Sie ist in der Lautstärke nicht regelbar und auf wenige Lütewerke in Fluren beschränkt, von denen große Gebäudebereiche versorgt werden. Die daher erforderlichen, sehr hohen Lautstärken sind in der näheren Umgebung der Lütewerke als überaus unangenehm zu klassifizieren. Zur Optimierung des subjektiv empfundenen akustischen Komforts des Schulgebäudes sollte hier vordringlich die Sanierung in Form des Einbaus einer modernen elektronischen Anlage erfolgen, wie sie auch für Durchsagen, u.a. auch zur Erhöhung der Sicherheitsverhältnisse, aber auch z.B. zum Einspielen von musikalischen Beiträgen bei entsprechen den Anlässen ohnehin empfehlenswert ist. Von besonderer Bedeutung ist jedoch auch die Möglichkeit der individuellen Lautstärkeoptimierung entsprechend den baulichen Verhältnissen zu nennen, die zu wesentlich niedrigeren Lautstärkepegeln führen dürfte, insbesondere wenn die Klassenräume direkt und nicht über die Flure beschallt werden.

7.8.2 Nachhallzeitmessungen und Beurteilung der Ergebnisse

Der Schwerpunkt der Analyse der akustischen Verhältnisse im Gymnasium Josephinum Hildesheim lag bei der Untersuchung der Halligkeit in allen Räumen des Schulgebäudes. Unzulängliche Nachhallzeiten als Maß der Halligkeit führen in den Unterrichträumen unmittelbar zu reduzierter Sprachverständlichkeit und erhöhtem Lärmpegel, der die Sprachverständlichkeit weiter reduziert und Lehrkräfte und Schüler strapaziert. Zu große Halligkeit in Fluren und Treppenhäusern führt zumindest im Extremfall zu „ohrenbetäubendem“ Lärm, der einem „sich wohl fühlen“ in der Schule erheblich entgegensteht. In einem Gymnasium sind darüber hinaus verstärkt Gebäudebereiche und Sonderräume bezüglich ihrer akustischen Eignung zu betrachten, wie z.B. Räume für Diskussionen in Schülergruppen u.a. von Schülervertretungen, Streitschlichtungszimmer, Ruheräume, Andachtsräume, Bibliotheken mit zugehörigen Arbeiträumen und vieles andere mehr. In all diesen Fällen sind hinreichend niedrige Nachhallzeiten maßgeblich für die Eignung des Raumes für den jeweiligen Zweck. Andererseits sollten vielfältige musikalische und andere musische Aktivitäten, wie Theaterübungen und Aufführungen sowie rhetorische Darbietungen geeignete akustische Voraussetzungen und Unterstützung finden.

Aus den in Frequenzbändern gemessenen Nachhallzeiten wurde aus den Werten im Frequenzbereich von 250 bis 2.000 Hz wiederum die mittlere Nachhallzeit T_m errechnet und in ein dreistufiges Bewertungsschema eingestuft. Bild 241 zeigt die gleiche Vorgehensweise wie bei den anderen untersuchten Schulen, so dass ein unmittelbarer Vergleich ermöglicht ist.

DIN 18041:2004-05 : Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen

Nachhallzeit T

$$T_{\text{soll, Unterricht}} = (0,32 \lg V / \text{m}^3 - 0,17) \text{ s} \quad V = \text{Raumvolumen in m}^3$$

Optimalbereich: ■ $(T_{\text{soll}} \pm 20\%) \text{ s}$

Verbesserung empfehlenswert: ■ $< ((T_{\text{soll}} + 20\%) + 50\%) \text{ s}$

Sanierungsbedürftig: ■ $> ((T_{\text{soll}} + 20\%) + 50\%) \text{ s}$

Beispiel: $V = 200 \text{ m}^3$

$$T_{\text{soll}} = 0,57 \text{ s} \quad (T_{\text{soll}} + 20\%) = 0,68 \text{ s} \quad [(T_{\text{soll}} + 20\%) + 50\%] = 1,0 \text{ s}$$

Bild 241 Schema der Einstufung der festgestellten mittleren Nachhallzeiten T_m

In Bild 242 ist nachfolgend zunächst ein Überblick über die akustische Bewertung und Einstufung der Nachhallzeitverhältnisse in allen Gebäudeteilen gegeben.



Bild 242 Überblick über akustische Bewertung und Einstufung der Nachhallzeitverhältnisse in allen Gebäudeteilen der Schule

Als pauschale Einschätzung der akustischen Verhältnisse aus der Übersicht der Messergebnisse wird deutlich, dass ca. 2/3 aller Unterrichtsräume als akustisch optimal eingestuft sind, das restliche Drittel erreicht die Stufe „Verbesserung empfehlenswert“, lediglich Werkräume im UG sowie ein spezieller „Andachtsraum“ im 2. OG sind als „sanierungsbedürftig“ eingestuft.

Deutlich negativer fällt die Beurteilung der Flure und Treppenhäuser aus: Nur ein kleiner Bereich von weniger als 10% der Flurfläche erreicht die Einstufung als akustisch optimal, ca. 30 % zeigt sich als sanierungsbedürftig während bei 60 % eine Sanierung vordringlich empfohlen wird.

Die insgesamt relativ günstigen akustischen Verhältnisse sind darauf zurück zu führen, dass nahezu alle Räume bereits mit vollflächigen abgehängten Akustikdecken in relativ gutem baulichen Zustand ausgestattet sind.

Die nachfolgende Detailanalyse beginnt im UG mit den Darstellungen der Einstufung der Räume aber auch mit der Angabe der jeweiligen mittleren Nachhallzeiten.



Bild 243 Nachhallzeit- Messergebnisse und Einstufungen im UG

Zu bemängeln sind hier ausschließlich Wasch- und Umkleieräume, die mit Nachhallzeiten von bis zu 2,5 s zu hohen Lärmpegeln führen. Hier kann mit absorbierenden Deckenverkleidungen, die es durchaus auch in für Feuchträume geeigneter Form gibt, mit relativ geringem Aufwand Abhilfe geschaffen werden.

In den gelb angelegten Bereichen mit der Empfehlung zur akustischen Verbesserung handelt es sich um den Raum K 06, der zwar eine abgehängte Lamellendecke besitzt und um die Flurbereiche, die ebenfalls bereits Deckenverkleidungen aufweisen, allerdings offensichtlich älteren Datums. Hier empfiehlt sich zumindest der Ersatz der Absorbermaterialien im Zwischenraum der abgehängten Decken durch moderne Materialien mit höherem Absorptionsgrad bzw. der Ersatz der Decken, möglicherweise unter Beibehaltung der Unterkonstruktion.

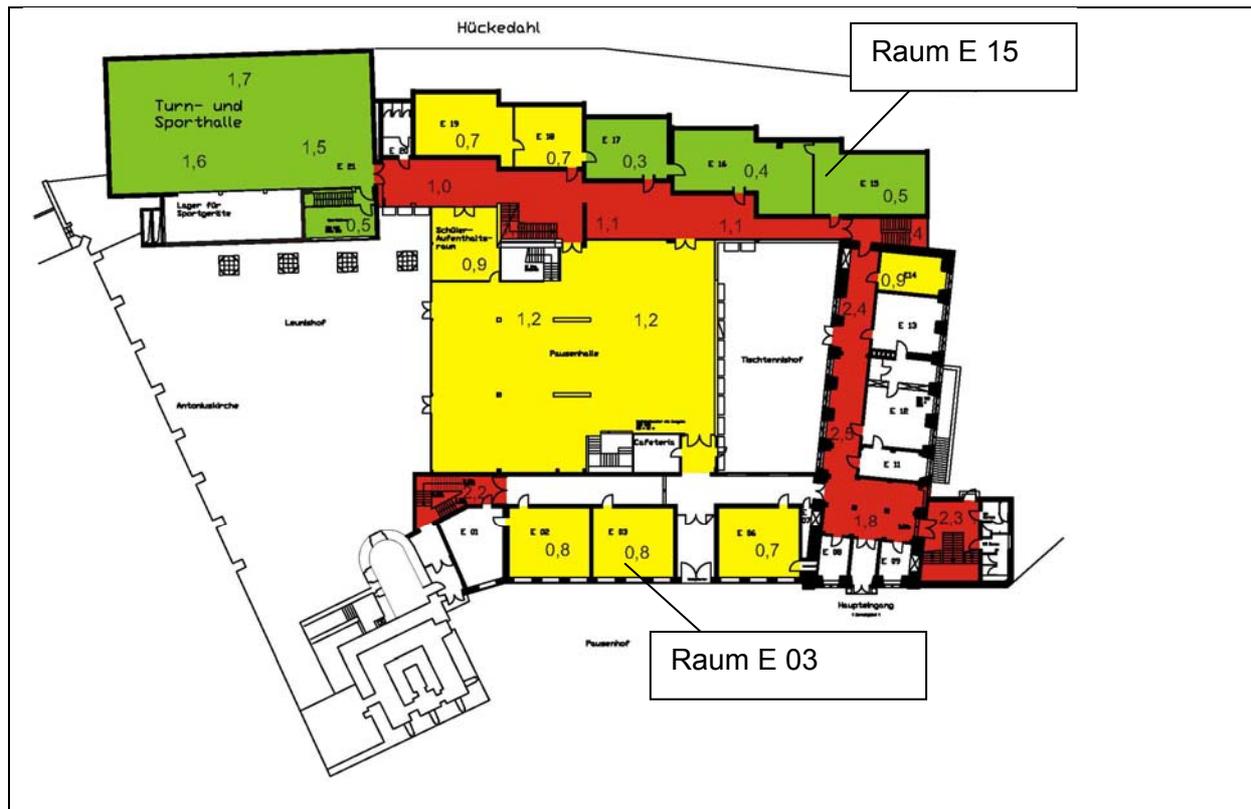


Bild 244 Nachhallzeit-Messergebnisse und Einstufungen im EG

Im EG weisen die grün gekennzeichneten Räume Nachhallzeitverläufe wie sie beispielhaft Bild 245 für den Raum E15 zeigt. Der etwas überhöhte Wert im Oktavbereich 63 Hz dürfte sich lediglich bei impulsförmigen Geräuschen, z.B. verursacht durch Türeenschlagen, negativ auswirken, der Raum „dröhnt“. Verursacht sein dürfte dieser Effekt durch die akustisch ungünstigen Verhältnisse der Raumabmessungen, indem Höhe, Breite und Länge des Raumes ziemlich genau ganzzahlige Vielfache voneinander darstellen.

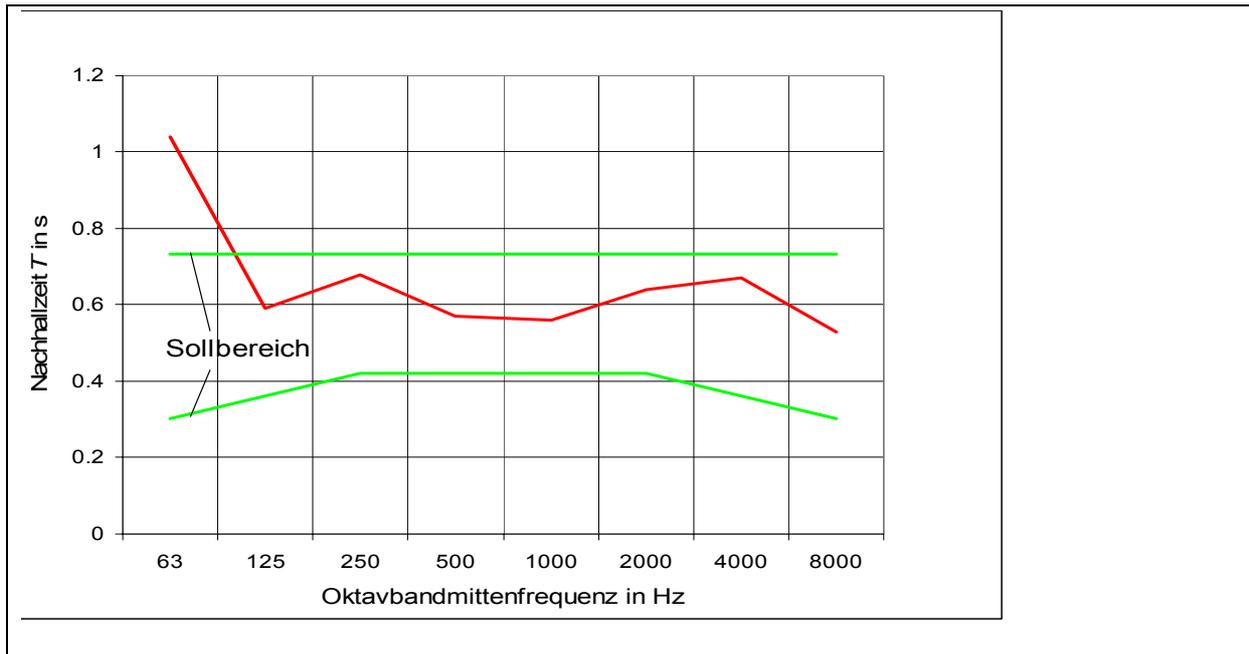


Bild 245 Nachhallzeiten im Raum E 15

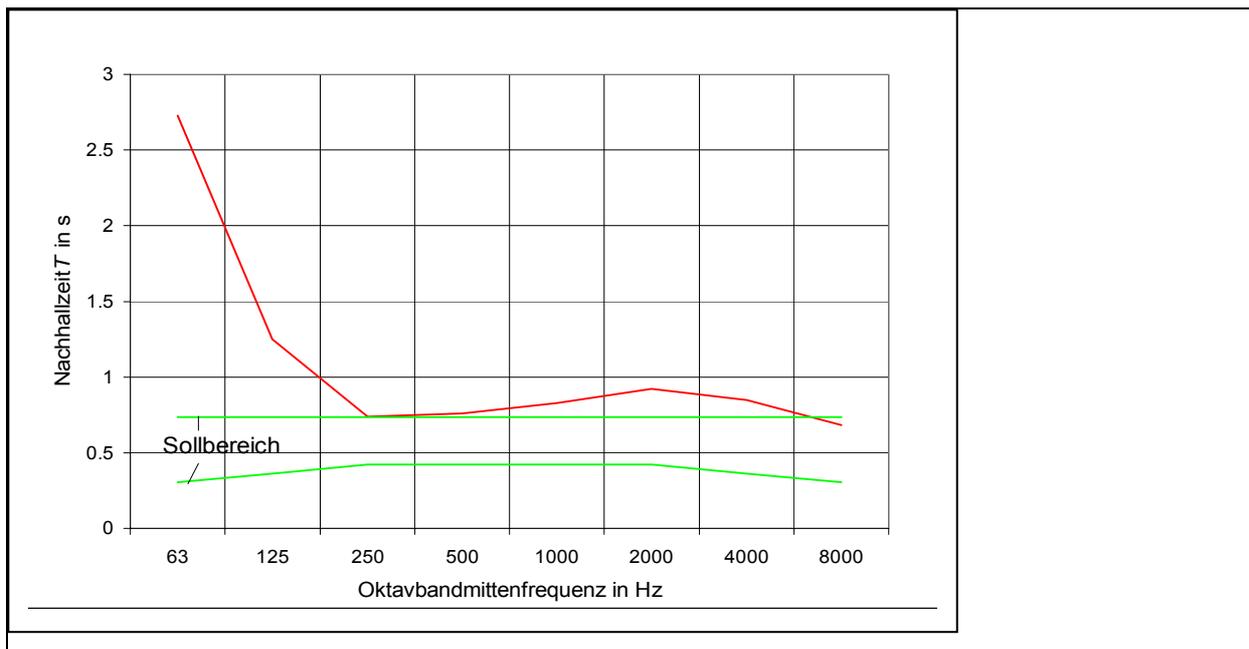


Bild 246 Nachhallzeiten im Raum E 03

Ungünstiger wirken sich diese Raumresonanzen in den Räumen E 02, E03 und E06 aus, wie Bild 246 beispielhaft für Raum E 03 zeigt. Die Räume weisen nahezu quadratischen Grundriss auf, was diesen Effekt verstärkt. In den übrigen Frequenzbereichen wird jedoch die obere Sollbereichsgrenze geringfügig überschritten, so dass hier die Durchführung von akustischen Sanierungsmaßnahmen, die im Einbau spezieller Tiefenabsorber bestehen müsste, zwar empfehlenswert erscheint aber keine hohe Priorität besitzt. Dies gilt auch für die übrigen gelb eingefärbten Unterrichtsraumbereiche, denn es ist zu berücksichtigen, dass

auf Grund des höheren Alters der Unterrichtsteilnehmer im Gymnasialunterricht die zu stellenden akustischen Anforderungen an den Unterrichtsraum gegenüber sehr jungen Schülern reduziert sind.

Als sanierungsbedürftig sind jedoch größere Teile der Flur- und Treppenhaus-Bereiche in der Darstellung von Bild 244 rot eingefärbt, denn es treten Nachhallzeiten zwischen 1,0 s und 2,5 s auf, entsprechend ist in diesen Bereichen dem Entstehen von Lärm Vorschub geleistet. Da dieser Mangel bereits unmittelbar im Eingangsbereich des Schulgebäudes zutage tritt, wird er einen negativen Eindruck bewirken bezüglich des Komforts, den die Schule bietet und dem „einladenden“ Charakter, den man beim Betreten der Schule verspüren sollte.

In der Turn- und Sporthalle wurden Nachhallzeiten im Bereich von 1,5 bis 1,7 s festgestellt, diese Werte liegen im Optimalbereich.

Die Nachhallzeiten von 1,2 s in der großen Pausenhalle können in Bezug auf die Größe der Halle und die ganzflächige Akustikdecken-Ausstattung für sich genommen kaum beanstandet werden. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Halle auch für Versammlungen mit Ansprachen, Aufführungen etc. genutzt wird. Für diese vielfältige Nutzung ist sie unzureichend ausgestattet, so dass sie für eine wünschenswerte akustische Sanierung bzw. Optimierung eingestuft worden ist. Insbesondere ist zu bemängeln, dass keinerlei Vorkehrung getroffen ist, Sprache einer größeren Zuhörerschaft mit hinreichender Verständlichkeit zu übertragen. Es fehlt ein Podiumsbereich mit geeigneten Reflektoren, aus dem heraus sich Sprecher aus erhöhter Position einer größeren Zuhörerschaft verständlich machen können. Elektroakustische Unterstützung der Sprachverständigung (wahrscheinlich aber auch zur Musikeinspielung) ist zwar vorhanden, jedoch technisch unzulänglich sowohl bezüglich der technischen Geräte wie auch hinsichtlich z.B. der Anbringung und Ausrichtung der Lautsprecher.



Bild 247 Nachhallzeit-Messergebnisse und Einstufungen im 1. OG



Bild 248 Nachhallzeit-Messergebnisse und Einstufungen im 2. OG

Im 1. und 2. OG setzt sich das Bild über die akustischen Verhältnisse im Hauptgebäude weitgehend gleichartig fort, indem keine Unterrichtsräume als dringend sanierungsbedürftig eingestuft sind. Allerdings ist ein erheblicher Anteil gelb markiert, da die oberen Grenzwerte des Sollbereichs überschritten werden, wie die nachfolgende Abbildung mit Messergebnissen aus mehreren Räumen zeigt. Allerdings ist auch hier im Wesentlichen der

Oktavbereich 125 Hz betroffen, der sich nicht vorrangig auf die Sprachverständlichkeit auswirkt. Da jedoch „Dröhneffekte“ auftreten dürften und möglicherweise den Unterricht stören, sollte der Einbau von Bassabsorbern erwogen werden, z.B. in Form von dicken Mineralwolle-Auflagen im Zwischenraum der abgehängten Decken, insbesondere in den Raumecken. Eine andere Möglichkeit besteht in der Anbringung eines speziellen Tiefenabsorbers im oberen Bereich der Rückwand des Raumes mit einer Mindestgröße von 8 bis 10 m². Ein Konstruktionsvorschlag ist in der Abbildung skizziert.¹²⁰ Die relativ geringfügige Überschreitung der Sollbereichsgrenze für die Nachhallzeiten bei höheren Frequenzen könnte unaufwändig durch Anbringung jeweils einer „Pinwand“ behoben werden.

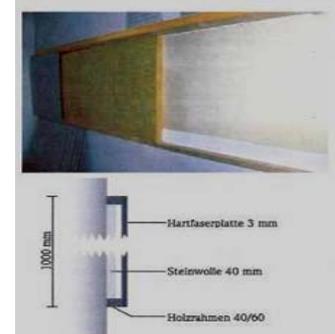
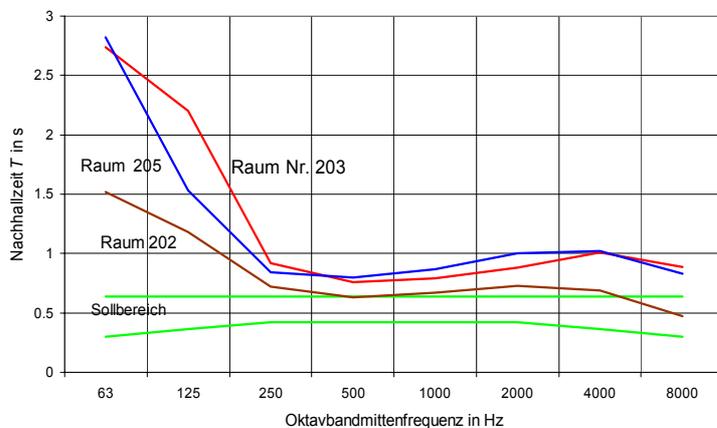


Bild 249 Nachhallzeiten in Abhängigkeit von der Frequenz in **Bild 250** Sanierungsempfehlung mehreren Räumen des 2. OG

Die rot gekennzeichneten Flurbereiche mit Nachhallzeiten von bis zu 2,8 s bedürfen zur Lärmreduzierung vordringlich der Ausstattung mit Akustikdecken. Aber auch die übrigen Flurbereiche, die bereits Akustikdecken besitzen wie Bild 251 beispielhaft zeigt, weisen deutlich zu hohe Nachhallzeiten auf. Hier ist zu empfehlen, die Decken auszubauen, stärker (bis kurz über dem Fenstersturz) abzuhängen und eine entsprechend stärkere Mineralwolleauflage vorzusehen. Zusätzlich sollte über den Türen ein schmales Wandabsorber-Band montiert werden.

¹²⁰ Eberle W., Schick A., Klatt M., Schmitz A. (2007)

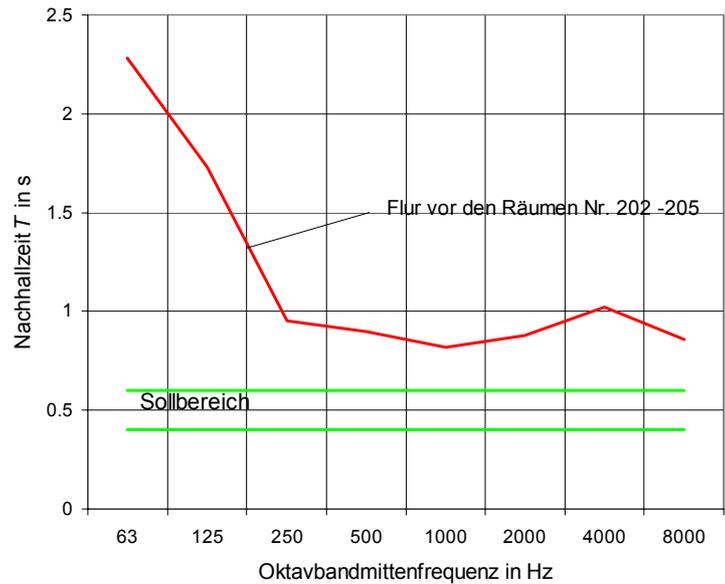


Bild 251 Nachhallzeitverhältnisse und Decken-Ausstattung des Flurs vor den Räumen 202 bis 205

Raum 207 im 2. OG (Bild 252) weist mittlere Nachhallzeiten von 2,8 s auf. Es handelt es sich um einen Andachts- und Besinnungsraum, in dem aber offenbar auch Texte gesprochen werden. Der Raum verfügt über keinerlei akustische Decken- und Wandausstattung. Hier sollte vordringlich ganzflächig eine Akustikdecke nachgerüstet werden.

Erläuterungsbedürftig erscheint, dass für Räume mit mittleren Nachhallzeiten von 0,7 s im 1. OG Sanierung empfohlen wird, während im 2. OG Räume mit gleichem Grundriss mit der gleichen mittleren Nachhallzeit im Optimalbereich liegen. Wie Bild 253 zeigt, weisen die betroffenen Unterrichtsräume im 2. OG durch die Dachkonstruktion deutlich größere Volumina und größere Deckenflächen auf, die mit Akustikdecken ausgestattet sind.

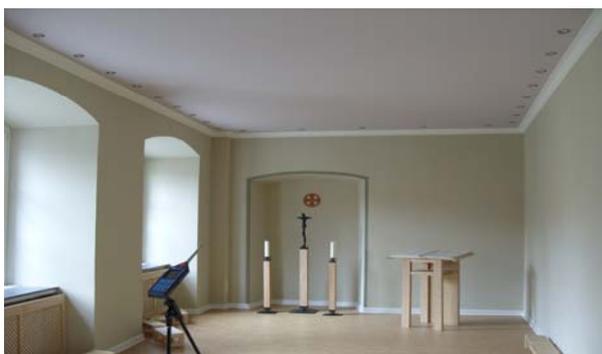


Bild 252 Raum Nr.207 im 2.OG



Bild 253 Rum Nr. 215 im 2.OG

7.8.3 Befragungsergebnisse von Lehrern und Schülern

Die Ergebnisse der Befragungen von Lehrern und Schülern zur akustischen Behaglichkeit und Aufenthaltsqualität im BGJ Hildesheim zeigen folgendes:

- Lärm von außen wird im Mittel bei Lehrern und in noch geringerem Maß bei Schülern als nur „selten bis manchmal“ störend wahrgenommen (obwohl jüngste Presseberichte die häufige Lärmbelästigung der Schule durch Martinshörner auf der Krankenhauszufahrt betonen).
- Insgesamt deuten die Befragungen der Lehrer daraufhin, dass der akustischen Situation kein großer Stellenwert zugemessen wird bzw. diese nicht als negativ empfunden wird.
- Auf Verbesserungsbedürftigkeit der akustischen Situation deuten jedoch Schülerbefragungsergebnisse hin, die besagen, dass im Mittel der Geräuschpegel in der Klasse manchmal bis häufig als zu laut empfunden wird und Störung eher bestätigt wird.

Die Nutzerbefragungen betätigten einerseits die Ergebnisse der messtechnischen Untersuchungen, dass die generelle akustische Situation recht positiv zu bewerten ist. Dennoch sollte berücksichtigt werden, dass subjektiv von Schülern mehrheitlich sehr wohl das Lärmproblem im Unterricht als gravierende Störung wahrgenommen wird. Hier können möglicherweise insbesondere pädagogische Maßnahmen, wie sie in einem gesonderten Leitfaden für Lehrkräfte als Ergänzung zu diesem Bericht angesprochen sind, Abhilfe bringen, denn physikalisch sind generell die Unterrichtsräume nahezu ausnahmslos auf einem vorbildlichen Stand. Andererseits wurden erhebliche akustische Mängel insbesondere in Fluren und Treppenhäusern festgestellt, die Schüler geradezu animieren, Lärm zu machen. Es sollten daher die genannten „technischen“ Mängel soweit wie nur eben möglich beseitigt werden, zumal dies hier mit relativ geringem Aufwand realisierbar erscheint.

8 Sanierungskonzept Hildesheim

8.1 Pädagogik: Empfehlungen für die Sanierung

Die Klassenraumgrößen im Gymnasium Josephinum bieten keine günstigen Bedingungen für einen Unterricht, in dem kooperative Lernformen dominieren. Die meisten Klassenzimmer eignen sich selbst bei wohl überlegter Anordnung mit Raum sparender Möblierung lediglich für Stillarbeit und Frontalunterricht. Spontane Wechsel der Unterrichtsform sind kaum möglich. Daher sind Ausweichmöglichkeiten während der Unterrichtszeit notwendig. Als einzige Möglichkeit kommen nach Ansicht der Projektbearbeiter derzeit die bislang ungenutzten Flure in Betracht. Wie in den Grundschulen müssten dafür zuerst die bauphysikalischen und akustischen Voraussetzungen überprüft und ggf. geschaffen werden. Durch Einrichtung von Nischen mit altersgerechter Möblierung könnten attraktive, zusätzliche Einzel- und Gruppenarbeitsplätze entstehen. Vor allem die unbeliebten Fachraumtrakte könnten durch solche Maßnahmen erheblich aufgewertet werden. Sie verfügen fast durchgängig über eine Breite von über zwei Metern, an der breitesten Stelle ist der Flur des Chemietraktes beträchtliche 4,6 m breit (vgl. Bild 280)!

Nach Wegfall des 13. Jahrgangs in drei Jahren, bestünde außerdem die Möglichkeit, das Kardinal-Bertram-Haus (s. Bild 254), trotz Auszug der 10. Klassen, zu halten und die neunten Klassen dorthin zu verlegen. Dadurch könnten im Hauptgebäude, in Abhängigkeit von der Entwicklung der Schülerzahlen, vier oder mehr freie Klassenräume geschaffen werden, die jeweils geteilt und als Gruppenräume genutzt werden könnten. Den verbleibenden Jahrgängen fünf bis acht könnten dann jeweils zwei ca. 20-30 m² große Gruppenräume zugewiesen werden. Bei der in diesem Fall notwendigen konzeptionellen Neuordnung der Klassentrakte sollte darauf geachtet werden, dass die Räume der Lerngruppen eines Jahrgangs eng beieinander liegen, um die Möglichkeit des informellen Austausches zwischen den Schülerinnen und Schülern zu erhalten.

Der von Schüler- und Lehrerseite beklagten Enge in den Klassenzimmern ist nur schwer Abhilfe zu schaffen, da wie bereits ausgeführt, abzüglich der Schülerarbeitsplätze häufig kaum mehr freie Fläche zur Verfügung steht. Für die Möblierung und insbesondere für die Unterbringung der Materialien sind daher Raum sparende Lösungen gefragt. Jedes Klassenzimmer sollte zudem über ein Waschbecken, eine geeignete Projektionsfläche und ästhetisch ansprechende Präsentationsflächen für Schülerarbeiten verfügen. Für das gesamte Schulgebäude und damit auch für die Klassenräume ist ein einheitliches

Farbkonzept wünschenswert. Obwohl der Klassenraum am Josephinum nicht als „Heimatraum“, sondern als „Gebrauchsgegenstand“¹²¹ betrachtet wird, sollte jede Lerngruppe die Möglichkeit haben, sich ihren Raum, in den sie immerhin für jeweils zwei Jahre einzieht, anzueignen. Dafür sind variabel angebrachte Vorrichtungen für Gestaltungselemente notwendig.

Im Freizeitbereich sollten den verschiedenen Altersstufen mehr Möglichkeiten angeboten werden, sich voneinander separieren zu können. Im Außenbereich ist dies zumindest für die Schülerinnen und Schüler des neunten Jahrgangs mit dem Neuntklässlerhof bereits umgesetzt. Empfehlenswert ist die Einrichtung überdachter, windgeschützter Bereiche auf dem Hof, damit er auch bei schlechtem Wetter aufgesucht werden kann, sowie die Schaffung geeigneter Sitzmöglichkeiten. In der Pausenhalle sitzen viele Schülerinnen und Schüler in Ermangelung von Stühlen und Bänken bislang auf dem kalten Fußboden. Auch für diesen bei den Jugendlichen sehr beliebten Aufenthaltsraum wird die Ausstattung mit weiteren Sitzmöbeln empfohlen. Zur Abdeckung des Freizeitangebotes sollten mindestens zwei weitere Räume erschlossen werden. Projektiert wird von Seiten der Schulleitung ein zweiter Schülerwarteraum neben dem ersten in der Pausenhalle. Dafür wurde in den Sommerferien bereits das Treppenhaus zum Chemietrakt neben dem vorhandenen Schülerwarteraum entfernt. Auch ein Ausbau des denkmalgeschützten Dachstuhls ist zu erwägen. Die Flure und Verkehrsflächen bleiben auf ausdrücklichen Wunsch der Schulleitung und des Kollegiums für den Freizeitbereich tabu. Der Silentium-Raum (102) und der Schülerwarteraum werden bereits gut frequentiert, bedürfen aber der Optimierung. Während der Silentium-Raum seiner Funktion gemäß das konzentrierte Arbeiten allein oder in kleinen Gruppen ermöglichen sollte und dafür eher ein Konzept für die räumliche Gliederung und Gestaltung gefordert ist, liegt der Nachteil des Schülerwarteraumes eindeutig in seiner schlechten Belüftbarkeit, dem durch zusätzliche Belüftungsmöglichkeiten Abhilfe geschaffen werden kann. Grundsätzlich wird die Schaffung oder zumindest die Ermöglichung bewegungsfördernder Angebote auf dem Außengelände empfohlen. Dies ist aus medizinischer und bewegungsphysiologischer Perspektive sehr wichtig und wird auch von den Schülerinnen und Schülern selbst ausdrücklich gewünscht. Eine Lösung ist vor allem für die Parkplatzsituation auf dem Domhof gefragt. Der sehr kleine Tischtennishof neben der Pausenhalle wirkt sanierungsbedürftig. Er wird zurzeit hauptsächlich von den Fünft- und Sechstklässlern genutzt, da bei den Älteren das Tischtennispielen nicht mehr beliebt ist. Zur Erweiterung des Außenbereiches könnte auch der Grünstreifen am Hückedahl genutzt und durch Sitzgruppen aufgewertet werden.

¹²¹ Haunhorst im Expertengespräch am 08.04.2008

Das Lehrerzimmer soll auf Wunsch der Schulleitung und des Kollegiums mit den derzeitigen Kunsträumen getauscht werden. Da das Lehrerzimmer dann ohnehin neu eingerichtet wird, könnten mit wahrscheinlich relativ geringen Mehrkosten Nischen für Lehrerarbeitsplätze eingerichtet werden.

Wie in den beiden Grundschulen besteht auch am Josephinum Sanierungsbedarf bei den Schülertoiletten. In der Nutzerbefragung wurde das negative Empfinden gegenüber den Sanitäranlagen von den Jugendlichen deutlich artikuliert. Ein spezielles Entwurfskonzept wäre auch für diese Schule wünschenswert.

8.2 Architektonisches Konzept

8.2.1 Empfehlungen für die Sanierung

Entwurfsziele

1. Organisationsstrategie im Sinne einer „Erweiterung nach Innen“ sowie eine Anpassung an „offenere“ Unterrichtsformen innerhalb des Gebäudes (Einbeziehung der Flure, Gruppenräume)
2. Strategische und gestalterische Einbindung der Außenräume und der Innenräume.
3. Strategisches und gestalterisches Möblierungskonzept.
4. Sanierungs- und Gestaltungskonzept Ostfassade.

Organisation

Im städtischen Kontext: Es ist als eine Besonderheit anzusehen, dass sich die Schule mit mehreren Gebäuden in mittelbarer Nähe zueinander über den Stadtraum verteilt (vgl. Bild 254). Es bleibt zunächst offen, ob langfristig die Dependancen Kardinal-Bertram-Haus und Kolleggebäude Mariano-Josephinum weiterbetrieben werden. Es sollte daher im Falle einer längerfristigen Weiternutzung der Gebäude Ziel der strategisch-entwurflichen Entwicklung sein, aus dieser Situation heraus ein besonderes Potential zu entwickeln:



Ensemble von Gebäuden und Plätzen

Bild 254 Lageplan Hildesheim

1 Hauptgebäude Gymnasium Josephinum

2 Schulbibliothek

3 Kardinal-Bertram-Haus

4 Kolleggebäude Mariano-Josephinum

Das bisher propagierte Konzept der nach Altersstufen differenzierten Pausenhöfe¹²², das auch der räumlichen Struktur des Hauptgebäudes entspricht, wird hier mit den Häusern für die zehnten Klassen weitergeführt. Ein „Wir-Gefühl“, das die Identifikation der Schüler mit der Schule positiv beeinflussen kann, entsteht aus der Definition der Altersgruppen „in ihrem eigenen Haus“.

Diese Art der positiven Aneignung der Schule haben wir schon in der Regenbogenschule Wolfsburg festgestellt. Aktuell haftet allerdings beiden Dependancen wohl aufgrund der

¹²² Der „Neuntklässlerhof“ vor dem Bücherhaus ist einer Jahrgangsstufe vorbehalten. Den Tischtennishof nutzen die 5. und 6. Klassen, Domhof und Leunishof werden von allen genutzt.

offenen Zukunft eher der Charakter des Provisoriums an, der ein Gefühl des „Heimisch-Werdens“ nicht zulässt. Gerade das Kardinal-Bertram-Haus als kleines Haus in der Stadt bietet typologisch Möglichkeiten der Aneignung, das Gebäude als z.B. „besetztes Haus, als „eigene WG“, als „eigens Stadthaus/Residenz“ usw. zu begreifen. Das Mariano-Josephinum als Doppelschule und strukturelles Gebäude der 70er Jahre mit weiten Flurzonen in allen Ebenen hat einen gänzlich anderen Charakter: Hier sollte der Charakter einer collegeartigen, universitären Einrichtung im Sinne von Begegnung, Austausch und Eigenständigkeit für die Oberstufe ein Leitbild formulieren.

Das Nebeneinander der so ausdifferenzierten Häuser in der Stadt, ergänzt um die zentrale Einrichtung der Mensa und im inhaltlichen direkten baulichen Bezug zum Dom, legen den eben schon erwähnten Charakter eines klassischen Colleges als strategisches Leitmotiv für den konzeptionellen Gesamtentwurf nahe. Die schon benannte klösterliche Klarheit und Strenge würden zusammen mit der Vielfalt der Gebäude und der Offenheit der Struktur in der Stadt ein spannungsvolles und spezifisches Profil abgeben. Dabei sind die Begriffe formal nicht zu missverstehen: Es geht hier um ein konzeptionelles Leitbild für eine allgemeine räumliche Entwicklungsstrategie, nicht um konkrete Gestaltungselemente.

Die Außenbereiche aller Gebäude haben somit im doppelten Sinne eine besondere konzeptionelle Funktion¹²³: Sie sind als „individuelle Pausenhöfe“ Teil des Diversifizierungsprozesses und zugleich Teil der räumlichen Aneignungsstrategie. Darüber hinaus bilden sie Vernetzungselemente zwischen Stadt und Schule: Der Bedeutungsdreiklang „Stadt Hildesheim – Dom – Gymnasium Josephinum“ mit seiner jetzt schon prägnanten, aber selbstverständlichen Ikonografie in der Stadt kann über die Schnittstelle der Außenbereiche sowohl als pädagogisches (Außen-)Raumkonzept als auch extern als imagefördernd entwickelt werden, ohne pathetisch oder ideologisch zu werden.



Bild 255 Schiebepuzzle

¹²³ Solche Maßnahmen und Aspekte beziehen sich natürlich auch immer auf pädagogische und soziale Fragen und stehen mit den architektonischen in Beziehung. Wir konzentrieren uns hierbei und in Folge nur auf die architektonisch-entwurflichen Überlegungen.

Im Gebäude¹²⁴: Das Josephinum kann sich nicht durch Anbauten und Erweiterungen vergrößern. Die eigentliche Aufgabe liegt darin, eine konzeptionelle Flexibilität zu entwickeln, die es ermöglicht, immer wieder auf neue Vorgaben unter einem architektonischen Konzept zu reagieren. In Zukunft werden vor allem Räume immer mal wieder verändert oder umgenutzt werden.

Gruppenräume: Die klare und flexible Struktur des Gebäudes lässt wie dargestellt die Integration von Gruppenräumen zu. Einige Räume sind als Klassenräume mit Frontalunterricht wegen ihrer Proportion und Enge nicht geeignet, bieten sich hingegen als Gruppenräume mit einer z.B. zentralen Tischgruppe an. Seitens der Lehrer werden besonders die zu kleinen Klassenräume bemängelt, so dass Gruppenräume zwischen die Klassen als quantitative Entlastung eingefügt werden sollten. Zudem könnten die bestehenden Dependancen im Zuge dessen weiter zur Entlastung des Hauptgebäudes beitragen.

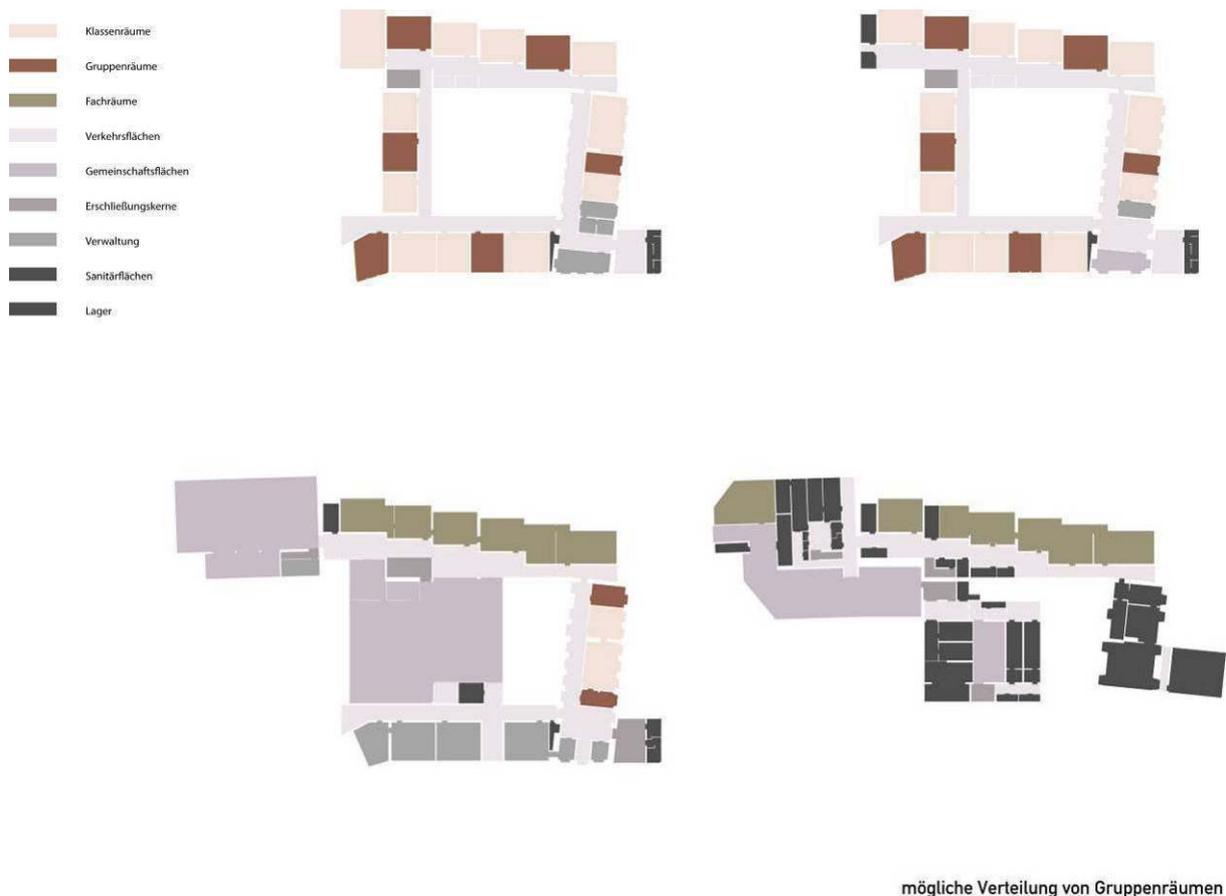


Bild 256 Studie Anordnung von Gruppenräumen.

¹²⁴ Wenn im Folgenden nicht weiter spezifiziert, ist in der Betrachtung das Hauptgebäude des Josephinums gemeint.

Für das Erdgeschoss sind spezifische Umorganisationen wie Treppenverlegungen und Verlegung der Lehrerzimmer etc. konzeptioniert. Für die qualitative Aufwertung dieser Bereiche sowie besonders des Eingangsbereiches schlagen wir partielle Durchbrüche an besonderen Punkten vor, um mehr Großzügigkeit und eine hellere Raumsituation zu erreichen. Teile dieser Maßnahmen werden weiter nachfolgend unter „Räume“ beschrieben.

8.2.2 Außenraum

Der Außenraum wird im Folgenden mit dem Betrachtungsschwerpunkt Hauptgebäude dargestellt und analysiert. Hierbei wurden die beiden eben genannten Aspekte berücksichtigt.

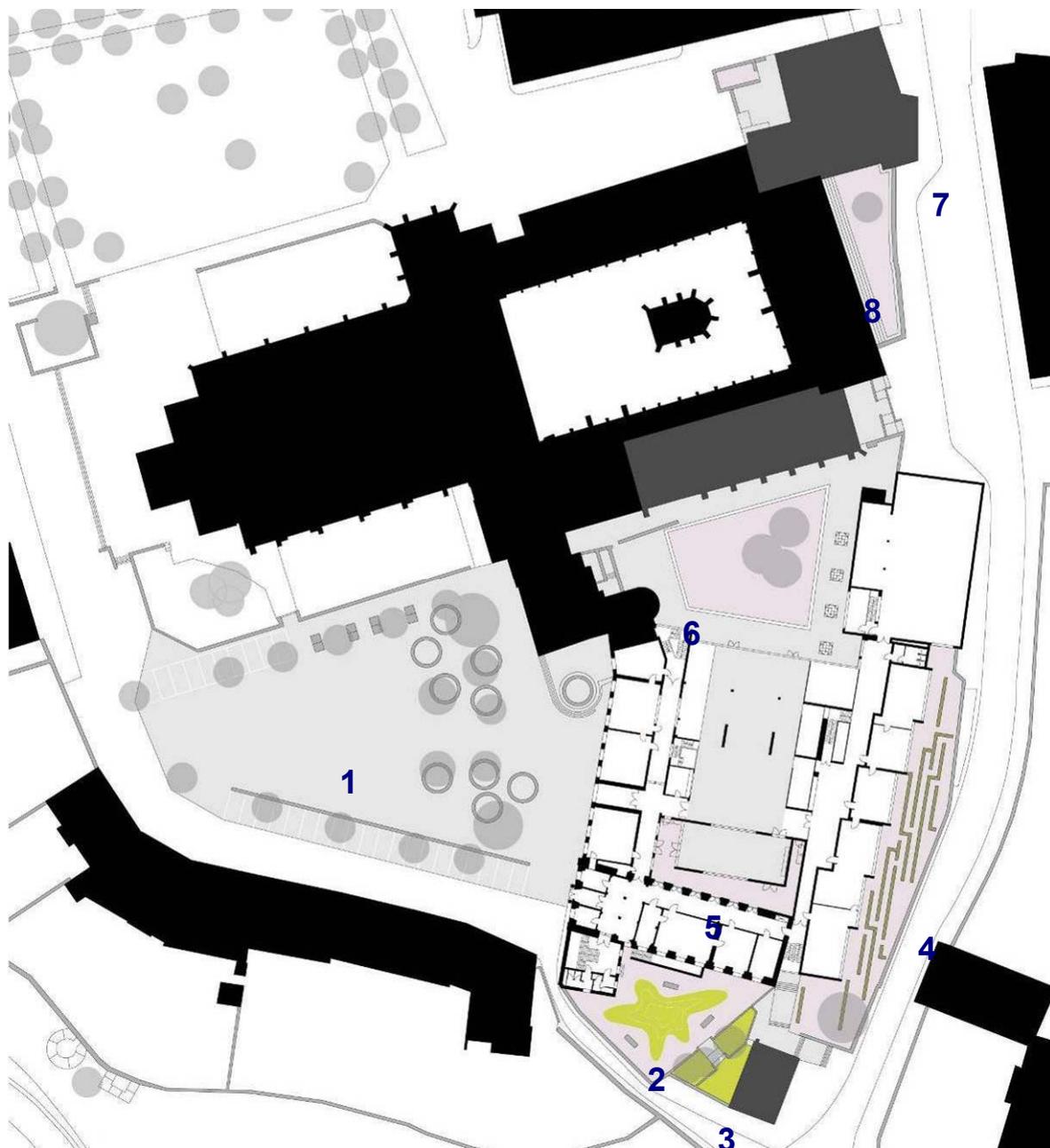


Bild 257 Außenraumkonzept Josephinen Hildesheim.



Bild 258 Domhof vom Eingang der Schule aus gesehen.

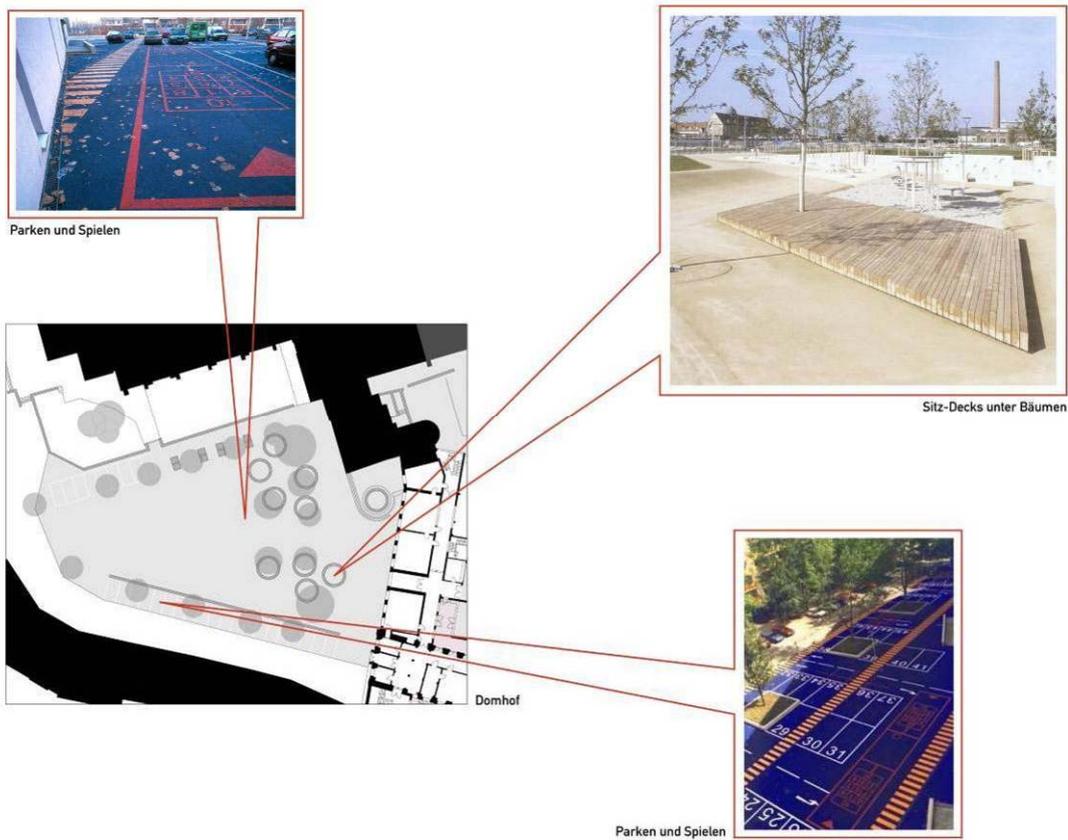


Bild 259 Außenraumkonzept Domhof

1 Schulplatz Am Domhof:

Der dem Hauptgebäude vorgelagerte Platz ist Domhof und Schulhof zugleich. Er ist ein Ort von großem öffentlichen, historischen und touristischen Interesse und gleichzeitig halbprivat. Er ist Parkplatz, Schulhof und urbaner Platz in einem. Als eher rückwärtiger Teil der Doppelplatzanlage um den Dom wird der private Eindruck der Anlage noch gestärkt. Diese Überlagerung der Nutzungsräume entspricht im Grunde dem Bild südländischer Öffentlichkeit und Urbanität.

Andererseits sind die Anforderungen an einen Schulhof schwer mit einem Parkplatz oder Domhof zu vereinen. Vorgeschlagen wird, auf eine Beschränkung der Stellplätze zu verzichten und diese direkt von der Fahrspur im Süden anzudienen. Eine Erweiterung der Stellplätze ist am nordöstlichen Rand möglich. Die korrekte Belegung der Stellplätze wird durch Beschilderung (oder eine vorverlegte Schranke) geregelt. Sie werden durch eine lange Sitzbank von der Hoffläche abgetrennt, die gleichzeitig den Schulhof fasst und dennoch frei in der Fläche des Platzes liegt. Bankreihe nimmt das ortstypische Thema der steinernen Mauern und Kanten auf und fokussiert die Perspektive auf die Front des Josephinums. Der räumliche Filter der Bäume zwischen Platz und Schule wird aufgegriffen und dem Platzbelag entsprechend mit runden Sitzinseln unter den Bäumen verdichtet: Öffentlicher und privater Raum werden dezent akzentuiert. In der Mitte entsteht die dringend fehlende großzügige Spielfläche auf dem Platz, die um die Tischtennisplatten ergänzt wird. So kann der Platz auch außerhalb der Schulzeiten öffentlich bespielt werden. Alleine die Schule bedarf schon ca. 100 Stellplätze, was den gesamten Domhof ausfüllen würde. Somit ist eine Kombination aus Schulhof und Parkplatz in jeder Hinsicht immer ein unbefriedigender Kompromiss. Mittelfristig sollten die Parklätze an anderer Stelle untergebracht werden.



Bild 260 Stellplatzstudie Domhof.

2 „Neunklässlerhof“

Dieser Raum ist klar gefasst, separat zugänglich und von besonderer, ambivalenter räumlicher Qualität: er ist Platz und Garten, Hof und Terrasse zugleich. Wohl bekanntestes Beispiel eines solchen besonderen Raumes ist der Renaissancegarten des Palazzo Piccolomini in Pienza. Hier verbinden sich Garten, Palast-Hof und Terrasse über der Landschaft aufs Beeindruckendste. Wenn auch in bescheidenerer Form ist die Situation

vergleichbar: Mit dem rückwärtigen Domgebäude liegt der Platz wie ein Stadtbalkon deutlich über dem Straßenniveau der Stinekenpforte und den Niederungen des Mühlengrabens. Hof und Garten bilden eine Einheit: die wassergebundene Decke des Platzes wird mit einem leicht aufgewölbten Rasenspiegel kombiniert. Dieser flache Hügel kann im Sommer in der Südsonne als Liege- und Sitzfläche dienen. Gleichzeitig bildet er Buchten aus, auf dem Bänke für einzelne Schülergruppen in Nischen, und doch frei in der Fläche stehen.

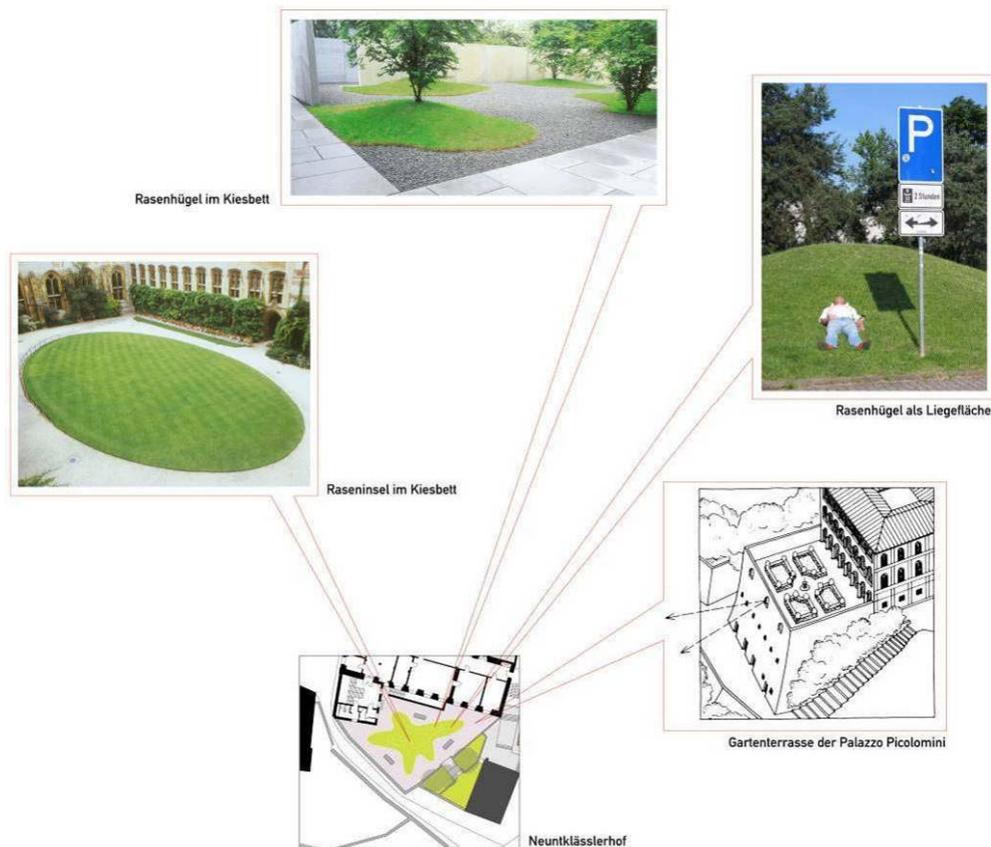


Bild 261 Außenraumkonzept Neuntklässlerhof.

3 Vorgarten der Bibliothek:

Die Bibliothek als ehemaliges Hausmeisterhaus ist ein externes Gebäude im Schulensemble: Abgelegen und über eine Treppenanlage zu erreichen kann es der Nutzung entsprechend wie ein Gartenpavillon oder in Analogie zum englischen Landschaftsgarten als Gelehrten-/Einsiedler-Eremitage gesehen werden. Der verwunschene und „häusliche“ Charakter des Vorgartens ist zu stärken und kann im Sommer stille Leseplätze anbieten.

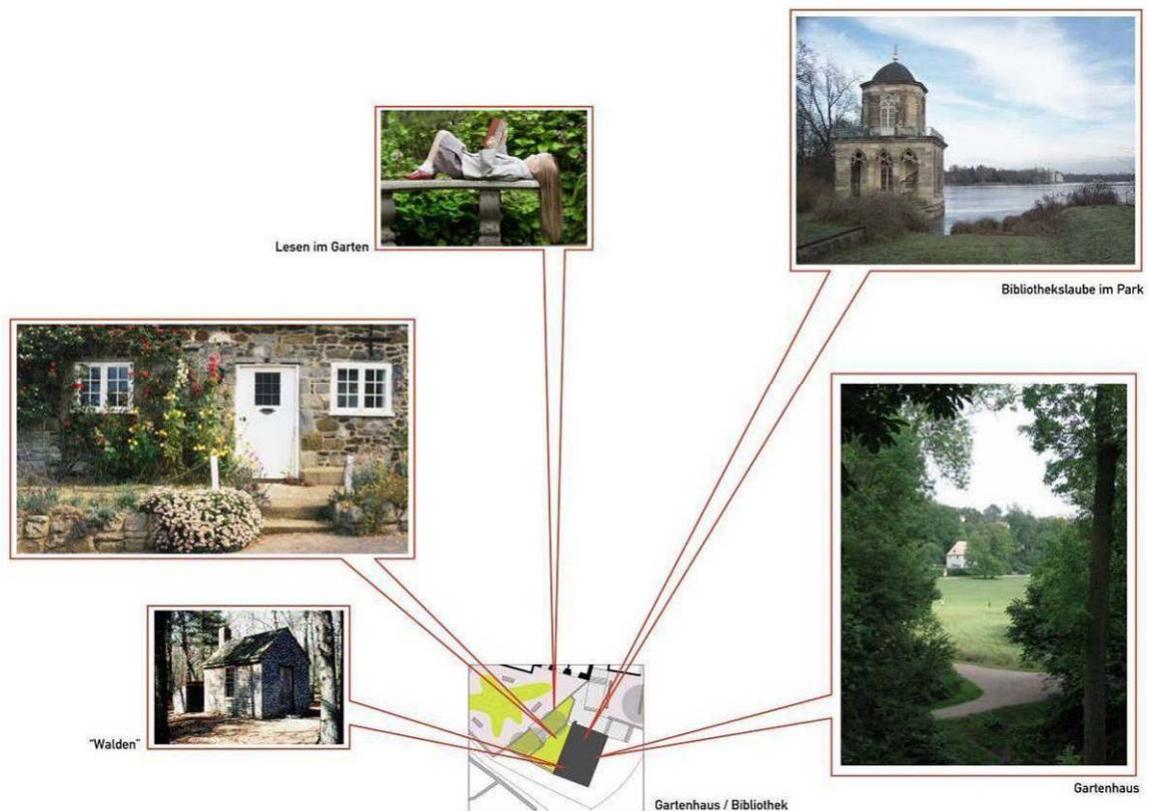


Bild 262 Außenraumkonzept Bibliothek.

4 Gartenstreifen östlich der Fachklassen/am Hückedahl:

Dieser sehr längsgestreckte Raum wird durch die Staffelung der Klassenhäuser gegliedert und ist heute „Abstandsgrün“. Längsstreckung, Rhythmus und Einfassung durch die Mauer werden vom spielerischen Irrgarten aufgegriffen. Es entsteht ein ruhiger „giardino secreto“ als nötiger Rückzugsraum¹²⁵ (der im Übrigen voll einsehbar ist). Die Hecken des Irrgartens werden mit Sitzbänken kombiniert.

¹²⁵ Der „Giardino secreto“ ist ein von der übrigen Parkanlage durch eine Mauer („Hortus conclusus“) abgetrennter und vor Blicken geschützter privater Garten. Der Giardino secreto war vor allem zur Erholung im kleinen Kreis bestimmt und grenzte an das Wohngebäude oder Schloss.“ (S. Uerscheln/Kalusok, 126).



Bild 263 Außenraumkonzept Hückedahl.

5 Ehemaliger Tischtennishof:

Der zentrale Raum der Schule verfügt in seiner Enge über keine besondere räumliche Qualität. Analog zum berühmten (sicherlich anders proportionierten) Kreuzgang des Domfriedhofes mit der eingestellten Kapelle St. Anna schlagen wir eine Erweiterung der Aula mit dem so genannten Festhaus (s.u.) vor. So erhält der zentrale Raum eine adäquate räumliche und funktionale Entsprechung, ohne die Belichtung der Gänge zu beeinträchtigen.

6 Leunishof:

Festhaus, Aula und der Pausenhof zwischen Schulgebäude, Dom und Sporthalle werden als eine Raumeinheit begriffen. Er ist der eigentliche Pausenhof, auf den von vier Seiten vier unterschiedliche Gebäude bzw. zwei unterschiedliche Nutzungen einwirken: der Anbau des Mariendomes, die Kapelle St. Anna, die Sporthalle und die Aula. Deshalb schlagen wir vor, den Hof vor allem gestalterisch aufzuräumen, um so mehr Großzügigkeit, Ruhe und Klarheit zu gewinnen: Ein umlaufender Rundgang mit Steinbelag umfasst eine Spiel- und Tobefläche (z.B. mit Basketballkörben) in der Mitte des Platzes.

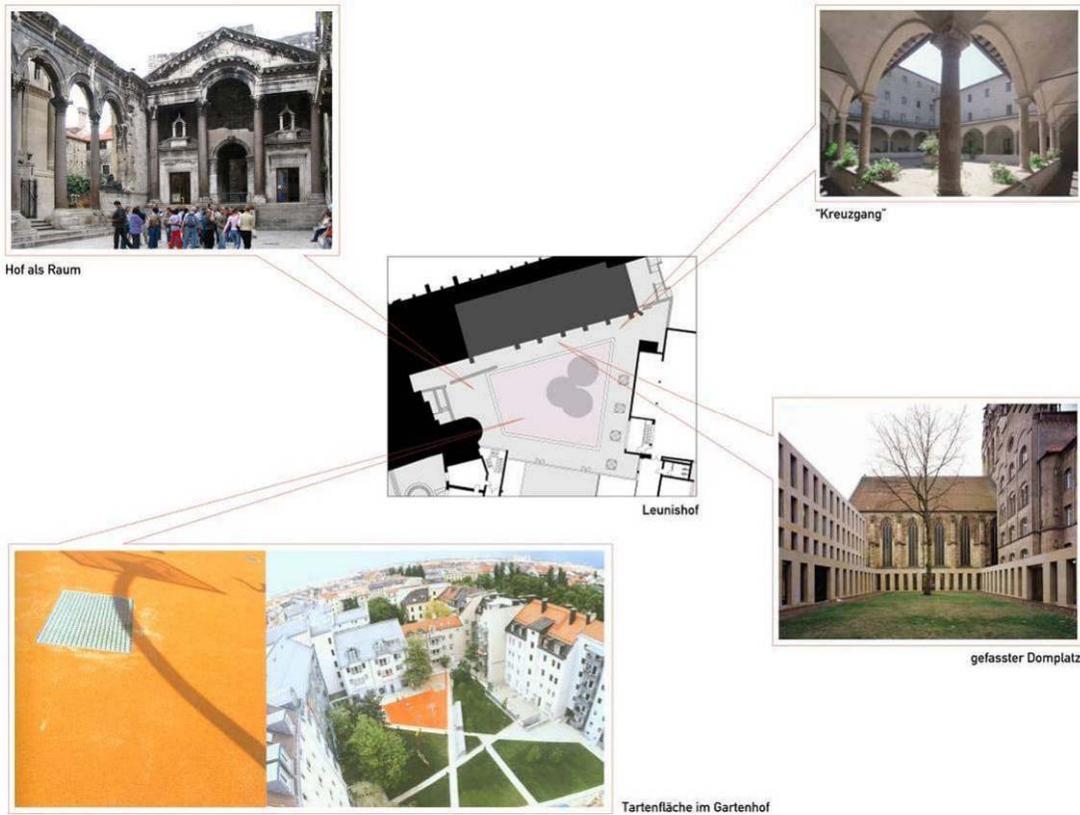


Bild 264 Außenraumkonzept Leunishof.

7 Eingangsbereich Kardinal-Bertram-Haus:

Die erhöhte Eingangssituation wirkt wie ein Stadtbalkon zur Gasse. Dieser „private Beobachtungsposten“ als eigener Raum in der öffentlichen Stadt kann durch z.B. eine loggienartige Ecksituation mit umlaufender Sitzbank weiter betont werden. Darüber hinaus wird die „Adresse“ architektonisch gestärkt.

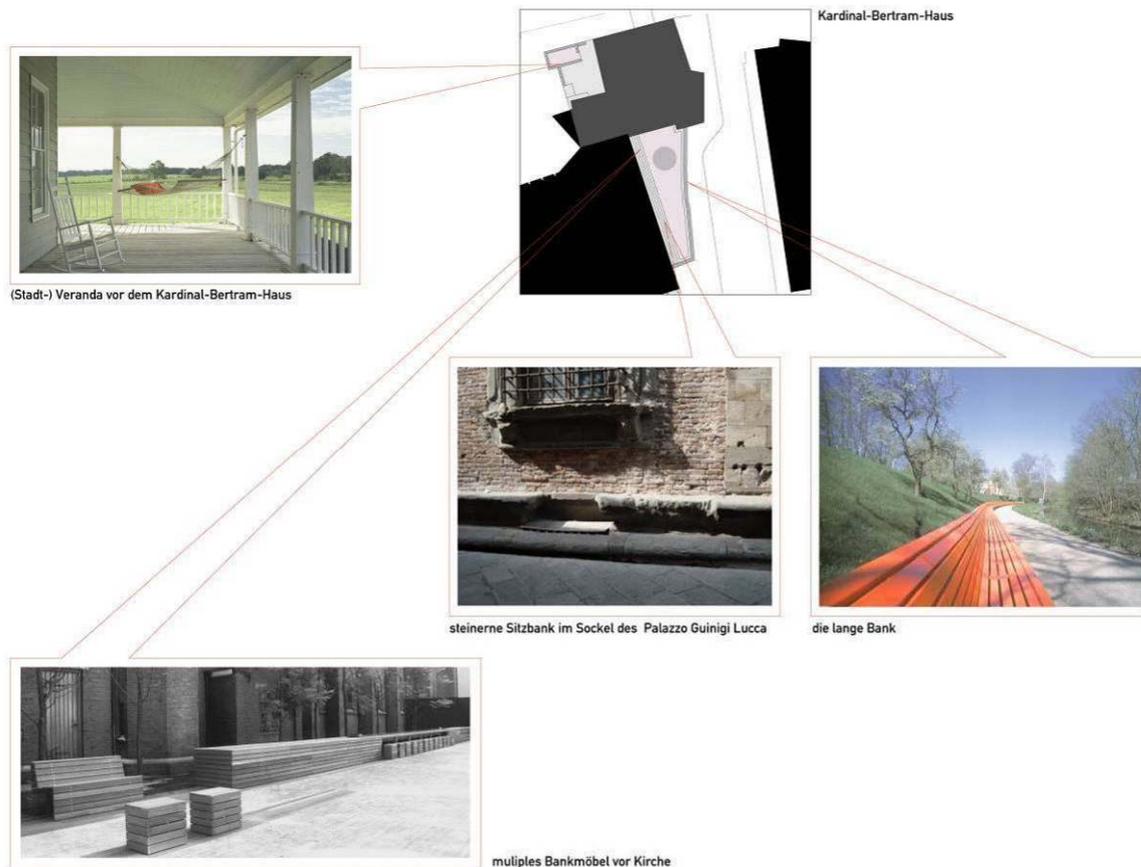


Bild 265 Außenraumkonzept Kardinal-Bertram-Haus.

8 Streifen südlich des Kardinal-Bertram-Hauses:

Dem Pausenverhalten der oberen Klassen entsprechend eignet sich dieser dreieckige, schmale Außenraum gut als eigener Pausenhof, der parallel als Sommerterrasse für die Mensa genutzt wird: ein vollständig umlaufende Sitzbank bietet ausreichend Platz für alle Schüler, Sitzgruppen können sich an den zwei erhöhten Sitzstufen mit Blick auf die Straße verteilen. Die vorhandenen Niveauversprünge werden in eine homogene Sitzlandschaft, die sich zum Baum vor der Mensa hin absenkt, ausgebildet. Hieraus entwickelt sich eine Stiege um ein Geschoss nach oben, um den Schülern den direkten Zugang zu ermöglichen.

Die vielen unterschiedlichen Außenräume werden durch einen relativ beschränkten Materialkatalog zusammengehalten: steinerne Flächen (Urbanität, Klösterlichkeit) werden mit wassergebundenen Flächen (Stadtgarten, „Tuilerien“) kombiniert. Als brechendes Material (aus dem Schul-, Spiel- und Sportbereich) werden Tartanflächen in einer kräftigen Farbe vorgeschlagen, die in Kombination z.B. mit dem Heckenlabyrinth eine überraschende Ästhetik entwickeln.



Bild 266 Beispiel der Freiraumgestaltung mit Tartan (stoss „safe zone“ LU:Grand-Métis, Québec 2006).

Bepflanzungen werden nur sehr pointiert eingesetzt: Die Bäume auf dem Domplatz, dem Schulhof etc. werden nur durch die Hecken und dem gewölbten Rasenspiegel ergänzt. Als einziger „bepflanzter Garten“ wird der Bibliotheksgarten inszeniert.

8.2.3 Innenraum

Für die Innenräume unterscheiden wir zwischen den neutralen Nutzräumen (Klassen, Gemeinschaftsräume, etc.) und den für das Bischöfliche Gymnasium spezifischen Sonderräumen. Für beide gilt es unterschiedliche, aufeinander abgestimmte Gestaltungsmaßnahmen zu entwickeln.

Neutrale Nutzräume:

Die „neutralen“ Innenräume (z.B. Klassenräume) werden im Sinne der Analyse dem Erscheinungsbild des Bischöflichen Gymnasiums in Farbe und Material reduziert möbliert und gestaltet. Beispiele veranschaulichen die Gestaltungsparameter¹²⁶.



Bild 267 Enzmann & Fischer, Schule Steinmürli 2006, Dietikon/CH

Ein dunkler, dezent farbiger Boden trägt Mensch und Möbel im Raum. Böden sollten nach Richter grundsätzlich dunkler als die restlichen Flächen im ansonsten möglichst hellen Raum

¹²⁶ S. Bild 119 Enzmann & Fischer, Schule Steinmürli 2006, Dietikon/CH.

sein.¹²⁷ Das hier gezeigte Beispiel entspricht mit dem olivgrünen Boden nicht nur dieser Forderung, sondern deckt sich auch mit der Empfehlung Oliv als Kompensationsfarbe gegenüber schrillen Geräuschen, die besonders störend im Klassenraum sein können, einzusetzen.¹²⁸

Anders als in der Regenbogenschule Wolfsburg ist die zurückhaltende Gestaltung hier nicht als gestalterischer Kontrast zu den lebendigen Flurzonen konzipiert, sondern als Fortführung der nüchternen Grundhaltung des gesamten Gebäudes. Akzente werden stattdessen hier über die Möblierung in den Fluren und den Sonderräumen gesetzt.

Sonderräume:

Die Sonderräume sind entweder durch ihre Nutzung, durch ihre Gestalt oder durch ihre Lage / Bedeutung im Gebäude spezifiziert. Aus der Typologie des historischen Gebäudeensembles und der Raumtypologischen Analyse heraus haben wir das Raum-Bild des „Urhütte“ entwickelt, das durch das Satteldach (den Baldachin) über dem Raum charakterisiert ist.¹²⁹

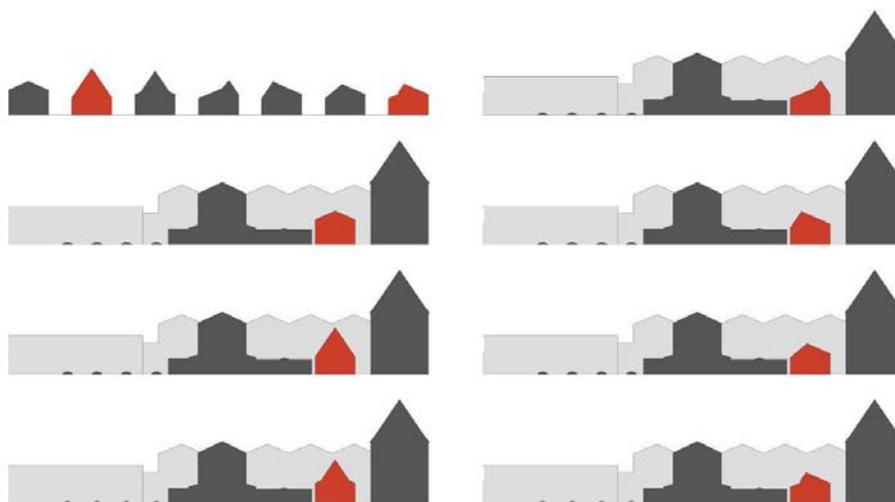


Bild 268 Entwicklung der Dachform.

¹²⁷ Richter, 220 ff.

¹²⁸ ebd., 224.

¹²⁹ Gaston Bachelard: Poetik des Raumes, bes.: I. Das Haus. Vom Keller zum Dachboden. Der Sinn der Hütte. S.30 ff, Frankfurt am Main 1999.: Hier wird beschrieben, wie sehr uns durch unsere Kindheitserfahrungen Räume prägen. Dem Wohn-Haus mit seinen drei universellen Erfahrungsräumen „Keller“, Erdgeschoss mit Garten“ und „Dachstuhl“ kommt dabei eine besondere Rolle zu. Der ambivalente Dachboden ist der geheime Rückzugsraum (Stiege) voller Geheimnisse (Abstellraum), der einerseits behütet und beschützt (Form eines Baldachines oder Zeltes) und andererseits auf die himmlische Weite verweist (offene Trägerstruktur der Dachkonstruktion, fehlende Dämmung).



Bild 269 Beispiele des Baldachins: Kinderzelt, im St. Peters-Dom (Bernini) und die „Urhütte“ von Laugier.

Diese Sonderräume sind im Einzelnen wie in Bild 270 dargestellt die bestehenden Räume oder Gebäude der Bibliothek und der Klassenräume im Dachgeschoß sowie an der Ostfassade am Hückedahl, der umgewandelte und neu erschlossene Raum des Dachstuhls und des Eingangshäuschens oder der neue Raum des Festhauses als Erweiterung der Aula. Diese Sonderräume werden im Folgenden unter Beibehaltung ihrer Charakteristika weiterentwickelt:

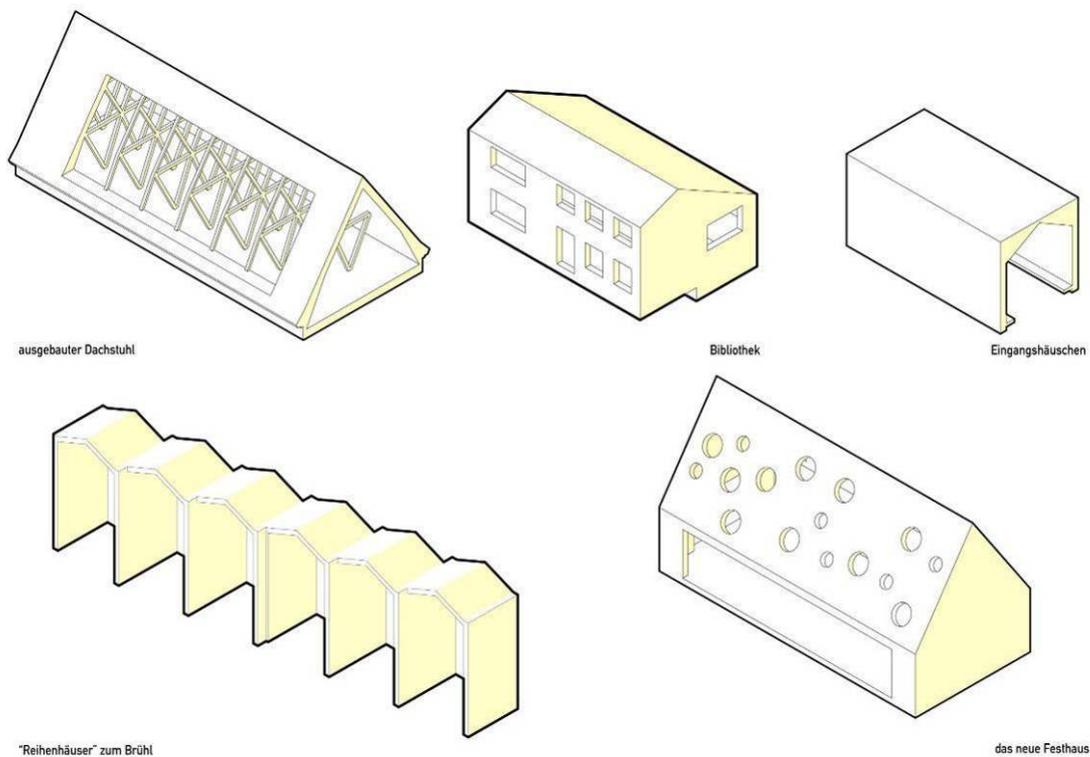


Bild 270 Beispiele: Die unterschiedlichen „Häuser im Haus“:

Dachgeschoss, Bibliothek, Eingang, Klassenhäuser am Hückedahl, Neues Festhaus.



Bild 271 Schnitt: Markante Dachformen der „Häuser im Haus“

Dachstuhl

Der Dachstuhl stellt ein enormes quantitatives und qualitatives Erweiterungspotential der Schule dar, das dauerhaft brach liegt. Die Räume sind besonders für Gruppen- und Projektarbeit sowie für den musischen Unterricht geeignet.

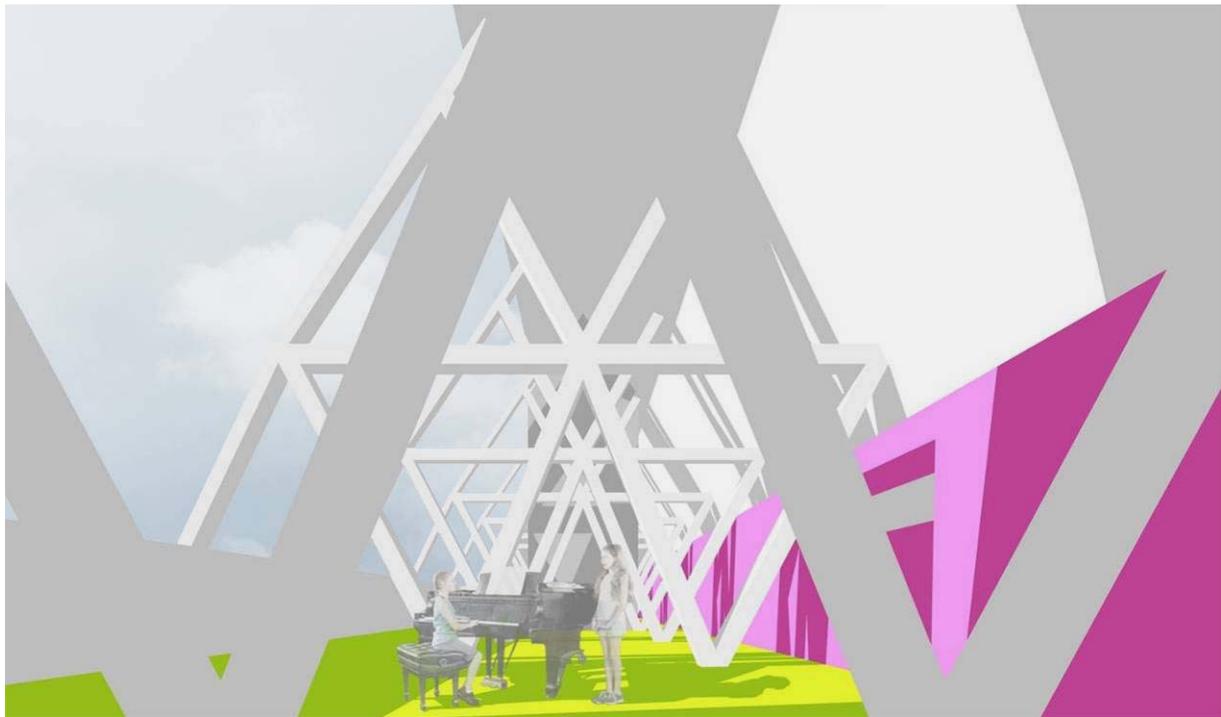


Bild 272 Das ausgebaute Dachgeschoss.

Die Erschließung scheint vorbehaltlich einer genaueren Prüfung wie dargestellt möglich, denkmalpflegerische Belange lassen sich ggf. integrieren: Das Beispiel des denkmalgeschützten Borsighauses in Berlin von Léon Wohlhage Wernik Architekten zeigt, wie auch in Abstimmung mit dem Denkmalschutz eine großzügige Verglasung möglich sein kann.

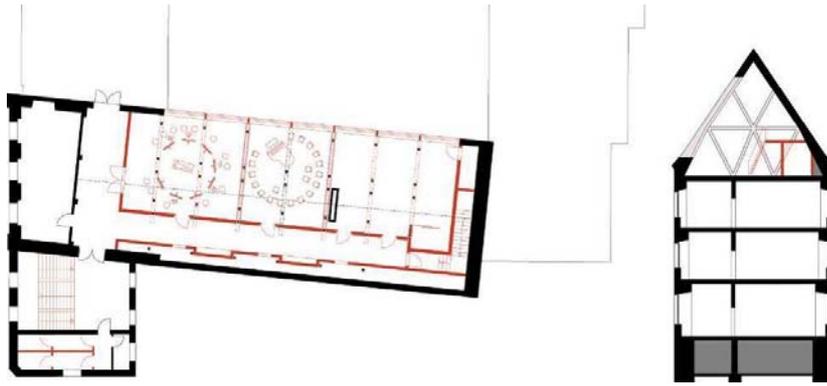


Bild 273 Grundriss, Schnitt, Piktogramm: Dachgeschoß Josephinum



Bild 274 Beispiel einer mit Denkmalschutz vereinbarten Nutzungsentwicklung: Historisches Borsigareals von Léon Wohlhage Wernik Architekten in Berlin-Mitte (2003).

Die ohnehin wenig sichtbaren Dachflächen werden in ihrer homogenen Oberfläche möglichst nicht unterbrochen. Gerade im Hinblick auf den fehlenden Erweiterungsraum ist dies ein ungenutztes Potential. Hinzu kommt, dass solch exklusive Räume eine hohe Werbewirksamkeit für die Schule haben. Die Eindrücklichkeit solcher Räume gerade bei Kindern ist nicht zu unterschätzen und kann somit in Zukunft prägend für ganze Jahrgänge sein.¹³⁰

Bibliothek

Die gerade im Aufbau befindliche Bibliothek wird bisher als Arbeitsplatz nicht recht angenommen.¹³¹ Um es in Zukunft besser als einen zwar besonderen, aber auch integralen Ort des Schulensembles im Bewusstsein der Schüler zu verankern (s.a. „Außenräume“), muss sie architektonisch deutlicher als eines der oben benannten Sonderhäuser erlebt werden können. Da mit einer kompletten innenarchitektonischen Neugestaltung des

¹³⁰ Vgl. Bachelard

¹³¹ S. Experteninterview vom 08.04.2008.

Bibliotheksgebäudes nicht zu rechnen ist, muss der positive Impuls durch die anderen Elemente der Sonderräume/-häuser kommen. Eine insgesamt stärkere architektonische Wahrnehmbarkeit des Raumkonzepts fördert auch die Integration des Bibliotheksgebäudes.

Eingangssituation

Die doppelte Eingangssituation vom Domhof aus ist verwirrend und architektonisch unbefriedigend. Da beide Portale zum Platz bestehen bleiben, muss das zentrale Eingangsportal stärker betont werden, um es unmissverständlich als Haupteingang zu definieren.



Bild 275 Eingang vom Domplatz



Bild 276 Eingang

Future Systems in London

In der historisch-denkmalgeschützten Situation kann architektonisch nur „nach innen“ oder auf der Platzfläche agiert werden. Im Sinne der Konzeptidee der „bedachten“ Sonderräume schlagen wir hier im Durchgang einen Einbau als „eingestelltes Haus“ vor, dass mit einer leuchtenden Farbe, mit spezieller integrierter Beleuchtung und integrierten Sitzbänken an den Seiten schon von weiten den Durchgang als Adresse kenntlich macht. Im Boden eingelassene Lichtbänder führen vom Platz darauf zu. Eine mögliche Fortführung der Sitzbänke auf den Platz (soweit es nicht den Feuerwehrauflagen widerspricht) markiert den Zugang auch im Raum. Der Eingang ist zurzeit nicht mit dem Namen der Schule beschriftet.

BISCHÖFLICHES GYMNASIUM JOSEPHINUM

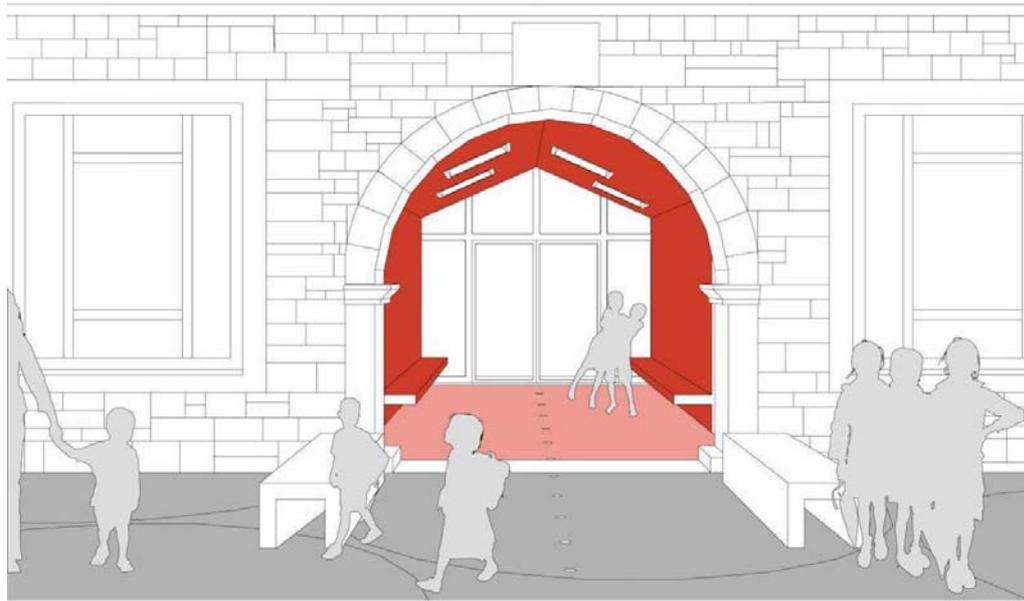


Bild 277 Studie Eingang: „Eingestelltes Haus“.

Das neue Festhaus

Das neue Festhaus ist eine Erweiterung der Aula. Es kann als zweiter Bühnenraum, abtrennbarer Veranstaltungsraum oder als ein Raum für besondere Anlässe oder Nutzungen fungieren wie z.B. als Tee-Raum oder Silentium-Raum. Der aktuelle kleine Pausenhof bietet keine Aufenthaltsqualitäten. Mit der Öffnung der Wand zwischen Aula und Festhaus ergibt sich ein durchgängiger Raum von fast 75 Metern Länge (im Innenbereich 37 Meter Länge). Die Aula erfährt in ihrer Horizontalität eine starke räumliche Aufwertung. Das räumliche Zentrum der Schule würde so mit einem prägnanten Raum belegt.

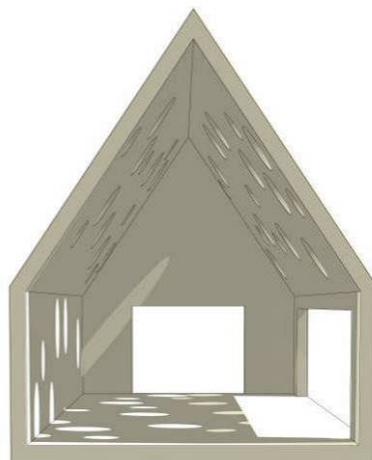


Bild 278 Studie Festhaus

Bild 279

Die umlaufenden Flure werden dem Beispiel eines Kreuzganges entsprechend in den Fensternischen bis zum Boden geöffnet. Der Flur im Erdgeschoß wird zur Arkade, die nun sogar noch lichter wirkt.

Klassen im Dachgeschoß

Die Klassen im Dachgeschoß an der Ostseite sind räumlich von besonderer Qualität und Typus bildend für das Konzept des Schulensembles. Ihre Höhe und die damit verbundene Leichtigkeit des Dachstuhls wirken besonders auch im Zusammenspiel mit den niedrigen, in die Horizontale entwickelten Flurzonen auch der anderen Geschosse. Besonders bei der Sanierung der Fassaden muss hier auch im Innenraum auf einen behutsamen Umgang mit der Substanz geachtet werden. Die Gestaltung der Gebäudehülle wird im nachfolgenden Kapitel „Fassaden“ erläutert.

Neben den beschriebenen „neutralen“ Räumen und den „bedachten“ Sonderräumen sind es drei im Erschließungssystem unterschiedliche Raumtypologien (s. Analyse), mit denen zukünftig bei Umbaumaßnahmen im Josephinum gearbeitet werden sollte. Ergänzend dazu werden die Sanitärräume bewertet:

Erschließungssystem

1. Die stringente Flurtypologie um den Innenhof als Ringanlage vornehmlich in den Obergeschossen.
2. Die horizontale (niedrige) Streckung und klare, lineare Fassung der Aula in Nord-Süd-Richtung und in den Fluren im Ostflügel der Schule.
3. Im Gegensatz dazu die perspektivische „Überlagerung“ der Räume im Erdgeschoss durch die Durchbrüche und der räumlichen Staffelung, von Arbeitsräumen, Fluren, Hallen und Außenräumen, die den Raum optisch vergrößern.

Sanitärräume

Die Sanitärräume stellen einen wichtigen Sanierungsbereich dar. In der Schule wurden die Toilettenräume in der Befragung durchweg als besonders negative Räume benannt. Schmutz, baulicher Zustand und Hygiene werden (trotz aller Pflege) als sehr unangenehm empfunden.¹³² Dies ist vielleicht ein tiefer verankertes Empfinden, dass auch mit der Nutzung selber zusammenhängt und durch bloße Erneuerung und Pflege nicht aufzuheben ist. Das Beispiel¹³³ zeigt, dass die Schülertoiletten durch eine entsprechende intensive Gestaltung – in der Gestaltung differenziert nach Altersstufen - hier vor allem des Waschraumes auch als positiver, fröhlicher „Erlebnisraum“ gedacht werden kann. Will man dieses Problem ernsthaft

¹³² S. Schülerbefragung vom 19./20.12.2007.

¹³³ coast Architekten: Umbau/Neugestaltung Herzog-Ulrich-Grundschule, Lauffen am Neckar 2008;

thematizieren, empfehlen wir, die Sanitäräume explizit über ein separates Entwurfskonzept zu detaillieren.

Innenräumliches Sanierungskonzept:

Das innenräumliche Sanierungskonzept wird weiter über den Grundriss des Erdgeschosses in Bild 280 beschrieben und nachfolgend vertieft für die Themenbereiche Gestaltung der Aula, Möblierung und Farbkonzept erläutert:

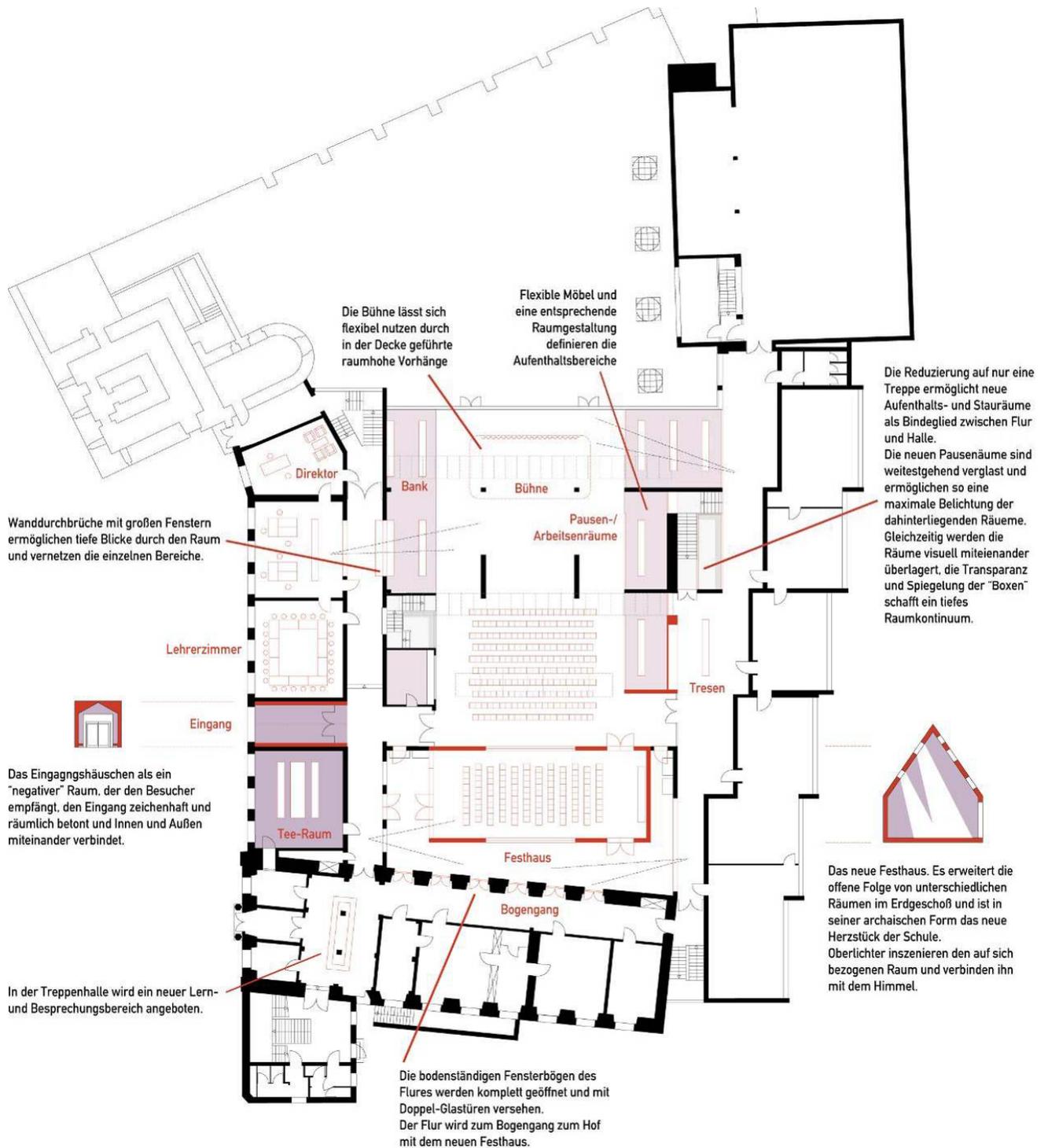


Bild 280 Grundriss EG Hildesheim, Maßnahmen

Aula

- Die Aula bedarf einer räumlichen Fassung, einer gestalterischen Aufwertung, einer Ergänzung an Möblierung bzw. Stauraum und einer weiteren Spezifizierung für die unterschiedlichen Schülergruppen in der Pause (s. Entwurf).
- Die Aula führt im Inneren das Konzept der differenzierten Aufenthaltsräume gemäß der Vorgaben aus dem Expertengespräch als Angebot an die unterschiedlichen Altersstufen fort: Längs der Seitenwände fassen bis zu fünf Séparées den eigentlichen Aularaum. Sie werden alle mit flexiblen Raum-Möbeln in gleicher Bauart möbliert, die Bänke, Tresen, Tische Kästen, Vitrinen etc. sein können. An der Ostseite sind Trennwände in Glas möglich.
- Die Nordfassade kann im Sommer großflächig zum Pausenhof geöffnet werden.
- Durchbrüche in der Wand zum Lehrerzimmer-Flur verbindet kontrolliert den Verwaltungstrakt mit der Aula und lassen dieser offener und heller erscheinen.

Möblierung

Dieser Punkt stellt die eigentliche Aufgabe für die zukünftige Gestaltungskonzeption der Schule dar, da die kommenden Fragestellungen sich immer wieder vor allem um die Umnutzung einzelner Räume und Bereiche innerhalb der Schule drehen werden. Hierfür bedarf es eines übergeordneten Möblierungskonzeptes, das konzeptionell dargestellt ist.

Im Zuge der Öffnung des Lehrkonzeptes hin zu freieren Lehrformen und durch die beengten räumlichen Verhältnisse ist die räumliche Aktivierung der Schulflure eine naheliegende Option. Die Flure lassen sich allerdings nur partiell und bedingt für eine Erweiterung des Lernbetriebes aktivieren. Sie sind vom Kollegium allgemein als recht eng eingeschätzt worden. Folgende Regelungen sind dabei zu beachten:

- Die Fluchtwege dürfen nicht auf 1,25 m Breite (je nach Schülerzahlen ggf. auch breiter) oder mit den Möbeln verstellt werden können.
- Die Sitzplätze dürfen nicht den Charakter eines dauerhaften und regelmäßigen Lehr- und Arbeitsplatzes haben.
- Es dürfen keine Brandlasten entstehen.
- Die Möbel müssen nicht nur dem Brandschutz, sondern auch den Anforderungen der GUV genügen (Verletzungsgefahr, Hygiene, etc.).

Je nach Flur und Lage sind hierfür Möblierungsvorschläge erarbeitet und ausführlich dargestellt. Ein sehr prominentes Beispiel für in die Flurzone, an den Fensternischen

integrierte, objekthafte Lese- und Arbeitsplätze ist die Bibliothek von Louis I. Kahn in Exeter.¹³⁴

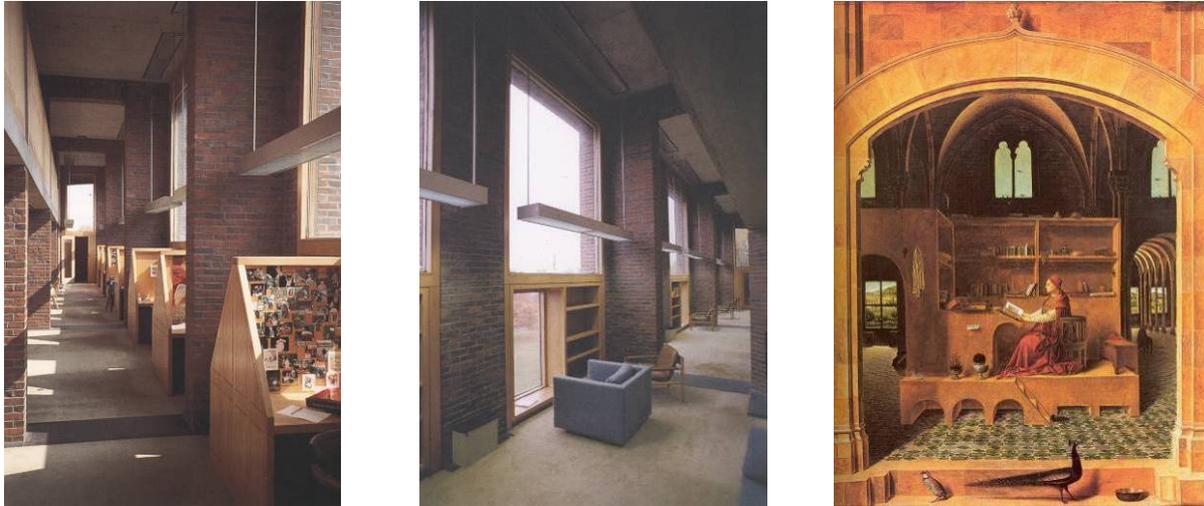


Bild 281 Beispiel der in die Fassade eingestellten Lesenischen als Körper bei Louis I. Kahn und auf Gemälde von Antonello da Messina: Heiliger „Hieronymus im Gehäus“

Bemerkenswert ist wie subtil mit architektonischen Mitteln hier „öffentlicher Durchgangsverkehr“ mit konzentrierten Arbeiten ausbalanciert wurde. Ein wichtiges architektonisches Mittel ist das Haus im Haus als „Gehäuse für den Gelehrten“ wie es z.B. auf dem Gemälde „Heiliger Hieronymus im Gehäus“¹³⁵ zu sehen ist. Da es sich hier um reine Flurzonen für Schulkinder handelt, werden akustische Belange eine wichtige Rolle spielen. Jedoch ist davon auszugehen, dass während der Unterrichtsstunden hier still gearbeitet wird und nicht in den Pausen. Darüber hinaus können derartige Einbauten die von den Lehrern bemängelten fehlenden Ruhe- und Gesprächsräume zumindest teilweise ersetzen, da man sich aufgrund der disparaten Organisation der Schule fast nur auf den Fluren trifft und austauscht. Eine akustische Ertüchtigung der Flure ist jedoch in jedem Fall vorzusehen (vgl. Akustik).

¹³⁴ Louis I. Kahn: School library, Exeter/GB, New Hampshire 1967-1972.

¹³⁵ Antonello da Messina, HI Hieronymus im Gehäus, 1475.

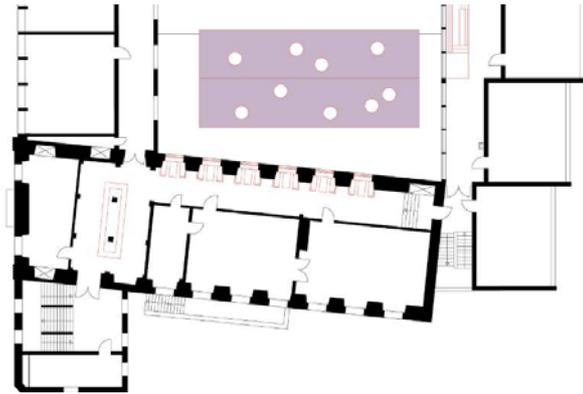


Bild 282 1. OG Josephinum



Bild 283 Beispiel Sitznischen

(Neutelings Riedijk Architects
Universitätsgebäude Minnaert Utrecht
1997)

Südflur 1.OG:

Der Flur ist mit seinen tiefen Fensternischen nach Norden und einer Breite von ca. 2,90 m sehr gut geeignet für Sitz- und Arbeitsplätze. Dargestellt sind hier sechs Sitznischen mit jeweils vier Arbeitsplätzen für kleine Arbeitsgruppen oder Einzelarbeit. Die traditionelle Fensternische als Variante des Alkovens als ruhiger und gut belichteter Gesprächs- und Arbeitsplatz wird auch in der zeitgenössischen Architektur immer wieder zitiert. In dem Beispiel von Neutelings Riedijk Architects im Universitätsgebäude Minnaert geben sie der großen Eingangshalle im Obergeschoß einen besonderen Raumeindruck aus Intimität und Öffentlichkeit.

Südflur 2.OG:

Die Wanddicke und damit auch die Niscentiefe nehmen in den Geschossen nach oben hin ab. Deshalb schlagen wir hier als Alternative querliegende integrierte Sitzbänke mit festinstallierten Tischen vor. Der Heizkörper ist in die Sitzbank integriert. Durch die Flurbreite von ca. 3,20 m ließen sich noch mehr Plätze integrieren.

Ostflure Obergeschosse:

Die Flure wirken relativ niedrig, sind schon durch die Staffelung der Klassen in Segmente gegliedert und teilweise durch geschosshohe Fenster, teilweise durch Oberlichtbänder belichtet. Sie sind breit (Mindestmaß ca. 3,20 m) und können zu einer echten Aktionszone von bis zu 5,90 m Breite durch Entfernung der Nebenräume - eine erhebliche Verbesserung der Lichtsituation - umgewandelt werden.

Für diese spezielle Raumsituation schlagen wir podestartig erhöhte Arbeitsinseln vor, die sich besonders für Computerarbeitsplätze (mit entsprechender Sicherung) eignen würden.

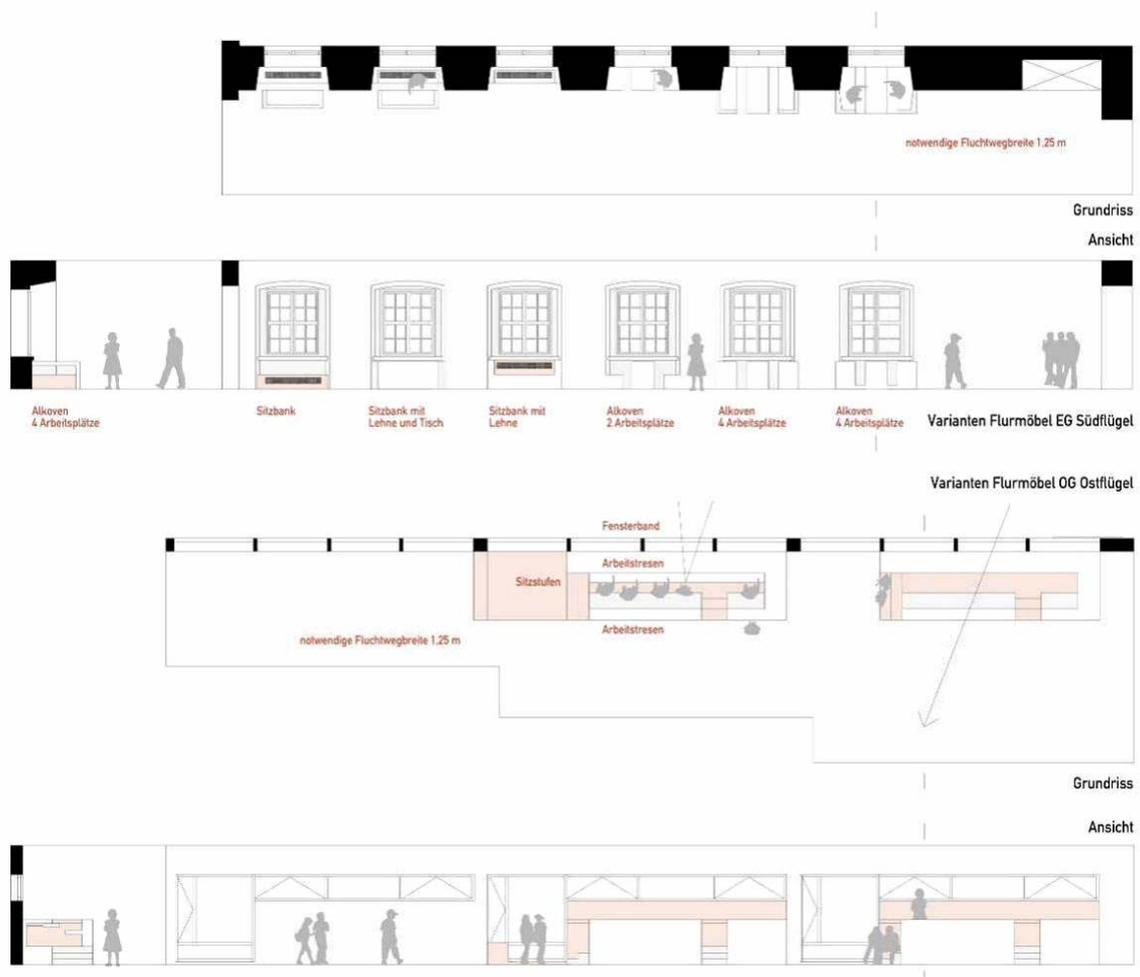


Bild 284 Abwicklung der Sitz- und Arbeitsnischen

Nord- und Westflure OG:

In beiden Fluren sind aufgrund der ausreichenden Breiten Arbeitsplätze möglich, sie erscheinen aber als ungeeignet: Der Nordflur würde mit einer Breite von ca. 2,50 m nur sehr schmale Einbauten zulassen und den Raum sehr verengen. Der Ostflur ist mit ca. 2,90 m Breite fast so breit wie der Südflur, doch verfügt er ebenfalls über keinerlei Fensterinseln, die die o.g. Einbauten als Entwurfsthema aufnehmen könnten. Sollte sich mittelfristig ein erhöhter Bedarf an Arbeitsplätzen im Flur ergeben, können hier spezielle Vorschläge entwickelt werden.

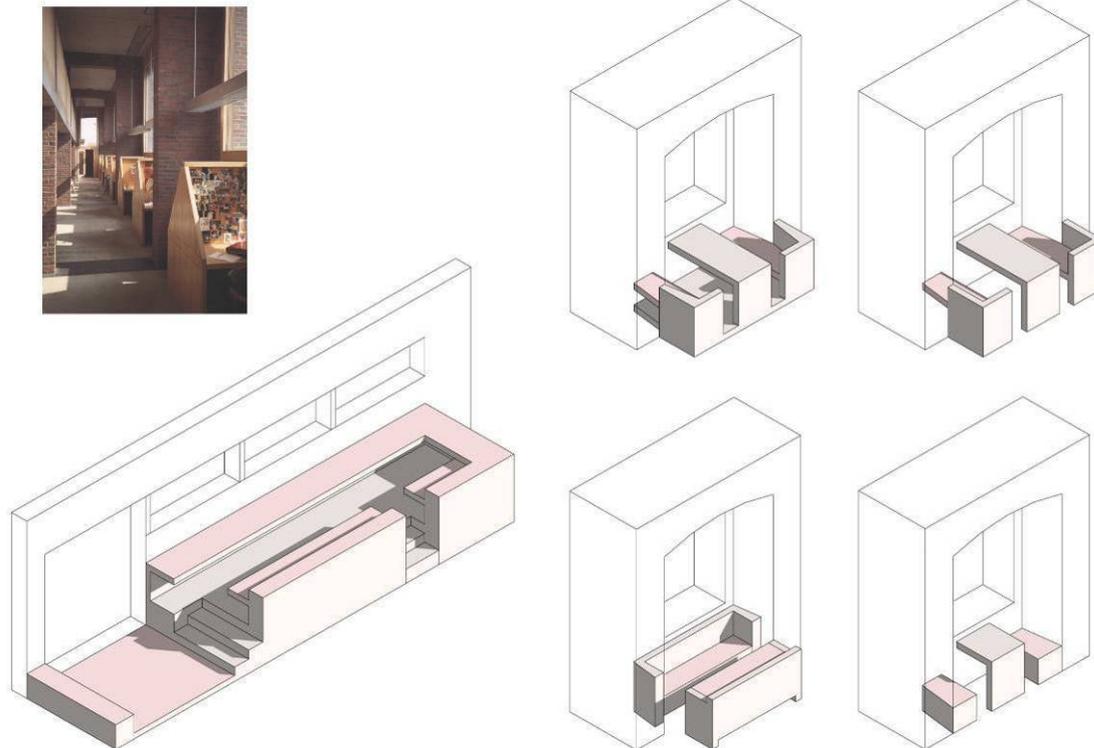


Bild 285 Die unterschiedlichen Typen der Sitz- und Arbeitsnischen.

Alte Eingangshalle EG und OG

Die alte Eingangshalle bietet ausreichend Raum für jeweils eine ca. 2,00 x 6,00 m große, freistehende Arbeits- und Lernbox („Gehäuse“).

Ein langfristiges und konsequentes Gestaltungskonzept für alle möglichen zukünftigen Möblierungsmaßnahmen (mit der damit verbundenen nötigen Flexibilität) ist, wie eingangs betont, gestalterisch notwendig, da alle zukünftigen Möblierungen, Um- und Einbauten positiv wie negativ das Erscheinungsbild der Schule besonders prägen werden. Der Eindruck einer Patchwork-Ausstattung sollte vermieden werden, spezielle Möblierungen sind damit aber nicht ausgeschlossen. Gerade in der Aula, wo viele architektonische und nutzungsbedingte Elemente zusammenkommen, ist eine gestalterische Stringenz besonders wichtig. Um unterschiedlichste Funktionen aufnehmen zu können (Stuhl, Bank, Liege, Tresen, Tisch, Raumteiler, Paravent, Projektionsfläche, Abstell-/Lagerbox, Vitrine, Ausstellungssockel/Stele, Bühne, usw.), ohne wahl- und beziehungslos zu wirken, ist die Möblierungs-Familie als architektonische Objekte im Raum zu entwickeln.

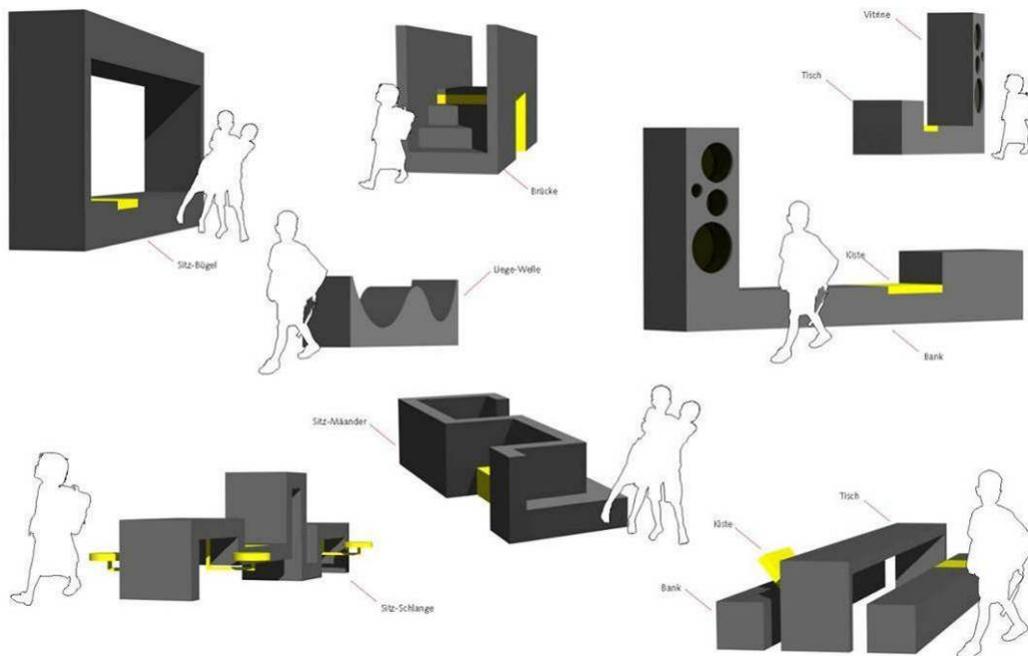


Bild 286 Beispiel von Möbellandschaften zur Aktivierung der Flurzonen (Entwurf Reichwald Schultz Architekten für die Schule am Brandenburger Tor Berlin).

Ein Beispiel von Reichwald Schultz Architekten für die Schule am Brandenburger Tor in Berlin veranschaulicht die Idee der architektonischen Objekte im Raum.

Welche ästhetische Qualität ein solches zeitgenössisches Möblierungskonzept in historischen, kraftvoll-reduzierten Mauern haben kann, zeigt die Schule in Ingolstadt von Fink und Jocher Architekten.¹³⁶



Bild 287 Alte Bausubstanz mit leuchtenden, Neuen Möbelementen im Raum (Umbau/Erweiterung Christoph-Scheiner-Gymnasium, Ingolstadt 2005)

Mit dem entwickelten Möblierungskonzept entsteht ein aufgefächertes Angebot an unterschiedlichen Arbeitsplätzen in verschiedenen Situationen im Haus. Die Einbauten bilden damit genauso ein Ensemble im Schulgebäude wie die Schulgebäude ihrerseits in der Stadt oder die unterschiedlichen Raumtypen bzw. Sonderräume im Gebäude. Es handelt sich dabei um eine Variation der gleichen konzeptionellen Herangehensweise in allen

¹³⁶ Fink und Jocher: Umbau/Erweiterung Christoph-Scheiner-Gymnasium, Ingolstadt 2005.

Betrachtungsebenen. Diese räumlich-funktionale Überlagerung als architektonisches Prinzip entspricht dem vom Kollegium vielfach beschriebene Qualität der Überlagerung von „Tradition und Moderne“.

Farbkonzept

Wie in der Analyse veranschaulicht hat das reduzierte Farbspektrum im Josephinum seine spezifischen Qualitäten. Das Weiß/Hellbeige der Räume wird durch Grau-, Gelb- und Beigetöne nur leicht variiert, wobei das Hellbeige als „neutrale Standardfarbe“ die eigentlichen Qualitäten der bisherigen Farbgestaltung zu sehr übertüncht. Das helle Rosa der Fassaden wirkt vor allem in die Flurräume hinein, da sich durch den Innenhof Innen- und Außenraum überlagern. Dort, wo kräftige Farben eingesetzt werden, haben sie eine entsprechende Wirkung. Ein positives Beispiel dafür sind die roten Vorhänge im Giebel der Klassenräume im Dachgeschoß am Hückedahl: diese besonderen Klassenräume werden durch die kräftige Sonderfarbe geschickt¹³⁷ in ihrer Raumwirkung gesteigert.



Bild 288 Klasse im Dachgeschoss von Hückedahl

Das Farbkonzept ist einfach, aber deshalb umso sensibler auch in der Handhabung:

- der Grundtenor Weiß-Hellgelb-Hellrosa-Grau wird präzisiert und konsequent fortgeführt. Dabei können z.B. Raum- und Lichtsituationen gesteigert werden oder unterschiedliche Gebäudeteile differenziert werden.
- Sonderfarben werden vor allem den beschriebenen Sonderräumen vorbehalten. Möglichst nur ein kräftigerer Farbton markiert diese Räume im Gebäude.

¹³⁷ Bemerkenswert ist hier auch die assoziative Anspielung auf den Außenraum: das „rote Giebeldach“ der dreieckigen Vorhangfläche wird zu einem der vielen Dächer der Stadtlandschaft, wenn man frontal aus dem Fenster blickt.

- Die Klassen werden so neutral wie möglich gehalten. Der Boden erhält eine kräftige Farbe, um die Möbel etc. optisch „zu tragen“. Einzelne Elemente wie Pinnwand oder Vorhänge können Akzente setzen¹³⁸.
- Die beschriebenen objekthaften Möbel-Einbauten erhalten alle möglichst eine kräftige Farbe, um als Raum-Inseln für die Schüler vor dem neutralen Räumen der Schule zu wirken (s. Beispiel Fink & Jocher). Durch diese Kombination wird die von den Lehrern in der Nutzerbefragung nicht wahrgenommene „Nicht-Farbe“ spürbares Gestaltungsmittel in den als positiv hell bewerteten Räumen.

Das reduzierte und dezente Farbspektrum unterscheidet sich konzeptionell grundsätzlich von dem der Regenbogenschule. Durch die übersichtliche Gliederung und Organisation der Erschließung gibt es hier keine nennenswerten Orientierungsprobleme, so dass die Farbgestaltung hier nicht zusätzlich unterstützend eingesetzt werden braucht.

In einem Gymnasium sollte es primär nicht mehr grundsätzlich darum gehen, zu anderen Sichtweisen und Wahrnehmungsebenen zu motivieren und somit kreative und spielerische Prozesse zu fördern, sondern darauf aufbauend bei den älteren Schülern Sensibilierungsprozesse zu unterstützen. Die feinen Differenzen der hellen Weißtöne durch Licht und Schatten oder unterschiedliche Materialien führen zu einer Abstraktion des Raumes, die es ermöglicht, Unterschiede im scheinbar immer Gleichen auszumachen.

Gleichzeitig dient die neutrale Farbgebung als eine Art räumlicher Fond für farbliche Akzente im Raum: die verschiedenen Einbaumöbel werden an den Außenseiten mit einer kräftigen Farbe versehen. Sie kennzeichnen damit die Wechselbeziehung zwischen alter Bausubstanz als Raumhülle und neu hinzugekommenen Einbauten.

¹³⁸ Enzmann & Fischer, Schule Steinmürli 2006, Dietikon/CH.

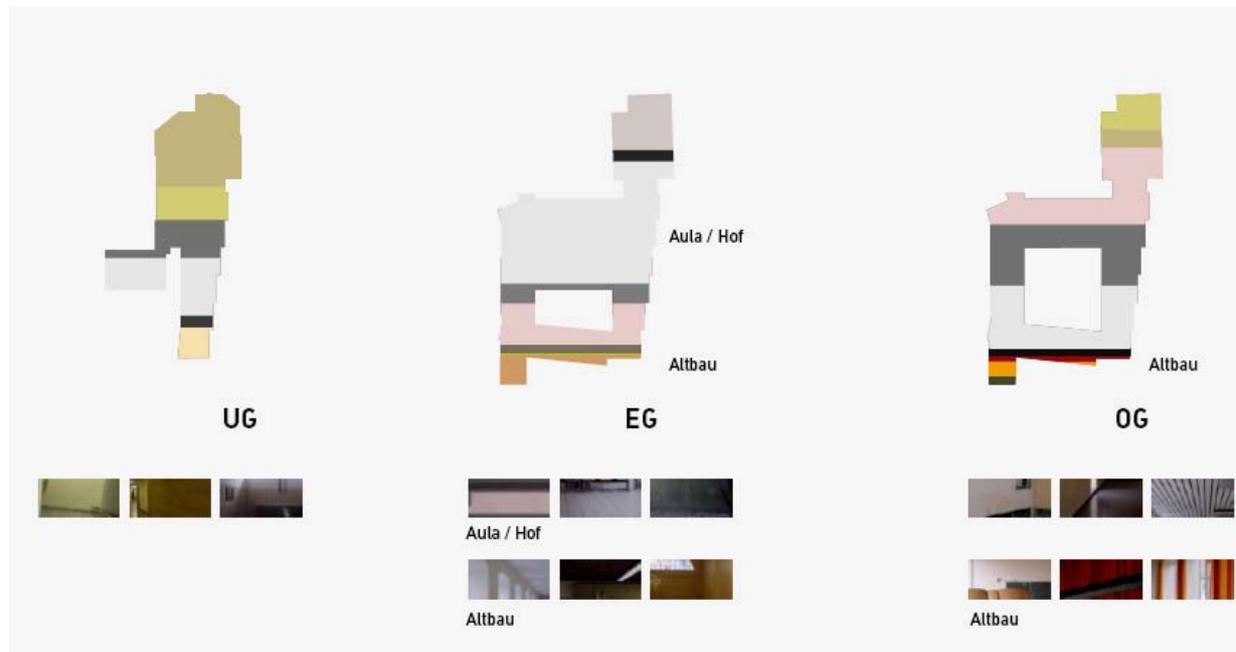


Bild 289 Farbuntersuchung (Hildesheim)

Eine zweite mögliche Lesart neben der Unterscheidung zwischen alter Bausubstanz und neuen Raumelementen ist der Gegensatz zwischen neutralen Räumen und spezifischen Raumzonen: Die Flure stellen die neutralen Erschließungsbereiche der Schule dar, die Rauminseln der verschiedenen Einbaumöbel jeweils spezifische Orte innerhalb der Flure. Diese Überlagerung von „lauten“ Zonen für viele und „leisen“ Zonen für wenige stellt auch ein Problem dar, für das die Schüler sensibilisiert werden sollten.

8.2.4 Fassade

Betrachtet wird hier die komplett neu zu sanierende Ostfassade vor den Klassenhäusern am Hückedahl.¹³⁹ Die neue Fassade soll architektonisch mit einem zeitgemäßen und schlichten, kraftvollen und feinen Ausdruck dem Charakter des Bestandes entsprechen.. Sie soll im Hinblick auf Belichtung, Verschattung und Belüftung regulierbar sein sich bezüglich der energetischen Performance und Dauerhaftigkeit der Konstruktion nachhaltig rechnen.

1. Die Grundform der Schotten mit flachgeneigtem Satteldach als das Typische der „Reihenhäuser“ wird betont. Schotten und Dach werden gedämmt und mit Baubronze verkleidet. Die neue, „verdickte“ Proportion schadet der Gesamtwirkung nicht. Diese Hüllen mit der Silhouette des Reihenhauses rahmen die möglichst abstrakte, aber bewegte Füllung der Fassadenfläche.

¹³⁹ Die übrigen Fassaden sind im Rahmen der Konzeptentwicklung dieser Forschungsarbeit zu vernachlässigen. Ausnahme hiervon ist die Eingangsfassade im Westen, die ebenfalls hohen Sanierungsbedarf hat: Dessen Gestalt und feingliedrige Proportion sollte erhalten werden.



Bild 290 Fassade am Hückedahl (Bestand)



Bild 291 Prinzipskizze neue Fassade am Hückedahl. (Sanierung, Entwurf und Bestand)

2. Die Fensterflächen der Klassen werden neu verglast. Die Oberkante der Fensterbank liegt bei ca. 54 cm, um den Raum großzügiger wirken zu lassen. Die notwendige Brüstungshöhe wird durch eine in das Kastenfenster integrierte feststehende Scheibe erreicht, die aus getöntem und nach innen spiegelndem Glas besteht. Die Horizontalität der Paneele wird durch zwei vorgezogene Riegel im Fenster betont. (s. auch Anhang)

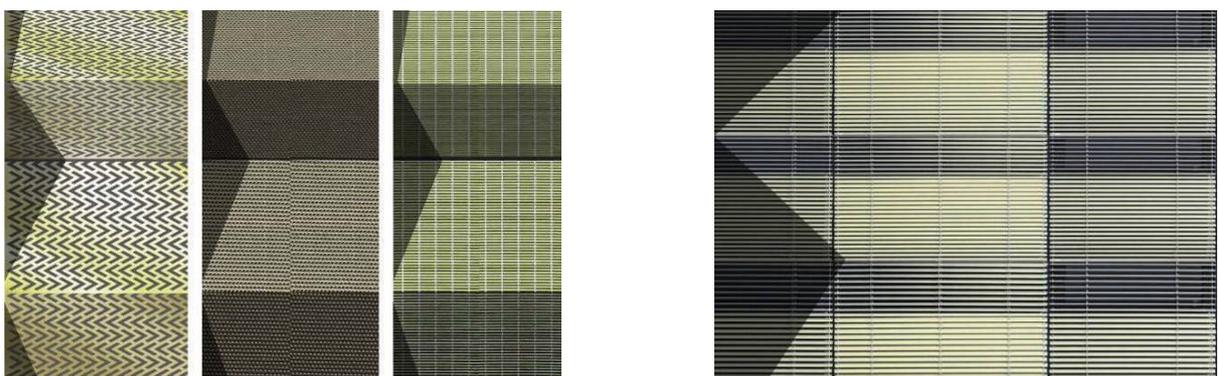


Bild 292 Materialstudien der Klappenelemente: perforiertes Metall, Streckmetall, Metallgewebe und Metalljalousien.

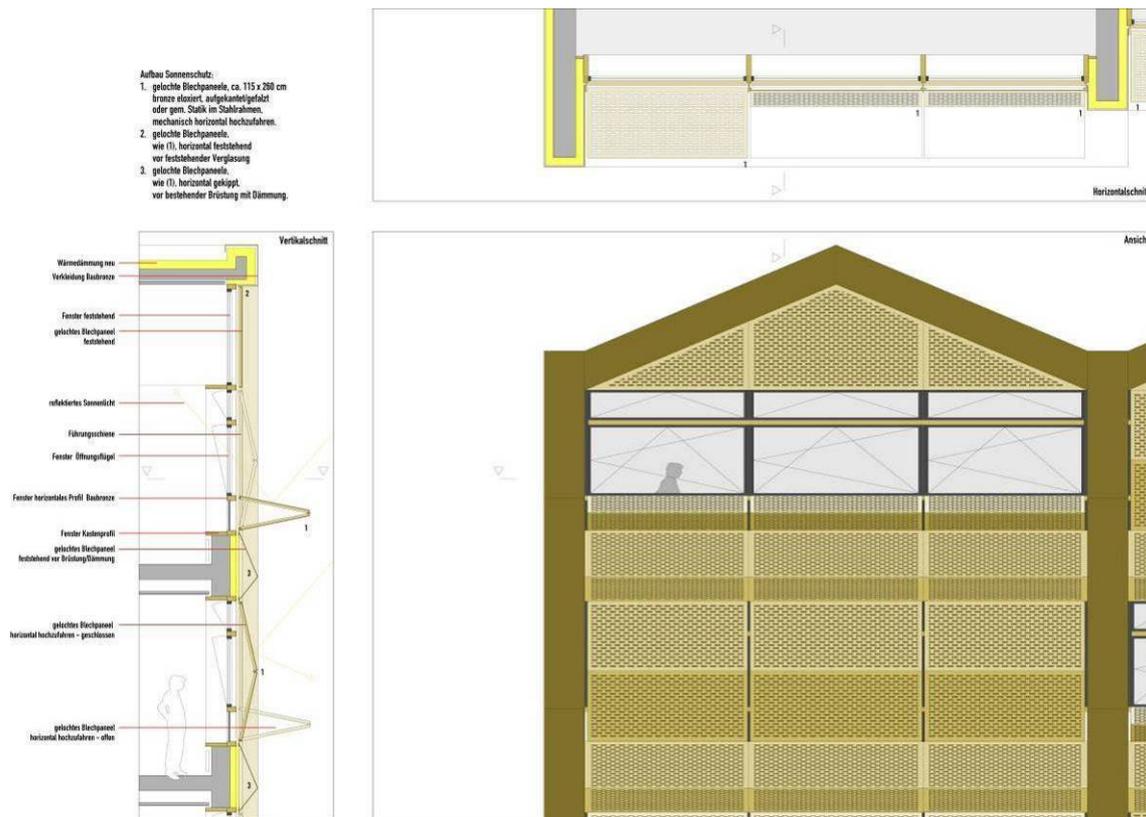


Bild 293 Fassadenstudie am Hückedahl M.1:50.

3. Die davor liegende Ebene der Fassadenverkleidung integriert bündig den Sonnenschutz: Perforierte Metallpaneele (in Baubronze, alternativ eloxiertes Streckmetall oder Metallgewebe auf Rahmenkonstruktion) werden vor den bestehenden Betonbrüstungen horizontal geknickt aufgebracht. Vor den Fenstern sind diese Elemente horizontal beweglich, sodass die Klassen individuell verschattet und belichtet werden können. Die Elemente falten sich nach unten vor die feststehende Verglasung und vermeiden damit eine tiefe Verschattung der Fensterflächen. Die Lichteinstrahlung wird diffus in den Raum reflektiert. Eine Perforierung der Elemente gestattet eine diffuse Grundlichtdurchlässigkeit. Zudem ist über ein zum Blendschutz nicht ganz verschlossenes Klappenelement die Nutzung des Raumes ohne Kunstlichteinsatz möglich. Die Verdunkelung der Räume erfolgt innenseitig durch Vorhänge bzw. Rollos.

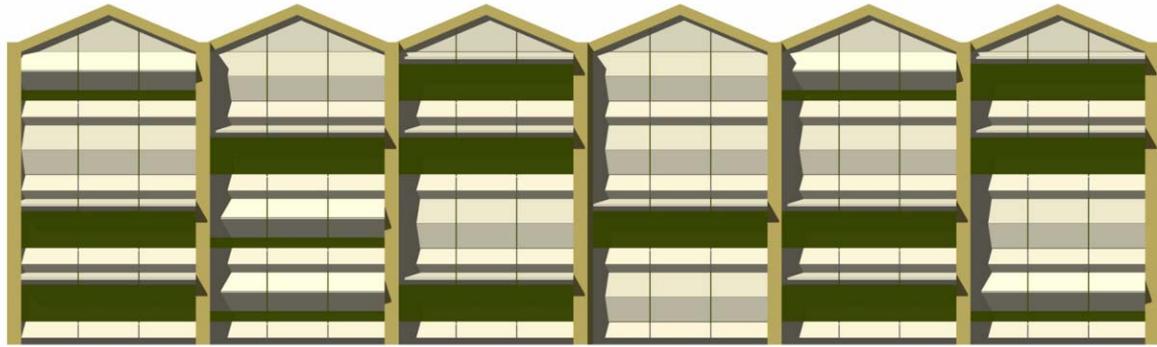


Bild 294 Ansicht der offenen und geschlossenen Klassenräume am Hückedahl.



Bild 295 Detailstudie

8.3 Sanierungskonzept Technik

8.3.1 Rahmenbedingungen

Die Berechnungen werden jeweils für vier Gebäude bzw. Bauteile des Bischöflichen Gymnasiums Josephinum durchgeführt, die für eine separate Sanierung geeignet sind:

- BT A West
- BT B Süd
- BT C Ost
- BT D Nord

Die angegliederte Sporthalle (Bauteil E) ist in der energetischen Untersuchung nicht berücksichtigt worden. Die Lage der Gebäude bzw. Bauteile ist im Grundrissplan in Bild 296 dargestellt.

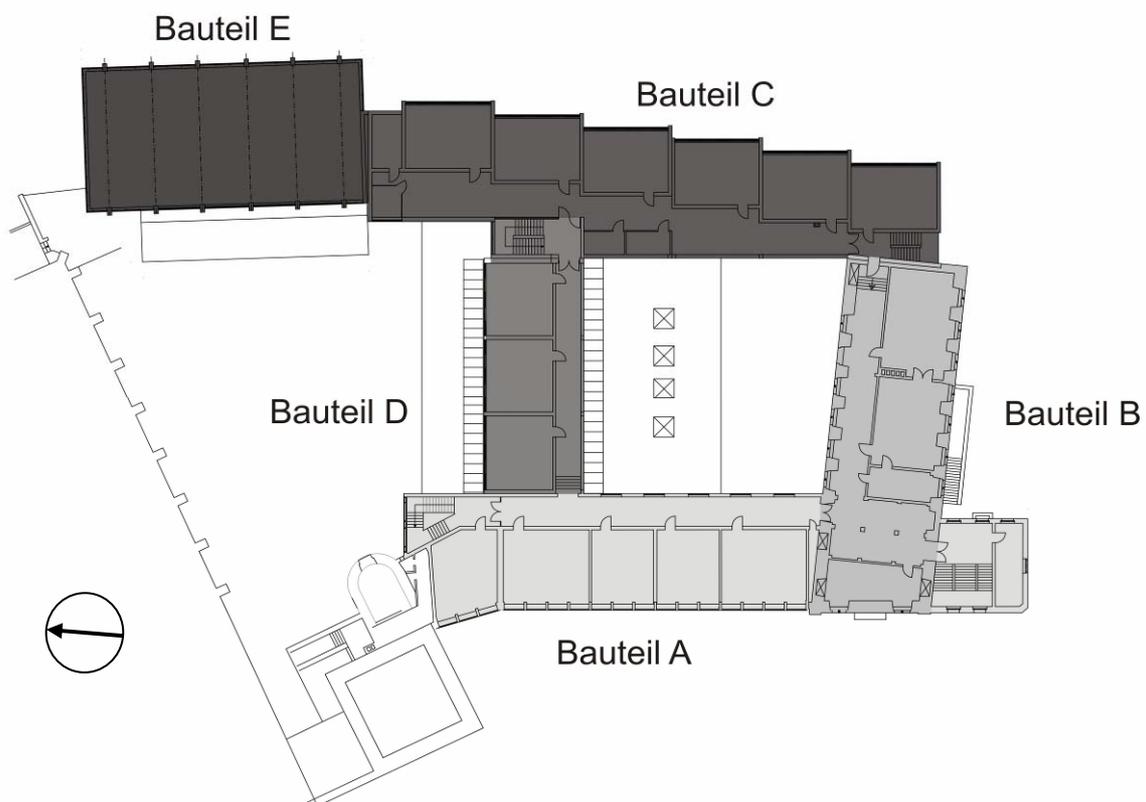


Bild 296 Grundriss 1.OG Gymnasium Josephinum in Hildesheim

Die Konditionierung der Gebäude erfolgt beim Bestand und für Variante 1 mit statischen Heizflächen und einer Fensterlüftung.

Für die Varianten 2 und 3 ist in den Unterrichtsräumen eine mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung vorgesehen. In diesen Bereichen werden die statischen Heizflächen an die geänderte Heizlast angepasst. Alle anderen Räume werden durch Fenster gelüftet.

Nach der Konzeptstudie „Nahwärmeversorgung Liegenschaften Dom Hildesheim“ des IGS vom 07.11.2008 ist eine Wärmeerzeugung mit einer Kombination eines Holzhackschnitzelkessels mit einem Gasbrennwertkessel und Niedertemperaturkessel vorgesehen.

Bild 297 beschreibt die Einteilung der Gebäudeteile in die Zonen der DIN 18599. Die Gebäude werden nach den in Kapitel 4.4.1 definierten Standards berechnet.



Bild 297 Zonierung nach DIN 18599, Hildesheim

8.3.2 Sanierungsmaßnahmen

Gebäudehülle:

Durch die heterogene Gebäudestruktur unterscheiden sich die Sanierungsmaßnahmen der Bauteile in Abhängigkeit der baukonstruktiven Gegebenheiten: Für die Erreichung der energetischen Standards sind nach der Bedarfsberechnung folgende Sanierungsmaßnahmen der Gebäudehülle berechnet worden:

Hildesheim		Bestand			EnEV Plus			KfW 40 / 60			Passivhaus mit IBP		
BT A West		Dämmstärke		Uges	Dämmstärke		Uges	Dämmstärke		Uges	Dämmstärke		Uges
		cm	WLG	W/m²K	cm	WLG	W/m²K	cm	WLG	W/m²K	cm	WLG	W/m²K
Decke	zu unbeheizt	3	0,035	1,06	19	0,035	0,20	25	0,035	0,15			
Außenwand	Ost	Ziegel	0,810	1,81	18	0,035	0,20	25	0,035	0,16			
Außenwand	West Stein	Klinker	0,810	1,94	6	0,040	0,56	6	0,040	0,56			
Außenwand	West Brüstung		4	0,034	0,74	17	0,034	0,20	23	0,034	0,15		
Kellerboden	zu Erdreich		4	0,060	1,07	4	0,060	1,07	4	0,060	1,07		
Fenster	Ost	Einfachvergl.		4,60		WSV	1,40		WSV	1,20			
Fenster	West		WSV	1,40		WSV	1,40		WSV	1,20			

BT B Süd		Dämmstärke		Uges	Dämmstärke		Uges	Dämmstärke		Uges	Dämmstärke		Uges
		cm	WLG	W/m²K	cm	WLG	W/m²K	cm	WLG	W/m²K	cm	WLG	W/m²K
Dach	zu Außenluft	3	0,035	1,06	21	0,035	0,19	27	0,035	0,15			
Decke	zu unbeheizt	3	0,035	1,06	21	0,035	0,19	27	0,035	0,15			
Außenwand		Klinker	0,700	1,13	6	0,040	0,46	6	0,040	0,46			
Kellerboden	zu Erdreich		4	0,057	1,07	4	0,057	1,07	4	0,020	0,44		
Fenster	Flur	Einfachvergl.		4,60		WSV	1,40		WSV	1,20			
Fenster	Bestand		WSV	1,40		WSV	1,40		WSV	1,40			

BT C Ost		Dämmstärke		Uges	Dämmstärke		Uges	Dämmstärke		Uges	Dämmstärke		Uges	
		cm	WLG	W/m²K	cm	WLG	W/m²K	cm	WLG	W/m²K	cm	WLG	W/m²K	
Dach	zu Außenluft	4	0,040	0,92	20	0,035	0,20	26	0,035	0,16	34	0,035	0,12	
Außenwand	zu Außenluft Beton		3	0,040	1,13	19	0,035	0,21	25	0,035	0,16	35	0,035	0,12
Außenwand	zu Außenluft Stein	Ziegel	0,450	0,92	16	0,035	0,20	22	0,035	0,16	32	0,035	0,11	
Außenwand	zu Außenluft West		12	0,035	0,29	12	0,035	0,29	12	0,035	0,29	32	0,035	0,12
Boden	zu Kriechkeller		2	0,040	1,13	14	0,035	0,27	20	0,035	0,19	28	0,035	0,14
Fenster		Einfachvergl.		2,90		WSV	1,40		WSV	1,20		3-fach	0,70	
Fenster	West		WSV	1,40		WSV	1,40		WSV	1,20		3-fach	0,70	

BT D Nord		Dämmstärke		Uges	Dämmstärke		Uges	Dämmstärke		Uges	Dämmstärke		Uges	
		cm	WLG	W/m²K	cm	WLG	W/m²K	cm	WLG	W/m²K	cm	WLG	W/m²K	
Dach	zu Außenluft	12	0,040	0,36	12	0,040	0,36	25	0,035	0,16	37	0,035	0,11	
Decke	zu unbeheizt	2	0,040	1,50	21	0,040	0,22	25	0,035	0,16	37	0,035	0,11	
Außenwand	zu Außenluft		3	0,040	1,13	15	0,034	0,21	25	0,035	0,15	37	0,035	0,11
Außenwand	zu Erdreich ID		3	0,040	1,13	3	0,040	1,13	3	0,040	1,13	12	0,035	0,27
Boden	zu Erdreich		3	0,040	1,16	3	0,040	1,16	3	0,040	1,16	4	0,020	0,44
Fenster	Flur	Einfachvergl.		4,60		WSV	1,40		WSV	1,20		3-fach	0,70	
Fenster	Klassenräume	Isoliervergl.		2,90		WSV	1,40		WSV	1,20		3-fach	0,70	
Fenster	Pausenhalle		WSV	1,40		WSV	1,40		WSV	1,20		3-fach	0,70	

Tabelle 34 Sanierungsmaßnahmen der Varianten

Zunächst werden die Maßnahmen zum Erreichen eines EnEV plus und eines KfW 40/60 Standards für die Gebäudeteile A und B beschrieben.

Maßnahmen Bauteil A und B:

Die Dämmung der Fassaden des Bauteils A aus den 50er Jahren erfolgt über ein Wärmedämmverbundsystem (WLG 035) mit einer Stärke von 18 cm für den EnEV plus-Standard und 25 cm für den KfW 40/60 Standard. Maßgebend für die Wahl waren vergleichbare mittleren Transmissionswärmeverlustwerte H_T' der Bauteile.

Bei den historischen Fassadenteilen der Gebäudeteile A und B ist eine energetische Sanierung nur durch Innendämmung möglich, da der Schulbetreiber eine Veränderung der Außenfassade nicht wünscht. Die bestehenden Außenwände aus Klinkermauerwerk haben eine Stärke bis etwa 1,20 m. Unter Denkmalschutz steht das Eingangsportal des Bauteils A. Für die Varianten 1 und 2 ist eine Innendämmung mit einer WLG von 040 und einer Stärke von 6 cm gewählt worden. Zur Vermeidung von Bauschäden kann diese z.B. mit PUR-Hartschaumplatten mit wasserdampfdurchlässiger Perforierung oder dampfdurchlässige Mineralewolleplatten ausgeführt werden.

Auf die obersten Geschoßdecke des Gebäudeteils A wird eine Dämmung (WLG 035) von 19 cm für Variante 1 und von 25 cm für Variante 2 aufgetragen. Die oberste Geschoßdecke des Satteldachbereichs sowie der Flachdachbereich des Gebäudeteils B werden in Variante 1 mit 21 cm und in Variante 2 mit 27 cm gedämmt.

Der Kellerboden zu Erdreich kann nur durch den Austausch der bestehenden Dämmlage im Fußbodenaufbau eingeschränkt energetisch verbessert werden. Im Falle einer Erneuerung des Fußbodens ist dies zu empfehlen. In der Berechnung ist das jedoch nur für die Gebäudeteile A und B vorgesehen.

Maßnahmen Bauteil C und D:

Bei den Gebäudeteilen C und D aus den 60er Jahren werden alle Fassaden über Wärmedämmpaneele oder über ein Wärmedämmverbundsystem (WDVS) energetisch verbessert. Für den EnEV plus-Standard ergeben sich Dämmstärken von 19 cm für Bauteil C und von 15 cm für Bauteil D. Für den KfW 40/60 Standard werden die Dämmstärken (WLG 035) auf jeweils 25 cm und für den Passivhausstandard auf 35 cm bzw. 37 cm erhöht.

Im EnEV-Standard bleibt die vorhandene Dachdämmung von 12 cm im Flachdachbereich der Pausenhalle des Bauteils D unberührt. Bei Bauteil C wird die Dämmung des Flachdachs (WLG 035) für Variante 1 auf 19 cm erhöht. In Variante 2 erhöht sich die Stärke der Flachdachdämmung (WLG 035) für die Gebäudeteile C und D auf 26 cm bzw. 25 cm und in Variante 3 auf 35 cm bzw. 37 cm. Die oberste Geschoßdecke des Satteldachbereichs wird in Variante 1 mit 21 cm, in Variante 2 mit 25 cm und in Variante 3 mit 37 cm gedämmt.

Allein für die Passivhausvariante des Bauteils D ist eine Außendämmung der Außenwand zum Erdreich, (12 cm, Stärke, WLG von 035) sowie eine Verbesserung der Wärmedämmung des Bodens zum Erdreich durch den Austausch der bestehenden Dämmlage im

Fußbodenaufbau mit einer besonders guten Qualität von WLG 020 bei einer Dämmstärke von 4 cm vorgesehen. Eine weitere Verbesserung der Dämmün im Bodenbereich mit den daraus folgenden baulichen Veränderungen im Fall einer Erhöhung oder dem Einsatzes einer Vakuumdämmung lässt sich wirtschaftlich nicht darstellen.

Die untere Geschossdecke zum Kriechkeller in Bauteil C wird von unten in den Stärken 14 cm (Var. 1), 20 cm (Var. 2) bzw. 28 cm (Var. 3) gedämmt. Dies ist in Bild 298 für die Fundamente im Außenwandbereich und in Bild 299 für die Streifenfundamente im Innenwandbereich beispielhaft beschrieben.

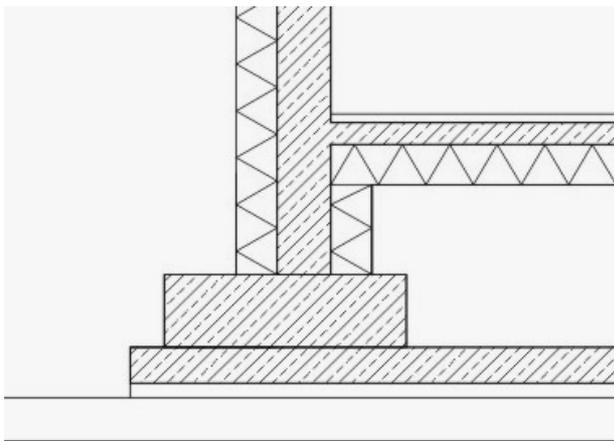


Bild 298 BT C Kriechkeller Dämmung Außenwand

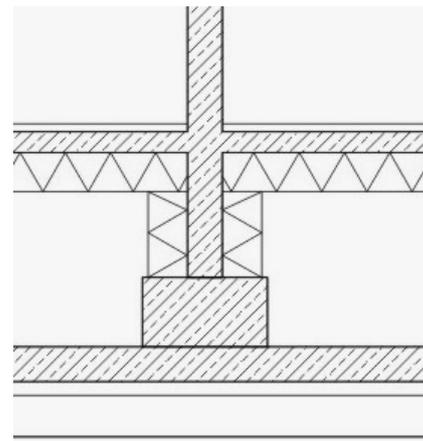


Bild 299 BT C Kriechkeller Dämmung Innenwand

Innerhalb der Berechnungen aller Bauteile werden die bestehenden Fenster mit Isolierverglasung in den Varianten 1 und 2 als Fenster mit Wärmeschutzverglasung bzw. Sonnenschutzverglasung (1,4 bzw 1,2 W/m²K, Anordnung in Abhängigkeit der Fassadenorientierung) und in Variante 3 als Dreischeibenverglasung (0,7 W/m²K) mit entsprechenden Rahmen berücksichtigt. Die bereits erneuerten Fenster mit Wärmeschutzverglasung in Bauteil A (Fenster West), Bauteil B (Fenster Süd), in Bauteil C (Fenster West) und Bauteil D (Pausenhalle und OG West) sind für die Varianten 1 und 2 übernommen worden.

Gebäudetechnik:

Die erforderliche Heizenergie soll für das Hildesheimer Gymnasium durch einen Holzhackschnitzelkessel für die Grundlast (ca. 55 %) und einen Gasbrennwertkessel bzw. Niedertemperaturkessel für die Spitzenlast (ca. 45 %) bereitgestellt werden.

Es ist ein Energieverbund mit einer Heizzentrale mit Holzhackschnitzelkessel und Gas-Kessel-Anlage vorgesehen. Dies wird bei den Sanierungskosten der

Wärmeversorgungsanlagen (KG 420) abweichend von den beiden mit Fernwärme betriebenen Schulen gesondert berücksichtigt

In der Konzeptstudie „Nahwärmeversorgung Liegenschaften Dom Hildesheim“ des IGS vom 07.11.2008 ist eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung verschiedener Versorgungsvarianten in einem Energieverbund im Bereich des Doms in Hildesheim bearbeitet worden.

Zu der geplanten Nutzungseinheit gehören die folgenden 12 Gebäude mit einer Nutzfläche (NGF) von ca. 22.000 m²:

- 1 Dom
- 1 Domschule/Dommusik
- 1 Domkapitel/Dommuseum
- 1 Gymnasium Josephinum mit Sporthalle
- 1 Generalvikariat
- 7 Wohngebäude

Derzeit werden die Gebäude über dezentrale Gas- oder Öl-Kessel beheizt, die überaltert sind und kurz- bis mittelfristig erneuert werden müssen.

Das Konzept sieht ein Nahwärmenetzverbund der Gebäude mit einer Trassenlänge 564 m und einer zentralen Wärmeerzeugung vor. Die wirtschaftlichste Versorgungsvariante ist hierbei die Deckung des Gesamtbedarfs der Gebäude über eine Heizzentrale bestehend aus einem Holzhackschnitzelkessel und einem Gas-Heizkessel.

In der folgenden Wirtschaftlichkeitsberechnung des Gymnasiums Josephinum wird daher diese Versorgungsvariante als gegeben angenommen. Die Grund- und Spitzenlast sind wie folgt aufgeteilt:

- Grundlast: Holzackschnitzelkessel (500 kW mit 8 m³ Pufferspeicher)
- Mittellast: Gas-Brennwertkessel (1.000 kW)
- Spitzenlast: Gas-Niedertemperaturkessel (1.250 kW)

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie sind weiterhin der Umbau der Heizzentrale im Generalvikariat zur Unterbringung Gas-Kesselanlage sowie der Neubau eines Holzhackschnitzellagers (200 m³) inkl. Holzhackschnitzelkessel als Containerlösung vorgesehen.

Die Wärmeverteilung ist im Rahmen einer Sanierung an den Stand der Technik anzupassen. Dazu zählen z.B. die Verteilleitungen, die Heizkörper, Thermostatventile oder Pumpen. Einzelheiten sind in Kapitel 4.4.2 dargestellt.

Die Konditionierung der Gebäude erfolgt für Variante 1 wie im Bestand mit statischen Heizflächen und einer Fensterlüftung

Für die Varianten 2 und 3 ist in den Unterrichtsräumen aller Bauteile eine mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung über dezentrale Fassadenlüftungsgeräte vorgesehen. Weitere Einzelheiten zu den empfohlenen Parameter der Anlage sind in Kapitel 4.4.2 dargestellt.

8.3.3 Energetische Bewertung

Für diese Sanierungsmaßnahmen der Varianten ergibt sich der in Tabelle 35 dargestellte Heizenergiebedarf. Die rot markierten Varianten erreichen mit allgemeinen Maßnahmen die Grenzwerte der Standards nicht, werden im Folgenden für einen Vergleich der Maßnahmen dennoch betrachtet.

Jahres- Heizwärmebedarf	Bestand	EnEV plus	KfW 40 / 60	PH
		Var 1	Var 2	Var 3
	Q_h Bestand	Q_h Var 1	Q_h Var 2	Q_h Var 3
	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
BT A West	213.261	100.123	73.624	73.624
BT B Süd	248.977	119.220	101.967	101.967
BT C Ost	432.393	157.551	121.638	59.772
BT D Nord	250.666	129.383	101.459	69.953
Gesamt	1.145.297	506.277	398.688	305.316

Tabelle 35 Endenergieverbrauch (Bestand) und -bedarf (Wärme) der Sanierungsvarianten

Der Vergleich des berechneten Jahres-Gesamtheizenergiebedarfs des Gymnasiums von 1.145.297 kWh/a zeigt eine ausreichende Übereinstimmung mit dem realen Wärmeverbrauch von 1.042.005 kWh/a der Jahre 2003 bis 2007. Hierbei ist der gemessene Verbrauchswert der Schule inklusive Turnhalle von 1.115.320 kWh/a unter Berücksichtigung der Fläche und des Temperaturniveaus auf 1.042.005 kWh/a angepasst worden.

Eine vergleichende Darstellung des über die Sanierung der Gebäudeteile erschließbaren Einsparpotentials zeigt Bild 300. Das Einsparpotential des Endenergiebedarfs Wärme aller Gebäudeteile liegt im Vergleich zum Bestand aufgrund des altersbedingten Zustands der Gebäudehülle gegenüber Variante 1 EnEV plus bei 56 % und bei Variante 2 KfW 40 / 60 Standard bei 65 %. Über den Passivhausstandard sind Einsparungen von 73 % möglich.

Aufgrund der eingeschränkten Vergleichbarkeit von EnEV- und PHPP-Berechnung sind die mit dem EnEV-Programm IBP 18599 berechneten Werte für alle Standards dargestellt. Dazu gehören auch die Varianten der Gebäudeteile A, B und D, die die Grenzwerte überschreiten. Für die Gebäudeteile A und B sind wie nachfolgend im Fall des Passivhausstandards die Qualitäten der Gebäudehülle im KfW-Standard, für Bauteil D der berechnete aber nicht ausreichende Bedarfswert der Passivhausvariante angenommen worden.

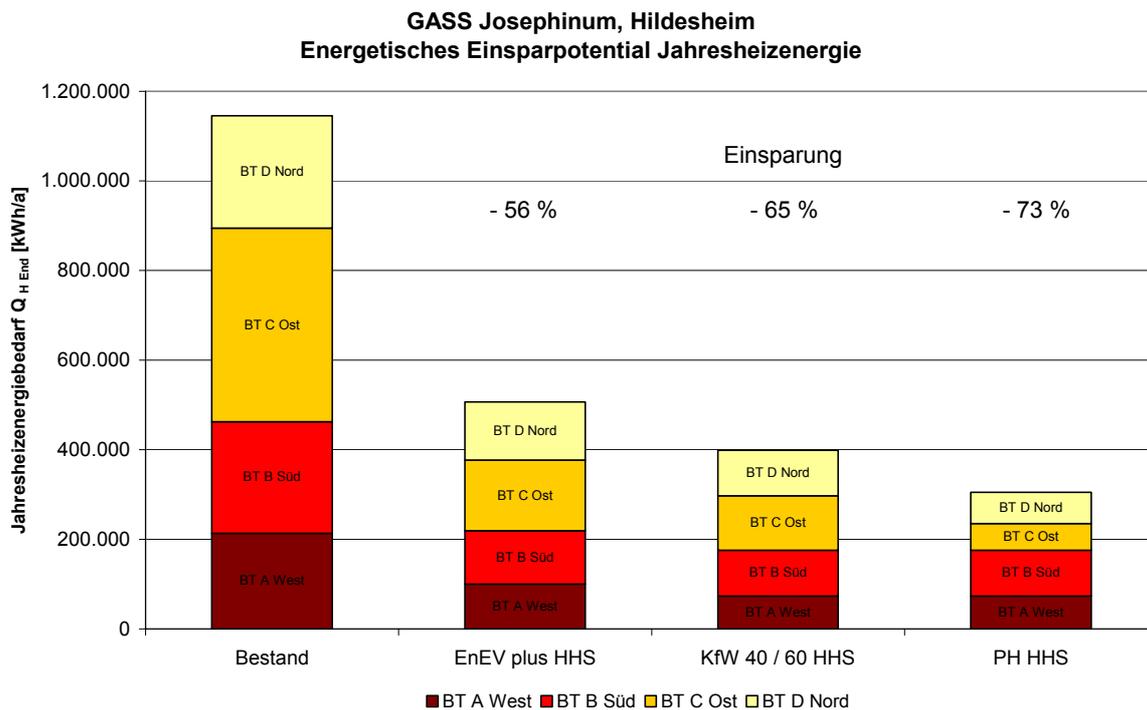


Bild 300 Energieeinsparpotential der Jahresheizendenergie gesamt

In Bild 301 und Bild 302 werden die spezifischen und absoluten Jahresheizenergiekennwerte (Endenergie Wärme) der einzelnen Bauteile zusammengefasst.

Für die Bauteile A und B ist das Aufbringen der üblichen Dämmstärken auf die historischen Fassadenteile wie oben beschrieben nicht möglich bzw. nicht erwünscht. Die energetische Wirksamkeit ist durch Innendämmung und Austausch der Bodendämmung eingeschränkt.

Dennoch liegen die Einsparpotentiale aufgrund der schlechten Hüllqualität des Bestands bei beiden Gebäudeteilen insbesondere für den EnEV plus- und KfW 40 / 60 -Standard hoch.

Bauteil A West weist das zweithöchste Einsparpotential auf, da die Außenwände der West- und Ostfassade bis auf die Steinfassaden im EG gut über Aufbringen eines WDVS ertüchtigt werden können.

Im ähnlichen Bereich liegt das Bauteil B Süd, bei dem ein hoher Anteil historischer Fassaden, nur über das Aufbringen einer Innendämmung wärmetechnisch zu verbessern ist.

Dennoch erreicht das Gebäude B aufgrund eines zu hohen Primärenergiebedarfs von 62 kWh/m²a den festgelegten KfW 40 / 60 - Standard nicht. Zudem ist ein Passivhaus-Standard für die beiden Bauteile A und B aufgrund der beschriebenen Einschränkungen nicht möglich.

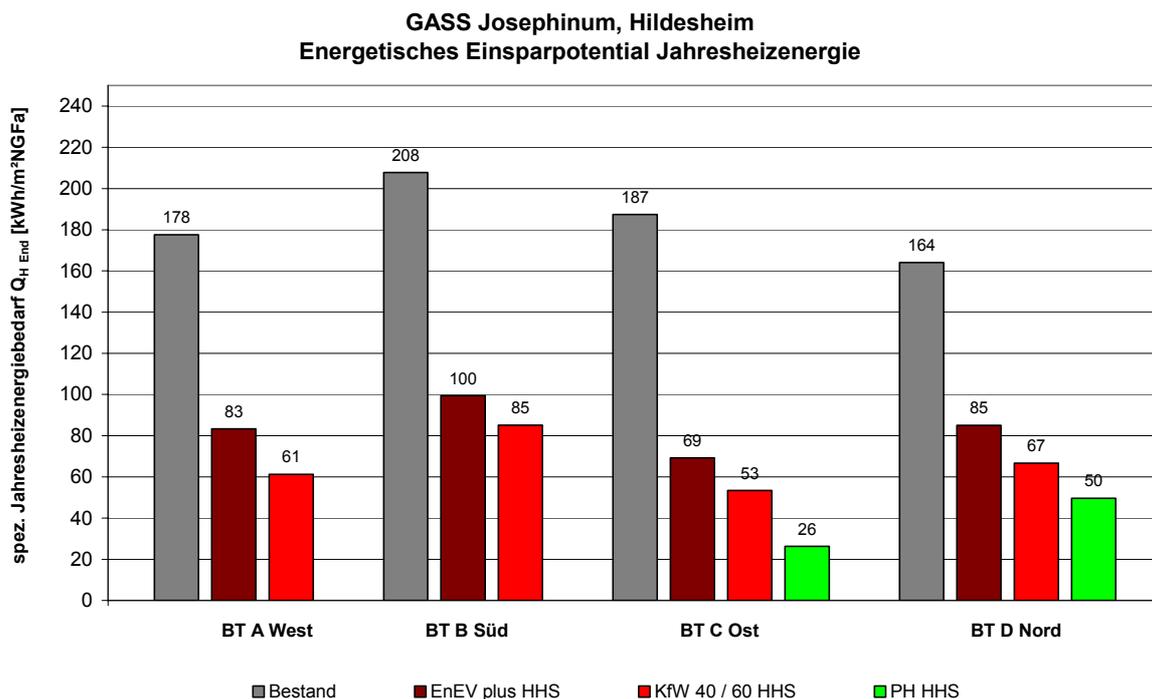


Bild 301 Spez. Jahresheizenergiebedarf (Endenergie) der Bauteile

Für das Bauteil C West ergeben sich hinsichtlich des Endenergiebedarfs Wärme Einsparpotentiale von 64 % (Var. 1), 72 % (Var. 2) und 86 % (Var. 3). Es hat damit das höchste Einsparpotential aller Bauteile. Neben einer größtenteils unsanierten Gebäudehülle mit den typischen Wärmedurchgangskoeffizienten der 60er Jahre beeinflusst das günstige A/V_e – Verhältnis von 0,32 die Reduzierung des Heizenergiebedarfs positiv. Über die Möglichkeit der Dämmung des Kriechkellerbereichs können weitere Einsparpotentiale wirtschaftlich erschlossen werden.

Ein geringeres Einsparpotential weist Bauteil D auf. Durch den hohen Anteil erdberührter Bauteile von 40 % erreicht das Bauteil D den Passivhausstandard mit den gewählten Maßnahmen nicht, da die Möglichkeiten einer Dämmung im Bereich der Bodenplatte und der Kellerwände entsprechend eingeschränkt sind.

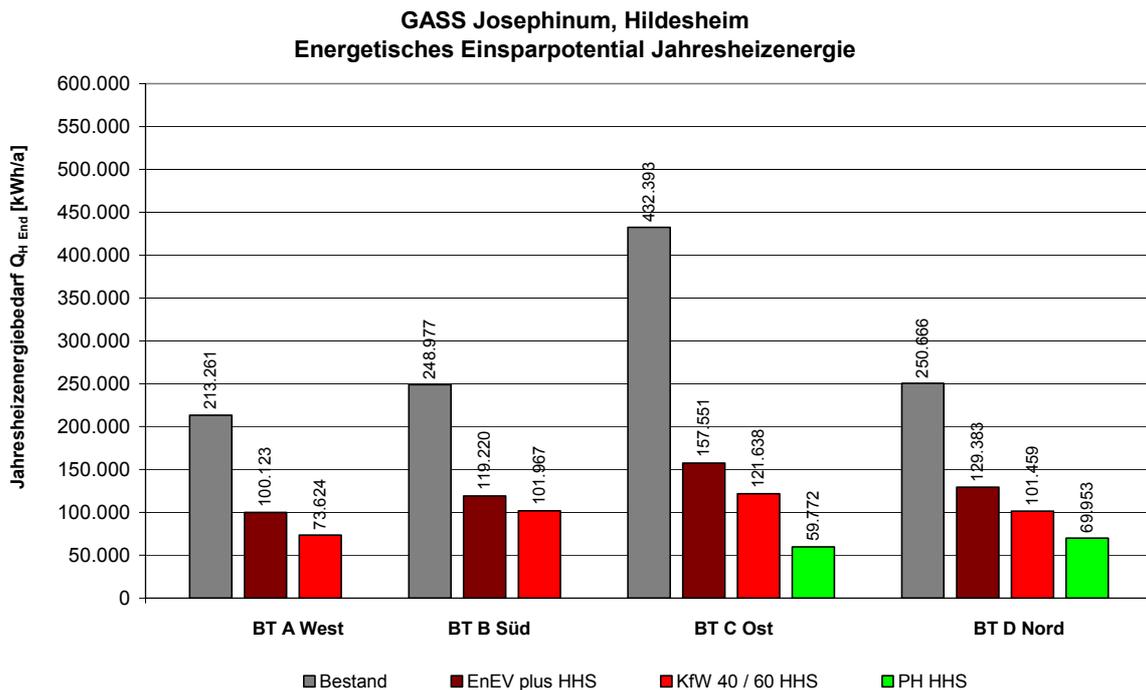


Bild 302 Abs. Jahresheizenergiebedarf (Endenergie) der Bauteile

8.3.4 Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung für Hildesheim wird wie bei den anderen Schulen unter Berücksichtigung einer Energiepreissteigerung von 5 und 10 % durchgeführt. Die tatsächlichen Energiekosten für das Heizöl haben sich nach Angaben der Schule von 2002 bis Ende 2008 sogar um 15,2 % pro Jahr erhöht (s. Bild 303).

Dazu wird eine Inflationsrate von 2 % berücksichtigt. Der kalkulatorische Zinssatz ist mit 4 % angenommen worden. Für die einzelnen Maßnahmen werden die jeweils resultierenden Kapital- sowie die Wartungs- und Energiekosten ermittelt.

Für den Bestand (Variante 0), bei dem keine baulichen Maßnahmen an den Gebäudeteilen erforderlich sind, werden Kosten für die Instandhaltung unter den laufenden Betriebskosten berücksichtigt.

Die Kosten für die Instandhaltung werden in Anlehnung an eine Zusammenstellung der Finanzbehörde – Amt für Organisation und Zentrale Dienste der Stadt Hamburg mit einem Prozentsatz von 1,2 % bezogen auf Herstellkosten angenommen. Dabei werden die Herstellkosten nach den Normalherstellungskosten¹⁴⁰ mit einem Ansatz von 960 bis 1.135 €/m² Brutto-Grundfläche BGF in Abhängigkeit der Altersklasse für die Schulen

¹⁴⁰ Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (2000): Normalherstellungskosten

ermittelt. Mit diesem Näherungsansatz für die Instandhaltungskosten werden die Sowieso-Kosten in der Bestandsvariante berücksichtigt und die Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Varianten hergestellt.

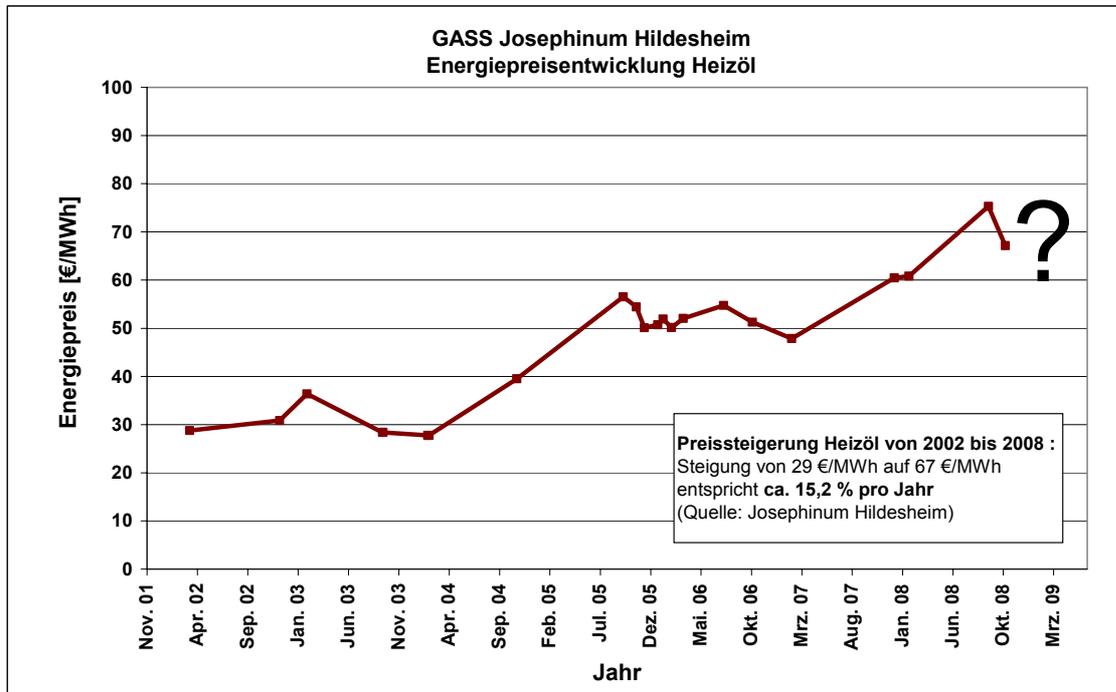


Bild 303 Energiepreissteigerung Heizöl Josephinum Hildesheim

Die Gesamtkosten der Nahwärmeversorgung im Energieverbund mit Heizzentrale mit Holzhackschnitzelkessel und Gas-Kessel-Anlage belaufen sich auf 977.000 € netto.

Über den Flächenanteil der Schule sind 339.000 € Kosten für diese Lösung zu berücksichtigen. Da die Kesselanlage im Bestand vollständig abgängig ist, werden die Kosten eines Gasbrennwertkesselkessel in Höhe von 139.000 € zu 100% als Ohnehin-Maßnahmen angerechnet. Das heißt folgende Differenz wird als Kosten der energetischen Sanierung im Bereich der Wärmeerzeugung (KG 421) berücksichtigt:

Konzeptstudie Nahwärmeversorgung	
Kosten Energetische Sanierung	€ (Netto)
Heizzentrale mit Holzhackschnitzel und Gas	339.073
Gasbrennwertkessel (Standard)	139.169
Differenz	199.904

Tabelle 36 Kosten Energetische Sanierung nach Konzeptstudie Nahwärmeversorgung

In Tabelle 37 sind die energetischen Sanierungskosten, die in die Wirtschaftlichkeitsberechnung einfließen, für jedes Bauteil getrennt nach den Kostengruppen Baukonstruktion und technische Anlage dargestellt. Die Kosten beruhen auf den in 4.4.2 angenommenen Parametern.

Kosten (Brutto)			Gebäude A	Gebäude B	Gebäude C	Gebäude D	Gesamt
			West	Süd	Ost	Nord	
Energ. Sanierung							
Var. 1	KG 300	Bauwerk Baukonstruktion	104.424 €	69.881 €	283.969 €	53.959 €	512.233 €
EnEV plus	KG 400	Bauwerk - Technische Anla	93.691 €	93.535 €	177.700 €	118.753 €	483.679 €
Gesamt			198.115 €	163.416 €	461.669 €	172.712 €	995.912 €
Energ. Sanierung							
Var. 2	KG 300	Bauwerk Baukonstruktion	108.472 €	92.122 €	294.865 €	107.100 €	602.559 €
KfW 40/60	KG 400	Bauwerk - Technische Anla	169.299 €	109.184 €	306.224 €	153.672 €	738.379 €
Gesamt			277.771 €	201.307 €	601.089 €	260.771 €	1.340.938 €
Energ. Sanierung							
Var. 3	KG 300	Bauwerk Baukonstruktion	108.472 €	92.122 €	371.135 €	160.742 €	732.471 €
PH	KG 400	Bauwerk - Technische Anla	169.299 €	109.184 €	306.224 €	153.672 €	738.379 €
Gesamt			277.771 €	201.307 €	677.359 €	314.414 €	1.470.850 €

Tabelle 37 Sanierungskosten (Brutto)

In den wirtschaftlichen Berechnungen der Varianten 2 und 3 wird eine mögliche DBU-Förderung von insgesamt 300.000 € berücksichtigt.

Eine Zusammenstellung der Investitions-, Betriebs- und Kapitalkosten bei Sanierung der einzelnen Bauteile in den verschiedenen Varianten zeigt Bild 304.

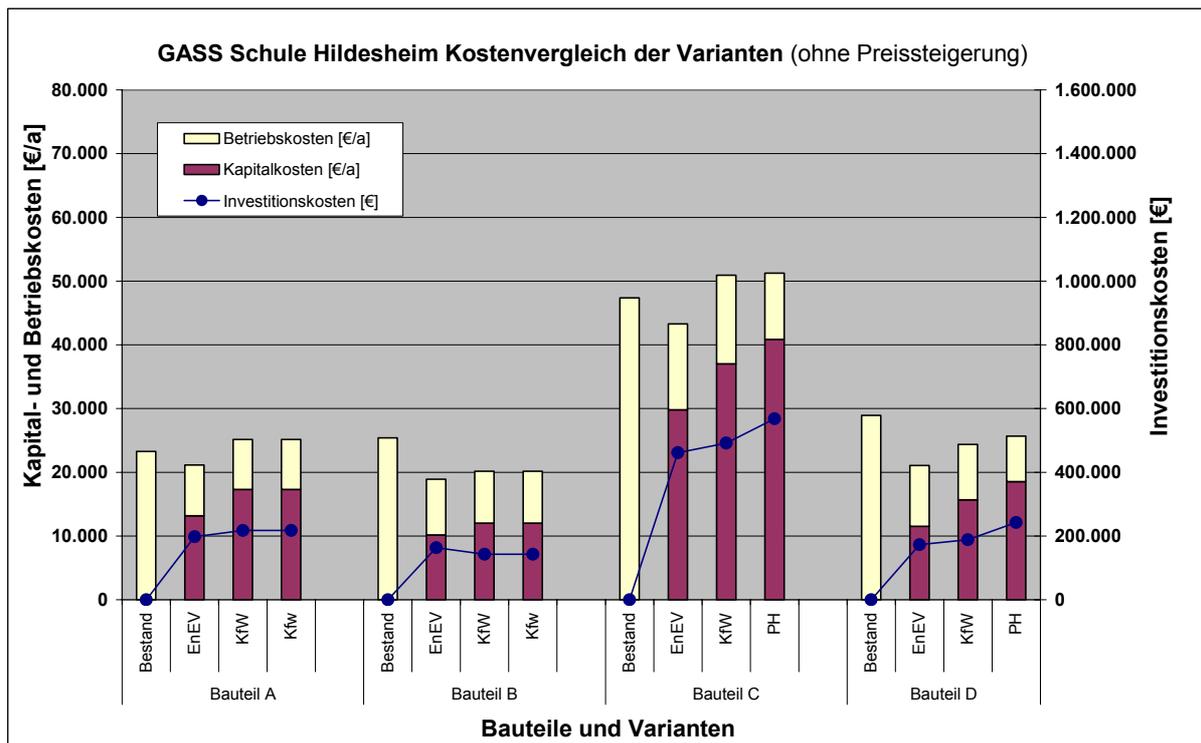


Bild 304 Vergleich der jährlichen Betriebs-, Kapital- und Investitionskosten

Über die Kapitalkosten für die Sanierungsmaßnahmen ergibt sich jeweils eine Erhöhung der Jahresgesamtkosten. Eine Steigerung der Energiepreise ist in Bild 304 nicht berücksichtigt, folgt aber in den nächsten Darstellungen.

Aufgrund der Größe des Bauteils C sind die absoluten Kapital- und Betriebskosten für dieses Bauteil am höchsten. Die geringsten Betriebskosten ergeben sich aufgrund des reduzierten

Energiebedarfs grundsätzlich für den Passivhausstandard. Für die Variante 3 ergibt sich z.B. eine Aufteilung in rd. 41.000 € Kapitalkosten und 10.000 € in Betriebskosten, wobei 5.000 € auf die Wartung und nur 5.000 € auf die Energiekosten entfallen. Erwartungsgemäß hat die Bestandvariante die höchsten Betriebskosten. Die Betriebskosten der Lüftungsanlagen mindern die Energieeinsparungen der Varianten 2 und 3 im Vergleich zur natürlichen Lüftung in Variante 1.

Im Rahmen der Berechnungen über die Nutzungsdauer von 20 Jahren werden zwei unterschiedliche Steigerungsraten der Energiekosten in Höhe von 5 % (Preissteigerung 1 – PS 1) bzw. von 10 % (Preissteigerung 2 - PS 2) der Energiekosten berücksichtigt. Bild 305 und Bild 306 zeigen die zeitliche Entwicklung der Jahresgesamtkosten der Varianten über einen Zeitraum von 20 Jahren beider Energiepreissteigerungen.

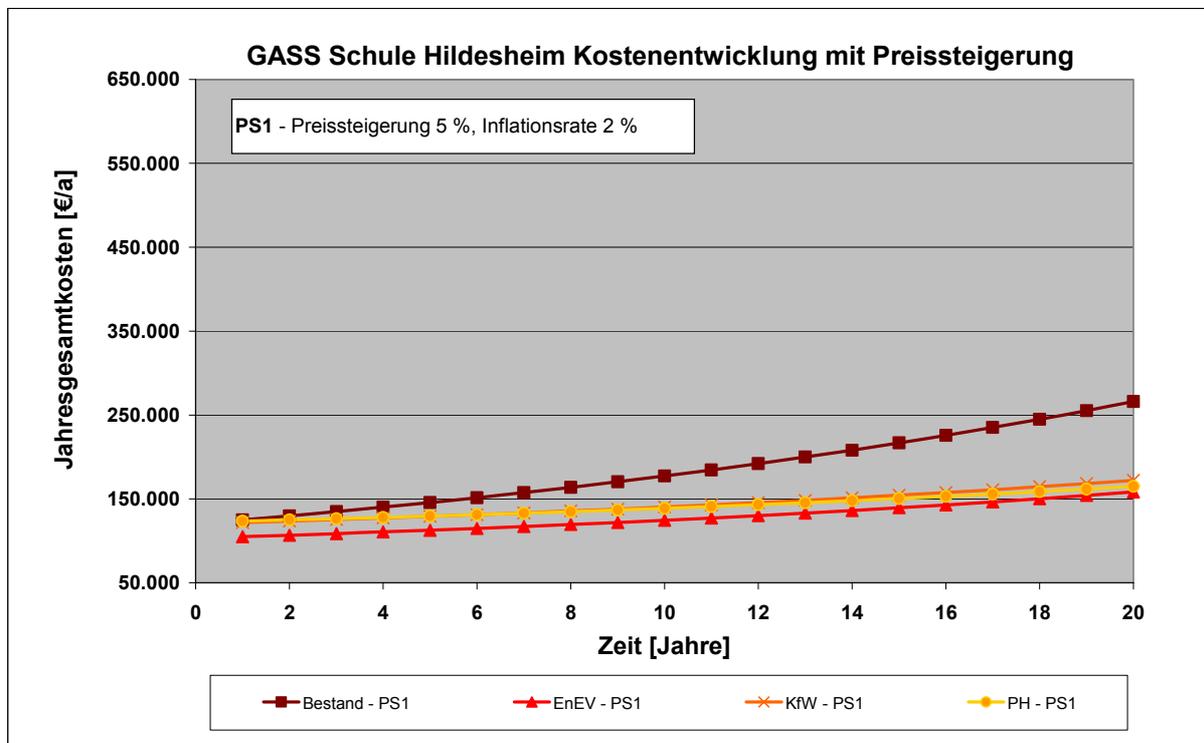


Bild 305 Entwicklung Jahresgesamtkosten bei jährl. Energiekostensteigerung von 5 %

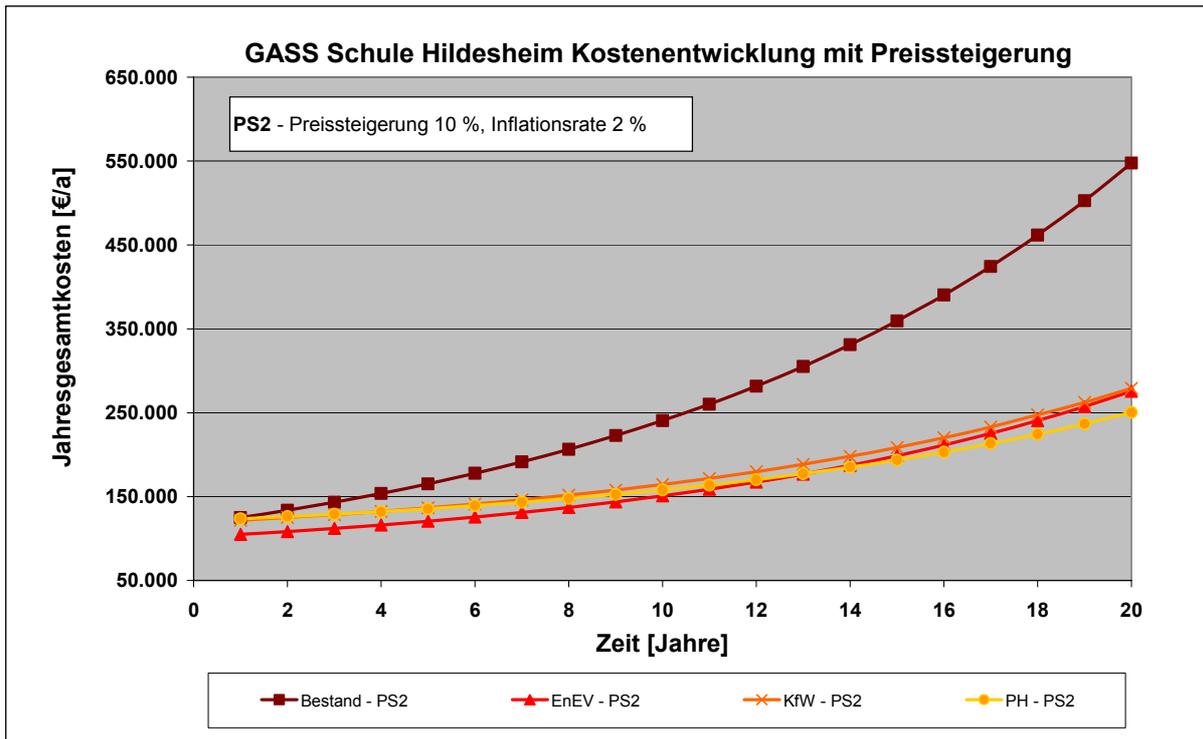


Bild 306 Entwicklung Jahresgesamtkosten bei jährl. Energiekostensteigerung von 10 %

Die Bestandvariante weist in Bild 305 und Bild 306 die typische Entwicklung eines unsanierten Gebäudes auf. Die Jahresgesamtkosten liegen aufgrund der hohen Betriebskosten für die Bestandsvariante schon zu Beginn auf dem Niveau der Sanierungen. Alle drei Bauteile haben schon zu Beginn jährliche Betriebskosten von rd. 125.000 € wobei davon rd. 78.000 € Energiekosten sind. Der Weiterbetrieb des Bestandes ohne Sanierung führt zu den deutlich höchsten Jahresgesamtkosten nach 20 Jahren.

Der verbesserte Wärmeschutz verringert den Anstieg der Energie- und damit der Jahresgesamtkosten im Vergleich zum Bestand bei einer Nutzung der Gebäude über 20 Jahre deutlich. Dies gilt insbesondere bei einer angenommenen Erhöhung der Energiepreise von 10 %.

Die Jahresgesamtkosten der EnEV-Variante liegen zu Beginn der Betrachtung aufgrund der vergleichsweise geringen Investitionskosten unterhalb der anderen Varianten, steigen aber nach 20 Jahren bei Energiepreissteigerungen von 5 % auf das Niveau der Varianten 2 und 3 an. Bei Energiepreissteigerungen von 10 % liegen die Jahresgesamtkosten nach 13 Jahren über der Variante 3.

In Bild 307 und Bild 308 sind zur Gesamtbewertung über einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren die kumulierten Kosten mit den jeweiligen Investitionskosten dargestellt.

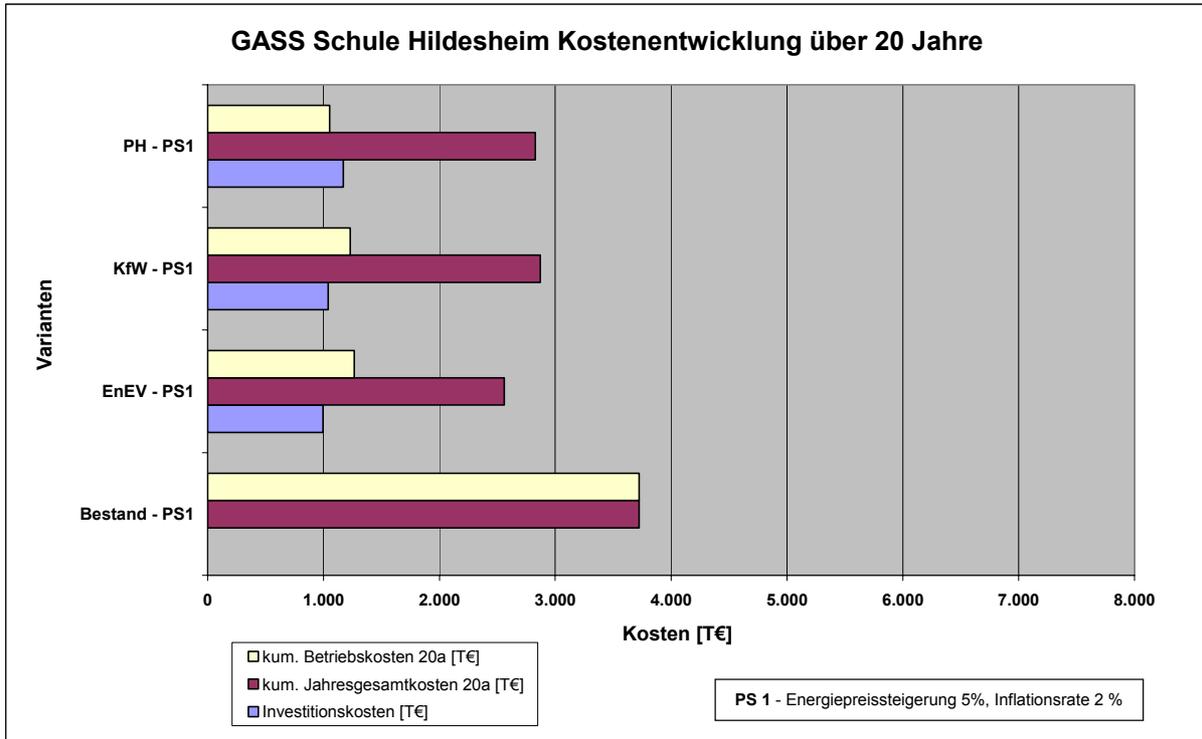


Bild 307 Vergleich kum. Betriebs-, Kapital- und Investitionskosten mit Energiepreissteigerung 5%

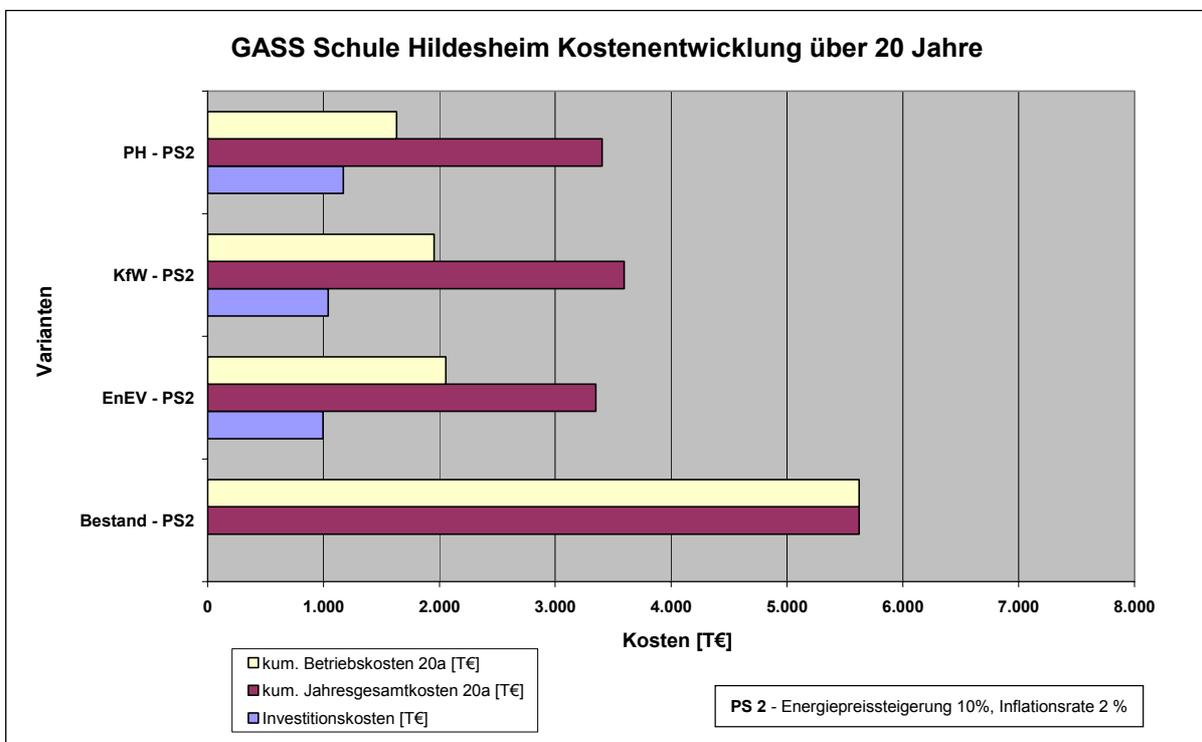


Bild 308 Vergleich kum. Betriebs-, Kapital- und Investitionskosten mit Energiepreissteigerung 10%

Die Variante 1 stellt bei einer Energiepreissteigerung von 5 % aufgrund der reduzierten Kapitalkosten die über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren wirtschaftlichste Variante dar.

Im Fall einer Energiepreissteigerung von 10 % gleicht sich die Variante 3 mit kumulierten Gesamtkosten von 3.410 T€ der Variante 1 mit 3.350 T€ weitgehend an (s. Bild 307). Trotz der höheren Investitionen und dem zusätzlichen Betrieb der Lüftungsanlagen in allen Unterrichtsräumen in Variante 3 entsprechen die kumulierten Gesamtkosten aufgrund der hohen Energieeinsparungen in etwa denen der Variante 1.

Bei der Bewertung der EnEV plus-Variante ist neben der Wirtschaftlichkeit auch der Nutzerkomfort zu berücksichtigen. Die Varianten 2 und 3 gewährleisten durch den Betrieb der Lüftungsanlagen in den Unterrichtsräumen die Einhaltung der Grenzwerte für die Luftqualität. Dies trägt zur Verbesserung der Lernbedingungen bei den Schülern und Lehrern bei und kann in dieser Form wirtschaftlich nicht bewertet werden. Durch die Fensterlüftung kann eine ausreichende Luftqualität - insbesondere in den Wintermonaten bei niedrigen Außentemperaturen - nicht gewährleistet werden. Die Richtwerte für die CO₂-Konzentration werden in der Hildesheimer Schule aufgrund eines unzureichenden Lüftungsverhaltens stark überschritten. Die messtechnischen Untersuchungen in den Klassenräumen des Josephinums ergeben im Winter, dass 77% der Stundenmittelwerte über dem Richtwert liegen. Über das ganze Jahr sind 43 % der Stundenmittelwerte über 1.500 ppm gemessen worden..

8.3.5 Kostenübersicht

In der Übersicht der Tabelle 38 sind die Investitions-, Kapital-, Instandhaltungs-, und Betriebskosten der einzelnen Bauteile zusammengetragen. Dazu sind die verwendeten Energiepreise angegeben.

Kostenübersicht Hildesheim (Brutto)					
Energiepreis					
Wärme 2008	Arbeitspreis (AP)	67 €/MWh			
	Steigung 5%	AP-Var 0	AP-Var 1	AP-Var 2	AP-Var 3
		111,03 €/MWh	102,94 €/MWh	102,94 €/MWh	102,94 €/MWh
	Steigung 10%	AP-Var 0	AP-Var 1	AP-Var 2	AP-Var 3
		192,32 €/MWh	178,31 €/MWh	178,31 €/MWh	178,31 €/MWh
Strom 2007 (Lüftungsanlage)					
	Arbeitspreis (AP)	0,12 €/kWh			
	Steigung 5%	0,21 €/kWh			
	Steigung 10%	0,36 €/kWh			
	Grundpreis (GP)	8.655 €/a			
	Steigung 5%	14.309 €/a			
	Steigung 10%	24.785 €/a			
	(Steigungen - Mittelwert mit Bezug 20 Jahre)				
Zins		4,0%			
Inflation (20 Jahre bei 2%)		21,49%			
Variante 0					
	Bauteil A	Bauteil B	Bauteil C	Bauteil D	Gesamt
Investitionskosten [€]	0	0	0	0	0
Kapitalkosten [€/a]	0	0	0	0	0
Instandhaltungskosten [€/a]	8.671	8.346	17.754	11.761	46.532
Betriebskosten [€/a]	23.279	25.401	47.372	28.931	124.983
Heizenergiebedarf [MWh]	213	249	432	251	1.145
Variante 1					
	Bauteil A	Bauteil B	Bauteil C	Bauteil D	Gesamt
Investitionskosten [€]	198.115	163.416	461.669	172.712	995.912
Kapitalkosten [€/a]	13.193	10.186	29.827	11.513	64.718
Wartungskosten [€/a]	1.595	1.151	3.460	1.354	7.560
Betriebskosten [€/a]	7.956	8.724	13.468	9.573	39.721
Heizenergiebedarf [MWh]	100	119	158	129	506
Variante 2					
	Bauteil A	Bauteil B	Bauteil C	Bauteil D	Gesamt
Investitionskosten [€]	217.459	142.725	492.072	188.681	1.040.938
Kapitalkosten [€/a]	17.322	12.030	37.028	15.682	82.063
Wartungskosten [€/a]	2.266	1.491	4.622	1.688	10.068
Betriebskosten [€/a]	7.826	8.150	13.915	8.678	38.569
Heizenergiebedarf [MWh]	74	102	122	101	399
Variante 3					
	Bauteil A	Bauteil B	Bauteil C	Bauteil D	Gesamt
Investitionskosten [€]	217.459	142.725	568.342	242.323	1.170.850
Kapitalkosten [€/a]	17.322	12.030	40.860	18.542	88.755
Wartungskosten [€/a]	2.266	1.491	5.027	2.158	10.942
Betriebskosten [€/a]	7.826	8.150	10.390	7.146	33.512
Heizenergiebedarf [MWh]	74	102	60	70	305

Tabelle 38 Kostenübersicht

8.3.6 Primärenergiebedarf und CO₂-Emissionen

Die Reduzierung des Primärenergiebedarfs bei einer Sanierung des Schulkomplexes ist für die verschiedenen Varianten in Bild 309 zusammengefasst. Der Primärenergiebedarf der Varianten 2 und 3 liegen mit Berücksichtigung des Strombedarfs der Lüftungsanlagen für alle Unterrichtsräume nur knapp unter denen der Variante 1.

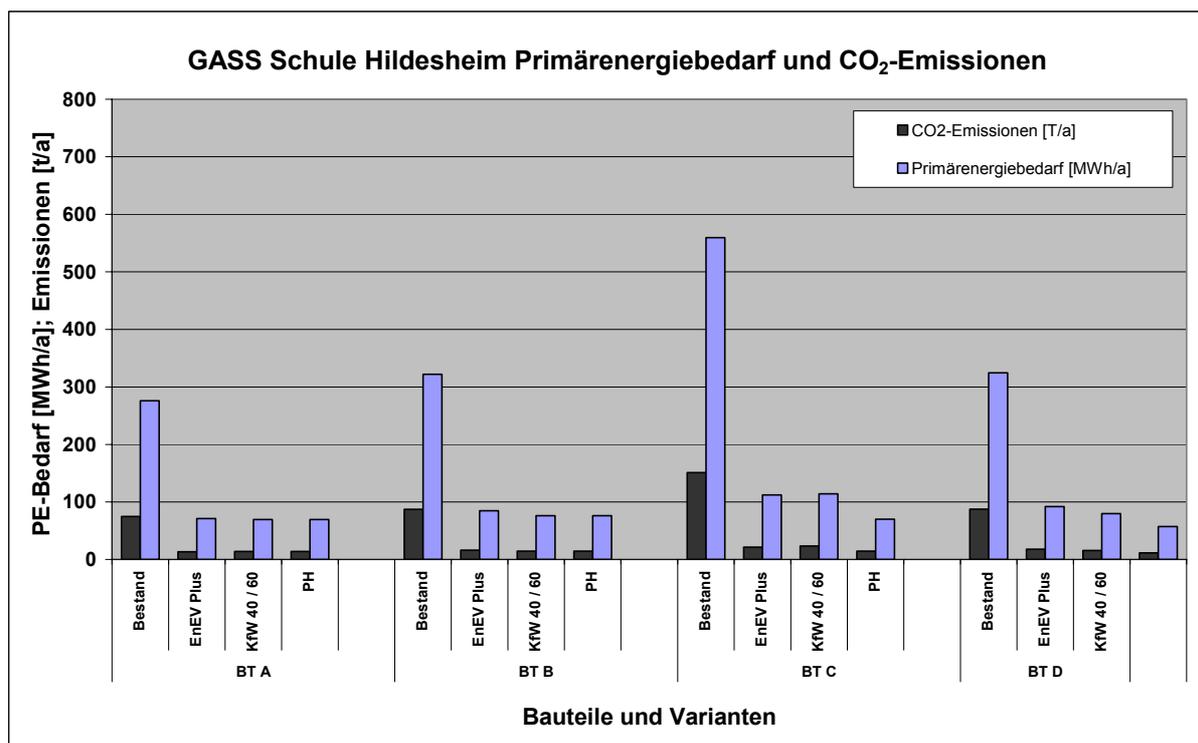


Bild 309 Jährliches Einsparpotential CO₂-Emissionen und Primärenergiebedarf

Durch die Umstellung des Brennstoffes auf Holzhackschnitzel kann trotz des Anteils des konventionellen Spitzenlastkessels eine CO₂- Reduktion in der Größenordnung von min. 330 t/a erreicht werden. Diese vergleichsweise hohe Einsparung resultiert aus der Umstellung der Heizwärmeerzeugung über die Holzhackschnitzel.

8.3.7 Zusammenfassung Technik

Energetisches Potential:

Der Heizenergiebedarf der Bestandsschule mit rd. 1.145 MWh/a führt bei Weiterbetrieb ohne Verbesserung des Wärmeschutzes der Gebäudehülle sowie der Wärmeerzeugung zu einer deutlichen Erhöhung der Betriebskosten. Für einen zukunftsfähigen Betrieb ist eine energetische Sanierung des Bestandes erforderlich.

Die Wärmeerzeugung des Bischöflichen Gymnasiums Josephinum ist mit dem vorhandenen Ölkessel aus dem Baujahr 1989 abgängig und muss kurzfristig ersetzt werden. Um hohe energetische Standards zu ermöglichen, sieht das Energiekonzept die primärenergetisch günstige Wärmebereitstellung über eine Heizzentrale mit Holzhackschnitzelkessel und Gas-Kessel-Anlage im Nahwärmeverbund vor. Zu diesem Energieverbund zählen 12 Gebäude mit einer Nutzfläche (NGF) von ca. 22.000 m². Diese Art der Wärmeversorgung hat sich in einer Studie des IGS vom 07.11.2008 als wirtschaftlich, energetisch und ökologisch sinnvollste Variante erwiesen und wird daher im Rahmen dieser Untersuchung als Variante weiterverfolgt.

Das Einsparpotential des Endenergiebedarfs Wärme aller Gebäudeteile liegt aufgrund des altersbedingten Zustands der Schule im Vergleich zum Bestand gegenüber Variante 1 EnEV plus bei 56 % und gegenüber Variante 2 KfW 40 / 60 Standard bei 65 %. Über den Passivhausstandard sind Einsparungen von 83 % möglich.

Das Einsparpotential ist aufgrund der höheren Wärmeverluste des Festbrennstoff-Heizkessels in Bezug auf Endenergie gegenüber schnell regelbaren Gas- oder Öl-Brennwert-Heizkesseln reduziert. Für die Energiebilanz ist die Holzfeuerung allerdings von primärenergetischer Seite notwendig, um einen KfW 40 / 60 Standard bzw. Passivhausstandard zu erzielen.

Für das Bauteil C West ergibt sich mit Reduzierungen des Endenergiebedarfs Wärme von 64 % (Var. 1), 72 % (Var. 2) und 86 % (Var. 3) das höchste Einsparpotential im Vergleich. Neben einer großteils unsanierten Gebäudehülle mit den typischen Wärmedurchgangskoeffizienten der 60er Jahre, hat das Gebäudeteil weitere günstige Rahmenbedingungen. Dazu zählen die relativ kompakte Form mit einem A/V-Verhältnis von 0,32 und die Möglichkeit, den Kriechkellerbereich zu dämmen.

Die übrigen Bauteile haben aufgrund baulicher Einschränkungen besonders für die EnEV plus-Variante hohes Einsparpotential.

Wirtschaftliche Bewertung:

Während bei Realisierung des EnEV plus-Standards die Lüftung über die Fenster erfolgt, ist für die weitergehenden Standards der Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung in den Unterrichtsräumen zur Reduzierung der Lüftungswärmeverluste erforderlich. Dieser zusätzliche bauliche und technische Aufwand sowie die höhere Qualität der Gebäudehülle steigern die Investitionskosten gegenüber Variante 1.

Bei einer Energiepreissteigerung von 5 % und einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren stellt der EnEV plus-Standard aufgrund des günstigen Kosten/Nutzen-Verhältnisses die wirtschaftlichste Sanierungsvariante dar. Die Sanierungsvarianten KfW 40 / 60 Standard und Passivhausstandard haben durch die zusätzlichen Investitionskosten über 20 Jahre höhere kumulierte Jahresgesamtkosten. Bei einer angenommenen Energiepreissteigerung von 10 % gleichen sich der EnEV plus-Standard und der Passivhausstandard aus wirtschaftlicher Sicht nahezu an. Durch die niedrigen Betriebskosten des Passivhausstandards werden die höheren Kapitalkosten bei höherer Qualität der Maßnahmen im Vergleich zum EnEV plus-Standard annähernd ausgeglichen.

Fazit:

Mit der Realisierung des Passivhausstandards ist die deutlichste Reduzierung des Energieverbrauchs und der Betriebskosten möglich. Über die Einsparung von Brennstoff zur Wärmeversorgung in Kombination mit der Holzfeuerung ist eine starke Absenkung des Primärenergieverbrauchs gegeben.

Darüber hinaus gewährleistet die kontrollierte Lüftung eine ausreichend gute Raumluftqualität. Dies ist in der Hildesheimer Schule selbst bei regelmäßigem Lüftungsverhalten bei kalten Außentemperaturen nicht ohne Einschränkung des Nutzerkomforts umsetzbar.

Unter Berücksichtigung des energetischen Einsparpotentials und der Verbesserung der Lernbedingungen wird daher die Sanierung des Bauteils C im Passivhausstandard empfohlen. Eine Senkung des Endenergiebedarfs Wärme um 86 % ist möglich, was einer Reduzierung der CO₂-Emission um 136 t/a entspricht.

Zum Vergleich ist im Folgenden die wirtschaftliche Bewertung mit den jährlichen Betriebs-, Kapital- und Investitionskosten über 20 Jahre Laufzeit (Bild 310) nur für das Bauteil C Ost dargestellt. Nimmt man eine Energiepreissteigerung von 10 % an, werden beim Passivhausstandard die höheren Kapitalkosten durch die niedrigen Betriebskosten im Verlauf von 20 Jahren im Vergleich zur EnEV-Variante kompensiert. Es ergibt sich somit im Passivhausstandard die wirtschaftlichste Variante.

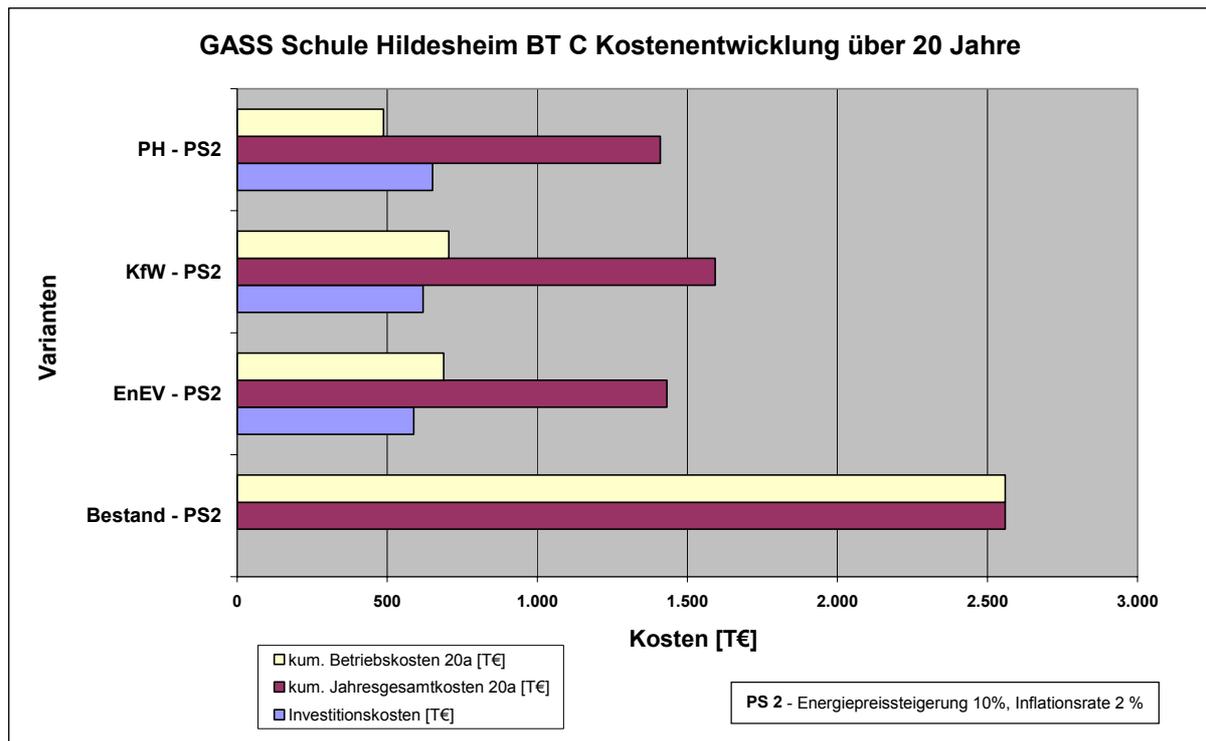


Bild 310 Vergleich kum. Betriebs-, Kapital- und Investitionskosten mit Energiepreissteigerung 10%
BT C

Die Maßnahmen zur thermischen Verbesserung der Gebäudehülle der Bauteile A, B und D sind aufgrund der baulichen Gegebenheiten zwar eingeschränkt. Bei relativ günstigem A/V_e -Verhältnissen ist das energetische Sanierungspotential mit über 60 % aber groß, so dass insbesondere für den EnEV Plus-Standard wirtschaftlich günstige Verbesserungen der Gebäudehülle zur Reduzierung des Wärmebedarfs empfohlen werden können. Auch für diese Bauteile ist aufgrund der schlechten Luftqualität der Einbau von Lüftungsgeräten empfohlen.

9 Abschlussbewertung Hildesheim

9.1 Bestandsanalyse Hildesheim

Pädagogik

- Gestaltung der Klassenräume
 - Konzeption raumsparender Lösungen für die Möblierung, insbesondere zur Unterbringung von Materialien
 - Mindestausstattung der Räume sollte ein Waschbecken, geeignete Projektionsflächen sowie ästhetisch ansprechende Präsentationsflächen für Schülerarbeiten beinhalten
 - Einheitliches Farbkonzept mit Möglichkeit der reversiblen Ausgestaltung
- Flurbereiche könnten durch Einrichtung von Nischen mit altersgerechter Möblierung zur räumlichen Erweiterung der Lernumgebung nutzbar gemacht werden.
- Optimierung einzelner Sonderräume: Konzeption zur räumlichen Gliederung und Gestaltung des Silentiumsraums (Raum 102), Verbesserung der Belüftung des Schülerwarteraums
- Architektonische Unterstützung von Separierungsmöglichkeiten unterschiedlicher Jahrgänge im Freizeitbereich
- Aufwertung der Pausenhöfe: Einrichtung überdachter, windgeschützter Bereiche und Sitzgelegenheiten auf Leunis- und Neuntklässlerhof, Lösungen für die Parkplatzsituation auf dem Domhof, Neukonzeption für den Tischtennishof
- Ergänzung der Bewegungsanreize und -möglichkeiten auf dem Außengelände
- Sanierung der sanitären Anlagen
- Verlegung des Lehrerzimmers in die derzeitigen Kunsträume und Einrichtung von Lehrerarbeitsplätzen

Architektur

Das Gymnasium stellt trotz der unterschiedlichen Bauteile eine geschlossene, homogene Einheit dar. Hierzu tragen die ringförmige Anlage, die kompakte Anordnung der Gebäudekörper und die gestalterische Stringenz zwischen rekonstruierten und neuen Bauteilen bei.

- Die Raumtypologien, die Raumgrößen, die Lichtsituationen und Raumarten sind homogen. Die deutlichen Übergänge von dienenden Fluren und bedienten Klassen entsprechen dem „klassischen“ gymnasialen Schultypus.
- Die Klassenräume, die Sporthalle sowie die Toilettenanlagen sind in Ausstattung und baulichen Zustand sanierungsbedürftig. Die Klassenräume sind zu klein und schlecht proportioniert, es fehlenden Gruppen- oder Arbeitsräume.
- Die Flure verspringen in der Höhe und sind somit zwar spannungsvoll, aber unpraktisch und nicht behindertengerecht. Sie bieten kaum Aufenthaltsmöglichkeiten. Die Zugangssituation ist räumlich unbefriedigend und dunkel. Der Eingang wird wegen des Barockportals daneben leicht übersehen.
- Große Flächen in Dachgeschoß werden lediglich als Abstellflächen genutzt. Eine Aktivierung des Dachstuhls bietet trotz denkmalpflegerischer Bedenken großes Potential.
- Die Einbindung der Außenräume als integraler Bestandteil des Schulensembles ist gestalterisch und funktional nicht gelöst. Die Höfe reichen nicht als Außenflächen aus. Die Vielfalt der Pausenhöfe ist positiv zu bewerten.
- Ein hohes Identifikationspotential durch die zentrale Einbindung in die Stadt, die Anbindung an den Dom, die historischen Attribute wie das Barockportal prägen die Schule. Die Fassade zum Domplatz ist von gestalterischer Qualität, die zu erhalten ist. Umso mehr fällt der Fachklassentrakt am Hückedahl dagegen ab. Die Sanierung dieses Gebäudeteils sollte der Schule hier ein neues Gesicht zur Stadt zu geben.

Gebäudehülle

Die vier Gebäudeteile sind in ihrer baulichen Ausführung mit historischem Bestand bis Stahlbetonskelettbauweise sehr unterschiedlich ausgebildet. In allen Bauteilen sind in den letzten Jahren kleinere Sanierungsmaßnahmen (Fenster, WDVS) durchgeführt worden. Der überwiegende Teil ist aber unsaniert und entspricht bauphysikalisch nicht mehr dem Stand der Technik.

- Hohe Wärmeverluste über Außenwände, Dach, Decken und besonders über veraltete Fenster, die zu etwa 40% aus der Bauzeit stammen (Isolier- und Einscheibenverglasung), tragen zu hohen Betriebskosten bei.
- Zur Verbesserung der Energieeffizienz und des Raumkomforts wird eine energetische Sanierung empfohlen.

- In den Klassenräumen der Bauteile A und B sind nur innenliegende Textilbehänge installiert. An der Ostfassade des Bauteils C ist ein außenliegender noch weitgehend funktionstüchtiger Sonnenschutz vorhanden.

Gebäudetechnik

- Wärmeerzeugung erfolgt über zwei Ölkessel mit dem Baujahr 1989. Nach 20 Betriebsjahren sollten die Kessel und die Steuerung der Wärmeversorgung mittelfristig ersetzt werden.
- Ersatz des fossilen Energieträgers Heizöl durch einen regenerativen Energieträger ist anzustreben.
- Anpassung der Leistung für die Wärmeerzeugung nach energetischer Sanierung der Gebäudehülle
- Empfehlung zum Austausch aller veralteten Thermostatventile, zur Überprüfung der vorhandenen Heizkörper bei veränderter Heizlast sowie zur hydraulischen Einregulierung der Heizleitungen.
- Qualität der Wärmedämmung der Heizverteilung ist in Teilen zu verbessern
- Die in diesem Projekt nicht weiter betrachtete Sporthalle (BT E) hat eine Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung aus dem Jahr 1969. Sie ist aufgrund ihres Alters nicht energieeffizient und damit kurzfristig zu ersetzen.

Raumklima

Raumluftqualität

- Die Luftqualität wird im Winter und im Übergang als deutlich eingeschränkt, der Sommer als befriedigend bewertet.
- Im Winter liegen 77 % der Stundenmittelwerte der CO₂- Konzentrationen in der Unterrichtszeit oberhalb des Richtwertes von 1.500 ppm. Es wird Maximalwert von 7.800 ppm erreicht.
- Mit höheren Außentemperaturen und entsprechenden Lüftungsverhalten, sind die Überschreitungen des CO₂- Richtwerts im Übergang mit 36% und im Sommer mit 5 % geringer.
- Begründungen für die sehr schlechte Luftqualität liegen im allgemein schlechteren Lüftungsverhalten, einem dem Alter entsprechenden höheren CO₂-Ausstoß pro Person sowie kleiner Unterrichtsraumvolumen.
- Der Quervergleich mit der Nutzerbefragung spiegelt die schlechte Luftqualität wieder. 53 % der Lehrer und 67 % der Schüler bewerten die Luftqualität als „häufig bis immer

schlecht und verbraucht“. Die Störung der Luftqualität wird von den Schülern weniger hoch bewertet als von den Lehrern.

Raumtemperatur

Sommer

- Die Anzahl an Überhitzungsstunden über 26°C in der Schulzeit liegt mit 6 % bzw. 5% in den drei untersuchten Räumen auf dem gleichen erhöhten Niveau.
- Unter Berücksichtigung der mäßigen Außentemperaturen im Sommer 2008 und des eingegrenzten Schulbetriebs von 8:00 bis 15:00 Uhr wird die thermische Behaglichkeit als eingeschränkt bewertet.
- Durch passive Sonnenschutzmaßnahmen wie außenliegenden Sonnenschutz im Ostraum und hohe Speichermasse im südlichen Gebäudeteil halten sich Anteile mit hohen Temperaturanteilen in Grenzen.
- Die Nutzer bewerten die sommerlichen Temperaturen im Allgemeinen kritischer als die Messdaten aussagen. 52% der Schüler und 42% Lehrer empfinden die sommerlichen Temperaturen im Klassenraum als „häufig bis immer zu hoch“. Dabei sehen die Schüler hohe Raumtemperaturen als weniger störend an als Lehrer.

Winter

- Auffallend sind die niedrigen Raumtemperaturen im Winter.
- Unter der Grenztemperatur für Behaglichkeit von 20°C liegen in der Unterrichtszeit bei 49% im Raum BT A West, 20% im Raum BT B Süd und 46 % im Raum BT C Ost..
- Erklärungen für den hohen Anteil an Temperaturen unter 20°C sind neben der allgemein schlechten Gebäudehülle, die Auskühlungen durch Fensterlüftung und Nachtabenkungen.
- Es lässt sich eine Abhängigkeit zwischen kühlen Raumtemperaturen und den solaren Einträge der verschiedenen Fassadenseiten nachweisen.
- Obwohl die Raumtemperaturen in der Messung häufig in einem unbehaglich kalten Bereich liegen, werden sie von den Lehren allgemein nur als gelegentlich zu kalt bewertet. Nur 16 % der Lehrer bewerten die Raumtemperaturen im Winter als „immer oder häufig zu kalt“.

- Die Bewertung der befragten Schüler im Alter von etwa 14 Jahren entspricht dagegen eher dem hohen Anteil an kühlen Raumtemperaturen. Dieses wird aber im Vergleich zu den Lehrern als weniger störend empfunden.

Raumlufffeuchte

- Die hygrische Behaglichkeit kann für die Hildesheimer Schule kaum eingeschränkt.
- Die relative Raumlufffeuchte wird von den Lehrern und den Schülern in der Nutzerbefragung im Sommer und Winter als nur selten bis gelegentlich zu feucht bzw. zu trocken bewertet.

Tageslicht

- Der Raum im BT D Nord hat die besten Tageslichtquotienten. Auch der Westraum BT A und der Ostraum BT C liegen noch im guten Bereich. I
- Im Ostraum BT C verschatten die hoch gefahrenen Sonnenschutzlamellen die Oberlichter mindestens bis zur halben Höhe was trotz hohem Fensterflächenanteil von 75 % die Tageslichtverhältnisse entsprechend verschlechtert.
- Der Südraum BT B hat noch akzeptable Tageslichtverhältnisse, was durch den geringen Fensterflächenanteil der historischen Fassade von 34 % begründet ist.
- Ansatzpunkte zur Verbesserung der Tageslichtsituation
 - Bauteils C: Integration des geschlossenen Lamellenbehangs bei höchstmöglicher verschattungsfreier Sturzhöhe.
 - Für das Bauteil B: Einsatz einer Lichtlenkung, z.B. über innenliegenden geteilten Lamellenbehang, zur Erhöhung der Tageslichtautonomie und zur Vermeidung von Überhitzungen

Kunstlicht

- Im Mittel sind in den Unterrichtsräumen des Gymnasiums spezifische Leistungen weit oberhalb der empfohlenen Richtwerte installiert, obwohl zur Erhöhung der Effizienz bereits hochreflektierende Spiegelrasterleuchten verbaut sind. Eine Reduzierung der Beleuchtungsleistung um bis zu 55 % ist möglich.
- In der Verwaltung der Schule kann die Beleuchtungsleistung um maximal 66 % abgesenkt.

- Im Flurbereich der Schule entsprechen die installierten Leistungen zwar dem Zielwert, es wird zur Effizienzsteigerung aber der Einbau hochreflektierender Spiegelrasterleuchten empfohlen.
- Keine der Beleuchtungsanlagen in der Schule hat eine bedarfsgerechte Beleuchtungssteuerung oder elektronische Vorschaltgeräte. Im Rahmen einer Gesamtsanierung wird die Berücksichtigung dieser Komponenten zur Erhöhung der Effizienz empfohlen. Eine Reduzierung des Stromverbrauchs für Beleuchtung um bis zu 45 % wird dadurch möglich.

Akustik

- Das Hauptgebäude ist geringfügig unmittelbar Straßenverkehrslärm (vom Hückedahl) ausgesetzt, es verursachen aber Krankenwagen mit eingeschaltetem Martinshorn Störungen des Unterrichtsbetriebes. Bei der bevorstehenden Erneuerung der betroffenen Fassade sollte auch auf das Erreichen hinreichender Schalldämmung besonderer Wert gelegt werden.
- Technische Gebäudeausrüstungen wie „Pausenklingel“ aber auch elektroakustische Anlagen bei Versammlungsbereichen sind nicht auf modernem Stand der Technik und dürften die akustische Behaglichkeit im Schulgebäude negativ beeinflussen.
- Bei der Einstufung der besonders wichtigen Nachhallzeitverhältnisse in den Unterrichtsräumen zeigten sich ca. 2/3 aller Unterrichtsräume als akustisch optimal ausgestattet. Fast ausschließlich sind bereits relativ hochwertige abgehängte Akustikdecken vorhanden.
- Das restliche Drittel der Unterrichtsräume erreicht die Stufe „Verbesserung empfehlenswert“, wobei ausschließlich relativ unaufwändige Maßnahmen wie zusätzliche Wandabsorber oder absorbierende „Pinboards“ Problemlösungen darstellen.
- Lediglich Werkräume im UG sowie ein spezieller „Andachtsraum“ im 2. OG sind als „sanierungsbedürftig“ eingestuft, bei denen ganzflächig Akustikdecken eingebaut werden sollten.
- Relativ negativ fällt die Beurteilung des Istzustandes der Akustik in Fluren und Treppenhäusern aus. Nur ein kleiner Bereich von weniger als 10% der Flurfläche erreicht die Einstufung als akustisch optimal, ca. 30 % zeigt sich als sanierungsbedürftig während bei 60 % eine Sanierung vordringlich empfohlen wird.

9.2 Sanierungskonzept Hildesheim

Im Folgenden wird das Sanierungskonzept für Hildesheim erläutert.

Architektur

Insgesamt ist die Anlage von relativ hoher architektonischer Qualität, sodass bei allen Sanierungsmaßnahmen der Erhalt und die Weiterentwicklung der architektonischen Qualität eine wichtige Vorgabe ist:

1. Entwicklung eines langfristigen gestalterischen Gesamtkonzeptes für innenräumliche Maßnahmen, Um- und Ausbauten sowie Möblierungen.
2. Verbesserung der Eingangssituation: Schaffung einer einladenden Raumsituation, Verbesserung der Belichtung und der Orientierung, zusammen mit
 - Verlegung und Bündelung der zentralen Verwaltung anstelle der Kunsträume,
 - Erweiterung und Umstrukturierung der Aula (hinterer Flurbereich, Abgang zum Untergeschoss),
 - Schaffung von qualitativ hochwertigen Aufenthaltsbereichen in den Fluren unter Berücksichtigung des Brandschutzes.
 - Umorganisation der Lagerräume der Aula.
3. Entwicklung eines Außenraumkonzeptes besonders mit
 - Lösungsansätzen für den Domhof als Schulhof, städtischer Platz und Parkplatz,
 - Einer Aufwertung des Tischtennishofes.
 - einen neuen Außenraum für die Mensa.
4. Sanierung der Sanitären Anlagen der Sporthalle und dem Zugangsbereich im Untergeschoss.
5. Verbesserung der räumlichen Situation einiger ungünstig proportionierter Klassenräume, die durch den tiefen, aber kurzen Zuschnitt der Räume schlecht belichtet sind und kaum bestuhlt werden können.
6. Entwicklung eines übergeordneten Farb- und Materialkonzeptes.
7. Entwicklung einer neuen Fassade am Klassentrakt Hückedahl

Energetische Sanierung

Es werden drei Sanierungsstandards betrachtet:

- Variante 1 - EnEV plus
- Variante 2 - KfW 40 / 60
- Variante 3 - Passivhausstandard (PH)

Gebäudehülle

Folgende Ausführungen der Fassaden werden vorgeschlagen:

Bauteil A West Wärmedämmverbundsystem (WDVS) / Innendämmung EG

Bauteil B Süd Innendämmung

Bauteile C Ost und D West Wärmedämmpaneelelemente

Auf Grundlage der Berechnung der energetischen Standards ergeben sich folgende beispielhafte U-Werte für die Bauteile:

	EnEV Plus	KfW 40 / 60	Passivhaus
U-Werte	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K
Dach	0,20	0,16	0,12
Außenwand	0,21	0,15	0,11
Kellerboden zu Kriechkeller	0,27	0,19	0,14
Kellerboden zu Erdreich			0,44
Fenster	1,40	1,20	0,70

Tabelle 39 U-Werte der Bauteile in Varianten

Die historischen Fassaden der Bauteile A und B können in Absprache mit dem Schulbetreiber nur mit einer Innendämmung versehen werden, was die höheren Standards der Varianten 2 und 3 erschwert.

Fenster: Austausch aller bestehenden Fenster mit Isolierverglasung:

- Varianten EnEV plus und KfW 40 / 60: Fenster mit Wärmeschutzverglasung bzw. Sonnenschutzverglasung (system und objektabhängig)
- Variante Passivhaus: Dreischeibenverglasung (0,7 W/m²K)
- Für Westfassade BT A und Südfassade BT B wird innenliegender Sonnen- und Blendschutz vorgeschlagen
- Für Ostfassade des Bauteils C wird variabler und außenliegender Sonnenschutzes mit Tageslichtlenkung vorgeschlagen

Gebäudetechnik

- Das Energiekonzept sieht eine Wärmebereitstellung über eine Heizzentrale mit Holzhackschnitzelkessel und Gas-Kessel-Anlage im Nahwärmeverbund vor.
- Das Konzept beruht auf Studie des IGS vom 07.11.2008. Zu dem geplanten Energieverbund zählen 12 Gebäuden mit einer Nutzfläche von ca. 22.000 m².

- Variante 1 Konditionierung mit statischen Heizflächen und einer Fensterlüftung
- Varianten 2 und 3 Konditionierung der Unterrichtsräume mit statischen Heizflächen und mechanischer Lüftung mit Wärmerückgewinnung
- Für alle Bauteile sind dezentrale Fassadenlüftungsgeräte gewählt worden.

Raumklima

- Verbesserung der Luftqualität und des thermischen Komforts in den Unterrichtsräumen durch Lüftungsanlagen
- Empfehlung eines außenliegenden Sonnenschutzes mit Tageslichtlenkung für Unterrichtsräume nach Süden, Osten und Westen für den Ganztagsbetrieb.
- Verbesserung der Lern- und Lehrfähigkeit der Lehrer und Schüler

Energetische Bewertung

- Einsparpotential Endenergiebedarf Wärme aller Gebäudeteile gegenüber Bestand:
 - EnEV plus 56 %
 - KfW 40 / 60 65 %
 - Passivhausstandard (PH) 83%
- Die Umsetzung eines Passivhausstandards ist für die Bauteile A West, B Süd und D Nord aufgrund des hohen Anteils an erdreichberührten Bauteile sowie der historischen Bestandsfassaden nicht möglich.
- Das historische Gebäude B Süd erreicht den KfW 40 / 60-Standard nicht.
- Für das Bauteil C West ergibt sich mit Reduzierungen des Endenergiebedarfs Wärme von 64 % (Var. 1), 72 % (Var. 2) und 86 % (Var. 3) das höchste Einsparpotential im Vergleich.
- Das Gebäudeteil hat mit der relativ kompakten Form und der Möglichkeit, die den Kriechkellerbereich zu dämmen, günstige Rahmenbedingungen.

Wirtschaftliche Bewertung

- EnEV plus-Standard bei Energiepreissteigerung von 5 % und Betrachtungszeitraum von 20 Jahren wirtschaftlichste Sanierungsvariante
- Es ergeben sich durch zusätzliche Investitionskosten höhere kumulierte Jahresgesamtkosten bei Sanierungsvarianten KfW 40 / 60 Standard und Passivhausstandard.

- Bei Energiepreissteigerung von 10 % werden die höheren Kapitalkosten des Passivhausstandards durch die niedrigen Betriebskosten im Vergleich zum EnEV plus-Standard annähernd ausgeglichen.

Fazit

- Bei Berücksichtigung der Faktoren Klimaschutz und Lerneffektivität ist für das Bauteil C der Passivhausstandard zu empfehlen.
- Sanierung der Bauteile A West , B Süd und C Ost wird im EnEV Plus-Standard mit mechanischer Lüftung empfohlen.

Akustik

- Bedarf an akustischer Sanierung besteht bei der Fassadendämmung gegen Verkehrslärm beim Hauptgebäude bezüglich der Schallemission vom Hückedahl (insbesondere Martinshörner bei Krankentransporten). Entsprechend sollte bei der vorgesehene Fassadenerneuerung die Auswahl der Konstruktion auf hohe Schalldämmung ($R \geq 50$ dB) im Frequenzbereich der Signale (400 – 600 Hz) optimiert werden.
- Die in allen Unterrichtsräumen bereits vorhandenen ganzflächigen Akustikdecken unterschiedlicher Konstruktion sind nicht unmittelbar akustisch sanierungsbedürftig und können größtenteils konstruktionsbedingt farblich durchaus entsprechenden Sanierungskonzepten angepasst werden. Sie sollten jedoch in ca. einem Drittel der Räume ergänzt werden durch Wandabsorber bzw. schallabsorbierende „Pinboards“, bei denen auf hohe Absorptionsgrade im tieffrequenten Bereich zu achten ist, da insbesondere hier Defizite festgestellt wurden (Empfehlung: z.B.. Ecophon Wandabsorber, in großer Vielfalt von Farben und Oberflächenstrukturen verfügbar).
- Werkräume im UG sowie der „Andachtsraum“ bedürfen der Nachrüstung mit vollflächigen Akustikdecken. Empfohlen werden z.B. vlieshinterlegte gelochte Gipskartonflächen, da sie beliebig farblich gestaltet werden können und in den Werkräumen gegen mechanische Schäden robust sind bzw. gegebenenfalls Schäden leicht behoben werden können.
- Entsprechend sollten alle bisher unverkleideten Decken in Fluren und Treppenhäusern mit Akustikdecken ausgestattet werden. Die in einigen Flurbereichen bereits vorhandenen Deckenverkleidungen weisen insbesondere im tieffrequenten Bereich nicht hinreichendes Absorptionsvermögen auf. Sie sollten ausgebaut, stärker mit Mineralwolle hinterlegt und tiefer abgehängt eingebaut

werden. In schmalen, hohen Fluren sollte zusätzlich ein Wandfries zwischen Decke und Oberkante der Türen zur hinreichenden Bedämpfung dieser Gebäudebereiche angebracht werden.

- Die technische Gebäudeausrüstung im akustischen Kommunikationsbereich ist dringend modernisierungsbedürftig, sowohl bezüglich der Beschallungsanlagen wie auch der „Pausenklingeln“ etc.

10 Bestandsanalyse Hamburg

10.1 Objektvorstellung Hamburg

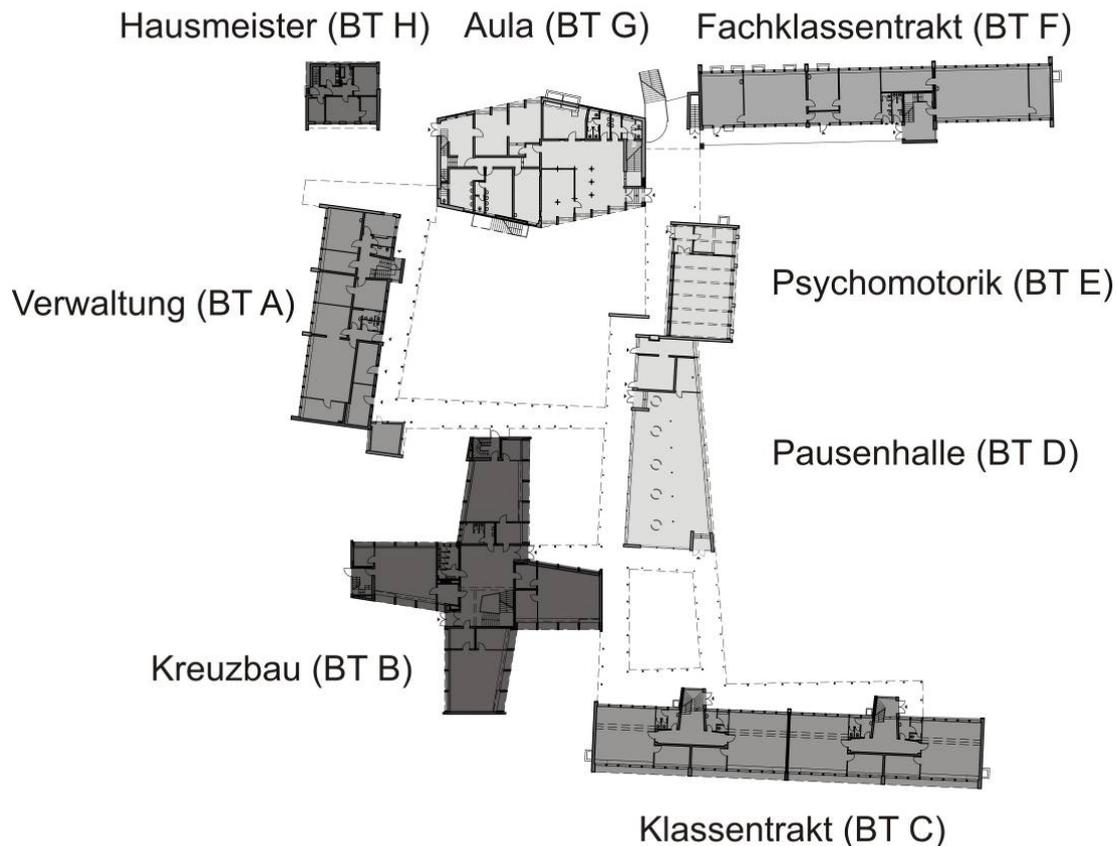


Bild 311 Grundriss EG, Grundschule Hamburg

10.1.1 Schulprofil Hamburg

Die Schule Hohe Landwehr liegt in einem Wohngebiet im Hamburger Stadtteil Hamm. Von den derzeit 302 Schülerinnen und Schülern sind 143 Mädchen und 159 Jungen. Etwas mehr als die Hälfte der Kinder (155) sind nichtdeutscher Muttersprache. Die meisten dieser Kinder stammen aus der Türkei, aus Afghanistan oder aus Griechenland. Ca. ein Drittel aller Schülerinnen und Schüler kommt aus Familien, in denen die Eltern Sozialhilfe oder Hartz IV empfangen oder über ein sehr niedriges Einkommen verfügen. Der Anteil Alleinerziehender bzw. getrennt lebender Elternteile ist in den letzten Jahren auf ca. 20-25% angestiegen.

Schüler/innen	302 Schülerinnen und Schüler im Alter von 6 bis 12 Jahren
Klassen	12 Klassen 2 Vorschulklassen
Jahrgänge	Jahrgänge 1 bis 4 dreizügig
Anzahl Mitarbeiter	22 Lehrerinnen und Lehrer, davon 14 Teilzeitkräfte 2 Anwärterinnen 2 Sozialpädagogin 2 nichtpädagogische Mitarbeiter
Nutzung der Räume	von 20 Unterrichtsräumen 14 als Klassenräume genutzt; fünf Räume fest belegt als Computerraum, Beratungsraum, Förderbandraum, Kunstraum und Raum für Griechischunterricht

Tabelle 40 Kennzahlen Hamburg Schuljahr 2008/09 ¹⁴¹

Für die Kinder der beiden Vorschulklassen sowie des ersten und zweiten Jahrgangs beginnt der Schultag täglich um 8.30 Uhr und endet um 13.00 Uhr. Die Schülerinnen und Schüler des dritten und vierten Jahrgangs besuchen von 8.00 Uhr bis 13.00 Uhr die Schule. Im laufenden Schuljahr ist eine volle Dreizügigkeit mit zwei Vorschulklassen erreicht.

Die bereits für das Schuljahr 2008/09 geplante Einführung der Ganztagschule hat sich in Folge der Hamburger Schulreform zunächst um mindestens zwei Jahre verzögert und wird Ende 2009 getroffen. Der Standort Hohe Landwehr wird aber mit Entscheidung vom September 2009 ab dem Schuljahr 2010/11 als Primarschule mit den Klassen eins bis sechs geführt werden. Durch Neubau bzw. Aufstockung am Standort sollen die räumlichen Kapazitäten so erhöht werden, dass in Zukunft sechs Klassen mehr (drei Klassen pro Jahrgang) unterrichtet werden können. Die aus der Schulreform resultierenden Anforderungen an die Sanierung konnten in dem vorliegenden Forschungsprojekt noch nicht berücksichtigt werden.

10.1.2 Architektur Hamburg

Beschreibung

Die Schule Hohe Landwehr wurde 1958 gegründet. Sie liegt in einem Wohngebiet, das ebenfalls überwiegend in den fünfziger und sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts entstanden ist. Die Bebauung besteht überwiegend aus geschlossener Blockrandbebauung, in Teilen auch aus Zeilenbebauung.

Beim Gebäudebestand der Schule handelt es sich um den einer ehemaligen Haupt- und Realschule. Der Gesamtkomplex der Schule besteht aus 8 Einzelgebäuden (A-H). Im Fachklassengebäude ist zusätzlich ein Hort untergebracht. Die Schule verfügt zz. über keine

¹⁴¹ Stand 15.12.2008

eigene Sporthalle, sondern nutzt die Halle des angrenzenden Sportvereins HT 16. Die acht Gebäude stammen aus den fünfziger und sechziger Jahren:

	Grunddaten
Baujahr	1958-1963
Fläche	5.200 m ² NGF gesamt
Konstruktion	Einzelgebäude (Trakte) überwiegend in Mischbauweise als Stahlbetonskelettbauten mit massiven Ausfachungen bzw. geschlossenen Mauerwerksscheiben an den Giebelseiten
	Bau- und Planungsphasen
	1958 Baubeginn mit Kreuzbau, Fertigstellung 1963 mit Fachklassentrakt
	Typologie
gesamt	Ensemble Zusammenspiel aus gestalterischer Klarheit und Feinheit sowie räumlicher Differenz. Hamburger Schultypenbauten des Wiederaufbaus ohne Denkmalschutz.

Tabelle 41 Architektonische Kennzahlen Hamburg

Die Aula, der Verwaltungs- und der Klassentrakt sowie der Kreuzbau sind Vertreter vielfach im Hamburger Schulbau errichteter Typenbauten. Der Kreuzbau aus dem Jahr 1958 ist einer der ersten dieses Bautyps. Auch die überdachten Gänge zwischen den Trakten sind typisch für die Hamburger Schulen aus dieser Bauzeit.

Außenraum: Die Grundschule verfügt über ein sehr großzügiges Außengelände mit naturbelassenen Anteilen. Die Lage ist ruhig, da direkt vor dem Schulgelände lediglich ein Fußgängerweg entlangführt und das Schulgelände gegenüber der südlich angrenzenden Hauptverkehrsstraße um mindestens zwei Meter erhöht ist. Zwischen Schulgelände und Hauptverkehrsstraße befindet sich ein schmaler Grünzug, der um einen weiteren Meter gegenüber der Umgebungsfläche erhöht ist, was zu einem weiteren erhöhten Schallschutz führt.

10.1.3 Gebäudetechnik Hamburg

Alle Gebäudeteile der Grundschule Hohe Landwehr werden mit Fernwärme versorgt. Die Wärme wird über statische Heizflächen bereitgestellt. Die Gebäude sind mit Ausnahme von temporär genutzten Lüftungsanlagen in der Aula und im Psychomotorikraum, natürlich belüftet.

Der bauliche und technische Zustand aller Bauteile ist sanierungsbedürftig. Die spezifischen Energiekennwerte liegen für Wärme bei 177,3 kWh/a m² NGF und Strom 7,3 kWh/a m² NGF. Der Verbrauchswert Wärme ist angesichts des EnEV-Vergleichswerts für Bestandsschulen von 155 kWh/a m² als erhöht zu bewerten. Der Verbrauchswert Strom dagegen liegt weit unter dem EnEV-Vergleichswert von 15,5 kWh/a m² NGF.

10.2 Pädagogik

An der Schule Hohe Landwehr haben Elemente wie die Freiarbeit und die Arbeit am Wochenplan einen festen Platz im Unterricht. Das prozentuale Verhältnis schülerzentrierter Unterrichtsformen zu eher lehrerzentrierten Formen kann aber nicht eindeutig bestimmt werden, da es in Abhängigkeit von den einzelnen Lehrkräften stark variiert. Eine Lehrerin schätzte das Verhältnis etwa 50 zu 50 ein. Im Rahmen der Sprachförderung finden an der Schule Hohe Landwehr Deutsch-Trainingsstunden statt, in denen Kinder in kleinen Gruppen unterrichtet werden. Im ersten Schuljahr werden alle Kinder anfangs individuell betreut. Einzelne Kinder, die Schwierigkeiten beim Lesen und Schreiben oder beim Lernen der deutschen Sprache haben, werden gezielt gefördert. Ab der ersten Klasse wird außerdem ein muttersprachlicher Griechischunterricht angeboten, welcher zusätzlich zur obligatorischen Studentafel ebenfalls in Kleingruppen erteilt wird.

Die erste Unterrichtsstunde beginnt an der Schule Hohe Landwehr, wie in zahlreichen Grundschulen, häufig mit dem Morgenkreis. Er dient u. a. zum Erzählen, zur Besprechung der Tagesstruktur und der Vermittlung erster Arbeitsinhalte. Während der Pausenzeiten halten sich die Kinder in der Regel auf dem Außengelände auf. Zu den beiden Klassentrakten, Achtklassentrakt und Kreuzbau, haben die Schülerinnen und Schüler während der Pausen keinen Zutritt. Offen stehen ihnen innerhalb des Schulgebäudes die Pausenhalle, die Schülerbücherei und die Räume „Aktive Pause“.

10.2.1 Auswertung I – Nutzerbefragung, teilnehmende Beobachtungen, Expertengespräch

An der Schule Hohe Landwehr haben sich 18 der 22 Lehrkräfte und insgesamt 61 Kinder, davon 33 Mädchen und 28 Jungen aus einer dritten und zwei vierten Klassen an den Nutzerbefragungen beteiligt. Am 16. und 17. Januar 2008 wurde die pädagogische Feldstudie durchgeführt. Die Hospitation hat am 16. Januar im Umfang von drei Schulstunden in einer dritten Klasse (Achtklassentrakt) stattgefunden. In den Pausen wurden die Beobachtungen fortgeführt, beschränkten sich dabei jedoch nicht auf die zuvor beobachtete Lerngruppe. Das Expertengespräch fand unter Teilnahme der Schulleiterin Frau Gecks, der Konrektorin Frau Kolthoff¹⁴² und einer weiteren Lehrerin ebenfalls am 16. Januar statt.

¹⁴² seit Sommer 2008 im Ruhestand

Die Raummaße der Klassenräume der Schule Hohe Landwehr sind mit 65-70 m² bei einer Frequenz von 22 bis 25 Kindern pro Lerngruppe ausreichend¹⁴³. Sechs der 18 befragten Lehrkräfte beurteilten ihren Klassenraum in Bezug auf die Zahl der Schülerinnen und Schüler sowie die bevorzugten Unterrichtsmethoden entsprechend als ausreichend geräumig. Sieben kamen jedoch zu dem Urteil, dass ihr Klassenraum eher eng (Achtklassentrakt und Kreuzbau) sei, zwei beurteilten ihn sogar als sehr eng (Kreuzbau). Als sehr geräumig wurde lediglich das Klassenzimmer im Kinderhort (ca. 78 m²) eingeschätzt. Alle Klassenräume haben Zutritt zu einem Gruppenraum, der mit 10 bis 15 m² allerdings nicht besonders geräumig ist. Für den Förderunterricht steht u.a. der „Teilungsraum“ im Achtklassentrakt zur Verfügung. Er wird zudem von den im Ostteil des Traktes angesiedelten Klassen während der Unterrichtszeit für die Kleingruppenarbeit genutzt. Obwohl der Raum mit knapp 70 m² eher geräumig ist, ist er, laut Aussagen der Lehrkräfte, für das zeitgleiche Arbeiten verschiedener Lerngruppen ungeeignet, da es in Ermangelung visueller und akustischer Abgrenzung zu gegenseitigen Störungen kommt.

An der Schule Hohe Landwehr sind bereits einige Elemente geöffneter Unterrichtsformen, wie eine veränderte Sitzordnung und Raumstruktur, in den Klassenräumen sichtbar. Es konnte beobachtet werden, dass die Kinder häufig an Gruppentischen statt in frontaler Ausrichtung zur Tafel sitzen. In den meisten Klassenzimmern sind Arbeitsecken, Funktionsbereiche und Materialauslagen in geringem Umfang bereits eingerichtet. Zumeist gibt es ein bis zwei fest eingerichtete Funktionsbereiche (i.d.R. eine Computerecke sowie eine Lese- bzw. Bücherecke). Zur Materialauslage werden bislang die Fensterbänke genutzt, andere Möglichkeiten sind kaum vorhanden. Gewünscht wird die Schaffung eines weiteren „Funktionsbereiches“. Am häufigsten wurde in diesem Zusammenhang ein Bereich für Mathematik oder Sachunterricht erwähnt. Eine wichtige Funktion im täglichen Ablauf hat der Stuhl- bzw. Sitzkreis. Als wichtiges Ritual beginnt die erste Unterrichtsstunde häufig mit dem Morgenkreis. Die Einrichtung des Sitzkreises wird dabei sehr unterschiedlich gehandhabt. Einige Lehrkräfte lassen den Platz in der Mitte frei und verzichten dafür auf einen weiteren Funktionsbereich, andere verschieben die Schülertische mehrmals täglich, um den benötigten Raum so zu schaffen.

¹⁴³ Die Musterraumprogramme für Grundschulen sehen in der Regel lediglich 2 m² pro Kind vor. Dreier et al. empfehlen 3 m² pro Schüler, was bei einer Klassenstärke von max. 25 Kindern eine Richtgröße von 70 m² ergibt (vgl. Dreier et al. 1999, S. 120).



Bild 312 Klassenraum mit Gruppentischen



Bild 313 Sitzkreis mit offenen Regalen im Hintergrund

Flure und Verkehrsflächen werden während der Arbeitsphasen von einzelnen Schülergruppen genutzt. Die Frequentierung der Flure während der Unterrichtszeit variiert jedoch. Im Kreuzbau wird das erste und zweite Stockwerk teilweise während des Unterrichts genutzt. Als problematisch wird geschildert, dass die Schülerinnen und Schüler auf den Fluren dem „Zugriff“ des Lehrers entzogen sind und sie dort durch Kinder anderer Lerngruppen gestört werden. Im Achtklassentrakt wird lediglich der Flur im ersten Stockwerk teilweise genutzt. In den Wintermonaten ist es, laut Aussagen von Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern, auf dem gesamten Flur und Treppenhausbereich kalt, zugig und dunkel.. Zusammenfassend kamen die Lehrkräfte im „Expertengespräch“ zu dem Ergebnis, dass keiner der Flure einen Aufforderungscharakter habe. Man lerne und arbeite dort einfach nicht gerne.



Bild 314 Flur Achtklassentrakt



Bild 315 Flur Kreuzbau



Bild 316 Flur Kreuzbau

Für den Ausbau zur Ganztagschule ist zumindest ein Raum für die Einnahme des Mittagessens in das Raumprogramm zu integrieren. Räume für die Zubereitung sind in dieser Schule nicht erforderlich, da die fertig zubereiteten Speisen angeliefert werden. Der Raum für die Einnahme des Mittagessens sollte so gestaltet sein, dass ca. 100 Kinder

gleichzeitig essen können, ohne dass ein zu hoher Lärmpegel entsteht. In den Gebäuden der Schule Hohe Landwehr fehlt es für den Ganztagsschulbetrieb vor allem an Möglichkeiten zum Zurückziehen und Ausruhen für die Kinder.

Die Anzahl sowie die dezentrale Lage der sanitären Anlagen, für jeweils zwei bis vier Klassen stehen jeweils eine Mädchen- und eine Jungentoilette zur Verfügung, sind prinzipiell sehr günstig. Alle Toiletten sind jedoch stark sanierungsbedürftig und nicht kindgerecht. Die Klospülungen sind sehr schwer gängig und viele Waschbecken zu hoch angebracht. Im Ganztagsbetrieb sollten die Kinder sich bei Bedarf auch säubern können, wofür zumindest ein Waschraum mit Dusche erforderlich wird.

Besonders positiv beurteilen sowohl Lehrkräfte als auch Schülerinnen und Schüler das abwechslungs- und anregungsreiche Außengelände der Schule Hohe Landwehr. Besonders gut umgesetzt bzw. in ausreichendem Maße vorhanden sind nach Aussagen der Lehrerinnen und Lehrer Plätze zum Rad, Kettcar oder Skateboard fahren (Verkehrsparcour), Verstecke und Orte zum Entdecken (naturbelassene Bereiche), Plätze für Ballspiele (Fußball, Basketball) sowie Rasenflächen zum Spielen. Am schlechtesten schneiden die Spielgeräte zum Klettern ab. Vier Lehrkräfte äußern den Wunsch nach ruhigen, überdachten Sitzcken für die Kinder, jeweils zweimal werden ein Kletterbaum bzw. eine Kletterwand, Plätze für Wasserspiele sowie eine Sandkiste gewünscht. Die Schülerinnen und Schüler nutzen die unterschiedlichen Bewegungsangebote des Außengeländes intensiv. Besonders beliebt bei den Kindern sind Laufen, Toben und Fußball spielen, dicht gefolgt von Klettern und Schaukeln, aber auch die naturbelassenen Bereiche werden sehr gut angenommen (Verstecken und Fangen spielen, sammeln, basteln, klettern). Fast alle Aktivitäten kann man nach Meinung der Kinder auf ihrem Schulhof gut oder sogar besonders gut ausführen.



Bild 317 Schulhof
Klettergerüsten

mit **Bild 318** Fußballplatz

Bild 319 Verkehrsparcours

Von den Lehrkräften der Schule Hohe Landwehr werden weder Sicherheit noch Orientierung als wirklich problematisch eingestuft. Das Schulgelände wirkt dennoch relativ unübersichtlich. Eine Neugestaltung des Eingangsbereiches oder zumindest Hinweise zur Orientierung könnten Abhilfe schaffen. Einige Lehrerinnen äußerten Bedenken bezüglich der Gewährleistung der Aufsichtspflicht auf dem verwinkelten Außengelände. Zu Vandalismus kommt es nach Aussagen der Lehrerinnen und Lehrer erwartungsgemäß eher an den Außenanlagen und am Gebäude als im Inneren. Grundsätzlich tritt Vandalismus eher selten auf. Lediglich vier Lehrkräfte meinen, es gibt Orte in ihrer Schule, an denen Müll besonders häufig entsteht. Eine Lehrkraft weist in diesem Zusammenhang auf die Pausenhalle hin.

Das Lehrerzimmer ist nicht sehr geräumig. Er dient als Aufenthaltsraum in den Pausen und zum Abhalten von Konferenzen. Für große Konferenzen ist es durch seine L-Form nicht besonders gut geeignet. Arbeitsplätze für die Lehrerinnen und Lehrer gibt es bislang keine. Für den Ganztagsbetrieb wird der Wunsch nach zumindest einigen Einzelarbeitsplätzen, Möglichkeiten zur Lagerung von Arbeitsmaterialien und die Einrichtung eines größeren Konferenzraumes gefordert.

10.2.2 Auswertung II – Schülerprojekt

Das Schülerprojekt wurde am 17.01.08 mit der im Achtklassentrakt angesiedelten Klasse 4b durchgeführt. Von den 20 Schülerinnen und Schülern der Lerngruppe liegen insgesamt knapp 84 digitale Fotografien vor, von denen 41 ausgewählt und kommentiert wurden. Eine Auswertung dieser Fotografien mit den dazugehörigen Bildunterschriften gibt Anhaltspunkte, welche Orte innerhalb des Gebäudes für die Kinder wichtig sind und welche räumlichen Aspekte von ihnen als angenehm bzw. unangenehm bewertet werden. Fotografiert wurden, wie in den anderen Projektschulen, weniger klassische Lernorte wie Klassen- oder Fachräume, sondern hauptsächlich Orte zum Zurückziehen, Ausruhen, Spielen und Bewegen sowie Flure, Verkehrsflächen und Schülertoiletten. Bild 320 und Bild 321 geben einen Überblick über die Verteilung der bei den Kindern beliebtesten (grün) bzw. unbeliebtesten (rot) Orte innerhalb des Schulgebäudes.

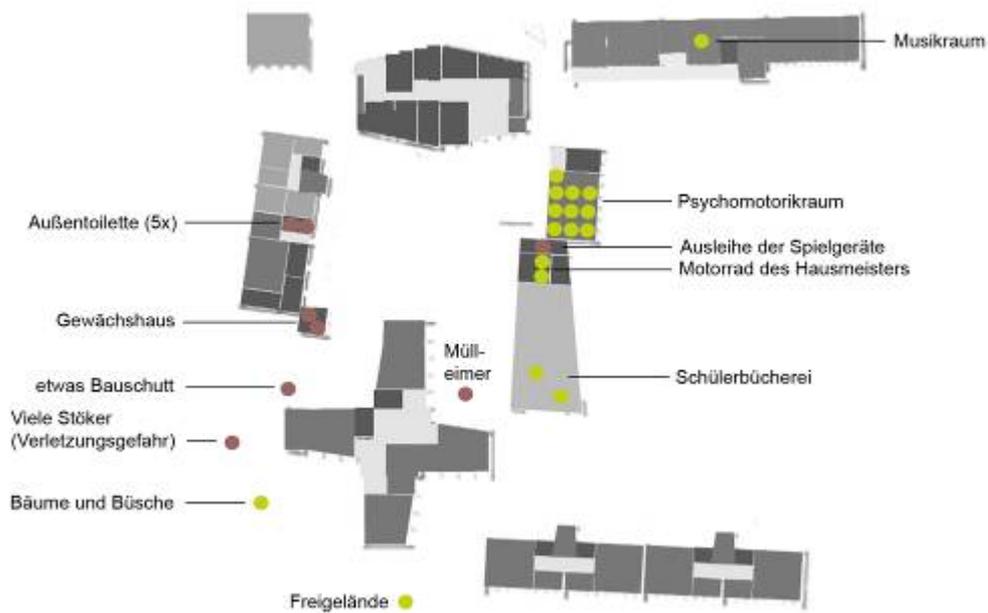


Bild 320 Verteilung „positiver“ und „negativer“ Orte , Hamburg, EG



Bild 321 Verteilung „positiver“ und „negativer“ Orte , Hamburg, 1. OG

Aus den Grafiken wird ersichtlich, dass es sowohl bei den positiv als auch bei den negativ erlebten Orten zu einer Fokussierung gekommen ist. Die Hamburger Schülerinnen und Schüler fotografierten am häufigsten den Psychomotorikraum (positiv) und die Schülertoiletten (negativ), wobei einschränkend bemerkt werden muss, dass es sich bei letzteren nicht immer um exakt denselben Ort handelt. Während das Ergebnis bezüglich der

Toiletten aufgrund der Nutzerbefragungen erwartungsgemäß ausgefallen ist, war die Fixierung auf den Psychomotorikraum zunächst überraschend, da die Kinder dieser Lerngruppe in diesem erst vor kurzer Zeit eingerichteten Raum bisher weder Kurse hatten, noch den Raum anderweitig nutzen durften. Da alle Schülerinnen und Schüler der Schule Hohe Landwehr vor Unterrichtsbeginn und in den Pausen zu den meisten Innenräumen – mit Ausnahme der Schülerbücherei und des Raumes für die Ausleihe der Spielgeräte – keinen freien Zugang haben, war es für die Kinder an diesem Tag ungemein spannend alle innen liegenden Räume erkunden zu dürfen. Von allen verschlossenen Räumen erweckte der Psychomotorikraum offensichtlich besonderes Interesse. Er wurde von insgesamt elf Kindern zum Lieblingsort ernannt und teilweise recht ausführlich kommentiert.

Insgesamt fünf Kinder haben das Klettergerüst im Psychomotorikraum fotografiert. In dem Bildausschnitt (Bild 322) ist vereint, was dem Kind, welches das Foto gemacht hat, in dem Raum nach eigener Aussage am besten gefällt: das Klettergerüst, die Bälle und Spielsachen sowie die Trampoline (im Bild angeschnitten). Es fällt zunächst einmal auf, dass dieser Raum gänzlich anders ist als alle anderen Schulräume. Die anregungsreiche Umgebung mit ihren zahlreichen Spiel-, Kletter- und Turngeräten lädt regelrecht zum selbstständigen Erkunden ein. Der Junge begründet seine Vorliebe für den Raum wie viele seiner Mitschülerinnen und Mitschüler auch damit, dass man dort toben kann (und darf). Im Fokus seines Interesses stehen klar die Nutzungsmöglichkeiten und weniger die Gestaltung des Raumes. Bezüglich der räumlichen Gestaltung äußern sich dieser und die anderen Schüler lediglich darüber, welche Einrichtungselemente ihnen am besten gefallen und dass der Raum „so groß ist“. Die offensichtlich wohl durchdachte Material- und Farbgestaltung (unterschiedliche Materialien wie Holz, Ziegel, Steine, die mit hellen Tüchern abgehängte, hohe Decke, etc.) bleiben von den Kindern gänzlich unerwähnt. Hier stellt sich die Frage, ob die Schülerinnen und Schüler für die architektonische Gestaltung des Raumes aufgrund der vielfältigen Raumeindrücke einfach „kein Auge haben“ oder ob sie ihnen am Ende gar nicht so wichtig ist. Folgt man den Ausführungen Rittelmeyers¹⁴⁴, ist es wahrscheinlich, dass diese räumlichen Komponenten eher unbewusst auf den Organismus wirken und es gerade Kindern im Grundschulalter noch schwer fällt, ihre Eindrücke zu äußern. Allerdings wurden die Schülerinnen und Schüler durch die Aufgabenstellung auch nicht explizit dazu aufgefordert.

¹⁴⁴ Vgl. Rittelmeyer 2007, 9

Beispiele für „positive“ Orte**Bild 322** Psychomotorikraum

„Der Psychomotorig gäffelt mir warum das viele klettergeruste und Bälle und Spielsachen und Trampoline und da kann man viel toben“. (Georgies)

**Bild 323** Schülerbücherei

„Ich finde diesen Raum gut weil ich liebe Bücher und lese gerne. Es ist auch schön warm und die Bücher sind schön bund un es ist schön sauber.“ (Mandy)

Auf der Fotografie der Schülerbücherei (Bild 323) ist nur ein Bücherregal mit vielen Büchern in der Mitte in Großaufnahme zu sehen. Passend zur Wahl des Bildausschnittes begründet die Schülerin ihre Vorliebe für den Raum zuerst damit, dass sie Bücher liebt und gerne liest. Die zusätzlich aufgeführten Bewertungskriterien „schön warm“, „schön bunt“ und „schön sauber“ tauchen auch in den Bildunterschriften einiger ihrer Mitschüler auf. Diese Kriterien sind für das Wohlbefinden zweifelsohne von grundsätzlicher Bedeutung. Ein anderes Kind fotografierte am Bücherregal vorbei in denselben Raum und kommentierte sein Foto mit den Worten „Ich mag die Bücherei am liebsten weil wenn es draussen kalt ist gehe ich in die Bücherei und weil ich Bücher liebe und weil es da so ruig ist.“ Bücher sind auf dem Foto nur am äußersten Bildrand noch zu erkennen, zentrales Motiv ist eine geräumige Sitzecke mit Stühlen und Tischen. Gleicht man das Bildmotiv mit dem Kommentar ab, lässt das den Schluss zu, dass für dieses Kind die Funktion des Raumes zweitrangig und er vor allem als Aufenthaltsort in den kalten Monaten von Bedeutung ist. Die Kriterien „bunt“ bzw. „farbig“ und „ruhig“ wurden auch im Zusammenhang mit der Wolfsburger Schülerbücherei von den Kindern genannt.

Konträr zur Wahrnehmung der Schülerbücherei wird die Sitzecke im ersten Stock des Achtklassentraktes beschrieben (s. Bild 324) Hier ist es laut mündlicher Aussage eines Schülers laut, eng und kalt. Dieses Urteil korreliert mit den bereits erwähnten Ausführungen der Lehrkräfte, die den Flur ebenfalls als unbehaglich empfinden und ihm unzureichende akustische Eigenschaften zuschreiben. Zusätzlich wird die Ecke in Ermangelung alternativer Abstellorte von den Kindern als Parkmöglichkeit für Kickboards, Ranzen und Rucksäcke verwendet. Die abgebildete Ecke im Flur wird zwar nach Aussage der Klassenlehrerin hin

und wieder auch während der Unterrichtszeit genutzt, die Erfahrungen des Schülers scheinen sich aber auf die Pausensituationen zu beziehen. Da der Flurbereich in den großen Pausen verschlossen ist, kann er zudem nur während der fünfminütigen Pausen und direkt vor Unterrichtsbeginn von dem Schüler genutzt werden. Zu dieser Zeit befinden sich i.d.R. zwei Klassen gleichzeitig auf dem Flur des ersten Obergeschosses. Bis auf die Schülerbücherei gibt es vor allem in der kalten Jahreszeit kaum Rückzugsmöglichkeiten, an denen es ruhig und gleichzeitig behaglich ist. Der Wunsch nach Ruhe und Privatheit wird in dieser und anderen Schülerfotografien und Kommentaren evident.

Beispiele für „negative“ Orte



Bild 324 Flur Achtklassentrakt

„Diese Ecke ist sehr schlecht, weil die Kinder sehr viel schreien und weil da nicht so viel Platz ist und weil es kalt ist.“ (Anestis, Mitschrift nach mündl. Aussage)



Bild 325 Mädchentoilette Achtklassentrakt

Mir gefallen die Toiletten überhaupt nicht weil es stinkt und niemand runterspült (Chadia)

An den insgesamt 14 mal fotografierten und kommentierten Schülertoiletten (vgl. Bild 325) stört die meisten Schülerinnen und Schüler, dass es dort „stinkt“, „dreckig ist“, die Toiletten häufig verstopft sind und/oder die Spülung nicht funktioniert. Etliche Kinder beschwerten sich in ihren Kommentaren darüber, dass Mitschülerinnen und Mitschüler nach dem Toilettengang nicht spülen. Auf dem abgebildeten Foto (Bild 325) ist gut zu sehen, wie ungünstig der Knopf für die Spülung in diesem Fall angebracht ist. Da dieser auch nur mit erheblichem Kraftaufwand zu betätigen ist, ist davon auszugehen, dass einige Kinder schlichtweg nicht im Stande sind die Spülung sachgerecht zu bedienen. Bei manchen Kindern geht die Abneigung gegenüber der sanitären Einrichtungen sogar so weit, dass sie diese nach Aussage einer Schülerin während des gesamten Vormittags gar nicht aufsuchen. Einige Jungen beklagen, dass die Toiletten nicht abschließbar sind. Deutlich ist auf der Schülerfotografie der insgesamt sehr heruntergekommene Zustand der Toilette zu erkennen und dies ist nur eine von vielen ähnlich anmutenden Schülertoiletten an der Schule Hohe Landwehr.

Zusammenfassend werden von den Schülerinnen und Schülern der Lerngruppe Orte als positiv beurteilt, die warm, bunt, ruhig und sauber sind, an denen man toben kann, ausreichend Platz vorhanden ist, man sich erholen oder mit seinen Freunden spielen kann. Den negativ erlebten Orten wurden Eigenschaften zugeschrieben wie kalt, laut, unaufgeräumt, dreckig und verfallen.

10.3 Gebäudeanalyse (Architektur)

Der Stadtteil Hamburg-Hamm war im zweiten Weltkrieg besonders stark zerstört worden. Dadurch stammt fast die gesamte Bebauung aus der Zeit des Wiederaufbaus der 1950er Jahre. Die Schule Hohe Landwehr ist eingebettet in ein Gebiet mit geschlossener Wohnbebauung. An die Schule grenzt östlich eine Turnhalle(Verein HT 16) an, südlich eine U-Bahn- und Bus-Station, westlich und nördlich geschlossene Wohnbebauung.

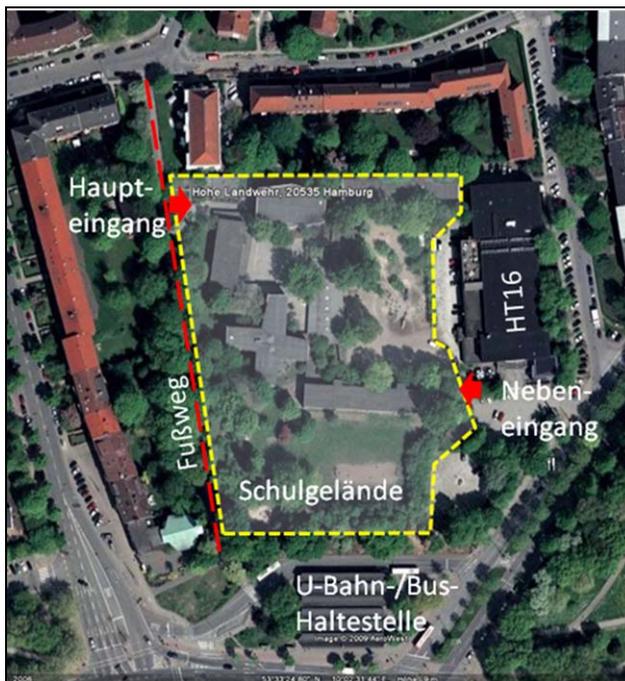


Bild 326 Luftbild Hamburg



Bild 327 Überdachungen Außenraum

Der Haupteingang der Schule ist westlich über eine in Nord-Süd-Richtung verlaufende Fußgängerachse und ein Nebeneingang über die östlich gelegene Parkplatzfläche der Turnhalle erreichbar.

10.3.1 Auswertung I – grafische Gebäudeanalyse

Es folgen auf den nächsten Seiten die Themenblätter der grafischen Analyse zu den Themenbereichen Erschließung, Gebäudeorganisation, Raumgruppen und Belichtungssituation. Das zweite Obergeschoss wurde nicht dargestellt, da dieses nur im Gebäude B (Kreuzbau) vertreten ist und in allen Fällen dem ersten Obergeschoss entspricht.

Erschließung

Überdachte Fußwege bilden das schulinterne Erschließungssystem (s. Bild 327). Die Überdachungen ermöglichen einen vollständigen Witterungsschutz beim Gang zwischen den Gebäudeteilen der Grundschule. Die Überdachungen sind sanierungsbedürftig. Wegen der zudem geringen lichten Höhe von rund 2,10 m sind diese Überdachungen für den Abbruch vorgesehen und sollen durch punktuelle Überdachungen ersetzt werden.

Die gebäudeinternen Erschließungen zeigen die unten folgenden beiden Abbildungen für das Erdgeschoss und das erste Obergeschoss. Aufgrund der unterschiedlichen Gebäudeorganisationen und –kubaturen weisen die Gebäudeteile verschiedenste Erschließungssysteme von einachsigen Fluren und sternförmigen Verteilen bis zu Laubengängen auf. Die Abbildungen in Bild 328 zeigen eine Differenzierung

- in Flure bzw. Laubengänge,
- in Kombizonen, mit Erschließungsfunktionen und weiteren Nutzungsfunktionen wie z.B. Garderobe,
- in vertikale Erschließungsbereiche (Treppenhäusern mit ein- und zweizügigen Treppenläufen).

Die Hälfte der Gebäude (Aula, Verwaltungstrakt, Pausenhalle und Klassentrakt) sind zz. nicht ebenerdig erreichbar. Im Zuge der Modernisierung werden alle Gebäude ebenerdig erreichbar sein.

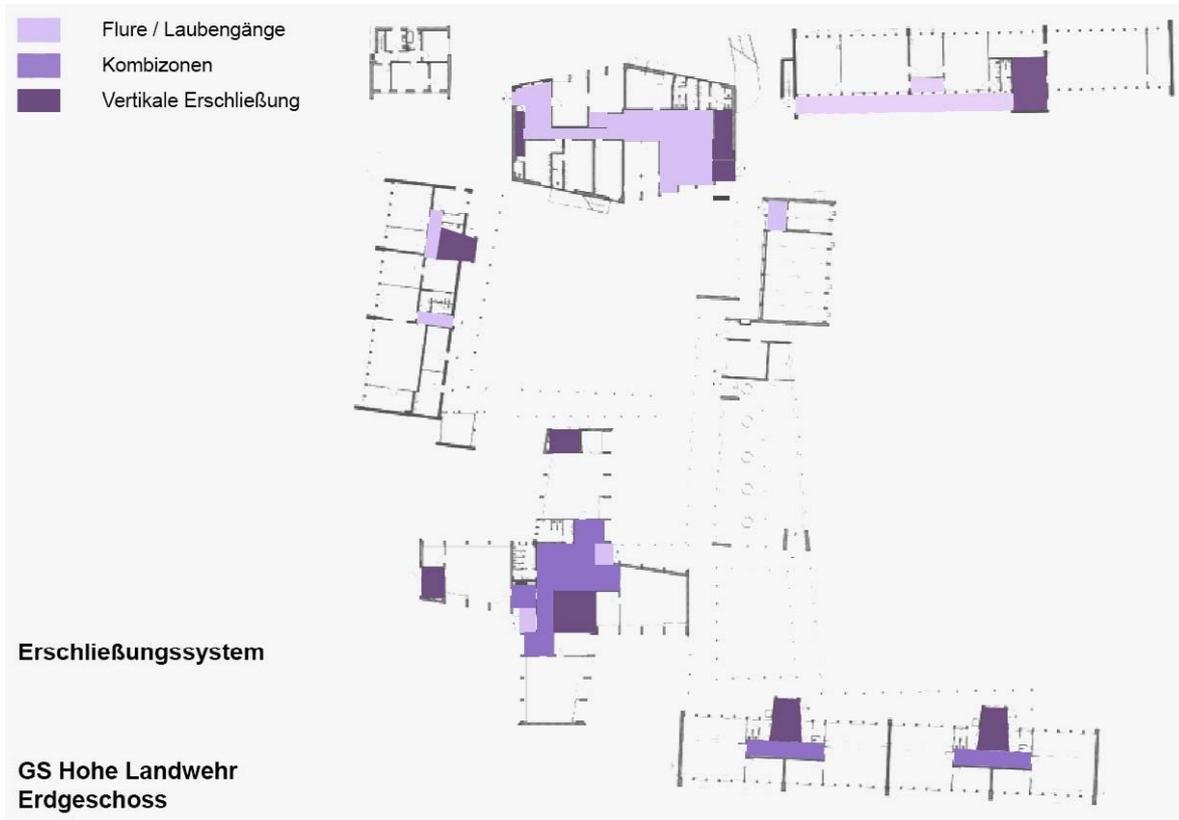


Bild 328 Grafische Analyse Erschließungssystem

Gebäudeorganisation

Die äußere und innere Organisation der Gebäude der Schule Hohe Landwehr folgt den unterschiedlichen Nutzungen wie Verwaltung, Regelunterricht, Fachunterricht, Hort, Psychomotorik, Pausenaufenthalt (bei schlechtem Wetter), Schulversammlung/-aufführungen, Bücherei und Hausmeisterdienste. Grundgedanke des Entwurfs ist die räumliche Trennung der eben genannten Nutzungen und Platzierung in einzelnen Baukörpern. Die Bauteile sind auf dem Schulgelände lose verteilt. Ein nachvollziehbares Prinzip für die Anordnung ist nicht erkennbar. In der folgenden Darstellung findet sich eine auf Nutzflächen für die Schüler, dienende Räume und Verkehrsflächen reduzierte Betrachtung der Nutzflächen. Die beiden Darstellungen mit Hervorhebung der für den Unterricht genutzten Flächen im Erd- und im ersten Obergeschoss sind sehr ähnlich. Sie zeigen gleiche und damit leicht merkbare Verteilung der Klassenräume über die Geschosse.

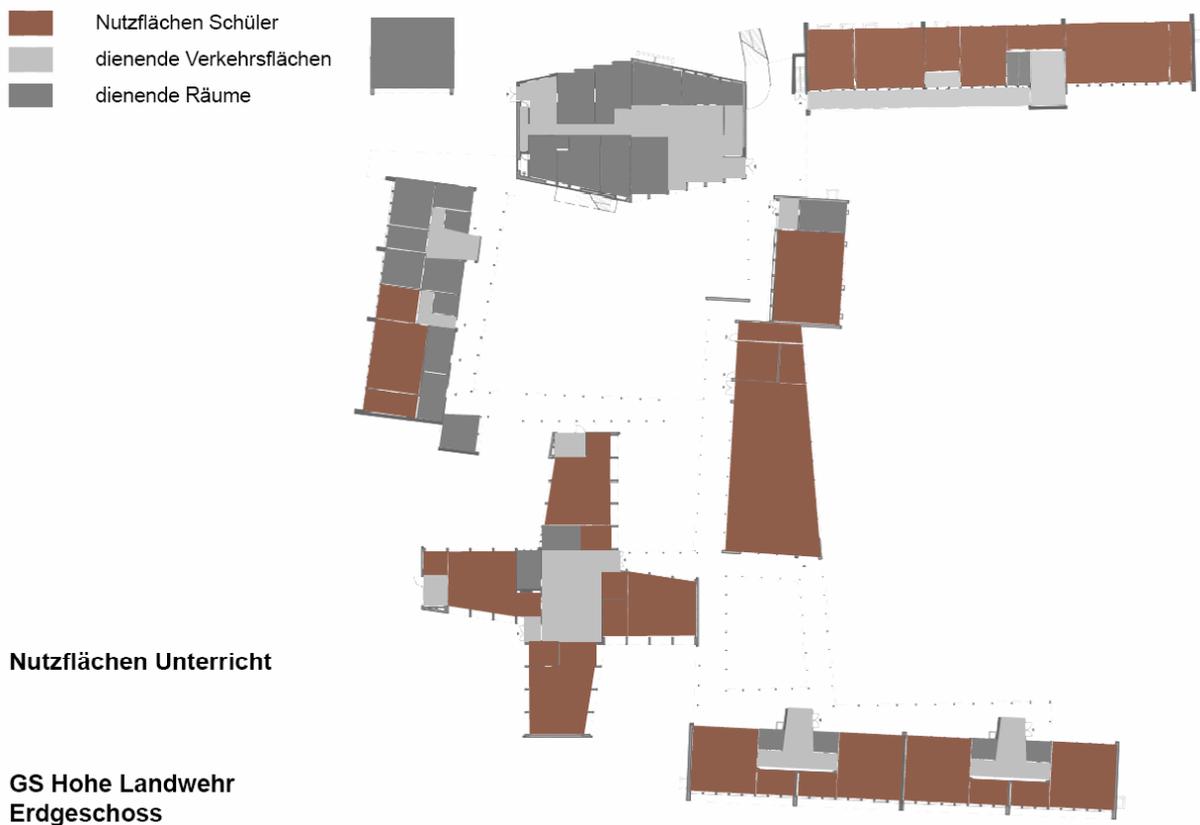




Bild 329 Grafische Analyse Nutzflächen Unterricht

Erkennbar ist die Durchmischung der Nutzungen im Verwaltungstrakt. Zurzeit bestehen Nutzungen im Erdgeschoss durch den Musikraum und im Obergeschoss durch die Lehrküche. Dadurch werden die Flure und das Treppenhaus des Verwaltungstraktes in erheblichem Umfang auch durch Schüler frequentiert.

Raumgruppen

Insbesondere im Verwaltungstrakt, Kreuzbau, Klassen- und Fachklassentrakt wird die klare Situation der Verkehrswege und der angeschlossenen Räume deutlich: An die Treppenhäuser als Erschließungskern schließen sich kurze Flure und Laubengänge an, an die weitere Unterrichts- und Verwaltungsräume angeschlossen sind. Im Kreuzbau befindet sich zwischen Flur und Klassenraum noch ein Vorraum, was im Schulbereich relativ ungewöhnlich ist. Dieser Vorraum dient als Garderobe und bildet gleichzeitig einen Puffer zwischen lärmintensiven Fluren und den in der Regel ruhigeren Klassenräumen.

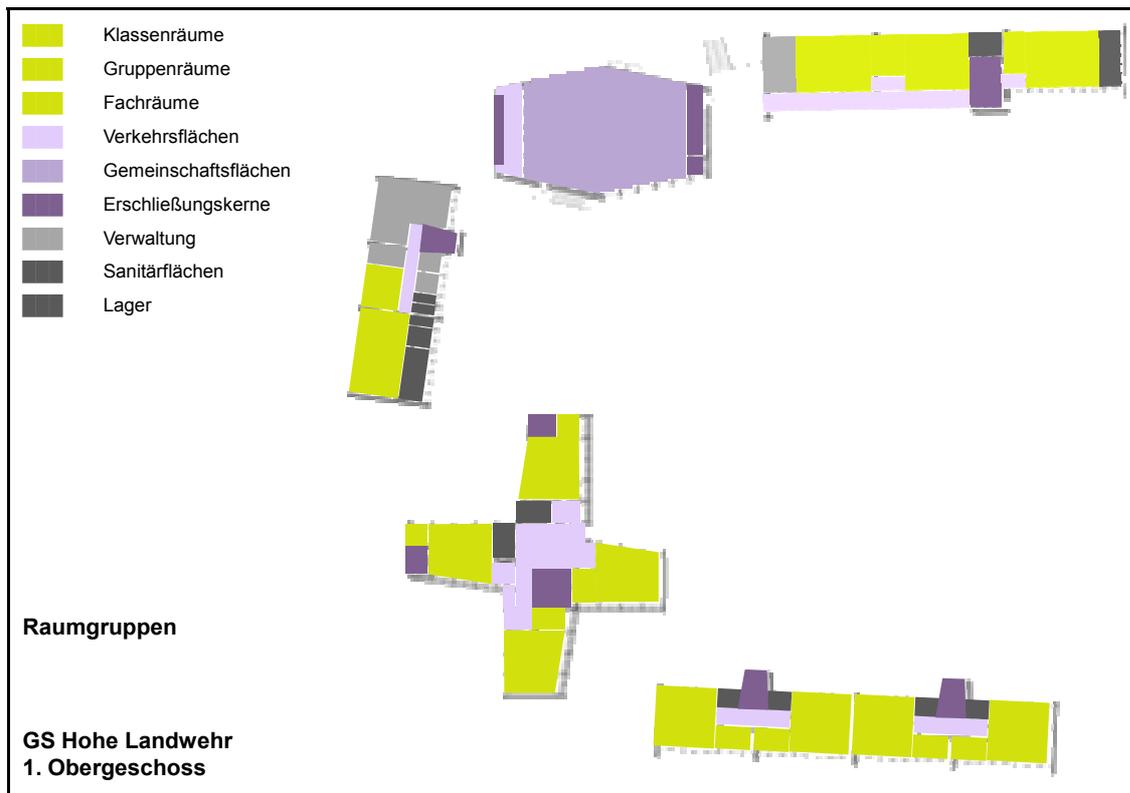
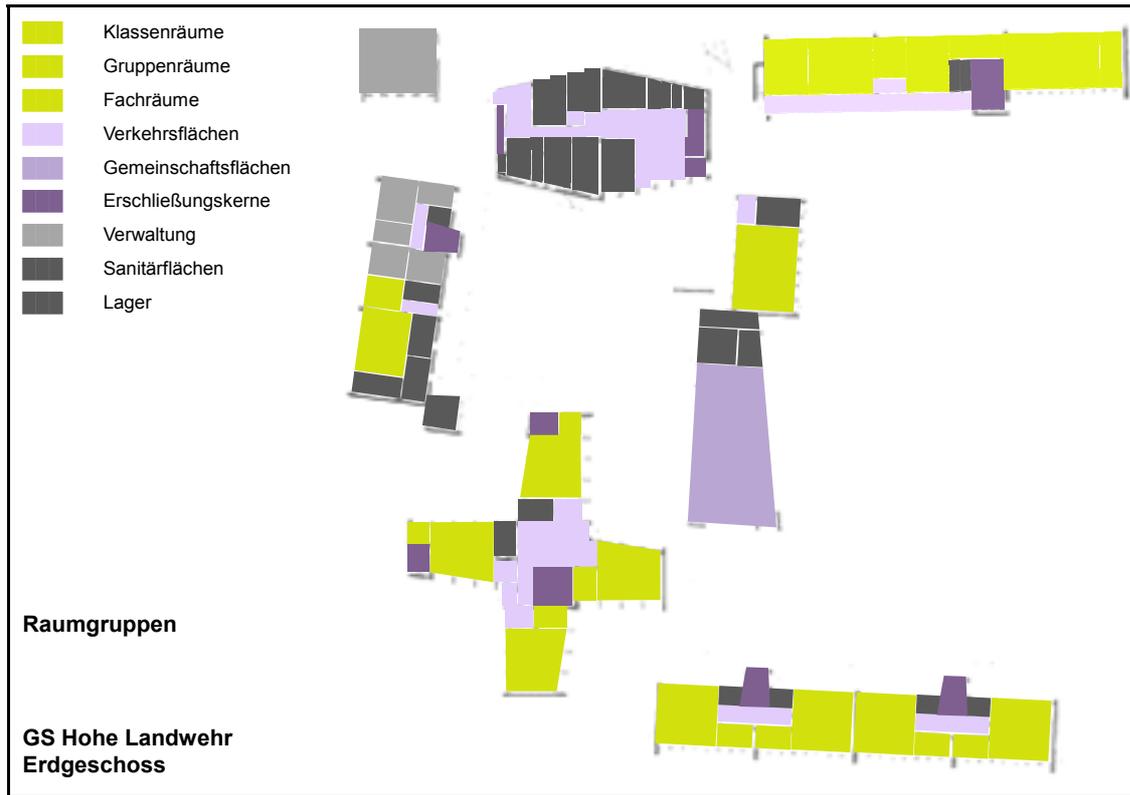


Bild 330 Grafische Analyse Raumgruppen

Belichtungssituation

Aus den Grafiken wird erkennbar, dass jeder Unterrichtsraum und fast jeder Verwaltungsraum von zwei sich gegenüberliegenden Seiten Licht erhält. In allen Fällen gibt

es immer eine stark und eine weniger stark befensterte Seite, d.h. der Lichteinfall ist einseitig stärker gewichtet. Starke Schattenbildung ist insbesondere in den Unterrichtsräumen jedoch nicht zu verzeichnen, da immer ein ‚Gegenlicht‘ existiert.

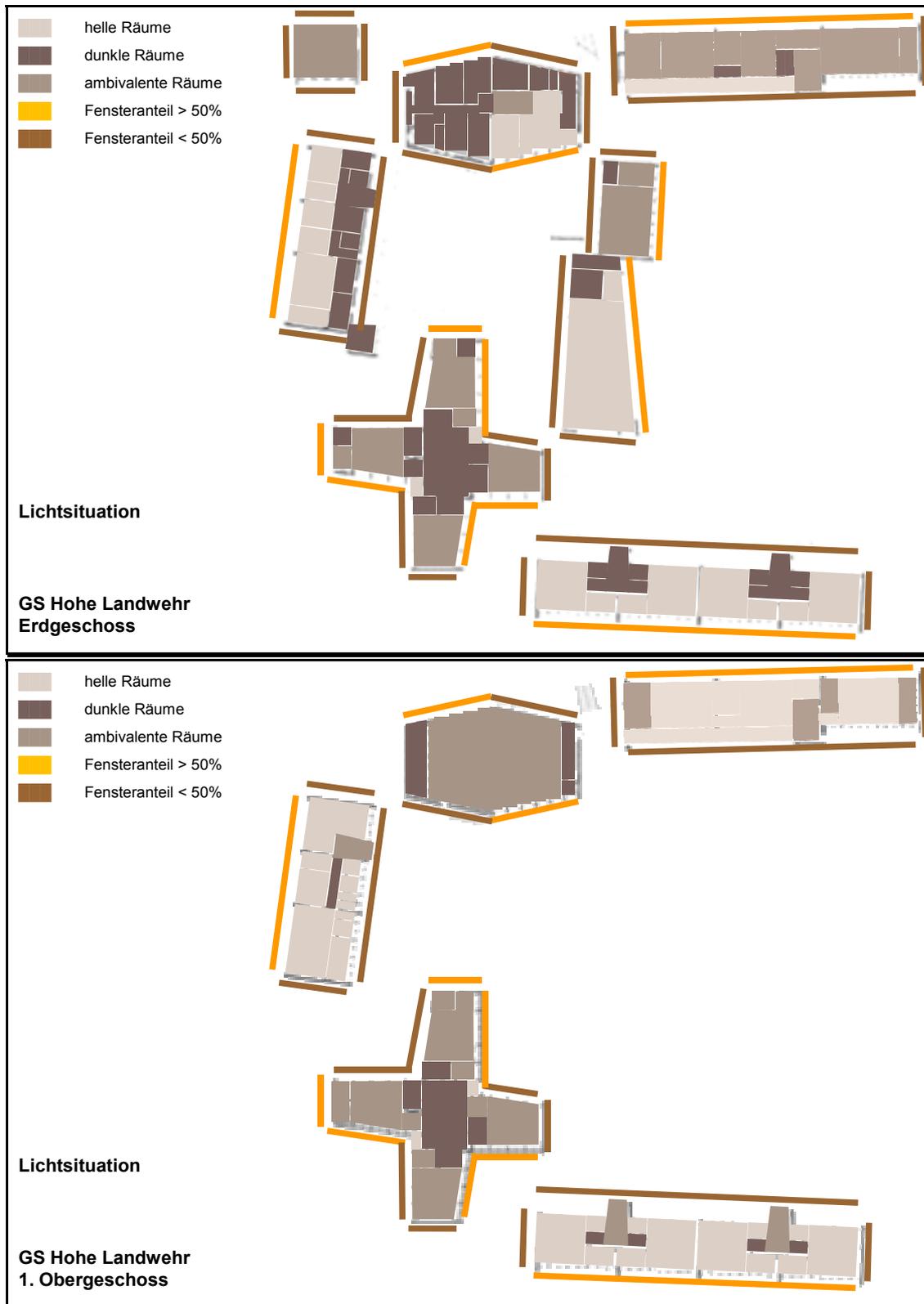


Bild 331 Grafische Analyse Belichtungssituationen

10.3.2 Auswertung II – Nutzerbefragung, Expertengespräch

Fast durchgängig wurde von einem Großteil der befragten **Lehrer** der Schule das Verhältnis von Gebäuden und Freiraum unter verschiedensten Aspekten als besonders und positiv erkannt und hervorgehoben. Einhellig wird der bauliche Zustand der Gebäude bemängelt. Nur einzelne kritisieren architektonisch-räumliche Aspekte wie „die fehlende Übersichtlichkeit“, „die langen und offenen Wege in der Schule“, „die drückende Wirkung der Laubengänge“ und „die Enge der Flure und der Gebäude zueinander“. Auch in Hamburg werden die Eingangs- und Flurbereiche der Klassenhäuser mit Attributen wie „Dunkelheit“, „extreme Enge“, „Nadelöhrsituation“, „Lärm“, „ohne einladenden Gestus“ und „keine Aufenthaltsqualität oder Nutzungsmöglichkeit“ negativ bewertet. Das „Ankommen und Empfangenwerden“ in der Schule genauso wie die (repräsentative) „Adresse“ einer Schule scheinen ein wichtiges Bedürfnis zu sein, das genauso wie in Wolfsburg nicht ausreichend berücksichtigt ist. Deutlich ist der Wunsch nach einer aufwertenden Belegung der Flurbereiche. Ruhe, Austausch und Begegnung kann einhellig nur im Lehrerzimmer ermöglicht werden. Private Bereiche fehlen. In Hamburg wird im Gegensatz zu den anderen beiden Schulen mehrfach besonders auf die Wichtigkeit „guter“ Möblierung als raumbestimmende Elemente verwiesen. Mehrfach wird die Nutzung und Belegung der Flurbereiche sowie überdachte, ruhige Sitzplätze im Außenbereich gewünscht. Über den Identifikationswert erhalten wir im Gegensatz zu Wolfsburg keine deutliche Gesamtaussage. Zwar gibt es eine große Übereinstimmung darüber, dass der Außenbereich von zentraler Bedeutung für die Schule ist, doch gehen die Vorstellungen darüber, welchen räumlichen Charakter (Hof, Garten, natürliche Landschaft) dem Außenraum zugesprochen werden könnte, deutlich auseinander.

Mit der Orientierung innerhalb des Gebäudekomplexes haben die **Schüler** deutlich Probleme. Es fällt auf, dass es keine allgemeine Kritik an der Schule gibt, aber jede Klasse jeweils unterschiedliche kleinere Probleme deutlich anspricht.

10.3.3 Auswertung III – Schülerprojekt

Gerade in Hamburg fällt in der Auswertung der ersten Übung auf, dass die Innen- und Außenräume des gesamten Schulensembles als eine Raumeinheit mit vielfältigen und unterschiedlichen Raumfolgen begriffen wird, auch wenn sich aus der Befragung heraus eine relativ hohe Orientierungsschwierigkeit seitens der Schüler abgezeichnet hat. Die Vielfalt der Außenräume sind ein Potential der Schule, dass besser architektonisch entwickelt werden sollte:

Ein Schüler hat in der ersten Übung „Wege und Orte (Versteck)“ besonders spezifisch auf die Schule als Gebäudeensemble reagiert: er trug nicht wie die anderen ein bestimmtes Versteck, sondern eine ganze Reihe von Punkten in den Grundriss ein. Seiner Meinung nach kann man sich sehr gut immer wieder hinter den Ecken der vielen Gebäude und den charakteristischen Vorsprüngen der Gebäudeschotten verstecken. Er sah die Schule eher als ein Labyrinth mit immer wieder neuen und doch gleichen Versteckmöglichkeiten.

Auch in Hamburg verfügen die Schüler in der Regel nach entsprechender Motivation über eine hohe räumliche Vorstellungskraft, eine gute räumliche Beobachtungsgabe und ein erstaunlich ausgeprägtes Abstraktionsvermögen: In der zweiten Übung „abstrakte Raumqualitäten“ wollte sich ein Schüler (s. Bild 332) nicht nur mit Größe und Proportion der Räume zufrieden geben. Für ihn war es wichtig zu unterscheiden, dass die Pergolen in den Höfen durch die Stützen und dem Dach einen besonders charakterisierten Raum darstellen - ebenso wie der Eingangsraum zur Aula einen T-förmigen Zuschnitt hat.

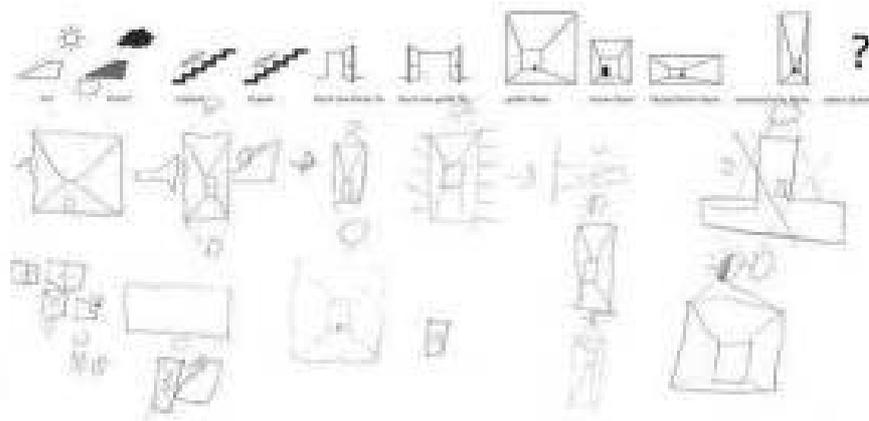


Bild 332 Exemplarisches Ergebnis des Schülerprojektes

10.4 Gebäudeanalyse (Technik)

Im Rahmen der Bestandsanalyse werden der Gebäudezustand, insbesondere der Gebäudehülle aufgenommen. Neben den technischen Daten zur Erzeugung, Verteilung, Abgabe und zum Verbrauch der Energie werden die funktionalen und konstruktiven Merkmale der Schulgebäude erfasst.

Nach dem Grundriss in Bild 333 wird die Grundschule Hohe Landwehr in Hamburg zunächst in sieben Bauteile unterschieden:

- BT A Verwaltung
- BT B Kreuzbau
- BT C Klassentrakt
- BT D Pausenhalle
- BT E Psychomotorik
- BT F Fachklassentrakt
- BT G Aula

10.4.1 Grundriss

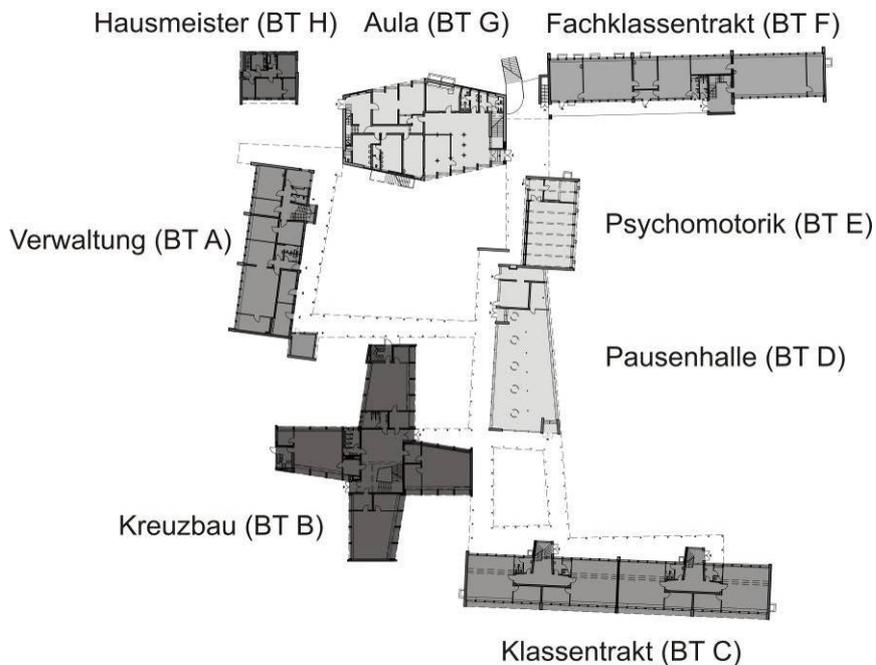


Bild 333 Grundriss Grundschule Hamburg

10.4.2 Gebäudehülle

Im Folgenden werden die Qualitäten und die Schwachpunkte der großteils unsanierten Gebäudehüllen für die einzelnen Bauteile erläutert.

Allgemein sind die Gebäudeteile der Grundschule Hohe Landwehr von 1958 bis 1962 in Stahlbetonskelettbauweise errichtet worden. In der Regel sind die Fassaden als Loch- bzw. Bandfassaden ausgebildet, die mit einem Vormauerziegel verblendet sind.

Zur genaueren Beurteilung der bauphysikalischen Qualität der Gebäudehülle werden jeweils die Thermographieaufnahmen bewertet. Die thermografische Untersuchung ist am 23.01.09 von 6:00 bis 7:30 Uhr bei Außentemperaturen von 1,4°C durchgeführt worden.

Bauteil A - Verwaltung

Die zweigeschossige Verwaltung ist 1960 erbaut worden und von der Grundrisstruktur zweihüftig organisiert. Die opaken Außenwandflächen bestehen aus einer 30 cm starken Ausmauerung zwischen den Betonpfeilern (18 cm x 28 cm), die sich aus einem gelochten Mauerziegel (17,5 cm), einem Wärmedämmputz (1 cm) und einem Vormauerziegel (11,5 cm). Daraus berechnet sich ein U-Wert von 1,3 W/m²K.



Bild 334 BT A Ostansicht



Bild 335 BT A Westansicht

Das Rahmenmaterial sämtlicher Fenster ist Holz. Die Kastenfenster der gesamten Westfassade und des 1.OG der Ostfassade stammen aus der Bauzeit und haben einen U-Wert von $U_w = 2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$. Die schmalen Fenster der Ostfassade im EG und die Fenster der Verkehrszonen besitzen weiterhin eine Einscheibenverglasung ($U_w = 4,6 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Die östliche Lochfassade besteht aus einem 36 cm starken ungedämmten Mauerwerk, das mit einem U-Wert von 1,9 W/m²K (Ost) angenommen wird.

Das Flachdach ist mit einer 5 cm starken Wärmedämmung aus der Bauzeit versehen. Zur Westseite krägt die Deckenplatte ungedämmt einem Meter aus. Unter dem Erdgeschoss befindet sich ein ungeheizter Kriechkeller.



Bild 336 BT A Fassade West



Bild 337 BT A Einscheibenverglasung

Die Thermografieaufnahmen des Bauteils A zeigen in Bild 338 und Bild 339 die hohen Wärmeverluste der weitgehend ungedämmten Wände im Westen und Norden. Die Wärmeübertragung an das Betontragwerk ist sichtbar. Eine besonders große Wärmebrücke stellen dabei die Brüstungsbereiche des Hausmeisterraumes im EG dar (s. Bild 339).

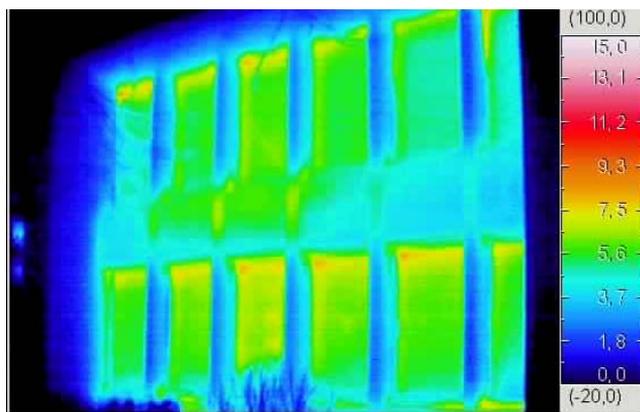


Bild 338 BT A Westfassade EG

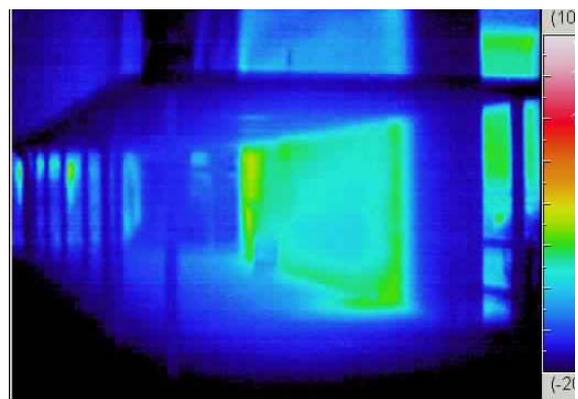


Bild 339 BT A Nordgiebel EG

Bauteil B - Kreuzbau

Der dreigeschossige Kreuzbau von 1958 ist ein Hamburger Typenschulbau aus der Zeit des Wiederaufbaus. Der Grundriss ist zentral über ein Treppenhaus organisiert, an dem sich in kreuzartiger Struktur vier Finger mit insgesamt 12 Klassenräumen anschließen.



Bild 340 BT B Südwestansicht



Bild 341 BT B Nordostansicht

Die Klassenräume sind von der Hauptfassade über großflächige Fensterbänder und von der Nebenfassade über kleine Fensterbänder belichtet.

Die opaken Außenwandflächen gliedern sich in Bereiche mit Vormauerziegel an den Giebelseiten und Plattenverkleidungen vor den Brüstungen der Haupt- und Nebenfassade. Horizontal ist die Hauptfassade durch massige ungedämmte Betonstützen (20 cm x 99 cm) und die Nebenfassade mit kleineren Stützen (20 cm x 49 cm) unterteilt. Vor den Hauptfassaden stehen als feste Sonnenschutzelemente 99 cm tiefe und 25 cm hohe Betonlamellen (s. Bild 342). Zum Blendschutz sind die Klassenräume mit Vorhängen ausgestattet.



Bild 342 BT B Hauptfassade



Bild 343 BT B Dachoberlichter

Die Plattenverkleidungen vor den Brüstungen der Haupt- wie Nebenfassaden setzen sich aus einem Mauerwerk (11,5 cm), Steinwollplatten und Wandbauplatten (Eternit) zusammen. Dazu sind unterschiedliche Luftschichten ausgebildet. Es ist ein U-Wert von 1,2 W/m²K angenommen worden. Ein Sonderbereich ist die Betonwabenstruktur an den Fassaden der WC-Bereiche, die im Wechsel mit Einscheibenverglasung und Wandbauplatten (Eternit) ausgefacht sind. Die Giebelfassaden bestehen aus einem 36,5 cm starken Mauerwerk mit

Vormauerziegel ($U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$). An zwei Giebelseiten befinden sich Nottreppenhäuser, die über eine Fassade mit Einscheibenverglasung ($U_w = 5,0 \text{ W/m}^2\text{K}$) und Stahlrahmen belichtet werden (s. Bild 341).

Die Kunststofffenster des Bauteils sind 1970 bis 1973 eingebaut worden und haben einen U-Wert von $U_w = 2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$. Die zentralen Treppenhausbereiche besitzen weiterhin eine Einscheibenverglasung ($U_w = 5,0 \text{ W/m}^2\text{K}$) mit Stahlrahmen (s. Bild 345) aus der Bauzeit. Diese sind in einem sehr schlechten Zustand und dringend sanierungsbedürftig.

Das zentrale Treppenhaus wird über zwei Dachoberlichter aus runden Glasbausteinen belichtet, die in Beton kuppelartig vergossen worden sind (s. Bild 343).



Bild 344 BT B Nebenfassade



Bild 345 BT B Fenster Flur

Das Flachdach ist mit einer 5 cm starken Wärmedämmung aus der Bauzeit ausgebildet. Der ungeheizte Keller teilt sich in den Technikraum und einen Kriechkeller auf, in dem die Leitungsführungen laufen.

Das gesamte Betontragwerk mit den Stützen und Deckenauskragungen ist ungedämmt.

Die Thermografieaufnahme in Bild 346 zeigt beispielhaft die Wärmeübertragung in die Betonstützen der Hauptfassade. Deutlich werden Wärmebrücken in den Anschlusspunkten der Brüstung zu den Betonstützen und an der Bodenplatte. Die Brüstungen der Haupt- und Nebenfassaden haben selbst schlechte thermische Qualitäten.

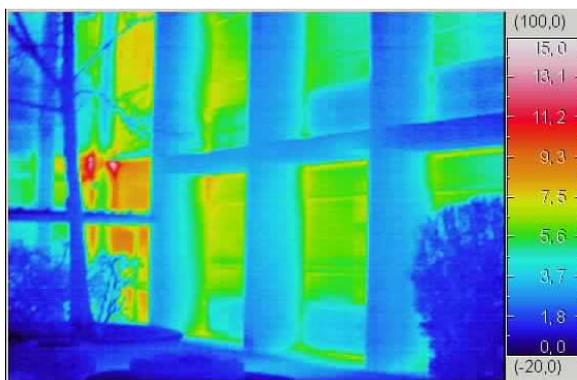


Bild 346 BT B Ostfassade

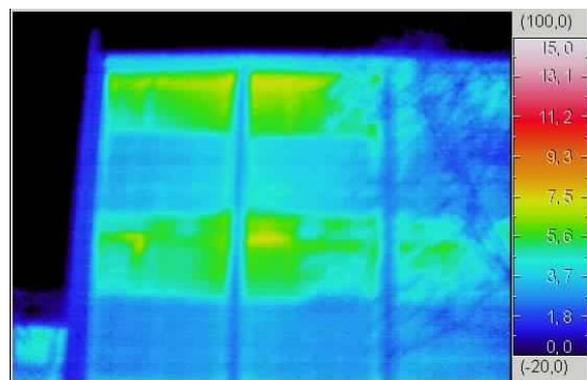


Bild 347 BT B Nordfassade

Bauteile C - Klassentrakt

Im Klassentrakt (Bauteil C) von 1961 sind 8 Klassenräume untergebracht. Über die beiden Treppenhäuser und die Stichflure werden jeweils 4 Klassenräume erschlossen.



Bild 348 BT C Südansicht



Bild 349 BT C Nordansicht

Wie in Bauteil B sind die Klassenräume von der Hauptfassade (Süd) über großflächige Fensterbänder und von der Nebenfassade über kleine Fensterbänder (Nord) belichtet. Sämtliche opake Außenwandflächen sind mit Vormauerziegel verkleidet. Das 36,5 cm starke Mauerwerk besteht neben dem Vormauerziegel (11,5 cm) aus einer Schicht Ziegelsteinen (11,5 cm) und Kalksandstein (11,5 cm). Es ist ein U-Wert von etwa 1,3 W/m²K angenommen worden. Horizontal ist die Haupt- wie Nebenfassade durch ungedämmte Betonstützen (16 cm x 24 cm) unterteilt. Zum Blendschutz sind die Klassenräume mit Vorhängen ausgestattet. Ein Sonnenschutz ist nur durch eine 1,02 m tiefe Auskragung der Dachplatte zum Süden für das 1.OG vorgesehen.



Bild 350 BT C Klasse Hauptfassade



Bild 351 BT C
Fenster Nebenfassade



Bild 352 BT C
Treppenhaus

Im Jahr 2005 (s. Bild 350) sind in die Südfassade neue Kunststofffenster mit einem U-Wert von $U_w = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ eingebaut worden. Die Fenster der Nordfassade sind aus der Bauzeit und haben einen von $U_w = 2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$. Die beiden Treppenhausbereiche besitzen weiterhin eine Einscheibenverglasung ($U_w = 5,0 \text{ W/m}^2\text{K}$) mit Stahlrahmen. Die östliche Treppe muss aufgrund statischer Probleme gestützt werden (s. Bild 352).

Das Flachdach ist mit einer 5 cm starken Wärmedämmung aus der Bauzeit ausgebildet. Der Gebäudeteil ist komplett mit einem Kriechkeller unterkellert.

Das gesamte Betontragwerk mit den Stützen und Deckenauskragungen ist ungedämmt.

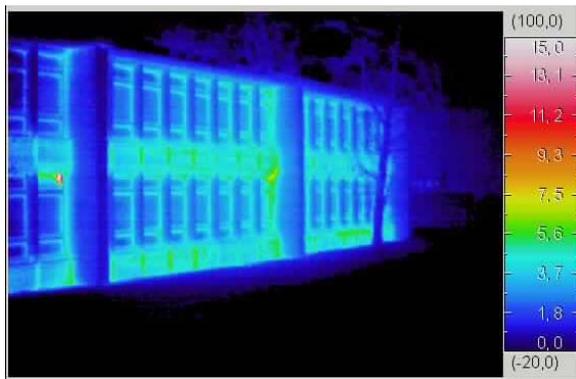


Bild 353 BT C Südfassade

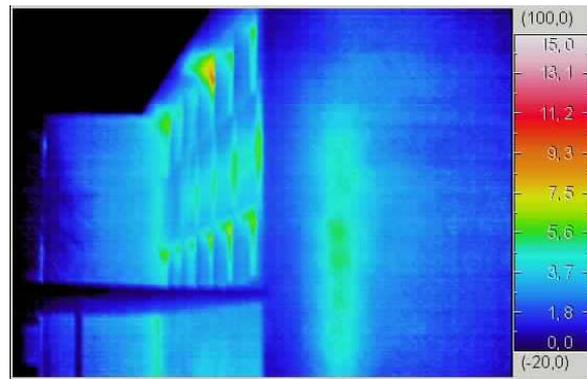


Bild 354 BT C Nord- und Westfassade

Die Thermografieaufnahmen in Bild 353 und Bild 354 zeigen die Wärmeübertragung in die Betonstützen. Außerdem haben die Brüstungen der Haupt- und Nebenfassaden selbst schlechte thermische Qualitäten. Hohe Wärmeverluste werden in Bild 354 auch am Giebel der Nordfassade durch eine vermutlich horizontale Leitungsführung sichtbar. Ein Leitungskanal ist in den Plänen allerdings nicht zu finden.

Bauteile D – Pausenhalle

In der eingeschossigen 2,56 m hohen Pausenhalle (Bauteil D) von 1961 sind im Moment die Bibliothek und ein Pausenbereich eingerichtet.

Die Pausenhalle wird von Stahlstützen und drei etwa 2,50 langen Wandscheiben getragen. Die nicht unterkellerte Bodenplatte ist wie in Bild 358 ersichtlich um rund 40 cm gegenüber der Geländehöhe abgesenkt. Ab dem Brüstungsbereich aus Mauerwerk von etwa 77 cm sind die opaken Außenwandflächen raumhoch verglast.



Bild 355 BT D Westansicht



Bild 356 BT D Ostansicht



Bild 357 BT D Pausenhalle Westfassade



Bild 358 BT D Pausenhalle Südwestfassade

Im Jahr 2005 sind die Fenster mit einem von $U_w = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ eingebaut worden. An der West- und Ostseite ist die Fassade durch die 3,50 m breite Überdachungen im Außenbereich stark verschattet. Ein weiterer Sonnenschutz ist nicht vorhanden.

Das Flachdach ist 2004 mit einer 20 cm starken Wärmedämmung erneuert worden. Das gesamte Betontragwerk mit den Stützen und Deckenauskragungen ist ungedämmt.

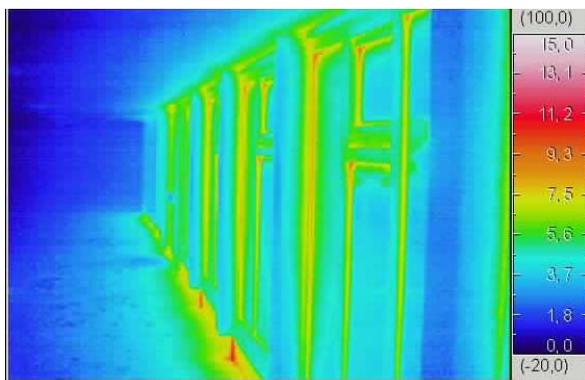


Bild 359 BT D Westfassade

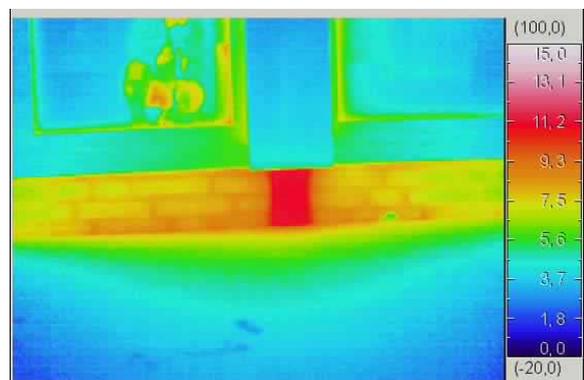


Bild 360 BT D Nord- und Westfassade

Die Thermografieaufnahmen in Bild 359 und Bild 360 zeigen die starke Wärmeübertragung über die Sockelbereiche. Besonders gut sichtbar ist dies an dem Teil der Stahlstütze, die nicht überdämmt worden ist, und an der auskragenden Deckenplatte.

Bauteile E - Psychomotorikraum

In dem eingeschossigen Psychomotorikraum (Bauteil E) von 1962 mit einer lichten Raumhöhe von 3,20 m. In einen 4,20 m breiten Teilbereich ist eine Zwischendecke vorhanden, die das mechanische Lüftungsgerät aufnimmt.



Bild 361 BT E Ostansicht



Bild 362 BT E Westansicht

Die Pausenhalle wird von Stahlbetonstützen (20 cm x 50 cm) und Stahlbetonunterzügen getragen. Im Osten sind die opaken Außenwandflächen ab einem Sockelbereich aus Mauerwerk von 46 cm raumhoch verglast. Die Bodenplatte liegt auf dem Geländeniveau. Im Jahr 1998 ist die Verglasung mit einen von $U_w = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ im alten Holzrahmen ausgetauscht worden. An der Westseite ist die Nebenfassade durch die 3,50 m breite Überdachungen im Außenbereich stark verschattet. Ein Blendschutz in Form von Vorhängen ist vorhanden. Das Flachdach ist nicht mit einer weiteren Wärmedämmung erneuert worden. Das Bauteil hat über die gesamte Grundfläche einen Kriechkeller.



Bild 363 BT E Psychomotorik



Bild 364 BT E Ostfassade

Bauteil F – Hort

Der zweigeschossige Hort ist 1963 erbaut worden und hat einen Treppenhaukern an dem im westlichen Obergeschoss ein überdachter, 2 m breiter Stichflur im Außenraum anschließt. Sämtliche opake Außenwandflächen sind mit Vormauerziegel verkleidet.

Die Außenwand besteht aus einer 36,5 cm starken Ausmauerung zwischen den Betonfeilern (16 cm x 26 cm). Das Mauerwerk wird mit einem U-Wert von 1,3 W/m²K (Ost) angenommen.



Bild 365 BT F Südansicht



Bild 366 BT F Flur im Außenbereich

Die Holzfenster mit Isolierverglasung stammen weitgehend aus der Bauzeit und haben einen U-Wert von $U_w = 2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$. Die Unterrichtsräume werden von der Hauptfassade (Nord) über großflächige Fensterbänder und von der Nebenfassade (Süd) mit Ausnahme des Werkraumes über kleine Fensterbänder belichtet.



Bild 367 BT F Nordfassade



Bild 368 BT F Hort Fenster

Zur Südseite kragen die Deckenplatten im EG und im OG ungedämmt 2,85 cm aus und verschatten die 1,5 m hohen Fenster erheblich (s. Bild 365).

Das Flachdach ist mit einer 5 cm starken Wärmedämmung aus der Bauzeit ausgeführt.

Unter dem Erdgeschoss befindet sich ein ungeheizter Kriechkeller.

Bauteil G - Aula

Die zweigeschossige Aula ist 1962 erbaut worden. Im Erdgeschoss befinden sich Nebennutzungen, über das Treppenhaus im Osten gelangt man in die 5,1 m hohe Aula.

Die Außenwand besteht aus 49 cm starken Mauerwerk, das außen mit Vormauerziegel abschließt. Der U-Wert wird mit 1,3 W/m²K angenommen.



Bild 369 BT G Südansicht



Bild 370 BT G Ostansicht

Die bis zu 4,7 m hohe Verglasung in der Aula steht zwischen ungedämmten Betonpfeilern mit Maßen von 115 cm x 25 cm. Die Fenster mit Isolierverglasung und ungedämmten Stahlrahmen stammen weitgehend aus der Bauzeit und haben einen U-Wert von U_w= 2,9 W/m²K. Über manuell drehbare Holzlamellen kann die Aula wie in Bild 371 und Bild 372 ersichtlich von Innen verdunkelt werden.



Bild 371 BT G Südwand



Bild 372 BT G Südwand

Die Geschosdecke im Bereich dieser Verglasung ist durch einen 70 cm hohen Streifen mit Natursteinelementen verkleidet. Das Flachdach ist mit einer 5 cm starken Wärmedämmung aus der Bauzeit ausgeführt. Das Erdgeschoss ist nicht unterkellert.

Gebäudehülle gesamt

Die Gebäudehüllen aller Bauteile sind unsaniert und altersbedingt mit den typischen Schwachpunkten einer Fassade aus den 60er Jahren in schlechten Zustand.

Zusammen tragen diese Wärmeverluste der Bauteile zum hohen Heizwärmeverbrauch der Schule von 177 kWh/a m² NGF bei. Der Heizenergiebedarf der Bestandsschule mit rd. 1.145 MWh/a führt bei Weiterbetrieb ohne Verbesserung des Wärmeschutzes der Gebäudehülle sowie der Wärmeerzeugung zu einer deutlichen Erhöhung der Betriebskosten. Für einen zukunftsfähigen Betrieb ist eine energetische Sanierung zur Verbesserung der Gebäudehülle dringend erforderlich.

10.4.3 Gebäudetechnik

Die Technikzentrale der Grundschule Hohe Landwehr befindet sich in einem Kellerraum des Bauteils B Kreuzbau. Sämtliche Gebäudeteile der Schule werden von dort über Nahwärmeleitungen versorgt.

Heizung

Die Wärmebereitstellung erfolgt über Fernwärme mit einer Wärmeleistung von 542 kW, die sich zu 420 kW auf die statischen Heizflächen und zu 122 kW auf die Lüftung aufteilt. Die Durchflussmenge des Heizwassers wird mit 3700l/h angenommen.

In Abhängigkeit der Witterung beträgt die Vorlauftemperatur 136°C und die Rücklauftemperatur 90°C. Nach Angabe des Energieversorgers Vattenfall liegt der Primärenergiefaktor bei 0,56 und damit energetisch in einem günstigen Bereich.



Bild 373 Fernwärmeanschluss



Bild 374 Wärmeverteilung

Die statischen Heizkörper in jedem Bauteil werden über einen eigenen Heizkreis versorgt. Für die dynamische Heizung der Lüftungsgeräte in der Aula BT G und im Psychomotorikraum BT E sind zwei weitere Kreise installiert.

Verteiler und Heizkörper sind in einem dem Anlagenalter entsprechenden Zustand.

Eine Dämmung der Verteilleitungen im Keller- und Kriechkellerbereich ist zwar vorhanden, entspricht aber wie in Bild 375 bis Bild 380 ersichtlich ist die nicht mehr den heutigen Standards. Im Kriechkeller des Kreuzbaus sind die Verteilungen unzureichend und teilweise beschädigt.



Bild 375 Fernwärmeanschluss Technikzentrale
BT B



Bild 376 Übergang zur Nahwärmeleitung
BT B zu BT A



Bild 377 Verteilung Kriechkeller BT B



Bild 378 Verteilung Kriechkeller BT B



Bild 379 Verteilung Kriechkeller BT B



Bild 380 Verteilung Kriechkeller BT B

Die Nahwärmeverteilungen zwischen den sieben Gebäuden, die sich nicht im Kriechkellerbereich befinden, liegen ungedämmt in Erdkanälen und sind in einem völlig desolaten Zustand.

Bei einer Öffnung eines Teilstücks der Nahwärmeverteilungen zwischen BT B Kreuzbau und Klassentrakt BT C Anfang 2008 ist der ungedämmte Zustand, wie in den Bildern Bild 381 und Bild 382 ersichtlich, aufgenommen worden. Die Erdkanäle sind seitlich etwa 40 cm hoch gemauert und mit Betonplatten überdeckt. Darüber befindet sich etwa 30 cm Erdreich, was eine zu vernachlässigende Dämmwirkung für die Verteilung hat.



Bild 381 Nahwärmeleitung BT B zu BT C



Bild 382 Nahwärmeleitung BT B zu BT C

In Bild 383 und Bild 384 sind die hohen Wärmeverluste der Nahwärmeleitung vom Kreuzbau in die Verwaltung zu erkennen. Im Dezember 2007 ist die Nahwärmeleitung zwischen Kreuzbau und Verwaltung durch Frost geplatzt. Anschließend ist die Leitung in dem Bereich erneuert worden.

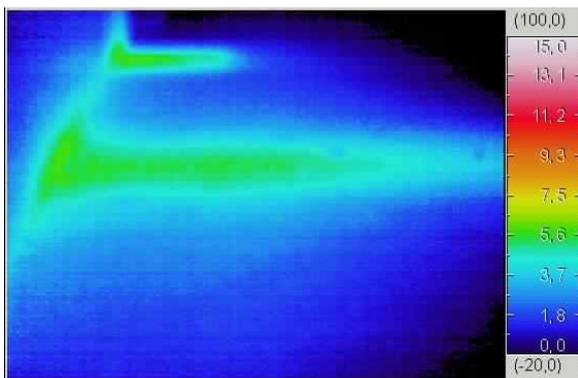


Bild 383 Nahwärmeltg. BT B und BT C

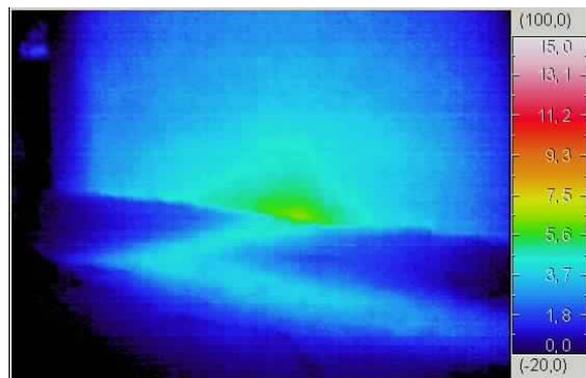


Bild 384 Nahwärmeltg. BT B und BT C

Aber auch die Dämmqualität einiger Steigleitungen im Giebelbereich wie zum Beispiel in Bild 354 muss verbessert werden.

Insbesondere die ungedämmten Nahwärmeleitungen verursachen extrem hohe Wärmeverluste, die durch eine Sanierung kurzfristig zu verbessern sind.

Die Heizleitungen des Zweirohrsystems werden im Brüstungsbereich geführt. Alle Heizkörper in einem Heizkreis weisen damit gleiche Vorlauftemperaturen auf. Es wird eine Nacht- und Wochenendabsenkung gefahren.

Die Konditionierung der Räume erfolgt wie in Bild 385 und Bild 388 ersichtlich über statische Heizflächen, die über in der Regel veraltete Thermostatventile geregelt werden. Die Plattenheizkörper aus der Bauzeit haben mit 28 cm Höhe und entsprechend große Längen ungewöhnliche Abmessungen. So sind diese im BT B an den Hauptfassaden mit zweifachen Platten 4,80 m lang und mit einfacher Platte an den Nebenfassaden 6,70 m lang. Im BT C sind die Heizkörper an den Hauptfassaden mit dreifachen Platten 5,16 m lang und mit einfacher Platte an den Nebenfassaden 5,66 m lang.



Bild 385 BT B Plattenheizkörper



Bild 386 BT B Thermostatventile

Die Dämmung der Verteil- und Steigleitungen sollte in der Planungsphase genauer auf Dämmstärke, Vollständigkeit und Beschädigung geprüft werden und ggf. zur Reduzierung der Wärmeverluste im Betrieb verbessert werden.

Zur präzisieren Heizungsregelung werden weiter der Austausch aller veralteten Thermostatventile, die Überprüfung der vorhandenen Heizkörper bei veränderter Heizlast sowie eine hydraulische Einregulierung der Heizleitungen empfohlen.

Die Wärmebereitstellung über Fernwärme wird primärenergetisch als gut bewertet und bedarf keiner Änderung.

Aufgrund des geringen Warmwasserbedarfs in Schulen ist die dezentrale Warmwasserbereitung als durchaus wirtschaftlich und aus energetischen Gründen als vertretbar zu betrachten.

Lüftung

Die Räume werden generell natürlich über die Fenster be- und entlüftet.

Gebäudeteile	Baujahr	Geschosse	
BT A Verwaltung BT B Kreuzbau BT C Klassentrakt BT D Pausenhalle BT E Psychomotorik BT F Fachklassentrakt BT G Aula	1960 1958 1961 1961 1962 1963 1962	KK / 2 OG 1 UG (ub) KK / 3 OG KK / 2 OG 1 OG KK / 1 OG KK / 2 OG KK / 1 OG	
Flächen	BGF	NGF	
BT A Verwaltung BT B Kreuzbau BT C Klassentrakt BT D Pausenhalle BT E Psychomotorik BT F Fachklassentrakt BT G Aula Gesamt		588 m ² 1.630 m ² 866 m ² 294 m ² 123 m ² 834 m ² 815 m ² 5.151 m ²	
Energiekennwerte	Wärme	Strom	
	177,3 kWh/a m ² NGF	7,3 kWh/a m ² NGF	
Fensterflächenanteil	27 %		
Sonstiges	Planung für Ganztagsbetrieb		
	Kreuzbau BT B	Klassentrakt BT C	Fachklassentrakt F
Typologie	Zentralbau Kreuzstruktur	2 Stichflure / Treppenhauskerne	1 Stichflur / Treppenhauskern
Konstruktion (Stärke)	Stahlbetonskelett Ausfachung (11 cm)	Stahlbetonskelett Ausfachung MW (36 cm)	Stahlbetonskelett Ausfachung MW (36 cm)
Gebäudehülle			
Dach Fassade Fenster Rahmenmaterial Sonnen/ Blendschutz	Flach Loch Bekleidung / MW IsoV (1970-1973) EV WC / Flur Kunststoff / Holz Auskrugung 90 cm Vorhänge	Flach Loch MW IsoV S / IsoV N EV WC / Flur Kunststoff S/ Holz N Vorhänge	Flach Loch MW IsoV (1960) W EV O Holz Lamelle Innen W Vorhänge O
Gebäudetechnik			
Wärmeversorgung Wärmeübertragung Heizregulierung Mechanische Lüftung	Fernwärme (136°C / 90°C), Wärmeleistung 542 kW Primärenergiefaktor 0,585 (Vattenfall) Nahwärmenetz von Heizzentrale Kreuzbau Verteilung über Erdkanäle und Kriechkeller Statische Heizflächen (420 kW) Außentemperatur; raumweise Thermostatventile Wärmeleistung 122 kW Aula BT G: RLT ohne WRG (Bj.1962) Psychomotorik BT E: Abluft ohne WRG (Bj.1962)		
Sanierungsmaßnahmen	2003 Gesamtmodernisierung Beleuchtung 2005 Pausenhalle, Dach WD 20 cm, Fenster (370m ²)		

Tabelle 42 Steckbrief Hamburg

10.5 Raumklima

10.5.1 Allgemeine Auswertung der Nutzerbefragung

Die Wahrnehmung von Behaglichkeitsaspekten des Klassenraums und deren Wichtigkeit für bzw. Auswirkung auf das subjektive Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit sind bei Schülern und Lehrern abgefragt worden.

Für einen ersten allgemeinen Überblick sind eine Reihe verschiedener Variablen nach dem subjektiven Ausmaß der Störung und der Wichtigkeit geordnet aufgetragen worden. Die dargestellte Standardabweichung liefert eine Aussage über die Güte des ermittelten Mittelwertes.

Die Gesamtbewertung der Wichtigkeit der Behaglichkeitsaspekte für die Lehrer wird in Bild 390 beschrieben.

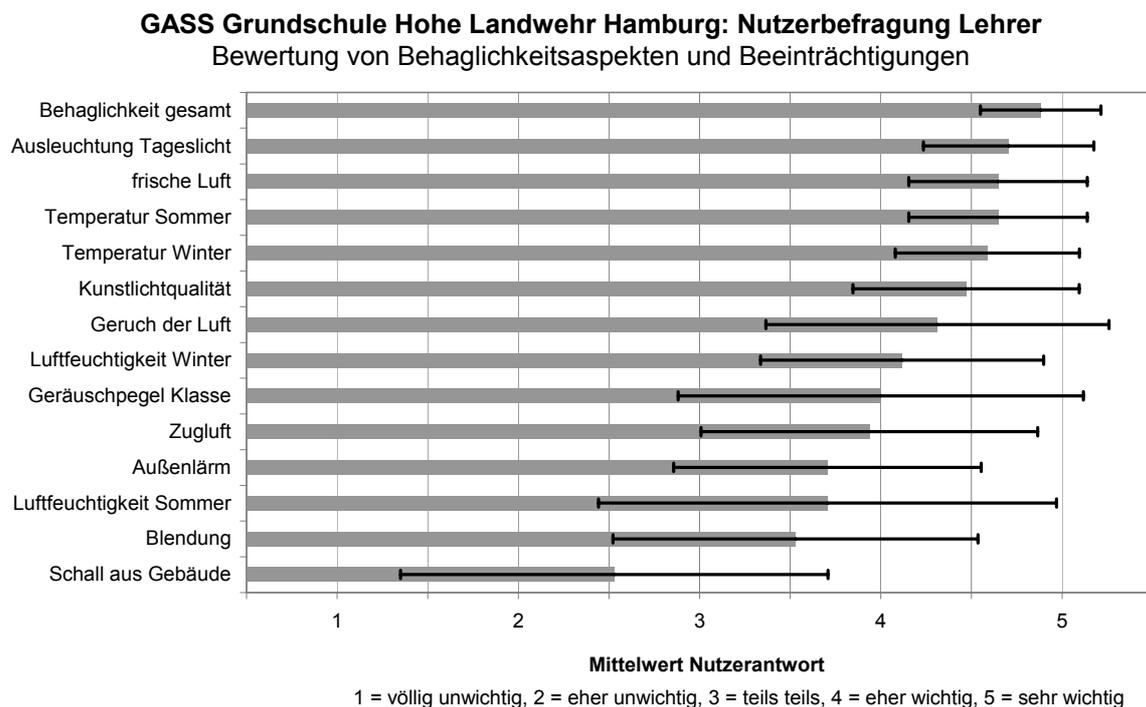


Bild 390 Gesamtbewertung der Wichtigkeit (Lehrer)

Lehrern ist die Gesamtbehaglichkeit des Klassenraums am wichtigsten. Als fast ebenso bedeutend werden die Ausleuchtung mit Tageslicht, frische Luft, die Temperatur und die Kunstlichtqualität bewertet. Ein hoher Lärmpegel durch die Klasse oder Außenlärm wird wie bei den befragten Schülern als recht störend empfunden, die anderen Aspekte scheinen

jedoch wichtiger. Lediglich die Schallübertragung aus dem Gebäude wird als nicht so wichtig bzw. störend eingestuft.

Bild 391 beschreibt die Gesamtbewertung des Ausmaßes der Störung für die Schüler.

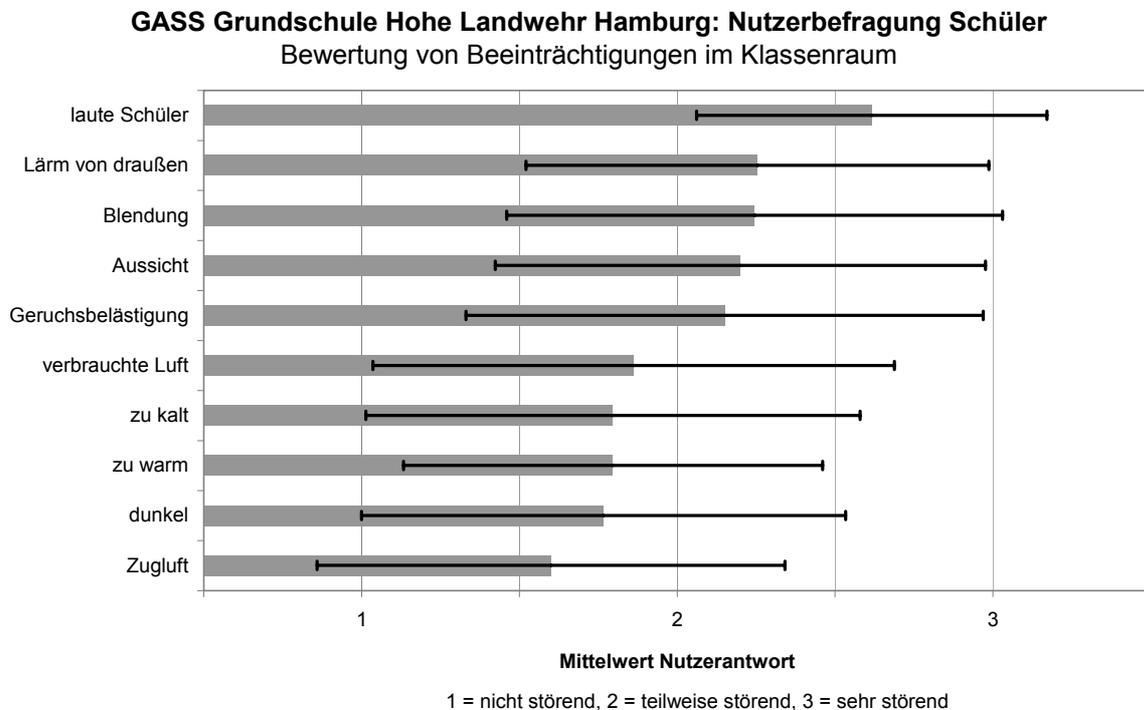


Bild 391 Gesamtbewertung der Störung (Schüler)

Ein hoher Lärmpegel durch laute Mitschüler wird von den meisten befragten Schülern im Unterricht als am störendsten wahrgenommen. Ihm folgen mit nur geringen Mittelwertsunterschieden Lärmstörungen von draußen, zu helle, blendende Sonne, eine interessante Aussicht und ein unangenehmer Geruch in der Luft. Verbrauchte Luft, zu hohe oder niedrige Temperatur im Klassenraum, und ein zu dunkler Arbeitsplatz rangieren im mittleren Bereich, Zugluft stört am wenigsten.

10.5.2 Langzeitmessung

Zur detaillierten Analyse des Raumkomforts wurde eine Langzeitmessung zur Erfassung relevanter Parameter der Grundschule Hohe Landwehr in drei Klassenräumen im Bauteil B mit Ost- und Südorientierung und im Bauteil C Süd durchgeführt. Alle Klassenräume sind jeweils von einer großen Fensterfassade und einer Oberlichtfassade belichtet. Auf der großen Fensterfassade ist jeweils ein fester Sonnenschutz in Form auskragender Betonlamellen mit einer Tiefe von 82 cm installiert. Die nachfolgende Grafik zeigt die Lage der Räume im Grundriss:

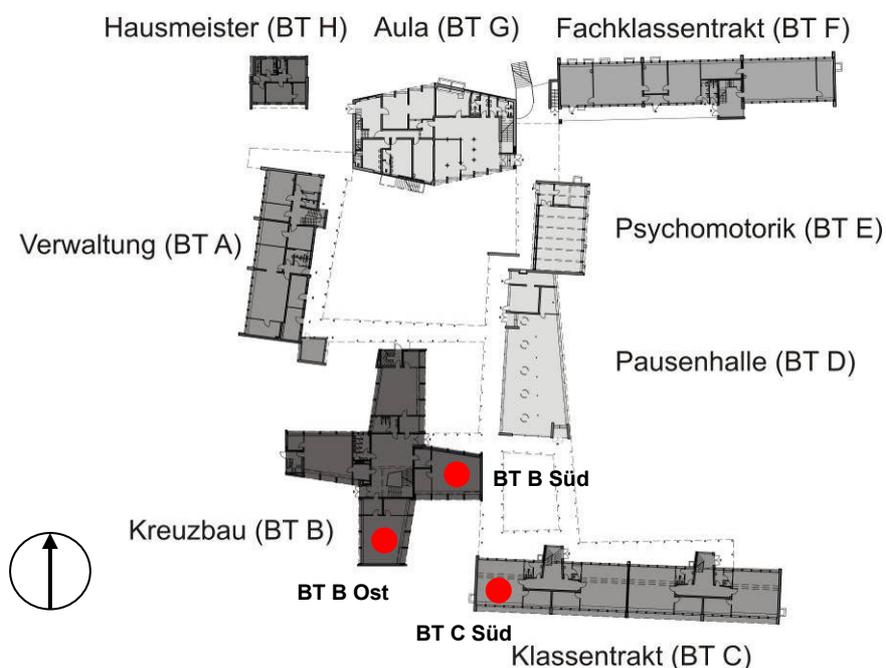


Bild 392 Beschreibung der Messräume

	Messbeginn	Messende	Ausfall Messdaten Beginn	Ausfall Messdaten Ende
BT B Ost 2.OG	14.01.08	05.03.09		
BT B Süd 1.OG	12.11.07	05.03.09	16.01.08 15.04.08 28.08.08	26.02.08 30.04.08 30.09.08
BT C Süd 1.OG	26.02.08	05.03.09		

Tabelle 43 Messzeitraum Langzeitmessung

Messung Nr.	Langzeitmessung Hamburg	Raumgröße	Volumen	Anzahl Schüler	Alter der Schüler
1	BT B Ost 2.OG Raum 201	64 m ²	192 m ³	22	13 - 14 Jahre
2	BT B Süd 1.OG Raum 101	63 m ²	189 m ³	23	8 - 9 Jahre
3	BT C Süd 1.OG Raum 106	69 m ²	221 m ³	26	13 - 14 Jahre

Tabelle 44 Langzeitmessung Räume

Der Messzeitraum des Langzeitmonitorings umfasst die Zeit vom 12.11.2007 bis 05.03.2009. In den nachfolgenden Auswertungen ist der Zeitraum vom 05.03.2008 bis 05.03.2009 berücksichtigt. Messausfälle sind in Tabelle 18 dokumentiert.

10.5.3 Raumlufqualität

Die Stundenmittelwerte der CO₂-Konzentration im Raum BT B Süd werden in Tabelle 45 mit jeweiligen Minimum und Maximum bezogen auf die Jahreszeit dargestellt.

Die Mittelwerte der CO₂-Konzentration nehmen mit sinkenden Außentemperaturen von 1.087 ppm im Sommer, über 1.151 ppm im Übergang bis zu 1.423 ppm im Winter zu. Es ergeben sich Maximalwerte von 2.292 ppm im Sommer, 2.535 ppm in der Übergangszeit bis 2.732 ppm im Winter.

Grundschule Hohe Landwehr Hamburg			
	Winter	Übergang	Sommer
Mittelwert	1423	1151	1301
Min	440	403	542
Max	2732	2535	1261

Tabelle 45 Mittelwerte CO₂-Konzentration nach Jahreszeit

In Bild 393 ist die CO₂ -Konzentration in Abhängigkeit der Außentemperatur dargestellt. Da hier auch kurzfristige Ereignisse eine Rolle spielen, sind in diesem Diagramm nicht die Stundenmittelwerte, sondern sämtliche Messdaten des Zeitraums mit zehnminütigen Messintervallen berücksichtigt. Weil in diesem Raum keine Fensterkontakte installiert sind, ist die Anzahl der geöffneten Fenster nicht dargestellt.

GASS Komfortmonitoring Grundschule Hamburg
BT B Süd- CO₂-Konzentration gegenüber Außentemperatur

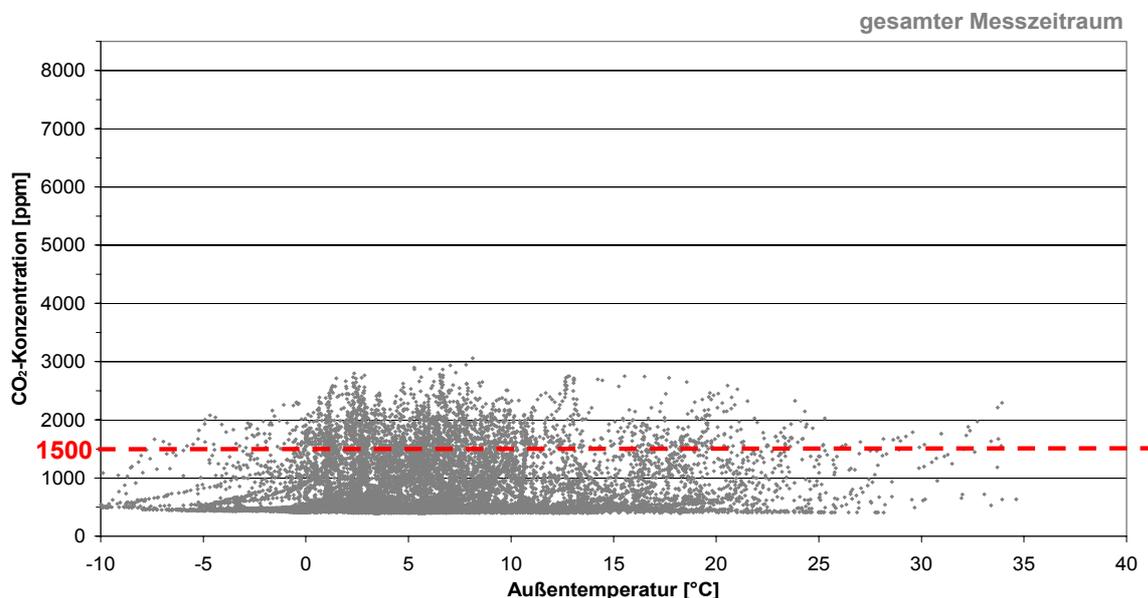


Bild 393 CO₂-Konzentration über Außentemperatur

Der Einfluss der Außentemperatur auf das Lüftungsverhalten ist auch in der Hamburger Schule zu erkennen, allerdings weniger ausgeprägt wie in den anderen Schulen. Die höchsten CO₂ -Werte ergeben sich infolge zu geringer Fensterlüftung bei kalten Außentemperaturen von 0 bis 10°C. Ab einer Außentemperatur von 10°C verbessern sich

das Lüftungsverhalten und damit die Luftqualität. Der CO₂-Richtwert von 1.500 ppm wird in den meisten Fällen eingehalten. Dennoch treten einige Überschreitungen durch nicht ausreichende Fensterlüftung auch bei hohen Außentemperaturen auf.

Um die Anteile der gemessenen CO₂-Konzentrationen in der Unterrichtszeit zu veranschaulichen, sind in Bild 394 die Häufigkeiten (Anzahl der Stundenmittelwerte) in 300 ppm Intervallen über die x-Achse aufgetragen worden. Dabei sind die Balken jeweils zusätzlich nach Jahreszeit aufgliedert worden.

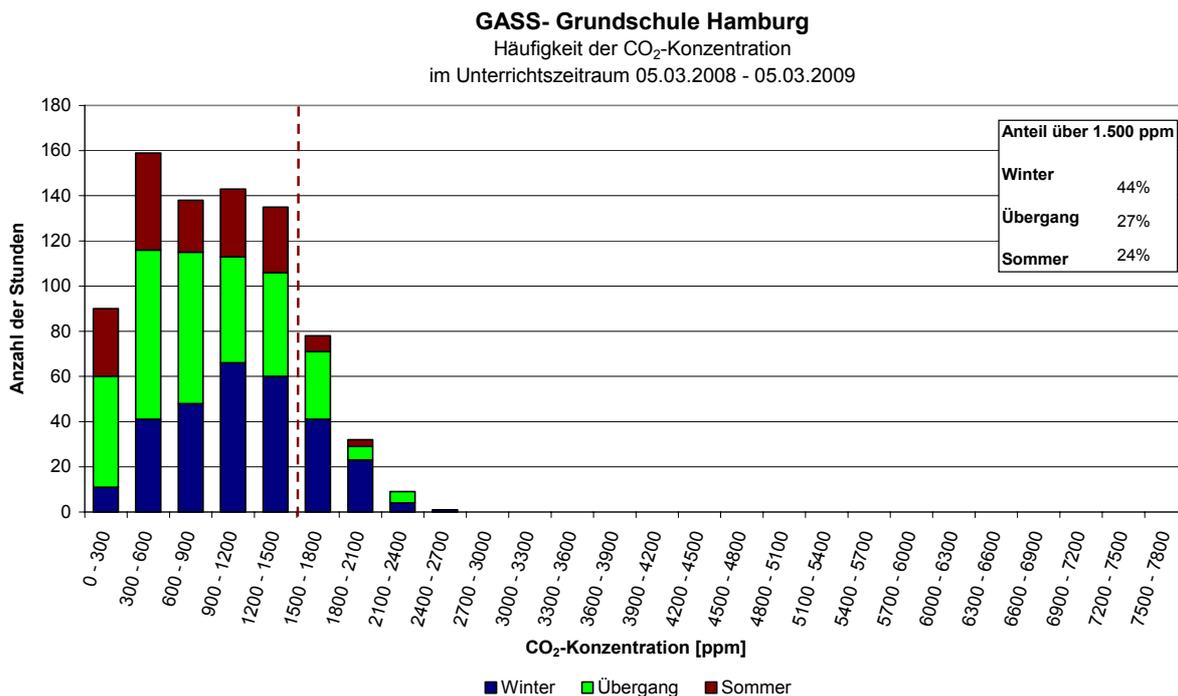


Bild 394 Anteile CO₂ - Konzentration Hamburg

Im Winter liegen 44 % der Stundenmittelwerte der CO₂-Konzentrationen in der Unterrichtszeit oberhalb des Richtwertes von 1.500 ppm. Die Überschreitungen des CO₂-Richtwertes haben im Übergang mit 27% und im Sommer mit 24 % ein im Vergleich zu den anderen Schulen mittleres Niveau.

Um sowohl die Überschreitungsdauer als auch die Überschreitungshöhe der CO₂-Konzentration über Werte von 1.500 ppm zu berücksichtigen, ist aus den Messdaten der CO₂-Überschreitungsindex¹⁴⁵ errechnet worden. Für die Hamburger Schule hat sich nach Tabelle 46 für den Winter ein knapp ungenügender CO₂-Überschreitungsindex von 16.400 ppm*% ergeben. Die CO₂-Konzentration im Übergang und im Sommer werden mit befriedigend bewertet. Damit liegt der Raum in der Gesamtbewertung im befriedigenden Bereich.

¹⁴⁵ Hehl, O./ Grams, H (2003): Ein Modell zur Simulation der Qualität der Innenraumluft

HH_Raum BT B Süd			
Sommer	Übergang	Winter	Gesamt
24%	27%	44%	32%
1.728	1.830	1.872	1.836
228	330	372	336
5.471	8.903	16.382	10.743

Tabelle 46 CO₂-Überschreitungsindex

In Bild 395 und Bild 396 wird die Luftqualität durch Lehrer (Anzahl 17) und Schüler (Anzahl 55) im Rahmen der Nutzerbefragung bewertet. Dazu sind die Anzahl der Antworten auf der x-Achse und die Bewertung der Wichtigkeit der Luftqualität für die Lehrer in einer 5-Punkte Skala bzw. das Maß der Störung für die Schüler in einer 3-Punkte Skala dargestellt.

Ein Anteil von 82 % der Lehrer bewerten die Luftqualität in Bild 394 als „häufig schlecht und verbraucht“ Gleichzeitig wird die Wichtigkeit der Luftqualität sehr hoch bewertet.

Die Schüler dagegen empfinden schlechte Luft als weniger störend, nur 7% beurteilen die Luft als „oft verbraucht“. Dagegen sagen Zweidrittel aller Schüler, dass die Luft "selten bis nie schlecht" ist.

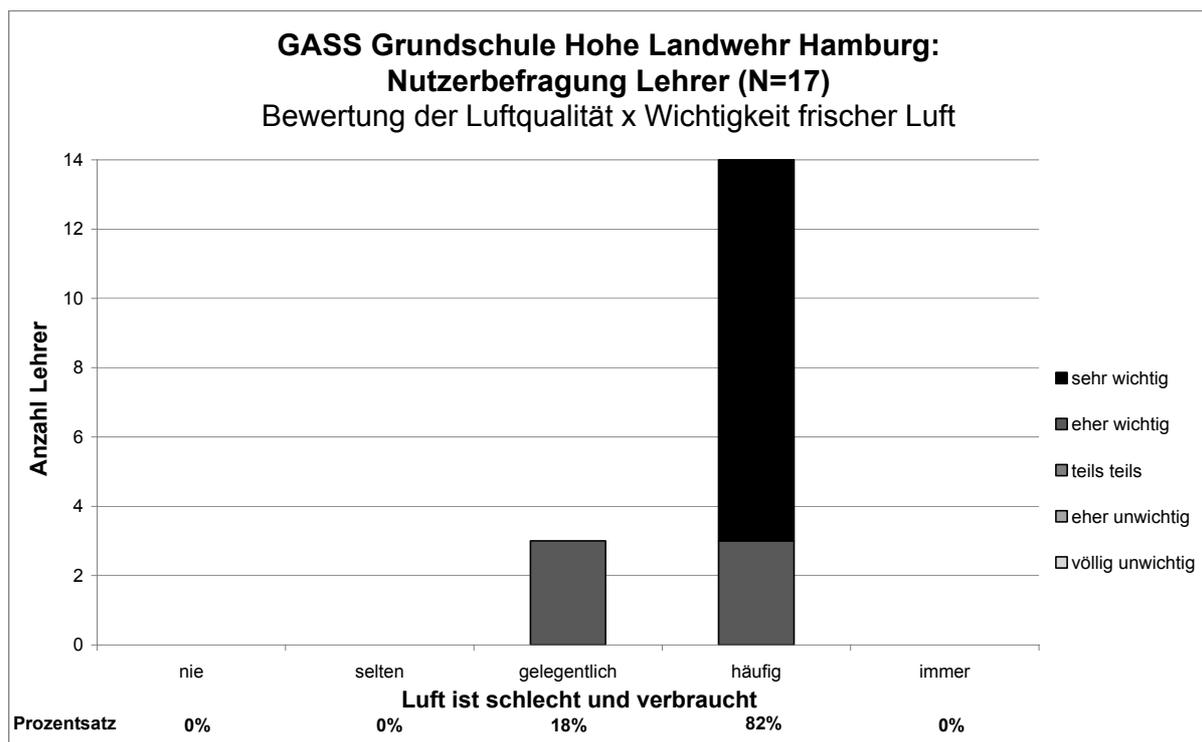


Bild 395 Nutzerbefragung Luftqualität Lehrer

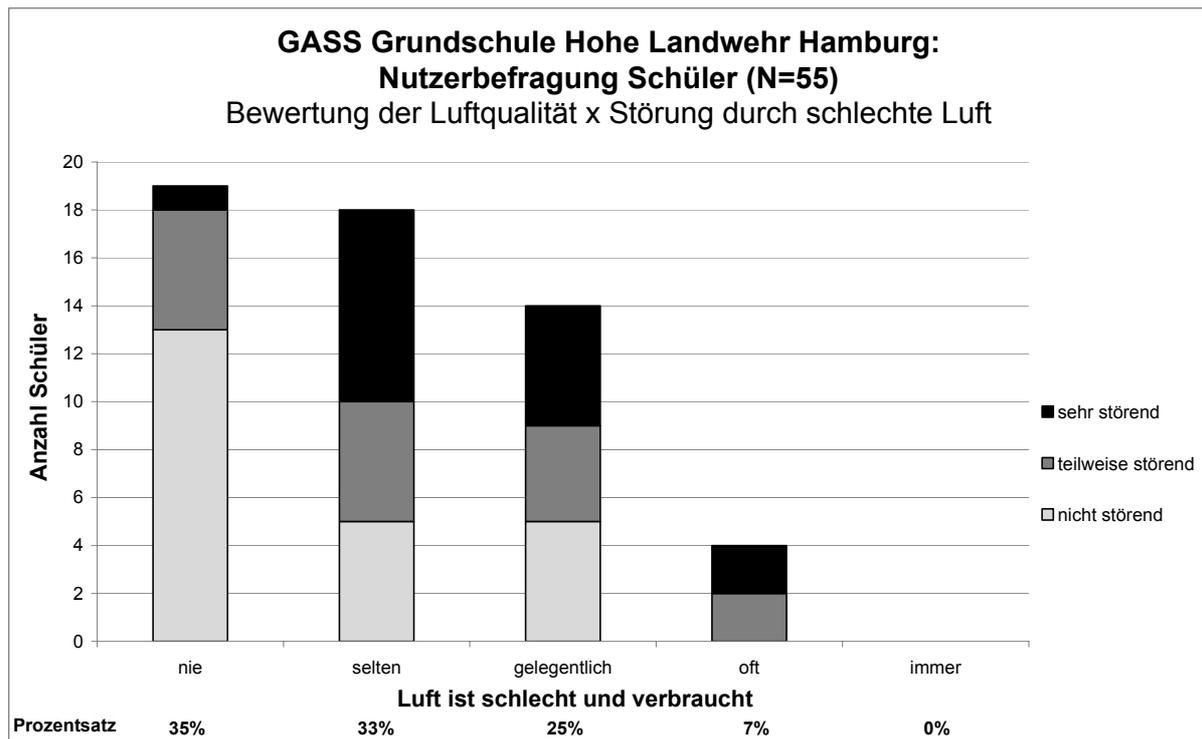


Bild 396 Nutzerbefragung Luftqualität Schüler

Die Luftqualität in der Hamburger Schule ist laut der Messergebnisse im Winter als eingeschränkt und im Übergang wie Sommer als wenig eingeschränkt zu bewerten.

Die Quervergleiche der gemessenen Luftqualität mit der Nutzerbefragung entsprechen der allgemeinen Beurteilung der Lehrer und Schüler nur wenig. Während die tatsächliche Luftqualität eher dem mittleren Bereich zuzuordnen ist, sind die Beurteilungen der Lehrer weit negativer und die der Schüler weit positiver als die Messwerte. Bei Beurteilung aller Schulen bestätigt sich die Beobachtung, dass die Lehrer eher zu schlechterer Bewertung und die Schüler eher zu besserer Bewertung der Raumluftqualität tendieren. Gründe können in der ausgeprägten Fähigkeit zur kritischen womöglich zu kritischen Beurteilung der Lehrer und in den altersbedingt geringeren Urteilsvermögen der Grundschüler liegen.

10.5.4 Raumtemperatur

In den weiteren Untersuchungen werden die Temperaturgrenzbereiche um 20°C und 26°C^{146 147} betrachtet. In Bild 398 sind entsprechende Behaglichkeitsbereiche in Abhängigkeit der Außentemperatur nach DIN 1946 Teil 2 dargestellt.

¹⁴⁶ DIN EN 15251 (2007):Eingangsparameter für das Raumklima

¹⁴⁷ Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2001): Arbeitsstättenrichtlinien (ASR 6

Die Stundenmittelwerte der Lufttemperaturen, die während der Unterrichtszeit in den drei Klassenräumen gemessen worden sind, werden im Folgenden untersucht.

Zu berücksichtigen ist bei der Untersuchung, dass die Hamburger Außentemperaturen im Sommer 2008 innerhalb der Unterrichtszeit mit einem Maximalwert von 33,5°C und einem Mittelwert von 19,8°C recht moderat waren. Betrachtet man den Gesamtzeitraum mit den Ferien, lagen zwei der drei Hitzeperioden mit maximalen Außentemperaturen bis 30°C in den Sommerferien.

Die mittlere Außentemperatur im Winter liegt bei 2,0 °C, bei einem Minimum von -12,5°C.

Zur ersten Übersicht werden die Stundenmittelwerte in Bild 397 mit dem jeweiligen Minimum und Maximum auf die Jahreszeit bezogen dargestellt.

Die höchste Raumtemperatur ergibt sich im Klassenraum BT B Ost mit 30,0°C, die niedrigste im Klassenraum BT C Süd mit 15,6°C.

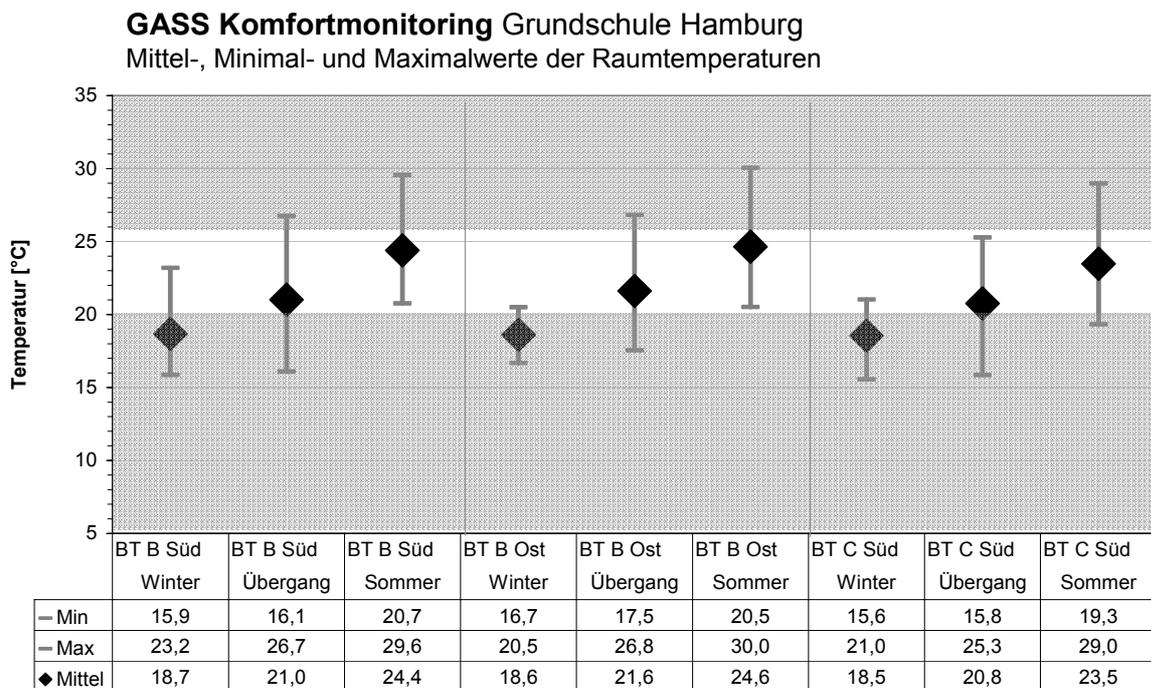


Bild 397 Mittelwerte Raumtemperaturen

Um die Messwerte der drei Klassenräume genauer bewerten zu können, sind in Bild 398 die Raumlufttemperaturen über die Außentemperaturen aufgetragen worden. Dazu sind in Anlehnung an die DIN 1946 die empfohlenen Temperaturbereiche graphisch dargestellt. Es werden alle Schultage im Zeitraum eines Jahres von Montag bis Freitag in der Zeit von 8:00 bis 13:00 Uhr außerhalb der Ferien betrachtet.

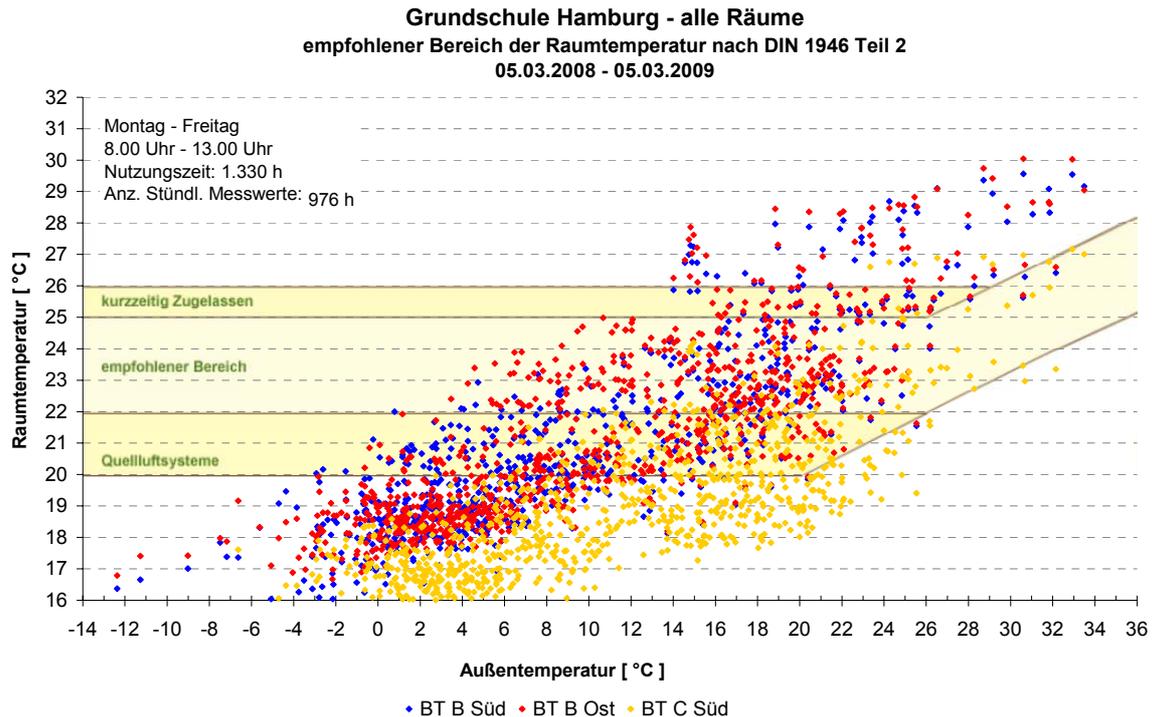


Bild 398 Bewertung Temperatur alle Klassenräume

Bild 398 veranschaulicht die Unter- bzw. Überschreitungen der Behaglichkeitsgrenzen in Abhängigkeit der Außentemperatur. In einem Kernbereich mit typischen winterlichen Außentemperaturen von -2°C bis 6°C stellen sich in den Messräumen Raumtemperaturen unter 20°C ein. Bei Außentemperaturen unter 20°C werden in den Räumen BT B Süd und BT C Süd schon Raumtemperaturen unter 20°C gemessen. Dies deutet auf ein Lüftungsverhalten hin, bei dem bei mäßig warmen Außentemperaturen dauerhaft gelüftet wird. Der Raum im Bauteil B Ost hat im Vergleich ein höheres Temperaturniveau, ein kühleres Niveau ist in BT C Süd zu erkennen.

Einige Überschreitungen der Raumtemperatur von 26°C stellen sich beim Raum im Bauteil B Süd und BT B Süd schon ab Außentemperaturen von 14°C ein. Dies deutet auf den Einfluss der tief stehenden Sonne in der Übergangszeit und im Winter auf die Südfassade bei geschlossenen Fenstern hin.

Zur genaueren Beurteilung des thermischen Komforts werden in Bild 399 und Bild 402 die prozentualen Anteile an warmen und kalten Raumtemperaturen dargestellt.

10.5.4.1 Raumtemperatur Sommer

Bild 399 zeigt die Anzahl und die prozentualen Anteile der Raumtemperaturen, die kleiner als 26°C bzw. größer als 25°C sind, und damit als „noch behaglich“ betrachtet werden können, und die Anteile von Temperaturen größer als 26°C, die dem „unbehaglichen“ Bereich zu zuordnen sind.

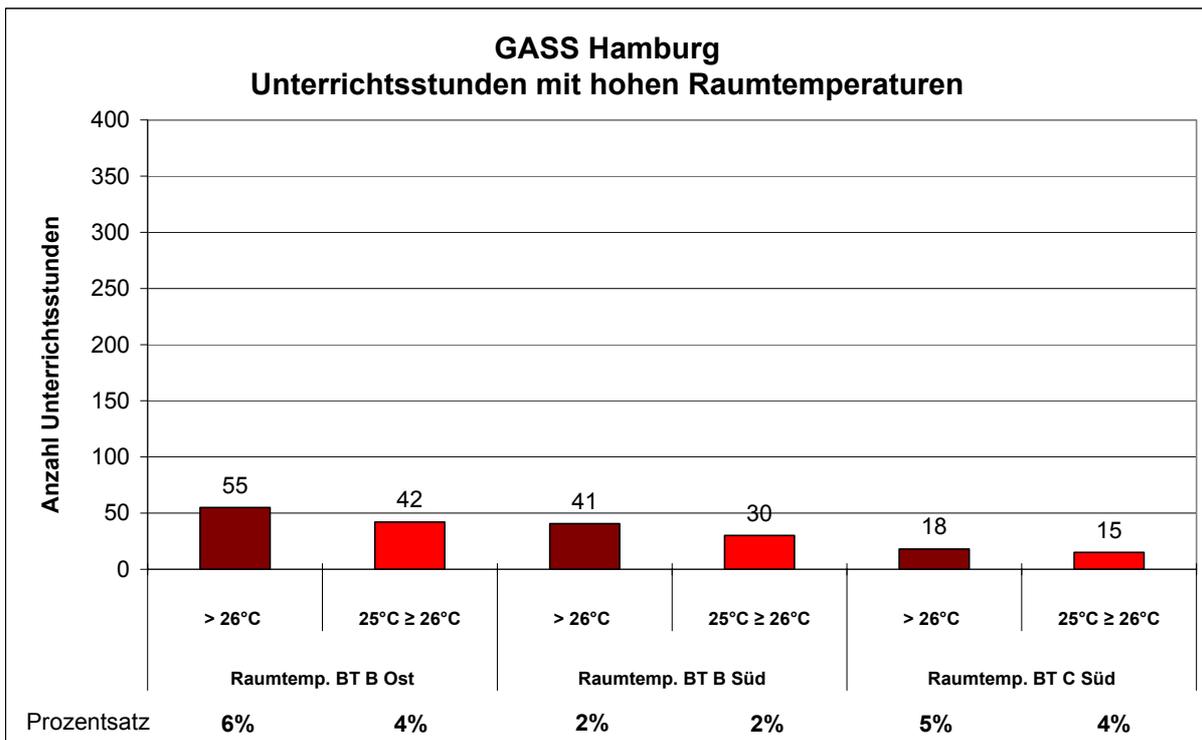


Bild 399 Vergleich hohe Klassenraumtemperaturen

Maximal sind im Klassenraum mit Ostausrichtung 55 Stunden über 26°C Raumtemperatur gemessen worden. Mit 6 % bzw. 5 % haben der ostorientierte Raum und der Raum im Bauteil B Süd die höchste Anzahl an Überhitzungsstunden über 26°C in der Schulzeit. Damit ist die thermische Behaglichkeit eingeschränkt zu bewerten. Der südorientierte Raum im BT C hat mit 2 % die geringste Anzahl an Überhitzungsstunden über 26°C, was aufgrund vergleichbarer baulicher Bedingungen mit dem Südraum im BT B eher mit den Nutzungsrandbedingungen wie unterschiedlichen Nutzerverhalten beim Lüften, dem Schließen der Vorhänge sowie der Belegungszeiten zu erklären ist.

Deutlich wird hier die Abhängigkeit der Belegungszeit mit dem Zeitpunkt der solaren Einstrahlung in die Räume. Anders als bei den Betrachtungen von Büroräumen, die von 8:00 bis 18:00 Uhr betrachtet werden, sind die Räume der Grundschule Hohen Landwehr entsprechend der Unterrichtszeit von 8:00 bis 13:00 Uhr betrachtet worden. Aufgrund des zeitlichen Anteils hat die solare Einstrahlung auf die Südfassade am Mittag weniger Einfluss.

Abschließend werden die Messergebnisse mit den Bewertungen der Nutzerbefragung von Schüler und Lehrern verglichen. Zur weiteren Bewertung der Antworten zur Temperatur sind die Wichtigkeit der Raumtemperatur bzw. das Maß der Störung durch zu hohe oder niedrige Temperaturen dargestellt.

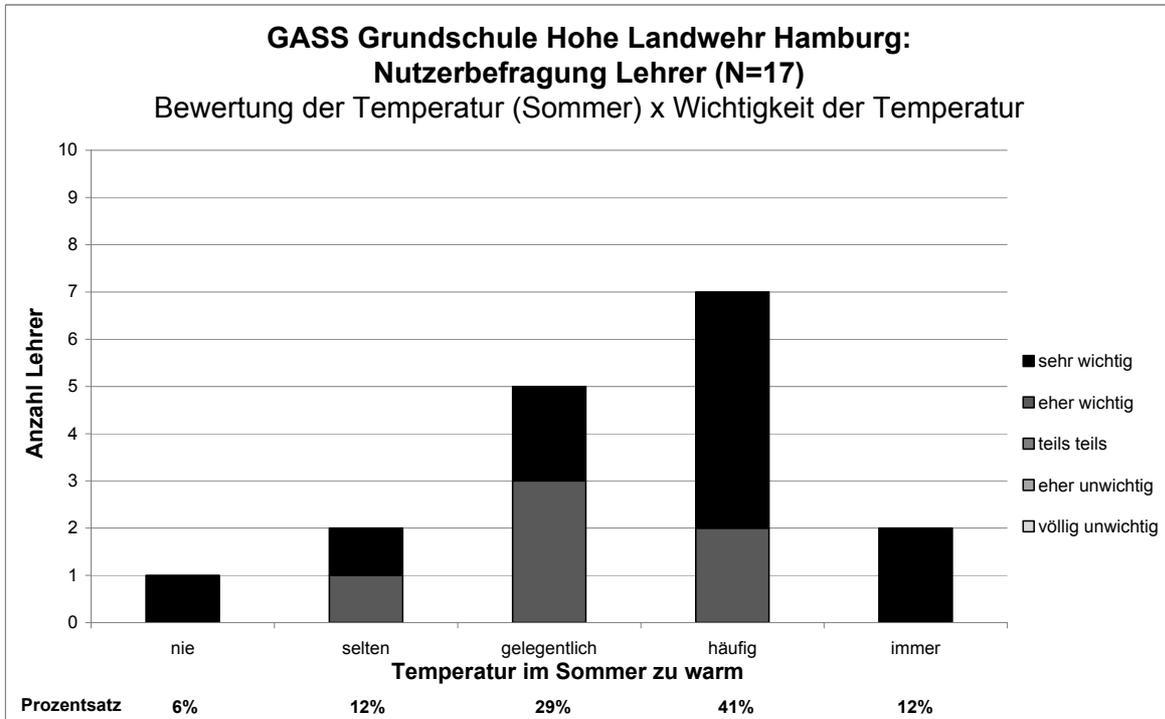


Bild 400 Nutzerbefragung Raumtemperatur Sommer Lehrer

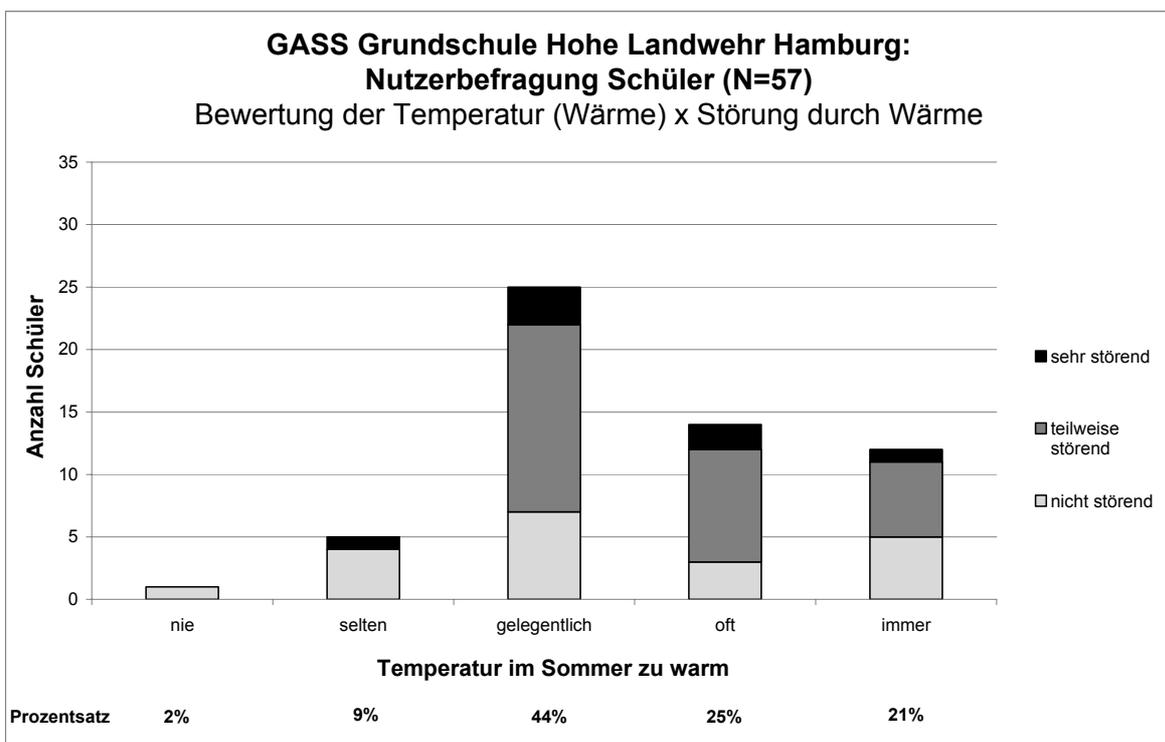


Bild 401 Nutzerbefragung Raumtemperatur Sommer Schüler

Die Mehrheit der Schüler und Lehrer der Grundschule empfinden die sommerlichen Temperaturen im Klassenraum allgemein als „häufig bis immer zu hoch“. Die Raumtemperatur in den Klassenräumen wird von den 17 befragten Lehrern von 53 % mit „häufig bis immer zu warm“ bewertet. Alle Lehrer bewerten die Temperaturhöhe im Sommer allgemein als „eher wichtig bis sehr wichtig“ für ihre Arbeit. 46 % der befragten 57 Schüler beurteilen die Raumtemperatur im Sommer als „oft bis immer zu warm“, 44% als „gelegentlich zu warm“. Die hohen Raumtemperaturen sehen die Schüler allerdings als weniger störend an als die Lehrer.

Bei Untersuchung über die hier dargestellten Diagramme hinaus werden die Räume des Kreuzbaus mit Ostorientierung und von drei der vier dort unterrichtenden Lehrer als „immer zu heiß“ oder „oft zu heiß“ bewertet.

Demgegenüber steht der einzige Raum im Kinderhort mit Nordorientierung, der von der dort tätigen Lehrkraft als im Sommer „nie zu heiß“, aber „oft zu kalt bewertet“ wird.

10.5.4.2 Raumtemperatur Winter

Bild 402 zeigt die Anzahl und die prozentualen Anteile der Raumtemperaturen, die kleiner als 19°C bzw. größer als 19°C und kleiner als 20°C sind und damit im unbehaglichen Bereich liegen.

Der sehr hohe Anteil an niedrigen gemessenen Klassenraumtemperaturen unter 19°C in allen Räumen ist auffallend. Der winterliche Mittelwert sämtlicher Klassenräume liegt mit rd. 18,6°C sogar deutlich im unterhalb der Behaglichkeitsgrenze von 19°C.

Die höchste Anzahl kühler Temperaturen unter 19°C haben sich mit 41 % im Klassenraum Süd BT C und mit 38 % im Klassenraum Süd BT B eingestellt. Im Klassenraum Ost des Altbaus liegt sie mit 28 % der Raumtemperaturen unter 19°C niedriger.

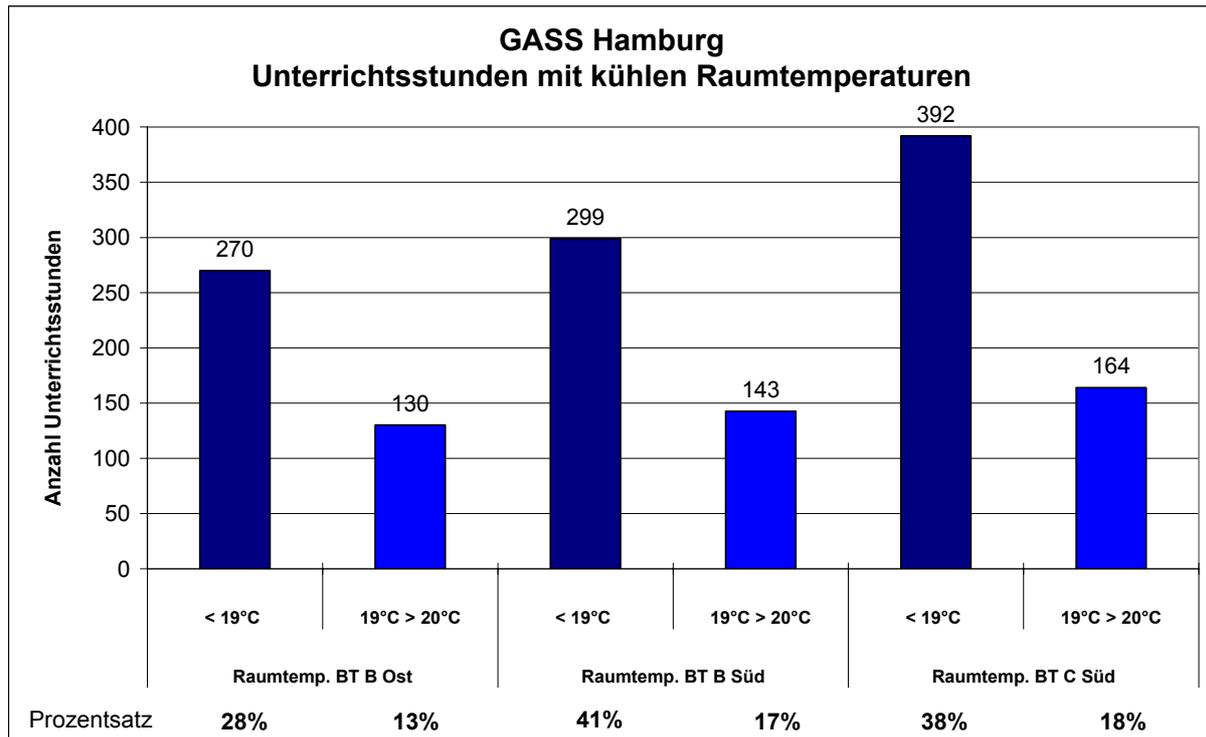


Bild 402 Vergleich niedrige Klassenraumtemperaturen

Unter einer Grenztemperatur von 20°C liegen in der Unterrichtszeit 41 % im Raum Ost BT B, 48 % im Raum Süd BT B und 56 % im Raum Süd BT B.

Durch den tageszeitlich bedingten geringeren Solareintrag während der Unterrichtszeit ist der Anteil kühler Temperaturen in den südorientierten Räumen besonders hoch. Der Ostraum kann durch die Kombination interner Gewinne der Schüler und Lehrer sowie solarer Gewinne am Morgen und am Vormittag die kühlen Temperaturen schneller ausgleichen.

Eine Erklärung für den hohen Anteil an kühlen Temperaturen sind Auskühlungen, die besonders zu Unterrichtsbeginn gemessen worden sind. In Bild 403 ist die Häufigkeit der gemessenen Stundenmittelwerte mit Raumtemperaturen unter 19°C in Abhängigkeit der Tageszeit aufgetragen worden.

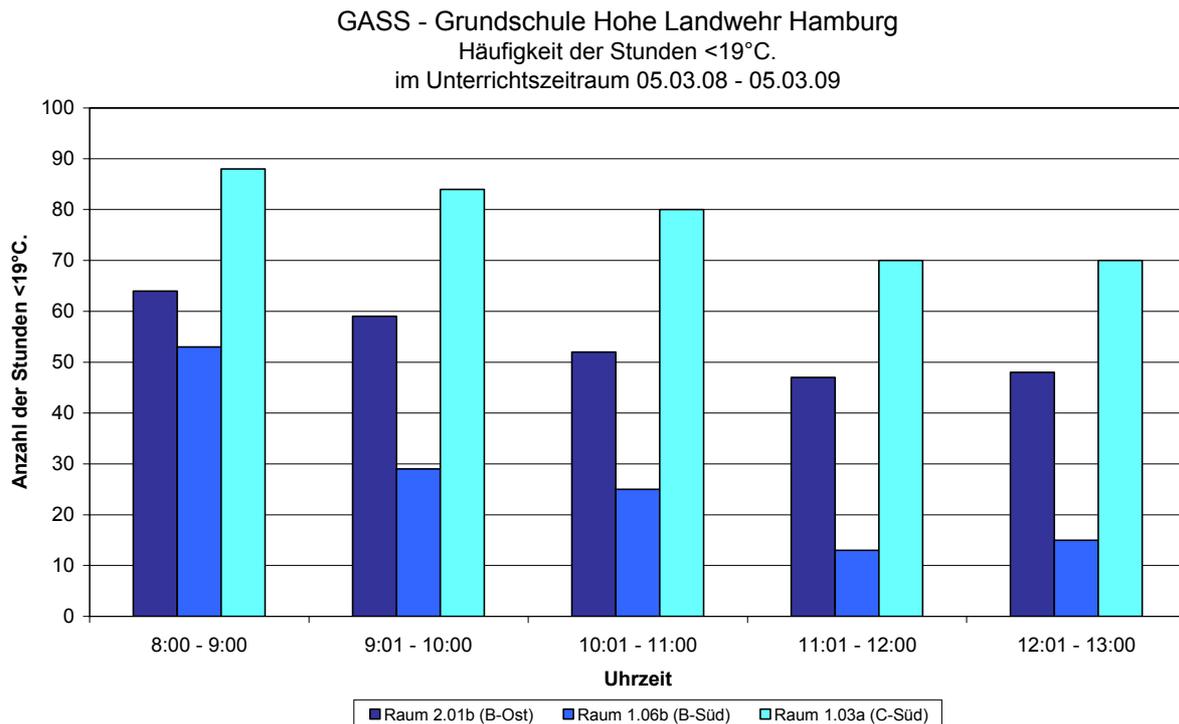


Bild 403 Verteilung kalte Raumtemperaturen nach Uhrzeit

Im Vergleich zu den anderen Schulen verteilen sich die kalten Raumtemperaturen gleichmäßiger auf den Tag verteilt. Die Anteile zum Unterrichtsbeginn sind zwar durch die Temperaturabsenkung außerhalb des Unterrichts und durch die schlechte Qualität der Gebäudehülle am höchsten. Die Ausprägung ist aber geringer, was einen stärkeren Einfluss der über die Messungen vergleichsweise regelmäßig bewerteten Fensterlüftung vermuten lässt. Dazu gehört das Lüftungsverhalten, was über den gesamten Tag verteilt auch über die notwendige Stosslüftungen hinaus zu Auskühlungen führt, aber auch eine zeitweilige Nichtnutzungen in der eigentlichen Unterrichtszeit.

Bei ähnlicher Auswertung in Abhängigkeit der Jahreszeit ist eine eindeutige Verteilung auf die Monate mit geringen Außentemperaturen zu erkennen.

Im Quervergleich mit der Nutzerbefragung bewerten nur 14 % der Lehrer in Bild 404 die Raumtemperaturen im Winter als „häufig zu kalt“ und ebenfalls 14 % als „gelegentlich zu kalt“. 57 % der Lehrer sagen, dass die Temperatur „selten zu kalt“ ist.

44% der Schüler dagegen bewerten die Raumtemperatur in Bild 404 als „oft bis immer zu kalt“. Dieses wird im Vergleich zu den Lehrern als weniger störend empfunden.

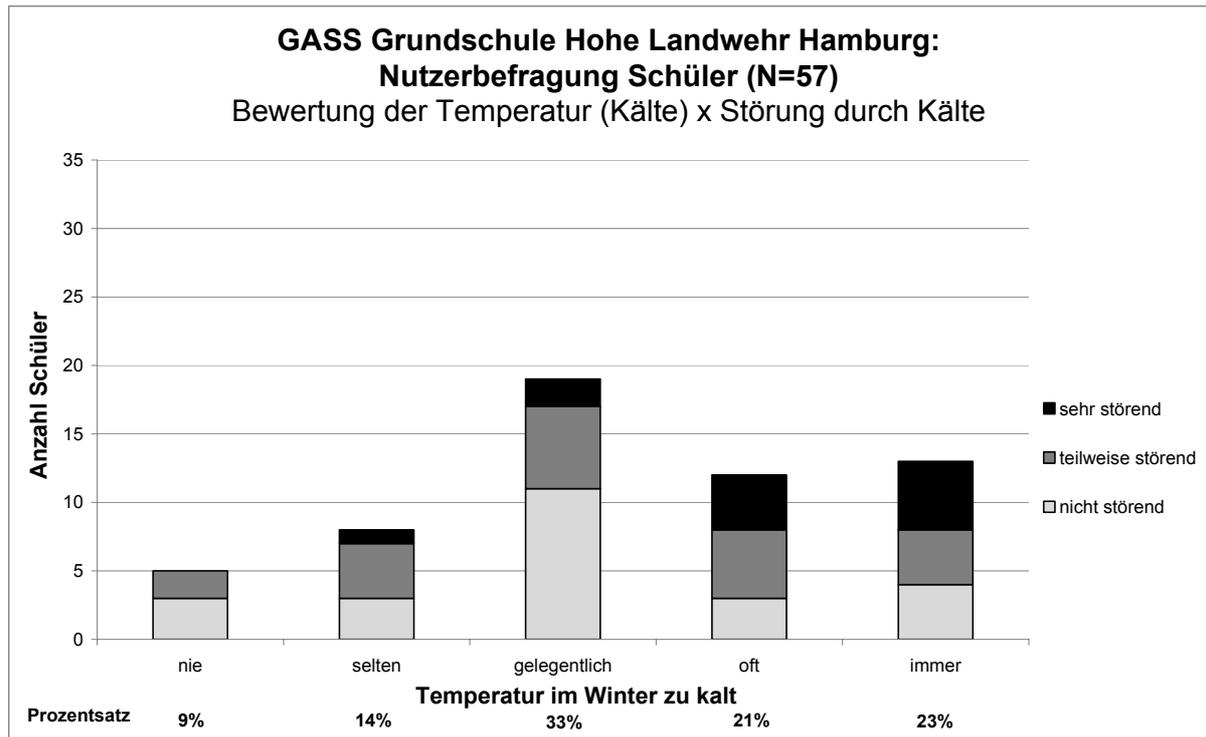


Bild 404 Nutzerbefragung Raumtemperatur Winter Schüler

10.5.5 Raumlufffeuchte

Zunächst werden die Messwerte in Anlehnung an die DIN EN 15251 bewertet nach Höhe der relativen Raumlufffeuchte:

- „unbehaglich trocken“ < 20% RH
- „unbehaglich feucht“ > 70% RH

Die Bereiche von 20 bis 30 % RH und 60 bis 70 % RH werden als „noch behaglich“ angenommen.

In allen drei Messräumen sind in der Unterrichtszeit maximale Raumlufffeuchten über 70% gemessen worden. Die erhöhten Werte liegen vor allem im Sommer und in Teilen der Übergangszeit. Der Maximalwert ist im Bauteil C Süd mit 81 % RH im Sommer und der Minimalwert im Bauteil B Süd mit 26 % RH im Winter gemessen worden.

Betrachtet man die prozentualen Anteile der Raumlufffeuchten liegen nur 1 % aller Unterrichtsstunden der drei Räume im unbehaglichen Bereich über 70 % RH. Im noch behaglichen Bereich von 60 bis 70% RH haben die Klassenräume BT B Ost und BT C Süd erhöhte Anteile von 15 % und 12 %.

GASS Komfortmonitoring Grundschule Hamburg
Mittel-, Minimal- und Maximalwerte der relativen Raumlufffeuchten

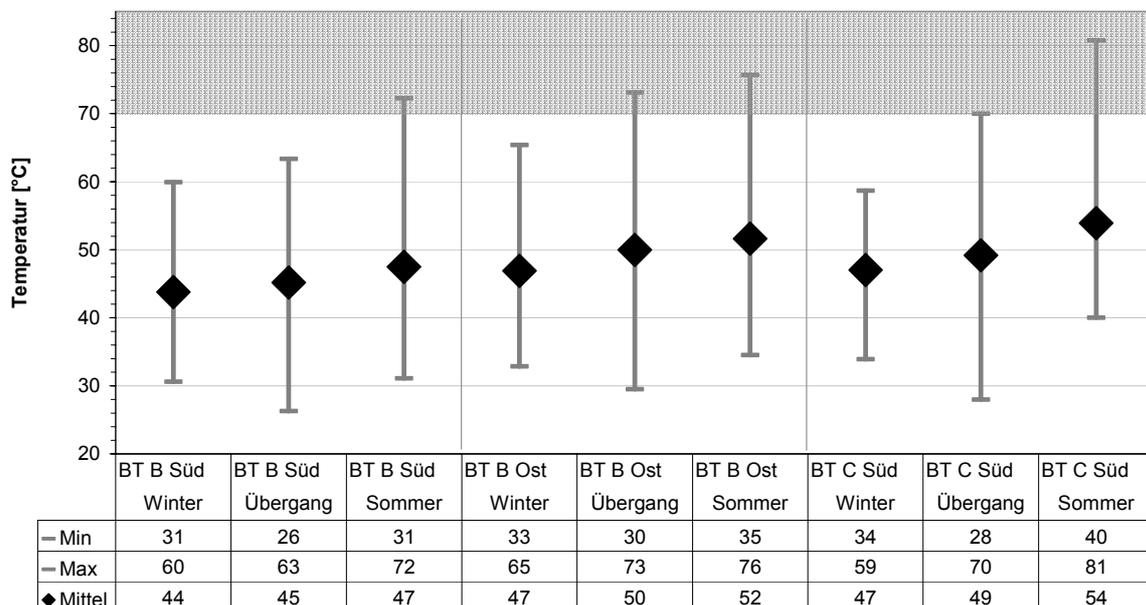


Bild 405 Mittelwerte Relative Raumlufffeuchte

Im unbehaglich trockenen Bereich unter 20% relativer Feuchte sind in der Unterrichtszeit keine Werte gemessen worden. Im noch behaglichen trockenen Bereich von 20 bis 30 % RH liegen in den Räumen nur 1% der Werte.

Die gemessenen Raumlufffeuchten lassen für die Hamburger Schule keine Einschränkung der Behaglichkeit erkennen.

10.5.6 Tages- und Kunstlicht

Tageslicht

Zur Beurteilung der Tageslichtqualität sind am 06.03.09 in typischen Räumen der Bauteile A-Verwaltung, B- Kreuzbau und F- Fachklassentrakt die Beleuchtungsstärken gemessen worden. Die Beleuchtungsstärke Außen betrug während der Messung bei bedecktem Himmel etwa 11.000 lx.

Im folgenden Bild sind die Fensterflächenanteile der gemessenen Räume zusammengetragen worden. Die Räume entsprechen den Messräumen der Langzeitmessung. Unterschieden werden die Fassaden in Hauptfassaden und Nebenfassaden mit Oberlichtern.

Hohe Landwehr Hamburg			BT B Süd	BT B Ost	BT C Süd	BT F Süd
			1.OG	2.OG	1.OG	EG
	Raumtiefe	m	7,94	7,05	8,20	7,56
	Raumfläche	m ²	63,49	63,32	69,16	67,00
Hauptfassade	Orientierung		Süd	Ost	Süd	Nord
	Gesamtfläche	m ²	31,00	31,50	30,30	31,43
	Fensterfläche	m ²	19,50	19,70	20,21	17,60
	Fensterflächenanteil	%	63%	63%	67%	56%
	Verhältnis Fenster-zur Raumfläche	%	31%	31%	29%	26%
Nebenfassade	Orientierung		Nord	West	Nord	Süd
	Gesamtfläche	m ²	31,15	30,80	30,30	31,43
	Fensterfläche	m ²	11,00	10,90	11,55	12,06
	Fensterflächenanteil	%	35%	35%	38%	38%
	Verhältnis Fenster-zur Raumfläche	%	17%	17%	17%	18%

Tabelle 47 Fensterflächenanteile Hohe Landwehr Hamburg

Die Fensterflächenanteile betragen für die Bauteile B und C Süd an der Hauptfassade etwa 63 % und für die Nebenfassaden mit Oberlichtern 35 %. Der Raum im Bauteil F hat mit 56 % den geringsten Anteil. Die Raumtiefen reichen von 7,05 bis 8,20 Meter.

Vorteilhaft ist für die Räume der Bauteile B und C die zweiseitige Belichtung von der Haupt- und Nebenfassade, da dieses den Tageslichtquotienten in der Raumtiefe erhöht. In diesen Bauteilen werden ausreichend gute Tageslichtverhältnisse erreicht.

GASS Grundschule Hamburg
Tageslichtquotient

06.03.09 12:00h

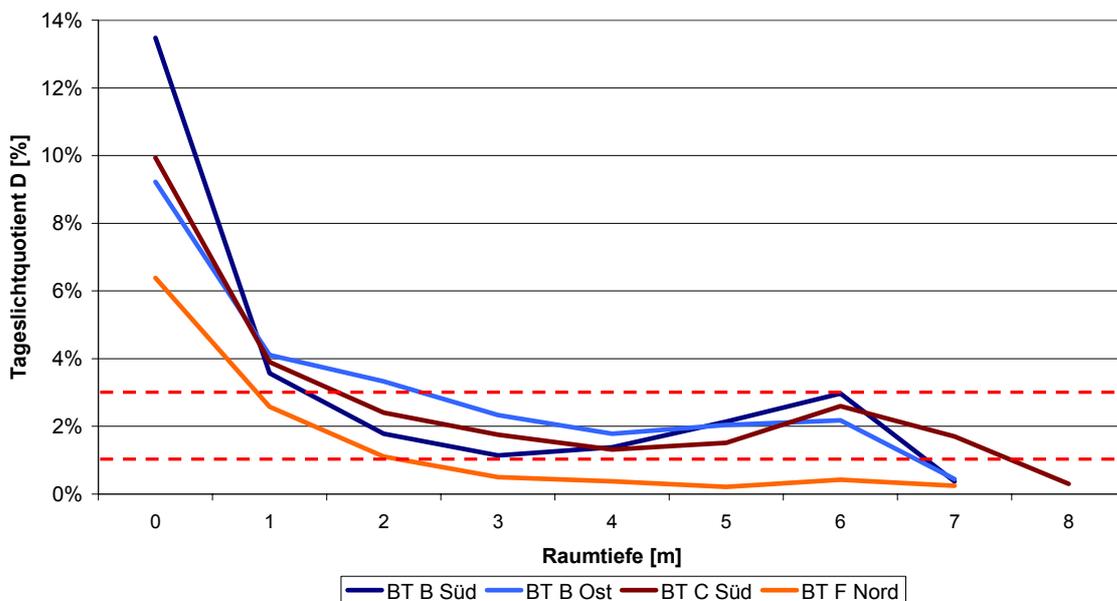


Bild 406 Tageslichtquotient Hamburg

Die besten Tageslichtverhältnisse ergeben sich für den Unterrichtsraum im Bauteil B Ost. Im Bereich der Arbeitsplätze sinkt der Tageslichtquotient in einer Raumtiefe von 4 m bis minimal 1,8 % ab. Auch die Räume BT B Süd und BT C Süd sinken mit Tageslichtquotienten von 1,1 und 1,3 % nicht unter den Grenzbereich von 1,0 % ab.

Der Tageslichtquotient im Raum BT F sinkt schon nach 2 Meter Raumtiefe unter den Grenzbereich von 1,0 % ab und erreicht ein Minimum von 0,2 %. Begründet ist der schlechte Tageslichtanteil durch den geringeren Fensterflächenanteil der Nordfassade bei gleichzeitig hoher Verschattung durch Büsche. Über die Oberlichter der südlichen Nebenfassade wird der Tageslichtanteil kaum erhöht, da sie durch eine 2,40 m auskragende Deckenplatte stark verschattet wird.

Im Raum BT Ost sinkt die Beleuchtungsstärke zum Zeitpunkt der Messung nicht unter die geforderten 180 lx ab. Die Räume BT B Süd und BT C Süd sinken in einem zwei Meter breiten Bereich unter Beleuchtungsstärke 180 lx ab. Die Beleuchtungsstärke für den Raum BT F liegt bereits ab einem Abstand von 2 Meter von der Nordfassade unterhalb des Richtwerts.

Der Verglasungsanteil ist in den Bauteilen B und C als gut und im Bauteil F aufgrund der beschriebenen Verschattungen als zu gering zu bewerten. Ansatzpunkt zur Verbesserung ist eine Rückschnitt der Büsche und Sträucher vor allem vor der Nordfassade aber auch der Südfassade des Bauteils F. Dies ist aber mit dem Sonnenschutzkonzept der Südfassade im östlichen Bereich abzustimmen.

Künstliche Beleuchtung

Die in der Bestandsaufnahme ermittelten spezifischen Kennwerte für die installierte Beleuchtungsleistung werden im Folgenden mit den jeweiligen nutzungsabhängigen Richtwerten für installierte Lampenleistungen pro Fläche NGF nach dem „Leitfaden Elektrische Energie – LEE“ verglichen und als Maß für das Optimierungspotential angenommen.

Als Richtwerte für einen Unterrichtsraum werden danach bei einer geforderten Beleuchtungsstärke von 300 Lux eine installierte Lampenleistung von 10,0 W/m² (einfach) bzw. 7,5 W/m² (verbessert) empfohlen.

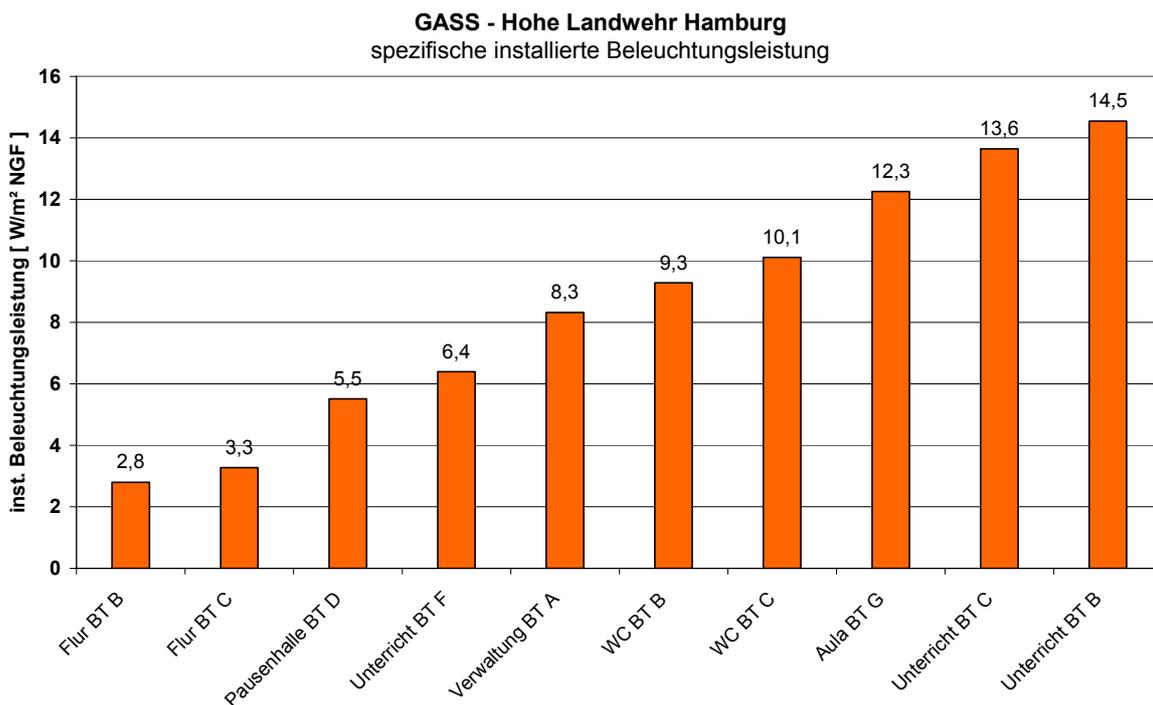


Bild 407 Installierte Beleuchtungsleistung Hamburg

Die installierten Beleuchtungsleistungen der Unterrichtsräume reichen von 14,5 W/m² im Bauteil B bis 6,4 W/m² im Bauteil F. Dabei entspricht die installierte Leistung im Bauteil F zwar weitgehend dem unteren Zielwert von 7,5 W/m². Aufgrund der Abdeckungen ist allerdings von einer unzureichenden Beleuchtungsstärke auszugehen. Es wird der Einbau moderner Spiegelrasterleuchten empfohlen

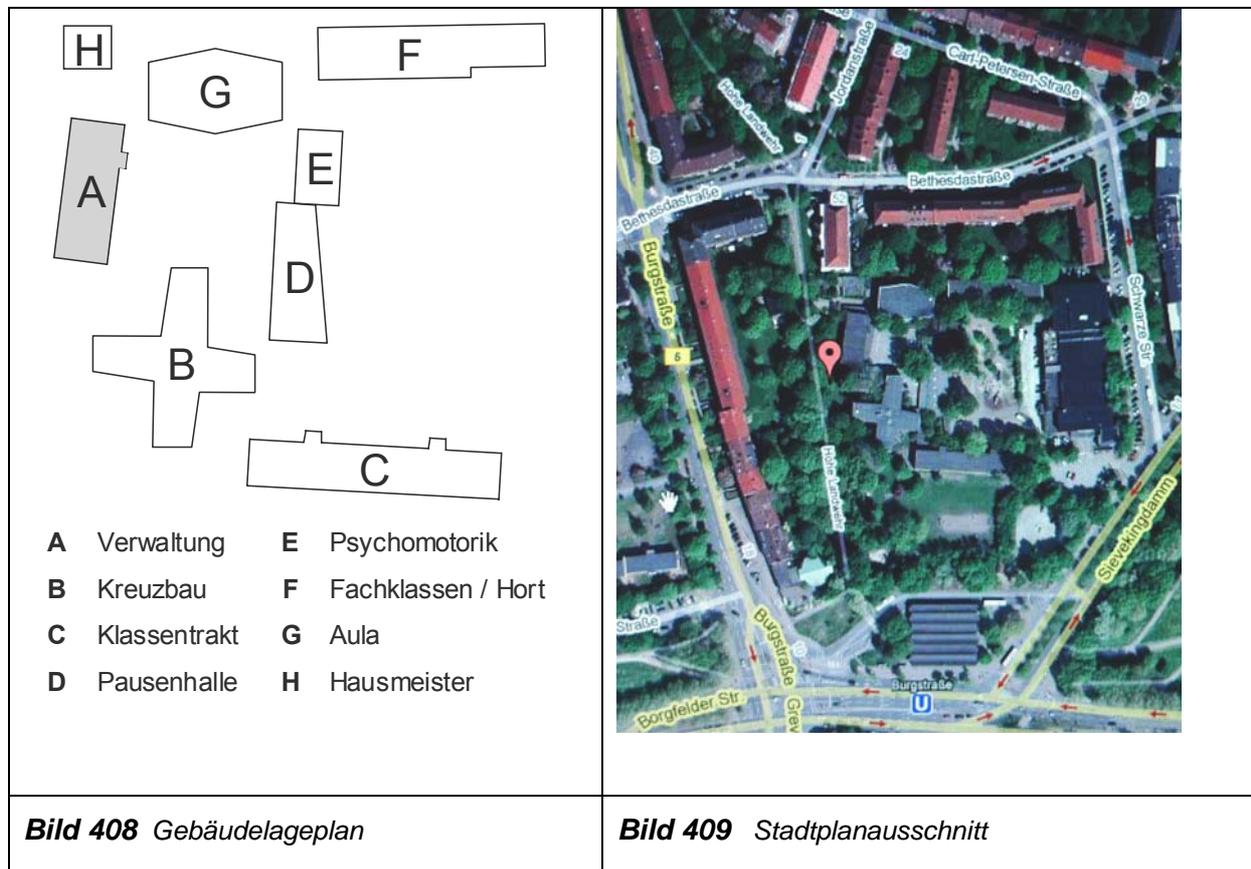
Die hohe Beleuchtungsleistung im Bauteil B und C kann im Fall einer Sanierung der Beleuchtungsanlagen durch Anpassung an den verbesserten Zielwert von 7,5 W/m² fast halbiert werden. Diese Größenordnung gilt auch für die Aula als Versammlungsraum.

Die installierten Leistungen in den Flurbereichen der Bauteile B und C sind etwas gering, eine Verbesserung ist über den Verzicht der ineffizienten Abdeckungen möglich.

Dies gilt in Hamburg für alle Unterrichtsräume. Keine der Beleuchtungsanlagen in der Schule hat eine bedarfsgerechte Beleuchtungssteuerung oder elektronische Vorschaltgeräte. Im Rahmen einer Gesamtanierung werden die Berücksichtigung dieser Komponenten sowie der Einbau von hochreflektierende Spiegelrasterleuchten zur Erhöhung der Effizienz empfohlen. Eine Reduzierung des Stromverbrauchs um etwa 75 % wird dadurch möglich.

10.6 Akustik

Der Stadtplanausschnitt illustriert die Lage der Schulgebäude „im Grünen“ auf weitläufigem Gelände. Erkennbar ist auch, dass zur nächst gelegenen Hauptstraße eine vorgelagerte geschlossene Häuserzeile für akustische Abschirmung sorgt.



Die akustischen Untersuchungen erstreckten sich auf die 7 von A bis G in Bild 408 bezeichneten Gebäude, bei denen teilweise Räume in zwei Etagen (C und F) und im „Kreuzbau“ (B) in drei Etagen zu untersuchen waren.

10.6.1 Außenlärm und Störgeräuschpegel im Gebäude

Wie von der Lage der Schulgebäude zu erwarten, konnte keinerlei Verkehrslärm als „Außenlärm“ vor den Fassaden der Schulgebäude festgestellt werden, der sich als Innenlärmpegel auswirken könnte. Es wurde daher auf Messungen zur Schalldämmung der Gebäudefassaden verzichtet, da keine spezifischen Anforderungen heranzuziehen waren. Auch technische Störgeräuschquellen (z.B. Heizungs- und Lüftungsanlagen etc.) im Innern der Gebäude konnten nicht festgestellt werden. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Lage der Gebäude inmitten des weitläufigen Außengeländes mit zahlreichen Spielmöglichkeiten dazu führen kann, dass zumindest bei offenen Fenstern Geräuschbeeinträchtigung des Unterricht durch Außengeräusche auftreten kann, die vom

möglicherweise stattfindendem Spielplatzbetrieb auch während des Schulunterrichtes stammen. Hier konnten jedoch keine gesicherten Angaben verfügbar gemacht werden. Zumindest werden diese Gegebenheiten insbesondere bei den subjektiven Aussagen zur akustischen Situation zu berücksichtigen sein.

Die akustischen Untersuchungen beschränken sich im Folgenden hauptsächlich auf die Nachhallzeitverhältnisse unter den Aspekten der Sprachverständlichkeit im Unterricht und auf die Zusammenhänge mit dem Lärmpegel sowohl im Unterricht wie auch in den sonstigen Aufenthaltsbereichen, sei es während der Unterrichtspausen oder auch sonstigen Aktivitäten.

10.6.2 Nachhallzeitmessungen und Beurteilung der Ergebnisse

Es wurde mit der Methode der integrierten Impulsantwort in ca. 60 Räumen bzw. Gebäudebereichen Nachhallzeiten in Terz- und Oktavbändern ermittelt und zunächst die mittlere Nachhallzeit T_m als Mittelwert der Oktavwerte 500 bis 2.000 Hz festgestellt, mit dem in Abhängigkeit vom Raumvolumen berechneten Wert T_{soll} verglichen und entsprechend dem nachfolgend in Bild 410 nochmals gezeigten Schema eingestuft.

DIN 18041:2004-05 : Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen

Nachhallzeit T

$$T_{soll, \text{ Unterricht}} = (0,32 \lg V / \text{m}^3 - 0,17) \text{ s} \quad V = \text{Raumvolumen in m}^3$$

Optimalbereich:  $(T_{soll} \pm 20\%) \text{ s}$

Verbesserung empfehlenswert:  $< ((T_{soll} + 20\%) + 50\%) \text{ s}$

Sanierungsbedürftig:  $> ((T_{soll} + 20\%) + 50\%) \text{ s}$

Beispiel: $V = 200 \text{ m}^3$

$$T_{soll} = 0,57 \text{ s} \quad (T_{soll} + 20\%) = 0,68 \text{ s} \quad [(T_{soll} + 20\%) + 50\%] = 1,0 \text{ s}$$

Bild 410 Schema der Einstufung der festgestellten mittleren Nachhallzeiten T_m

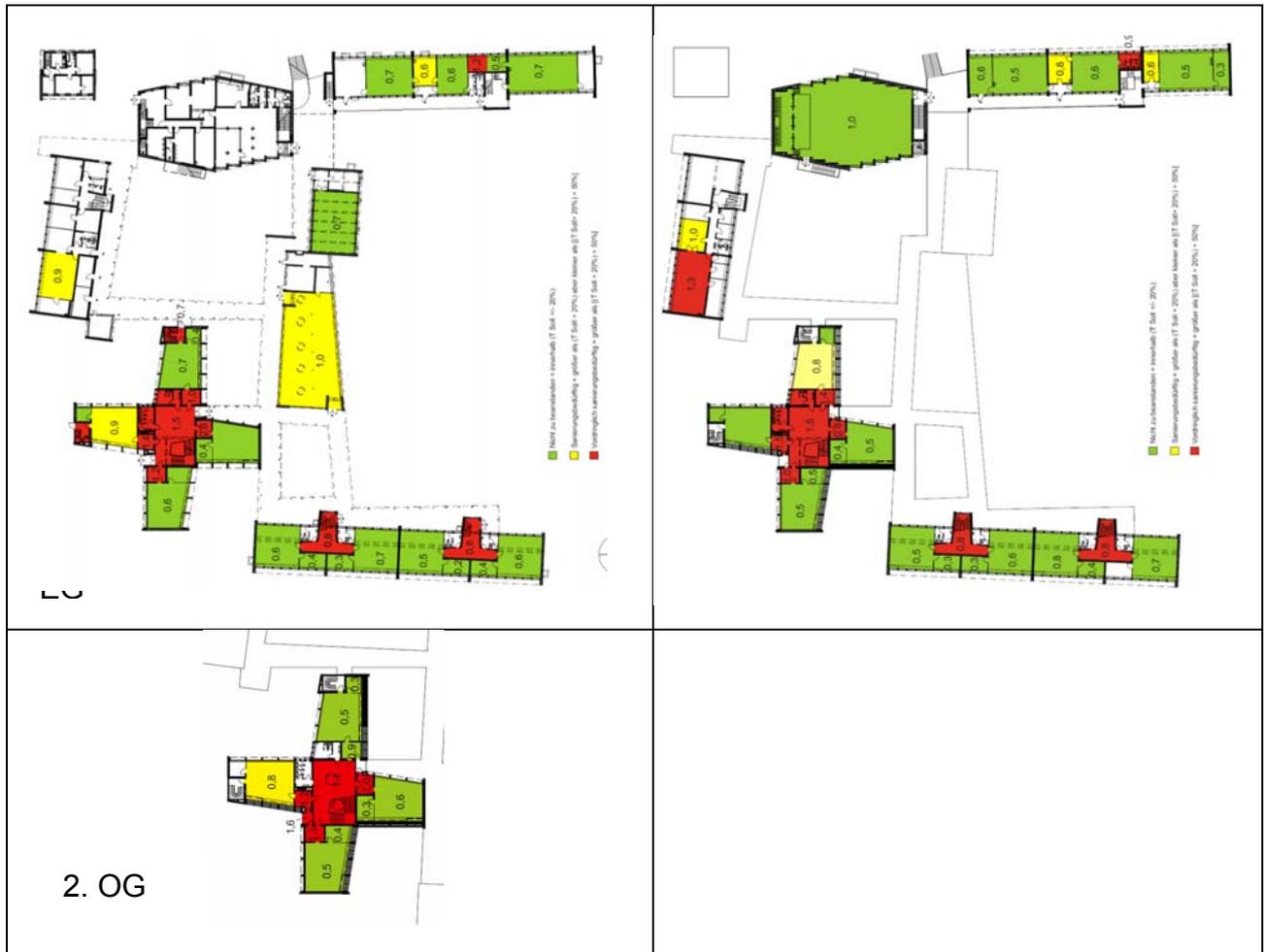


Bild 411 Übersicht: Einstufung der Nachhallzeitverhältnisse in allen Gebäudeteilen

Die Übersicht in Bild 411 lässt bereits erkennen, dass sich als sanierungsbedürftig rot eingefärbte Bereiche ausschließlich nicht auf Unterrichtsräume, sondern insbesondere auf Flure, Treppenhäuser und Gebäudezugangsbereiche erstrecken. Die Unterrichtsräume sind großenteils grün dargestellt, da ihre mittleren Nachhallzeiten im Optimalbereich liegen. Bild 412 verdeutlicht die Verteilung der Messwerte. Es zeigt sich deutlich, dass Unterschiede in den verschiedenen Gebäuden auftreten: Während im Kreuzbau der Großteil der Unterrichtsräume optimal bei ca. 0,5 s Nachhallzeit liegt, findet sich in jeder der 3 Etagen ein Raum mit deutlich höheren Nachhallzeiten von etwa 0,8 s. Hierzu folgt später eine genaue Analyse.

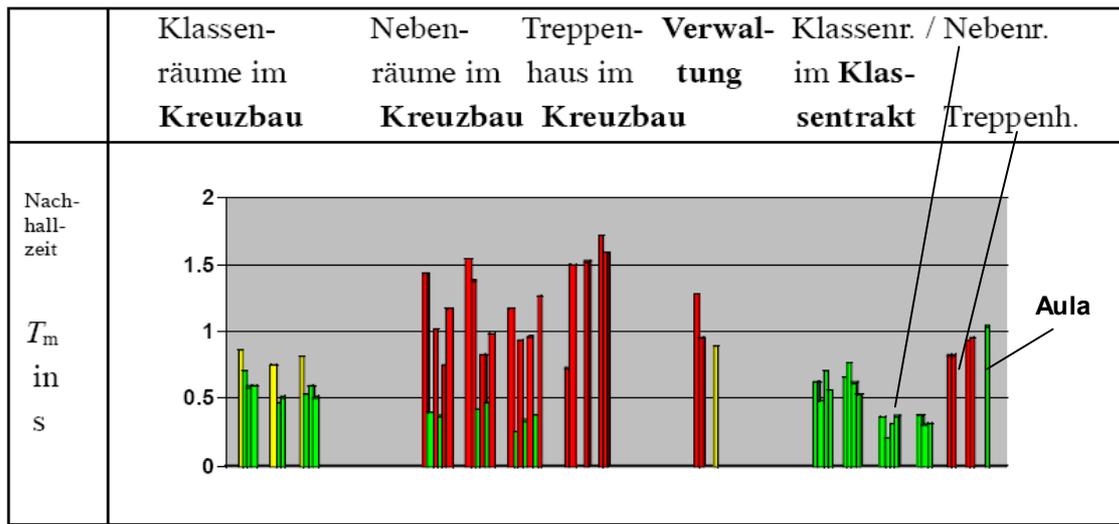


Bild 412 Übersicht zur Höhe der mittleren Nachhallzeiten

Im Klassentrakt (Bauteil C im Bild 413) zeigen alle Klassenräume sowohl im EG wie im OG mittlere Nachhallzeiten im Sollbereich, obwohl eine Gruppe von Räumen Werte um 0,4 s und eine andere Werte zwischen 0,5 s und 0,7 s aufweist. Dies erklärt sich teilweise aus der sehr unterschiedlichen Größe der Räume wie Bild 413 veranschaulicht. Andererseits liegt aber offenbar auch unterschiedliche Leistungsfähigkeit der optisch gleichartig wirkenden ganzflächigen Akustikdecken vor. Insgesamt zeigt die Verteilung der mittleren Nachhallzeiten aber, dass keine dramatisch schlechten akustischen Verhältnisse festzustellen sind. Wie im allgemeinen Teil dieses Berichtes erläutert ist, erreichen mittlere Nachhallzeiten in Unterrichtsräumen unter 0,55 s eine Einstufung beim mittleren Sprachverständlichkeitsindex *STI* von „sehr gut“, alle Unterrichtsräume erreichen damit mindestens das *STI*-Niveau „gut“. Allerdings treten im Treppenhaus des Kreuzbaus und in einem Teil der Nebenräume Nachhallzeitwerte von bis zu 1,7 s auf, so dass diese Bereiche zweifellos als dringend sanierungsbedürftig gelten müssen, wobei der Einbau bzw. die Erneuerung vorhandener Akustikdecken unumgänglich sein dürfte. Andererseits weisen im Klassentrakt nicht nur die Klassenräume hinreichend gute Akustikausstattung aus, sondern auch die Treppenhäuser sind mit Nachhallzeiten von 0,8 s wesentlich besser ausgestattet, wenn auch verbesserungsbedürftig, jedoch nur z.B. durch nachzurüstende Absorber als Wandfriese im Deckenbereich.

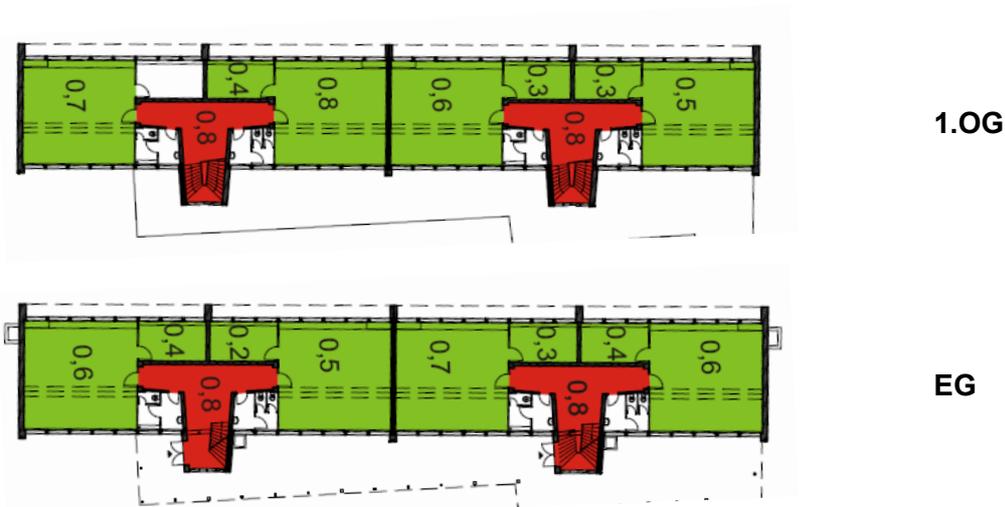


Bild 413 Mittlere Nachhallzeit und ihre Einstufungen in den Räumen des Klassentraktes

Wie bereits erwähnt, ist das Auftreten deutlich unterschiedlicher Nachhallzeiten in optisch völlig gleichartig erscheinenden Räumen besonders auffällig im Bauteil B „Kreuzbau“.

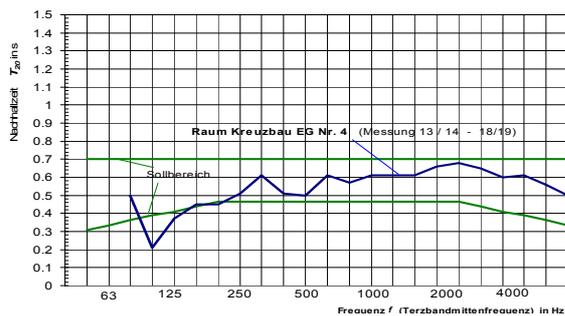


Bild 414 Nachhallzeiten Raum 4 im EG des Kreuzbaus, optimale Werte

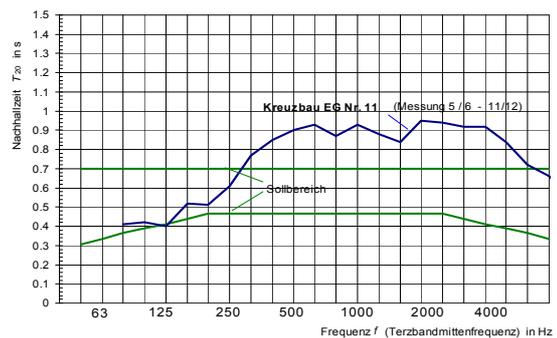


Bild 415 Nachhallzeiten Raum 11 im EG des Kreuzbaus, überhöhte Werte oberhalb 400 Hz

In allen drei Geschossen werden von jeweils 3 Räumen mit mittlere Nachhallzeiten von 0,5 bis 0,7 s die jeweiligen Sollbereiche eingehalten (Bild 414), während jeweils ein Raum eine mittlere Nachhallzeit von 0,8 s bzw. 0,9 s aufweist und damit außerhalb des Sollbereichs liegt (Bild 415).



Bild 416 Ansicht der Decken in den Unterrichtsräumen, in einem Teil der Nebenräume und im Treppenhaus des Kreuzbaus

Die Decken sowohl in den Klassenräumen und teilweise auch in den Nebenräumen sowie im Treppenhaus bestehen aus abgehängten Gipskartonplatten, die etwa zu 40 % der Fläche gelocht sind wie Bild 416 illustriert. Bei endoskopischen Untersuchungen zum Aufbau der Akustikdecken ergab sich, dass die leistungsfähigen Decken eine Mineralwolleauflage im ca. 40 cm tiefen Deckenzwischenraum von 100 mm Dicke aufwiesen, während die deutlich höheren Nachhallzeiten im Frequenzbereich oberhalb 400 Hz immer dann auftraten, wenn die Dicke der Mineralwolleauflagen nur 20 mm betrug. Dieser (akustisch mangelhafte) Aufbau verursacht auch im Treppenhaus des Kreuzbaus die überhöhten Nachhallzeiten. Da auf den jeweiligen Etagen eine große zentrale Fläche von dem Treppenhaus gebildet wird, ist diese als allgemeiner Aufenthaltsraum anzusehen und sollte zur Lärmpegelreduzierung dringend saniert werden. Die kostengünstigste Lösung wäre sicherlich der zumindest teilweise Abbau der abgehängten Decken und Ergänzung der Absorbereinlagen in den Deckenzwischenräumen. Andererseits sollte hier geprüft werden, ob nicht die Reduzierung der Absorberfläche auf etwa die Hälfte bei entsprechend akustisch hochwertigerer Ausstattung dieser Teilfläche und Freigabe der Restfläche zur thermischen Aktivierung der Betondecke eine bauphysikalisch vorteilhafte Alternative darstellt.

Das Lehrerzimmer im Erdgeschoss des Verwaltungstrakts erwies sich mit 0,9 s mittlerer Nachhallzeit als etwas zu hallig, hier ist eine akustische Optimierung durch Abtrennung einzelner akustisch besonders zu schützender Arbeitsbereiche durch schallabsorbierende Stellwände zu empfehlen.

Ein neu eingerichteter Musikraum erwies sich als optimal raumakustisch ausgestattet.

Akustische Mängel wurden festgestellt bei der im Verwaltungstrakt im 3. OG befindlichen Großküche einschließlich des angrenzenden Theorieraums. Die mittleren Nachhallzeiten sind deutlich zu hoch, der Einbau einer Akustikdecke wird empfohlen, denn es sind

Konstruktionen verschiedener Hersteller verfügbar, die den Hygieneansprüchen derartiger Räume entsprechen können.

Bei der eingehenden akustischen Prüfung der Aula ergab sich, dass die mittlere Nachhallzeit des Raumes mit etwas über 1 s und nahezu frequenzunabhängigem Verlauf zwar nicht zu beanstanden ist, jedoch ist das Grundkonzept des Raumes offenbar lediglich nach optischen Gesichtspunkten ausgelegt und berücksichtigt einige akustische Grundsätze nicht. Der Bühnenraum ist wesentlich zu stark bedämpft, so dass keine Unterstützung zur Übertragung von Schallreflexionen aus dem Bühnenraum zu den Zuhörern gegeben wird. Bei einer anstehenden Renovierung des Raumes sollte unbedingt akustische Beratung zum Einbau von Reflektoren und fachgerechter Verteilung von Absorberflächen im Raum in Anspruch genommen werden.

Einen wichtigen Gemeinschaftsraum stellt die große Pausenhalle dar, die offenbar auch für größere Veranstaltungen, Ansprachen, Aufführungen etc. genutzt wird. Der leere Raum erweist sich mit einer Akustikdecke ausgestattet und knapp einer Sekunde Nachhallzeit zwar als akustisch nicht problematisch, dennoch könnten einige Maßnahmen zur akustischen Verbesserung ergriffen werden: Optimierung der Verteilung von Reflektoren hinter und über dem Standort, von dem aus gesprochen wird und sonstige Darbietungen erfolgen, Ausbildung einer Art „Konzertmuschel“, Anbringung von Wandabsorbern auf der dem Sprecherstandort gegenüber liegenden Seite und Ausbildung der Beleuchtungskörper als akustisch diffus streuende Elemente zur gleichmäßigen Schallverteilung.

10.6.3 Befragungsergebnisse von Lehrern und Schülern

Die Befragungsergebnisse der Lehrer (N = 17) und Schüler (N = 58 – 60) zeigten Folgendes:

- Die Lärmsituation an dieser Schule wird bezüglich des Lärms von draußen bei geschlossenen Fenstern und von Lehrern auch aus dem Schulgebäude selbst nur als gelegentlich störend empfunden.
- Bei geöffnetem Fenster wird die Störung durch Lärm deutlich stärker bemängelt, vermutlich durch den parallelen Spielplatzbetrieb, so dass hier gewisse Abschirmmaßnahmen, z.B. durch Klettergerüste, die als Lärmschutzwand wirken können, erwogen werden sollten.
- Relativ stark bemängelt wird sowohl von Lehrkräften wie in noch etwas erhöhtem Maß von Schülern das Lautsein im Unterricht. Da nur in wenigen Räumen physikalische Mängel zumindest als Mitverursacher derartiger Klagen in Frage kommen, sollten pädagogische Maßnahmen zur diesbezüglichen Verhaltensänderung, wie sie in einem Leitfaden für Lehrkräfte in einer Anlage des Berichts angesprochen werden, erwogen werden.

11 Sanierungskonzept Hamburg

11.1 Pädagogik: Empfehlungen für die Sanierung

Die Klassenräume in der Schule Hohe Landwehr sind von der Grundfläche her ausreichend. Möglichkeiten der Raumvergrößerung sind aufgrund der beengten Flure zumindest im Achtklassentrakt auch kaum möglich. Durch die Umgestaltung vorhandener Räume ist eine effizientere Nutzung möglich. Durch flexibles Mobiliar, z.B. in Form halbhoher rollbarer Schränke könnten Funktions- und Arbeitsecken abgetrennt werden. Arbeitsmittel und Materialien sollten innerhalb dieser Bereiche übersichtlich verstaut werden können. Ebenso könnte durch anderes Mobiliar oder Raumteiler die notwendige Flexibilität der Räume gewährleistet werden. Die Anforderungen an die Räume ändern sich ständig, da die Klassen vier Jahre in demselben Raum bleiben und verschiedene Lehrkräfte unterschiedliche Schwerpunkte setzen. Sowohl in den Nutzerbefragungen als auch durch die kommentierten Schülerfotografien bestätigen die Schülerinnen und Schüler der Schule Hohe Landwehr, dass Ordnung und Sauberkeit bei ihnen einen hohen Stellenwert haben. Beides ist von grundlegender Bedeutung für eine angenehme und konzentrierte Arbeitsatmosphäre. Dafür sind Lösungen in Form verschließbarer Möglichkeiten zur Materialaufbewahrung gefordert. Für jedes Kind sollte ferner ein Fach für persönliche Gegenstände eingeplant werden. Zum Ausstellen von Schülerarbeiten wären ästhetisch ansprechende Flächen wünschenswert.

Der innen liegende Flur im Achtklassentrakt kann mangels räumlicher Kapazitäten grundsätzlich nur sehr eingeschränkt als zusätzlicher Lernraum gestaltet und genutzt werden. Lediglich im ersten Obergeschoss ist die Einrichtung einer Sitzecke überhaupt möglich. Die dort bereits eingerichtete Arbeitsecke (s. Bild 314) ist aus mehreren Gründen nicht komfortabel. Zu schaffende Voraussetzungen für die regelmäßige Nutzung sind eine gute Akustik, ausreichende Lichtqualität, eine angenehme Farbgebung und behagliche Temperaturen. Die Einrichtung von Nischen auf den Fluren wäre grundsätzlich zu begrüßen.

Für die Förderung von Kleingruppen (sechs bis 12 Kinder) werden in der Schule visuell und akustisch abgeschirmte kleinere Räume benötigt (je 30-35 m²). Dafür bietet sich der derzeit für den Förderunterricht genutzte Raum im Erdgeschoss des Achtklassentraktes an. In einem Teil des Raumes könnte auch der von den Lehrkräften anvisierte Experimentierraum realisiert werden.

An der Schule Hohe Landwehr sind sowohl für die Kinder als auch für die Lehrkräfte weitere Bereiche für Rückzug und Austausch erforderlich. Das vorhandene Raumangebot wird den Anforderungen, die der Ganztags schulbetrieb stellt, nicht gerecht. Es sind aber weniger zusätzliche Räume notwendig als vielmehr intelligente Lösungen für die multifunktionale Nutzung des vorhandenen Raumes gefragt. Die Lehrkräfte benötigen neben kleineren Beratungsräumen und komfortablen Arbeitsplätzen außerdem Möglichkeiten zum Lagern von Unterrichtsmaterialien. Für Konferenzen ist zusätzlich ein größerer Raum erforderlich. Für die Einnahme des Mittagessens wird ein größerer Raum benötigt, in dem abgetrennte Bereiche für die einzelnen Klassengemeinschaften eingerichtet werden. Die Möglichkeit der klassenweisen Separierung ist einerseits erforderlich, da das gemeinsame Essen eine soziale Funktion für die Klassengemeinschaft hat und andererseits so die erzieherische Einflussnahme durch die Lehrkräfte vereinfacht wird. Die Akustik sollte in diesem Raum besonders beachtet werden, da der Lärmpegel weit über dem Geräuschpegel während des Unterrichts in den Klassenzimmern liegen wird.

Die Sanitärräume wirken verwahrlost und bedürfen dringend der Sanierung. Durch bloße Instandsetzungsmaßnahmen und regelmäßige Pflege wird aber kaum eine nachhaltige Veränderung der Situation zu erreichen sein. Wenn neben dem signalisierten Bedarf (Sichtschutz, verschließbare Kabinen) ein insgesamt positiver Raumeindruck geschaffen werden soll, bedarf es spezifischer, freilich mit höherem Planungsaufwand verbundener, architektonischer Konzeptionen.

11.2 Architektonisches Konzept

11.2.1 Empfehlungen für die Sanierung

Der Eingangsbereich der Schule liegt wenig einladend und unauffällig im Nord-Westen des Schulgrundstücks. Des Weiteren tragen die niedrigen Vordächer zu einer bedrückenden und dunklen Eingangs- und Schulhofsituation bei. Die Fassaden der Bestandsgebäude sind nicht bzw. nicht ausreichend gedämmt. Dieser Zustand ist in der Überplanung und der neuen Konzeptfindung zu verbessern.

Ziel für die Sanierung soll es sein, ein schlüssiges Gesamtkonzept über den gesamten Schulkomplex zu entwickeln, das den heutigen Anforderungen an das Raumklima, den Wandaufbau und der Optik entspricht.

11.2.2 Innenraum

Der Grundriss der Verwaltung wird umstrukturiert, u.a. auch um die sich gegenseitig störenden Nutzungen Unterricht (Musik und Schulküche) und Verwaltung zu entflechten. Das Erdgeschossniveau wird auf der Südostseite der Höhe der Westseite angepasst. Hierdurch wird ein neuer Eingang notwendig, der sowohl über eine Treppe als auch behindertengerecht über eine Rampe erreicht werden kann. Der Musikraum wird aus der Verwaltung in den Fachklassentrakt verlagert, der sich dort gut in die Reihe der Fachräume eingliedert. Durch diesen Platzgewinn in der Verwaltung können dort zusätzliche Lehrerarbeitsplätze eingerichtet werden. Nach dem Umbau befindet sich nur noch im nördlichen Erdgeschoss ein Unterrichtsraum (Schulküche).

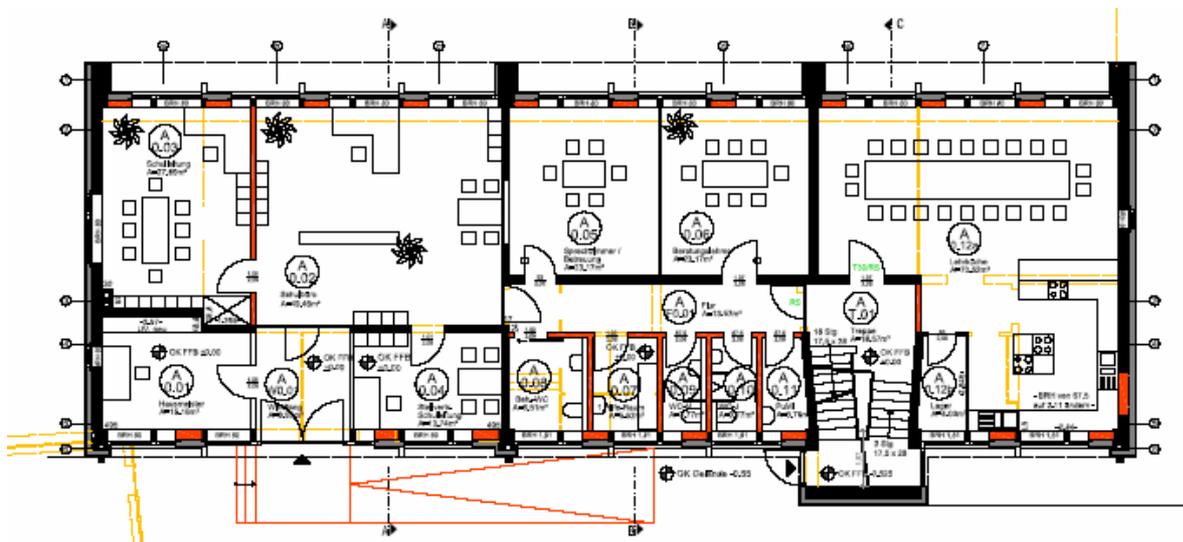


Bild 417 Grundriss Verwaltung EG“

Im Kreuzbau werden in einem Klassenraum Kleingruppenräume eingerichtet, die ein intensives Lernen und Fördern ermöglichen. Zurzeit wird durch die Stadt Hamburg geprüft, ob der Klassentrakt aufgrund der Primarschul-Entscheidung abgerissen und wegen des Zubaubedarfs von 4 Klassen durch einen Neubau ersetzt wird. Der Bereich der Schülerbücherei wird aus der Pausenhalle in die Aula verschoben, wodurch in der Pausenhalle Platz für eine Cafeteria geschaffen wird. Ob dieser Platz ausreichend sein wird, hängt noch von der Entscheidung ab, ob die Primarschule Hohe Landwehr zur Ganztagschule aufgewertet wird.

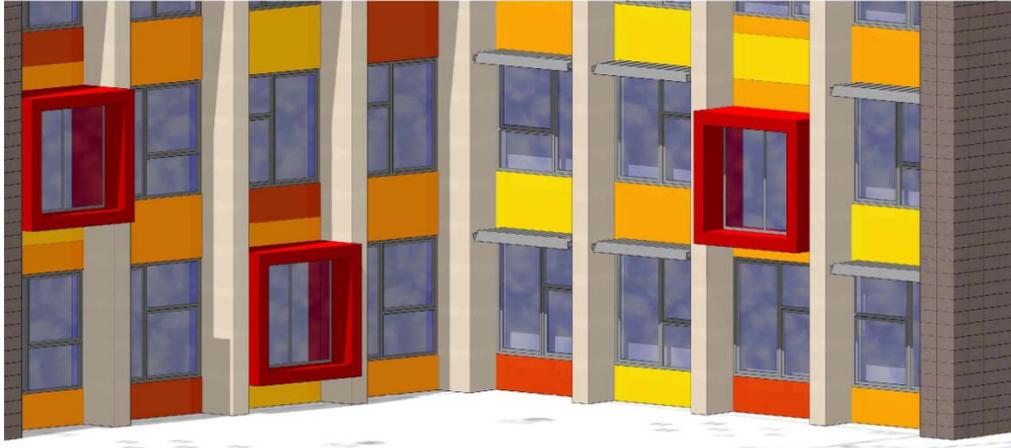


Bild 418 Kreuzbau: Fassadenansicht mit „Lese-/ Kuschelecken“

Die von der Schule gewünschten „Lese-/ Kuschelecken“ in den Klassenräumen des Kreuzbaus sollten einerseits die Fassaden auflockern andererseits, eine Rückzugsmöglichkeiten für die Schüler schaffen. Hierzu wäre der Bereich der Betonrippen stellenweise zum Innenraum umfunktioniert worden. Je Klassenraum sollte es einen dieser zusätzlichen Privaträume für die Schüler geben. Aus finanziellen Gründen und Bedenken gegen zu deutliche Eingriffe in die Typologie des Kreuzbaus wurden diese Nischen allerdings wieder gestrichen.

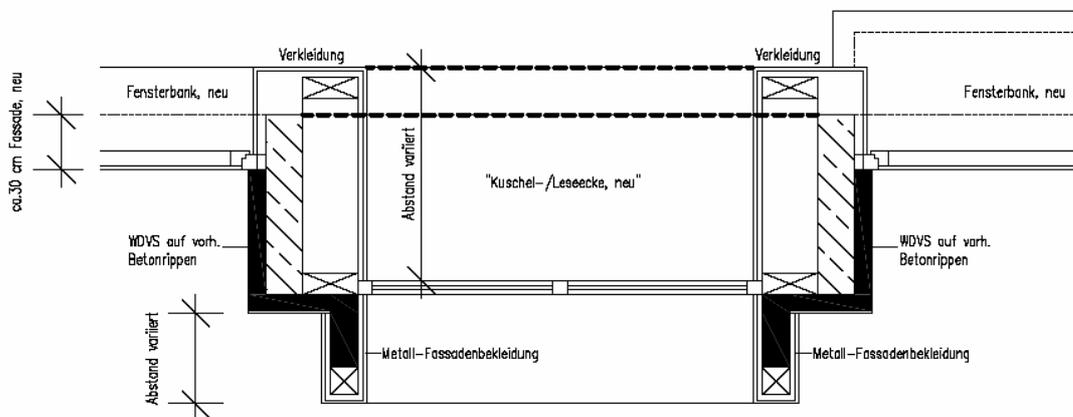


Bild 419 Kreuzbau: Detailschnitt „Lese-/ Kuschelecken“

11.2.3 Außenraum

Durch die Verlegung des westlichen Haupteingangs zwischen Verwaltung und Kreuzbau erhält die Schule einen offenen und großzügigen Zugang im Westen des Grundstücks. Der Zugang im Osten über das Grundstück der Vereinsturnhalle erhält den gleichen Belag wie die Haupteingangsfläche im Westen und hebt sich somit vom restlichen Schulgelände ab. Im Osten ist es notwendig eine klare Abgrenzung zur Vereinsturnhalle

zu schaffen, die z.B. durch eine Mauer mit Tor geschehen kann. Hier können zusätzlich die Recycling- und Restmüllbehälter der Schule integriert werden.



Bild 420 Außenraumplanung¹⁴⁸

Der Abbruch der Vordächer lässt die Schulhofflächen größer und heller erscheinen. Kleine Höfe sollen zusätzlich als Aufenthalts- und Durchgangsräume gestaltet werden. Der Spielbereich „Berg mit Rutsche“ soll erhalten bleiben, wird aber der neuen Situation mit Sand- und Matschflächen angepasst. Im Bereich vor der Cafeteria soll ein neuer ruhiger Aufenthaltsbereich geschaffen werden, der direkt neben einem neu angelegten Schulgarten die Kinder der Natur näher bringt. Zur Verbesserung der Tageslichtsituation im Fachklassentrakt ist das Entfernen von Sträuchern an der Nordfassade vorgesehen

11.2.4 Fassade

Der jetzige Entwurf spielt mit quadratischen Fenstern. Die Öffnungen verschieben sich in den einzelnen Grundrissebenen horizontal alternierend und tragen somit zu einer lebendigen Fassade bei. Über eine neuerliche thermische Simulation (s. Zusammenfassung Kap. 11.3.1) konnte gezeigt werden, dass bei geringfügiger Verkleinerung der Fensterfläche in

¹⁴⁸ Dipl.-Ing. Mareile Ehlers, Büro für Landschaftsarchitektur, Himmelstraße 8, 22299 Hamburg

Verbindung mit einer Sonnenschutzverglasung auf einen außen liegenden Sonnenschutz verzichtet werden kann. Einzig der Kreuzbau behält die horizontalen Sonnenschutzlamellen, die allerdings aufgrund der maroden Betonteile erneuert werden müssen. Aufgrund statischer Anforderungen an das Gebäude und an die Fenster selbst mussten allerdings die als reines Quadrat entworfenen Fenster vertikal unterteilt werden. Die kleineren Fensterflügel ragen im Fall einer Stosslüftung weniger in den Raum.

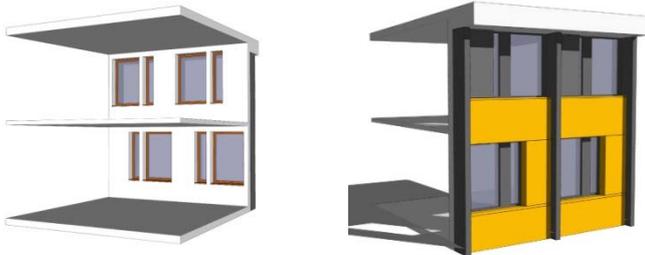


Bild 421 Fassadenausschnitt Verwaltung von innen und außen

Die Fassadenflächen werden farblich in zwei Bereiche gegliedert. Diese Farb- und Formtypologie zieht sich über alle Bauteile des Schulgeländes und bindet somit auch optisch die einzelnen Bauteile zusammen. Das Farbenspektrum wird sich im Bereich der Gelb-, Orange-, Rottöne bewegen. Die Stirnwände der Gebäude werden sich im Kontrast dazu durch einen Grauton zurücknehmen.

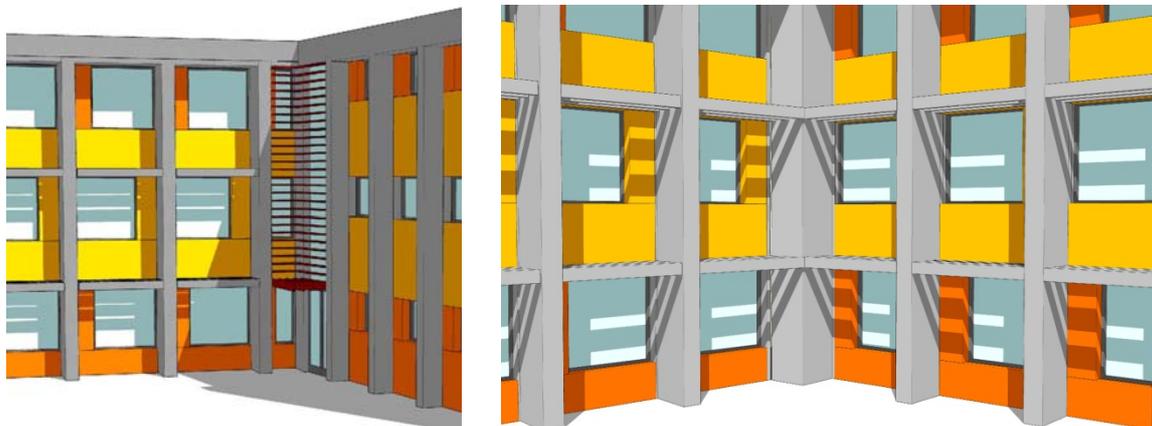


Bild 422 Fassadenausschnitt Kreuzbau: quadratische Fenster mit horizontalem Sonnenschutz

Neben der Sanierung der Bauteile A, B, F und G wird es für die Schule ggf. zusätzliche Neubauten für den Klassentrakt und die Turnhalle geben, die sich in das Fassadenkonzept der Sanierung einfügen werden. Ob die Bauteile D und E saniert oder neu gebaut werden, wird sich nach der Ganztagschulentscheidung Ende dieses Jahres klären.

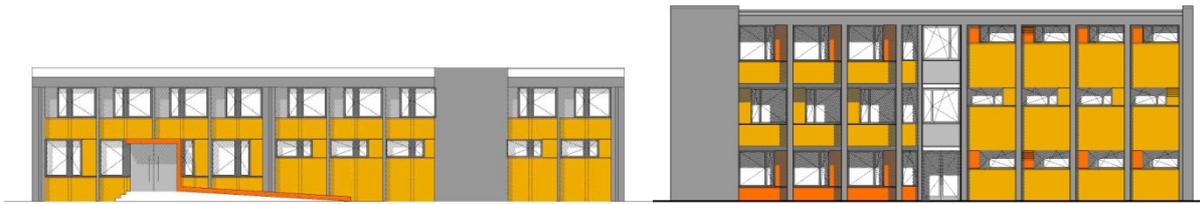


Bild 423 Fassadenkonzept Verwaltung und Kreuzbau

11.3 Sanierungskonzept Technik

11.3.1 Thermische Gebäudesimulation

Neben der energetischen und wirtschaftlichen Berechnung wird für die Grundschule in Hamburg eine beispielhafte Simulationsuntersuchung zur Optimierung des sommerlichen Wärmeschutzes durch geeignete passive Maßnahmen durchgeführt.

Dazu wurden folgende vier Referenzräume zu allen Orientierungen ausgewählt:

- BT A 101 W: Bauteil A - Verwaltung Raum 101 West
- BT B 201 O: Bauteil B - Kreuzbau Raum 201 Ost
- BT C 006 S: Bauteil C - Klassentrakt Raum 006 Süd
- BT C 106 S: Bauteil C - Klassentrakt Raum 106 Süd

Bild 424 beschreibt die Lage der Simulationsräume.

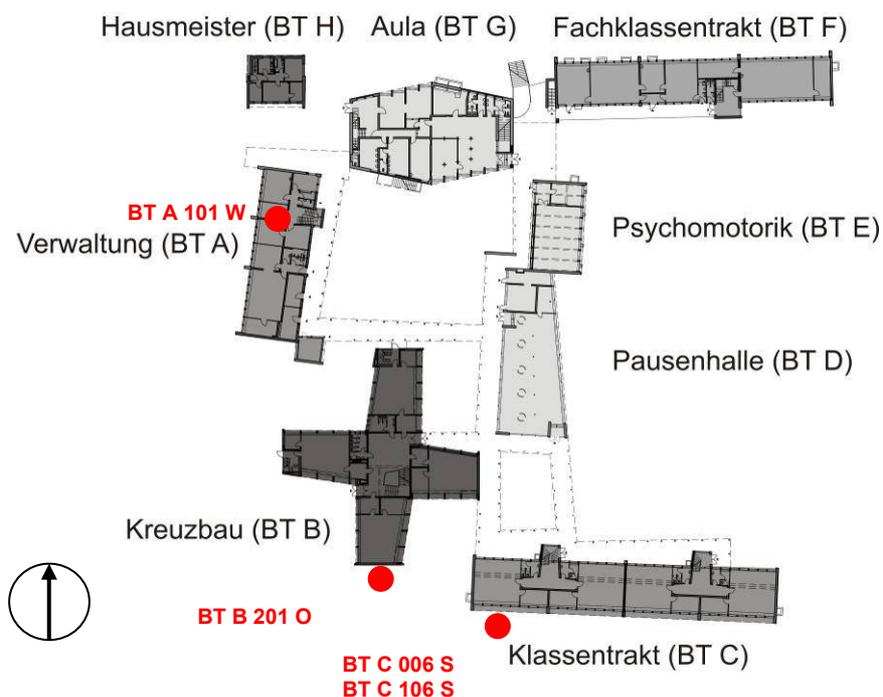


Bild 424 Beschreibung der Simulationsräume

Die Räume werden in einem thermischen Simulationsprogramm (TRNSYS lite 16.0.29) abgebildet und der Verlauf der Raumtemperaturen bei gegebenen Randbedingungen berechnet. Berücksichtigung findet die Verbesserung der Gebäudehülle mit Fensteraustausch und Wärmedämmmaßnahmen auf der Fassade. Der thermische Nutzerkomfort wird über die Anzahl der Überhitzungsstunden nach DIN 4108-2 (Raumtemperatur >26°C) bewertet. Die genauen Untersuchungsparameter und die Rechtslage zum sommerlichen Komfort sind in Methodik in Kapitel 4.3.2 beschrieben.

Randbedingungen der Simulation

Zunächst werden die gesonderten Parameter der Räume und deren Simulationsvarianten beschrieben. Tabelle 48 beschreibt die räumlichen Bedingungen der Simulationsräume:

Raumparameter	BT A 101 W	BT B 201 O	BT C 006 S	BT C 106 S
Nutzfläche	74,8 m ²	63,1 m ²	69,7 m ²	69,7 m ²
Raumvolumen	225,8 m ³	190,7 m ³	216,8 m ³	216,8 m ³
Fensterflächenanteil	53 % West 44 % Ost	65 % Ost 38 % West	65 % Ost 55 % Nord	65 % Ost 55 % Nord
Raumabschluss unten	Geschossdecke	Geschossdecke	Geschossdecke	Geschossdecke
Raumabschluss oben	Flachdach	Flachdach	Geschossdecke	Flachdach
Auskragung Sonnenschutz / Laibung	1,00 m West 0,25 m Ost	0,99 m West 0,49 m Ost	0,24 m Süd 0,24 m Nord	1,00 m Süd 0,38 m Nord

Tabelle 48 Raumparameter

In Tabelle 49 sind weitere Parameter zum Betrieb und Ausstattung angegeben. Die Bewertung bezieht sich unter Berücksichtigung des wahrscheinlichen Ganztagsbetriebes auf die Nutzungszeit von Montag bis Freitag von 8:00 bis 16:00 Uhr.

Weiter finden die internen Lasten und die Betriebszustände Berücksichtigung. In Anlehnung an die DIN EN 13779 wird in Bezug auf die internen Wärmelasten für eine Person bei sitzender Tätigkeit eine sensible Wärmeleistung von 75 W angesetzt. Die künstliche Beleuchtung wird mit einem Wärmeeintrag von 13 W/m² berücksichtigt. Die „Einschaltung“ erfolgt während der Nutzungszeit bei einer Globalstrahlung auf die Horizontale von unter 120 W/m². Bei einer Globalstrahlung von über 200 W/m² wird das Kunstlicht in der Simulation wieder „ausgeschaltet“.

Parameter	Betrieb und Ausstattung	
Nutzungszeit	zukünftiger Ganztagsbetrieb	8:00 – 16:00 Uhr
Belegungszahl	BT A 101 W - 9 Personen BT B 201 O, BT C 006 S, BT C106 S - 26 Personen	9 · 75 W = 675 W 26 · 75 W = 1950 W
EDV-Ausstattung	BT A 101 W BT B 201 O, BT C 006 S, BT C 106 S	6 · 140 W = 840 W 0 W
Beleuchtung	Beleuchtung 13 W/m ²	13 W/m ² · 66,9 m ² = 870 W
Verglasung	Lichttransmissionsgrad / Energiedurchlassgrad	(Bestand) IsoV 82/76 WSV 79/63 SSV 66/33 SSV 52/28 PH SSV 44/22
Sonnenschutz	Innenliegender Sonnenschutz (iSoS) außenliegender beweglicher Sonnenschutz (aSoS) Vorhand. baul. Sonnenschutz (Auskragung) in allen Berechnungen berücksichtigt Für BT C 006 S im EG neuer baulicher Sonnenschutz angenommen	90% opaker Anteil 0,6 Reflexionsgrad F _c -Wert 0,25
Luftwechsel (LW)	im Unterricht in Pausen außerhalb Schulzeit Nachtlüftung von 0 bis 8 Uhr (NL)	n = 3,0 h ⁻¹ n = 3,0 h ⁻¹ n = 0,3 h ⁻¹ n = 2,0 h ⁻¹
pass. Betonaktivierung	ohne Akustikdecke (oAD)	

Tabelle 49 Parameter zum Betrieb und Ausstattung

Für den Bestand wird eine 2-Scheibenisolierverglasung mit einer Lichttransmission von 82 % und einem Gesamtenergiedurchlassgrad von 76 % berücksichtigt.

Die Varianten haben eine Wärmeschutzverglasung mit einer Lichttransmission von 79 % und einem g-Wert von 62 %, sowie eine Sonnenschutzverglasung mit einer Lichttransmission von 52 % und einem g-Wert von 28 %. Die Variante Passivhaus hat eine 3-Scheibenverglasung mit einer Lichttransmission von 44 % und einem g-Wert von 22 %. Berücksichtigung finden hier der beabsichtigte Ganztagsbetrieb bis 16:00 Uhr und zunächst der Fensterflächenanteil der Bestandsgebäude.

Für die Berechnungen werden der ursprüngliche Fensterflächenanteil und ein Rahmenanteil für alle Fenster von 25 % angenommen.

Für den sommerlichen Wärmeschutz wird ein innen liegender Sonnenschutz (iSoS) bzw. ein außen liegender Sonnenschutz berücksichtigt. In der Simulation wird der Sonnenschutz bei einer Globalstrahlung größer als 180 W/m² auf die Fassade geschlossen. Die Sollwerte der

operativen Raumtemperatur sind mit 20°C von Montag bis Freitag in der Zeit von 6:00 bis 16:00 Uhr und nachts sowie am Wochenende auf 16°C festgelegt.

Die Eigenverschattungen der Gebäude sind berücksichtigt.

Für den Unterricht und die Pausen wird ein dreifacher Luftwechsel mit Fensterlüftung abgeschätzt. Außerdem ist im Sommerfall eine Nachtlüftung von 0 Uhr bis 8 Uhr vorgesehen. Außerhalb der Nutzungszeit wird von einem Infiltrationsluftwechsel 0,3 h⁻¹ ausgegangen.

Die Ganzjahres-Simulationen der Schule werden mit den Wetterdaten des Testreferenzjahres TRY-3 mit extremer Sommerperiode durchgeführt, um die Überhitzungssituation besser bewerten zu können. Auf der Basis der Ergebnisse dieser Simulationsverläufe werden jährliche Temperaturstatistiken der operativen Raumtemperaturen ermittelt.

Für den Standort Hamburg wird die gültige TRY-Region 2 Binnenklima I verwendet. Die Lage und Ausdehnung der Region ist in Bild 23 dargestellt.

Auswertungsmethodik

Im Rahmen der Auswertung wird für verschiedene Varianten der Einfluss auf den thermischen Komfort in den Räumen ermittelt und anhand der jährlichen Temperaturstatistik der operativen Raumtemperatur beurteilt.

In Intervallen von 2 K wird die Anzahl der Stunden mit den entsprechenden Temperaturen errechnet. Orientiert man sich an der Arbeitsstättenrichtlinie oder an der DIN 4801-2, sollten die operativen Raumtemperaturen an 10 % der Nutzungszeit nicht über 26°C liegen. In der Grafik ist die entsprechende Grenze als gestrichelte Linie bei 183 h/a (10 % von 1827 h/a) markiert. Angegeben ist der Anteil der Überhitzung in Prozent der Gesamtstunden.

Varianten der Räume

Die Simulationsvarianten sind, wie in Tabelle 50 ersichtlich, entsprechend der Verglasung, der Außenwand und Dachqualität, der Verschattung und den angenommenen Luftwechsel bezeichnet.

Die Varianten orientieren sich an einer gestaffelten Erhöhung der Qualitäten von der EnEV-Variante bis zur Passivhausvariante und vom innenliegenden Blendschutz bis zum außenliegenden beweglichen Sonnenschutz.

Zum Vergleich ist der Bestand ebenso wie die Varianten für den zukünftigen Ganztagsbetrieb in einer Unterrichtszeit werktags von 8 bis 16 Uhr simuliert worden. In Anlehnung an die Bewertung von Büroräumen werden in der Simulation keine Schulferienzeiten berücksichtigt.

Die Varianten 1 bis 3 haben einen EnEV Standard mit Wärmeschutzverglasung der Qualität 79/63. Zur Reduzierung der Überhitzungen ist eine Nachtlüftung mit einem zweifachen Luftwechsel gewählt worden. In Variante 2 werden ein innenliegender Sonnenschutz sowie eine offene Akustikdecke, die die trägen Speichermassen der Betondecke thermisch nicht vom Raum trennt, gerechnet. In Variante 3 ist ein außenliegender beweglicher Sonnenschutz vorgesehen.

Die Varianten 4 bis 6 und 7 bis 9 sind jeweils ergänzend mit einer Sonnenschutzverglasung der Qualität 66/33 bzw. 52/29 gerechnet worden. Die Varianten 5 und 8 haben eine offene Akustikdecke und einen innenliegenden Sonnenschutz. Die Varianten 6 bis 9 werden durch einen außenliegenden beweglichen Sonnenschutz ergänzt.

Die Varianten 10 bis 11 sind im Passivhausstandard mit einer Dreifachverglasung 44/22 simuliert worden und haben die gleiche Systematik wie die Varianten 4 bis 6 bzw. 7 bis 9.

Variante	Verglasung	Außenwand / Dach Decke	Sonnenschutz	Luftwechsel
Bestand IsoV 82/76 LW 3	Isolierverglasung 82/76 $U_w = 3,0 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$	$U_{AW} = 1,37 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ $U_D = 0,38 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$		
Var. 1 EnEV WSV79/63 NL	Wärmeschutzvergl. 79/63 $U_w = 1,3 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$	$U_{AW} = 0,21 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ $U_D = 0,17 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$	Sonnenschutz durch Auskragung	Nachtlüftung $n = 2,0 \text{ h}^{-1}$
Var. 2 EnEV WSV79/63 NL, iSoS		Offene Akustikdecke	innenliegender Sonnenschutz	
Var. 3 EnEV WSV79/63 NL, aSoS, oAD			außenliegender Sonnenschutz	
Var. 4 EnEV SSV 66/33 NL	Sonnenschutzvergl. 66/33 $U_w = 1,3 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$			
Var. 5 EnEV SSV 66/33 NL, iSoS, oAD		Offene Akustikdecke	innenliegender Blendschutz	
Var. 6 EnEV SSV 66/33 NL, oAD, aSoS			außenliegender Sonnenschutz	-1
Var. 7 EnEV SSV 52/29 NL	Sonnenschutzvergl. 52/29 $U_w = 1,3 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$			
Var. 8 EnEV SSV 52/29 NL, iSoS, oAD		Offene Akustikdecke	innenliegender Blendschutz	

Var. 9 EnEV SSV 52/29 NL, oAD, aSoS			außenliegender Sonnenschutz	
Var. 10 PH SSV 44/22 NL	3-Scheibenvergl. 44/22 $U_w = 1,3 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$	$U_{AW} = 0,15 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ $U_D = 0,14 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$		
Var. 11 PH SSV 44/22 NL, oAD		Offene Akustikdecke	innenliegender Blendschutz	
Var. 12 PH SSV 44/22 NL, oAD, aSoS			außenliegender Sonnenschutz	

Tabelle 50 Zusammenstellung der Simulationsvarianten

Thermischer Komfort Raum A 101 West

Unter Berücksichtigung einer gleichzeitigen Belegung des Lehrerzimmers von 9 Lehrern und dem Betrieb von 6 Computern in der Unterrichtszeit ergeben sich für die betrachteten Varianten die folgenden Statistiken der operativen Raumtemperatur (siehe Bild 425).

Die Überhitzungen im Lehrerzimmer fallen mäßig hoch aus. Gründe dafür liegen in der westorientierten Fassade bei einer Unterrichtszeit bis 16:00 Uhr, den mittleren internen Lasten durch 9 Personen mit 9 Rechnern und den hohen Verschattungsanteile durch Rücksprünge und Auskragungen.

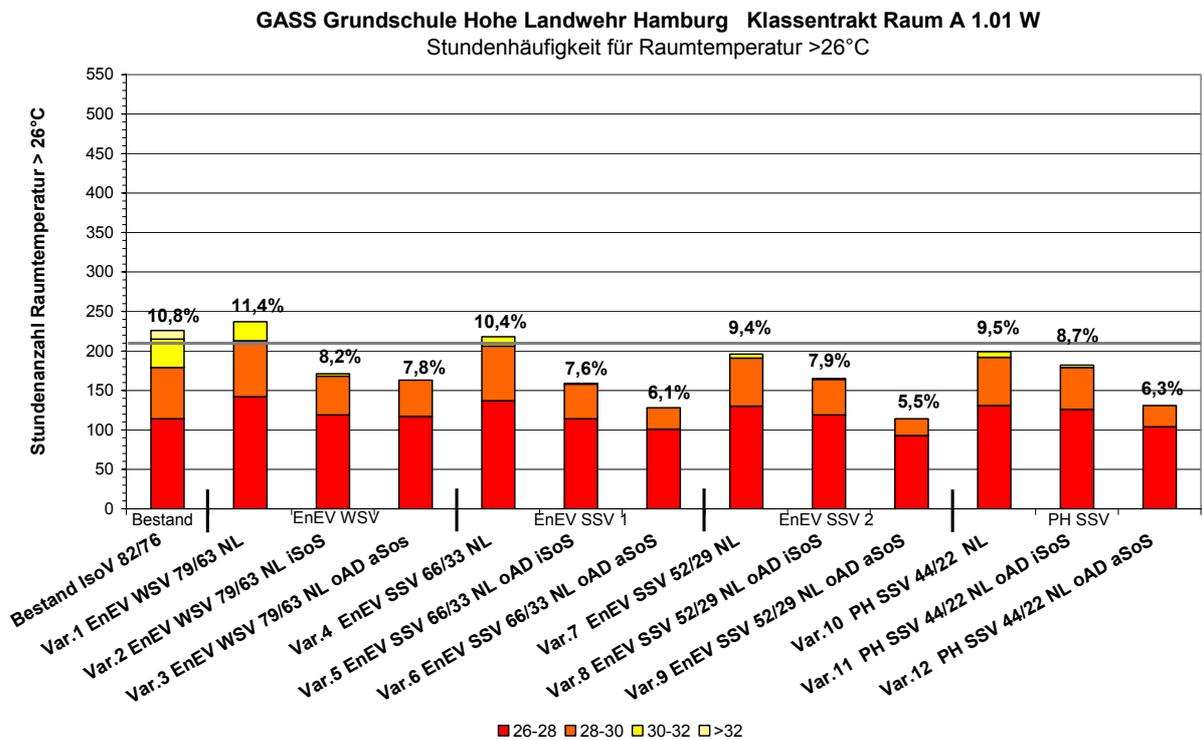


Bild 425 Simulationsergebnisse Raum A 101 West

Allein die Varianten 1 und 4 ohne zusätzlichen Sonnenschutz liegen geringfügig über der Behaglichkeitsgrenze von 10 % Überhitzungsstunden ($\vartheta_{\text{Raum}} > 26^\circ\text{C}$). Alle weiteren Varianten haben Überhitzungsanteile unter 10 %.

Bei Einsatz eines innenliegenden Sonnenschutzes sind alle Fensterqualitäten möglich. Die Kombination einer Wärmeschutzverglasung bzw. der passivhaustauglichen 3-fach Verglasung mit hinterströmter Akustikdecke und innenliegendem Sonnenschutz ist zu empfehlen.

Thermischer Komfort Raum B 201 Ost

Für den Ostraum ergeben sich im Bauteil B unter Berücksichtigung einer Raumbelegung von 25 Schülern und einer Lehrkraft die in Bild 426 dargestellten Ergebnisse:

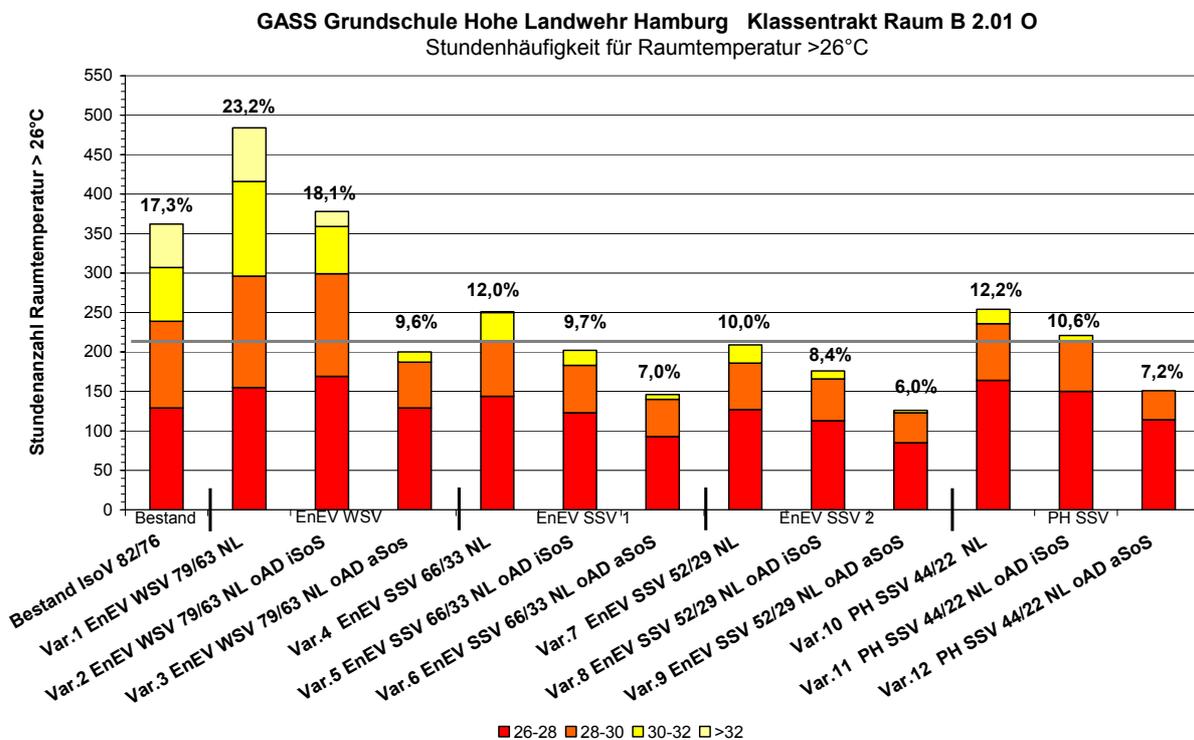


Bild 426 Simulationsergebnisse Raum B 101 Ost

Das Temperaturniveau liegt im Vergleich zu den anderen Simulationsräumen aufgrund zeitgleicher Wärmegewinne durch Personen und durch solare Einträge am Morgen und am Vormittag am höchsten. Positiv wirkt sich dabei die zeitweise Eigenverschattung des Kreuzbaus auf die Ostfassade in den frühen Morgenstunden aus.

Auffällig ist, dass die Bestandsvariante mit schlechter Gebäudehülle ohne zusätzliche Sonnenschutzmaßnahme und ohne Berücksichtigung einer Nachtlüftung weniger hohe Überhitzungsanteile hat als die vergleichbar gut gedämmten Gebäudehüllen der Variante 1 mit Nachtlüftung. Durch die hohen Belegungsdichten in Verbindung mit den solaren

Einträgen treten in den Unterrichtsräumen besonders hohe thermische Lasten auf, die während der Unterrichtszeit im Sommer durch einen Luftaustausch mit warmer Außenluft nicht ausgeglichen werden können. Die Räume im Bestand können über den hohen Wärmedurchgang und über die Undichtigkeiten der alten Gebäudehülle zusätzlich Wärme nach außen abgeben. Die stärker gedämmte und dichtere Gebäudehülle der Variante 1 erlaubt dagegen eher eine Wärmabgabe über die Nachtlüftung. Dieser Zusammenhang ist in unterschiedlicher Intensität in allen Simulationsräumen zu beobachten und zeigt die dringende Notwendigkeit hoher Luftwechsel im Sommer insbesondere außerhalb der Schulzeit über eine Nachtlüftung.

Weitere Verbesserungen des sommerlichen Wärmeschutzes sind durch den Einsatz einer Sonnenschutzverglasung und eines innenliegenden bzw. außenliegenden Sonnenschutzes möglich. Eine Wärmeschutzverglasung ist erst in Kombination mit einem außenliegenden beweglichen Sonnenschutz denkbar. Die Kombination Sonnenschutzverglasung, innenliegenden Sonnenschutz und hinterströmter Akustikdecke ist für die EnEV-Varianten möglich. Für die Passivhaus-Variante mit innenliegenden Sonnenschutz wird der Grenzwert an Überhitzungsstunden knapp überschritten. Den höchsten Schutz vor Überhitzung bietet die Kombination mit einem außenliegenden, beweglichen Sonnenschutz.

Thermischer Komfort Raum C 006 Süd

Bild 427 zeigt die Ergebnisse für den Raum im EG des Bauteils C:

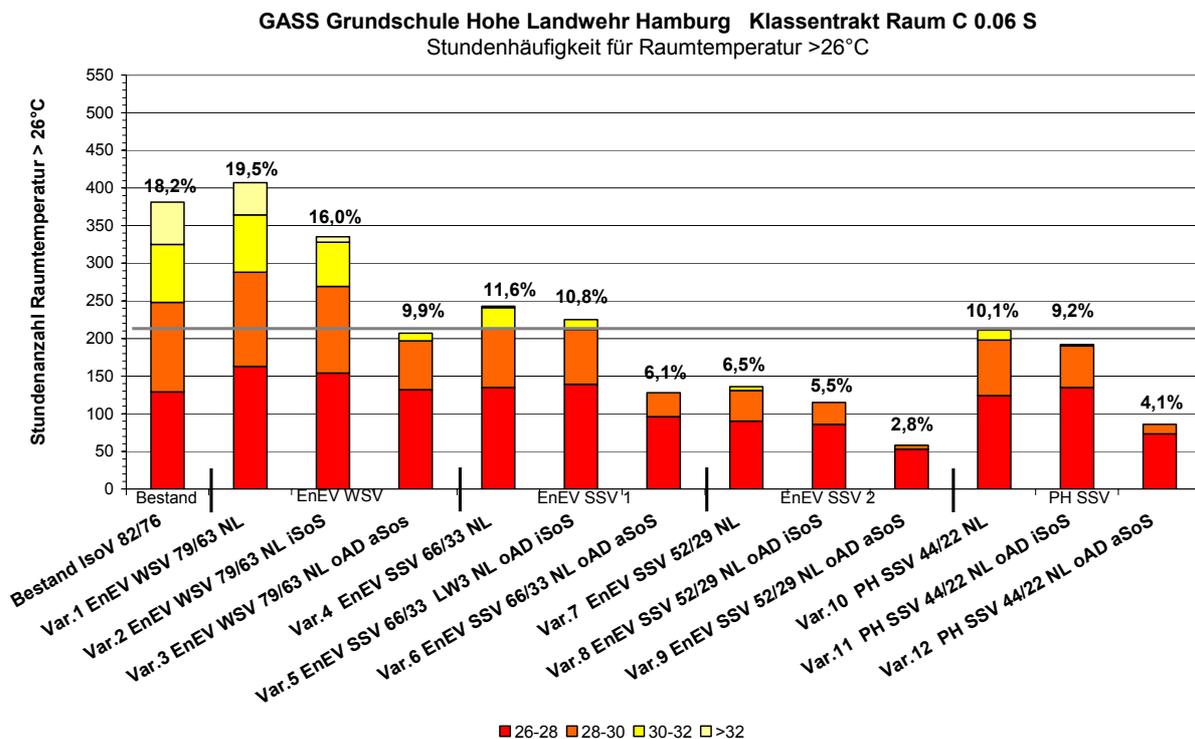


Bild 427 Simulationsergebnisse Raum C 006 Süd

Das Temperaturniveau des Südraums ist etwas geringer als im Ostraum, liegt aber dennoch erhöht. Begründet ist dies durch hohe solare Einträgen, die sich im Vergleich zu den Bauteilen A und B durch das Fehlen eines baulichen Sonnenschutzes ergeben.

Der Einsatz einer Wärmeschutzverglasung ist erst in Kombination mit einem außenliegenden beweglichen Sonnenschutz denkbar. Im ähnlichen Rahmen wie beim Raum B 101 Ost kann der Anteil an Überhitzungsstunden durch den Einsatz von Sonnenschutzverglasung und innenliegenden bzw. außenliegenden Sonnenschutz unter die Grenze von 10 % gesenkt werden.

Allerdings haben die EnEV-Varianten in der Kombination Sonnenschutzverglasung, offene Akustikdecke und innenliegenden Sonnenschutz erst in der Glasqualität SSV 52/29 eine akzeptable Anzahl an Überhitzungsstunden ($\vartheta_{\text{Raum}} > 26^\circ\text{C}$) unter 7 %. Den höchsten Schutz vor Überhitzung bietet auch hier die Kombination mit einem außenliegenden, beweglichen Sonnenschutz.

Thermischer Komfort Raum C 106 Süd

Für den Raum im OG des Bauteils C ergeben sich die folgenden Statistiken der operativen Raumtemperatur in Bild 428.

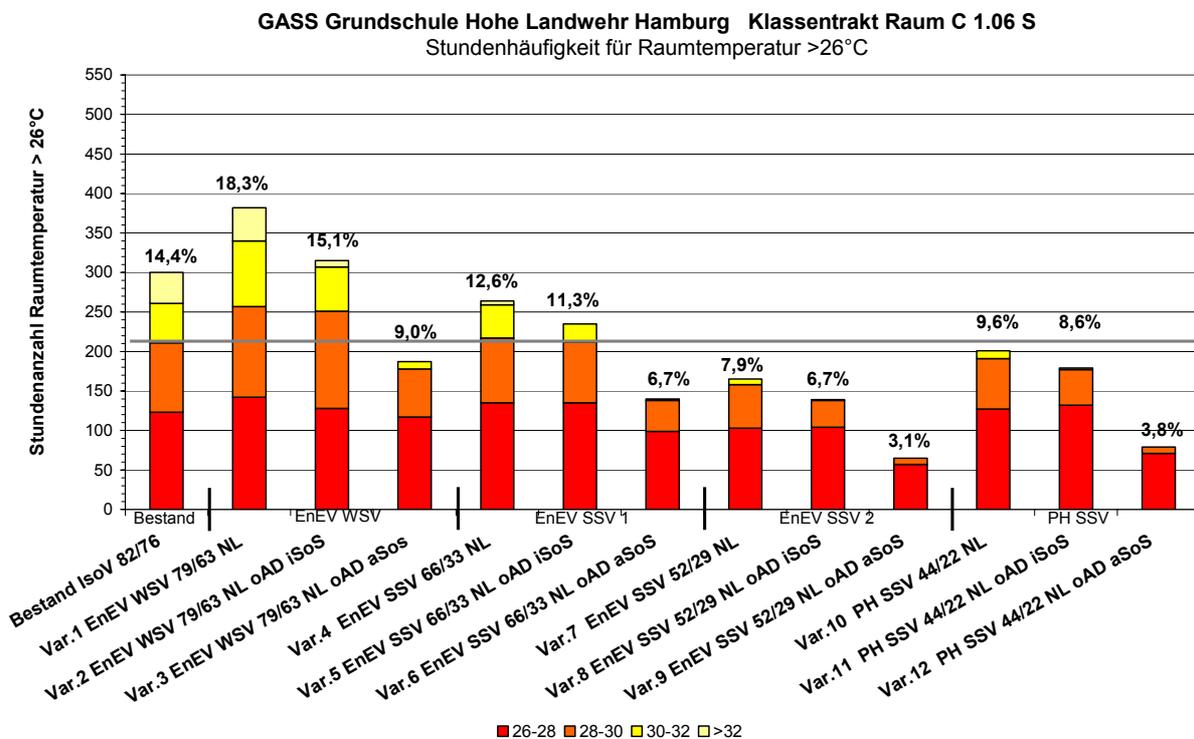


Bild 428 Simulationsergebnisse Raum C 106 Süd

Das Temperaturniveau hier liegt leicht niedriger als im EG, da die etwa 1 m tiefe Auskrragung gerade im Sommer bei hoch stehender Sonne eine gute Verschattung bietet. Dem sind die solaren Wärmegewinne über die Dachfläche entgegen zu stellen.

Die Wirksamkeit der Maßnahmen ist vergleichbar mit Erdgeschossvariante. Den höchsten Schutz vor Überhitzung bietet auch hier die Kombination mit einem außenliegenden, beweglichen Sonnenschutz bei Überhitzungsanteilen von 9 % bis 3 %.

Offene Akustikdecke

Durch eine offene Akustikdecke kann die Speichermasse der Betondecken zur Pufferung der Raumtemperaturen im Sommer genutzt werden. Aus der thermischen Simulation ergeben sich im Vergleich einer geschlossenen zu einer komplett hinterlüfteten Decke Reduzierungen der Überhitzungsanteile von 5 % bis 15 %.

Reduzierung der Überhitzungsstunden nach DIN 4108-2 durch offene Akustikdecke) [%]	BT A 101 W	BT B 201 O	BT C 006 S	BT C 106 S
Var. EnEV SSV 66/33 NL Var. EnEV SSV 66/33 NL oAD	- 5 %	- 12 %	- 7 %	- 10 %
Var. EnEV SSV 52/29 NL Var. EnEV SSV 52/29 NL oAD	- 8 %	- 15 %	- 15 %	- 15 %
Var. PH SSV 44/22 NL Var. PH SSV 44/22 NL oAD	- 6%	- 10 %	- 10 %	- 9 %

Tabelle 51 Reduzierung des Überhitzungsanteils durch offene Akustikdecke

Die folgenden Skizzen der Deckenuntersichten zeigen, wie eine solche Akustikdecke bei guten akustischen Eigenschaften umgesetzt werden kann:

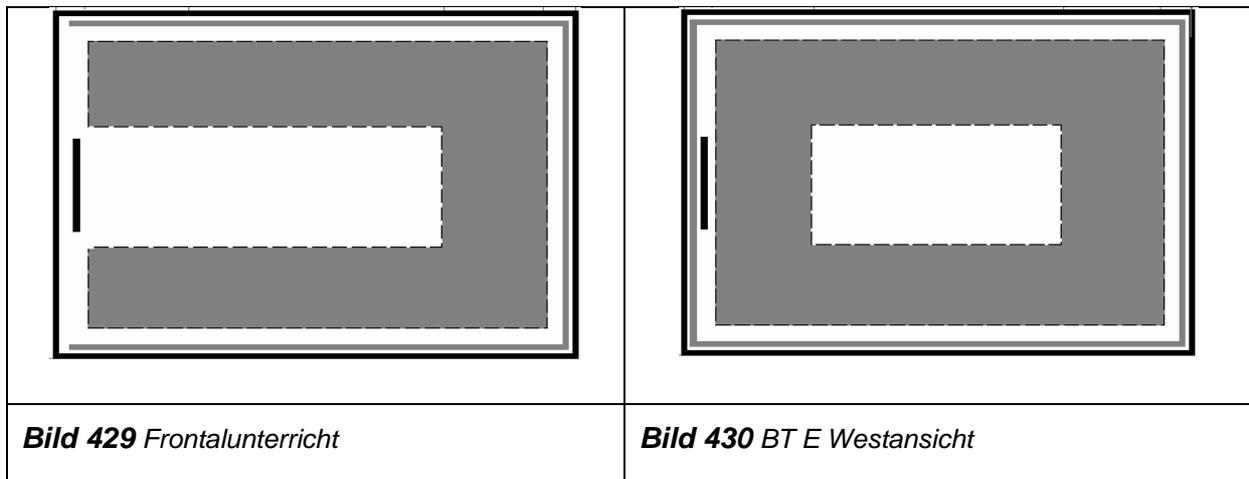




Bild 431 Querschnitt

Allgemein wird dazu ein reduzierter Akustikdeckenanteil von etwa 50% angenommen. Um dennoch optimale akustische Verhältnisse zu erzielen, wird als Ausgleichsfläche ein Wandfries mit Tiefenabsorber als Wandpaneel empfohlen

Zusammenfassung

Der Einsatz einer Wärmeschutzverglasung kombiniert mit einem außenliegenden beweglichen Sonnenschutz hat in allen Räumen für die EnEV-Varianten einen ausreichenden sommerlichen Wärmeschutz ergeben. Positiv wirken sich für die Bauteile A, B und C (1.OG) die Verschattungsanteile durch Rücksprünge und Auskragungen aus.

Zudem sind für die oben genannte Annahme die Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes durch eine Nachtlüftung, z.B. über Lüftungsfenster mit feststehenden Lamellen für den Wetter- und Einbruchschutz oder ggf. über die Lüftungsanlagen sowie durch Umsetzung einer hinterlüfteten Akustikdecke zur Erhöhung der Speichermassen, berücksichtigt worden.

Die Alternative zum außenliegenden Sonnenschutz liegt in dem Einsatz einer 2-Scheiben Sonnenschutzverglasung mit einem Energiedurchlassgrad von 33 % und einem Lichttransmissionsgrad von 66 % kombiniert mit einem innenliegenden Sonnenschutz.

Werden die in Kap. 11.2.4 beschriebenen neuen Änderungen der Fassadengestaltung durch den Architekten mit einer Reduzierung der Fensterflächenanteile berücksichtigt, ist auch der Einsatz mit der beschriebenen Sonnenschutzverglasung 66/33 ohne innenliegenden Sonnenschutz denkbar.

Für die Passivhausvariante ist eine 3-Scheiben-Sonnenschutzverglasung in Kombination mit einem innenliegenden Sonnenschutz, Nachtlüftung und hinterlüfteter Akustikdecke möglich. Ähnlich wie bei der 2-Scheibenverglasung ist als Alternative eine 3-fach Wärmeschutzverglasung mit erhöhter Tageslichttransmission (z.B. 66/45) und außenliegenden beweglichen Sonnenschutz zu prüfen.

Allgemein gültige Empfehlungen für andere Schulen lassen sich aus der thermischen Simulation der Schule Hohe Landwehr nur schwer ableiten, da die objektabhängigen Parameter großen Einfluß haben. Folgende Maßnahmen beeinflussen die Überhitzungsgefahr in den Klassenräumen positiv:

- Eine Nachtlüftung führt zu einer thermischen Entspeicherung der Klassenräume und wirkt höheren Anfangstemperaturen in den Klassenräumen entgegen
- Eine 2-Scheiben bzw. 3-Scheiben Wärmeschutzverglasung mit hoher Tageslichttransmission kann in Kombination mit einem außenliegenden Sonnenschutz ausreichen
- Ist der Einsatz eines außenliegenden Sonnenschutzes nicht möglich oder nicht gewünscht, sollte in jeden Fall der Einsatz einer Sonnenschutzverglasung in Kombination mit einem Innenliegendem Sonnen-/Blendschutz geprüft werden

Vergleicht man die Simulationsergebnisse des Bestands mit den tatsächlichen geringeren Temperatur-Überschreitungen der Langzeitmessung von 6 % im Bauteil B Ost, 5 % im Bauteil B Süd und 2 % im Bauteil C Süd und Süd, ist zu berücksichtigen, dass sich die Messwerte nur auf die Unterrichtszeit von 8:00 bis 13:00 Uhr abzüglich der Ferien beziehen. Zur besseren Vergleichsmöglichkeit müssten diese „Ausfallzeiten“ in zukünftigen Simulationen entsprechend berücksichtigt werden.

11.3.2 Rahmenbedingungen energetische Berechnung

Berechnungen werden jeweils für sechs Gebäude bzw. Bauteile der Grundschule Hohe Landwehr durchgeführt, die für eine separate Sanierung geeignet sind.

Betrachtet werden:

- BT A Verwaltung
- BT B Kreuzbau
- BT C Klassentrakt
- BT D und E Pausenhalle und Psychomotorik
- BT F Fachklassen
- BT G Aula

Die Lage der Gebäude bzw. Bauteile ist im Grundrissplan der Bild 432 dargestellt.

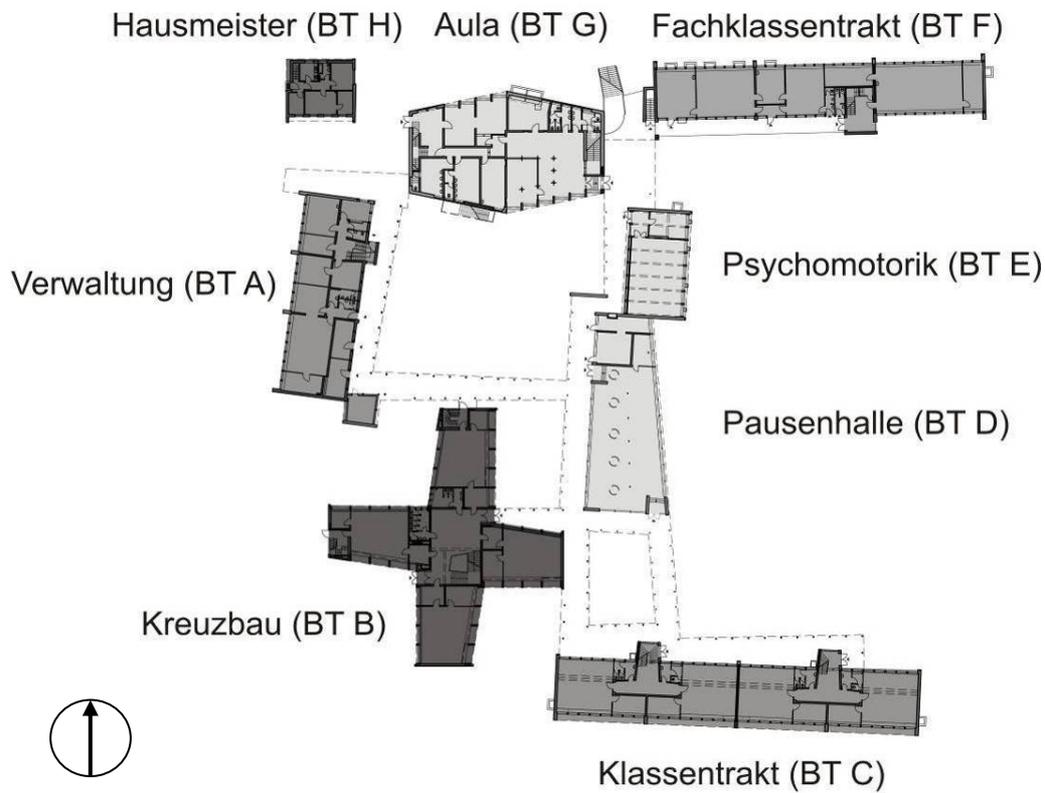
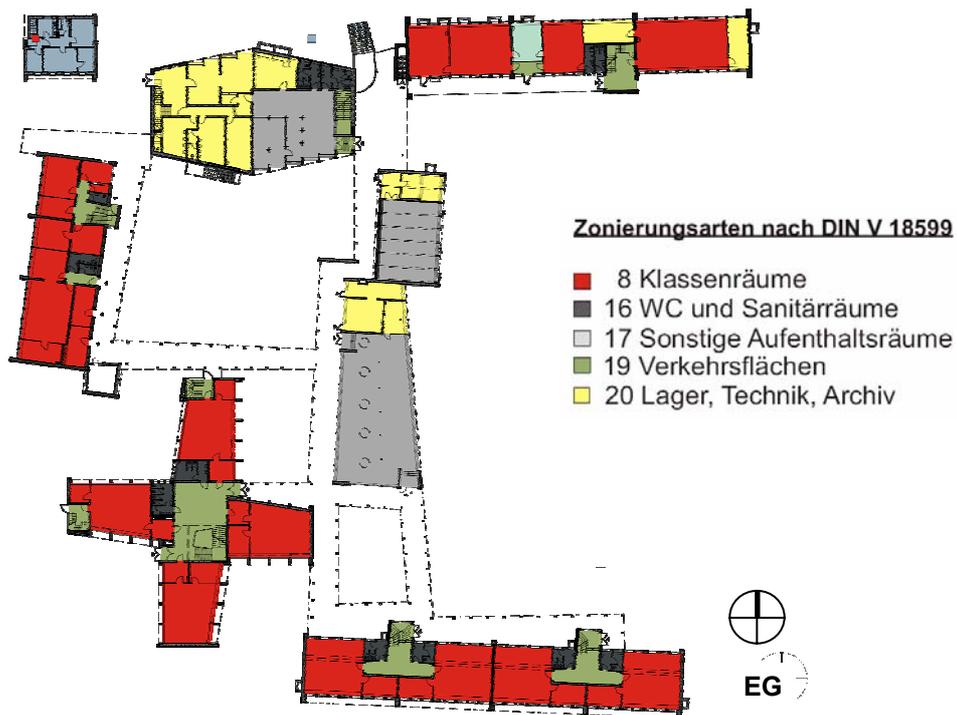


Bild 432 Grundriss EG Grundschule Hamburg

Bild 433 beschreibt die Einteilung der Gebäudeteile in die Zonen nach der DIN 18599. Die Gebäude werden nach den in Kapitel 4.4.1 definierten Standards berechnet.



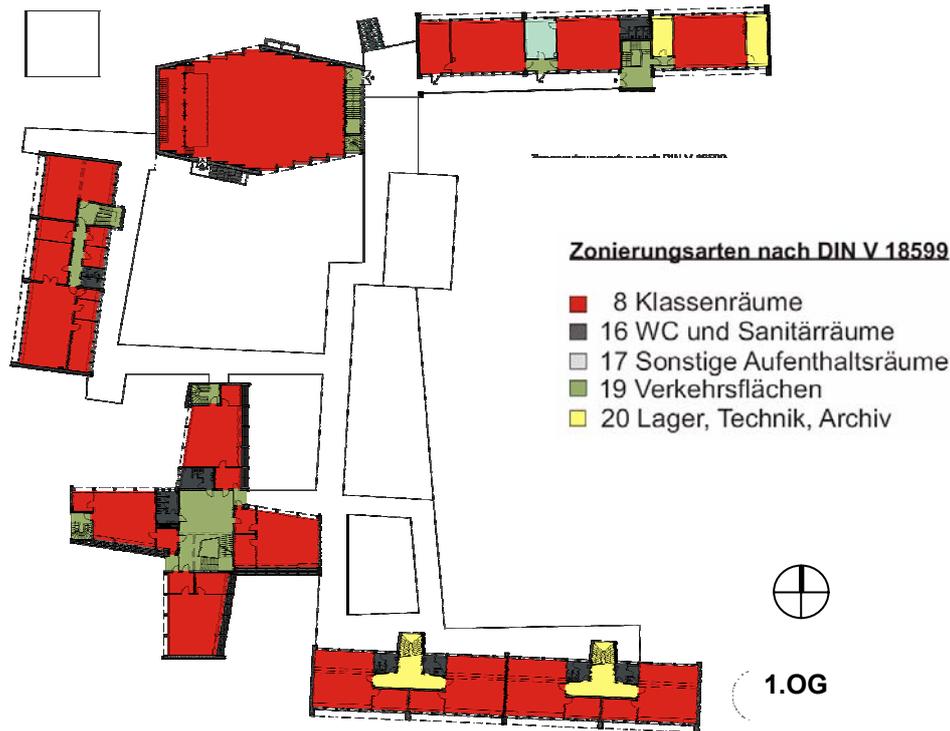


Bild 433 Zonierung nach DIN 18599 Hamburg

11.3.3 Sanierungsmaßnahmen

Für die Erreichung der energetischen Standards sind nach der Bedarfsberechnung folgende Sanierungsmaßnahmen der Gebäudehülle notwendig:

Gebäudehülle:

Grundschule Hohe Landwehr Hamburg	EnEV Plus			KfW 40 / 60			Passivhaus		
	Dämmstärke		Uges	Dämmstärke		Uges	Dämmstärke		Uges
	cm	WLK	W/m ² K	cm	WLK	W/m ² K	cm	WLK	W/m ² K
Dach	20	WLK 0,035	0,20	24	WLK 0,035	0,17	32	WLK 0,035	0,12
Außenwand	12	WLK 0,034	0,22	20	WLK 0,034	0,15	30	WLK 0,034	0,10
Kellerdecke Kriechkeller	10	WLK 0,034	0,30	20	WLK 0,034	0,16	26	WLK 0,034	0,13
Kellerboden zu Erdreich	6	WLK 0,025	0,39	6	WLK 0,025	0,39	6	WLK 0,025	0,39
Fenster		WSV	1,40		WSV	1,20		3-fach	0,70

Tabelle 52 Sanierungsmaßnahmen in den Varianten

Die Dämmung der Fassaden erfolgt für die Bauteile mit Klinkerfassade über ein Wärmedämmverbundsystem (WDVS). Die unverklinkerten Brüstungsbereiche können mit Wärmedämmpaneelelementen verkleidet werden.

Mit Ausnahme der Aula können alle Bauteile durch das Dämmen der Kriechkellerdecken energetisch verbessert werden. Verwiesen wird in diesem Zusammenhang auf das Hildesheimer Beispiel (Bild 298, Bild 299). Der Kellerboden zu Erdreich im Bauteil G ist nur

durch den Austausch der bestehenden Dämmlage im Fußbodenaufbau eingeschränkt zu verbessern. Im Falle einer Erneuerung des Fußbodens ist dies zu empfehlen. In der Berechnung ist dies jedoch nur für den Passivhausstandard vorgesehen.

Innerhalb der Berechnungen werden alle bestehenden Fenster mit Isolierverglasung bzw. Einfachverglasung in den Varianten 1 und 2 als Fenster mit Wärmeschutzverglasung bzw. Sonnenschutzverglasung (1,4 bzw. 1,2 W/m²K, in Abhängigkeit der Fassadenorientierung) und in Variante 3 als Dreischeibenverglasung (0,7 W/m²K) mit entsprechenden Rahmen berücksichtigt.

Um hohe Wärmedurchgangskoeffizienten auch in den Fensterbereichen zu ermöglichen, ohne die gestalterische Qualität und die natürliche Belichtung zu stark einzuschränken ist der technische Einsatz einer Vakuumdämmung untersucht worden. Für die Fassaden der Grundschule Hohe Landwehr ist dies von besonderer Bedeutung, da in der Regel Betonpfeiler ungedämmt durch die Dämmebene stoßen. Zudem setzen sich die Fassaden in Bauteil G Aula in regelmäßigen Abständen von 52 cm zurück, so dass die Flächen der Fensterlaibung entsprechend groß sind.

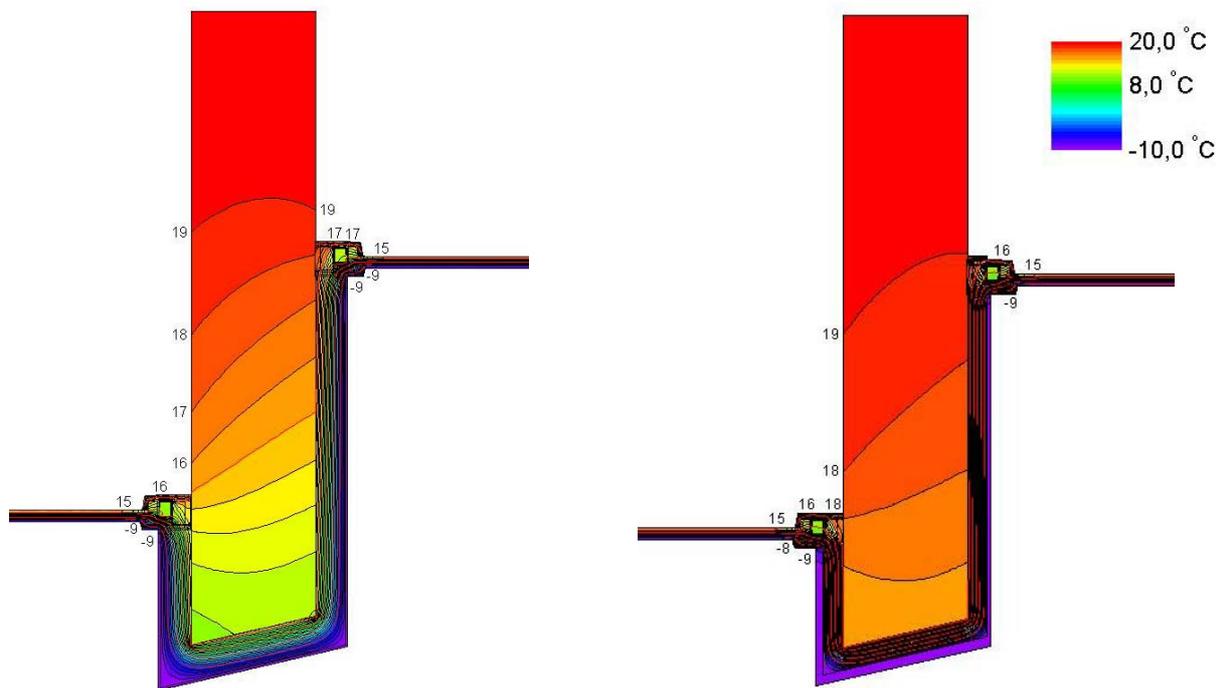


Bild 434 Wärmebrückenberechnung BT G

Dämmung WLG 032

Bild 435 Wärmebrückenberechnung BT G

Vakuumdämmung

Die Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung für diesen Bereich der Fensterlaibung an der Südfassade des Bauteils G sind für eine 6 cm starke Dämmung mit einem EPS-Hartschaum

WLG 032 in Bild 434 im Vergleich mit einer 4 cm starken Vakuumdämmung WLG 008 in Bild 435 dargestellt. Deutlich werden die um 1 bis 2 K höheren Isothermen im Betonpfeiler.

Mit Wärmedurchgangskoeffizienten von 0,53 W/m²K beim normalen Dämmmaterial und 0,19 W/m²K bei der Vakuumdämmung wird der Wärmedurchgang selbst bei einer um 2 cm geringeren Dicke der Vakuumdämmung um 64 % verringert.

Als Sonderlösung für baukonstruktiv beengte Fensterlaibungsbereiche ist die Verwendung von Vakuumdämmung daher zu empfehlen, um die architektonische Qualität der Fassade auch im Fall hoher Wärmedämmstandards zu gewährleisten.

Gebäudetechnik:

Da die Grundschule Hohe Landwehr mit dem Fernwärmeanschluss und einem Primärenergiefaktor von 0,57 über eine primärenergetisch günstige Wärmebereitstellung verfügt, besteht dort kein Änderungsbedarf. Die Wärmeverteilung ist im Rahmen einer Sanierung an den Stand der Technik anzupassen. Dazu zählen z.B. die Verteilleitungen, die Heizkörper, Thermostatventile oder Pumpen. Einzelheiten sind in Kapitel 4.4.2 dargestellt.

Die Konditionierung der Gebäude erfolgt beim Bestand und für Variante 1 mit statischen Heizflächen und einer Fensterlüftung. Ausnahme sind die vorhandenen RLT-Anlagen in BT E und BT G. Für die Varianten 2 und 3 ist in allen Gebäudeteilen mit Ausnahme von BT G eine mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung vorgesehen. In Bauteil G Aula werden eine komplette Erneuerung der zentralen Lüftungsanlage und in den übrigen Bauteilen der Einbau von dezentralen Geräten angenommen.

Weitere Einzelheiten zu den empfohlenen Parametern der beiden Anlagenarten sind in Kapitel 4.4.2 dargestellt.

11.3.4 Energetische Bewertung

Die Konditionierung der Gebäude erfolgt beim Bestand und für Variante 1 mit statischen Heizflächen und einer Fensterlüftung. Ausnahme sind die vorhandenen RLT-Anlagen in BT E und BT G. Für die Varianten 2 und 3 ist in allen Gebäudeteilen mit Ausnahme von BT G eine mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung vorgesehen. In Bauteil G Aula werden eine komplette Erneuerung der zentralen Lüftungsanlage und in den übrigen Bauteilen der Einbau von dezentralen Geräten angenommen.

Für diese Sanierungsmaßnahmen ergibt sich der in Tabelle 53 für die Varianten dargestellte Heizenergiebedarf. Die rot markierten Varianten erreichen mit wirtschaftlich vertretbaren Maßnahmen die Grenzwerte der Standards nicht, werden im Folgenden für einen Vergleich der Maßnahmen dennoch betrachtet.

Jahres-	Bestand	EnEV plus	KfW 40 / 60	PH
Heizwärmebedarf		Var 1	Var 2	Var 3
	Q_h Bestand	Q_h Var 1	Q_h Var 2	Q_h Var 3
	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
BT A Verwaltung	121.639	42.776	24.705	8.355
BT B Kreuzbau	255.561	100.767	54.046	20.614
BT C Klassentrakt	189.987	78.558	40.596	11.834
BT D E Pause Psycho	99.432	31.682	25.721	25.721
BT F Fachklassen	158.224	57.864	31.753	15.206
BT G Aula	159.801	38.575	35.458	35.458
Gesamt	984.644	350.222	212.279	117.188

Tabelle 53 Endenergieverbrauch (Bestand) und -bedarf (Wärme) der Sanierungs-varianten

Der Vergleich des berechneten Jahres-Gesamtheizenergiebedarfs der Grundschule von 984.644 kWh/a zeigt eine hohe Übereinstimmung mit dem realen Wärmeverbrauch der letzten 6 Jahre von 1,00 Mio. kWh/a.

Für die Bauteile D und E sind aufgrund der eingeschränkten Wirksamkeit der Sanierungsmaßnahmen durch eine geringe Kompaktheit ($A/V_e = 0,89$) sowie der geringen unterkellerten Bodenflächen auf die Berechnungen des Passivhausstandards verzichtet worden. Ähnliches gilt für Bauteil G, deren gesamte Bodenfläche an das Erdreich grenzt. In der Wirtschaftlichkeitsberechnung sind in den Gesamtbetrachtungen aller Gebäude diese Bauteile für die Variante 3 als KfW 40 / 60 Standard angenommen worden. Das Gebäude F Fachklassentrakt hat aufgrund eines zu hohen Primärenergiebedarfs den Passivhausstandard nicht erreicht.

Aufgrund der eingeschränkten Vergleichbarkeit von EnEV- und PHPP-Berechnung sind die mit dem EnEV-Programm IBP 18599 berechneten Werte für alle Standards dargestellt. Dazu gehört auch die Variante des Gebäudeteils F, die zwar mit einer Gebäudehülle im Passivhaus-Standard gerechnet worden sind, die Grenzwerte aber überschreitet.

Graphisch sind die berechneten Bedarfswerte aller Bauteile im folgenden Balkendiagramm Bild 436 dargestellt.

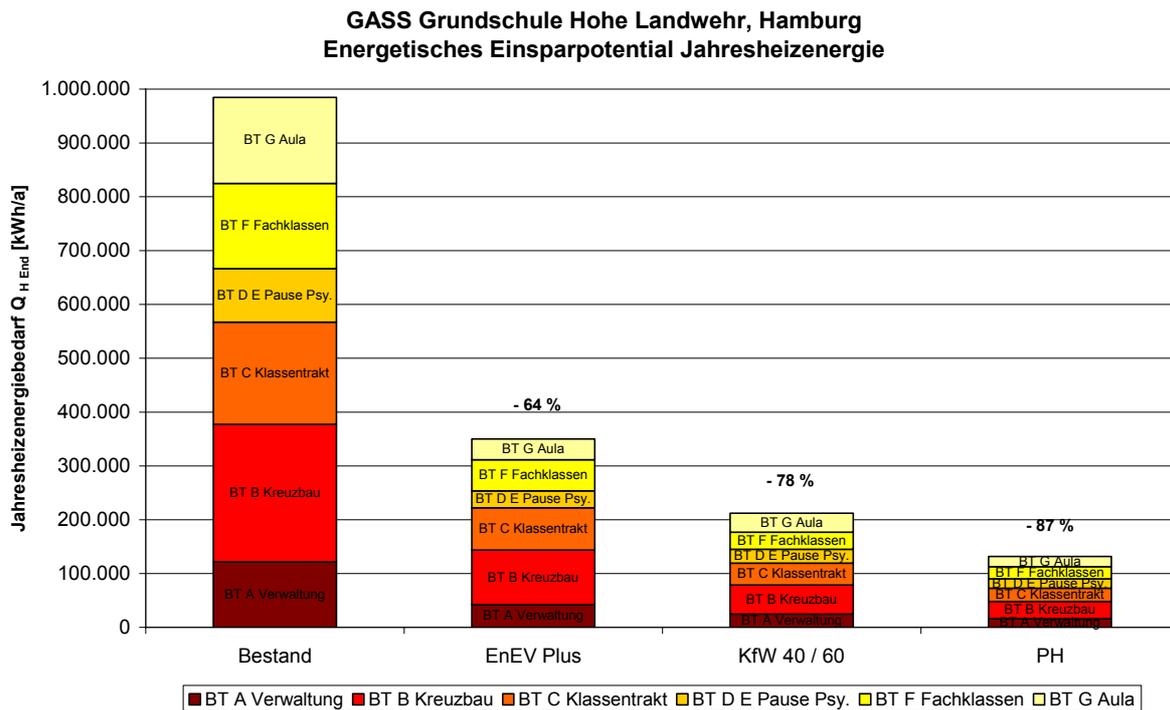


Bild 436 Energieeinsparpotential der Jahresheizenergie

Das Einsparpotential des Endenergiebedarfs Wärme aller Gebäudeteile liegt im Vergleich zum Bestand aufgrund des altersbedingten Zustands der Gebäudehülle gegenüber Variante 1 EnEV plus bei 64 % und bei Variante 2 KfW 40 / 60 Standard bei 78 %. Über den Passivhausstandard sind Einsparungen von 87 % möglich.

In Bild 437 und Bild 438 werden die spezifischen und absoluten Jahresheizenergiekennwerte (Endenergie Wärme) der einzelnen Bauteile zusammengefasst. Die Werte für den Jahres-Primärenergiebedarf befinden sich im Anhang.

Bei Betrachtung der spezifischen Kennzahlen haben besonders die kleineren Bauteil D, E und G die höchsten Reduzierungen des Wärmebedarfs. Diese Bewertung wird beim Blick auf die absoluten Wärmebedarfswerte in Bild 438 relativiert. Das höchste Einsparpotential beim Endenergiebedarf Wärme ergibt dann aufgrund der Gebäudegröße in Verbindung mit einem im Vergleich mit den übrigen Gebäuden mittleren A/V_e Verhältnis von 0,42 und 0,55 im Bauteil B und Bauteil C.

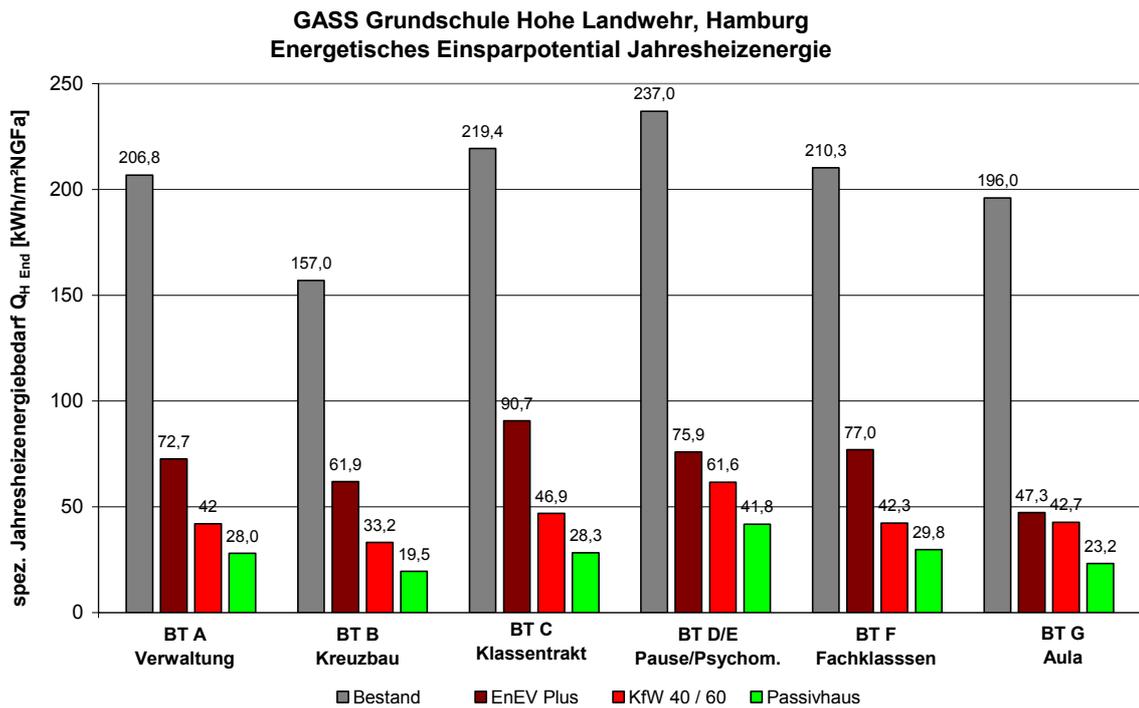


Bild 437 Spez. Jahresheizenergiebedarf (Endenergie) der Bauteile

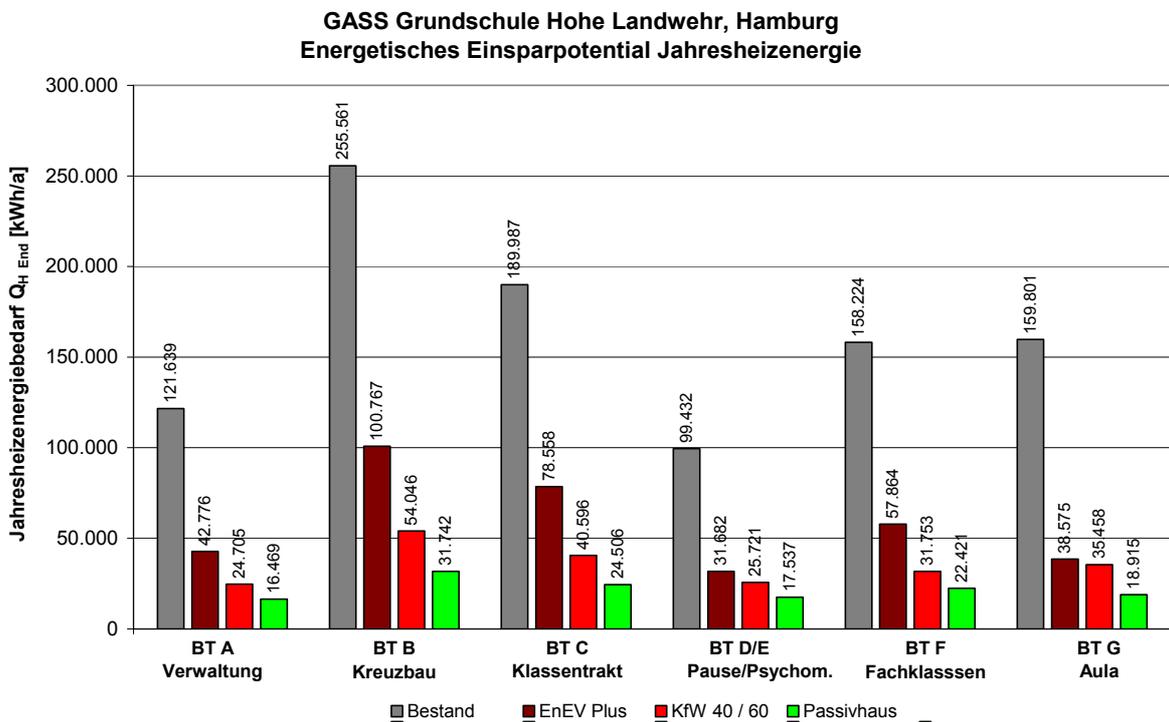


Bild 438 Abs. Jahresheizenergiebedarf (Endenergie) der Bauteile

11.3.5 Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung wird für Hamburg wie bei den anderen Schulen unter Berücksichtigung einer Energiepreissteigerung von 5 % und 10 % durchgeführt. Es wird eine Inflationsrate von 2 % berücksichtigt und ein kalkulatorischer Zinssatz von 4 % angenommen.

Für den Bestand (Variante 0), bei der keine baulichen Maßnahmen an Gebäudeteilen erforderlich sind, werden Kosten für die Instandhaltung unter den laufenden Betriebskosten berücksichtigt.

Die Kosten für die Instandhaltung werden in Anlehnung an eine Zusammenstellung der Finanzbehörde – Amt für Organisation und Zentrale Dienste der Stadt Hamburg mit einem Prozentsatz von 1,2 % bezogen auf Herstellkosten angenommen. Dabei werden die Herstellungskosten nach den Normalherstellungskosten (NHK 2000) mit einem Ansatz von 960 bis 1.135 €/m² Brutto-Grundfläche BGF in Abhängigkeit der Altersklasse für die Schulen ermittelt. Mit diesem Näherungsansatz für die Instandhaltungskosten werden die Sowieso-Kosten in der Bestandsvariante berücksichtigt und die Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Varianten hergestellt.

In Tabelle 54 sind die energetischen Sanierungskosten, die in die Wirtschaftlichkeitsberechnung einfließen, für jedes Bauteil getrennt nach den Kostengruppen Baukonstruktion und technische Anlage dargestellt. Die Kosten beruhen auf den in Kap. 4.4.2 angenommenen Parametern.

Kosten (Brutto)		Gebäude A	Gebäude B	Gebäude C	Gebäude D E	Gebäude F	Gebäude G	Gesamt
		Altbau	Neubau	Kindergarten	Pause Psycho	Fachklassentr	Aula	
Energ. Sanierung								
Var. 1	KG 300 Baukonstruktion	130.362 €	262.678 €	196.099 €	117.148 €	152.998 €	146.565 €	1.005.848 €
EnEV plus	KG 400 Technische Anlagen	12.376 €	21.777 €	24.157 €	10.710 €	13.328 €	29.750 €	112.098 €
	Gesamt	142.738 €	284.455 €	220.256 €	127.858 €	166.326 €	176.315 €	1.117.946 €
Energ. Sanierung								
Var. 2	KG 300 Baukonstruktion	137.086 €	276.463 €	206.607 €	124.314 €	162.096 €	156.674 €	1.063.240 €
KfW 40/60	KG 400 Technische Anlagen	61.028 €	156.577 €	95.783 €	45.229 €	82.291 €	124.049 €	564.956 €
	Gesamt	198.114 €	433.040 €	302.390 €	169.543 €	244.387 €	280.722 €	1.628.196 €
Energ. Sanierung								
Var. 3	KG 300 Baukonstruktion	144.853 €	295.041 €	223.093 €	132.270 €	178.055 €	169.996 €	1.143.307 €
PH	KG 400 Technische Anlagen	61.028 €	156.577 €	95.783 €	45.229 €	82.291 €	124.049 €	564.956 €
	Gesamt	205.881 €	451.618 €	318.875 €	177.498 €	260.346 €	294.045 €	1.708.264 €

Tabelle 54 Instandhaltungs -und Sanierungskosten (Brutto)

Eine graphische Zusammenstellung der Investitions-, Betriebs- und Kapitalkosten bei Sanierung der einzelnen Bauteile für die verschiedenen Varianten zeigt Bild 439.

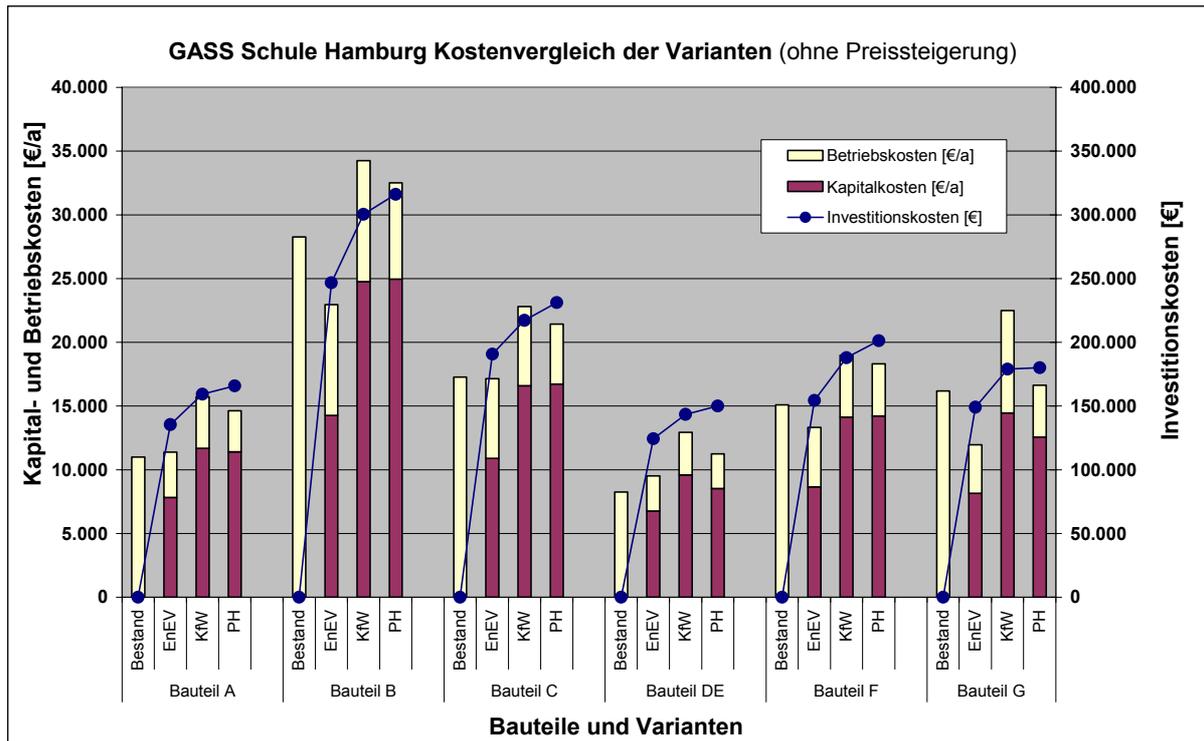


Bild 439 Vergleich der jährlichen Betriebs-, Kapital- und Investitionskosten

Über die Kapitalkosten für die Sanierungsmaßnahmen ergibt sich jeweils eine Erhöhung der Jahresgesamtkosten. Eine Steigerung der Energiepreise ist in Bild 439 nicht berücksichtigt, folgt aber in den nächsten Darstellungen.

Aufgrund der Größe des Bauteils B sind die absoluten Kapital- und Betriebskosten am höchsten. Die Betriebskosten der Bestandsvariante für dieses Bauteil teilen sich beispielsweise zu rd. 12.000 € Instandhaltung und 16.000 € Energiekosten auf. Erwartungsgemäß hat die Bestandsvariante die höchsten Betriebskosten. Die geringsten Betriebskosten ergeben sich bei allen Bauteilen für die Variante 3 des Passivhausstandards.

Im Rahmen der Berechnungen über die Nutzungsdauer von 20 Jahren sind zwei unterschiedliche Steigerungsraten der Energiekosten in Höhe von 5 % (Preissteigerung 1 – PS 1) bzw. von 10 % (Preissteigerung 2 - PS 2) der Energiekosten berücksichtigt worden. Bild 440 und Bild 441 zeigen die zeitliche Entwicklung der Jahresgesamtkosten der Varianten über einen Zeitraum von 20 Jahren mit den genannten Energiepreissteigerungen.

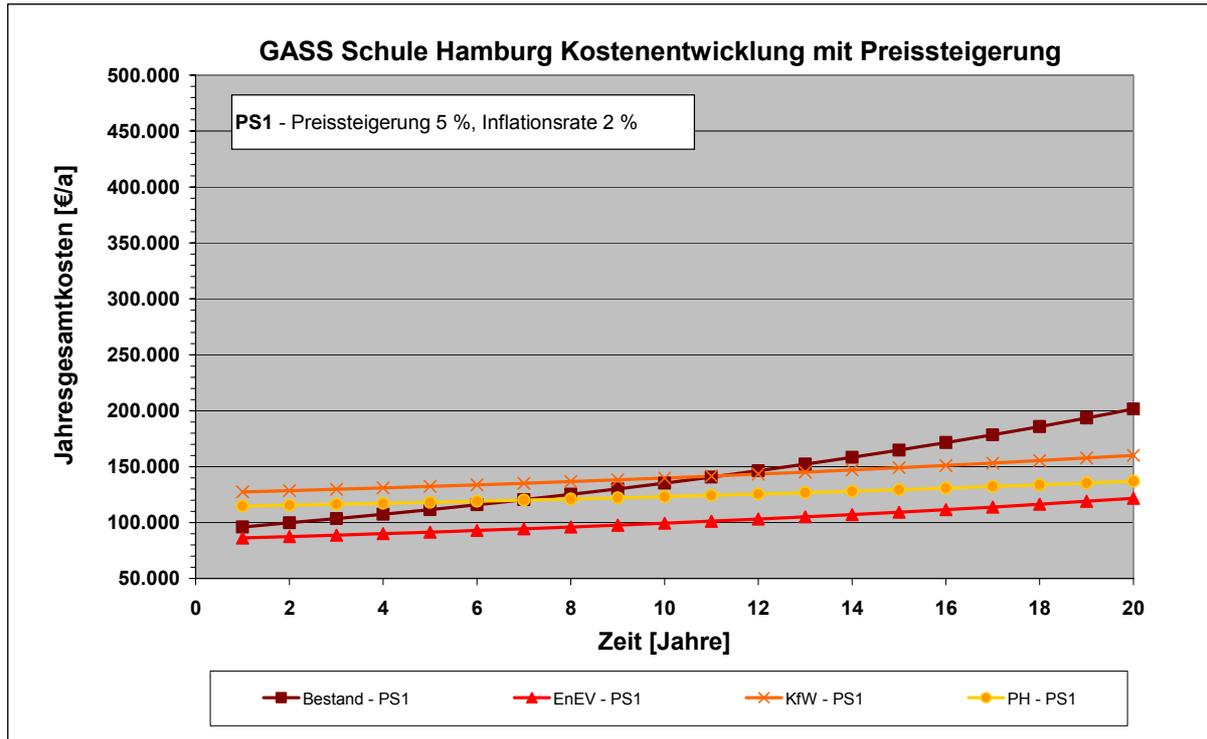


Bild 440 Entwicklung Jahresgesamtkosten bei jährl. Energiekostensteigerung von 5 %

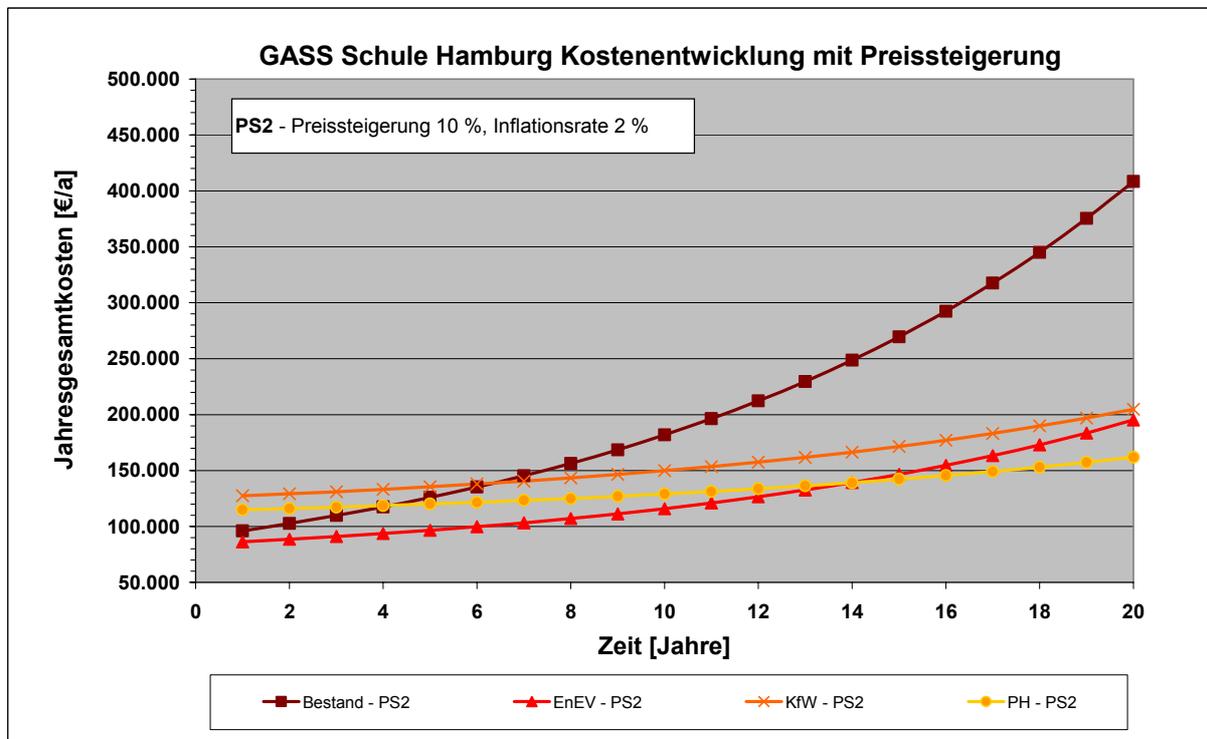


Bild 441 Entwicklung Jahresgesamtkosten bei jährl. Energiekostensteigerung von 10 %

Im Falle einer Gesamtsanierung der Schule auf den EnEV-Plus-Standard ergeben sich aufgrund des reduzierten Investitionsvolumens bei vergleichsweise hohen Einsparungen (günstiges Kosten/Nutzen-Verhältnis) die deutlich geringsten Jahresgesamtkosten.

Bei einer weiteren Nutzung der Gebäude über 20 Jahre führt der verbesserte Wärmeschutz zu einer deutlichen Reduzierung der Energie- und damit der Jahresgesamtkosten. Dies gilt insbesondere bei einer Erhöhung der Energiepreise.

Der Weiterbetrieb des Bestandes ohne Sanierung führt zu den höchsten Jahresgesamtkosten nach 20 Jahren. Die aufwändigen Sanierungsmaßnahmen der Varianten 2 und 3 führen zwar zu hohen Energieeinsparungen, die Betriebskosten insbesondere in der Variante 2 erhöhen sich durch den Betrieb der Lüftungsanlagen jedoch gegenüber der Bestandssituation und Variante 1.

In Bild 442 und Bild 443 sind die über einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren kumulierten Kosten mit den jeweiligen Investitionskosten in Balkendiagrammen dargestellt.

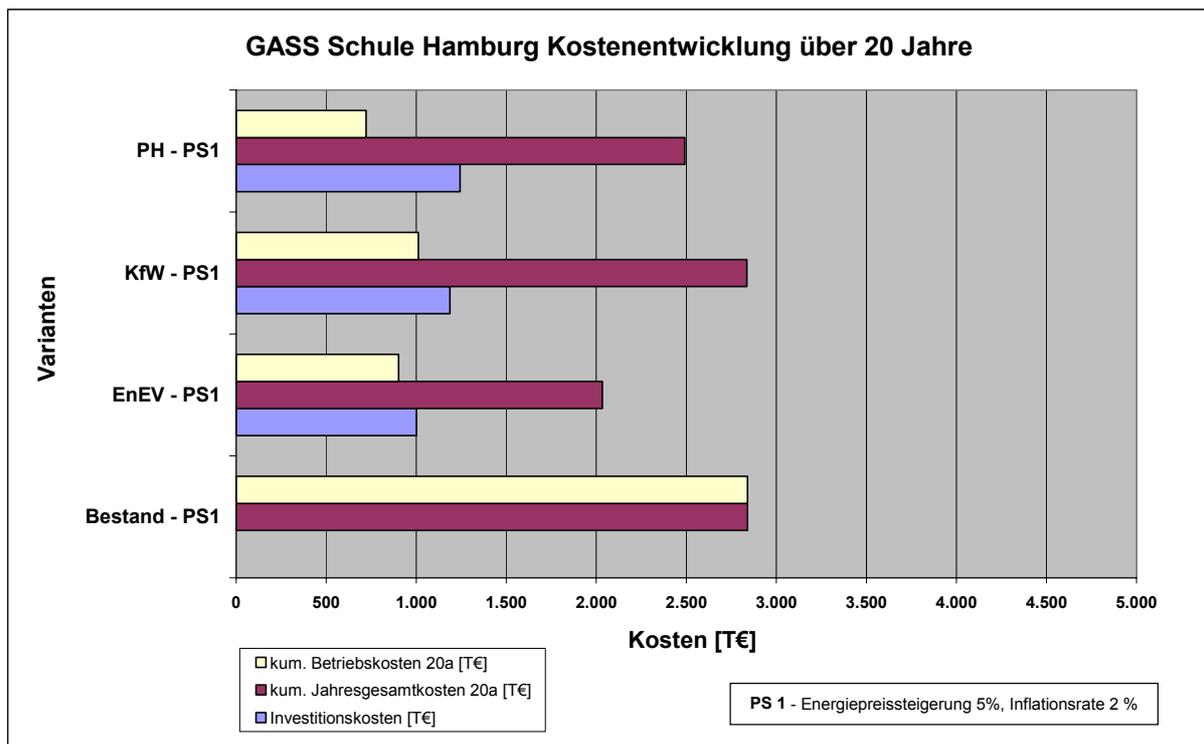


Bild 442 Vergleich jährl. Betriebs-, Kapital- und Investitionskosten mit Energiepreissteigerung 5%

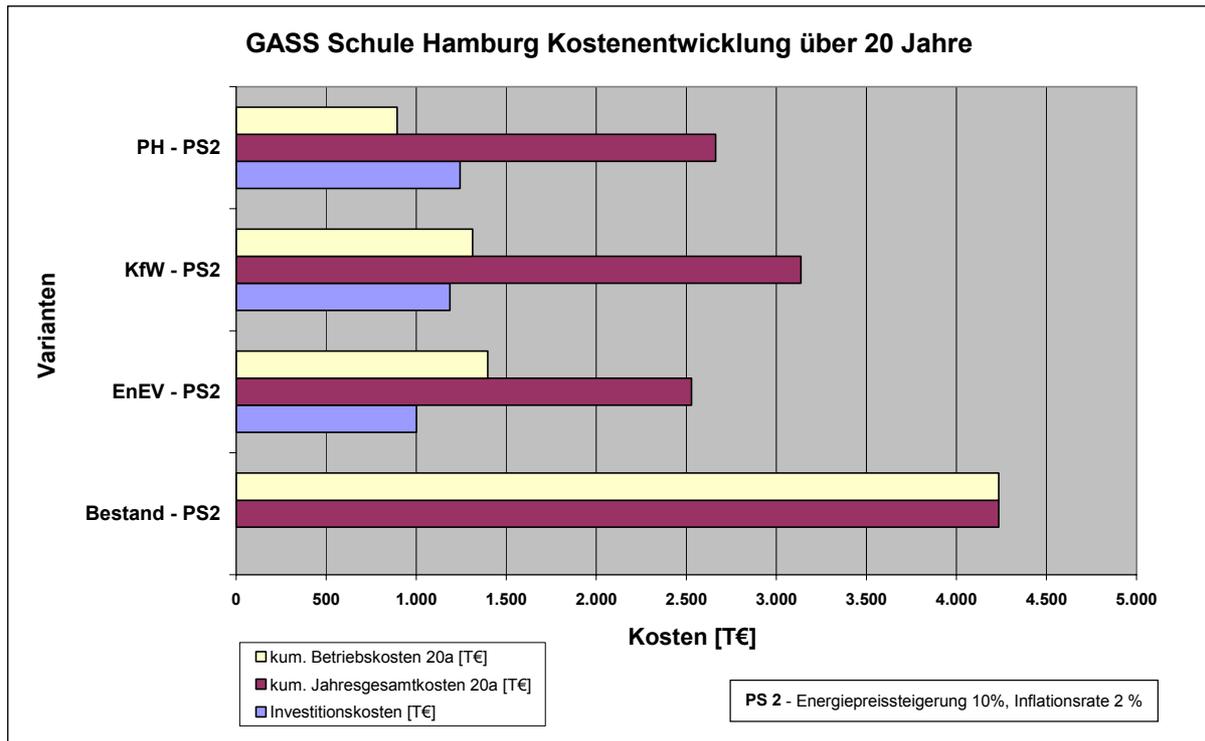


Bild 443 Vergleich der jährlichen Betriebs-, Kapital- und Investitionskosten mit Energiepreissteigerung 10%

Durch die Investition und den Betrieb der Lüftungsanlagen steigen die kumulierten Gesamtkosten der Varianten 2 und 3 trotz der hohen Energieeinsparungen über die der Instandhaltung. Die Variante 1 stellt aufgrund der reduzierten Kapitalkosten die über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren wirtschaftlichste Variante dar. Bei Verlängerung des Betrachtungszeitraums sind die Varianten 2 und 3 mit den erhöhten Wärmeschutzmaßnahmen und dem Betrieb der Lüftungsanlagen hinsichtlich der Betriebskosten insgesamt wirtschaftlicher.

Die Bestandvariante weist in Bild 442 und Bild 443 die typische Entwicklung eines unsanierten Gebäudes auf.

Wirtschaftlich am interessantesten ist die Sanierung nach der EnEV-Plus-Variante. Die Varianten 2 und 3 gewährleisten allerdings durch den Betrieb der Lüftungsanlagen die Einhaltung der Grenzwerte für die Luftqualität. Dies trägt zu Verbesserung der Lernbedingungen bei den Schülern und Lehrern bei und kann in dieser Form finanziell nicht dargestellt werden. Durch die Fensterlüftung kann dies, wie die Messungen in den Klassenräumen der Hohen Landwehr zeigen, nicht gewährleistet werden, da die Richtwerte für die CO₂-Konzentration regelmäßig überschritten werden.

11.3.6 Kostenübersicht

In der Übersicht der Tabelle 55 sind die Investitions-, Kapital-, Instandhaltungs-, und Betriebskosten der einzelnen Bauteile zusammengetragen. Dazu sind die verwendeten Energiepreise angegeben.

Kostenübersicht Hamburg (Brutto)							
Energiepreis Wärme 2008	Arbeitspreis (AP)	34 €/MWh					
	Grundpreis (GP)	0 €/a					
	Steigung 5%	AP-Var 0	AP-Var 1	AP-Var 2	AP-Var 3		
(Mittelwert - Bezug 20 Jahre)		56,47 €/MWh	56,47 €/MWh	56,47 €/MWh	56,47 €/MWh		
	GP-Var 0	GP-Var 1	GP-Var 2	GP-Var 3			
	38.581 €/a	38.581 €/a	38.581 €/a	38.581 €/a			
	Steigung 10%	AP-Var 0	AP-Var 1	AP-Var 2	AP-Var 3		
(Mittelwert - Bezug 20 Jahre)		97,81 €/MWh	97,81 €/MWh	97,81 €/MWh	97,81 €/MWh		
	GP-Var 0	GP-Var 1	GP-Var 2	GP-Var 3			
	66.828 €/a	66.828 €/a	66.828 €/a	66.828 €/a			
Energiepreis Strom 2007 (Lüftungsanlage)	Arbeitspreis (AP)	0,21 €/kWh		Steigung 5%	0,34 €/kWh		
				Steigung 10%	0,59 €/kWh		
	Grundpreis (GP)	186 €/a		Steigung 5%	307 €/a		
				Steigung 10%	532 €/a		
Zins	4,0%						
Inflation (20 Jahre bei 2%)	21,49%						
Variante 0	Bauteil A	Bauteil B	Bauteil C	Bauteil D E	Bauteil F	Bauteil G	Gesamt
Investitionskosten [€]	0	0	0	0	0	0	0
Kapitalkosten [€/a]	0	0	0	0	0	0	0
Instandhaltungskosten [€/a]	4.389	12.162	6.462	3.114	6.222	6.083	38.432
Betriebskosten [€/a]	10.998	28.270	17.272	8.249	15.096	16.185	64.789
Heizenergiebedarf [MWh]	122	256	190	99	158	160	985
Variante 1	Bauteil A	Bauteil B	Bauteil C	Bauteil D E	Bauteil F	Bauteil G	Gesamt
Investitionskosten [€]	135.455	246.645	190.696	124.351	154.477	149.072	1.000.695
Kapitalkosten [€/a]	7.830	14.264	10.898	6.769	8.664	8.158	56.583
Wartungskosten [€/a]	1.231	2.343	1.783	1.120	1.421	1.367	9.264
Betriebskosten [€/a]	3.555	8.694	6.253	2.756	4.666	3.805	29.729
Heizenergiebedarf [MWh]	43	101	79	32	58	39	350
Variante 2	Bauteil A	Bauteil B	Bauteil C	Bauteil D E	Bauteil F	Bauteil G	Gesamt
Investitionskosten [€]	159.280	300.394	217.269	143.412	187.863	179.010	1.187.229
Kapitalkosten [€/a]	11.691	24.766	16.607	9.601	14.120	14.451	91.235
Wartungskosten [€/a]	2.260	5.155	3.304	1.870	2.877	5.439	20.905
Betriebskosten [€/a]	4.028	9.490	6.204	3.336	4.869	8.047	35.974
Heizenergiebedarf [MWh]	25	54	41	26	32	35	212
Variante 3	Bauteil A	Bauteil B	Bauteil C	Bauteil D E	Bauteil F	Bauteil G	Gesamt
Investitionskosten [€]	165.807	316.006	231.122	150.097	201.274	180.057	1.244.364
Kapitalkosten [€/a]	11.416	24.969	16.726	8.530	14.226	12.561	88.429
Wartungskosten [€/a]	2.326	5.311	3.443	1.247	3.011	1.462	16.799
Betriebskosten [€/a]	3.205	7.539	4.706	2.713	4.075	4.070	26.308
Heizenergiebedarf [MWh]	8	21	12	26	15	35	67

Tabelle 55 Kostenübersicht

11.3.7 Primärenergiebedarf und CO₂-Emissionen

Die Reduzierung des Primärenergiebedarfs bei Sanierung ist für die verschiedenen Varianten in Bild 444 zusammengefasst. Die Varianten 2 und 3 liegen mit Berücksichtigung des Strombedarfs der Lüftungsanlagen bis auf das Bauteil Aula unter denen der Variante 1. Insbesondere die Variante 3 liegt mit dem Passivhausstandard günstig, trotz des hohen Anteils an Hilfsenergien der mechanischen Lüftung.

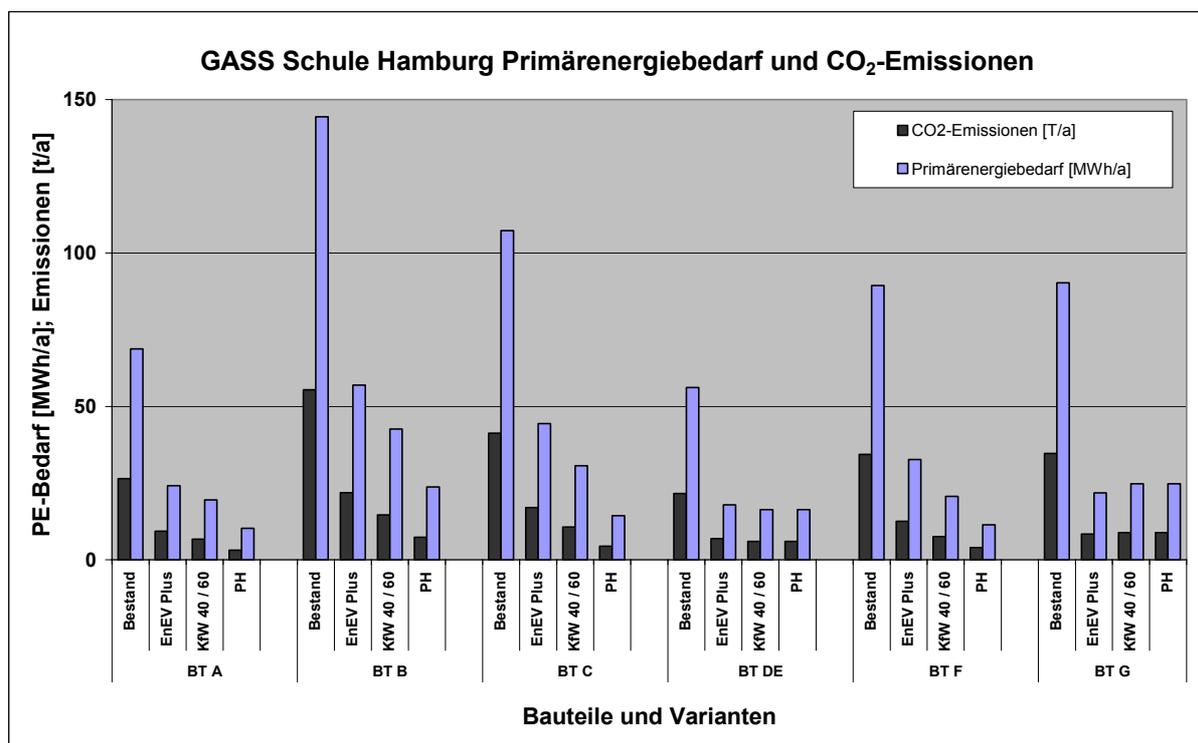


Bild 444 Jährliches Einsparpotential CO₂-Emissionen und Primärenergiebedarf

Durch die Umsetzung des Sanierungskonzeptes für alle Bauteile kann eine CO₂- Reduktion in der Größenordnung von 140 bis 180 t/a erreicht werden.

11.3.8 Zusammenfassung Technik

Energetisches Potential:

Die Grundschule Hohe Landwehr verfügt mit der Fernwärme über eine primärenergetisch günstige Wärmebereitstellung (Primärenergiefaktor 0,565). Der Heizenergiebedarf der Bestandsgebäude mit 191 kWh/(m²a) führt bei Weiterbetrieb ohne Verbesserung des Wärmeschutzes der Gebäudehülle zu einer deutlichen Erhöhung der Betriebskosten.

Die nach EnEV Plus-Standard (entspricht Klimaschutzverordnung Hamburg 2010) definierten Anforderungen des baulichen Wärmeschutzes werden bei Umsetzung des KfW 40 / 60 Standards und insbesondere des Passivhaus-Standards nochmals unterschritten, was einer deutlichen Verringerung der Heizwärmekosten entspricht.

Durch entsprechende Verbesserungen der Gebäudehülle lassen sich alle Gebäudeteile auf den von der DBU förderungsfähigen KfW 40 / 60 Standard bringen. Der Passivhausstandard ist für die Hauptbauteile A, B und C mit üblichen Mitteln umsetzbar. Für das Gebäude F reichen die üblichen Maßnahmen nicht, zum Vergleich wird es aber dennoch betrachtet.

Aufgrund des altersbedingt schlechten Zustandes der Gebäudehülle liegt das Endenergie-Einsparpotential der Variante 1 EnEV Plus-Standard bei 64 % und bei Variante 2 KfW 40 / 60 Standard bei 78 %. Über die Realisierung eines Passivhausstandards sind Einsparungen von 87 % möglich, was einer Reduzierung der CO₂-Emission um 180 t/a entspricht.

Im Rahmen von möglichen Einzelmaßnahmen führt die Sanierung der Bauteile mit regelmäßiger Unterrichts- bzw. Arbeitsraumnutzung A, B, C und F im Hinblick auf Energieeinsparungen zu den günstigsten Bedingungen.

Wirtschaftliche Bewertung:

Während bei Realisierung des EnEV Plus-Standards das Gebäude weiterhin über die Fenster gelüftet werden kann, ist für die weitergehenden Standards KfW 40 / 60 und Passivhaus zur Reduzierung der Lüftungswärmeverluste der Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung erforderlich. Dies führt mit dem erhöhten baulichen Aufwand insgesamt zu einer deutlichen Steigerung der Investitionskosten.

Der EnEV-Plus-Standard stellt aufgrund des günstigen Kosten/Nutzen-Verhältnisses die wirtschaftlich interessanteste Sanierungsvariante dar. Bei Betrachtung einzelner Bauteile wie BT B und C gleicht sich der Passivhausstandards bei einer Energiepreissteigerung von 10 % durch die niedrigen Betriebskosten im Vergleich zum EnEV plus-Standard stärker an.

Zu berücksichtigen ist bei ganzheitlicher Bewertung, dass durch die weitergehenden Sanierungsmaßnahmen der Varianten 2 und 3 eine zusätzliche Einsparung von Brennstoff zur Wärmeversorgung sowie der resultierenden CO₂-Emissionen gegeben ist.

Neben dem ökologischen Anspruch des Projektes ist die Verbesserung des thermischen Komforts und damit der Lernsituation für Schüler und Lehrer ein wesentlicher Teil des Konzeptansatzes. Die Gewährleistung der Raumluftqualität steht hierbei im Fokus.

Die Untersuchungen der Grundschule Hohe Landwehr wie aller anderen innerhalb des Vorhabens untersuchten Schulen belegen, dass das praktizierte Lüftungsverhalten nicht ausreicht, um eine akzeptable Luftqualität zu gewährleisten. Der Richtwert für die Luftqualität von 1.500 ppm wird in der Schule Hohe Landwehr im Winter in 44 % und in 32 % der gemessenen Stundenmittelwerte in der Unterrichtszeit überschritten.

Bei den Schülern ist je nach Raumbelagung und –größe ein Mindestluftwechsel von ca. 2 1/h notwendig. Über die so genannte „motivierte Fensterlüftung“ mit regelmäßiger Stoßlüftung nach 20 Minuten Unterricht sind bei günstigen Bedingungen Mittelwerte um 1.500 ppm möglich. Ein solches regelmäßiges Lüftungsverhalten ist bei kalten Außentemperaturen ohne Einschränkung des Nutzerkomforts nur schwer umsetzbar.

Fazit:

Bei ganzheitlicher Bewertung inkl. der Faktoren Klimaschutz und Lerneffektivität sind die Bauteile A, B, C grundsätzlich für den Passivhausstandard geeignet. Neben den rein wirtschaftlichen Gründen, die für den EnEV-Plus-Standard sprechen, sind bei der Entscheidung über die Sanierungsmaßnahmen auch die Komfortverbesserungen im Unterricht, die sich aus der Nutzung einer mechanischen Lüftung ergeben, zu berücksichtigen. Diese Verbesserungen der Lern- und Lehrfähigkeit der Lehrer und Schüler, die zwar durch Studien belegt sind, lassen sich so finanziell über diese Wirtschaftlichkeitsberechnung nicht abbilden.

Aufgrund der schlechteren Rahmenbedingungen wird für die Bauteile D, E, F und G eine Sanierung im EnEV Plus-Standard mit mechanischer Lüftung für die Unterrichtsräume im Bauteil F und Erneuerung der Lüftungsanlage in Bauteil G empfohlen.

12 Abschlussbewertung Hamburg

12.1 Bestandsanalyse Hamburg

Pädagogik

- Gestaltung der Klassenräume
 - Nutzungsmöglichkeiten durch Gestaltung von Funktions- und Arbeitsbereichen in den Klassenzimmern verbessern (mindestens ein Funktionsbereich mehr pro Klasse)
 - flexible Raumnutzung ermöglichen (bewegliches Mobiliar, Raumteiler)
 - verschließbare Schränke zum Lagern von Materialien sowie Fächer für persönliche Gegenstände der Kinder
 - ästhetisch ansprechende Flächen zum Ausstellen von Schülerarbeiten
- Integration visuell und akustisch abgeschirmter Bereiche für Kleingruppen im Kreuzbau
- Einrichtung akustisch und visuell abgeschirmter Räume für den Förderunterricht im Erdgeschoss des Klassentraktes („Teilungsraum“)
- Möglichkeiten zum Ausruhen und Zurückziehen für die Kinder innerhalb des Schulgebäudes
- Ergänzung des Außengeländes durch überdachte Sitzmöglichkeiten für die Kinder sowie ggf. einer Sandkiste und einem Platz für Wasserspiele
- Integration von Nischen für Klassengemeinschaften im Essensraum
- Sanierung der sanitären Anlagen und Einrichtung eines Waschräume
- Ergänzung des Verwaltungstraktes durch kleinere Beratungsräume, Lehrerarbeitsplätze, einen Konferenzraum sowie Möglichkeiten zur Lagerung von Unterrichtsmaterialien
- Hinweise zur Orientierung auf dem Schulgelände

Gebäudehülle

- Fassaden aller Bauteile entsprechen bauphysikalisch nicht mehr dem Stand der Technik.
- Das gesamte Betonstragwerk mit Stützen und Deckenauskragungen ist ungedämmt. Deutlich werden Wärmbrücken in den Anschlusspunkten der Brüstung zu den Betonstützen und an der Bodenplatte.

- Hohe Wärmeverluste über Außenwände, Dach und besonders über veraltete Fenster (Isolier- und Einscheibenverglasung) tragen zu hohen Betriebskosten bei.
- Im Bestand sind die meisten Unterrichtsräumen durch bis zu einem Meter tiefe Dachüberstände und Betonlamellen in Teilen vor Sonne geschützt. In Zeiten tief stehender Sonne im Sommer und in der Übergangszeit ist der feststehende Sonnenschutz wenig effizient. Ansonsten ist in den Unterrichtsräumen ein innenliegender Blendschutz (Textilbehänge) installiert.
- Zur Verbesserung der Energieeffizienz und des Raumkomforts wird eine energetische Sanierung empfohlen.

Gebäudetechnik

- Die Wärmebereitstellung über Fernwärme mit einem PE-Faktor von 0,56 wird primärenergetisch gut bewertet und bedarf keiner Änderung.
- Anpassung der Leistung des Fernwärmeanschlusses an den Wärmebedarf nach energetischer Sanierung. Über Senkung des Leistungspreises können die Bereitstellungskosten des Energieversorgers reduziert werden.
- Die Nahwärmeleitungen zwischen den Gebäudeteilen sind ungedämmt und damit in einem völlig desolaten Zustand. Die Qualität der Wärmedämmung der Heizverteilung und insbesondere dieser Nahwärmeleitungen sind umfassend zu erneuern.
- Die Dämmung der Heizverteilung in den Kriechkellerbereichen ist zwar vorhanden, in Teilen aber unzureichend und beschädigt.
- Über die thermographische Auswertung ist eine unzureichende Dämmung einiger Steigleitungen im Giebelbereich des Bauteils B und C entdeckt worden.
- Die Heizkörper sind in einem dem Anlagenalter entsprechend Zustand. Zur präzisieren Heizungsregelung werden der Austausch aller veralteten Thermostatventile, die Überprüfung der vorhandenen Heizkörper bei veränderter Heizlast sowie eine hydraulische Einregulierung der Heizleitungen empfohlen.
- Beide Lüftungsanlagen der Aula und des Psychomotorikraums haben sehr geringe Betriebszeiten, da sie nur bei besonderen Veranstaltungen in Gang gesetzt werden. Mittelfristig sind die Anlagen dennoch zu ersetzen, da sie aufgrund ihres Alters von über 45 Jahren wenig energieeffizient und komfortgerecht sind.

Raumklima

Raumluftqualität

- Die Luftqualität in der Hamburger Schule wird im Winter als mäßig eingeschränkt und im Übergang wie Sommer als befriedigend bewertet.
- Im Winter liegen 44 % der Stundenmittelwerte der CO₂- Konzentrationen in der Unterrichtszeit oberhalb des Richtwertes von 1.500 ppm.
- Mit höheren Außentemperaturen und entsprechenden Lüftungsverhalten, sind die Überschreitungen des CO₂- Richtwerts im Übergang mit 27% und im Sommer mit 24 % geringer.
- Die Quervergleiche mit der Nutzerbefragung entsprechen der Beurteilung der Lehrer und Schüler nur wenig. Während die tatsächliche Luftqualität eher dem mittleren Bereich zuzuordnen ist, sind die Beurteilungen der Lehrer weit negativer und die der Schüler weit positiver als die Messwerte.

Raumtemperatur

Sommer

- Mit 6 % und 5 % haben der ostorientierte Raum und der Raum im Bauteil B Süd die höchste Anzahl an Überhitzungsstunden über 26°C in der Schulzeit.
- Unter Berücksichtigung der mäßigen Außentemperaturen im Sommer 2008 (ohne Sommerferien) und des eingegrenzten Schulbetriebs von 8:00 bis 13:00 Uhr wird die thermische Behaglichkeit in diesen Räumen aufgrund der Langzeitmessung als noch akzeptabel bewertet.
- Der südorientierte Raum im BT C hat mit 2 % die geringste Anzahl an Überhitzungsstunden über 26°C, was aufgrund vergleichbarer baulicher Bedingungen mit den Nutzungsrandbedingungen zu erklären sein muss.
- Deutlich wird die Abhängigkeit der Belegungszeit von 8:00 bis 13:00 Uhr mit dem Zeitpunkt der solaren Einstrahlung in die Räume.
- Bei dem geplanten Ganztagsbetrieb wird die Anzahl an Überhitzungsstunden insgesamt zunehmen. Dies gilt besonders für den Westraum, bei dem dann die nachmittägliche Solarstrahlung Einfluss hat.
- Die Mehrheit der Schüler und Lehrer empfinden die sommerlichen Temperaturen im Klassenraum als häufig bis immer zu hoch. Das Maß der Störung wird dabei bei den Lehrern deutlich höher bewertet als bei den Schülern.

Winter

- Auffallend sind die niedrigen Raumtemperaturen im Winter.
- Unter der Grenztemperatur für Behaglichkeit von 20°C liegen in der Unterrichtszeit 41 % im Raum BT B Ost, 56 % im Raum BT B Süd und 48 % im Raum BT C Süd.
- Erklärungen für den hohen Anteil an Temperaturen unter 20°C sind neben der allgemein schlechten Gebäudehülle, die Auskühlungen durch Fensterlüftung und Nachtabenkungen.
- Der Ostraum kann durch die Kombination interner Gewinne durch die Schüler und Lehrer sowie solarer Gewinne am Morgen und am Vormittag die kühlen Temperaturen schneller ausgleichen als die beiden Südräume
- Obwohl die gemessenen Raumtemperaturen zu einem großen Teil in einem unbehaglichen Bereich unter 20°C liegen, werden sie in der Befragung von den Lehrern mehrheitlich „selten“ und von den Schülern als „gelegentlich“ zu kalt bewertet.
- Die Lehrer messen der Variable Raumtemperatur im Winter eine deutlich höhere Wichtigkeit zu als die Schüler.

Raumlufffeuchte

- Keine Einschränkung der Behaglichkeit durch zu trockene Raumfeuchten in den Messräumen.
- Durch zu hohe Raumfeuchten ist die Behaglichkeit nur geringfügig eingeschränkt.
- Die relative Raumlufffeuchte wird von den Lehrern in der Nutzerbefragung im Sommer und Winter als selten zu feucht bewertet. Als „gelegentlich zu trocken“ wird die Raumlufffeuchte für den Winter angegeben.

Tageslicht

- Die Tageslichtquotienten für die Bauteile B und C liegen aufgrund hoher Fensterflächenanteile im ausreichend guten Bereich. Die Verschattung durch die Dachauskragungen bzw. Betonlamellen haben hier nur begrenzten Einfluss.
- Für das Bauteil F ist der Tageslichtquotient dagegen nicht akzeptabel. Neben dem geringeren Fensteranteil der Nordfassade sind hier die Verschattungen durch weite Deckenauskragungen und dichten Grünbewuchs.
- Ansatzpunkt zur Verbesserung ist eine Reduzierung der Büsche vor Bauteil F.

Kunstlicht

- Die hohe Beleuchtungsleistung im Bauteil B und C kann bei Erneuerung durch Anpassung an den unteren Zielwert von $7,5 \text{ W/m}^2$ fast halbiert werden. Diese Größenordnung gilt auch für die Aula als Versammlungsraum.
- Der Einbau moderner Spiegelrasterleuchten wird für die Hamburger Schule generell und insbesondere für alle Unterrichtsräume empfohlen.
- Keine der Beleuchtungsanlagen in der Schule hat eine bedarfsgerechte Beleuchtungssteuerung oder elektronische Vorschaltgeräte. Im Rahmen einer Gesamtsanierung wird die Berücksichtigung dieser Komponenten zur Erhöhung der Effizienz empfohlen. Eine Reduzierung des Stromverbrauchs um bis zu 75 % wird dadurch möglich.

Akustik

- Als akustisch sanierungsbedürftig zeigten sich neben optimaler Nachhallzeiteinstellung in den meisten Unterrichtsräumen nur wenige Räume mit offenbar in mangelhafter Qualität ausgeführten Akustikdecken.
- Das Treppenhaus des Kreuzbaus und ein Teil der Nebenräume sind dringend sanierungsbedürftig, wobei der Einbau bzw. die Erneuerung vorhandener Akustikdecken bzw. Deckenverkleidungen unter Berücksichtigung thermischer Aktivierung der Betondecken in das Sanierungskonzept realisierbar erscheint.
- Andere Treppenhäuser bedürfen lediglich akustischer Optimierung durch zusätzliche Wandabsorber.
- Das Lehrerzimmer sollte durch schallabsorbierende Stellwände akustische Optimierung erfahren.
- Als akustisch vorbildlich zeigte sich ein neueingerichteter Musikraum.
- Die Großküche ist wesentlich zu hallig, ebenso der zugehörige Theorieraum.
- Die Aula weist zwar gut eingestellte Nachhallzeiten auf, es mangelt jedoch an der Schallfeldoptimierung durch fachgerechte Reflektoren, Absorberflächenanordnung etc.
- In der großen Pausenhalle sollten einige Maßnahmen der Schalllenkung und Schallfeldoptimierung zur Verbesserung der Sprachverständlichkeit ergriffen werden.

12.2 Sanierungskonzept Hamburg

Im Folgenden wird das Sanierungskonzept für Hamburg erläutert.

Architektur

- Verlegung des Haupteingangs zwischen Verwaltung und Kreuzbau → dadurch offener und großzügiger Schulzugang
- Durch den Abbruch der Vordächer erscheint der Schulhof größer und heller
- Die Farb- und Formensprache des Entwurfskonzeptes schafft aus dem zerklüfteten Bestand optisch ein Schulensemble
- Raumnischen als Rückzugsmöglichkeit in den Klassenräumen des Kreuzbaus wurden aus finanziellen Gründen und Bedenken gegen zu deutliche Eingriffe in die Typologie des Kreuzbaus wieder gestrichen
- Jetziger Entwurf spielt mit quadratischen Fenstern, die sich in den einzelnen Grundrissebenen horizontal alternierend verschieben → lebendiges Fassadenbild
- Farbliche Gliederung der Fassade in zwei Bereiche
- Farb- und Formtypologie zieht sich über alle Bauteile des Schulgeländes und bindet diese optisch zusammen
- Umstrukturierung des Verwaltungsgrundrisses, um sich gegenseitig störende Nutzungen (z.B. Musikunterricht und Verwaltung) zu entflechten
- Verschiebung des Musikraumes aus der Verwaltung in den Fachklassentrakt → dort gute Eingliederung in die Reihe der Fachräume → dadurch Platz in der Verwaltung für Lehrerarbeitsplätze
- Einrichtung von Kleingruppenräumen im Kreuzbau zur Ermöglichung einer intensiven Förderung und Lernsituation

Energetische Sanierung

Es werden drei Sanierungsstandards betrachtet:

- Variante 1 - EnEV plus
- Variante 2 - KfW 40 / 60
- Variante 3 - Passivhausstandard (PH)

Gebäudehülle

Vorschlag zur Ausführung der Fassaden:

- Bauteil A Wärmedämmpaneелеlemente

- Bauteile B und C Wärmedämmverbundsystem (WDVS)

Bei Berechnung der energetischen Standards ergeben sich folgende beispielhafte U-Werte für die Bauteile:

	EnEV Plus	KfW 40 / 60	Passivhaus
U-Werte	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K
Dach	0,20	0,17	0,12
Außenwand	0,22	0,15	0,10
Kellerboden zu Kriechkeller	0,30	0,16	0,13
Fenster	1,40	1,20	0,70

Tabelle 56 U-Werte der Bauteile in Varianten

Austausch aller bestehenden Fenster mit Isolierverglasung:

- in den Varianten EnEV plus und KfW 40 / 60 durch Fenster mit Wärmeschutzverglasung bzw. Sonnenschutzverglasung (in Abhängigkeit der Fassadenorientierung)
- in Passivhausvariante als Dreischeibenverglasung (0,7 W/m²K)
- Ergebnisse der thermischen Simulation: Empfehlung für 2-Scheiben bzw. 3-Scheiben Wärmeschutzverglasung mit außenliegenden Sonnenschutz in den nach Süden, Osten und Westen gerichteten Unterrichtsräumen
- Alternative: Sonnenschutzverglasung mit innenliegenden Sonnenschutz
- Empfehlung einer Tageslichtlenkung zur Erhöhung der Tageslichtautonomie
- Parameter der thermischen Simulation: Berücksichtigung des geplanten Ganztagsbetrieb bis 16:00 Uhr und der Fensterflächenanteil der Bestandsgebäude.

Gebäudetechnik

- Beibehalten der Wärmebereitstellung über Fernwärme mit einem Primärenergiefaktor von 0,56
- Variante 1 Konditionierung mit statischen Heizflächen und einer Fensterlüftung. Ausnahme sind die Bauteile die zusätzlich mit einer bestehenden mechanischen Lüftung versorgt werden.
- Varianten 2 und 3 Konditionierung der Unterrichtsräume mit statischen Heizflächen und mechanischer Lüftung mit Wärmerückgewinnung
- BT E und G -zentrale Zu- und Abluftanlage
- BT A, B ,C, D, F - dezentrale Fassadenlüftungsgeräte

Raumklima

- Erhöhung der Luftqualität und des thermischen Komforts in den Unterrichtsräumen durch Lüftungsanlagen- damit Verbesserung der Lern- und Lehrfähigkeit der Lehrer und Schüler
- Zur Reduzierung von Überhitzungen wird Nachtlüftung empfohlen
- möglich z.B. über Lüftungsfenster mit feststehenden Lamellen für den Wetter- und Einbruchschutz oder ggf. über Lüftungsanlagen
- Nutzung der Speichermasse der Betondecken zur Pufferung der Raumtemperaturen im Sommer durch offene Akustikdecke
- Aus der thermischen Simulation ergeben sich im Vergleich zu einer geschlossenen Decke Reduzierungen der Überhitzungsanteile von 5 % bis 15 %.
- Allgemeine Annahme eines reduzierten Akustikdeckenanteils von etwa 50% Als Ausgleichsfläche wird ein Wandfries mit Tiefenabsorber als Wandpaneel empfohlen.

Energetische Bewertung

- Einsparpotential Endenergiebedarf Wärme aller Gebäudeteile gegenüber Bestand:
 - EnEV plus 64 %
 - KfW 40 / 60 78 %
 - Passivhausstandard (PH) 87%
- Passivhaus-Standard wird für Bauteile D, E, und G aufgrund der eingeschränkten Wirksamkeit der Sanierungsmaßnahmen bei geringer Kompaktheit nicht erreicht. Für das Bauteil F sind die solaren Einträge zu gering.
- Im Rahmen von möglichen Einzelmaßnahmen führt die Sanierung der Bauteile mit regelmäßiger Unterrichts- bzw. Arbeitsraumnutzung A, B, C und F im Hinblick auf Energieeinsparungen zu den günstigsten Bedingungen. Dabei sind die Bauteile A, B, C für den Passivhausstandard geeignet.

Wirtschaftliche Bewertung

- EnEV plus-Standard bei einer Energiepreissteigerung von 5 % und 10 % in einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren für alle Gebäudeteile wirtschaftlichste Sanierungsvariante

- Begründet durch höhere kumulierte Jahresgesamtkosten bei Sanierungsvarianten KfW 40 / 60 Standard und Passivhausstandard durch die zusätzliche Investitionskosten
- Bei Betrachtung einzelner Bauteile wie BT B und C gleicht sich der Passivhausstandards bei einer Energiepreissteigerung von 10 % durch die niedrigen Betriebskosten im Vergleich zum EnEV plus-Standard stärker an.

Fazit

- Bei ganzheitlicher Betrachtung inkl. der Faktoren Klimaschutz und Lerneffektivität sind die Bauteile A, B, C grundsätzlich für den Passivhausstandard geeignet.
- Sanierung der Bauteile D, E, F und G wird im EnEV Plus-Standard mit mechanischer Lüftung für die Unterrichtsräume im Bauteil F und Erneuerung der Lüftungsanlage in Bauteil G empfohlen

Akustik

- Im Kreuzbau (Bauteil B) ist auf jeder Etage in jeweils einem Klassenraum die unzulängliche Einlage im Zwischenraum der Akustikdecke zu ersetzen. Hierbei sollte geprüft werden, ob ein Umbau mit Thermoaktivierung der Betondecke bauphysikalisch vorteilhaft ist. Dies gilt in gleicher Weise für die abgehängten Decken im Treppenhaus und für die dortigen zentralen Aufenthaltsbereiche des Kreuzbaus.
- Alle vorhandenen Decken im Kreuzbau sind Gipskartondecken, die sich für eine farbliche Neugestaltung eignen, so dass pädagogischer und architektonischer Umgestaltung in dieser Hinsicht entsprochen werden kann.
- Im Klassentrakt (Bauteil C) sind die Treppenhäuser durch zusätzliche Wandabsorber mit geringem Aufwand akustisch zu optimieren.
- Das Lehrerzimmer bedarf der Ausstattung mit schallabsorbierenden Stellwänden.
- Die Großküche und ebenso der zugehörige Theorieraum sollte mit einer Akustikdecke ausgestattet werden.
- Die Aula sollte bei einer Generalüberholung fachgerecht mit Reflektoren im Bühnenraum und im vorderen Raumbereich sowie mit Absorberflächen im hinteren Raumbereich akustisch optimiert werden.
- In der großen Pausenhalle sollte die vorhandene raumakustische Ausstattung entsprechend pädagogischer und architektonischer Neuausrichtung ergänzt werden, insbesondere durch Maßnahmen der Schalllenkung und Schallfeldoptimierung zur

Verbesserung der Sprachverständlichkeit bei der Nutzung des Bereichs für Ansprachen etc.

- Die vorgeschlagene Ausstattung der Schule mit dezentralen Lüftungsgeräten muss sorgfältig der Gefahr erheblicher Erhöhung der Störgeräuschpegel in den Gebäuden begegnen.

13 Objektübergreifendes Fazit

Für das Fazit werden die Ergebnisse des Forschungsprojekts unter besonderer Berücksichtigung des ganzheitlichen Ansatzes abschließend analysiert. Die funktionalen, gestalterischen und technischen Anforderungen sowie Lösungsansätze werden interdisziplinär bewertet.

Lehr-Lern-Kulturen im Wandel

An den drei untersuchten Schulen ist, wenngleich in sehr unterschiedlicher Ausprägung, eine Tendenz zum individualisierten Lernen zu beobachten. In der Regenbogenschule, wo die Öffnung des Unterrichts längst fester Bestandteil des pädagogischen Konzepts ist, hat dies bereits heute Auswirkungen auf die Gestaltung und den Umgang mit Schulraum. Da offene Unterrichtsformen ohne vorbereitete Lernumgebung kaum praktikierbar sind, wurden die Räume von den Pädagoginnen entsprechend ausgestattet. Durch solche Bemühungen können die Grenzen, welche das Schulgebäude setzt, jedoch nur zum Teil kompensiert werden. Die vorgeschlagenen Umbaumaßnahmen im Inneren könnten die pädagogische Arbeit dort erheblich unterstützen. Obgleich auch am Gymnasium Josephinum der Wunsch nach angemessenen Räumen für offene Unterrichtsformen geäußert wurde, wird dort bislang mit Verweis auf die räumlichen Gegebenheiten (beengte Klassenräume, keine Ablagemöglichkeiten etc.) weitgehend von der konkreten Durchführung abgesehen. Welche Auswirkungen ein verändertes Raumkonzept in diesem Fall auf die pädagogische Arbeit hätte, kann daher nicht abschließend beurteilt werden.

Unabhängig davon, was konzeptionell in den Schulhäusern stattfindet, weisen die von den Nutzerinnen und Nutzern artikulierten Bedarfe und Wünsche hinsichtlich der Anforderungen an die Räume viele Parallelen auf. Die vorwiegend zum Lernen und Arbeiten genutzten Bereiche unterliegen durch die beschriebene Öffnung des Unterrichts veränderten Nutzungsanforderungen. Auswirkungen hat dies sowohl auf die Gestaltung von Klassen- und Fachräumen als auch auf die Konzeption von Fluren und Verkehrsflächen. Da eine sorgfältig

vorbereitete Lernumgebung zu Recht als „das konzeptionelle Herzstück der Schule“¹⁴⁹ angesehen werden kann, ist diese mit besonderer Aufmerksamkeit zu bedenken. Zwar wird die Einrichtung von Themenecken bislang vor allem an den Grundschulen praktiziert und gewünscht, sie kann aber durchaus auch an weiterführenden Schulen sinnvoll sein (z.B. Computerbereich).

Die Forderung nach einem werkstattartigen Charakter der Klassenräume und flexiblen Themen- und Arbeitsecken zur selbsttätigen Arbeit einerseits und dem Wunsch nach einer ruhigen, neutralen Grundstimmung im Klassenraum für den Unterricht andererseits, bedingt eine flexible Raumstruktur, die individuell verschiedenen Ansprüchen und Funktionen entsprechen soll. Dafür sollte ein architektonisch präziser Rahmen definiert werden, der die Funktionsecken weitestgehend (austauschbar) räumlich integriert und zudem eine neutrale Unterrichtszone definiert. Zu offene Strukturen führen zu einem räumlichen Chaos, das eine konzentrierte und freudvolle Arbeit konterkariert. Erst das Nebeneinander von definierten und offenen Bereichen macht den flexiblen Raum auch qualitativ erlebbar. Das Entstehen einer „Wohnzimmerngemütlichkeit“ wird dabei nicht angestrebt, denn gerade in den so genannten „sozialen Brennpunkten“ kann die Schule durchaus eine positive Parallelwelt zu dem heimischen Alltag der Schülerinnen und Schüler darstellen.¹⁵⁰

Durch Projektwochen, fächerübergreifenden Unterricht und Förderkonzepte nimmt im Zuge der Öffnung von Unterricht nicht nur an Grundschulen, sondern auch an weiterführenden Schulen außerdem die Bedeutung von Verkehrsflächen, multifunktional nutzbaren Räume sowie Bibliotheken und Theaterräumen zu. Die Aktivierung der Flurzonen als zusätzliche Lern- und Arbeitsbereiche wird daher auch zukünftig, unabhängig von der Schulform, eine wichtige gestalterische Aufgabe bei der Sanierung von Schulen bleiben. Die Balance zwischen Erschließungszone und Arbeitsfläche kann dabei in den untersuchten Grundschulen anders gehalten werden als im Gymnasium. Breite Flurzonen wie in vielen Schulgebäuden der 70er Jahre bieten ganz andere Chancen der Gestaltung als die vielfach im Typ Flurschule anzutreffenden schmalen Flure. Umgekehrt müssen bei den tiefen, offenen Flurzonen der 70er-Jahre-Bauten in der Regel Lösungen für die dunklen Raumzonen gefunden werden. Aktivierte, so genannte „dreidimensionale“ und durchbrochene Wände (Regenbogenschule), Insel- und Kojenlösungen (Josephinum) oder stringent angeordnete Möbelfamilien sind nur drei der vielen, möglichen architektonischen Strategien. Planerische Herausforderungen entstehen hierbei vor allem auch durch die brandschutztechnischen Anforderungen. In verschiedenen Bundesländern dürfen die Flure

¹⁴⁹ Fauser / Prenzel / Schratz 2007, 62

¹⁵⁰ So mehrere Lehrer bei einer Begegnung der Regenbogenschule in Wolfsburg sowie die Direktorin der Erika-Mann-Schule in Berlin/Wedding bei einer Begegnung im Mai 2008.

als Rettungswege nicht grundsätzlich für den Lehrbetrieb genutzt werden, sondern nur für Freizeitaktivitäten und Einzelarbeiten. Darüber hinaus dürfen die verwendeten Materialien nicht brennbar sein und müssen den sonstigen strengen Sicherheitsbestimmungen entsprechen. Die Mindestbreite des vorgeschriebenen Fluchtweges sollte in einer guten Planung daher lieber über- als unterschritten werden.

Freizeitbereiche

Die deutlichsten Defizite sind an allen drei Schulen in der Raum- und Sachausstattung für den Freizeitbereich zu verzeichnen. Bei der Ermittlung des konkreten Zusatzbedarfs sind neben den pädagogischen Konzepten auch der Ausbau zur Ganztagschule und die damit einhergehende Verlängerung der täglichen Schulzeit zu berücksichtigen. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass sowohl an den Grundschulen als auch an dem Gymnasium vor allem zusätzliche Rückzugszonen erforderlich sind. Gerade in Ganztagschulen, in denen die Kinder bis zu neun Stunden am Tag verbringen, sind diese unerlässlich.

In den Grundschulen ist die Identifikation über die jeweiligen Klassentrakte wichtiger als im Gymnasium. Von den Schülern des Gymnasiums werden „eigene“ Rückzugsorte eher im ganzen Gebäude (besonders in der Aula und in den Freiflächen) definiert. Dies muss architektonisch angeboten werden, ohne dass es von vornherein eine „geplante“ Zuordnung gibt. Unser Vorschlag sieht deshalb eine ganze Möbelfamilie vor, die sich über das gesamte Gebäude verteilt und individuell genutzt und weiterentwickelt werden kann.

Spezifische Anforderungen für den Ganztagschulbetrieb

Neben den Überlegungen zu Gestaltung und Anforderungen an den Freizeitbereich hat der Ausbau zur Ganztagschule weitere Konsequenzen für die geplanten Schulsanierungen. Der Schulalltag verlängert sich durch den Ganztagsbetrieb nicht nur, sondern unterliegt, je nach Ganztagschulmodell, auch einer veränderten Zeitstruktur. Neben den genannten Rückzugsbereichen müssen Räume für die Einnahme des Mittagessens, das Erledigen der Hausaufgaben und vermehrt bewegungsfördernde Angebote, innerhalb und außerhalb des Schulgebäudes, bereitgestellt werden. Eine Aufstellung über das minimale Raumangebot an Ganztagschulen gibt Appel¹⁵¹. Diskutiert werden muss in diesem Zusammenhang auch über die Bereitstellung von Arbeitsplätzen und Rückzugszonen für Lehrerinnen und Lehrer. Frühere Versuche (großraumbüroähnlich gestaltete Lehrerzimmer mit kabinenähnlichen Schreibtischen) haben sich in der Praxis vielfach als unökonomisch erwiesen, da die

¹⁵¹ ebd., 219 ff

Akzeptanz in keinem Verhältnis zum Aufwand stand¹⁵². Zumeist stehen Atmosphäre und Ausstattung der Arbeitsplätze in der Schule deutlich hinter den häuslichen Arbeitsplätzen zurück. Zweifelsohne gibt es aber auch Lehrkräfte, die eine Möglichkeit zur Unterrichtsvor- und -nachbereitung in der Schule nutzen würden. Voll ausgestattete (Computer-) Arbeitsplätze sollten daher in „angemessener“ Anzahl bereitgestellt werden, über die im Einzelfall, in Abhängigkeit von der Organisation der Dienstzeiten, der Zahl der Teilzeitbeschäftigten und des bisherigen Nutzungsverhaltens des Kollegiums, zu entscheiden ist. Ein persönlicher Platz zur Ablage von Schülerarbeiten und Materialien sollte hingegen für jede Lehrkraft vorhanden sein. Sinnvoll erscheint die Einrichtung verschiedener dezentraler Nischen und Ecken im Lehrerzimmer und eventuell angrenzender Räume (z.B. Lehrerbibliothek). Ebenfalls wünschenswert sind Ruhezone, obgleich auch dabei das Kosten-Nutzen-Verhältnis bedacht werden muss, denn eventuell gibt es im unmittelbaren Umfeld der Schule bereits Möglichkeiten zur Erholung, die von den Lehrerinnen und Lehrern genutzt werden können.

Nicht nur im Zusammenhang mit dem ganztägigen Schulbetrieb, aber insbesondere dann, sollten beim Sanierungskonzept außerdem die Schülertoiletten besonders beachtet werden. Über keinen anderen Ort ihrer Schule haben die Kinder und Jugendlichen gleichermaßen deutlich ihre Abneigung und den Wunsch nach Veränderung zum Ausdruck gebracht. Für die Schülerinnen und Schüler hat dieser Ort einen nicht zu vernachlässigenden Stellenwert, denn als einer der wenigen wirklich privaten Räume im öffentlichen Raum „Schule“ übernimmt er vor allem für die Älteren auch die Rolle eines sozialen Raumes. Verwahrloste Sanitärräume drücken Respektlosigkeit vor der Persönlichkeit der Kinder und Jugendlichen aus. Verschiedene Projekte belegen, dass adäquate Lösungsvorschläge nicht zwangsläufig mit hohen Kosten verbunden sein müssen und gerade diese Orte sich anbieten, die Schülerinnen und Schüler in die Planung und Durchführung mit einzubeziehen¹⁵³.

Farbkonzepte

Für die untersuchten Schulen sollten einheitliche Farbkonzepte entworfen werden. Dabei kann wie beschrieben zwischen den Grundschulen und dem Gymnasium unterschieden werden: Während es in der Regenbogenschule eher das Ziel sein sollte, durch die Gestaltung anzuregen, die Sehgewohnheiten zu erweitern, die Dinge spielerisch zu hinterfragen und die so ausgelösten Denkprozesse kreativ umzusetzen, sollten die Schüler des Gymnasiums eher für eigene, reflexive und unterscheidende Beobachtungen sensibilisiert werden. Diesen Abstufungsprozess könnte man auch im Sinne Rudolf Steiners

¹⁵² ebd., 254

¹⁵³ vgl. Deinet (o.A.), Reeh 2008, Eichendorff-Schule Kassel (2003-2005)

vergleichen mit einer stufenweisen Entwicklung von den intensiven, motivierenden und auch bergenden Raumerfahrungen (und warmen Farben) hin zu den ruhigen, konzentrierten und auch weitenden Raumerfahrungen (und kalten Farben).¹⁵⁴

Wirkung und Wahrnehmung von Schulraum

Dank der Nutzerbefragung und der im Rahmen der Feldstudie durchgeführten Schülerprojekte konnten interessante Erkenntnisse über die Wahrnehmung von Schulräumen durch Schülerinnen und Schüler gewonnen werden.

Der Teil der Nutzerbefragung, der von Seiten der Architektur formuliert und ausgewertet wurde, hat deutliche Unterschiede in der Architekturwahrnehmung zwischen den einzelnen Schulen erkennen lassen. Die Nutzerbefragung in Wolfsburg hat im Vergleich zu Hamburg ergeben, dass die Divergenz der verschiedenen Gebäude der Regenbogenschule zu einer differenzierteren Betrachtung und zu einer starken Identifizierung beiträgt, obwohl gerade der Altbau in einem sehr schlechten baulichen Zustand ist. Bauliche Mängel konnten seitens der Schülerinnen und Schüler abstrahiert werden und waren nicht Kern der Kritik. Die Regenbogenschule in Wolfsburg wird als Ensemble aus unterschiedlichen Häusern wahrgenommen und kommuniziert. Dies dient der Identifikation und der Orientierung. Die charakteristischen Unterschiede sind weiterhin zu stärken. Dabei ist ein übergreifendes räumliches Thema für die Schule zu entwickeln, das die Gebäude zusammenhält. Der Außenraum ist hierbei von besonderer Bedeutung.

Anhand der Ergebnisse im (Teil-)Schülerprojekt des Instituts für Erziehungswissenschaft (Fotografieren beliebter und unbeliebter Orte im Schulgebäude) wird zunächst deutlich, dass das Raumempfinden der Kinder und Jugendlichen einer Logik des Erlebens von Schulräumen folgt, die den Erwachsenen häufig verborgen bleibt. Da es ein besonderes Anliegen war, die Sicht der Kinder und Jugendlichen über das „Medium Fotografie“ einzufangen und ihr möglichst unvoreingenommen zu begegnen, sind die von ihnen durch ihre Fotografien und Kommentare getroffenen Aussagen zunächst einmal so zu akzeptieren. Für eine Bewertung ist zu bedenken, dass die Schülerinnen und Schüler nur fotografieren konnten, was sie in ihren konkreten Schulen vorfanden. Rückschlüsse darauf, ob die Urteile über die ausgewählten Orte bei Kontrastierung mit Alternativen anders ausgefallen wären, lassen die Ergebnisse daher nicht zu, wohl aber darüber, welche Orte für sie besonders wichtig sind.

¹⁵⁴ vgl. Walden Borrelbach, 49.

Wertet man das Material dahingehend aus, fällt zunächst auf, dass die Kinder kaum klassische Lernorte fotografiert haben, sondern fast ausschließlich Orte, die im Freizeitbereich angesiedelt sind. Mit Bezug auf das „Konzept der Aneignung“¹⁵⁵, das die Entwicklung von Kindern und Jugendlichen als aktive, eigentätige Auseinandersetzung mit der Lebenswelt begreift, lässt sich folgende These formulieren: Während Klassen- und noch mehr Fachräume funktional vordefiniert sind und von den Lehrkräften zumindest strukturiert, häufig aber auch gestaltet sind, erlauben es die Räume im Freizeitbereich eher sich dem pädagogisch Intendierten zu entziehen, den Raum selbst zu verändern und zu gestalten. Das mag ein Grund dafür sein, dass diese Orte für die Schülerinnen und Schüler besonders attraktiv sind. Empirische Studien, die zu dem Ergebnis kommen, ein erheblicher Teil aller Bildungsprozesse verlaufe informell¹⁵⁶, unterstreichen den hohen Stellenwert informeller Bildungsorte, auf die die Fotografien der Kinder verweisen. Bei der Sanierung von Schulraum, gerade wenn es sich um Ganztagschulen handelt, sollten daher Möglichkeiten der Raum-Aneignung, -Gestaltung und -Veränderung durch die Kinder und Jugendlichen bewusst eingeplant werden.

Kernaussage aus den Ergebnissen des architektonischen Teils des Schülerprojekts ist, dass Architektur seitens der Schüler in allen untersuchten Schulen in ihren abstrakten Komponenten problemlos wahrgenommen und analytisch sehr kreativ und präzise benannt werden kann. Ähnlich wie in den beiden Grundschulen führt der Prozess der Architekturwahrnehmung bei den Schülern des Bischöflichen Gymnasiums zu einer differenzierten, aber auch positiven Wahrnehmung der eigenen, gebauten Umwelt. Folglich geht es hier in Bezug auf Entwurfsfragen weniger um das Ergebnis im Einzelnen, als vielmehr um den Prozess, die gebaute Umwelt nicht als etwas „fertig Gegebenes“ hinzunehmen. Architektur könnte der Rahmen sein, der den „Raum“ bietet, sich anregen zu lassen, um etwas zu entdecken. Unserer Auffassung nach sollte nicht versucht werden, durch ostentativ anregende Gestaltung diese zu initiieren. Eine zurückhaltende, eher feine und klare, aber eben auch sensible Architektursprache erscheint uns geeigneter, den flexiblen Freiraum und den Nährboden für solche Beobachtungs- und Aneignungsprozesse zu bieten.

Die in den vorangegangenen Abschnitten mehrfach eingeforderte Partizipation der Schüler am Planungsprozess ist nichts gänzlich Neues. In der Praxis scheint sie zunächst mühsam und zeitintensiv zu sein, doch belegen herausragende aktuelle Beispiele die positiven Folgen. Auch die Beteiligung der Schüler an den oben beschriebenen Projekten im Rahmen dieser Untersuchung bestätigt die positiven Impulse gerade im Hinblick auf die Identifikation

¹⁵⁵ Vgl. Deinet / Reutlinger 2004, 178.

¹⁵⁶ Vgl. Rauschenbach 2006; Deinet 2009

und Raumwahrnehmung der Schüler ihrer Gebäude: Zwar haben die Schülerprojekte sich hier jeweils nur auf wenige Schulstunden beschränkt und waren nicht auf einen Entwurf, sondern analytisch und assoziierend ausgelegt, doch die Ergebnisse haben wie beschrieben nicht nur positiv überrascht, sondern unserer Ansicht nach zumindest für den Augenblick die Erfahrung neuer und aufregender Raumwahrnehmungen bei den Schülern initiiert.

Raumklima

An allen untersuchten Schulen wurden deutliche Einschränkungen der Luftqualität in den Klassenräumen durch zu hohe Kohlendioxidkonzentrationen nachgewiesen. Besonders problematisch stellt sich die Situation im Gymnasium Josephinum dar (vgl. 8.4.3). Die im Vergleich zu den untersuchten Grundschulen erheblich schlechteren Werte hängen mit der höheren Anzahl und dem höheren Alter der Schülerinnen und Schüler (Menge der CO₂-Abgabe) bei einem gleichzeitig geringeren Raumvolumen der Klassenräume am Josephinum zusammen. Zudem konnte eine unzureichende Lüftungsbereitschaft über Fensterkontakte und Nutzerbefragung dokumentiert werden. Um auch kurze Lüftungszeiten, z.B. über die Stosslüftung zu erfassen, wird zukünftig die Notwendigkeit gesehen, den Zustand der Fensterkontakte in einem kürzeren Messintervall von nicht mehr als 5 Minuten aufzuzeichnen. Dazu ist ein erhöhtes Speichervolumen notwendig, dass über das genutzte Messsystem nicht verfügbar war. Eine Anfälligkeit der Messung über Fensterkontakte z.B. durch Vandalismus besteht weiterhin.

Über „intermittierende Lüftungspausen“ mit regelmäßiger Stoßlüftung nach 20 Minuten Unterricht können CO₂-Konzentrationen von 1.500 ppm in Abhängigkeit der Anzahl und dem Alter der Schüler vermieden werden.¹⁵⁷. Ein solches Lüftungsverhalten ist bei kalten Außentemperaturen ohne Einschränkung des Nutzerkomforts allerdings nicht umsetzbar. Hinzu kommt, dass durch Sanierungsmaßnahmen die Dichtigkeit der Gebäudehülle stark erhöht wird, was bei geringer Infiltration über Undichtigkeiten zur schnelleren Abnahme der Luftqualität als bei unsanierten Gebäuden führt.

Zur Verbesserung des Lernkomforts und zur Reduzierung der Lüftungswärmeverluste wird daher eine mechanische Belüftung der Unterrichtsräume mit Wärmerückgewinnung empfohlen. Da dezentrale Lüftungsgeräte durch die Hersteller in den letzten Jahren den besonderen Anforderungen an Unterrichtsräume in Bezug auf Luftvolumenstrom und Schallpegel verbessert worden sind, kann der raumweise Einbau von dezentralen Anlagen auch in bisher natürlich belüfteten Räumen empfohlen werden. Unter Berücksichtigung der Investitions-, Betriebs- und Wartungskosten ergeben sich im Sanierungsfall wirtschaftliche Vorteile.

¹⁵⁷ Tiesler, G /Schönwälder H-G / Ströver, F. (2008)

In diesem Projekt werden unter Berücksichtigung der derzeit verfügbaren dezentralen Lüftungsgeräte Luftmengen von 15 bis 20 m³/h pro Person als Auslegungskriterium herangezogen. Das Alter der Schüler wird bei der Dimensionierung berücksichtigt. Mit dem entsprechenden 2- bis 3-fachen Luftwechsel liegen die Spitzenwerte der CO₂-Konzentration im Bereich von 1.200 ppm bis 1.500 ppm in einer Schule.

Die Einhaltung eines CO₂-Richtwertes von 1.500 ppm sollte allgemein als Mindestanforderung an eine akzeptable Luftqualität angesehen werden. Eine weitere Steigerung der Leistungsfähigkeit durch eine verbesserte Raumluftqualität mit CO₂-Konzentration unterhalb von 1.000 ppm sollte im Fall dezentraler Lüftungsgeräte unter Berücksichtigung der Zunahme der Geräuschpegel sowie der resultierenden Investitions- und Betriebskosten ganzheitlich beurteilt werden.

Bei den Nutzerbefragungen in den Grundschulen zeigt sich, dass die Lehrer eher zu schlechterer Bewertung und die Grundschüler eher zu besserer Bewertung der Raumluftqualität tendieren. Die Bewertungen der Gymnasiasten entsprechen mehr denen der Lehrer. Gründe können in der ausgeprägten Fähigkeit zur kritischen Beurteilung und dem vorhandenen Problembewusstsein der Lehrer im Wissen um die Wichtigkeit für die Leistungsfähigkeit liegen. Auch wird ein altersbedingt geringeres Urteilsvermögen der Grundschüler vermutet. Daher sind bei zukünftigen Untersuchungen nach Möglichkeit ältere Schüler zu bevorzugen.

Die auffallend hohen Anteile an niedrigen Temperaturen in den Unterrichtsräumen ergeben sich aus der allgemein schlechten Gebäudehülle, unzureichende Heizregelung sowie den Auskühlungen durch Nachtabsenkungen und Fensterlüftung. Die Zeitpunkte der Auskühlungen liegen gehäuft in den Morgenstunden. Mit der geplanten Verbesserung der Gebäudehülle und dem Einsatz von Lüftungsgeräten wird die thermische Behaglichkeit bei kalten Außentemperaturen gewährleistet werden können.

Obwohl die gemessenen Raumtemperaturen aller Schulen häufig in einem unbehaglich kalten Bereich liegen, werden sie in der Befragung von den Lehren und Schülern allgemein nur als „gelegentlich zu kalt“ bewertet. Ausnahme sind die Schüler in Hildesheim, die die Temperaturen „oft zu kalt“ bewerten. Die großteils moderate Bewertung von Raumtemperaturen der Nutzer lässt ein gewisses Maß an Bereitschaft erkennen, sich an kühle thermische Bedingungen zu gewöhnen bzw. durch Kleidung anzupassen. Die in diesem Projekt ermittelte Bereitschaft erscheint höher als sie durch die allgemeine Behaglichkeitsgrenze mit einer Raumtemperatur von 20°C (DIN EN 15251) vorgegeben ist.

Dagegen bewerten die Schüler und Lehrer zu warme Raumtemperaturen allgemein deutlich kritischer. Obwohl im Messzeitraum nur geringe Überhitzungen zu beobachten waren, werden im Hinblick auf den beabsichtigten Ganztagsbetrieb der Grundschulen und des verstärkten Computereinsatzes im Unterricht zur Vermeidung zukünftiger sommerlicher Überhitzung Sonnenschutzmaßnahmen empfohlen. Da die nutzungs- und objektabhängigen Parameter großen Einfluss haben, sind die Maßnahmen im Einzelfall zu prüfen. Aus der thermischen Simulation für die Hamburger Schule konnten folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- Eine Nachtlüftung führt zu einer thermischen Entspeicherung der Klassenräume und wirkt höheren Anfangstemperaturen in den Klassenräumen entgegen
- Eine 2-Scheiben bzw. 3-Scheiben Wärmeschutzverglasung mit hoher Tageslichttransmission kann in Kombination mit einem außenliegenden Sonnenschutz ausreichen
- Ist der Einsatz eines außenliegenden Sonnenschutzes nicht möglich oder nicht gewünscht, sollte in jeden Fall der Einsatz einer Sonnenschutzverglasung in Kombination mit einem innenliegendem Sonnen-/Blendschutz geprüft werden

Weitere Verbesserung bei hohen Temperaturen bietet die Nachtlüftung, die z.B. über Lüftungsfenster mit feststehenden Lamellen für den Wetter- und Einbruchschutz oder über die Lüftungsanlagen praktiziert werden kann. Die gängige Praxis des kompletten Schließens der Fenster und ggf. des Hochfahrens der Sonnenschutzeinrichtung nach Unterrichtsende wirkt sich aufgrund des vergleichbar hohen Tagesanteils ohne Unterrichts stark negativ auf das sommerliche Temperaturniveau aus.

Nach DIN 4108-2 ist ein prozentualer Anteil von bis zu 10 % Überhitzungsstunden (Grenzwert 26°C) während der Nutzungszeit zulässig. Dieser ursprünglich für die Büronutzung entwickelte Grenzwert von 10 % bezieht sich eigentlich auf eine durchlaufende Nutzungszeit von 8:00 bis 18:00 Uhr. Die realen Nutzungszeiten in Schulen sind sowohl durch die tägliche Nutzungszeit als auch durch die Schulferien kürzer, was bei der Bewertung der sommerlichen Überhitzung insbesondere durch hohe Temperaturen in den Nachmittagstunden und den Sommerferien von Bedeutung ist. Daher ist in der Auswertung der Überhitzungsstunden durch Langzeitmessung und thermische Simulation die tatsächliche jährliche Nutzungszeit des Unterrichtsraumes zu berücksichtigen. Die Beurteilung dieses um potentielle Überhitzungsstunden reduzierten Auswertungszeitraums führt in der Folge zu einer weniger strengen Beurteilung des sommerlichen Wärmeschutzes von Schulgebäuden im Vergleich zu Bürogebäuden. Dies ist vor dem Hintergrund der Erfordernis optimaler Lernbedingungen in Schulen zu hinterfragen.

Fehler! Keine Indexeinträge gefunden.

Energieeffizienz

Das energetische Einsparpotential der drei Schulen in diesem Projekt ist aufgrund der in der Regel unsanierten Gebäudehüllen hoch. Hinzu kommen eine veraltete ineffiziente Anlagentechnik oder in einem Fall sogar eine komplett ungedämmte Nahwärmeleitung. Bei Umsetzung eines Passivhausstandards an den drei Schulen sind Einsparungen beim Endenergiebedarf Wärme von maximal 81 % möglich.

Über die Wirtschaftlichkeitsberechnung hat sich die Instandhaltung des Bestands am unwirtschaftlichsten und die EnEV plus-Variante in der Regel am wirtschaftlichsten erwiesen. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass die EnEV plus-Variante über keine mechanische Lüftung verfügt, was zu Einschränkungen der Luftqualität und der thermischen Behaglichkeit führt. Über den Ausgleich höherer Kapitalkosten durch niedrige Betriebskosten nähert sich der Passivhausstandard der EnEV plus-Variante unter Berücksichtigung zukünftiger Energiepreissteigerungen an. Die Umsetzung des höherwertigen Energiestandards „Passivhaus“ kann damit neben einer deutlichen Verbesserung des Raumkomforts und damit der Leistungsfähigkeit der Schüler und Lehrer zusätzlich einen erheblichen Beitrag zur Reduzierung von Energieverbrauch und Emissionen leisten.

Akustik

Das Thema Lärmbelastung besitzt nachvollziehbar an den Grundschulen größere Relevanz. Denn offene Lernumgebungen, in denen Wissen möglichst selbstständig angeeignet wird, sind naturgemäß besonders störanfällig, da zu ihnen auch der intensive mündliche Austausch zwischen den Schülerinnen und Schülern gehört. Hinzu kommt, dass sich bauphysikalische Mängel (insbesondere zu hohe Nachhallzeiten) erwiesenermaßen verstärkt negativ bei jüngeren Schülern auf Verstehensleistungen auswirken und damit auch auf die subjektiv empfundene Lernumgebung. Allerdings waren bei den hier untersuchten Schulen diesbezüglich kaum Mängel festzustellen. Ursachen, die zu einer für das Lernen angemessenen Höratmosphäre beitragen können, sind jedoch vor allem auch soziale Arrangements innerhalb der Lerngruppen. Meist gibt es vereinbarte Regeln und Rituale zur Lösung des Hör- und Zuhörproblems, die mehr oder weniger erfolgreich umgesetzt werden. Während die Lehrkräfte an den untersuchten Grundschulen sich eher über den von anderen Lerngruppen während der Unterrichtszeit verursachten Lärm beklagen (worauf organisatorisch reagiert werden könnte), so sehen die Kinder das Problem eher in der Lautstärke ihrer eigenen Mitschülerinnen und Mitschüler.

Da das Nutzerverhalten sowohl auf die Raumluftqualität als auch auf die Lärmentwicklung entscheidenden Einfluss hat, wird eine Sensibilisierung aller Nutzergruppen für

außerordentlich wichtig erachtet. Es wird empfohlen die Themen turnusmäßig, z.B. in Form von Unterrichtseinheiten oder Projekten, in den Unterricht zu integrieren. Der unterstützende Einsatz der Lärmampel bzw. der Luftgüteampel im Fall der Fensterlüftung ist durchaus empfehlenswert, sollte jedoch mit pädagogischen Maßnahmen (z.B. Belohnungssystem) verknüpft werden. Da die Ampel im besten Fall dazu führen sollte, nach einiger Zeit überflüssig zu werden, ist nicht für jede Lerngruppe ein Gerät erforderlich. Sinnvoll erscheint die Anschaffung eines Gerätes pro Jahrgang. Am ausführlichsten sind bisher die Erfahrungen mit der Lärm-Ampel dokumentiert. Untersuchungen zur Wirksamkeit des Lärmampeleinsatzes liegen vor von dem Projekt „Lärm-Ampel-Lippe“¹⁵⁸ sowie des im Rahmen des Projektverbundes „Lange Lehren“ durchgeführten Teilprojektes „LärmAmpel“¹⁵⁹. Zum Einsatz der Luftgüteampel in unterrichtlichen Zusammenhängen liegen bislang keine vergleichbaren Arbeiten vor. Zu den Themen Lärm und Luftqualität in Bildungseinrichtungen existieren bereits Veröffentlichungen mit zahlreichen Anregungen für die Unterrichtspraxis. Die wichtigsten Handlungsempfehlungen für Lehrerinnen und Lehrer sowie geeignete Literatur für die Einbindung im Unterricht hat die Projektgruppe in einem gesonderten Leitfaden als Ergänzung des vorliegenden Berichtes zusammengestellt.

Ganzheitlichkeit

Der ganzheitliche Lösungsansatz hat sich als vorteilhaft erwiesen. Allein das Thema Lüftung ist fachübergreifend verbunden mit pädagogischen Aspekten im Zusammenhang mit dem Lüftungsverhalten, mit der Fassaden- und Innenraumgestaltung sowie dem thermischen Komfort, der Energieeffizienz und der Akustik. Bei der Fassadengestaltung konnte in enger Zusammenarbeit mit den Architekten das Optimierungspotential über Lichtsimulationen und thermische Simulationen genutzt werden. Dies gilt für die Verglasungsparameter wie für die Ausbildung eines effektiven und lichtlenkenden Sonnenschutzes.

Bei der planerischen Ausbildung einer Akustikdecke sollten akustische und thermische Aspekte berücksichtigt werden. Zur Pufferung der Raumtemperaturen kann die thermische Speichermasse der Betondecken durch eine offene hinterlüftete Akustikdecke genutzt werden. Die thermische Simulation hat hier im Fall einer komplett hinterlüfteten Decke Potentiale zur Reduzierung von Überhitzungsanteilen von 5 % bis 15 % errechnet. Um bei einem auf etwa 50% reduzierten Akustikdeckenanteil optimale akustische Verhältnisse zu erzielen, ist ein Ausgleich z.B. über ein zusätzliches Wandfries mit Tiefenabsorber als

¹⁵⁸ vgl. Pilgramm

¹⁵⁹ vgl. Verbundleitung Lange Lehren

Wandpaneel möglich. Auch eine Integration akustisch wirksamer Pinwände, die z.B. zur Ausstellung von Schülerarbeiten dienen, ist in den Unterrichtsräumen denkbar.

Während die pädagogischen und sozialen Rahmenbedingungen das Ziel verfolgen sollten, die Lust am Lernen zu fördern, gilt es für die Schulen selbst ein ansprechendes und motivierendes Umfeld zu bieten, das die zeit- und komfortgerechten Ansprüche erfüllen kann. Mit einer guten Innenraumqualität wird somit die Grundvoraussetzung zu hoher Lern- und Lehrfähigkeit von Schüler und Lehrer geschaffen. Dazu prägt die architektonische und funktionale Gestaltung als gebaute Umwelt die Randbedingungen des Lernens aus pädagogischer Sicht.

Im sanierungsbedürftigen Schulbestand in Deutschland sind die baulichen, bauphysikalischen und umwelthygienischen Lernbedingungen dem Gebäudezustand entsprechend häufig eingeschränkt. Wesentliche Verbesserungen der Bedingungen für die Lern- und Lehrfähigkeit der Lehrer und Schüler, wie sie in diesem Projekt entwickelt worden sind, sind für die Mehrzahl deutscher Schulen erforderlich.

Für die ganzheitliche Entwicklung baulicher Maßnahme im Schulbereich, die für mehrere Jahrzehnte Nutzungsdauer umgesetzt wird, ist es zwingend erforderlich, die im Projekt dargestellten Faktoren der Lerneffektivität und des Klimaschutzes zu berücksichtigen.

Nach unserer Meinung liegt zukünftig weiteres Potential darin, die Optimierung der Lernqualität im deutschen Bildungssystem vertieft zu untersuchen. Um die Abhängigkeiten der schulischen Leistungsfähigkeit und den bestimmenden Faktoren besser zu verstehen, schlagen wir die Prüfung des gesteigerten Leistungsvermögens bei Schülern wie Lehrern durch Leistungserhebungen und begleitende Unterrichtsprotokolle vor. Zu den wesentlichen Faktoren zählen die Luftqualität, die Akustik, das pädagogische Konzept und das Verhalten der Schüler und Lehrer. Am Ende sollten Aussagen zur Wirksamkeit von Optimierungsmaßnahmen in Schulen stehen, die das gesteigerte Leistungsvermögen bei Schülern wie Lehrern mit Zahlen belegen. Ergänzend zu der herkömmlichen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird eine Berücksichtigung volkswirtschaftlicher, soziokultureller und bildungspolitischer Potentiale vorgeschlagen, wie z.B. das erhöhte Leistungsniveau der Schüler, der effizientere Einsatz der Lehrkräfte und soziale Aspekte wie Eindämmung des Vandalismus und der Gewalt.

14 Umsetzungsempfehlungen für den Schulbau

Aus den Erkenntnissen des Forschungsprojektes lassen sich folgende allgemeine Umsetzungsempfehlungen für den Schulbau zusammenfassen:

Pädagogik

Unterrichtsräume:

- Geordnete und klar strukturierte Lernumgebung durch
 - verschließbare Schränke, Regale, Ablagefächer
 - die Einrichtung und Gestaltung von Themenecken
- Flexible Raumnutzungsmöglichkeiten (z.B. durch bewegliches Mobiliar, Raumteiler)
- Einbeziehung der Flurbereiche in das Raum- und Möblierungskonzept (bei Bedarf)

Freizeitbereiche (Schüler):

- Bewegungsfördernde Angebote im Innen- und Außenraum
- Rückzugsorte
- Gliederung in laute und leise, offene und partiell geschlossene Gebäudezonen

Ganztagschule:

- Mensa
- Arbeits- und Pausenbereiche für Lehrkräfte

Grundsätzlich:

- Bewusstes Einplanen von Möglichkeiten der Aneignung, Gestaltung und -Veränderung der Räume durch die Kinder und Jugendlichen

Lüftung

Zielsetzung:

- Einhaltung des CO₂-Richtwertes von
- 1.500 ppm als Mindestanforderung für akzeptable Raumlufthqualität
- ggf. 1.000 ppm als verbesserte Raumlufthqualität nach ganzheitlicher Prüfung

- Empfehlung eines 2 bis 4 fachen Luftwechsels in Unterrichtsräumen in Abhängigkeit der Randbedingungen (Personenanzahl, Personenalter, Raumgröße)

Umsetzung:

- Intermittierende Fensterlüftung (Stoßlüftung alle 20 Minuten)
Problem: Einschränkung der therm. Behaglichkeit bzw. der Luftqualität, regelmäßige, temperaturunabhängige Umsetzung
- Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung
Problem: hohe Investitionskosten, Strombedarf, Schallpegel
Alternative im Sanierungsfall: Dezentrale Lüftungsgeräte
Regelung über Präsenzschtaltung
alternativ: Volumenstromregelung über CO₂-Sensoren

Sommerlicher Wärmeschutz

- Nutzungs- und objektgebundene Prüfung der Gebäude im Einzelfall notwendig
- Mögliche Maßnahmenkombinationen:
 - 2-Scheiben bzw. 3-Scheiben Wärmeschutzverglasung mit außenliegenden beweglichen Sonnenschutz
 - Sonnenschutzverglasung mit innenliegenden Sonnen-/Blendschutz
 - Lamellenbehang im Scheibenzwischenraum möglich
 - Fester baulischer Sonnenschutz mit Südausrichtung möglich
 - Weitere Sonnenschutzparameter:
 - Ausreichende Hinterlüftung des außenliegenden Lamellenbehangs
 - Aktivierung des Sonnenschutzes auch außerhalb der Unterrichtszeit
- Nachtlüftung
 - Über Lüftungsfenster mit feststehende Lamellen für Einbruch- und Wetterschutz
 - Über Bypass einer mechanischen Lüftung
- Nutzung von thermischer Speichermasse
 - Massive Innenwände
 - Begrenzung des Akustikdeckenanteils auf etwa 50 %
 - Nutzung von Wandflächen zur akustischen Absorption

Winterlicher Wärmeschutz

- Verbesserung der Gebäudehülle entsprechend dem Stand der Technik
Vakuumdämmung als Sonderlösung für Bauteile im Fassadenbereich

Tageslicht

- Realisierung der maximal möglichen Sturzhöhe
- Sonnenschutz mit Tageslichtlenkung (Lamellen-Doppelbehang)
- Reduzierung des Strombedarf für Beleuchtung durch Tageslichtlenkung von ca. 10 %
- Einsatz von Verglasung mit möglichst hoher Tageslichttransmission

Künstliche Beleuchtung

- bedarfsgerechte installierte Leistung
- separate Schaltung der Leuchtenreihen im Unterrichtsraum
- Präsenz- und tageslichtabhängige Steuerung der Beleuchtungsanlage
(Einsparpotential ca. 30 %)

Akustik

- Berücksichtigung grundsätzlicher akustischer Erfordernisse zur Raumgeometrie:
 - Vermeidung kubischer Räume (wg. Verstärkung von Resonanzen)
 - Vermeidung konkaver Reflektoren (wg. Schallkonzentration)
 - Vermeidung von Parallelität hochgradig reflektierender Flächen
(wg. Flatterechos, häufig in Sporthallen)
 - hinreichende Raumhöhen zum Einbau abgehängter Akustikdecken
(20 – 40 cm)
- Einhalten der in heutiger Norm erniedrigten Nachhallzeitempfehlungen in Unterrichtsräumen in Abhängigkeit von:
 - Raumgröße
 - Nutzung
 - Alter der Schüler
 - Stand des Spracherwerbs
- Berücksichtigung deutlich unterschiedlicher akustischer Anforderung an Räume für Musikunterricht und -ausübung gegenüber Verbalunterricht:
 - längere Nachhallzeiten
 - Verteilung von Absorberflächen (Reflexion hinter, Absorption vor Musizierenden)

- „variable Raumakustik“ wie absorbierende Vorhänge und Stellwände etc.
- möglichst unsymmetrische Räume insbesondere durch leichte Schrägstellung der Wände zueinander ($> 10^\circ$)
- Einbeziehung in nachhallzeitregulierende Ausstattung mit Decken- und Wandabsorbern
 - Fluren und Treppenhäusern
 - Nebenräumen von Unterrichtsräumen
 - Pausenräumen
 - Toiletten – und Waschräumen
- Einrichtung von „Ruhezonen“ im Schulgebäude mit erhöhtem Anspruch an Lärmschutz und Nachhallzeitregulierung
- Schaffung von Zonen mit zulässigen größeren Lautstärken (bis zu „Schreiräumen“), u.a. auch für Musikausübung (bis zu Rockbands) mit adäquatem Lärmschutz der Umgebung
- Abkehr von der ausschließlichen ganzflächigen Ausstattung mit Akustikdecken hin zu Kombinationen von Decken und Wandabsorbern
 - zur Unterstützung von Sprachverständlichkeit
 - Vermeidung negativer akustischer Effekte
 - Berücksichtigung von Möglichkeiten der Thermoaktivierung von Bauteilen
- Berücksichtigung moderner Möglichkeiten, Akustikdecken und Wandabsorber farblich und in Form und Oberflächenstruktur pädagogischen und architektonischen Vorstellungen anzupassen, jedoch hinreichende mechanische Robustheit der Oberflächen beachten
- Schaffung von Möglichkeiten des Ausnutzens „früher Reflexionen“ zur Schallverstärkung bei Sprachkommunikation in den jeweils adäquaten Raumbereichen:
 - erhöhte Aufstellung von Rednern
 - gezielter Einsatz von Reflektoren
 - Einsatz von Absorbern und diffus streuenden Wand- und Deckenelementen
- Berücksichtigung der Gefahr von Lärmpegelerhöhung in Unterrichtsräumen bei Beamern, Rechneranlagen, Druckern etc. sowie mit zentralen und dezentralen Lüftungseinrichtungen

- Auswahl leiser Geräte
- Schulung von Personal (Hausmeister, techn. Assistenten) zu Bedienung und Wartung der Geräte

15 Anhang

15.1 Jahres-Primärenergiebedarf

Als Ergänzung zu den im Bericht beschriebenen Jahresheizenergiebedarf Endenergie ist hier der spezifische Jahres-Primärenergiebedarf der drei Schulen vor und nach der Sanierung dargestellt: Deutlich werden die verbesserten Jahres-Primärenergiebedarfswerte für die schon im Bestand mit Fernwärme versorgten Schulen, insbesondere für die Wolfsburger Schule mit einem Primärenergiefaktor von 0,50.

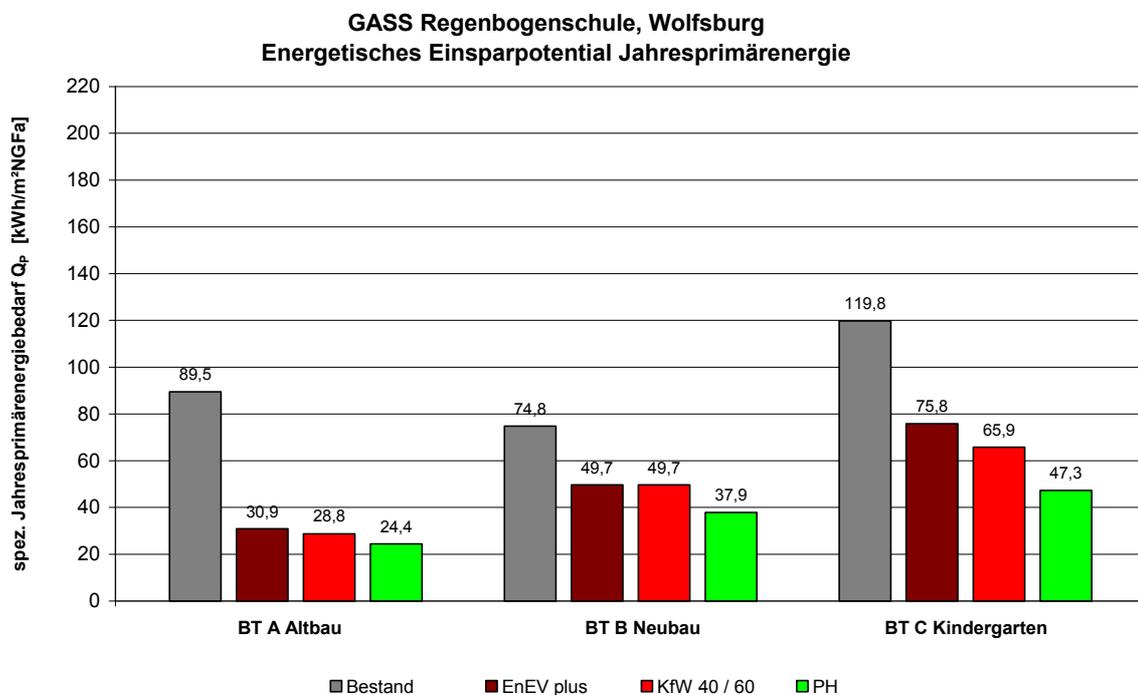


Bild 445 Spez. Jahresheizenergiebedarf (Primärenergie) Wolfsburg

Für die Hildesheimer Schule dagegen ist eine deutliche Reduzierung des Primärenergiebedarfs durch den Einsatz eines Holzhackschnittelkessels erkennbar..

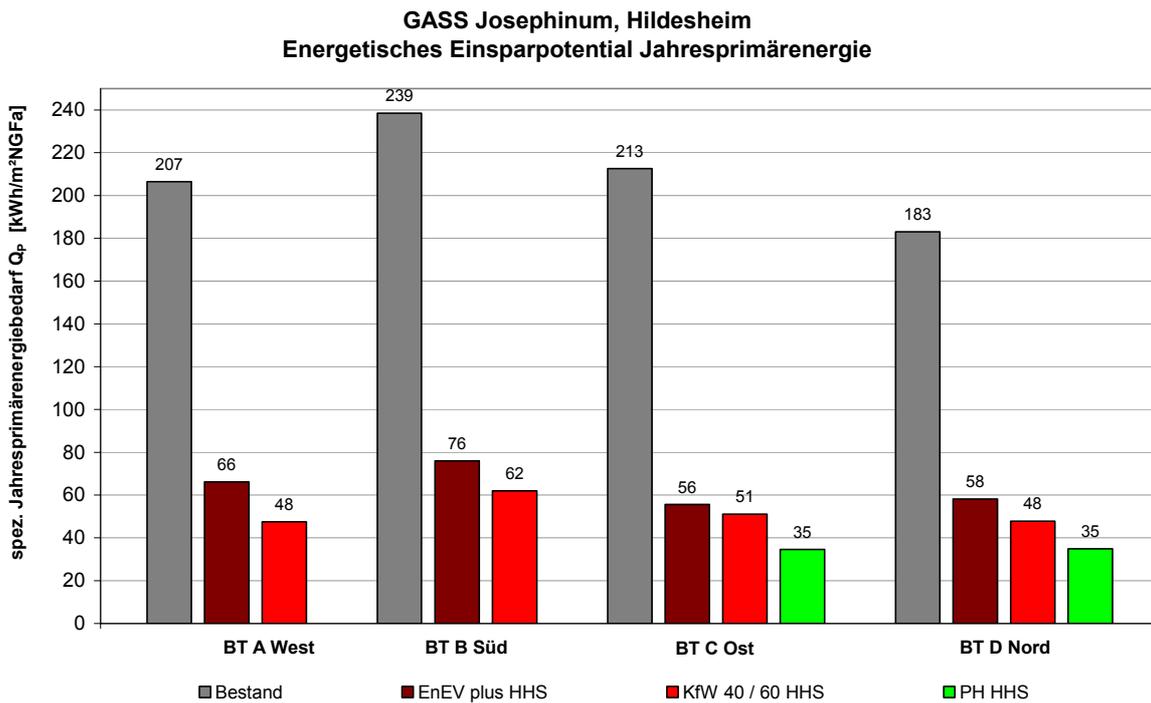


Bild 446 Spez. Jahresheizenergiebedarf (Primärenergie) Hildesheim

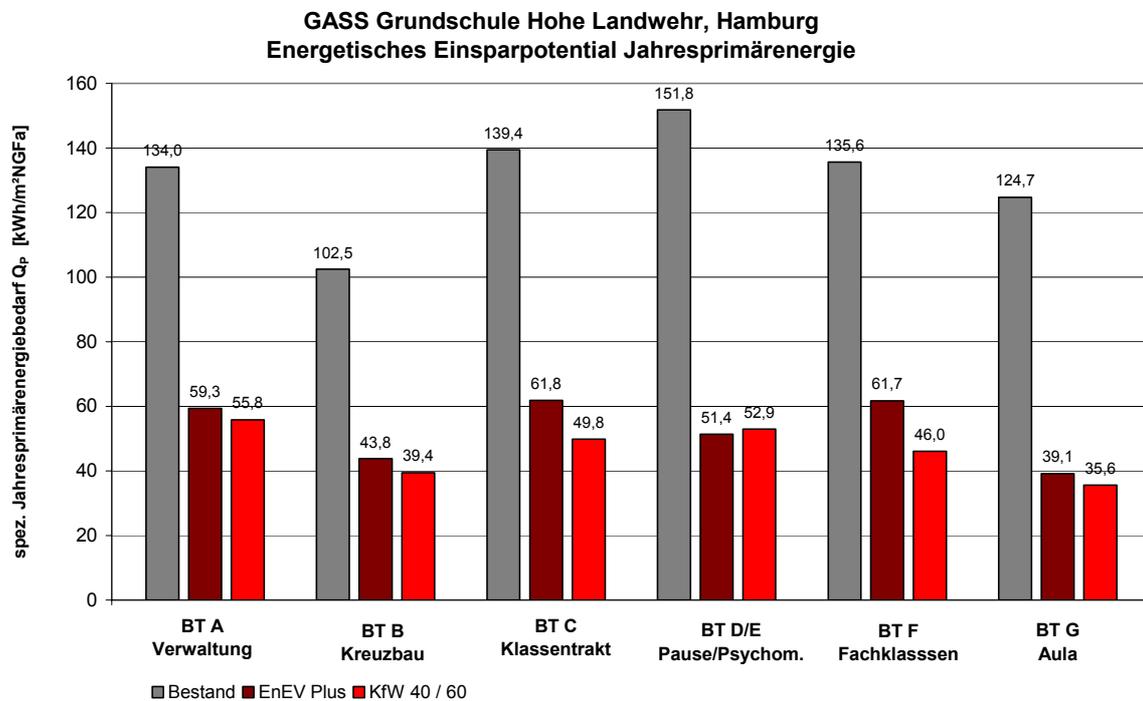


Bild 447 Spez. Jahresheizenergiebedarf (Primärenergie) Hamburg

15.2 Fassadendetails

Abschließend sind Details der Fassadenstudie dargestellt:

Regenbogenschule Wolfsburg Variante 3 - Kastenfenster -

- Aufbau Sonnenschutz / Fassadenverkleidung:
1. weiß gespritzte Blechrahmen ca. 8m x 2m, ca. t 35 x b 20 Kastenprofilcm unterseite farbig, integrierte Aussenjalousie weiß.
 2. Brüstung wie 1. mit profilierten Paneel anthrazitgrau z.B. Eternitplatte vor Dämmung.

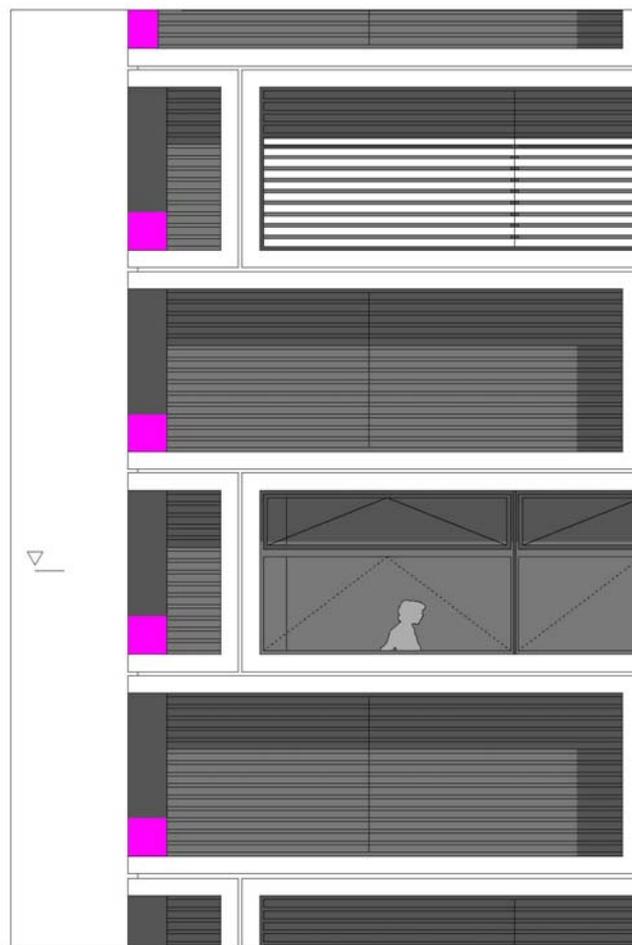
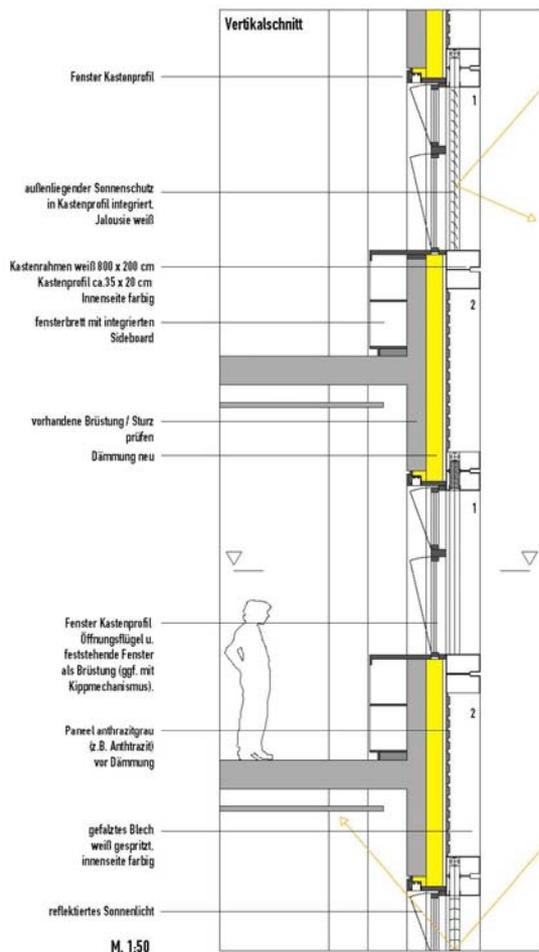
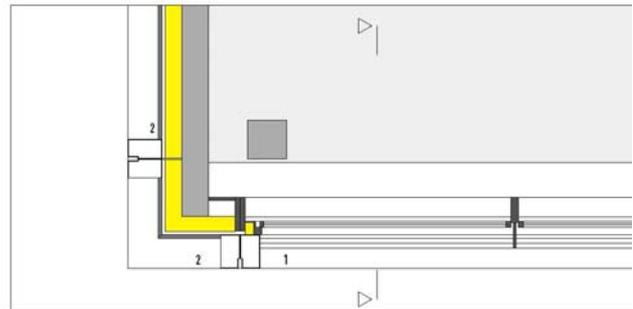


Bild 448 Fassadendetails Wolfsburg Altbau M 1:50

Bischöfliches Gymnasium Josephinum Hildesheim

Aufbau Sonnenschutz:

1. gelochte Blechpaneel, ca. 115 x 260 cm bronze eloxiert aufgekantet/gefalzt oder gem. Statik im Stahlrahmen, mechanisch horizontal hochzufahren.
2. gelochte Blechpaneel, wie (1), horizontal feststehend vor feststehender Verglasung
3. gelochte Blechpaneel, wie (1), horizontal gekippt, vor bestehender Brüstung mit Dämmung.

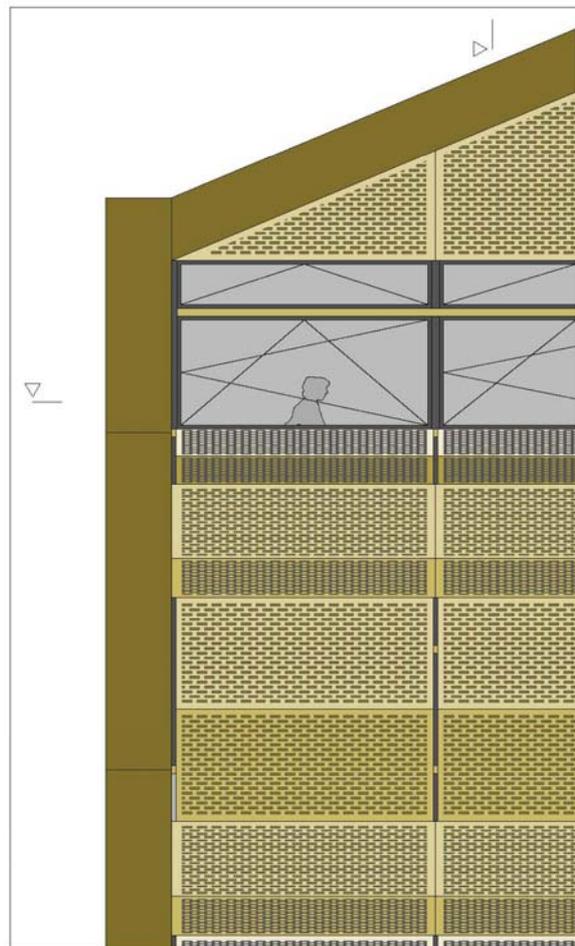
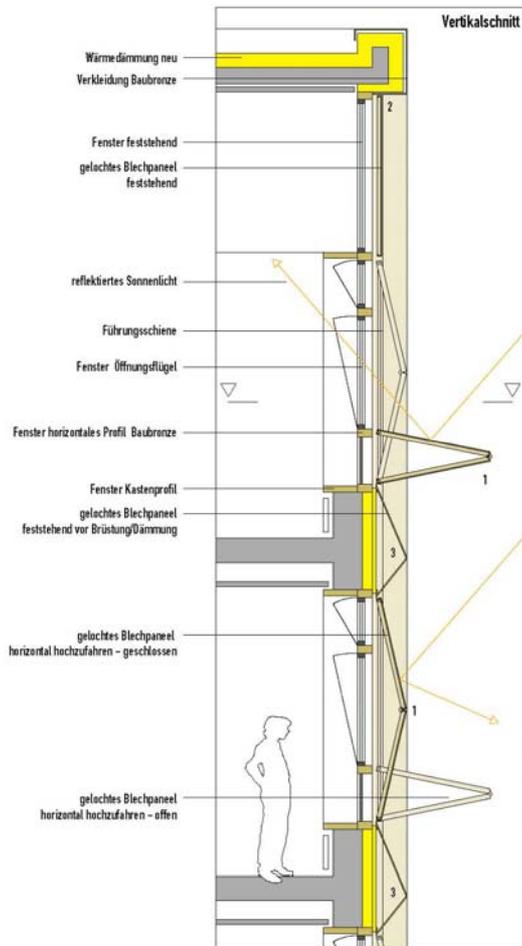
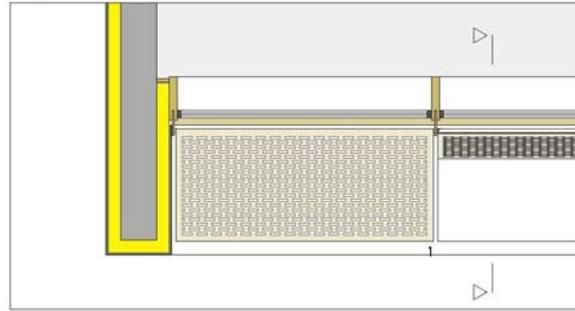


Bild 449 Fassadendetails Hückedahl Hildesheim Altbau M 1:50

16 Literatur

Bauwelt 25/2000: Lernprogramme. Berlin.

Bauwelt 47/2007: Schulreparatur. Berlin.

Bauwelt 08/2008: Baudenkmal Reformschule. Berlin.

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (1984): Arbeitsstättenrichtlinien (ASR 5) – Lüftung. Abs. 1 und 3. Berlin

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2001): Arbeitsstättenrichtlinien (ASR 6) - Raumtemperaturen. Berlin

Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (2000): Normalherstellungskosten - NHK, Wertermittlungs-Richtlinien des Bundes. Berlin

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2008): Energiedaten des Statistischen Bundesamtes, Tabelle 26, Stand 20.11.2008. Berlin

Burke, C./Grosvenor, I. (2003): The School I'd Like. Children an Young People's Reflections on an Education for the 21st Century. London, New York

DETAIL 2003-3: Konzept Schulbau. München.

Deutsche Energie-Agentur GmbH -dena (2006): Effiziente Beleuchtung: Konsequenz Kosten senken. Tipps für die Modernisierung in Bürogebäuden. Berlin

DIN 1946 Teil 2 (1994): Raumluftechnik - gesundheitstechnische Anforderungen

DIN 4108 Teil 2 (2003): Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

DIN 4109 (1989): Schallschutz im Hochbau – Anforderungen und Nachweise

DIN 5034 Teil 1 (2007): Tageslicht in Innenräumen, Allgemeine Anforderungen

DIN 18041 (2004): Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen

DIN 33403 Teil 2 (2000): Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung- Teil 2: Einfluss des Klimas auf den Wärmehaushalt des Menschen.

DIN EN 12464 Teil 1(2009): Licht und Beleuchtung- Beleuchtung von Arbeitsstätten-: Arbeitsstätten in Innenräumen

DIN EN 13779 (2006): Lüftung von Nichtwohngebäuden - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlungssysteme

DIN EN 15251 (2007):Eingangparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden; Raumlufqualität, Temperatur, Licht und Akustik

DIN EN 15459 (2008): Energieeffizienz von Gebäuden - Wirtschaftlichkeitsberechnungen für Energieanlagen in Gebäude

DIN EN ISO 140-4 (1998): Messung der Luftschalldämmung zwischen Räumen in Gebäuden

DIN EN ISO 140-5 (1998): Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden an Gebäuden

DIN EN ISO18233 (2006): Anwendung neuer Messverfahren in der Bau- und Raumakustik

DIN V 18599 (2007) Energetische Bewertung von Gebäuden

- Dreier, A./Kucharz, D. u.a. (1999): Grundschulen planen, bauen, neu gestalten. Empfehlungen für kindgerechte Lernumwelten. Frankfurt am Main
- Drews, U./ Schneider, G./ Wallrabenstein, W. (2000): Einführung in die Grundschulpädagogik. Weinheim, Basel
- Dudek, Marc (2007): Entwurfsatlas Schulen und Kindergärten. Basel, Boston, Berlin
- EnEV 2007 (2007): Verordnung über energiesparende Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden
- Eberle W., Schick A., Klatte M., Schmitz A. (2007): Lärminderung in Schulen. Lärmschutz in Hessen, Heft 4, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden
- EnEV 2009 (2009): Verordnung über energiesparende Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden
- Esch, P.: Farbe vollfett. In: werk, bauen + wohnen 11/2003, et cetera, S.6ff. Zürich.
- Faust, G. (2007): Wie viele Ecken braucht die Grundschule? In: GRUNDSCHULE 10/2007. Braunschweig.
- Feist, W. /Kah, O./Sarini, V. (2006): Protokollband Passivhaus-Schulen, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut. Darmstadt
- Feist, W./ Pfluger, R./ Kaufmann, B./ Schnieders, J./ Kah, O.(2007): Passivhaus Projektierungs Paket 2007. Passivhaus Institut. Darmstadt
- Fromme, H./Dietrich, S./Kiranoglu, M./Twardella, D./Schierl, R./Nowak, D./Heitmann, D./Körner, W. (2006): Frische Luft an bayerischen Schulen - Untersuchungen zur Verbesserung der Luftqualität. Vorläufige Zusammenfassung. Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, Oberschleißheim/ München
- Grams, H./ Hehl, O./ Dreesman, J. (2004): Niedersächsisches Schulmessprogramm-Untersuchung von Einflussfaktoren auf die Raumluftqualität sowie Modellierung von Kohlendioxidverläufen. Niedersächsisches Landesgesundheitsamt. Hannover
- GRUNDSCHULE 10/2007, Braunschweig.
- Hehl, O./ Grams, H (2003): Ein Modell zur Simulation der Qualität der Innenraumluft am Beispiel von CO₂. -Handbuch zum Programm QUIRL/CO₂. Niedersächsisches Landesgesundheitsamt. Hannover
- Hellwig, R.T./Eng, M./Antretter, F./Holm, A./Sedlbauer, K (2009): Untersuchungen zum Raumklima und zur Fensterlüftung in Schulen, Bauphysik 30, Heft 2. Fraunhofer-Institut für Bauphysik. Holzkirchen
- Hennings, D (2000): LEE -Leitfaden Elektrische Energie im Hochbau. Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt
- Hochbaudepartment der Stadt Zürich / ETH Zürich / ETH Wohnforum / Schul- und Sportdepartment der Stadt Zürich / Pädagogische Hochschule Zürich (Hrsg.) (2004): Schulhausbau. Der Stand der Dinge. Der Schweizer Beitrag im internationalen Kontext. Basel Boston Berlin.
- Kahl, R. (Hrsg.) (2004): Treibhäuser der Zukunft, Wie in Deutschland Schulen gelingen, Hamburg.
- Kahl, R. (1996): Die stille Revolution, Verlag Bertelmann Stiftung, Gütersloh.
- Kroner, W.(1994): Architektur für Kinder. Stuttgart Zürich.
- Klockhaus R./Habermann-Morbey, B. (1986): Psychologie des Schulvandalismus. Göttingen
- Mackenzie D.J./Airey, S.(1999): Classroom Acoustics, Heriott-Watt University Edinburgh.

- Mees, C.: Weitergebaut – Kita Berlin-Oberschöneweide von Behles & Jochimsen. In: Bauwelt 32.07, S.14ff. Berlin.
- Meyer, H. (2004): Was ist guter Unterricht? Berlin.
- Muss, C/ Gasser, B. (2003): Die Schule als Niedrigenergiehaus. Wien
- Oberdörster, M./Tiesler, G.(2006): Akustische Ergonomie der Schule, Fb 1071 - Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Dortmund/Berlin/Dresden
- Peper, S./Kah, O./Pfluger, R./Schnieders, J. (2007): Passivhausschule Frankfurt Riedberg - Messtechnische Untersuchung und Analyse. Passivhaus Institut. Darmstadt
- Regenbogenschule Wolfsburg: Schulprogramm. Stand März 2004. <http://nibis.ni.schule.de/~gsrebo/schule/schulprogramm.html>
- Reicher, C./Edelhoff, S. u.a. (2007): Kinder_Sichten. Troisdorf.
- Rittelmeyer, Ch. (2007): Von brutalen und freundlichen Häusern. In: GRUNDSCHULE 10/2007. Braunschweig.
- Rittelmeyer, Ch. (1994): Schulbauten positiv gestalten. Wie Schüler Farben und Formen erleben. Wiesbaden
- Schottke, H. (2001): Leitfaden Raumakustik in Unterrichtsräumen, Sozialministerium Mecklenburg-Vorpommern. Schwerin
- Schweizerische Gesellschaft für Akustik (2004): Richtlinie für die Akustik von Schulzimmern und anderen Räumen für Sprache; SGA 2004-06-21. Sempach Station
- Saint Gobain Ecophon GmbH (2003): Ecophon Akustikdecken – Das Handbuch, Ecophon Group. Lübeck
- Sigrist, D.(2004) Mehr Luft!. in: Faktor, Schulbauten. Zürich
- Tiesler, G /Schönwälder H-G / Ströver, F. (2008) Gesundheitsfördernde Einflüsse auf das Leistungsvermögen im schulischen Umfeld - Ein Beitrag zur Ergonomie der Schule. Bremen
- Umweltbundesamt (2000) Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden. Dessau
- Umweltbundesamt (2008) Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden. Dessau
- VDI 2067 (2005) : Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen
- VDI 6025 (1996): Betriebswirtschaftliche Berechnungen für Investitionsgüter und Anlagen
- Wargocki, P/Wyon, D.P./ Matysiak, B./Irgens, S. (2005): The effects of classroom air temperature and outdoor air supply rate on the performance of school work by children. International Centre for Indoor Environment and Energy, Technical University of Denmark. Kopenhagen
- Weckherlin, G.: Balanceakt – Neugestaltung des Johann-Gutenberg-Gymnasiums in Erfurt. In: Baumeister 9 2005, S.12f. München.
- werk, bauen + wohnen 10 2007: Für die Jugend. Zürich.
- werk, bauen + wohnen 1/2 2003: Schulhäuser. Zürich.
- Wüstenrot Stiftung (Hrsg.) (2004): Schulen in Deutschland, Neubau und Revitalisierung, Stuttgart +Zürich.