

Landkreis Goslar

Integrale Planungsphase zur ganzheitlichen Sanierung des Schulzentrums Langersheim zur Realisierung des Passivhaus-Standards

Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt
gefördert unter dem Az: 26468-25 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Univ. Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch
Dipl. –Ing. Lars Altendorf

Prof. Dr.-Ing. Hans Goydke

Prof. Dr. Heidemarie Kemnitz
Barbara Zschiesche

Braunschweig, im Juli 2011

Integrale Planungsphase zur ganzheitlichen
Sanierung des Schulzentrums Langelshelm
zur Realisierung des Passivhaus-Standards

Abschlussbericht (Az. 26468-25)



Antragsteller:

Landkreis Goslar
Klubgartenstr 6, 38640 Goslar



Koordination:

Institut für Gebäude- und Solartechnik - TU Braunschweig
Univ. Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch
Mühlenpfordtstraße 23, D - 38 106 Braunschweig



Wissenschaftliche Bearbeitung:

Bauphysik / Gebäudetechnik
Prof. Fisch, Institut für Gebäude- und Solartechnik
Prof. Goydke, Ingenieurbüro für Raum- und Bauakustik
Pädagogik
Prof. Kemnitz, Institut für Erziehungswissenschaft

Braunschweig, den 28.07.2011

Antragsteller:

Landkreis Goslar Fachbereich Bildung & Kultur – Gebäudemanagement

Bearbeitung

Projektleitung:

Institut für Gebäude- und Solartechnik, TU Braunschweig

Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch

Dipl.-Ing. Lars Altendorf (Projektleiter)

Dipl.-Ing. Arch. Volker Huckemann

Dipl.-Ing. Arch. Thomas Wilken

Projektpartner:

Ingenieurbüro für Raum- und Bauakustik, Braunschweig

Prof. Dr.-Ing. Hans Goydke

Institut für Erziehungswissenschaft, TU Braunschweig

Prof. Dr. Heidemarie Kemnitz

Barbara Zschiesche

iwb Ingenieurgesellschaft mbH (Architektur), Braunschweig

Ingenieurgesellschaft Meinhardt Fulst GmbH (TGA), Vienenburg / Goslar

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 Deutschen Bundesstiftung Umwelt in Osnabrück für die Förderung des Forschungsprojektes.

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	4
ZUSAMMENFASSUNG	5
1. EINLEITUNG	7
2. ALLGEMEINE OBJEKTDESCHEIBUNG	9
3. BESTANDSANALYSE PÄDAGOGIK	12
3.1 Theoretische Grundlagen	12
3.2 Methodische Umsetzung	12
3.3 Beschreibung der Haupt- und Realschule Langelsheim	14
3.4 Lehrkräfte – Befragung, Expertengespräche, teilnehmende Beobachtung	15
3.5 Schüler – Befragung, Expertengespräche, teilnehmende Beobachtung	22
3.6 Fotoevaluation	25
4. BESTANDSANALYSE GEBÄUDE / ARCHITEKTUR	28
4.1 Gebäudehülle	28
4.2 Innenraum	32
4.3 Gebäudetechnik	32
4.4 Energieverbrauch	36
5. BESTANDSANALYSE RAUMKOMFORT	37
5.1 Akustische Untersuchungen	37
5.2 Thermischer Raumkomfort / Luftqualität	46
5.3 Tageslicht	54
6. SANIERUNGSKONZEPT	56
6.1. Pädagogik –Ergebnisse und Empfehlungen für die Sanierung	58
6.3 Architektonisches Konzept	62
6.4 Sanierungskonzept Akustik	67
6.5 Sanierungskonzept Thermischer Raumkomfort	72
6.6 Sanierungskonzept Energie	78
6.7 Bewertung der Wirtschaftlichkeit	88
7. FAZIT	102
8. LITERATUR	110
9. QUELLEN	112
10. VERZEICHNIS VON BILDERN UND TABELLEN	112
11. ANHÄNGE	116
11.2 Steckbrief	116
11.3 Grundrisse Umbauplanung	119
11.4 Übersicht Kosten	120

Zusammenfassung

Die Haupt- und Realschule Langelsheim aus dem Jahr 1976 ist in weiten Teilen unsaniert und steht vor der Gesamtsanierung. Der Landkreis Goslar als Schulbetreiber verfolgt mit der Umsetzung des Forschungsprojektes „Integrale Planungsphase zur ganzheitlichen Sanierung des Schulzentrums Langelsheim zur Realisierung des Passivhaus-Standards“, gefördert mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU), einen neuartigen Planungsansatz. Die Schule soll beispielgebend unter Einbeziehung von technischen, architektonischen, umweltspsychologischen und pädagogischen Gesichtspunkten saniert werden. Schwerpunkte sind die Verbesserung der Lehr- und Lernbedingungen, eine Absenkung klimaschädlicher Emissionen sowie eine Reduzierung der Betriebskosten.

Aus einer ganzheitlichen Bestandsanalyse entwickelt das interdisziplinäre Projektteam der Technischen Universität Braunschweig Anforderungsprofile für ein Sanierungskonzept, das in der anschließenden Planungsphase Berücksichtigung und großenteils Realisierung finden wird.

Aus pädagogischer Perspektive ist das Flächen- und Raumangebot im Schulzentrum sowohl für die Umsetzung offener Lernformen als auch für den Ganztagsbetrieb ausreichend. Zur Abdeckung der Bedürfnisse von Schülern und Lehrern sind aber vor allem im Erdgeschoss veränderte Raumaufteilungen und Nutzungsmöglichkeiten erforderlich. Neben einer Mensa sind Lern-, Ruhe- und Aktivitätszonen für die Schüler sowie Rückzugsbereiche und Arbeitsplätze für die Lehrkräfte in das Raumprogramm zu integrieren.

Die Gebäudestruktur der Schule wird durch einen Teilrückbau des Erdgeschosses an einen reduzierten und künftig weiter rückläufigen Raumbedarf angepasst. Über die höhere Tageslichtnutzung und des neuen Außenraumbezugs wird eine verbesserte Aufenthaltsqualität im Erdgeschoss erreicht. Aufgrund der geringeren wärmeübertragenden Gebäudehüllfläche, insbesondere der ungedämmten erdberührten Bauteile, wird eine Absenkung des Heizenergiebedarfs erzielt. Zudem werden die Bau- und Betriebskosten reduziert.

Die Ausgangssituation in Bezug auf den akustischen Komfort in der Schule ist im Wesentlichen positiv. Raumakustische Defizite in den Unterrichtsräumen müssen nicht behoben werden, auch die externen Randbedingungen wie Verkehrslärmpegel sind sekundär. Jedoch zeigt sich in bestimmten Bereichen wie in Fluren und Sanitärräumen dringender akustischer Sanierungsbedarf. Ein besonderes Problem stellen extrem hallige Treppenhäuser dar. Im

Rahmen der Umgestaltung und Umnutzung werden eine Mensa und Ruhezone integriert, was eine qualifizierte Planung erforderlich macht.

Das erarbeitete Optimierungskonzept zum Lernkomfort und zur energetischen Reduzierung der Lüftungswärmeverluste erfordert eine mechanische Belüftung mit Wärmerückgewinnung aller Bereiche und insbesondere der Unterrichtsräume. Zur Bewertung der weiteren baulichen und technischen Maßnahmen wird eine Studie mit folgenden energetischen Zielvorgaben durchgeführt:

- Neubau nach EnEV 2009
- Neubau EnEV 2009 - 30 %
- Passivhaus-Standard

Der geringste Endenergiebedarf Raumwärme ergibt sich für das Passivhaus mit Fernwärmeversorgung mit einer Reduzierung von 80 % gegenüber dem Bestand. Die Kraftwärmekopplung auf Biomassebasis stellt die ökologisch beste Lösung dar.

Während der EnEV-30 % Standard über 20 Jahre betrachtet die höchste Wirtschaftlichkeit hat, entwickelt sich der Passivhaus-Standard über 30 Jahre hinaus zur wirtschaftlichsten Variante, weil der entscheidende Einfluss auf die Gesamtkosten nicht mehr bei den Kapitalkosten sondern zunehmend bei den Energiekosten liegt.

Da aus Sicht der Schulbetreiber solche langen Betrachtungszeiträume im Haushalt nicht darstellbar sind, werden höherwertige Standards in der Regel nicht ohne investive Förderungen umgesetzt. So hat sich der Landkreis Goslar nach Wegfall einer Förderung durch die NBank für die Umsetzung eines um 30 % verbesserten EnEV-Neubau Standards bzw. eines KfW-Effizienzhauses 85 entschieden. Die Umsetzung erfolgt 2011 und 2012. Geprüft wird im Moment die Integration einer Photovoltaik-Anlage auf dem Dach.

Die Analysen dieses Projekts zeigen, dass für den Schulbestand ein deutlicher Qualitätssprung in die Zukunft nachhaltig und in der Breite realisierbar ist, der den höchsten Ansprüchen in Bezug auf Energie, Wirtschaftlichkeit und Raumkomfort genügt. Obwohl dem erarbeiteten Konzept zur energetischen Optimierung nicht in Gänze gefolgt werden kann, wird eine Strategie erprobt, wie künftig derartige komplexe Fragestellungen zur Energieeffizienz systematisch bearbeitet werden können.

Planungsteam:

- Landkreis Goslar Fachbereich Bildung & Kultur - Gebäudemanagement

- Institut für Gebäude- und Solartechnik, TU Braunschweig
- Ingenieurbüro für Raum- und Bauakustik, Braunschweig
- Institut für Erziehungswissenschaft, TU Braunschweig

- iwb Ingenieurgesellschaft mbH (Architektur), Braunschweig
- Ingenieurgesellschaft Meinhardt Fulst GmbH (TGA), Vienenburg / Goslar

Das Vorhaben ist durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt unter dem Aktenzeichen 26468-25 gefördert worden.

1. Einleitung

Bildung ist die Grundlage für die kulturelle, technische und wirtschaftliche Entwicklung einer Gesellschaft, wobei die Bildungsbauten selbst diesem Anspruch in weiten Teilen nicht entsprechen. In den Bildungsgebäuden der Bundesrepublik Deutschland hat sich ein erheblicher Sanierungsbedarf aufgestaut, der die Länder und Kommunen zum Handeln zwingt. Dies gilt insbesondere für Gebäude der erhöhten Bautätigkeit der 50er bis 70er Jahre, bei denen viele Gebäudekomponenten wie Fassaden und Haustechnik für eine Nutzungsdauer von 20 bis 40 Jahren ausgelegt worden sind.

Zum einen steigen die Betriebskosten dieser Gebäude, zum anderen ist in der bestehenden Struktur von pädagogischer Seite ein motivierendes Lernumfeld nur schwer umzusetzen. Jeder einzelne Sanierungszyklus einer Bildungsstätte bietet die Chance, den Raumkomfort und die Energieeffizienz auf ein zukunftsfähiges Niveau zu heben, das der öffentlichen Vorbildfunktion in ökonomischer, ökologischer und soziokultureller Hinsicht stärker entspricht.

Inwieweit das Konjunkturpaket der Bundesregierung aus den Jahren 2009 und 2010 diesem ganzheitlichen Anspruch insbesondere im Bereich einer wirksamen energetischen Sanierung gerecht werden konnte, ist angesichts fehlender technischer Vorgaben zur Energieeffizienz zu hinterfragen.

Wie aber lassen sich nachhaltige Sanierungsstrategien flächendeckend umsetzen?

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Integrale Planungsphase zur ganzheitlichen Sanierung des Schulzentrums Langelsheim zur Realisierung des Passivhaus-Standards“, gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) wird für eine Schule des Landkreises Goslar ein ganzheitliches Sanierungskonzept entwickelt und umgesetzt. Lösungsansatz von energetischer Seite ist, das Gebäude nach Sanierung auf den Passivhaus-Standard zu heben. Neben den baulichen und technischen Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz wird die Verbesserung des Raumkomforts vertieft. Folgende Themenbereiche werden dabei zusammengeführt:

- Funktionalität
- Pädagogikkonzept
- Raumkomfort
- Leistungsfähigkeit
- Gebäudesubstanz
- Energieeffizienz
- Betriebskosten

Über eine ausführliche Bestandsanalyse des Schulgebäudes erfassen die beteiligten Partner in der ersten Projektphase neben dem funktionalen, baulichen und gebäudetechnischen Zustand auch die Anforderungsprofile der Schüler und Lehrer durch Nutzerbefragungen, Interviews und Feldstudien. Ergänzend zur allgemeinen, bau- und anlagentechnischen Gebäudeaufnahme werden weiter Raumklimamessungen und akustische Untersuchungen durchgeführt. Auf dieser Grundlage erfolgt die Erarbeitung eines Sanierungskonzeptes und letztlich eines Planungskonzeptes. Für die wissenschaftliche Begleitung der Bau- und Betriebsphase ist eine zweite Projektphase vorgesehen.

2. Allgemeine Objektbeschreibung

Das zur Sanierung anstehende Gebäude der Haupt- und Realschule ist Teil des Schulzentrums Langelsheim im Nordwesten der Stadt. Dem Schulzentrum sind weiter eine Grundschule und eine Sporthalle zugeordnet.

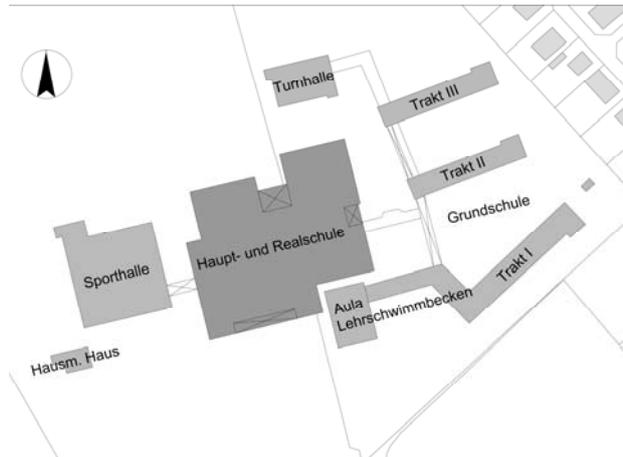


Abbildung 1 Lageplan Schulzentrum

Abbildung 2 Luftbild Schulzentrum

Die heutige Grundschule mit Baujahr 1953 setzt sich aus drei Gebäudetrakten sowie einer Aula mit Lehrschwimmbaden und einer Turnhalle zusammen. Da die Grundschule in der Regel nur den südlichen Haupttrakt 1 und während der Baumaßnahmen mit der Haupt- und Realschule die Trakte 2 und 3 nutzt, ist die Zukunft des ungenutzten Bestands fraglich, wobei der Standort der Grundschule in Trägerschaft der Stadt nicht zur Diskussion steht. Die Planung des Landkreises sieht vor, nur die Haupt- und Realschule und die Dreifeldsporthalle langfristig zu nutzen.

Grunddaten Schulzentrum Langelsheim			
Bauteil	Baujahr	NGF	Schüleranzahl
Grundschule	1953	7.987 m ²	209
Haupt- und Realschule	1976	8.948 m ²	148/ 346
Sporthalle	1979	1.981 m ²	-
gesamt	-	18.916 m ²	753

Tabelle 1 Grunddaten Schulzentrum Langelsheim

Westlich angrenzend an die Grundschule ist 1976 die Haupt- und Realschule als großflächiger dreigeschossiger Bau und nachfolgend die Dreifeldsporthalle 1979 errichtet worden.

Da die Gesamtanierung nur für die Haupt- und Realschule geplant ist, beziehen sich die Analysen dieses Berichts nur auf diesen Gebäudeteil. Das Schulgebäude, durch die Nutzer auch heute als „Neubau“ bezeichnet, ist als Stahlbetonskelettbau mit vorgehängten Fassadenelementen ein typischer Vertreter der siebziger Jahre.



Abbildung 3 Nordwestansicht

Abbildung 4 Südwestansicht EG

Die Haupt- und Realschule ist dreigeschossig und besitzt eine weitgehend kompakte Gebäudeform. Der Haupteingang der Haupt- und Realschule befindet sich im Süden des Glockenkamps bzw. des Steinwegs. Über zwei in das Forum gestellte Treppenhauskerne sind die Obergeschosse zu erreichen. Der nördliche Gebäudeteil ist nur etwa zur Hälfte unterkellert.

Abbildung 5 und Abbildung 6 zeigen die Grundrisse des Erd- und Obergeschosses im Hauptgebäude mit Darstellung der Nutzungszonen.



Abbildung 5 Haupt- und Realschule Grundriss EG Bestand

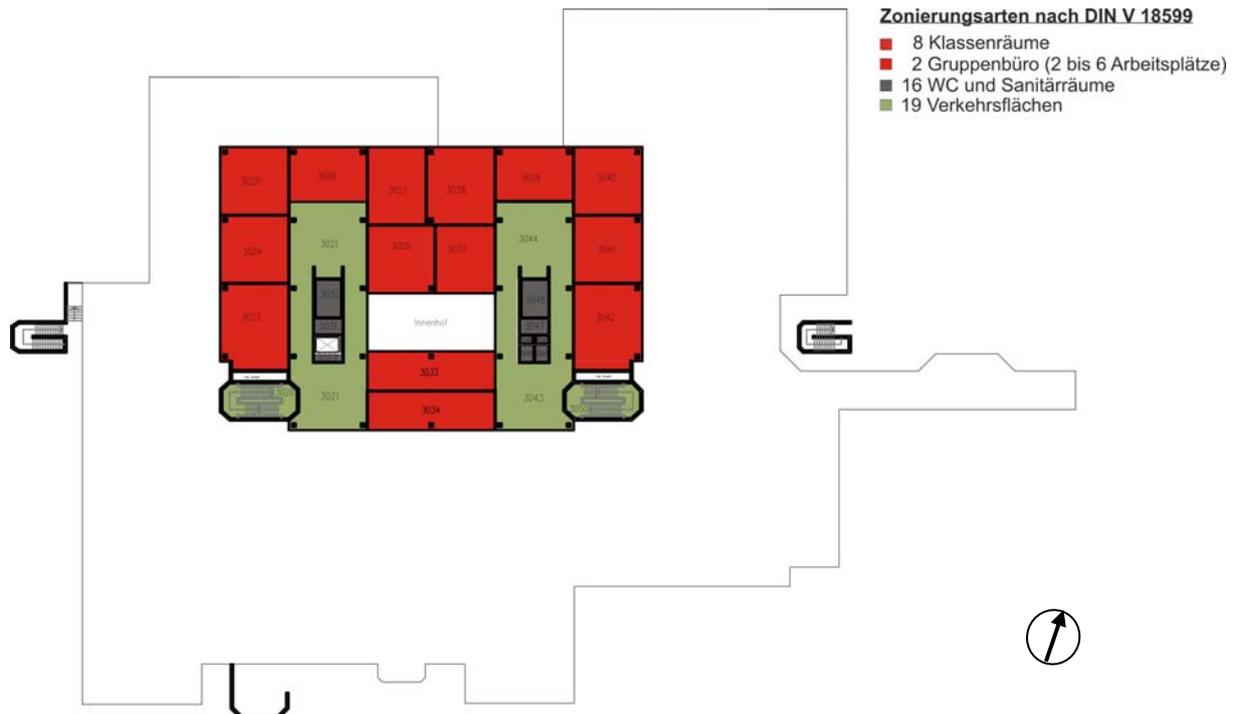


Abbildung 6 Haupt- und Realschule Grundriss 1.OG Bestand

Das Erdgeschoss wird durch die beiden Schulen gemeinsam genutzt, das 1.OG durch die Hauptschule und das 2.OG durch die Realschule.

Neben dem großen Forum und den vier naturwissenschaftlichen Fachräumen sind im Erdgeschoss ein Foyer mit Rückzugsecken, drei EDV-Räume, drei Werkräume, zwei Kunsträume, ein Textil-Raum, zwei Musik-Räume, eine Hörsaal, eine Schülerbücherei und eine Cafeteria angeordnet.

Im Obergeschoss sind 26 Klassenräume ringförmig um zwei zentrale Innenhöfe gegliedert.

3. Bestandsanalyse Pädagogik

Die Untersuchungen des Instituts für Erziehungswissenschaft fokussieren neben der Erfassung des subjektiven Behaglichkeitsempfindens, die Passung der Räume im pädagogisch-didaktischen Kontext, die Wirkung der Räume auf die Nutzer sowie die Ermittlung der Anforderungen, Bedarfe und Wünsche aus pädagogischer Perspektive.

3.1 Theoretische Grundlagen

In der Pädagogik hat sich in den letzten Jahren ein Verständnis von Schule durchgesetzt, das sich in der Metapher vom „Haus des Lernens“ ausdrücken lässt. Gefordert werden Schulen, die als Lebensräume konzipiert sind, für Schüler und Lehrer attraktive Orte darstellen und zur Identifikation beitragen. Die räumlichen Gegebenheiten von Schule, Faktoren des Wohlfühlens, die gemeinsames Arbeiten und Lernen angenehm machen, werden mit erhöhter Aufmerksamkeit bedacht.

Obwohl die Frage nach einer für alle gleichermaßen „guten“ pädagogischen Architektur, die diesem Anspruch gerecht wird, nicht allgemeingültig beantwortet werden kann, sind für die Verbesserung des Komforts an Schulen, neben einer Optimierung der Luftqualität, der Lichtverhältnisse sowie der akustischen Bedingungen folgende Bedürfnisse in Betracht zu ziehen:

- *Offene und kooperative Lernformen* (handlungsorientierter Unterricht, Gruppen- und Partnerarbeit) erfordern mehr Platz und andere Raumaufteilungen.
- Das Raumprogramm in *Ganztagsschulen* hat Mensen und andere Versorgungsräume zu integrieren. Veränderte Rhythmen des Schullebens gehen mit einer Flexibilisierung räumlicher Möglichkeiten und einer veränderten Nutzung von Wegen und Aufenthaltsorten einher. Das gilt nicht nur für Schüler, sondern auch für Lehrer, deren Bedürfnisse nach komfortablen Arbeitsplätzen, Ruhezeiten und Besprechungsräumen gleichermaßen zu berücksichtigen sind.
- Bei der konkreten Ausgestaltung einer Schule sollten Aspekte der *Farb- und Formgestaltung* keineswegs vernachlässigt und Möglichkeiten der Partizipation und Aneignung der Räume durch die Schüler erörtert werden.

3.2 Methodische Umsetzung

Um die Anforderungen, Bedarfe und Wünsche aus pädagogischer Perspektive zu ermitteln, werden vom Institut für Erziehungswissenschaft folgende Analysen durchgeführt:

- Nutzerbefragung
- Pädagogische Feldstudie
 - Expertengespräche
 - teilnehmenden Beobachtung
 - Fotoevaluation

3.2.1 Nutzerbefragung

An der Lehrerbefragung beteiligten sich insgesamt 29 Lehrkräfte (19 Real- und 10 Hauptschullehrkräfte), davon 16 Frauen und 12 Männer (einmal keine Angabe). Gut zwei Drittel von ihnen sind 50 Jahre und älter.

Nach einem allgemeinen Teil mit Fragen zur Person und zum Arbeitsplatz bezieht sich der Fragebogen für die Lehrkräfte in Teil B auf die Unterrichtsgestaltung und die Unterrichtsräume. Teil D fragt nach der Schule als Lern- und Lebensort für Schülerinnen und Schüler. Im Teil E des Fragebogens sind Fragen zur Schule als Arbeitsplatz für Lehrerinnen und Lehrer gebündelt.

An der Schülerbefragung waren insgesamt 158 Schülerinnen und Schüler, davon 90 Jungen und 68 Mädchen, beteiligt. 54 von ihnen besuchen die Hauptschule (drei Klassen), 104 die Realschule (fünf Klassen). Einbezogen wurde mindestens eine Klasse pro Jahrgang, aus dem 7. und 9. Jahrgang wurden je zwei Klassen befragt.

Der Schwerpunkt liegt bei der Schülerbefragung im pädagogischen Part im Bereich der Gestaltung von Pausen und Freistunden. Dieser Fokus wurde gewählt, da Orte außerhalb klassischer Lehr-Lern-Arrangements für die Schülerinnen und Schüler nachweislich einen hohen Stellenwert haben und daher bei der Sanierung von Schulgebäuden nicht vernachlässigt werden dürfen [Zsc09]. Außerdem können die Kinder und Jugendlichen diese in der Regel nicht vollständig von den Pädagogen vorstrukturierten Bereiche von Schule weitgehend selbstbestimmt gestalten und treten hierbei als Experten für ihre Bedürfnisse auf.

3.2.2 Pädagogische Feldstudie

Die pädagogische Feldstudie wurde im Zeitraum vom 07. bis 29. September 2009 durchgeführt. Stattgefunden haben teilnehmende Beobachtungen im Unterricht und in den Pausen sowie „Expertengespräche“, für die die Methode des geführten Rundgangs genutzt wurde. An den insgesamt fünf Rundgängen durch das Schulgebäude und über das Außengelände waren die Schulleitungen beider Schulen sowie weitere nach Geschlecht und Alter ausgewählte Lehrkräfte und die Schülersprecherinnen und -sprecher der Haupt- und Realschule beteiligt. Um zu gewährleisten, dass die unterschiedlichen Nutzerinnen und Nutzer aus ihrer

persönlichen Sicht durch die Schule führen und ihre Aussagen nicht durch die Anwesenheit Dritter beeinflusst werden, wurden die Rundgänge mit den unterschiedlichen Nutzergruppen separat durchgeführt. Nach Abschluss des eigentlichen Rundgangs erfolgte jeweils noch ein kurzer Gesprächsteil für Nachfragen. Die Gespräche wurden aufgezeichnet, transkribiert und ausgewertet.

Zusätzlich wurden die Schülerinnen und Schüler einer fünften und einer achten Klasse der Hauptschule sowie einer neunten Klasse der Realschule aufgefordert, beliebte und unbeliebte Orte in ihrem Schulgebäude zu fotografieren und zu kommentieren (Fotoevaluation). Die Jugendlichen erkundeten das Schulgebäude jeweils zu zweit mit einer Digitalkamera. Im Anschluss wählten sie ihre Fotos am PC aus und kommentierten sie schriftlich (entweder mithilfe des Computers oder handschriftlich auf dem Ausdruck). Insgesamt liegen 350 digitale Fotografien vor, von denen 73 ausgewählt und mit Kommentaren versehen wurden. Im Rahmen der Fotoevaluation wurde so eine Materialsammlung generiert, mit deren Hilfe Aussagen über erlebte Schulraumqualitäten in Anlehnung an die seriell-ikonografische Fotoanalyse [Mie07] empirisch gesichert nachvollzogen und diskutiert werden können.

3.3 Beschreibung der Haupt- und Realschule Langelsheim

3.3.1 Schuldaten (Stand März 2011)

	Hauptschule	Realschule
Anzahl Schüler/innen	148	346
Anzahl Klassen	8	14
Jahrgänge	5 bis 10 einzügig: 5, 6, 8, 10 zweizügig: 7, 9	5 bis 10; zweizügig: 5, 6 dreizügig: 8, 7, 9, 10
Anzahl Mitarbeiter	36 Lehrerinnen und Lehrer, 1 Anwärtlerin, 1 Sozialpädagogin	

Tabelle 2 Schuldaten

3.3.2 Organisatorische Rahmenbedingungen

Seit Beginn des Schuljahres 2010/11 werden Haupt- und Realschule von einer gemeinsamen Schulleitung verwaltet. Die insgesamt 36 Lehrerinnen und Lehrer werden seitdem in beiden Schulformen eingesetzt.

Seit 2003 haben sowohl Haupt- als auch Realschule Notebook-Klassen. Dafür wurde jeweils ein Klassenraum pro Jahrgang von Klasse 7 bis 10 mit einem Beamer und abschließbaren Schränken zur Lagerung der Notebooks ausgestattet.

Bei der Schülerbücherei handelt es sich um eine Zweigstelle der Stadtbibliothek. Sie ist zweimal in der Woche während der großen Pause geöffnet und wird dann überwiegend von Grundschulern frequentiert. Lehrkräfte können mit ihren Klassen darin nach Anmeldung „Lesezeiten“ durchführen. In den anderen Pausen oder Freistunden steht sie den Schülern nicht zur Verfügung.

An den teilversiegelten Schulhof ist eine Außensportanlage (Sportfreiflächen) angegliedert, die für den Sportunterricht und in den Pausen genutzt wird.

Der Schultag beginnt im Schulzentrum Langelsheim für alle Schüler um 7.30 Uhr mit der 1. Stunde und endet für die meisten nach der 6. Stunde um 12.50 Uhr. Im Anschluss finden freiwillige Sport-AGs und Hauswirtschaftskurse für die Hauptschüler der 8. bis 10. Klassen für einen Teil der jeweiligen Lerngruppen statt. An zwei Tagen in der Woche steht den Schülern aus dem Hauptschulzweig ein offenes Ganztagsangebot zur Verfügung.

3.4 Lehrkräfte – Befragung, Expertengespräche, teilnehmende Beobachtung

3.4.1 Unterrichtsgestaltung und Unterrichtsräume

Die Auswertung der Nutzerbefragung zeigt, dass in beiden Schulformen frontaler Unterricht am häufigsten durchgeführt wird: 46% integrieren ihn täglich in ihren Unterricht, 54% mehrmals in der Woche (Abbildung 7). Zusätzlich wurde erfragt, wie häufig Gesprächskreise, bei denen es sich um eine Variante des Klassenunterrichtes handelt, durchgeführt werden. Ein Lehrer gibt an, sie täglich in den Unterricht zu integrieren, vier weitere greifen mehrmals pro Woche darauf zurück, der überwiegende Teil des Kollegiums (73 %) führt sie maximal einmal pro Woche oder seltener durch.

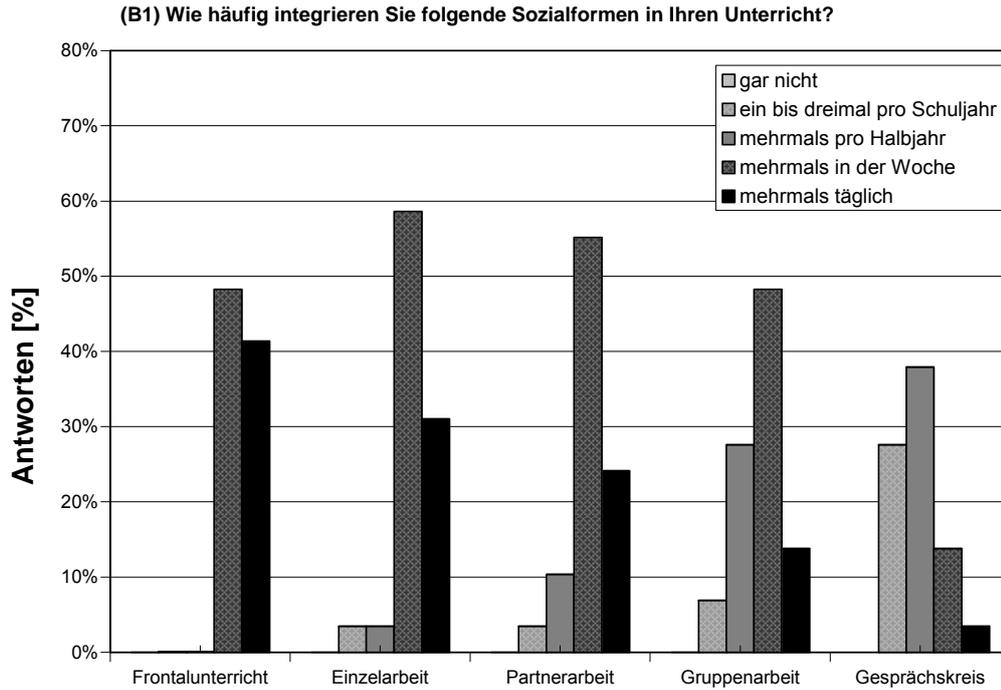


Abbildung 7 Nutzerbefragung Häufigkeit Sozialformen (Lehrer)

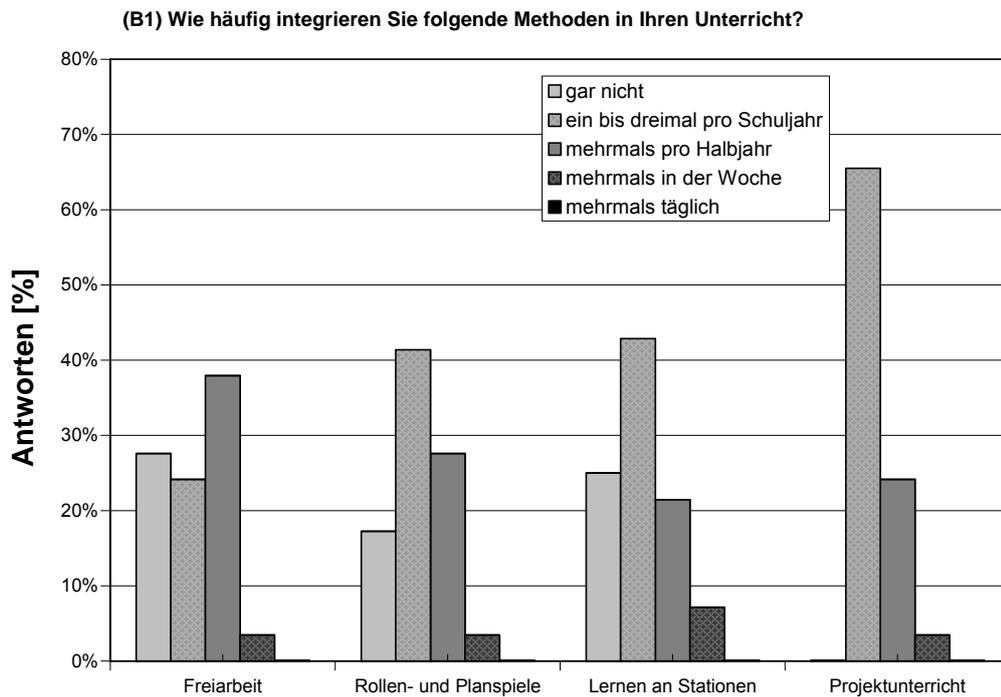


Abbildung 8 Nutzerbefragung Wichtigkeit Sozialformen (Lehrer)

Bei der Frage nach der Bedeutsamkeit der verschiedenen Sozialformen für die tägliche unterrichtliche Praxis wird als wichtigste Sozialform die Partnerarbeit benannt, gefolgt von der Gruppenarbeit und der Einzelarbeit (Abbildung 7). Der Frontalunterricht liegt erst an vierter Stelle. Es lässt sich feststellen, dass er von den jüngeren Lehrkräften (unter 50) als weni-

ger wichtig erachtet wird, als von den älteren (50 und älter), während den jüngeren die Durchführung der anderen Sozialformen gleichzeitig wichtiger ist, als den älteren Kolleginnen und Kollegen.

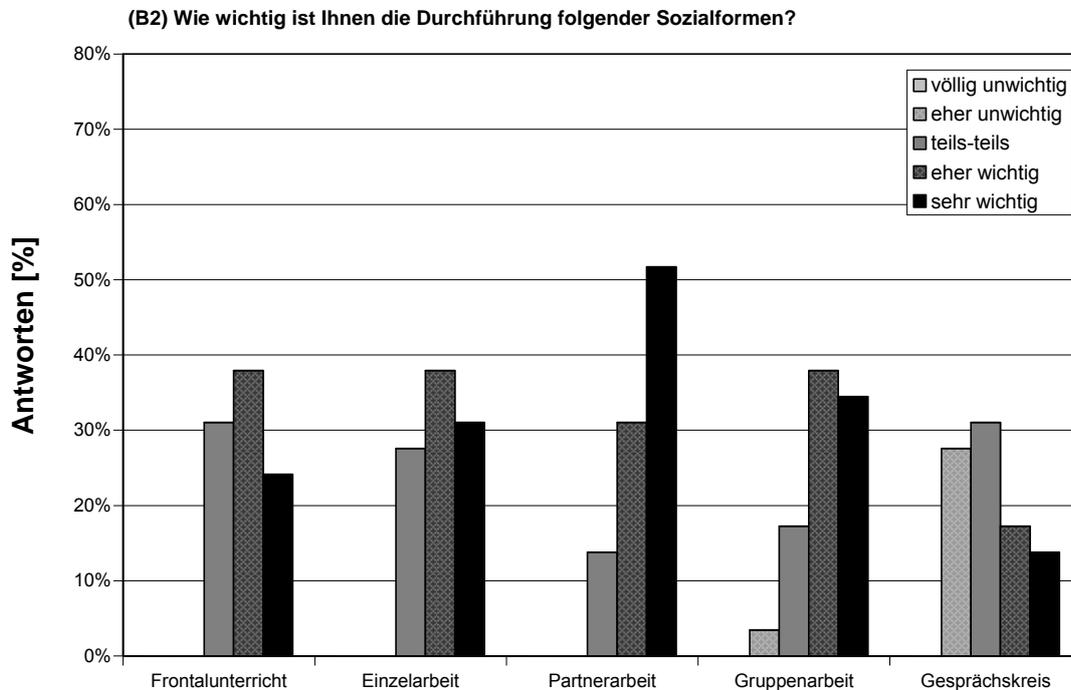


Abbildung 9 Häufigkeit Methoden (Lehrer)

Hinsichtlich des Einsatzes von Methoden, die besondere räumliche Arrangements benötigen, ergibt sich folgendes Bild: Von den erfragten Methoden (Freiarbeit, Rollen- und Planspiele, Lernen an Stationen und Projektunterricht) wird keine mehrmals täglich von einer Lehrkraft eingeplant (Abbildung 8). Während 4 % bis 7 % der Lehrerinnen und Lehrer angeben, sie mehrmals pro Woche in den Unterricht einzuplanen, führen jeweils 16 bis 27 % des Kollegiums Freiarbeit, Lernen an Stationen sowie Rollen- oder Planspiele gar nicht durch. Der Projektunterricht bildet hier eine Ausnahme, weil an allgemeinbildenden Schulen mindestens eine Projektwoche pro Halbjahr für alle Lehrkräfte obligatorisch ist.

Obwohl die Freiarbeit eine bis zu den Anfängen des 20. Jahrhunderts zurückreichende Tradition hat, gewinnen Methoden wie das Lernen an Stationen oder die Freiarbeit erst in jüngerer Zeit in der Lehreraus- und -fortbildung wieder an Bedeutung. Möglicherweise ist das ein Grund dafür, dass vor allem jüngere Lehrkräfte (unter 50) diese Methoden einsetzen. In der Gruppe, die angab niemals Freiarbeit durchzuführen, befinden sich ausschließlich Lehrkräfte über 50 Jahren (Abbildung 10). Beim Lernen an Stationen ist der Anteil der über 50-jährigen Lehrerinnen, die dies nie durchführen, ebenfalls deutlich höher als der Anteil der unter 50-Jährigen (Abbildung 11).

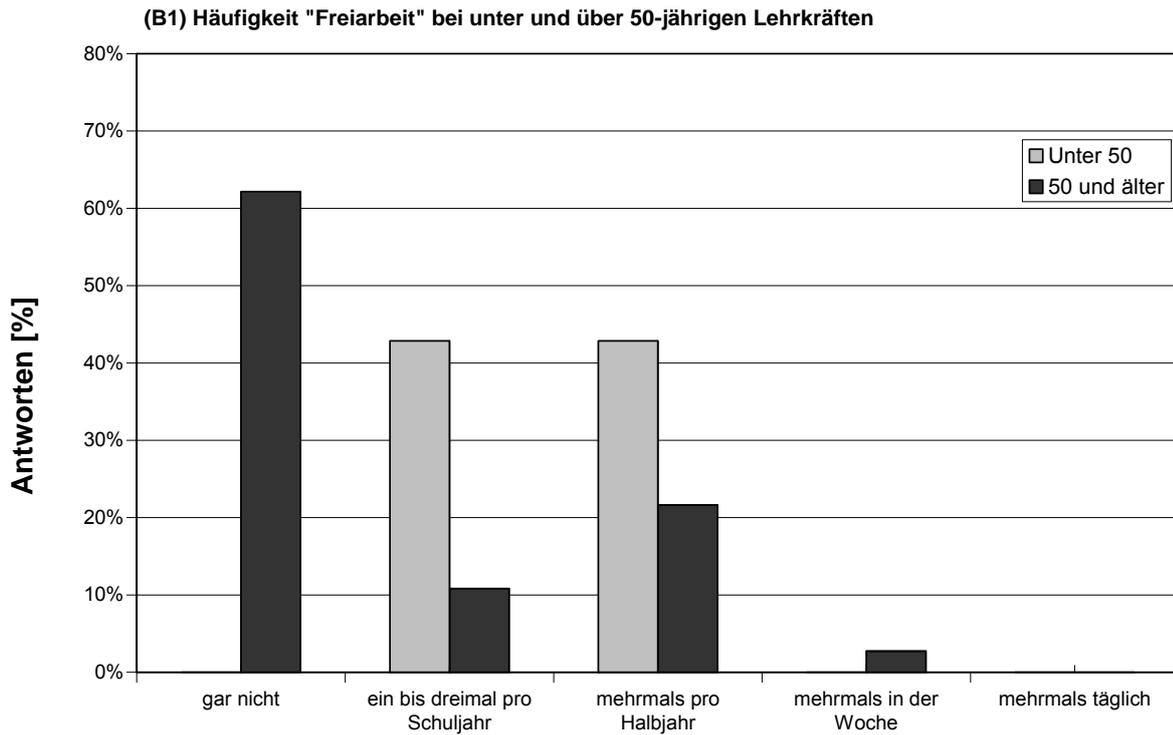


Abbildung 10 Nutzerbefragung Häufigkeit Freiarbeit (Lehrer)

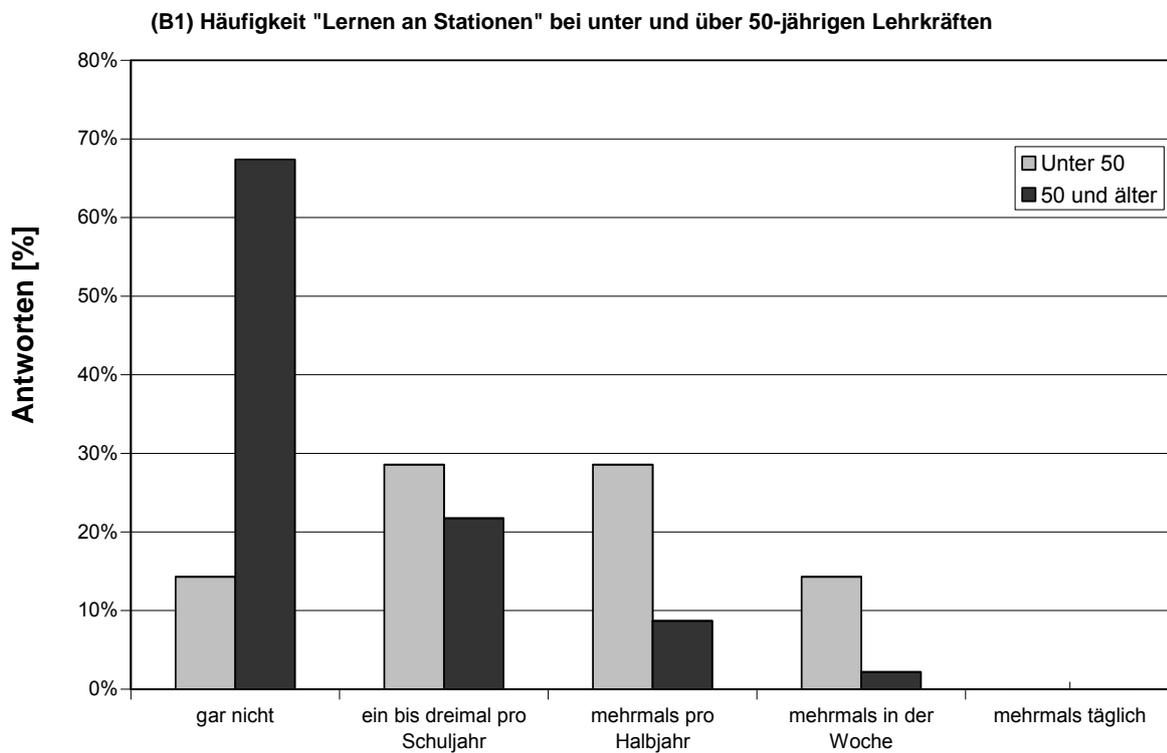


Abbildung 11 Nutzerbefragung Häufigkeit Lernen an Stationen (Lehrer)

Bei der Frage nach der Bedeutsamkeit der Methoden für die Praxis lässt sich, ähnlich wie bei den Sozialformen, eine Verschiebung in Abhängigkeit vom Alter der befragten Lehrerinnen

und Lehrer feststellen. Während jeweils ca. 40 % der älteren Kolleginnen und Kollegen Freiarbeit, Rollen- und Planspiele sowie das Lernen an Stationen völlig unwichtig oder eher unwichtig finden, kommt dieses Urteil bei den unter 50-Jährigen gar nicht vor.

66 % der Lehrerinnen und Lehrer geben an für raumintensive Arbeitsformen auf außerhalb der Klassen- oder Fachräume liegende Flächen auszuweichen. Am häufigsten werden die Flure als Alternative genannt (13 x). Falls vorhanden oder in räumlicher Nähe werden Gruppenräume oder einige Fachräume, wie Kunst- oder Werkräume genutzt. Mehrfach erwähnt werden auch die Glasgänge im 1. und 2. OG sowie das Forum bzw. Foyer. Beobachtungen und Aussagen von Lehrern und Schülern deuten darauf hin, dass sich die Nutzung aber zu meist auf nicht-raumintensive Einzelarbeiten, z.B. dem Nachschreiben von Klassenarbeiten, beschränkt.

Uneinheitlich wird die Ausstattung und Möblierung der Unterrichtsräume bewertet. Den Hörsaal beurteilen z.B. fast genauso viele Lehrkräfte mit eher gut als auch mit eher schlecht. Es ist zu vermuten, dass die Einschätzung hierbei in engem Zusammenhang mit den bevorzugten Sozialformen und Methoden steht. Besonders negativ werden die Fachräume für Kunst, Biologie, Chemie und Physik bewertet. Zwar wird die Größe der Räume als ausreichend eingestuft, aber die Ausstattung und die dunklen Flure vor den Räumen kritisiert. Gefordert wird eine Modernisierung der Fachräume für Naturwissenschaften und Kunst. In den naturwissenschaftlichen Fachräumen sollte, so der Vorschlag einer Fachlehrerin, bei einer Neugestaltung die Inneneinrichtung der Räume so „gedreht“ werden, dass ein seitlicher Lichteinfall erreicht wird (Versetzen der Tafel um 90 Grad).

3.4.2 Die Schule als Lern- und Lebensort für Schülerinnen und Schüler

Obwohl die Schülerbücherei den Schülern jede Woche nur in zwei großen Pausen für die außerunterrichtliche Nutzung zur Verfügung steht, bewerten die Lehrerinnen und Lehrer sie – ebenso wie die Bewegungsangebote auf dem Außengelände – in Bezug auf Anzahl und Qualität am besten. Dagegen werden die Orte zum Ausruhen und Zurückziehen am schlechtesten beurteilt. Obwohl „die Kicker wie auch die Tischtennisplatten stark frequentiert“ [ISL] werden, schneiden auch die Bewegungsangebote im Inneren der Schule insgesamt eher schlecht ab, ebenso wie Orte zum Treffen und Spielen mit Freunden sowie Orte zum Erledigen der Hausaufgaben oder zum Lernen.

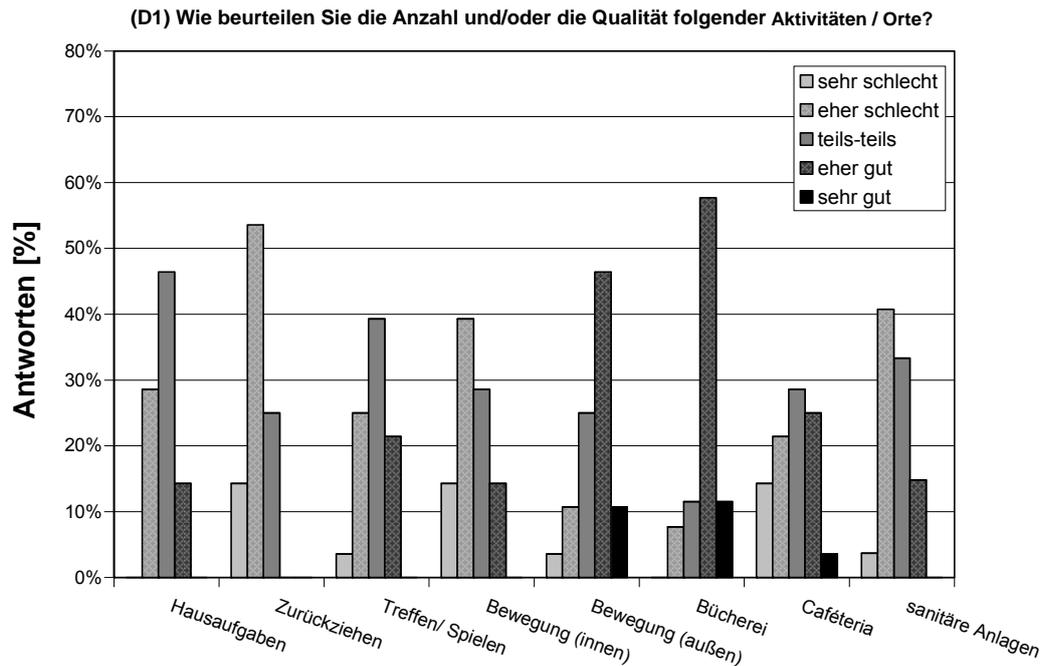


Abbildung 12 Nutzerbefragung Beurteilung Freizeitbereich (Lehrer)

Die Partizipation der Schüler bei der Gestaltung der Pausenhalle (Projekte der Kunst-AG) sollte aus Sicht der Schulleitung „auch so beibehalten werden, [...] dass die Schüler Möglichkeiten haben auch ihre Wände zu gestalten“. Sie sehen darin einen wichtigen Beitrag zur Vermeidung von Vandalismus, denn „diese Kugeln¹, die sind auch von Schülern gestaltet und bis auf eine einzige Kugel sind alle nicht beschmiert“ [ISL]. Auch in dem Expertengespräch mit den Realschullehrern wird die Ansicht vertreten „das sollen die Schüler entscheiden, wie sie das haben möchten“ [ILRS].

Die Aspekte, die hinsichtlich der Lern- und Freizeitbereiche der Schülerinnen und Schüler aus Sicht der Lehrkräfte bei der Sanierung besonders berücksichtigt werden sollten, sind vor allem ergänzende Aussagen zu den Angaben unter D1 (Abbildung 12). Die Lehrerinnen und Lehrer wünschen sich Ruhezeiten, Rückzugsmöglichkeiten, Lernecken, Gruppenarbeitsplätze, Sitzecken, „gemütliche Klöneckchen“ für die Jugendlichen und einen Raum für die Treffen der Schülervereine und der Mediatoren, der „halt nicht ein Klassenraum ist, sondern irgendwie anders gestaltet“ [ISL]. Es werden Vorschläge zur Ergänzung der Bewegungsangebote in den Pausen gemacht, wie Plätze zum Toben, Kleinfeldfußball und Beach-Volleyball. Kritisiert wird, dass die meisten Bewegungsangebote eher für Jungen zugeschnitten sind und von den Mädchen weniger angenommen werden. Auf der anderen Seite hätten, so die Schulleitung, „wenn es um das Pausenangebot geht, [...] die Mädchen ganz andere Interessen [...] die Mädchen haben tatsächlich irgendwelche Eckchen, wo sie auf dem Boden sitzen und ihren eigenen, ruhigeren Tätigkeiten nachgehen“ [ISL].

¹ Gemeint sind die sechs Oktogone in der Pausenhalle.

3.4.3 Die Schule als Arbeitsplatz für Lehrerinnen und Lehrer

Der überwiegende Teil des Kollegiums erledigt die Vor- und Nachbereitung des Unterrichts zu Hause. Begründet wird dies vor allem damit, dass in der Schule kein eigener Arbeitsplatz mit entsprechender Ausstattung (Möglichkeit zur Materiallagerung, PC) vorhanden sei, man keine Ruhe für konzentriertes Arbeiten habe und die Räume ungemütlich seien. Das Lehrerzimmer sei zu laut und andere geeignete Räume gebe es kaum. Wie viele Lehrerinnen und Lehrer einen Arbeitsplatz in der Schule nutzen würden, wenn er den gewünschten Kriterien entspräche, lässt sich aus den Ergebnissen nicht sicher ableiten. Nur eine Lehrkraft äußert explizit, dass sie in der Schule arbeiten würde, wenn ihr dort ein eigenes Arbeitszimmer zur Verfügung stünde. Einige weitere wünschen sich die Schaffung von Einzelarbeitsplätzen mit PC und Internetanschluss. Eine „Großraumbüro-Atmosphäre“ (offen, unruhig, laut) wird mehrheitlich abgelehnt.

Für den Austausch mit Kolleginnen und Kollegen werden am häufigsten die beiden Lehrerzimmer im 1. und 2. Obergeschoss aufgesucht. Außerdem werden die Flure, die Glasgänge und das Forum genannt, selten die Klassenräume. Für gemeinsame Gespräche mit Eltern und/oder Schülern gibt es keinen speziellen Raum. Die meisten ziehen sich in die Klassenräume zurück, einige nutzen die Glasgänge vor den Lehrerzimmern. Auf die Frage nach Orten für Ruhephasen, wird mehrfach angegeben, dass am Vormittag sowohl die Zeit als auch die Räume dafür fehlen. Elfmal werden als mögliche Rückzugsorte wiederum die beiden Lehrerzimmer und dreimal die Klassenräume genannt. Drei Lehrkräfte äußern in der Befragung explizit den Wunsch nach der Schaffung von Rückzugsmöglichkeiten für Lehrer.

Das Vorhandensein der angesprochenen Räume wird von den meisten Lehrkräften für wichtig erachtet. Besonders deutlich wird der Wunsch nach einem geeigneten Raum für Schüler-Eltern-Lehrergespräche artikuliert. Nicht alle Lehrkräfte wünschen sich jedoch einen Arbeitsplatz in der Schule oder einen Raum zum Ausruhen und Zurückziehen (Abbildung 13).

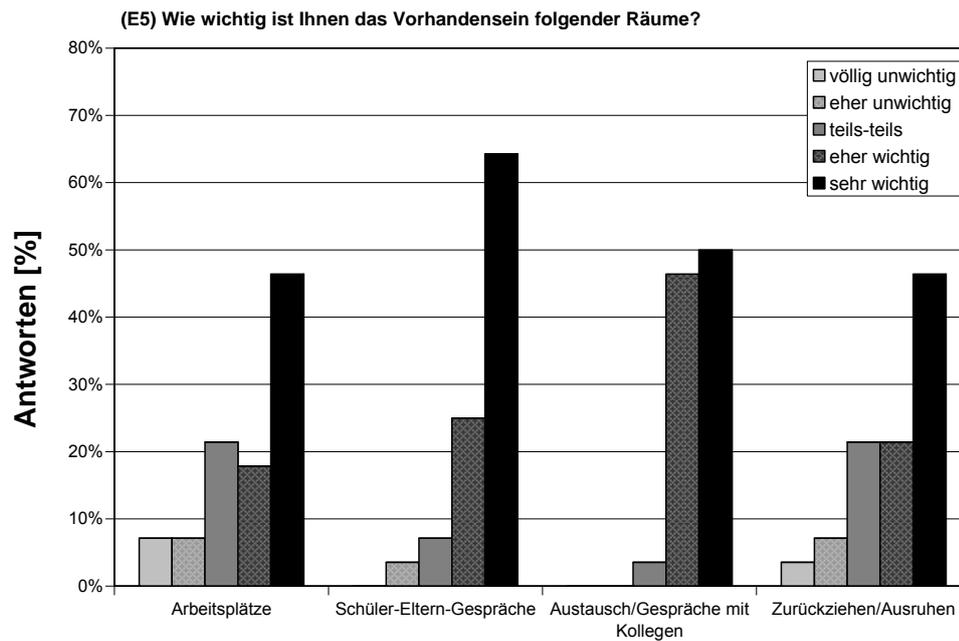


Abbildung 13 Nutzerbefragung Wichtigkeit Räume (Lehrer)

Mit der Zusammenlegung von Haupt- und Realschule zum Schuljahr 2010/11 ist die Einrichtung eines gemeinsamen Lehrerzimmers angedacht, wird aber innerhalb des Kollegiums vor allem hinsichtlich der Lage innerhalb des Schulgebäudes kontrovers diskutiert. Alle an den Expertengesprächen beteiligten Lehrkräfte lehnen das bereits vorhandene gemeinsame Lehrerzimmer im Verwaltungstrakt aufgrund der räumlichen Entfernung von den Klassentrakten als zentrales Lehrerzimmer ab. Favorisiert wird eine Lehrerstation in räumlicher Nähe zu den Klassenzimmern. Jedes der beiden derzeit genutzten Lehrerzimmer dürfte für den gleichzeitigen Aufenthalt der insgesamt 35 bis 40 Kolleginnen und Kollegen beider Schulformen deutlich zu klein sein.

3.5 Schüler – Befragung, Expertengespräche, teilnehmende Beobachtung

3.5.1 Gestaltung und Größe der Klassenräume

Als eng empfunden werden die untersuchten Klassenzimmer von den Schülern am ehesten, wenn viele gleichzeitig ihre Plätze verlassen, z.B. beim Gehen in die Pause oder während der kleinen Pausen. Ebenfalls eher eng beurteilen sie den Klassenraum während Gruppenarbeitsphasen. Während Einzel- oder Partnerarbeitsphasen erscheint er den meisten hingegen geräumig. Da Raumgrößen und Klassenstärken z.T. erheblich voneinander abweichen, differieren auch die Ergebnisse der neun untersuchten Klassengemeinschaften und liefern damit keine eindeutigen Befunde.

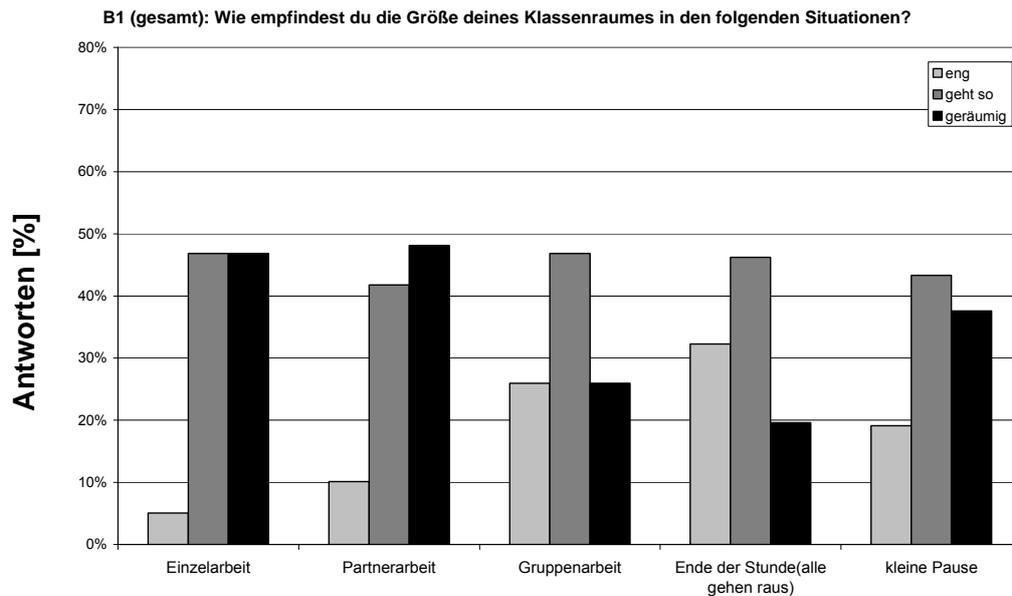


Abbildung 14 Nutzerbefragung Größe der Klassenräume (Schüler)

3.5.2 Angebote in den Pausen und Freistunden

Das Angebot in den Pausen und Freistunden wird von jüngeren und älteren Schülerinnen und Schülern unterschiedlich angenommen. Besonders deutlich gilt dies für das Sportangebot, zu dem neben Fußball auch Basketball und Tischtennis zählt. Hier geben 85 % der Mädchen und 46 % der Jungen an nie oder selten „Sport zu machen“. Außerdem betätigen sich die jüngeren Schülerinnen und Schüler häufiger sportlich in den Pausen als die Älteren. Im Expertengespräch erklärten die befragten Schülervertreter, dass die geringere Nutzung des Sportangebotes von den Älteren bzw. von den Mädchen weniger dem mangelnden Angebot als vielmehr einer Verschiebung ihrer Interessen geschuldet sei. Wenngleich es auch ältere Schüler gibt, die während der Pausen noch Basketball oder Fußball spielen, rückt für die meisten der ungestörte Austausch mit den Peers (Gleichaltrigen) mit zunehmendem Alter in den Vordergrund.

Mit diesem Befund und den Aussagen der Schulleitung korrelierend wird das „sich ausruhen und zurückziehen“ von den Mädchen etwas häufiger praktiziert als von den Jungen und ebenfalls häufiger von älteren Schülerinnen und Schülern als von jüngeren. Während 60 % der unter 13-Jährigen angeben sich nie oder nur selten zurückzuziehen, antworten dies bei den über 15-Jährigen nur 33 %. Ebenso viele Jugendliche über 15 ziehen sich hingegen fast immer oder oft in den Pausen zurück. Fast alle Schülerinnen und Schüler nutzen die Pausen und Freistunden, um sich mit Freunden zu treffen. Auch hier ist mit zunehmendem Alter eine Steigerung der Häufigkeit abzulesen.

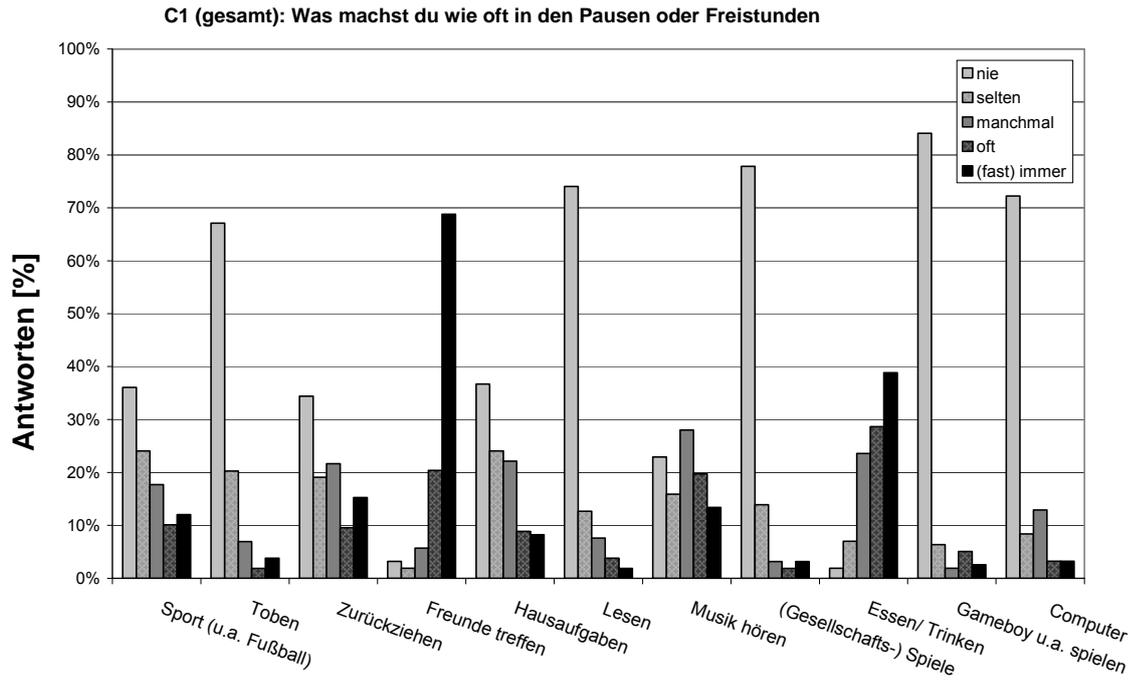


Abbildung 15 Nutzerbefragung Häufigkeit Pausenaktivitäten (Schüler)

Interessanterweise schätzen die Jugendlichen, die am seltensten das Sportangebot nutzen, die Möglichkeiten für sportliche Betätigung in ihrer Schule am besten ein: Aus der Gruppe der über 15-Jährigen meinen 78 %, man könne an ihrer Schule „gut“ Sport machen, aus der Gruppe der unter 13-Jährigen kommen nur 52 % zu diesem Urteil. Die meisten Schülerinnen und Schüler sind – im Gegensatz zu ihren Lehrern – der Meinung, dass man an ihrer Schule gut Freunde treffen, Musik hören oder Essen und Trinken könne. Am schlechtesten bewerten sie die vorhandenen Möglichkeiten zum Lesen und zum Zurückziehen. Häufig gewünscht werden in diesem Zusammenhang mehr Rückzugsmöglichkeiten im Gebäude und Sitzmöglichkeiten im Forum.

Die Farbgebung im Forum bezeichnen einige Schüler in der Befragung als „nicht gut“ oder „unglücklich“ und die Gestaltung insgesamt als „bedrückend“, zu dunkel und zu grau. Damit artikulieren die Schüler indirekt Anforderungen an die ästhetische Gestaltung von Schulraum, wie sie auch aus den Schulbau-Forschungen von Christian Rittelmeyer hervorgehen [Rit07]. Ein Mädchen aus dem 7. Jahrgang schreibt: „es sollen Wohlfühlfarben an die Wände und keine Krankenhaus- oder Gefängnisfarben“. Negativ wird auch angemerkt, dass vieles kaputt, beschmiert oder dreckig sei.

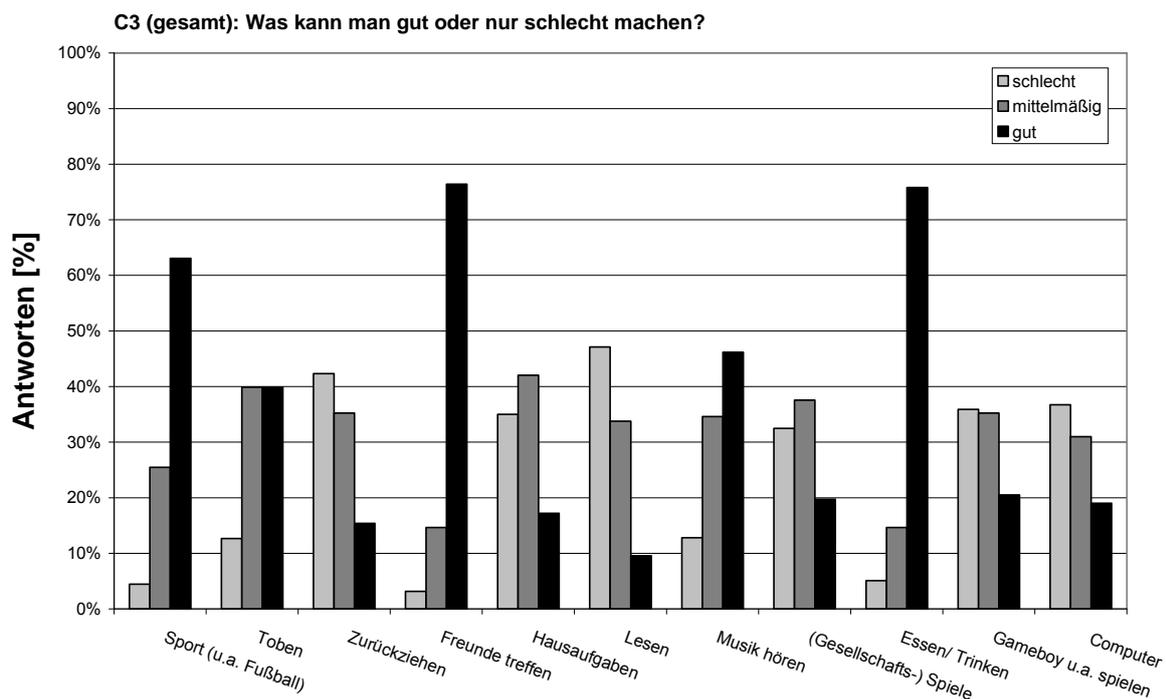


Abbildung 16 Nutzerbefragung Qualität der Orte für Pausenaktivitäten (Schüler)

Ähnlich wie die Lehrkräfte sehen auch die Schülervertreter in der Partizipation bei der Gestaltung der Forumswände eine Möglichkeit den Vandalismus durch die Schüler einzudämmen, kommen aber zu der realistischen Einschätzung, es werde „immer wieder welche geben, die daran rumkritzeln“ [ISVHS]. Ein Hauptschüler bringt die Idee ein, den Schülern eine „eigene“ Wand zu geben, „wo du draufschmierst so viel du willst“ [ISVHS]. Über den Nutzen solcher Maßnahmen in Bezug auf ihre Nachhaltigkeit ist bisher wenig bekannt. In der Literatur tauchen aber Berichte von Schulen auf, in der man eigens zum Bemalen installierte Platten „genauso sauber wieder abgeschraubt, wie man es teuer hingeschraubt hat“ [Fuc10].

3.5.3 Toiletten und Waschräume

Die überwiegende Zahl der Mädchen und Jungen an der Schule ist der Meinung, dass Toiletten und Waschräume in ausreichender Anzahl vorhanden sind. Dass sie einwandfrei funktionieren, können nur 34 % der Mädchen und 48 % der Jungen bestätigen. Jeweils zwischen 80 und 90 % der Schülerinnen und Schüler finden Sauberkeit und Beleuchtung nicht hinreichend und den Geruch unangenehm.

3.6 Fotoevaluation

Die Fotoevaluation wurde mit drei Klassen (fünfter, achter und neunter Jahrgang) durchgeführt. Das gewonnene Material lässt Rückschlüsse auf jene Orte von Schule zu, die von den

Jugendlichen mit besonderer Aufmerksamkeit bedacht werden. Zunächst lässt sich feststellen, dass die Fotografien der Langelsheimer Schüler kaum klassische Lernorte zeigen. Nachfragen bei den Jugendlichen haben ergeben, dass diese Konzentration auf entweder sehr persönliche und insofern eigene Orte oder auf den Freizeitbereich von Schule vor allem damit zusammenhängt, dass ihnen in diesen Bereichen die Möglichkeit zu autonomen Handeln zugestanden wird und sie dadurch auch den Raum innerhalb eines gewissen Rahmens selbst gestalten und verändern können. Da die Klassen- und Fachräume hingegen funktional vordefiniert und zumeist von den Lehrkräften intentional strukturiert und gestaltet sind, empfinden die Schüler den Einfluss auf ihr eigenes Handeln in diesen Räumen und auf deren Gestaltung von vornherein als gering. Da innerhalb des Kollegiums Konsens darüber besteht, dass sich die Schüler in den Pausen oder Freistunden weder in den Fach- noch in den Klassentrakten aufhalten dürfen, befinden sich die Orte, welche von den Schülern zur Erholung aufgesucht werden können, von Ausnahmen abgesehen, im Forum und auf dem Außengelände der Schule. Nur vereinzelt wurden in die Wahl der Sujets andere Orte, wie der eigene Klassenraum, einbezogen.

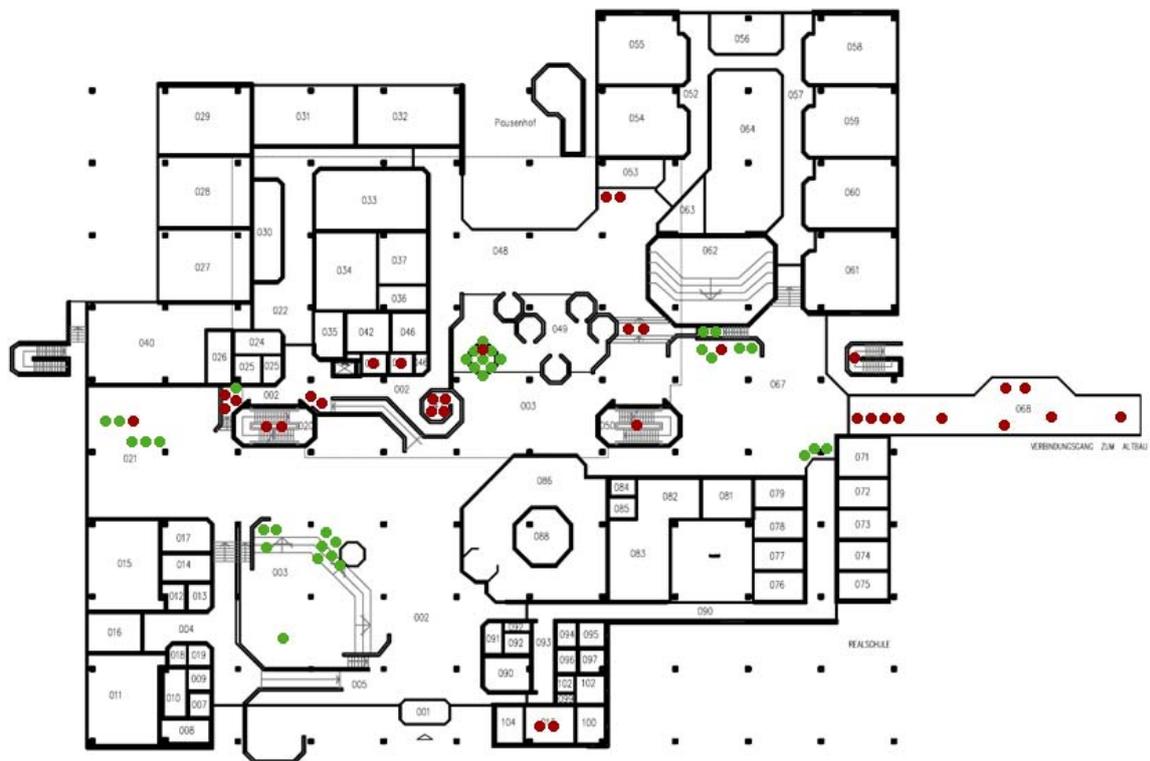


Abbildung 17 Verteilung „positiver“ (grün) und „negativer“ (rot) Orte im EG

Aus den genannten Gründen nimmt innerhalb des Schulgebäudes das Forum einen sehr hohen Stellenwert bei den Schülerinnen und Schülern ein. Die Hauptaufenthaltsorte darin variieren jedoch in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht. Während sich die Orte der Fünftklässler auf die Bereiche nahe den Tischtennisplatten und den Kickern (Bewegung,

Aktivität) konzentrieren, halten sich die älteren Schüler am liebsten bei der Cafeteria oder in einer der „Kugeln“ auf (Rückzug, Kommunikation). Die Mädchen ziehen sich häufiger als die Jungen in Nischen oder Randbereiche zurück. Negativ bemerkt werden von den Jüngeren vorrangig Orte, an denen (von älteren Schülern verursachter) Vandalismus oder Müll auftritt. Die ‚Negativ‘-Fotografien der Älteren zeigen hingegen eher Orte, die von ihnen als ungemütlich (zu wenig Sitzgelegenheiten) oder unbehaglich (Geruch, Farben) bewertet werden.



Abbildung 18 Beliebte Orte im Forum: Treppen, Kickertische, Sitzecken

Zusammenfassend lassen sich folgende Kriterien nennen, die hinsichtlich der Raumgestaltung für die Schülerinnen und Schüler besonders wichtig sind:

Unbehagen lösen Orte aus, die

- kalt, dunkel und beengend wirken,
- heruntergekommen aussehen und deutliche Spuren von Vandalismus oder Müll aufweisen.

Als angenehm empfunden werden Aufenthaltsbereiche, die

- zwar räumlich abgegrenzt, aber nicht völlig sichtgeschützt sind (Sichtschutz vs. Sicherheit),
- gleichzeitig eine gute Übersicht über den Raum ermöglichen und
- über ausreichend Sitzgelegenheiten verfügen.

Räumliche Parameter beeinflussen also nachweislich die Haltung zu den Räumlichkeiten. Es ist aber zu berücksichtigen, dass auch soziale Gründe sowie alters- und geschlechtsspezifische Ausprägungen bei der Ausbildung von Vorlieben oder Abneigungen für bestimmte Orte eine wichtige Rolle spielen können.

4. Bestandsanalyse Gebäude / Architektur

Im Rahmen einer Bestandsanalyse werden die Gebäudehülle, die Anlagentechnik und der Energieverbrauch der Haupt- und Realschule aufgenommen sowie funktionale Merkmale des Innenraumes mit Relevanz auf die energetische Sanierung erfasst. Die Bestandsanalyse dient als Grundlage zur Entwicklung eines ganzheitlichen Sanierungskonzeptes.

4.1 Gebäudehülle

Im Folgenden werden in kurzer Form die Qualitäten und die Schwachpunkte der unsanierten Gebäudehülle des Hauptgebäudes der Haupt- und Realschule (Baujahr 1976) erläutert. Anzumerken ist, dass sich die Bauunterhaltungskosten für diesen Gebäudeteil nach Angaben des Landkreises auf über 50.000 € im Jahr belaufen.

Stellt man zur ersten Übersicht die Wärmedurchgangskoeffizienten der einzelnen Außenbauteile im Bestand denen der EnEV 2009 nach Bauteilverfahren gegenüber, haben sich die U-Werte um etwa 60 % reduziert. Die Wärmedurchgangskoeffizienten des Bestandes sind soweit in Zeichnungen vorhanden über die Bauteilaufbauten errechnet worden.

Schule Langelsheim Gebäudehülle U-Wert		Bestand	EnEV 2009 Bauteilverfahren
Flachdach	W/(m ² K)	0,49	0,2
Außenwand	W/(m ² K)	0,68	0,24
Kellerdecke gegen Erdreich	W/(m ² K)	0,77	0,30
Kellerdecke gegen unbeheizt	W/(m ² K)	0,77	0,30
Fenster	W/(m ² K)	3	1,3

Tabelle 3 Vergleich der U-Werte des Bestands mit EnEV 2009

Dach

Sämtliche Dächer der Haupt- und Realschule sind als Flachdach (Warmdach mit Kiesschüttung) ausgeführt. Die Dachkonstruktion ist in der Regel seit 1976 unverändert und weist eine Dämmstärke von etwa 8 cm auf (vgl. Abbildung 20). Undichtigkeiten des Dachs treten nach Angaben des Hausmeisters gehäuft im eingeschossigen Erdgeschossbereich insbesondere an den Dachkuppeln auf. Im Rahmen der bisherigen Bauunterhaltung beschränkt sich das Abdichten auf kleine Flächen. Allgemein wird für Flachdachabdichtungen nach dem „Leitfaden Nachhaltiges Bauen“ [BBR01] eine mittlere Lebenserwartung von 20 Jahren angenommen.



Abbildung 19 Dach EG Forum



Abbildung 20 Flachdachaufbau über Forum

Fassaden

Die Fassaden gliedern sich in die Mauerwände der eingeschossigen Erdgeschossbereiche (s. Abbildung 21) und in die Bandfassaden mit horizontaler Blechverkleidung der Obergeschosse (s. Abbildung 22).



Abbildung 21 Westansicht



Abbildung 22 Nordansicht

Die Blechverkleidung der Bandfassaden hat einen Abstand zur Vorsatzschale des Sandwichelements von etwa 20 cm und ist vollständig hinterlüftet (s. Abbildung 23).

Für die Sanierung ist besonders zu berücksichtigen, dass laut einer durch den Landkreis beauftragten Schadstoffuntersuchung [Ris04] die Vorsatzschalen festgebundenen Asbest enthalten.



Abbildung 23 Bandfassade Blechverkleidung Abbildung 24 Klassenraum Süd 2.OG

Die Fensterfassaden sind dreigeteilt, entweder mit drei Fensterteilungen oder mit zwei Fensterteilungen und einem Paneelteil als Brüstung. Sämtliche Fenster des Gebäudes stammen aus der Bauzeit 1976 und haben einen Aluminiumrahmen mit Isolierverglasung. Ein außenliegender Sonnenschutz ist im Sturzbereich zwischen Sandwichelement und Blechverkleidung integriert (s. Abbildung 24), wobei die Bedienung elektromotorisch erfolgt.

Geöffnet werden sie über einen Schiebemechanismus, bei dem das mittlere Fensterteil in seitlichen Führungsschienen vertikal nach oben geschoben wird und sich das oberste Fensterteil über Kettenzug gleichzeitig nach unten schiebt. Dadurch öffnet sich über und unter den übereinander stehenden Fensterteilen jeweils eine halbe Fensterhöhe (s. Abbildung 25 und Abbildung 26). Dieser Mechanismus ist aufwändig, bedienerunfreundlich und reparaturanfällig. Das regelmäßige Nachbessern der Fenster durch einen Tischler verursacht nach Angaben des Landkreises hohe Betriebskosten. Bei Außenfensterrahmen mit Mehrscheiben-Isolierglas wird eine mittlere Lebenserwartung von 25 Jahren angenommen [BBR01], die somit um 10 Jahre überschritten ist.



Abbildung 25 Ostraum 2.OG Schiebefenster

Abbildung 26 Schiebefenster geöffnet

Das zweischalige Mauerwerk der Erdgeschossbereiche ist mit Klinkerstein verblendet. Die Fenster und ihre Qualitäten entsprechen denen der Obergeschosse. Raumhoch sind die Glasfassaden in den Forumsbereichen, in den Unterrichts- bzw. Verwaltungsräumen beträgt die Brüstungshöhe 90 cm.

Boden

Das unterseitige Dämmen der Kellerdecke ist in den nördlichen Kriech- und Kellerbereichen bei rund 48 % der gesamten Erdgeschossfläche möglich. Für die restliche nicht unterkellerte Sohlplatte mit einer Fläche von 2.600 m² ist eine energetische Sanierung nicht wirtschaftlich.

Thermografische Untersuchung

Anhand von Thermographieaufnahmen wird die bauphysikalische Qualität der Gebäudehülle genauer untersucht. Die thermografische Untersuchung ist am 18.03.09 von 6:00 bis 7:30 Uhr bei Außentemperaturen von 3,9°C durchgeführt worden.

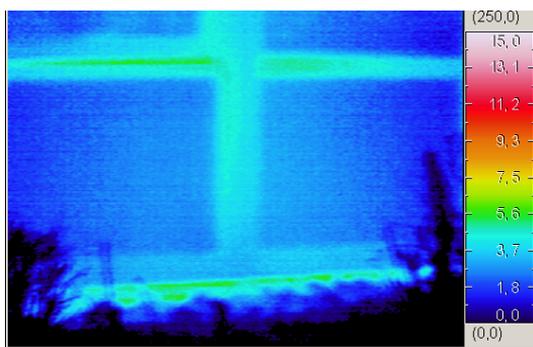


Abbildung 27 Westfassade

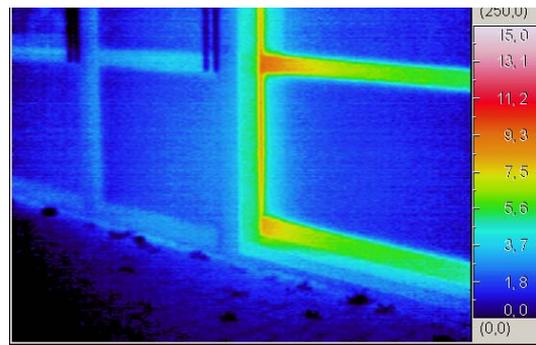


Abbildung 28 Westfassade Werkraum

Große Teile des Betontragwerks mit den Stützen und den Anschlüssen der Bodenplatte sind ungedämmt. Deutliche Wärmeverluste ergeben sich in den Brüstungsbereichen. Zum einen durch die Wärmebrücken an den Anschlüssen der Pfosten, Riegel und der Bodenplatte (s. Abbildung 27) und zum anderen durch starke Undichtigkeiten z.B. an den Schiebetüren der Werkräume im EG (s. Abbildung 28).

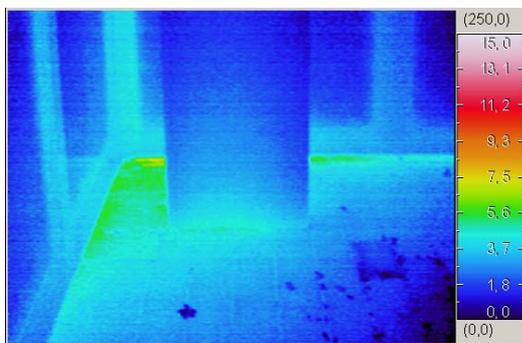


Abbildung 29 Nordfassade Eingang

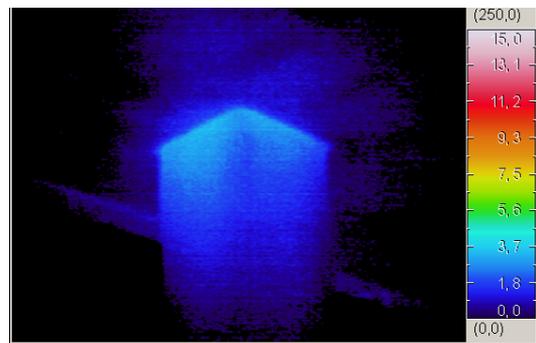


Abbildung 30 Nordfassade Eingang

Zusätzlich zum problematischen Eckbereich am Anschluss der Bodenplatte in Abbildung 29 ist der verstärkte Wärmefluss an einer ungedämmten Betonstütze (s. Abbildung 30) zu erkennen.

4.2 Innenraum

Gebäudestruktur

Die tiefe Raumstruktur des Erdgeschosses erfordert eine mechanische Belüftung, das geringe Tageslichtangebot einen hohen Kunstlicheinsatz. Positiv wird dagegen die hohe Kompaktheit der beiden Obergeschosse bewertet.



Abbildung 31 Pausenhalle EG



Abbildung 32 Sitzecken EG



Abbildung 33 Verkehrsfläche EG

Decken

Alle Bereiche des EG und der Obergeschosse sind mit Ausnahme der Treppenhaukerne mit Akustikdecken ausgestattet. Die Decken werden im Rahmen der akustischen Untersuchung näher erläutert.

4.3 Gebäudetechnik

Der Standort der Heizzentrale des Schulzentrums Langelsheim liegt wie in Abbildung 35 ersichtlich im Altbau zwischen der Aula und Trakt 1 der Grundschule. Von dort werden das Hauptgebäude der Haupt- und Realschule sowie die Sporthalle über eine Nahwärmeleitung versorgt, die durch einen Kriechgang bzw. über Kellerflure verläuft. Im Keller der Haupt- und Realschule befinden sich eine weitere Technikzentrale mit der Heizverteilung und der Lüftungsanlage.

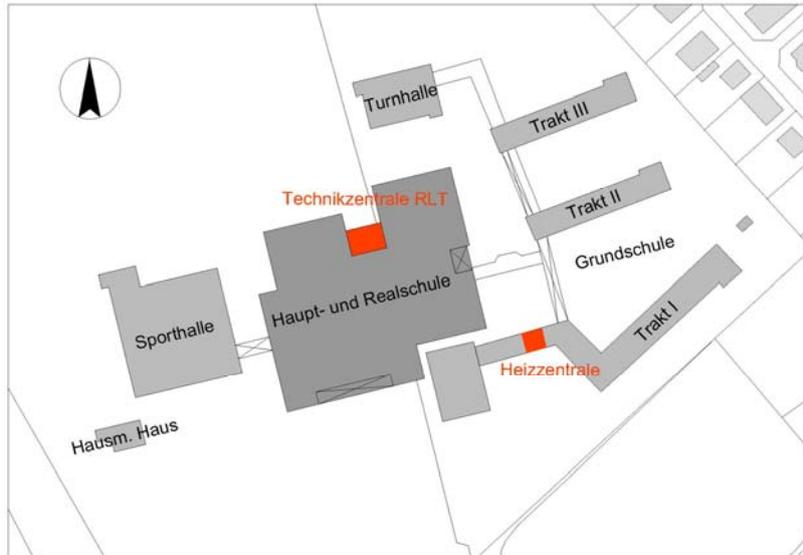


Abbildung 34 Lageplan mit Heizzentrale

Heizung

Die Wärmeerzeugung des Schulzentrums Langelsheim erfolgt über zwei Öl/ Gasheizkessel aus dem Baujahr 1976, womit die Lebenserwartung von 20 Jahren [BBR01] bereits um 15 Jahre überschritten ist. In der Regel werden die Kessel mit Gas betrieben. Zu Spitzenlastzeiten wird gemäß eines Gasliefervertrages durch das EVU auf Heizölbetrieb umgeschaltet. Jeder Kessel stellt eine Wärmeleistung von 1.900 kW im Gasbetrieb und 1.500 kW im Heizölbetrieb bereit. Das Heizöllager befindet sich neben der Heizzentrale unter dem Pausenhof und hat ein Tankvolumen von ca. 60 m³.



Abbildung 35 Heizkessel



Abbildung 36 Heizkreispumpe

Die Verteilleitungen im Keller- und Kriechkellerbereich sind wie in Abbildung 37 und Abbildung 38 ersichtlich gedämmt, stehen aber bei einer mittleren Lebenserwartung von 40 Jah-

ren [BBR01] vor einer Erneuerung. Die Regelungstechnik der Anlagen ist bei einer mittleren Lebenserwartung von 15 Jahren [BBR01] nur in Teilen erneuert worden (s. Abbildung 39).



Abbildung 37 Verteilung Heizzentrale



Abbildung 38 Verteilung UG Hauptgebäude

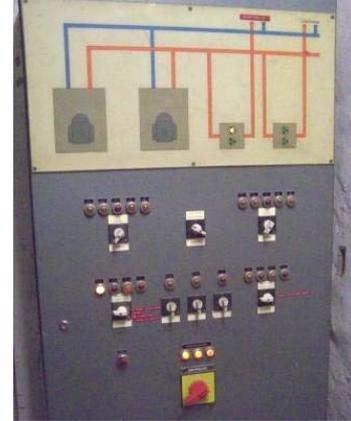


Abbildung 39 Schaltschrank Heizzentrale

Die Konditionierung der Klassenräume und der Flure erfolgt über statische Heizflächen, in jedem Klassenräumen stehen in der Regel zwei Rippenheizkörper mit den Abmessungen von 1,80 x 0,60 x 0,16 cm bereit.

Alle Heizkörper in den Klassenräumen verfügen über Thermostatventile, die größtenteils veraltet sind. In den Klassenräumen ist eine manuelle Regelung durch die Nutzer möglich, in den Fluren nicht (s. Abbildung 42).



Abbildung 40 Heizkörper Klassenraum



Abbildung 41 Thermostatventil Klassenraum



Abbildung 42 Thermostatventil Flur OG

Lüftung

54 % der Gebäudeflächen werden in Abhängigkeit der Lage und Nutzung natürlich be- und entlüftet. Dazu gehören beispielsweise alle Unterrichtsräume im 2. und 3. OG. Räume mit großen Raumtiefen, wie das Forum oder Räume mit besonderen Anforderungen (naturwissenschaftliche Fachräume, Werkräume oder WC-Räume) werden mechanisch belüftet.

Abbildung 43 gibt einen graphischen Überblick über die mechanisch belüfteten Zonen. Hierbei wird in Abhängigkeit der Lage zwischen einer kompletten mechanischen Lüftung und einer Kombination aus mechanischer Lüftung und Fensterlüftung unterschieden. Unterschiede in der Regelung oder Auslegung dieser beiden Bereiche gibt es nicht. Eine Bedarfsregelung in Abhängigkeit der Fensterlüftung z.B. über Fensterkontakte ist nicht vorhanden.

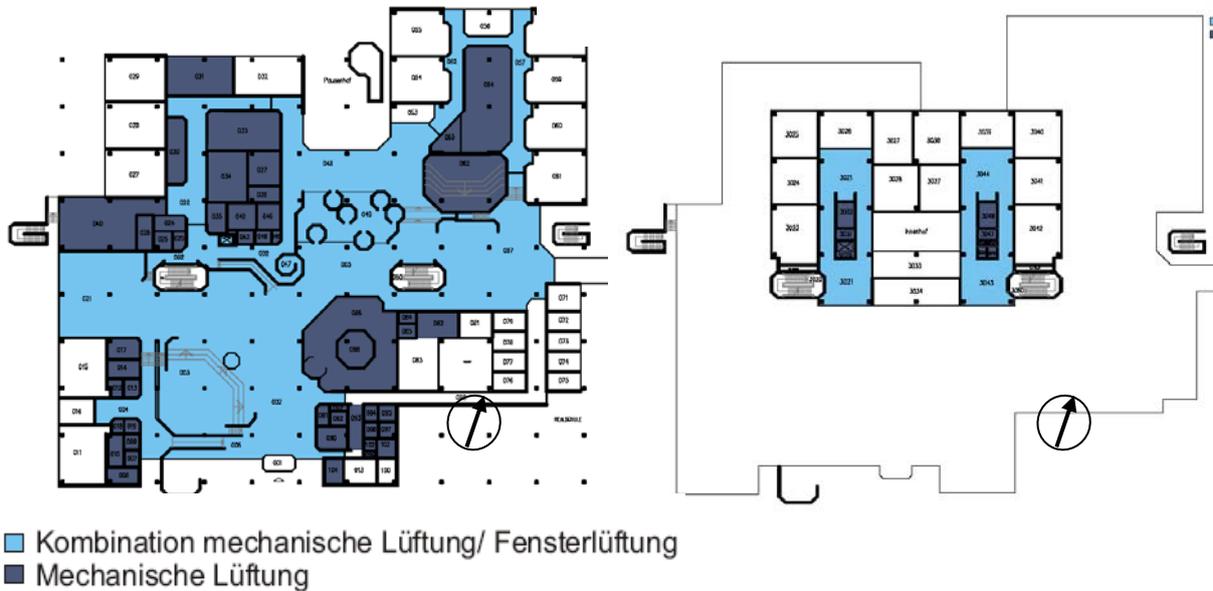


Abbildung 43 Grundriss EG und 1.OG (wie 2.OG)

Alle vier zentralen Lüftungsanlagen im Hauptgebäude haben eine Wärmerückgewinnung über einen Rotationswärmetauscher. Bei einer Anlage allerdings ist der Wärmtauscher defekt und konnte aufgrund nicht verfügbarer Ersatzteile nicht wieder in Betrieb genommen werden. Die folgenden Bilder beschreiben die großflächige Einbausituation der Lüftungsanlage in der Technikzentrale des Hauptgebäudes.



Abbildung 44 Lüftungsanlagen UG



Abbildung 45 Verteilung Kriechkeller UG

Die Steuerungstechnik der Lüftungsanlagen stammt aus der Bauzeit und ist nur in Teilen durch neue ersetzt worden (s. Abbildung 46 und Abbildung 47).

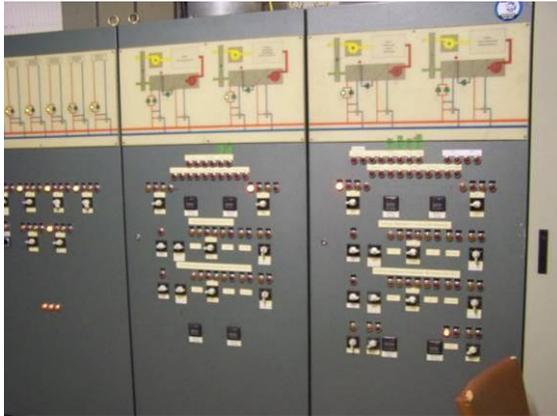


Abbildung 46 Schaltschrank Lüftung

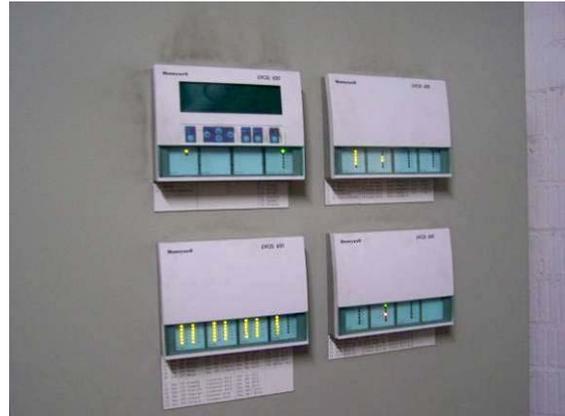


Abbildung 47 Schaltschrank Lüftung neu

4.4 Energieverbrauch

Die Verbrauchsdaten wurden durch den Landkreis Goslar zur Verfügung gestellt und geben Mittelwerte der Jahre 2007 bis 2009 wieder. In Tabelle 4 sind die witterungsbereinigten Verbrauchswerte absolut und spezifisch sowie die mittleren Jahresenergiekosten der drei Jahre dargestellt.

SZ Langelsheim (2007 -2009)		Wärme	Strom
Verbrauch (witterungsbereinigt)	kWh/a	2.537.378	347.368
spez. Verbrauch NGF	kWh/(m ² a)	144	20
mittlere Jahresenergiekosten (brutto)	€/a	139.006	50.901

Tabelle 4 Sanierungsmaßnahmen an Gebäudehülle

Der spezifische Heizwärmeverbrauch beträgt auf Basis der vorliegenden Daten für das gesamte Schulzentrum, also der Grundschule inkl. Schwimmbad und Aula, Hauptschule, Realschule und der großen Sporthalle insgesamt 144 kWh/(m²a NGF), was einem typischen Wert für Bestandsschulen entspricht, wie sie in der VDI 3807 beschrieben werden. Der Stromverbrauch des Schulzentrums liegt dagegen mit 20 kWh/(m²a NGF) um den Faktor 2 über dem Mittelwert nach VDI 3807, was durch die Versorgung der Schule und der Sporthalle durch die Lüftungsanlagen zu erklären ist. Eine gebäudeweise Aufgliederung der einzelnen Verbrauchswerte ist messtechnisch nicht möglich.

Fazit

Da das Gebäude der Haupt- und Realschule seit Erstellung 1976 nahezu unsaniert ist, liegt das größte Potential zur energetischen Sanierung in der Verbesserung der Gebäudehülle.

Der Wärmeschutz aller Außenbauteile im Bestand ist unzureichend, die Außenbauteile überschreiten die Grenzwerte nach Bauteilverfahren der EnEV 2009 um rd. 60 %. Zudem sind die Schiebefenster in weiten Teilen abgängig und die Fassadenverkleidungen asbestbelastet. Mit Ausnahme der erdberührten Sohlplattenbereiche im Erdgeschoss lässt sich die Qualität der Gebäudehülle entscheidend verbessern.

Nach 35 Betriebsjahren sind die Kessel, Brenner und die Regelungstechnik der Wärmeversorgung abgängig und sollten kurzfristig ersetzt werden. Zur präziseren Heizungsregelung werden weiter der Austausch aller veralteten Thermostatventile, die Überprüfung der vorhandenen Heizkörper bei veränderter Heizlast sowie eine hydraulische Einregulierung der Anlage empfohlen.

Die Wärmebereitstellung über Gas bzw. Erdöl wird negativ bewertet, da primärenergetisch bessere und im Betrieb langfristig wirtschaftlichere Systeme verfügbar sind.

Aufgrund des geringen Warmwasserbedarfs der Schule ist eine dezentrale Warmwasserbereitung als durchaus wirtschaftlich und aus energetischen Gründen als vertretbar zu betrachten.

Die Lüftungsgeräte mitsamt der Regelungstechnik sind im Rahmen einer Gesamtsanierung zu ersetzen, da sie aufgrund ihres Alters von über 30 Jahren nicht energieeffizient und komfortgerecht sind. Zu bemängeln ist u.a. ein defekter Rotationswärmetauscher. Eine Weiternutzung des alten Lüftungskanalnetzes ist zu prüfen.

Die Betriebskosten des bestehenden Schulzentrums summieren sich pro Jahr auf Bauunterhaltungskosten von durchschnittlich 100.000 € und auf Energiekosten von 190.000 €.

5 Bestandsanalyse Raumkomfort

Die Bestandsanalyse umfasst Untersuchungen zur Akustik, zum thermischen Raumkomfort, zur Luftqualität und zum Tageslicht in den Klassenräumen.

5.1 Akustische Untersuchungen

Zur Untersuchung der akustischen Verhältnisse im Bestand wurden objektive Messdaten erhoben, um eine Bewertung der jeweiligen vorhandenen akustischen Situation zu ermöglichen, gegebenenfalls Schwachstellen aufzuzeigen und eine Abschätzung des Sanierungsbedarfs bezüglich der akustischen Verhältnisse durchzuführen. Es waren ganzheitlich Zusammenhänge mit anderen bauphysikalischen Bereichen und auch mit pädagogischen Aspekten zu berücksichtigen. Die messtechnischen akustischen Untersuchungen wurden durch Befragungen von Lehrkräften und Schülern zur subjektiv empfundenen Raumakustik ergänzt.

5.1.1 Theoretische Grundlagen

Unzureichende akustische Verhältnisse in Räumen des Bildungswesens wirken sich vielfältig negativ aus. Ein hoher Stellenwert des akustischen Aspekts des Raumkomforts ergibt sich aus folgenden Zusammenhängen:

Notwendigkeit hoher Sprachverständlichkeit in Schulen:

- Schüler verbringen 75 % der Zeit mit Zuhören
- der Spracherwerb ist erst mit dem 12.-15. Lebensjahr abgeschlossen

Folgen unzulänglicher Akustik für Schüler:

- Behinderung des Sprachverständnisses
- Verlust von Sprachinformationen
- Sprach-, Kommunikations- und Entwicklungsstörungen
- Ermüdung
- Beeinträchtigungen der Leistungen
- Verschlechterung des Sozialverhaltens, Aggression

Folgen unzulänglicher Akustik für Lehrkräfte:

- Lärm ist Stressfaktor
- hohe psychische Belastung
- Heiserkeit und Kopfschmerzen

In zahlreichen Studien der jüngerer Zeit hat sich gezeigt, dass durch die akustische Sanierung von Klassenräumen erhebliche Reduzierungen der Lärmpegel möglich sind, die mehr als eine Halbierung des Lautstärke (-10 dB) ausmachen können, da nicht nur eine physikalische Beeinflussung der akustischen Verhältnisse erfolgt, sondern in der Regel zusätzlich eine positive Verhaltensänderung der Schüler bewirkt wird.

Die weitaus wichtigste akustische Kenngröße in Schulgebäuden ist die Nachhallzeit. Es gibt zwar weitere Messgrößen wie Deutlichkeitsmaß oder Sprachübertragungsindex (STI), die zur Beurteilung akustischer Verhältnisse unter speziellen Gesichtspunkten heranziehbar sind, diese sind jedoch teilweise unmittelbar mit den Nachhallzeiten verknüpft, so dass aus ihnen, für die hier beabsichtigte Übersicht zum Sanierungsbedarf, keine zusätzlichen Erkenntnisse gewonnen werden können. Neben den Nachhallzeitmessungen erweisen sich Untersuchungen zum Pegel der Störgeräusche im Gebäude, zu Schalldämm-Maßen der Raumtrennwände und zur subjektiven Einschätzung von Lehrkräften und Schülern als aussagekräftig zur Charakterisierung der akustischen Verhältnisse.

5.1.2 Methodische Umsetzung

Die Umsetzung der akustischen Bestandsanalyse erfolgt durch umfassende messtechnische Bestimmung der relevanten Maßzahlen soweit wie möglich in sämtlichen Räumen des Schulgebäudes:

- Messung der Raumimpulsantworten in allen Räumen und Gebäudebereichen
- Ermittlung der Nachhallzeiten in Terzbereichen und Bestimmung der mittleren Nachhallzeiten sowie orientierend auch die Berechnung von mittleren STI-Werten nach Oberdörster und Tiesler [Obe06]
- Bewertung der mittleren Nachhallzeiten in drei Qualitätskategorien nach DIN 18041
- Untersuchung der Ursachen von Unzulänglichkeiten
- Störschallpegel- und Schalldämmungsmessungen, Bewertung nach DIN 4109
- Nutzerbefragungen zur Akustik (Schüler und Lehrkräfte)
- Ermittlung des Sanierungsbedarfs
- Empfehlungen zum Vorgehen und Optimierungsvorschläge

Die mittlere Nachhallzeit wird jeweils mit dem vom Raumvolumen und der Art der Raumnutzung abhängigen Sollwert verglichen. Es erfolgt die Einordnung in ein dreistufiges Bewertungssystem zur Notwendigkeit akustischer Sanierung. Die Einstufung aller Räume, Flure, Treppenhäuser und sonstiger Bereiche ist farbig gekennzeichnet auf Grundrissplänen dargestellt.

Die anzustrebenden Nachhallzeiten T_{soll} in Sekunden [s] ergeben sich nach DIN 18041:2004-05 wie folgt:

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

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

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

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

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

$T_{\text{soll, Sport 1}}$ und $T_{\text{soll, Sport 2}}$ gelten für Raumvolumina von 2.000 m³ bis 8500 m³

Aus den Messwerten in den für Schulunterricht besonders relevanten Oktavbereichen 250 Hz bis 2.000 Hz wird der Mittelwert T_m gebildet und dreistufig bewertet.

Folgendes Bewertungssystem wird angewendet:

	innerhalb ($T_{soll} \pm 20 \%$)	nicht zu beanstanden
	größer als ($T_{soll} + 20 \%$) aber kleiner als $[(T_{soll} + 20 \%) + 50 \%]$	sanierungsbedürftig
	größer als $[(T_{soll} + 20 \%) + 50 \%]$	vordringlich sanierungsbedürftig

Tabelle 5 Bewertungssystem Nachhallzeit

Die Werte nach DIN 18041 gelten für den Unterrichtsraum im besetzten Zustand, unbesetzt sollen die Messwerte nicht mehr als 0,2 s über T_{sol} liegen. Bei den durchschnittlichen Raumgrößen der Unterrichtsräume in der Realschule Langelsheim beträgt $T_{soll, Mittel} = 0,6$ s.

5.1.3 Bestandsanalyse Akustik

Die folgende Abbildung zeigt, dass die mittleren Nachhallzeiten überwiegend nicht zu beanstanden sind. Dies erklärt sich daraus, dass alle Unterrichtsräume bereits mit Akustikdecken ausgestattet sind, die bezüglich der Nachhallzeiten hinreichende Funktionstüchtigkeit aufweisen.

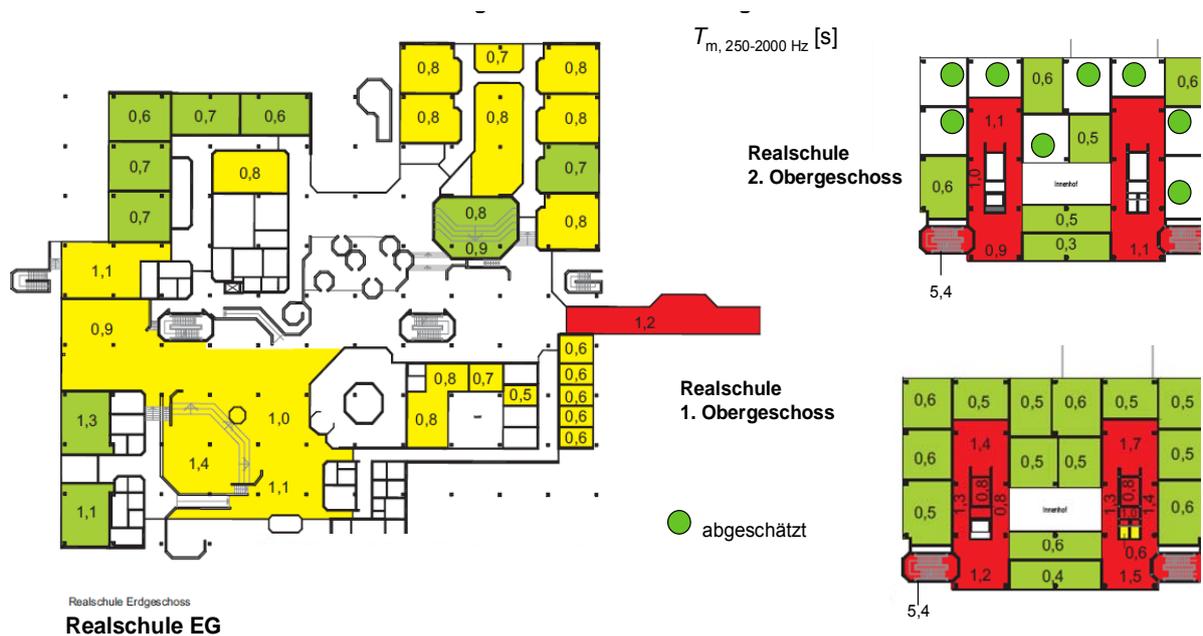
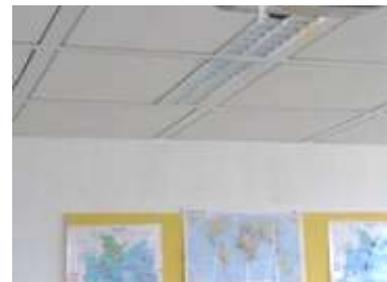
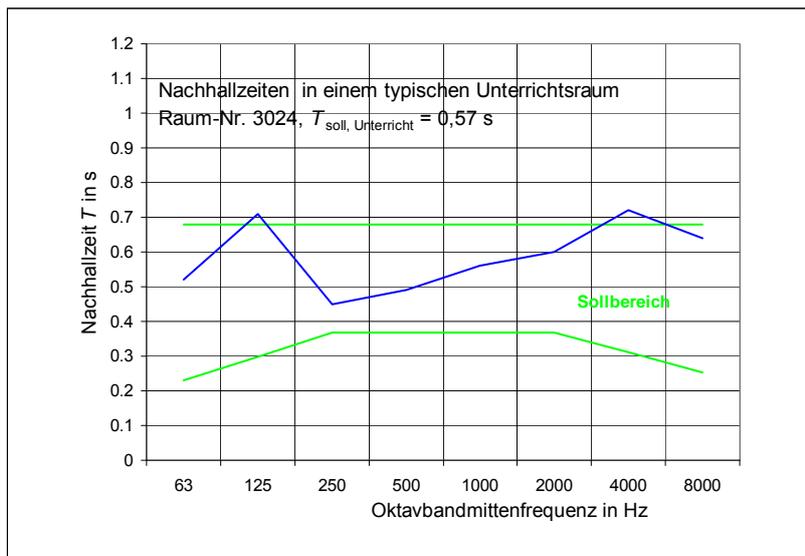


Abbildung 48 Darstellung des Gesamtergebnisses der mittl. Nachhallzeiten

Es ist daher alleine aus Gründen einer Nachhallzeitoptimierung zunächst keine Sanierung der Decken oder eine zusätzliche Ausstattung z.B. mit Wandabsorbentern zu empfehlen. Denn selbst die formal als sanierungsbedürftig (gelb) eingestuft Räume überschreiten die jeweiligen Grenzwerte ausschließlich um weniger als 0,1 s, was hinsichtlich möglicher Messunsicherheiten tolerierbar erscheint. Die nachfolgend beispielhaft dargestellte Messkurve ver-

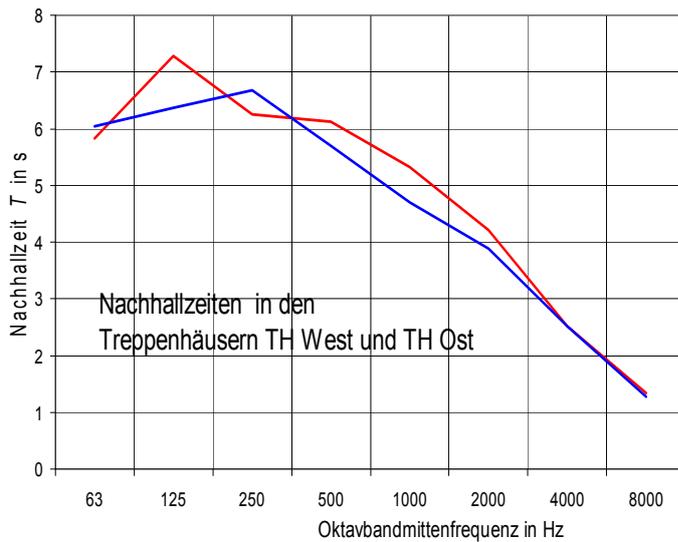
deutlich die Verhältnisse. Die Obergrenze für den unbesetzten Raumzustand wird nahezu erreicht, jedoch eingehalten. Der Kurvenverlauf ist zwar nicht ideal, er sollte etwas „flacher“ sein, also stärker gleiche Werte über den gesamten Frequenzbereich aufweisen um Klangverfärbungen der Sprachlaute zu vermeiden. Des Weiteren sind etwas niedrigere Nachhallzeiten im Bereich um 500 Hz bis zur unteren Toleranzgrenze durchaus erwünscht, insbesondere bei fremdsprachlichem Unterricht und sonstigen Umständen, die erhöhte Konzentration und Aufmerksamkeit im Spracheverstehen erfordern. Die Nachhallzeitverhältnisse in den Unterrichtsräumen sind daher nicht zu beanstanden.



Optimale Nachhallzeiten in den Unterrichtsräumen, da hochabsorbierende Akustikdecken vorhanden sind

Abbildung 49 Beispiel von Nachhallzeiten in Unterrichtsräumen

In den Fluren und Sanitärräumen zeigen sich überhöhte Werte, die zwar nicht als übermäßig hoch, aber dennoch als korrekturbedürftig anzusehen sind. In den Haupttreppenhäusern werden jedoch derartig hohe Nachhallzeitwerte gemessen, dass eine Sanierung in Form einer Ausstattung mit hochabsorbierenden Decken- und möglicherweise zusätzlich mit Wandverkleidungen dringend erforderlich ist.



Extrem ungünstige, viel zu lange Nachhallzeiten und damit Gefahr hoher Lärmpegel in den Treppenhäusern

Abbildung 50 Nachhallzeiten in Treppenhäusern

In DIN 18041 werden nicht unmittelbar Anforderungen an die Nachhallzeitverhältnisse in Fluren und Treppenhäusern gestellt, sondern nur indirekt über Orientierungswerte zur Größe von Decken- und Wandflächen, die mit schallabsorbierenden Materialien verkleidet werden sollen, je nach Absorptionsgrad der Materialien. In den skandinavischen Ländern sind jedoch inzwischen unmittelbar Anforderungen an die Nachhallzeiten festgelegt, die nachfolgend tabellarisch zusammengestellt sind.

Land	Norm	Richtwerte für die Nachhallzeit für Flure und Treppenhäuser	
Schweden	SS 025268 (2007)	Gymnasium/ Hochschule:	0,6-0,8 s Flure 1,0-1,5 s Treppenhäuser
		Vorschule/ Grundschule:	0,5 s Flure 0,8 s Treppenhäuser
Norwegen	NS 8175 (2005)		0,8-0,9 s Flure 0,8-1,3 s Treppenhäuser
Finnland	SFS 5907 (2004)		<0,9 s bzw. <1,3 s
Dänemark	Bygningsreglement (2008)		≤0,4 s Flure mit Gruppenarbeit
			≤0,9 s Flure ohne Gruppenarbeit
			≤1,3 s Treppenhäuser

Tabelle 6 Nachhallzeiten -Regelwerken skandinavischer Länder

In der folgenden Abbildung sind die Nachhallzeit-Verhältnisse im EG höher aufgelöst dargestellt: Zu beachten ist, dass die beiden Räume im Südwesten Unterrichtsräume mit relativ hohen Nachhallzeiten sind. Sie werden aber nicht beanstandet, da hier Musikunterricht erteilt bzw. instrumental musiziert wird.



Abbildung 51 Mittlere Nachhallzeiten den Räumen des EG [in s]

Bei den gelb eingefärbten Raumgrundrissen werden die Grenzwerte nur sehr geringfügig und damit tolerierbar überschritten. Differenzierter zu bewerten ist die Eingangshalle. Hier sind zwar ebenfalls die Werte zwischen 0,9 und 1,1 s als nur geringfügig zu hoch zu bewerten, beim Wert von 1,4 s im Bereich des angedeuteten „Forums“ ist jedoch gravierend zu bemängeln, dass die Deckenkonstruktion akustisch sehr ungünstig ist. Hier sollte möglichst ein Umbau dahingehend erfolgen, dass der Schall aus dem Bühnenbereich zu den Zuhörern reflektiert wird und nicht, wie derzeit der Fall, umgekehrt.

Störschallpegel

Im Schulgebäude sind in der Ferienzeit Störschallpegelmessungen erfolgt, also bei Störschall ausschließlich von außen (allerdings bei geschlossenen Fenstern) und von der Haustechnik. Es zeigen sich Werte zwischen 25,5 dB(A) und maximal 29,4 dB(A). DIN 4109 nennt zulässige Schalldruckpegel aus haustechnischen Anlagen in Unterrichtsräumen von ≤ 35 dB(A), in DIN 18041 sind zulässige Störschalldruckpegel für hinreichende „Hörsamkeit“ festgelegt als Mindestwerte ≤ 40 dB(A), bei mittleren Anforderungen zu ≤ 35 dB(A) und bei ho-

hen Anforderungen zu ≤ 30 dB(A). Da diesen Forderungen entsprochen wird, werden keine weiteren Untersuchungen zur Schalldämmung der Außenbauteile vorgenommen.

Luftschall- und Trittschalldämmung

Es wurde die Luftschall- und die Trittschalldämmung zwischen zwei Unterrichtsräumen untersucht. Nach den aktuell gültigen in DIN 4109 festgelegten Mindestanforderungen für die Schalldämmung ergeben sich für die Luftschalldämmung deutlich zu niedrige Werte. Das bewertete Bauschalldämm-Maß der Trennwand wird zu $R'_{w, \text{vorhanden}} = 38$ dB bestimmt, aktuell gilt nach DIN 4109: erf. $R'_w \geq 47$ dB. Die Luftschalldämmung der Decken zwischen Unterrichtsräumen wird zu 48 dB ermittelt, der Sollwert nach DIN 4109 beträgt aktuell 55 dB. Die Luftschalldämmung im Bestand liegt also um 9 dB bzw. um 7 dB deutlich unter den heutigen Anforderungen. Bei der Trittschalldämmung wird der bewertete Normtrittschallpegel zu $L'_{n,w, \text{vorhanden}} = 45$ dB ermittelt, dieser Wert liegt um 8 dB günstiger als nach DIN 4109 mit erf. $L'_{n,w} \leq 53$ dB aktuell gefordert. Hierzu trägt die Nadelfilzauflage laut Literaturangabe mit 17 bis 22 dB bei.

Schalldämmung von Türen

Auch an die Schalldämmung von Türen zwischen Unterrichtsräumen und Fluren bestehen aktuell nach DIN 4109 Mindestanforderungen an die Luftschalldämmung: erf. $R'_w \geq 32$ dB. Die betroffenen Türen sind im Bestand als relativ hochwertige Schallschutztüren mit beim Schließen automatisch ausfahrenden Bodendichtungen ausgebildet. Bei allen untersuchten Türen erweisen sich diese mechanischen Einrichtungen als defekt und damit als weitgehend unwirksam. Damit bildet eine umfassende Überholung der Türen einen weiteren dringenden Sanierungsbedarf.

Nutzerbefragung

Durch die am Projekt beteiligten Pädagogen sind Befragungen von Schülern und Lehrern auch bezüglich der akustischen Verhältnisse erfolgt. Es zeigt sich zwar generell keine starke Tendenz zu subjektiv empfundener Unzulänglichkeit der akustischen Verhältnisse, es ist jedoch folgendes bemerkenswert: Sowohl bei Lehrern wie bei Schülern wird relativ stark beklagt, dass bei geöffneten Fenstern erhebliche Lärmbelästigung (vermutlich aus dem Freizeitgelände der Schule) auftritt. Dies deutet darauf hin, dass häufig die Notwendigkeit besteht, bei offenen Fenstern zu unterrichten. Bei der Planung des Lüftungssystems sollte dem zusätzlich Gewicht beigemessen werden.

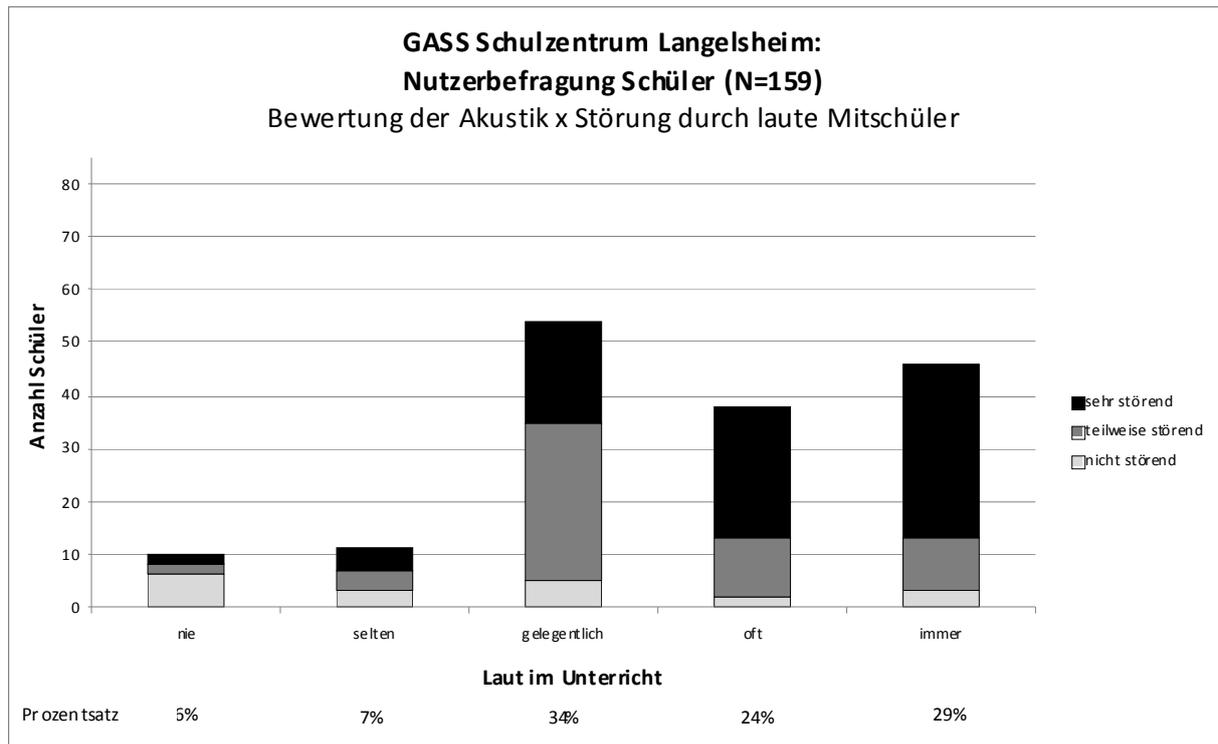


Abbildung 52 Befragung von Lehrern und Schülern (Störung Schüler)

Abbildung 52 verdeutlicht, dass ein erheblicher Anteil der befragten Schüler sich durch laute Mitschüler gestört fühlt. Da die Nachhallzeiten in den Räumen bereits im Optimalbereich liegen, erscheint eine physikalische Veränderung der Raumakustik hier nicht zielführend, es sollte daher verstärkt im pädagogischen Bereich nach Lösungen gesucht werden, z.B. durch eine „Projektwoche“ zum Thema Lärminderung. Berichte über positive Erfahrungen mit derartigen Aktionen und Hinweise auf unterstützendes Material sind vielfältig verfügbar, z.B. bei [Sch07].

5.2 Thermischer Raumkomfort / Luftqualität

5.2.1 Methodik Langzeitmessung

Zur detaillierten Analyse des Raumkomforts wird eine Langzeitmessung zur Erfassung relevanter Parameter in drei Klassenräumen der Haupt- und Realschule Langelsheim durchgeführt. Gewählt werden Klassenräume im 2. OG mit Ost-, Süd- und Westorientierung, die aufgrund ihrer Lage aussagekräftige Werte bzgl. des Temperaturniveaus erwarten lassen. Alle Klassenräume sind jeweils von einer großen Fensterfassade belichtet, an der jeweils ein außenliegender, beweglicher Sonnenschutz in Form von Lamellen installiert ist. Der Mess- und Auswertungszeitraum des Langzeitmonitorings umfasst die Zeit vom 18.03.2009 bis 11.03.2010.

Die nachfolgende Grafik zeigt die Lage der Räume im Grundriss:



Abbildung 53 Langzeitmessung Räume

5.2.2 Auswertung Luftqualität

Grundlage

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 wird durch Felduntersuchungen [War05] eine Senkung der Leistung von Schülern um 20 % bei einer Verschlechterung der CO₂-Konzentration von 600 ppm auf 1.500 ppm nachgewiesen (s.

Abbildung 54).

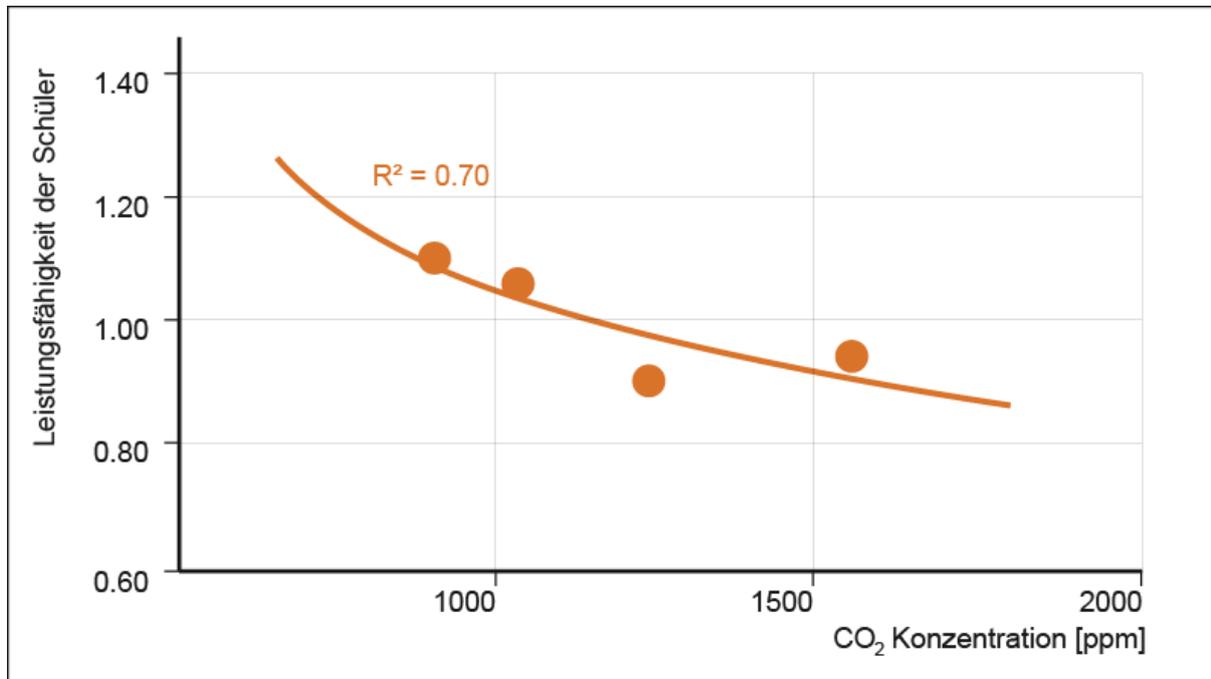


Abbildung 54 Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit der CO₂-Konzentration

Darüber hinaus konnte die Innenraumlufthygienekommission des Bundesumweltamtes beobachten, dass die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Viruskrankheiten mit Erhöhung der Luftwechsel sinkt.

Auswertung

Die Luftqualität in den Unterrichtsräumen des Bestandsgebäudes wird aufgrund der Messergebnisse als deutlich eingeschränkt bewertet. Als Grenzkonzentration für einen natürlich belüfteten Unterrichtsraum werden in Anlehnung an den „Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden“ des Umweltbundesamt [Umw00] und die DIN 1946 Teil 2 1.500 ppm angenommen. In jüngerer Zeit werden zur hygienischen Optimierung auch geringere Richtwerte von 1.000 ppm angestrebt, eine CO₂-Konzentration von 1.000 bis 2.000 ppm wird als „hygienisch auffällig“ bewertet, die Lüftungsmaßnahmen erforderlich macht [Umw08] [VDI 6040].

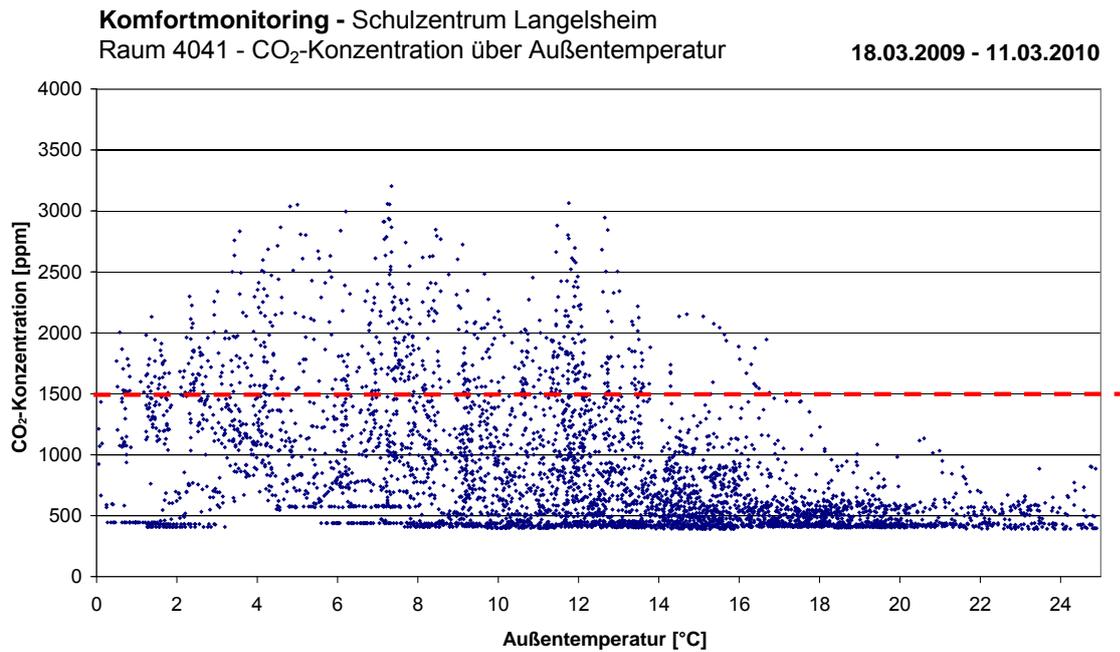


Abbildung 55 CO₂-Konzentration über Außentemperatur

Betrachtet man in Abbildung 55 die Verteilung der CO₂-Konzentration in Abhängigkeit der Außentemperatur, wird der Einfluss der Außentemperatur auf das Lüftungsverhalten deutlich. 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 ab Außentemperaturen über 14°C erkennbar.

Um die Anteile der gemessenen CO₂-Konzentrationen in der Unterrichtszeit zu veranschaulichen, sind in Abbildung 56 die Häufigkeiten (Anzahl der Stundenmittelwerte) in 300 ppm Intervallen über der Häufigkeit aufgetragen worden. Dabei sind die Balken jeweils zusätzlich nach Jahreszeit aufgegliedert worden.

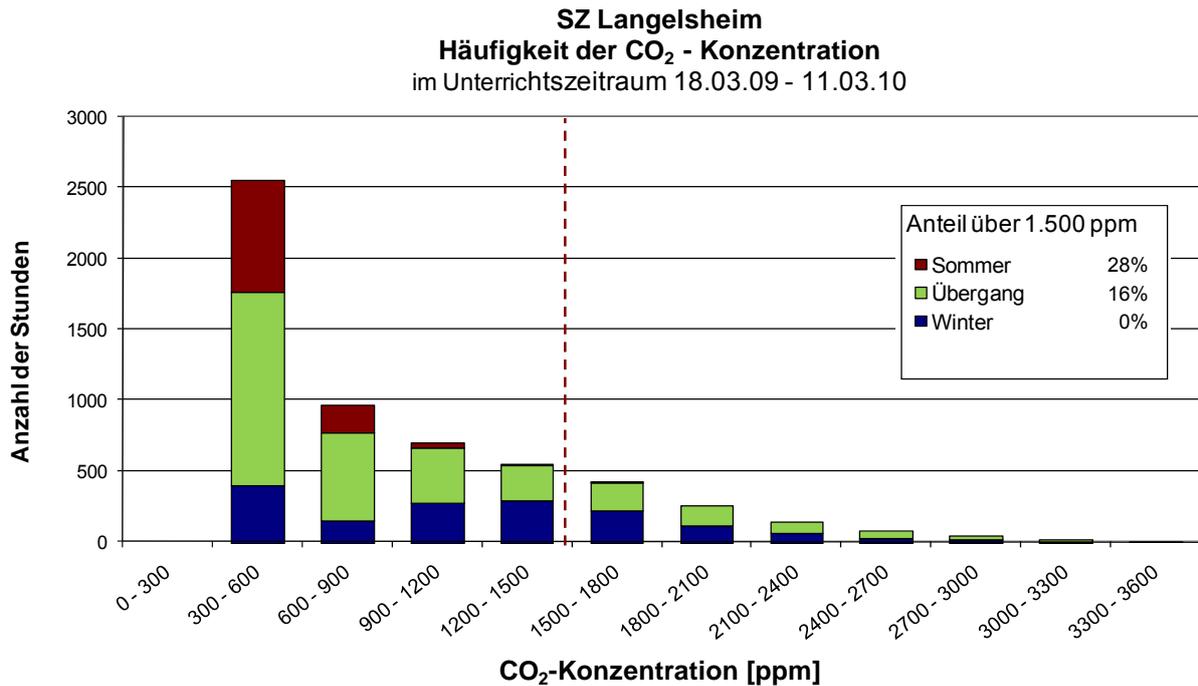


Abbildung 56 Anteile CO₂ - Konzentration Langelsheim

Im Winter liegen 28 % der Stundenmittelwerte der CO₂- Konzentrationen in der Unterrichtszeit oberhalb des Richtwertes von 1.500 ppm. Entsprechend sind die Überschreitungen des CO₂-Richtwerts in der Übergangszeit mit 16 % geringer. Im Sommer wird der CO₂-Richtwert nicht überschritten.

Im Folgenden 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.

Die Hälfte der Lehrer und Schüler bewerten in Abbildung 57 und Abbildung 58 die Luftqualität als „häufig bis immer schlecht. Wie bei den Nutzerbefragungen anderer Schulen wird die Wichtigkeit der Luftqualität hoch bewertet.

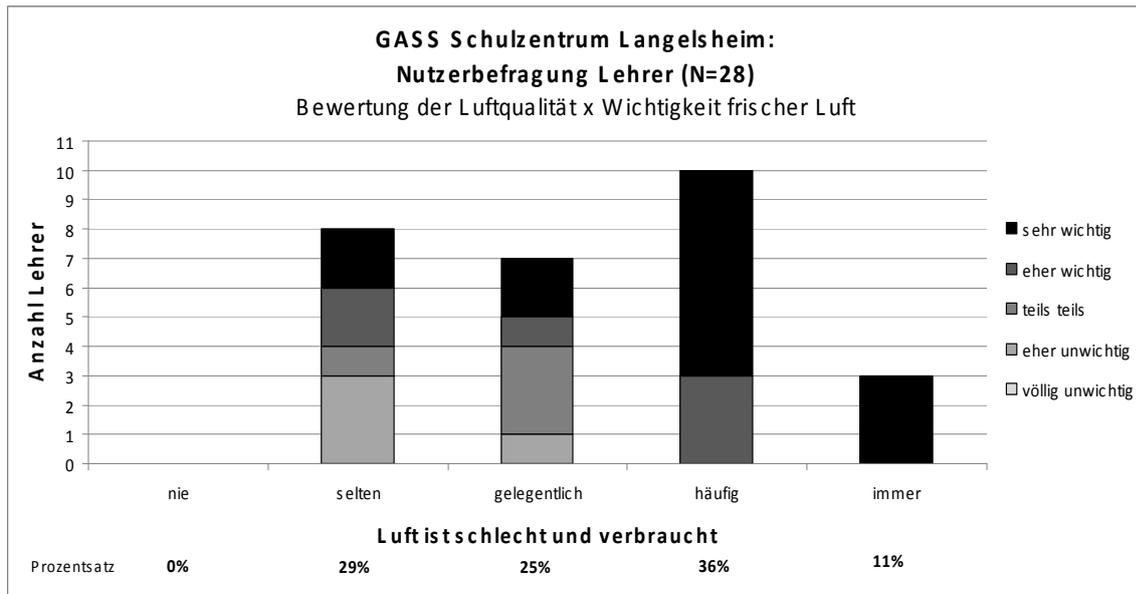


Abbildung 57 Nutzerbefragung Luftqualität Lehrer

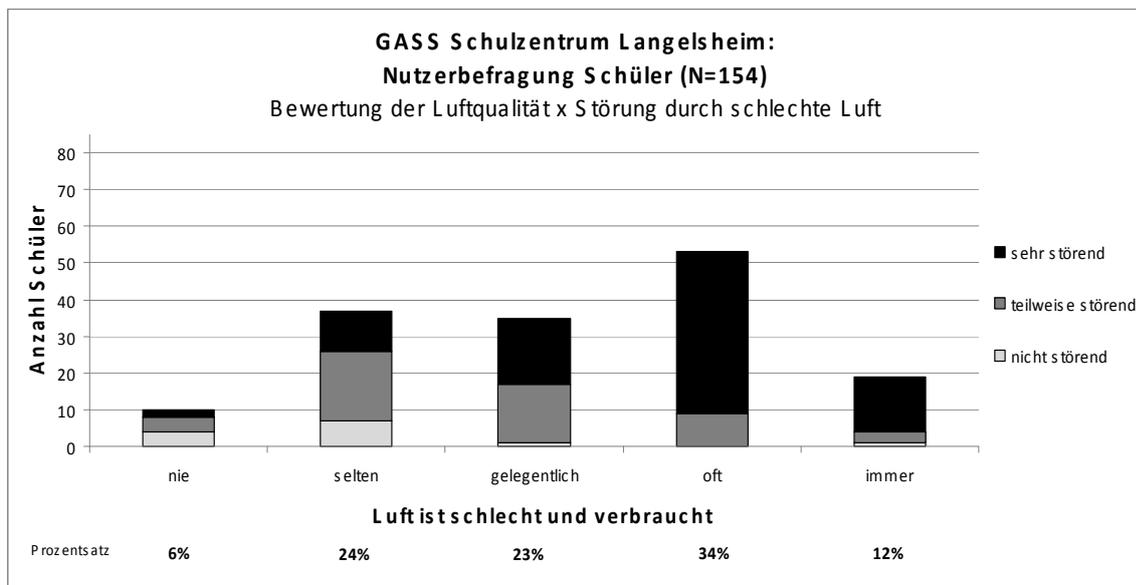


Abbildung 58 Nutzerbefragung Luftqualität Schüler

Details zum Lüftungsverhalten wie Zeitpunkte, Häufigkeit, Dauer und Gründe für das Schließen werden bei den Lehrern separat abgefragt. Zu den Ergebnissen zählt, dass in der Regel zu Unterrichtsbeginn und in den Pausen gelüftet wird. Der Zeitpunkt wird in der Mitte des Unterrichts mit „gelegentlich“ bis „häufig“ angegeben. Ein Lüften zu Unterrichtsbeginn dagegen ist selten.

Das Lüften selbst erfolgt nach Aussage der Lehrer am häufigsten nach einer Anweisung der Lehrer. Weniger häufig werden sie selbstständig durch die Schüler oder direkt über die Lehrer geöffnet.

Im Winter werden nach Aussage der Lehrer mehrere kurze Stoßlüftungen über weit geöffnete große Fenster mit einer Gesamtdauer pro Schultag von unter 60 Minuten durchgeführt. Im

Sommer dagegen reicht die Dauer von einer Stoßlüftung bis zu einer Dauerlüftung meist über weit geöffnete große Fenster. Teilweise wird eine Querlüftung durchgeführt. Als Grund für das Verschließen der Fenster, wird von den Lehrern meistens genannt, dass die Luftqualität wieder als ausreichend bewertet wird. Untergeordnet sind Gründe, die auf Einschränkung der Behaglichkeit beruhen.

Diese beschriebenen Lüftungsstrategien hätten eine hohe Effizienz und stehen im Widerspruch zu den gemessenen schlechten Luftqualitäten außerhalb des Sommers. Aus den Ergebnissen der Messung ist aber eher zu vermuten, dass die tatsächliche Dauer und Häufigkeit der Fensterlüftung insbesondere bei kalten Außentemperaturen geringer ist.

5.2.3 Auswertung Raumtemperatur

Auch für die Raumtemperatur hat das International Centre for Indoor Environment and Energy in Kopenhagen durch eine Felduntersuchung [War05] eine Abhängigkeit zur Leistungsfähigkeit nachgewiesen. Danach führt eine um 1 K niedrigere Raumtemperatur im Sommer zu einer etwa um 3,5 % höheren Leistungsfähigkeit bei den Schülern.

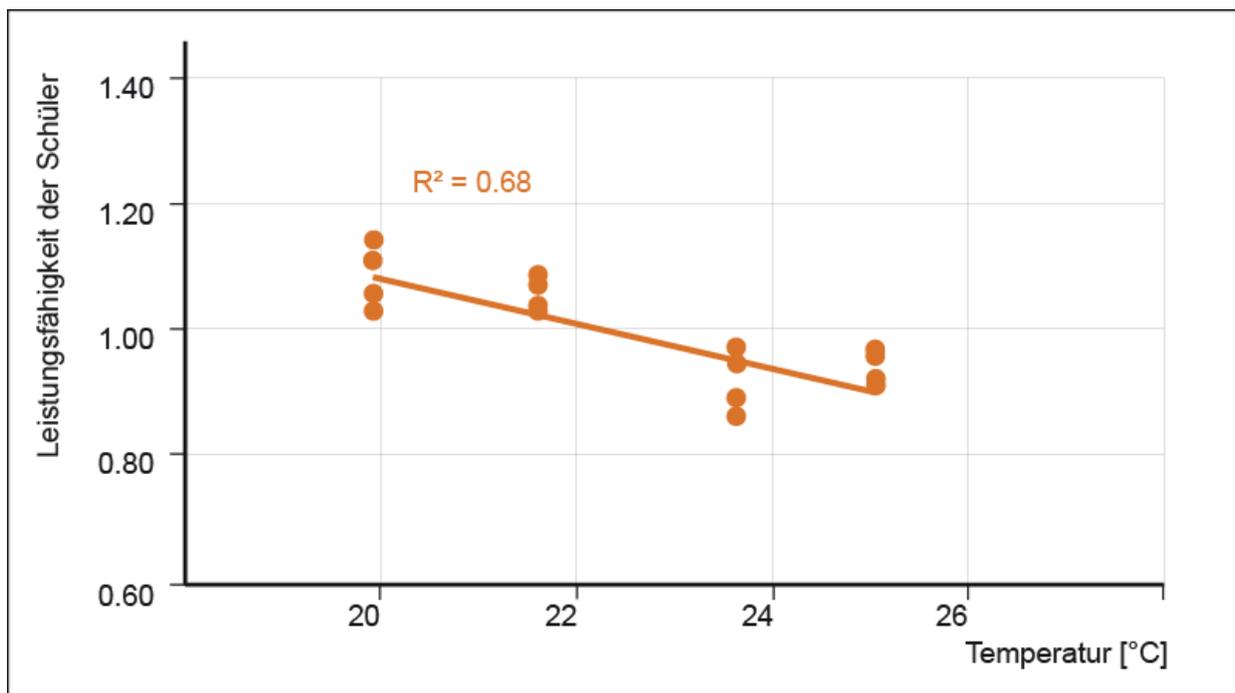


Abbildung 59 Relative Leistungsfähigkeit bezogen auf Innentemperatur

Die Stundenmittelwerte der Lufttemperaturen, die während der Unterrichtszeit in den drei Klassenräumen gemessen worden sind, werden in den weiteren Untersuchungen für die Temperaturgrenzbereiche von 20°C und 26°C betrachtet. Zur Ergänzung werden zudem die Anteile unter 19 °C und über 25 °C bewertet.

Nach DIN EN 15251 und VDI 6040 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 Arbeitsstättenrichtlinie ASR 6 Abs. 1 und 3 soll die Mindesttemperaturen in Büroräumen (vergleichbar mit Unterrichtsräumen) 20°C betragen und zu Arbeitsbeginn erreicht sein.

Zur Beurteilung des thermischen Komforts werden in Abbildung 60 und Abbildung 61 die prozentualen Jahresanteile an kalten und warmen Raumtemperaturen dargestellt.

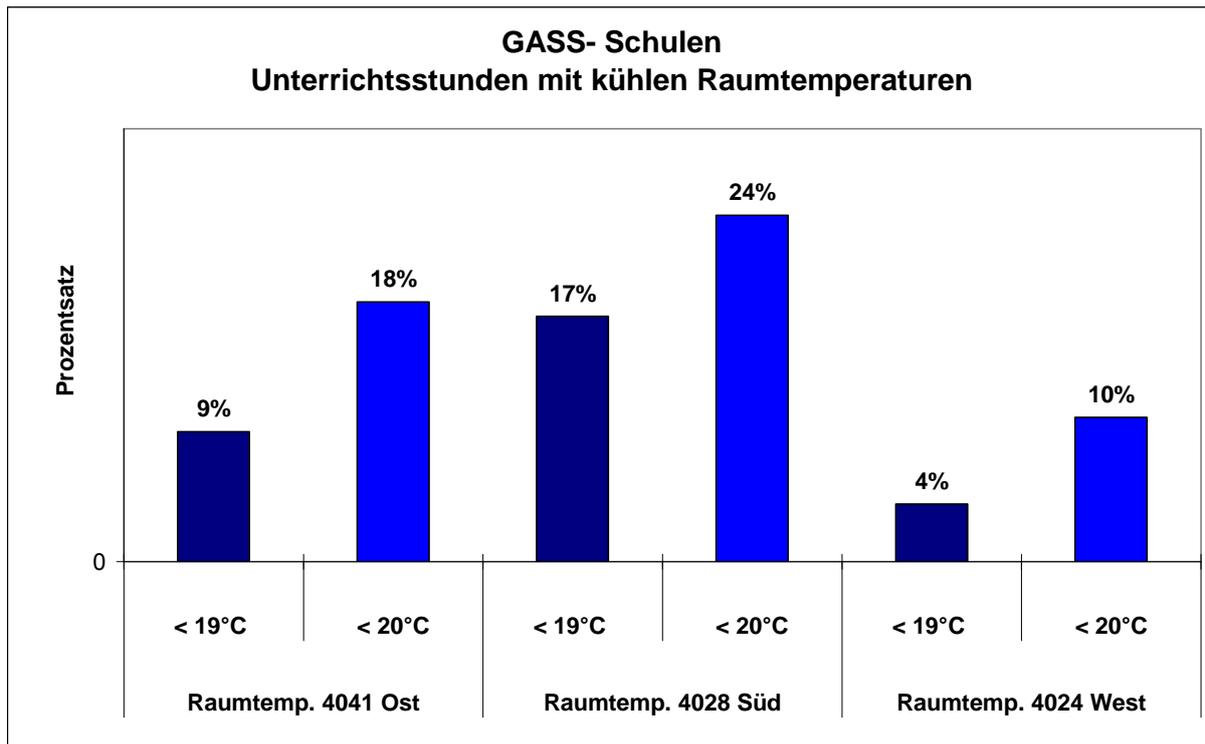


Abbildung 60 Prozentsatz kühler Raumtemperaturen

Der höchste gemessene Prozentsatz an Raumtemperaturen unterhalb von 20°C während der Unterrichtszeit im Winter liegt im Südraum bei 24 %. Auch im Ostraum mit 18 % und im Westraum mit 10 % werden hohe Anteile gemessen. Ursachen sind die schlechte Qualität der Bestandshülle, eine unzureichende Heizregelung sowie starke Auskühlungen durch Fensterlüftung und Nachtabsenkungen.

Die Ergebnisse der Nutzerbefragung zu kühlen Temperaturen sind bei Schülern und Lehrern uneinheitlich: Während 46 % der Schüler sagen, dass die Raumtemperaturen im Winter „häufig bis immer zu kühl“ sind, geben dies bei den Lehrern nur 12 % an. Obwohl die gemessenen Raumtemperaturen häufig in einem unbehaglich kalten Bereich liegen, werden sie von den Lehrern in der Mehrheit als „gelegentlich zu kalt“ bewertet.

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.

Möglicherweise hängt diese erhöhte Bereitschaft auch mit der Fensterlüftung an sich zusammen. Durch Öffnen der Fenster stellen sich zwar kühlere Raumtemperaturen ein, gleichzeitig verbessert sich aber die Luftqualität. Die leistungsfördernde Wirkung „frischer Luft“ könnte unter diesen Umständen positiver bewertet werden als dies die Bewertungen nach Norm, mit Bezug auf die Temperatur vorsieht.

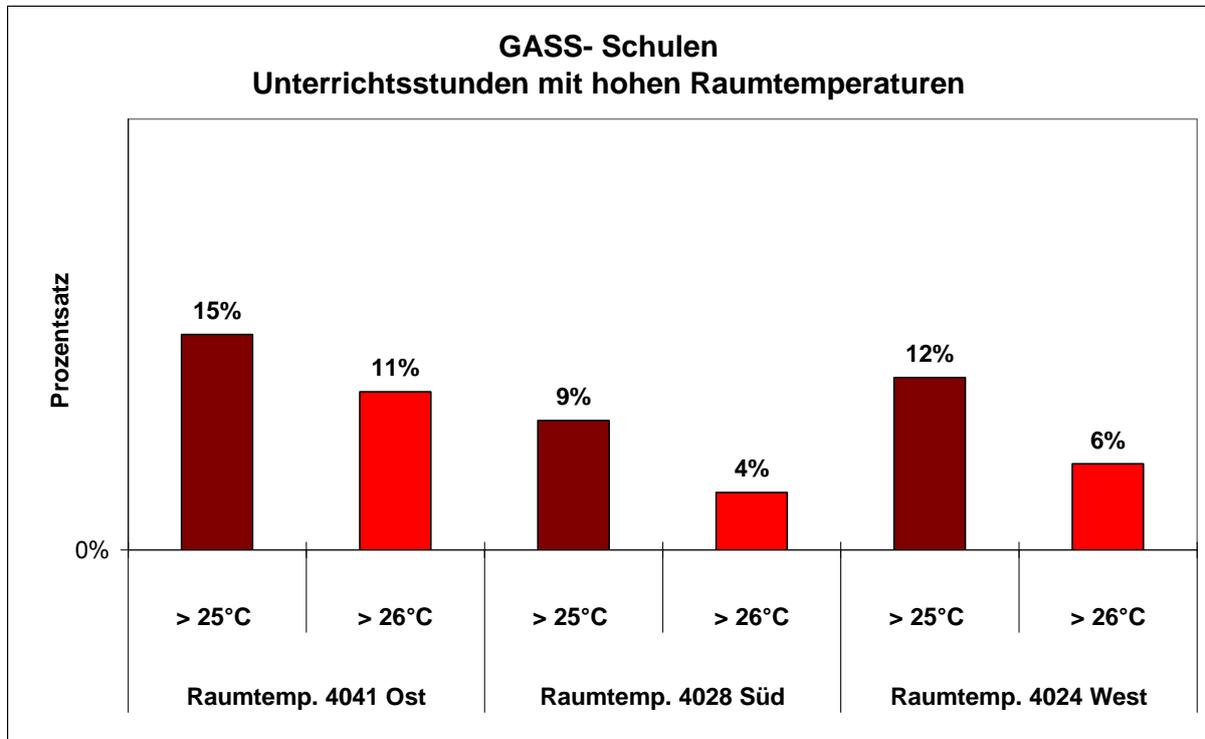


Abbildung 61 Prozentsatz hoher Raumtemperaturen

Der sommerliche Wärmeschutz ist im Bestandsgebäude ebenfalls nachweislich eingeschränkt (s. Abbildung 61). Trotz außenliegendem Sonnenschutz summieren sich die Überhitzungsstunden (Innenraumtemperatur $> 26^{\circ}\text{C}$) insbesondere für die ostorientierten Klassenräume auf mehr als 11 %, bezogen auf die jährliche Nutzungszeit. Anders als bei Büroräumen werden die Räume der Schule in Langelsheim entsprechend der Unterrichtszeit von 8:00 bis 13:00 Uhr betrachtet. Infolgedessen hat die solare Einstrahlung auf die Westfassade am Nachmittag keinen direkten Einfluss. Die Überhitzungen sind mit einem Anteil von 6 % entsprechend niedriger. Die Südfassade weist aufgrund einer Teilverschattung durch die Innenhoflage mit 4 % den geringsten Anteil auf.

Die Nutzerbewertung der sommerlichen Temperaturen ist angesichts recht moderater Messergebnisse überraschend eindeutig: 75 % der Lehrer und 83 % der Schüler geben an, dass die Temperaturen im Unterrichtsraum „häufig bis immer zu warm“ sind.

5.3 Tageslicht

Zur Beurteilung der Tageslichtqualität sind am 18.03.09 um 10:30h in vier typischen Räumen die Beleuchtungsstärken gemessen worden.

Die ausreichende Tageslichtversorgung wird über den Tageslichtquotienten D [%] bewertet. Gute Lichtverhältnisse bestehen bei Tageslichtquotienten größer 3 %. Ab ca. 1 % werden die Lichtverhältnisse als schlecht angesehen. Nach DIN 5034 gilt ein Tageslichtquotient von 0,95 % als Mittelwert in halber Raumtiefe als ausreichend. Der Mindestwert von 0,75 % sollte in Raummitte nicht unterschritten werden.

In der folgenden Tabelle sind die Fensterflächenanteile der gemessenen Räume zusammengetragen. Alle Räume werden nur einseitig über die Hauptfassade belichtet. Die Fensterflächenanteile betragen für die Räume 50 %, die Raumtiefen reichen von 7,20 bis 8,20 Meter.

Schulzentrum Langelsheim			Raum 4039	Raum 4028	Raum 4041	Raum 4024
			2. OG	2. OG	2. OG	2. OG
	Raumtiefe	m	7,20	8,40	8,20	8,20
Hauptfassade	Orientierung		Nord	Süd	Ost	West
	Gesamtfläche	m ²	38,64	34,90	35,70	34,80
	Fensterfläche	m ²	19,32	17,45	17,85	17,40
	Fensterflächenanteil	%	50%	50%	50%	50%

Tabelle 7 Tageslichtparameter

Die Beleuchtungsstärke außen beträgt während der Messung bei leicht bedecktem Himmel von 13.500 lx bis 22.300 lx.

Die Tageslichtquotienten aller Räume liegen im akzeptablen Bereich. Die beiden Räume im Altbau BT A haben die höchsten Tageslichtquotienten. Sie sinken erst ab einer Raumtiefe von 5 bis 6 m unterhalb des Grenzbereichs von ca. 1,0 % ab. Der Nordraum liegt mit einer Raumtiefe von 5 m noch im vergleichbaren Bereich. Die Südräume im EG und im 1.OG haben ab etwa 5 Meter Raumtiefe einen Tageslichtquotienten unter 1 % und damit noch akzeptable Tageslichtverhältnisse.

GASS Schulzentrum Langelsheim

Tageslichtquotient

18.03.09 10:30h

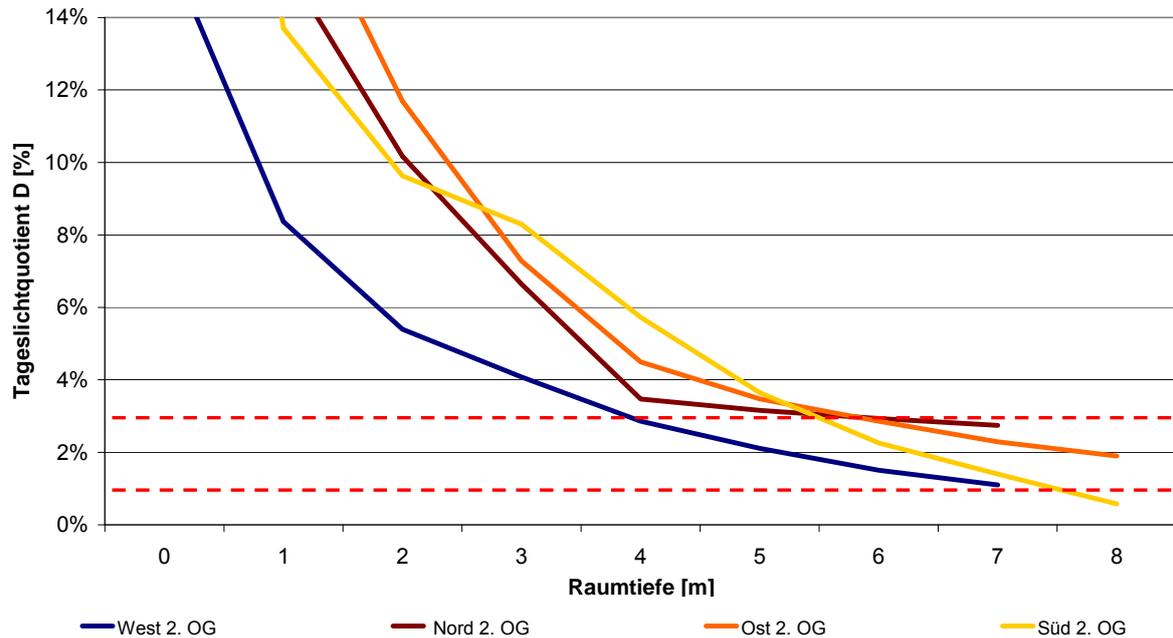


Abbildung 62 Tageslichtquotient über Raumtiefe

In den Räumen mit Süd- Ost- und mit leichter Einschränkung mit Nordorientierung wird die Tageslichtqualität als gut bewertet. Erst ab einer Raumtiefe von 5 m liegen die Tageslichtquotienten unterhalb des Grenzbereichs von ca. 1,0 % ab.

Trotz des gleichen Fensterflächenanteils von 50 % weist der Westraum einen niedrigeren Tageslichtquotienten auf. Bereits ab einer Raumtiefe von 4 m sinken die Tageslichtquotienten unterhalb des Grenzbereichs von ca. 1,0 % ab.

6. Sanierungskonzept

Für das Schulgebäude Langelsheim werden vorweg die wichtigsten Punkte des Sanierungskonzeptes in Passivhausqualität zusammengefasst, die auf Grundlage der Bestandsanalyse unter Berücksichtigung der integralen Anforderungen als optimierte Variante erarbeitet worden sind. Dieses Maßnahmenpaket ist im Juni 2010 zur Förderung beantragt worden.

Gebäudestruktur

Anpassung an zukünftige Anforderungen

- Teilrückbau EG
 - Berücksichtigung des rückläufigen Raumbedarfs
 - Erhöhung der Kompaktheit
- Ganztagschulbetrieb
 - Einrichten einer Mensa im EG
 - Aufwertung des Erdgeschossbereiches
 - Rückzugsorte für Schüler
 - Arbeits- und Pausenbereiche für Lehrkräfte

Gebäudehülle

Teilrückbau Erdgeschoss

- Verringerung der Außenfläche
- Verbesserung der Tageslichtnutzung durch Teilrückbau, neue Oberlichter

Umsetzung von Passivhauskomponenten

U-Werte

- Außenwand 0,13 W/(m²K)
- Dach 0,12 W/(m²K)
- Fenster 0,81 W/(m²K)
- Kellerdecke 0,21 W/(m²K)

Vorgefertigtes Holzfassadensystem

- hoher ökologischer Anspruch
- minimale Bauzeiten, erhöhte Ausführungsqualität und Planungssicherheit

Wärmeversorgung

Erneuerung der Technikzentrale

- zentrale Einrichtung im UG der Haupt- und Realschule
- Fernwärmeanschluss an vorhandenes Holzheizkraftwerk
- Kraftwärmekopplung mit regenerativer Energie

- Verwendung von Restholz aus Waldbewirtschaftung und Landschaftspflege
- Neubau einer Fernwärmetrasse zur Versorgung weiterer Gebäude
 - Städtische Gebäude, Industriebetriebe, Mehrfamilienhäuser
 - maximale Länge 1.700 m

Lüftungsanlage

Erneuerung der zentralen Lüftungsanlage

- Versorgung aller Unterrichtsräume (Luftwechsel 2,5 1/h)
- Optimierung der Regelung über Präsenzsteuerung
- Wärmerückgewinnungsgrad 85 %
- Nutzung vorhandener Lüftungskanäle im UG

Erneuerung der Beleuchtungstechnik

Bedarfsgerechte installierte Leistung

- Präsenzabhängige Steuerung
- separate Schaltung der Leuchtenreihen im Unterrichtsraum

Erneuerung der Akustikdecken

Versuchsweise Kombinationen von Decken- und Wandabsorbern

- Unterstützung der Sprachverständlichkeit
- Nutzung der thermischen Speichermasse Decke
- Wandabsorber als Fries oder Pinnwand ausführbar

Sommerlicher Wärmeschutz

- 3-Scheibenverglasung, g-Wert: 0,33, t_L : 0,58
- Außenliegender beweglicher Sonnenschutz
- Tageslichtlenkung (Lamellen-Doppelbehang)
- Nachtauskühlung über mechanische Lüftung

Nach Absage einer investiven Förderung der Investitions- und Förderbank Niedersachsen – NBank sah sich der Landkreis Goslar aus finanziellen Gründen nicht im Stande, das gesamte Konzept umzusetzen. Wichtigste Änderung ist, dass statt eines Passivhaus-Standards ein EnEV-30% Standard umgesetzt wird. Ob die Wärmeversorgung über ein Holzheizkraftwerk erfolgt oder ein Holzpelletkessel eingesetzt wird ist bis zum jetzigen Stand nicht geklärt, da die Stadt Langelsheim und eine Wohnungsbaugesellschaft keine Entscheidung getroffen haben, ob sie sich am Bau einer der Fernwärmeleitung beteiligen möchten.

Nicht zur Umsetzung kommt ebenfalls die mechanische Lüftung der Klassenräume, was den Raumkomfort einschränkt und das Sanierungskonzept, wie es oben formuliert worden ist, entscheidend schwächt.

Ungeachtet dieser Änderungen werden die pädagogischen Anforderungen, die architektonischen Lösungen, die technischen und wirtschaftlichen Analysen sowie deren Empfehlungen für das optimierte Konzept im Weiteren erläutert:

6.1. Pädagogik –Ergebnisse und Empfehlungen für die Sanierung

Zunächst werden die in Kapitel 3 vorgestellten Ergebnisse ausgewertet und daraus resultierende Anforderungen an die Sanierung des Schulzentrums formuliert. Anschließend werden die Ergebnisse anhand der drei eingangs formulierten Bereiche „Offene Lernformen“, „Ganztagschule“ und „Farb- und Formgestaltung“ in ihrer Übertragbarkeit auf andere Schulsanierungen erörtert.

Bereits in der Planung fortgeschrittene Aspekte, wie der Teilabriss der Pausenhalle und das darin zu errichtende Auditorium mitsamt Bühne sowie der Bau einer Mensa, finden nur dann Erwähnung, wenn explizit pädagogische Belange berührt werden und Hinweise zur Ausgestaltung dieser Bereiche als unverzichtbar erscheinen.

6.2.1 Unterrichtsgestaltung und Unterrichtsräume

Die Befragung der Lehrerinnen und Lehrer zu den Sozialformen und Methoden diene vorrangig der Ermittlung des benötigten Raumbedarfes. Aussagen über die Qualität des Unterrichts können und sollen aus den Ergebnissen nicht abgeleitet werden. Es gilt zu berücksichtigen, dass die Durchführung und Einschätzung verschiedener Sozialformen und Methoden jeweils auch in Abhängigkeit von den einzelnen Unterrichtsfächern betrachtet werden muss. Eine Lehrerin, die ausschließlich die Fächer Kunst und Werken unterrichtet, wird seltener frontal gesteuerte Phasen in ihre Planung integrieren, als eine Englischlehrerin. Im Fach Gesellschaftslehre werden eher Planspiele durchgeführt oder Projekte initiiert als im Mathematikunterricht.

Es ist zu erwarten, dass Methoden wie das Lernen an Stationen oder die Freiarbeit in den nächsten Jahren an Bedeutung gewinnen und einen festen Platz im Lehrplan einnehmen werden. Dieser Wandel ist aus den Ergebnissen bereits ablesbar und für die Ermittlung des veränderten Raumbedarfes relevant. Bislang scheint das flächenmäßige Raumangebot in den Klassentrakten – auch aufgrund rückläufiger Schülerzahlen – ausreichend. Empfohlen wird die potenzielle Nutzbarmachung der Verkehrsbereiche vor den Klassenzimmern, damit einzelne Schüler oder Gruppen während unterrichtlicher Phasen, die einen erhöhten Platzbedarf erfordern, auf diese Flächen ausweichen können. Wenn diese Nutzung im Alltag in Anspruch genommen werden soll, sind die akustischen und raumklimatischen Bedingungen in den Flurbereichen der Klassentrakte zu prüfen und ggf. zu verbessern. Neben einer bes-

seren Ausleuchtung der Flurbereiche wäre, angelehnt an die Ergebnisse von Christian Rittemeyer, außerdem eine Farb- und Formgestaltung wünschenswert, die eine anregungs- und abwechslungsreiche, freilassende und warm-weiche Wirkung auf die Nutzer ausstrahlt [Rit07].

6.2.2 Die Schule als Lern- und Lebensort für die Schülerinnen und Schüler

Im Schulzentrum Langelsheim schneiden Orte zum Ausruhen und Zurückziehen, ähnlich wie in den im Rahmen des GASS-Projektes untersuchten Schulen, sowohl quantitativ als auch qualitativ im Vergleich zu anderen Themenbereichen am schlechtesten ab [Fis09]. Das Forum, in diesem Zusammenhang wichtiger und zentraler Ort der Schule, ist deshalb in den Sanierungsplanungen mit besonderer Aufmerksamkeit bedacht worden. Auf den im Entwurf als Verkehrsflächen ausgewiesenen Bereichen befinden sich die Hauptaufenthaltsorte der Kinder und Jugendlichen während der unterrichtsfreien Zeit. Es wird empfohlen bei der Farbgebung der Pausenhalle die bereits erwähnten Gütekriterien an die ästhetische Gestaltung von Schulgebäuden zu berücksichtigen [Rit07]. Verzichtet werden sollte hingegen auf deckende, dunkle und grelle Farben. Daneben sollten die von den Schülern in ihren Fotografien und Kommentaren artikulierten Bedürfnisse nach Bereichen, die zugleich räumlich abgegrenzt sind (Nischen, Winkel) als auch eine gute Übersicht über das Geschehen ermöglichen (Oktogone, Podeste, mehrere Ebenen), ernst genommen werden. Studien zufolge besitzen solche Rückzugs- und Separierungsmöglichkeiten durchaus eine beengungsreduzierende Wirkung [Ric04] und befriedigen gleichzeitig das Bedürfnis nach Rückzug. Bei der Planung solcher Bereiche sollte grundsätzlich auf ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Offenheit und Geschlossenheit geachtet werden, denn versteckte Nischen können die Entstehung von Vandalismus begünstigen. Die von den Jugendlichen eingeforderte Ausstattung der Aufenthaltsbereiche mit Sitzmöbeln sollte den Schülerinnen und Schülern ebenso selbstverständlich zugestanden werden wie ihren Lehrerinnen und Lehrern.

Der innerhalb des Schulgebäudes vor allem in den öffentlichen Bereichen auftretende Vandalismus wird in der Befragung zwar von den meisten Lehrkräften als vorhanden erkannt und benannt, aber offensichtlich an diesem Standort als nicht allzu problematisch eingestuft. Die Fotografien und Kommentare der Schüler, vor allem der jüngeren, sagen hier etwas anderes aus. Erst ab einem gewissen Alter scheint sich die Haltung gegenüber dem am Schulgebäude wahrgenommenen Vandalismus zu ändern und statt Unverständnis und Abneigung eher Verständnis, begleitet von einer gewissen Resignation, hervorzurufen. Eine Korrelation mit anderen Einflussfaktoren ist anzunehmen. Realistisch eingeschätzt vermag die eigentliche Raumgestaltung, nur einen relativ kleinen Beitrag zur Vermeidung vandalistischer Aktivitäten zu leisten. Studien aus den 80er Jahren haben aufgezeigt, dass Vandalismus in den untersuchten Schulen gehäuft erst dann auftrat, wenn die betreffenden Schüler die Schule ab-

lehnten, ein distanziertes Verhältnis zu ihren Lehrern oder ein geringes Interesse an guten Lernergebnissen hatten [Klo86]. Diese Ergebnisse dürften auch über zwanzig Jahre nach ihrer Veröffentlichung noch Gültigkeit besitzen.

Nahezu alle an der vorliegenden Untersuchung Beteiligten (Schulleitungen, Lehrkräfte, Schüler) sehen in der Schülerpartizipation bei der Gestaltung der Pausenhalle eine wirksame Strategie zur Vermeidung von Vandalismus. Zwar bestätigen eigene Beobachtungen, dass die bemalten Wandflächen (zunächst) weitgehend frei von Kritzeleien bleiben, es können aber kaum Aussagen zu den längerfristigen Effekten dieser Maßnahmen getroffen werden. So weisen einige der Kugeln bereits anderthalb Jahre nach ihrer Gestaltung erneut Markierungen mit Stiften auf². Klar sein dürfte, dass soziale Gründe maßgeblich an diesen Prozessen beteiligt sind und die gewählten Farben und Motive eine eher untergeordnete Rolle für die Akzeptanz durch die Mitschüler spielen. Die Urteile der Schüler zu diesen bemalten Flächen reichen von „eigentlich ganz cool“ bis „könnte einen neuen Anstrich vertragen“. Der von den unterschiedlichen Nutzergruppen geäußerte Wunsch, den Schülern dennoch weiterhin Möglichkeiten zur weitgehend selbstbestimmten Gestaltung der Wände einzuräumen, kontrariert die Forschungsergebnisse zur Wirkung und Wahrnehmung solcher Wandbilder, denn für die Schaffung einer harmonischen Farbgebung mit den von einer Schülerin geforderten „Wohlfühlfarben“ bedarf es eher eines stimmigen Gesamtkonzeptes. Es wird daher empfohlen, Aspekte der Schülerpartizipation bei der Planung der Pausenhalle besonderes zu berücksichtigen und im Zuge der Neugestaltung Alternativen zur derzeitigen Praxis zu eruiieren.

Obwohl die Bewegungsangebote im Inneren der Schule von den Lehrkräften als unzureichend beurteilt wurden, gab es von ihrer Seite kaum Vorschläge hinsichtlich einer Ergänzung des Spiel- und Sportangebotes. Die bislang eher verstreuten Freizeitangebote im Forum werden in der Sanierungsplanung auf eine (Aktivitäts-)Zone konzentriert, wie in Abbildung 64 vom Architekten dargestellt.

Trotz Konzentration der Sanierung auf das Schulgebäude soll dennoch kurz auf die Ergebnisse der Befragung zum Sportangebot auf dem Außengelände eingegangen werden: Auf den ersten Blick spricht die Tatsache, dass die Mädchen in den Pausen seltener aktive, sportliche Betätigungen wählen als die Jungen dafür, mehr Bewegungsangebote für die Mädchen zu schaffen. Die Untersuchungsergebnisse stützen jedoch die Vermutung, dass die Mädchen lieber anderen Interessen nachgehen und ein angepasstes Angebot aus diesem Grund kaum angenommen werden würde. Gleiches gilt hinsichtlich einer Bereitstellung

² Neben Datierungen mit Initialen oder Namenszügen handelt es sich dabei um Liebesbekundungen, Diffamierungen von Mitschülern oder allgemeine Statements.

von speziell auf die Bedürfnisse von älteren Schülerinnen und Schüler abgestimmten Sportangeboten. Das in der Befragung mehrfach gewünschte (Beach-)Volleyballfeld dürfte sich wohl ohne allzu hohen finanziellen Aufwand realisieren lassen.

Offenkundig ist der Sanierungsbedarf hinsichtlich der Toiletten und Waschräume. Sowohl Lehrkräfte als auch Schüler bestätigen den schlechten Allgemeinzustand. Da diese Orte generell Problemzonen im Lebensraum Schule zu sein scheinen [Bur03], sollten Überlegungen zu einem konstruktiven Umgang mit ihnen ebenfalls von vornherein in die Konzeptionierung einfließen [Ree08].

6.2.3 Die Schule als Arbeitsplatz für Lehrerinnen und Lehrer

Bei der Ermittlung von Anzahl, Ausstattung und Gestaltung der benötigten Lehrerarbeitsplätze ist der weitere Ausbau des Ganztags schulbetriebs zu berücksichtigen. Der Arbeitsplatz Schule sollte sowohl dem Bedürfnis nach Austausch mit den Kollegen gerecht werden, als auch Möglichkeiten zum konzentrierten Arbeiten und Zurückziehen anbieten. Da ein einzelner Raum, selbst wenn er eine entsprechende Größe hätte, die genannten Anforderungen nicht befriedigend erfüllen kann, sind neben einem Gemeinschaftslehrerzimmer weitere, kleinere Räume erforderlich. Innerhalb des gemeinsamen Lehrerzimmers sollte jeder Lehrkraft ein eigener Platz mit Ablagemöglichkeiten zur Verfügung stehen sowie ein Fach zur Ablage von Büchern, Klassenarbeiten und sonstigen Materialien. Daneben sollten jeweils drei bis vier Einzelarbeitsplätze in zwei separaten Räumen bereitgestellt werden, die gleichzeitig die Funktion von Rückzugsorten übernehmen könnten.

6.2.4 Zusätzliche Räume

Aus den vorangegangenen Ausführungen wird ersichtlich, dass zur Abdeckung der Bedürfnisse von Schülern und Lehrern jenseits des Unterrichts sowohl für den Halbtags- als auch für den Ganztags schulbereich im Schulzentrum zusätzliche Räumlichkeiten benötigt werden. Sofern unterschiedliche Anforderungen mit ähnlichen Raumlösungen beantwortet werden können, ist eine Mehrfachnutzung einzelner Räume durchaus denkbar. Bei einer Aufteilung des Schulgebäudes in „laute“ (Aktivität, Kommunikation) und „leise“ (Konzentration, Rückzug) Zonen wären auch nicht zwangsläufig immer geschlossene Räume notwendig. Zusätzlich zu den bereits vorhandenen Räumlichkeiten werden mindestens benötigt [App09]:

- Rückzugsbereiche für die Schüler (Sitzecken für Kleingruppen, Nischen zum Alleinsein)
- Lernbereiche für die Schüler (Einzel- und Gruppenarbeitsplätze, Hausaufgabenraum)
- Räume für die Schülervertretung und die Mediatoren
- Arbeitsplätze und Ruhebereiche für die Lehrer
- Raum für Elterngespräche

- Mensa und Speiseraum

6.3 Architektonisches Konzept

Im Folgenden werden die wichtigsten Maßnahmen des architektonischen Konzepts beschrieben. Die Anforderungen, wie sie von pädagogischer Seite formuliert werden, sind dabei in der Planungsphase berücksichtigt und von Architekten und Pädagogen gegenüber dem Bauherrn vertreten worden.

Teilrückbau

Das Raum- und Funktionsprogramm für die Schule Langelsheim wird neu entwickelt und berücksichtigt die Erfordernisse des zukünftigen Ganztagsbetriebs ebenso wie die reduzierten Raumanforderungen aufgrund rückgängiger Schülerzahlen.

Dem insgesamt rückläufigen Raumbedarf wird durch einen Teilrückbau im Erdgeschoss mit einer Größenordnung von ca. 900 m² Bruttogrundfläche Rechnung getragen (s. Abbildung 63).

Der Rückbau bietet neben der Bedarfsanpassung die Möglichkeit die Aufenthaltsqualität in der großen Schulpassage zu verbessern, da die Themen Tageslicht, Farbe, Material und Funktionszusammenhänge neu bewertet werden können.

Aus energetischer Sicht führt der Rückbau zur Verbesserung der Tageslichtnutzung der innenliegenden Zonen und zur Erhöhung der Kompaktheit des Gebäudes. Durch die Verringerung der wärmeübertragenden Fläche insbesondere der ungedämmten erdberührten Bauteile wird eine Reduzierung des spezifischen Heizenergiebedarfs von etwa 6 % erzielt.

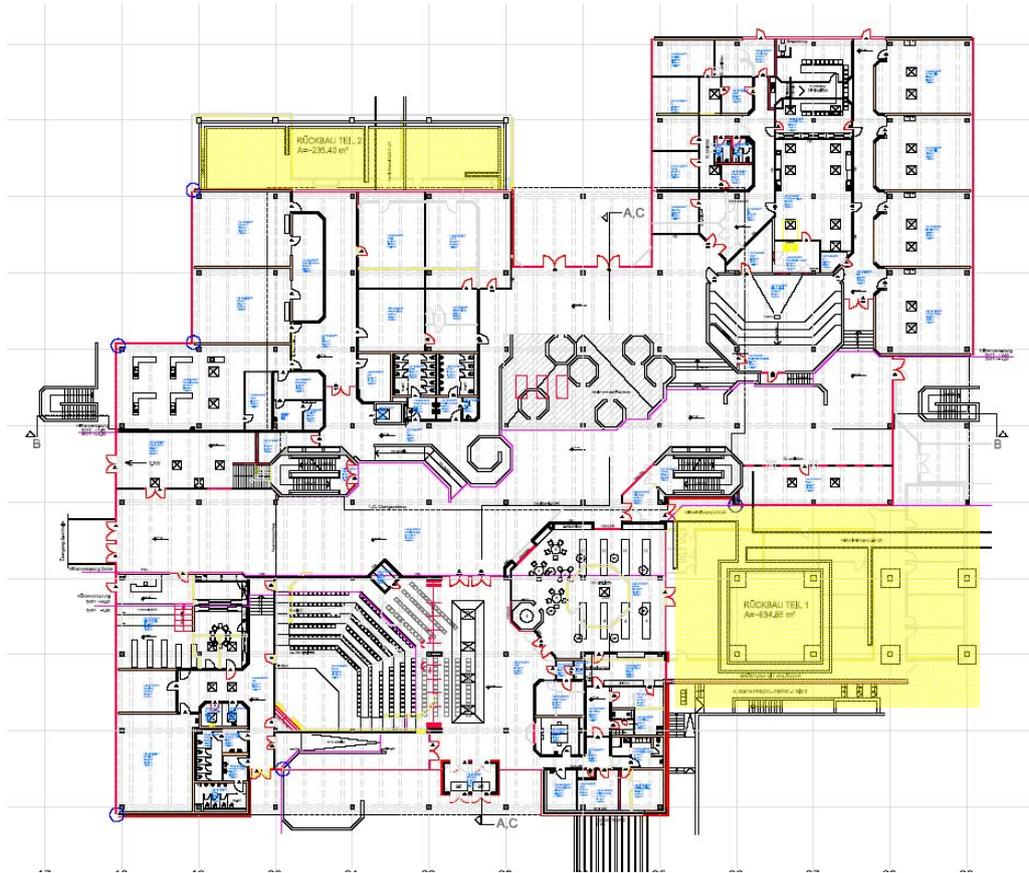


Abbildung 63 Grundriss Erdgeschoss mit Rückbaubereichen (gelb)

Mensa

Das pädagogische Konzept sieht für den Standort zukünftig einen Ganztagsschulbetrieb vor, der bei Lehr und Lernzeiten zwischen 8:00 und 16:00 Uhr den Bau einer Schulmensa notwendig macht. Da die neue Mensa den Platz der Bibliothek einnimmt, wird durch den Teilrückbau eine fassadennahe Anordnung mit Außenraumbezug möglich. Zum Foyer wird der Raumzusammenhang neu gestaltet und ein direkter Bezug zur foyerangrenzenden Schulpassage geschaffen.

Schulpassage

Auch für die Schulpassage ermöglicht der Teilrückbau eine verbesserte Tageslichtnutzung. Im Rahmen der Erneuerung der technischen Anlagen wird die mechanische Belüftung neu organisiert, die Beleuchtung an die Anforderungen der Nutzer und der Energieeffizienz angepasst und der akustische Komfort durch den Einbau neuer Abhängedecken verbessert. Abbildung 64 zeigt, wie zusätzliche Freizeitangebote, wie eine Kletterwand, Tischtennis und Kickertische in die Schulpassage integriert werden.



Abbildung 64 Schulpassage EG

Foyer / Aula

Das Foyer soll für den normalen Schulbetrieb wie für größere Veranstaltungen nutzbar sein. Dies wird über eine Neuausrichtung der Bühne und ein neu organisiertes Raumkonzept mit zuschaltbarer Passagenfläche erzielt (s. Abbildung 65). Die Anknüpfung an die Mensa und der zentrale Zugang über den Haupteingang ermöglichen in Verbindung mit der Möglichkeit zur vollständigen Abgrenzung zum Rest der Schule ein hohes Maß an Flexibilität. Durch die gezielte Tageslichtnutzung über die Oberlichter erfährt der gesamte Raum zusätzlich eine Aufwertung.

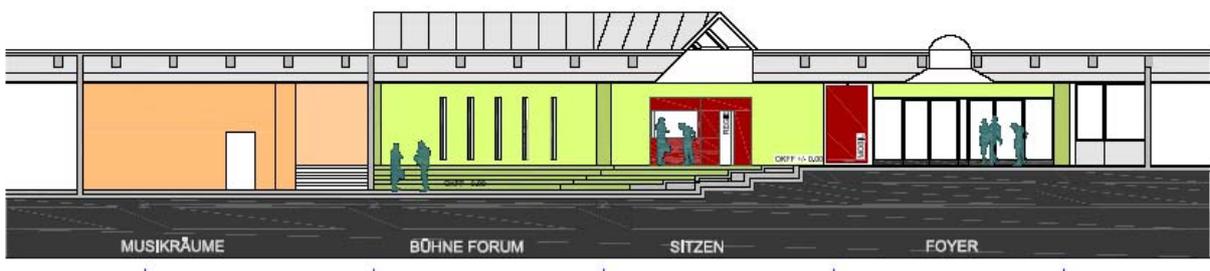


Abbildung 65 Längsschnitt Forum EG

Bibliothek / Mediathek

Der bisherige Bereich für Bibliothek / Mediathek wird zugunsten der neuen Mensa verschoben. An der Westfassade in der Nähe zum höhengestaffelten Musikraum erfolgt eine Neuorganisation.

Ruhe / Kino / Freizeit

Der bisherige Chemie-NTW-Raum wird zu einer Freizeitzone umgerüstet, der gleichermaßen als Schulkino und Musikraum genutzt werden kann. Die Bestuhlung wird entfernt und durch Sitzkissen und weitere Möblierungs- und Gestaltungselemente ergänzt.

Unterrichtsräume

Die Unterrichtsräume bleiben hinsichtlich der Raumstruktur weitgehend unangetastet. In den Obergeschossen wird je ein Unterrichtsraum für die Aufteilung in zwei Gruppenräume vorbereitet. Damit wird den pädagogischen Anforderungen aus Kap. 3 und einer reduzierten Schüleranzahl Rechnung getragen.

Ruhezonen

Durch den Umbau zur Ganztagschule verändert sich die Anforderung an die Differenzierung der Raumangebote. Der verlängerte Aufenthalt macht zusätzliche Rückzugsorte für Schüler notwendig (s. Kap 3). Seitlich vom Westtreppenhaus werden Ruhezonen eingerichtet, die erhöhte Aufenthaltsqualität und Außenbezug anbieten.



Abbildung 66 Ruhezone EG

Verwaltung

Die gesamte Schulleitung inkl. Lehrerzimmer wird im nordöstlichen Erdgeschoss neu organisiert, um eine effiziente Zusammenarbeit zwischen Schulleitung und Lehrern zu ermöglichen. Dabei wird es aufgrund der Umstrukturierung der Schulorganisation nur noch ein Lehrerzimmer geben, das gemäß bisherigem Konzept weiterhin direkt an den Verwaltungsbereich angeschlossen ist. Zur Arbeitsoptimierung werden Vorbereitungsräume für die Lehrer auf den Etagen eingerichtet, die für den gelegentlichen Gebrauch als Arbeits- und Pausenbereich konzipiert sind und hinsichtlich ihrer Raumanforderungen bewusst nicht in Konkurrenz

zum zentralen Lehrerzimmer stehen. Der Gemeinschaftsgedanke „Zwei Schulen unter einem Dach“ soll gefördert werden.

Fassade

Das ursprüngliche Sanierungskonzept sieht vor, die Schule auf das Niveau eines Passivhaus-Standards zu heben. Erforderlich ist die vollständige Erneuerung der Gebäudehülle, wobei sich die baukonstruktiven Lösungen in Abhängigkeit von der Bestandsfassade unterscheiden.



Abbildung 67 Ansicht Süd

Auf das bestehende Mauerwerk im EG, die Attikabereiche und auf den Beton der Treppenhäustürme wird jeweils ein Wärmedämmverbundsystem aufgebracht.

Die Regelfassaden der Obergeschosse werden in einem vorgefertigten Holzfassadensystem in Pfosten-Riegel-Bauweise mit 8,40 m breiten Standardelementen für die Bereiche Brüstung, Fenster, Fensterpaneel und Attika Elementen ausgeführt. In Ansicht Süd werden die einzelnen Elemente farblich unterschieden und in der Ausführung ohne und mit Fensterpaneel dargestellt.

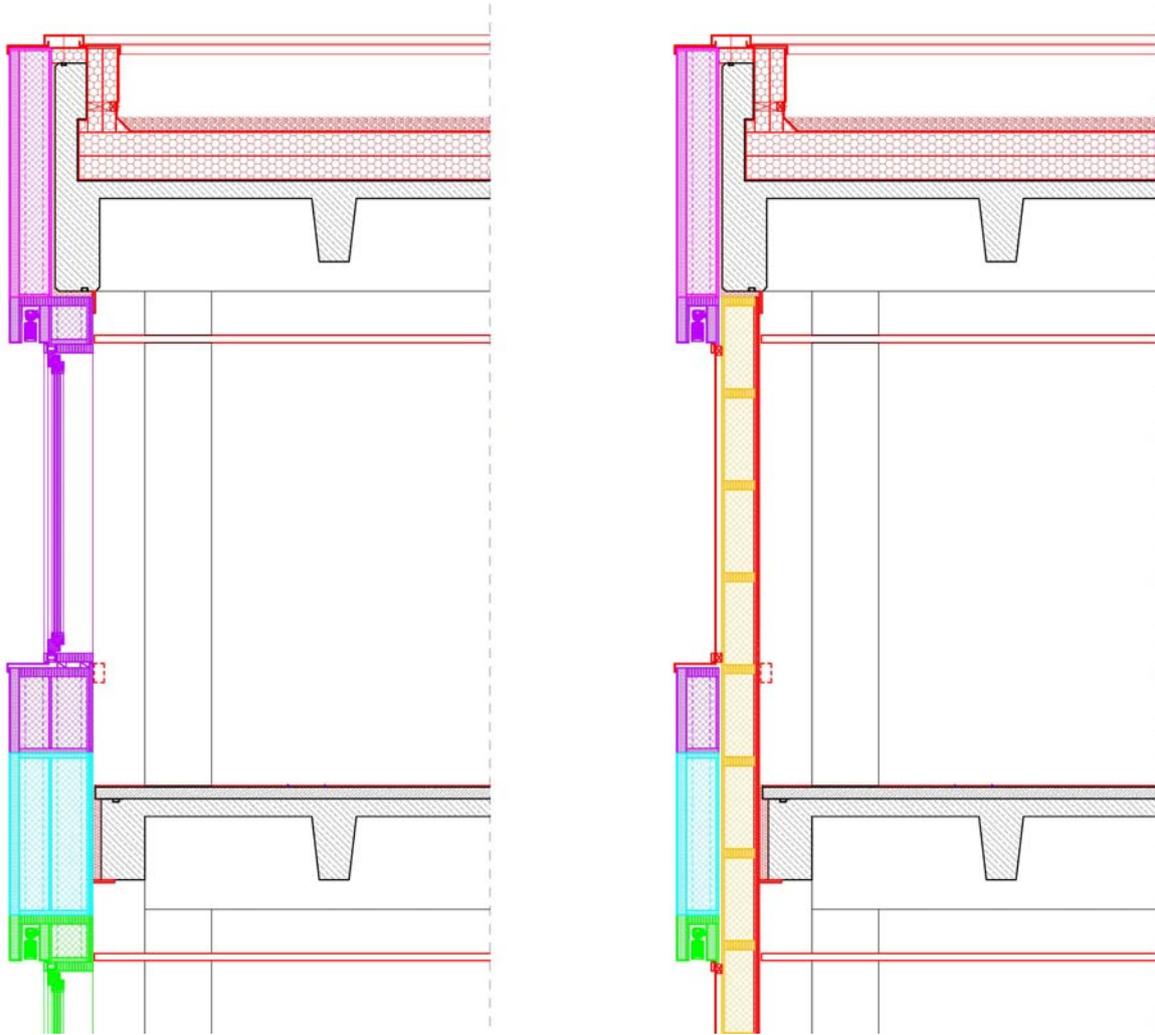


Abbildung 68 Fassadenschnitt Ostfassade 2.OG ohne und mit Fensterpaneel

Der Aufbau eines Brüstungselements setzt sich beispielsweise zusammen aus Kunstharzputz, Putzträgerplatte, Doppelstegträger bzw. Mineralwolle, OSB-Platte und Gipsfaserplatte. Die Fensterpaneele sind außen mit Blech verkleidet.

6.4 Sanierungskonzept Akustik

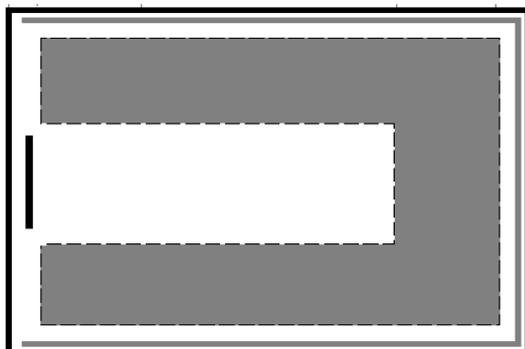
Die Ergebnisse der Nachhallzeitmessungen bei der Bestandsanalyse zeigen, dass die Unterrichtsräume mit funktionstüchtigen Akustikdecken ausgestattet sind, so dass aus akustischer Sicht auf Basis der bisherigen Nutzung keine Sanierung der Decken erforderlich ist. Zu berücksichtigen ist aber ein offenbar vorliegender Sanierungsbedarf im Bereich der Lüftungs- und der Beleuchtungstechnik. Hieraus ergeben sich voraussichtlich erhebliche Eingriffe und Änderungen bei den Deckenverkleidungen und damit Beeinträchtigung der akustischen Aus-

stattungen der Räume, so dass die Begleitung der Maßnahmen durch Prognoserechnung der zu erwartenden Nachhallzeiten erforderlich ist.

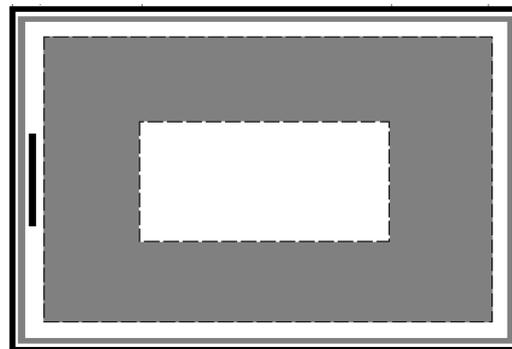
Notwendig ist, dass die weit überhöhten Nachhallzeiten in den Treppenhäusern durch zusätzliche großflächige absorbierende Wandverkleidungen abgesenkt werden. Für den Bereich der großen Schulpassage sind die Alternativen einer vollständigen Abhangdecke und der offenen Gestaltung mit partieller Abhängung in der Diskussion. Auch bei dem neu einzurichtenden Mensabereich, sowie bei der Neugestaltung bzw. Einrichtung der Bereiche Foyer/Aula und der Ruhezeiten ist die Berücksichtigung akustischer Anforderungen in die aktuelle Planung eingebunden.

6.4.1 Sanierungsempfehlungen Akustik

Wenn für die Sanierung nicht nur ein Ersatz der abgehängten Akustikdecken in den Unterrichtsräumen sondern auch jeweils Belüftungsanlagen im Deckenraum eingebaut werden, erscheint es vorteilhaft, eine bauphysikalische Optimierung durch Änderung der akustischen Ausstattung zu ermöglichen. Indem man den Deckenanteil der Absorber auf ca. 50 % beschränkt und damit die Betondecken thermische aktiviert, lassen sich raumklimatische Vorteile erreichen. Die verbleibenden Deckenabsorber könnten vorteilhaft zur Reduzierung der Geräusentwicklung der Lüftungsanlage herangezogen werden. Bei größeren Räumen ist eine reflektierende Fläche in Raummitte zudem akustisch vorteilhaft. Allerdings müsste ein Ausgleich der entfallenden Deckenabsorberfläche vorgenommen werden. Dies kann durch einen höheren Absorptionsgrad der neuen Deckenverkleidung und zusätzliche Wandabsorber erfolgen. Die folgenden Skizzen zeigen eine mögliche Anordnung der absorbierenden Flächen entsprechend der DIN 18041.



Deckenuntersicht Frontalunterricht



Deckenuntersicht Gruppenarbeit

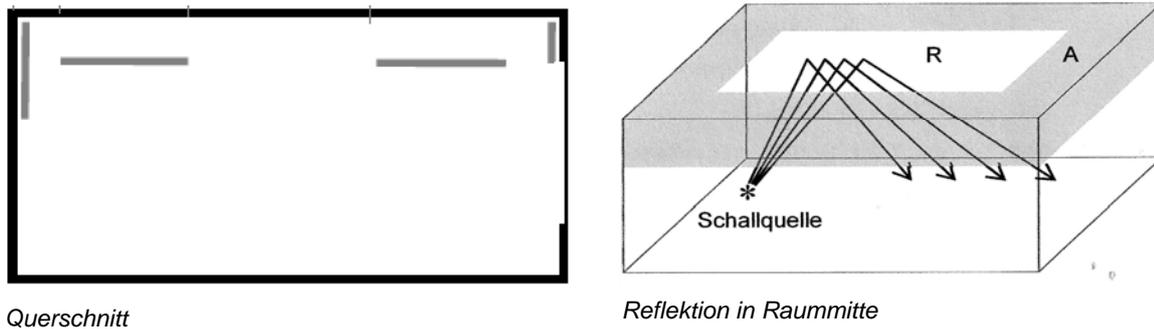


Abbildung 69 Therm. Aktivierung von Speichermassen in Unterrichtsräumen

Trotz dieses innovativen Sanierungsansatzes werden diese Maßnahmen letztlich nicht umgesetzt, da in den Unterrichtsräumen der Obergeschosse der Einbau von Belüftungsanlagen wie beschrieben nicht realisiert wird. Auch eine Beschränkung auf nur drei Unterrichtsräume mit thermischer Aktivierung von Speichermassen über offene Akustikdecken mit umfassender messtechnischer Untersuchung der Wirksamkeit als Forschungsprojekt kann in der Folge nicht realisiert werden.

6.4.2 Umsetzung Akustik

Unterrichtsräume

Die abgehängten Decken in allen Unterrichtsräumen werden schließlich wegen erforderlicher, erheblicher technischer Eingriffe und Einbauten aus dem Bereich der Stromversorgung, der Beleuchtung, der Sicherheitstechnik etc. zur Erneuerung vorgesehen. Hierzu sind zwei grundsätzliche Entscheidungen getroffen worden: Es soll wieder eine so genannte Rasterdecke in den Unterrichtsräumen eingebaut werden. Diese soll robust gegen mechanische Beschädigungen und bei kleineren Schäden überstreichbar sein. Natürlich ist den akustischen Anforderungen nach DIN 18041 weiterhin zu entsprechen. Eine umfassende Marktanalyse hat bestätigt, dass allen genannten Anforderungen entsprochen werden kann, u.a. durch eine gelochte GK-Decke, die auch als Rasterdecke realisierbar erscheint.

Flure / Sanitärräume

Auch die Flure der Obergeschosse sollen, ebenso wie alle Sanitärräume, Akustikdecken erhalten. Bei der Beseitigung der extremen Halligkeit in den Treppenhäusern sind keine technischen Probleme zu erwarten, da die Treppenkonstruktion hinreichend geeignete Flächen für die Verkleidung mit Absorbern zur Verfügung stellt (s. Abbildung 70).



Abbildung 70 Potentielle Absorptionsflächen in Treppenhäusern

Forum

Die Neugestaltung des Forums sowie der vorgesehene Einbau einer Mensa stellen weitere Anforderungen an die akustische Planung. Da die Platzierung der vorhandenen Deckenabsorber im Forum wenig geeignet ist, ist eine entsprechend geänderte akustische Ausstattung vorgesehen.

Bezüglich der Mensa finden sich detaillierte Angaben zu akustischen Anforderungen im „Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)“ des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Als „Kriterium Akustischer Komfort“ für Kantinen mit einer Grundfläche >50 m² gelten folgende Anforderungen:

Mindestforderung: $T_{m,125-4000 \text{ Hz}} \leq 1 \text{ s}$,

Komfort: $T_{m,125-4000 \text{ Hz}} \leq 0,5 \text{ s}$, bei 50% mit Personen besetzter Zustand.

Entsprochen wird dem durch Deckenabsorber und zusätzliche Wandabsorber, die möglichst dicht an den Essplätzen platziert sind, um bereits im Nahfeld der Lärmmentstehung eine Pegelreduzierung zu erreichen.

Fassade

Zur Frage der akustischen Anforderung an die neue Fassade des Schulgebäudes sind folgende Berechnungen erforderlich:

DIN 4109 nennt in Tabelle 8 „Anforderungen an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen“ für Unterrichtsräume erf. $R'_{w,res}$ des Außenbauteils in Abhängigkeit vom „maßgeblichen Außenlärmpegel“, eingeteilt in 7 Lärmpegelbereiche mit einer Abstufung von 5 dB, beginnend mit 35 dB(A). Es sind bezüglich einer Beeinträchtigung der Schule durch Verkehrslärm zwei Verkehrswege in Betracht zu ziehen, nämlich eine Straße und eine Bahnstrecke. Die beiden Emissionen können gleichzeitig auftreten und sind daher zu addieren. Es ergibt sich insgesamt der maßgebliche Außenlärmpegel zu 59 dB(A) und damit Lärmpegelbereich II, der

nach Anwendung einer erforderlichen Korrektur von -3 dB zum erforderlichen Schalldämm-Maß führt: erf. $R'_w = 27$ dB.

Die zur Vereinfachung von Ausschreibungen in VDI 2719 definierte Schallschutzklassen-Einteilung von Fenstern ergibt Schallschutzklasse 1 ($R'_w = 25$ bis 29 dB) des funktionsfähig eingebauten Fensters. Zur Bestimmung der Anforderung an die Verglasung nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 ist bei Fenstern mit Glasflächen $> 3 \text{ m}^2$ der Rechenwert des bewerteten Schalldämm-Maßes um 3 dB abzumildern. Es folgt als Anforderung an die Verglasung (Beiblatt 1 zu DIN 4109, Tabelle 40): $R_{w,P,Glas} \geq 27$ dB .

Geschossdecken / Bodenbeläge

Wenn bei den Sanierungsmaßnahmen für die Luftschalldämmung relevante konstruktive Veränderungen vorgesehen werden, ist zu prüfen, ob eine bauakustische Ertüchtigung der Konstruktion zur Erreichung aktueller Mindestanforderungen an die Luftschalldämmung gefordert werden muss, bzw. ist sicher zu stellen, dass z.B. beim Austausch der Bodenbeläge die derzeit eingehaltenen Mindestanforderungen an den Trittschallschutz nicht unterschritten werden.

Bei der Ausführungsplanung zeigt sich, dass die Trennwände nicht bis zur Decke hochgezogen sind. Hier werden ausnahmslos „Schotts“ nachgerüstet, durch die die Erhöhung der so genannten Längsdämmung im Deckenbereich das Erreichen der Anforderung an die Luftschalldämmung zwischen den Unterrichträumen entsprechend DIN 4109 gewährleisten wird. Bezüglich der Trittschalldämmung sieht die Ausführungsplanung der Sanierung den Ersatz aller Nadelfilz-Fußbodenbeläge durch Linoleum vor. Es ist jedoch entsprechend der o.g. Forderung eingeplant, dass ein Produkt gewählt wird, das durch eine zusätzliche Trittschalldämmschicht weiterhin normgerechten Trittschallschutz gewährleistet.

Türen /Schiebewände

Bei der Ausführungsplanung der Sanierung ergibt sich, dass ein Überarbeiten der Türen unrentabel ist. Die Türblätter werden ersetzt, wobei weiterhin eine Schwellendichtautomatik vorgesehen ist, da bei künftigem Linoleumbelag die Anforderungen an die Schwellendichtung gestiegen sind. Die Ausschreibung der neuen Türblätter hat ein Vorhaltemaß von 5 dB zu berücksichtigen, so dass sich als Anforderung ergibt: Türblätter mit $R_w \geq 37$ dB.

Aus dem bei der Sanierungsplanung vorgesehenen Einbau einer Faltschiebewand zwischen Forum und angrenzenden Aufenthaltsbereich ergeben sich Fragen zur Ausschreibung. DIN 4109 gibt in Tabelle 3, Spalte 41 und 42 als Mindestanforderung an Wände zwischen Unterrichtsräumen und zwischen Unterrichtsräumen und Fluren vor: erf. $R'_w = 47$ dB im betriebsfertigen Zustand. Zu berücksichtigen ist, dass derartige Wand-Konstruktionen denen von „Schiebetüren“ entsprechen, so dass ein „Vorhaltemaß“ von 5 dB vorgesehen ist. Damit er-

höht sich die Anforderung an das Bauelement für das im Prüfstand gemessene bewertete Schalldämm-Maß auf $R_w \geq 52$ dB. Die bei der Ausführungsplanung vorgesehene Schiebewand mit einer Schalldämmung $R_w = 56$ dB entspricht diesen Anforderungen mit einer „Reserve“ von 4 dB.

6.5 Sanierungskonzept Thermischer Raumkomfort

Für die Haupt- und Realschule Langelsheim wird eine beispielhafte Simulationsuntersuchung zur Optimierung des sommerlichen Wärmeschutzes durch geeignete passive Maßnahmen durchgeführt. Ziel ist es, über eine Parameterstudie zu prüfen, welche Sonnenschutzeinrichtung und welche Luftwechsel in den Unterrichtsräumen notwendig sind, um die sommerliche Überhitzung zu beschränken. Weiter wird untersucht, ob für den Computerraum im 1.OG eine aktive Kühlung notwendig ist.

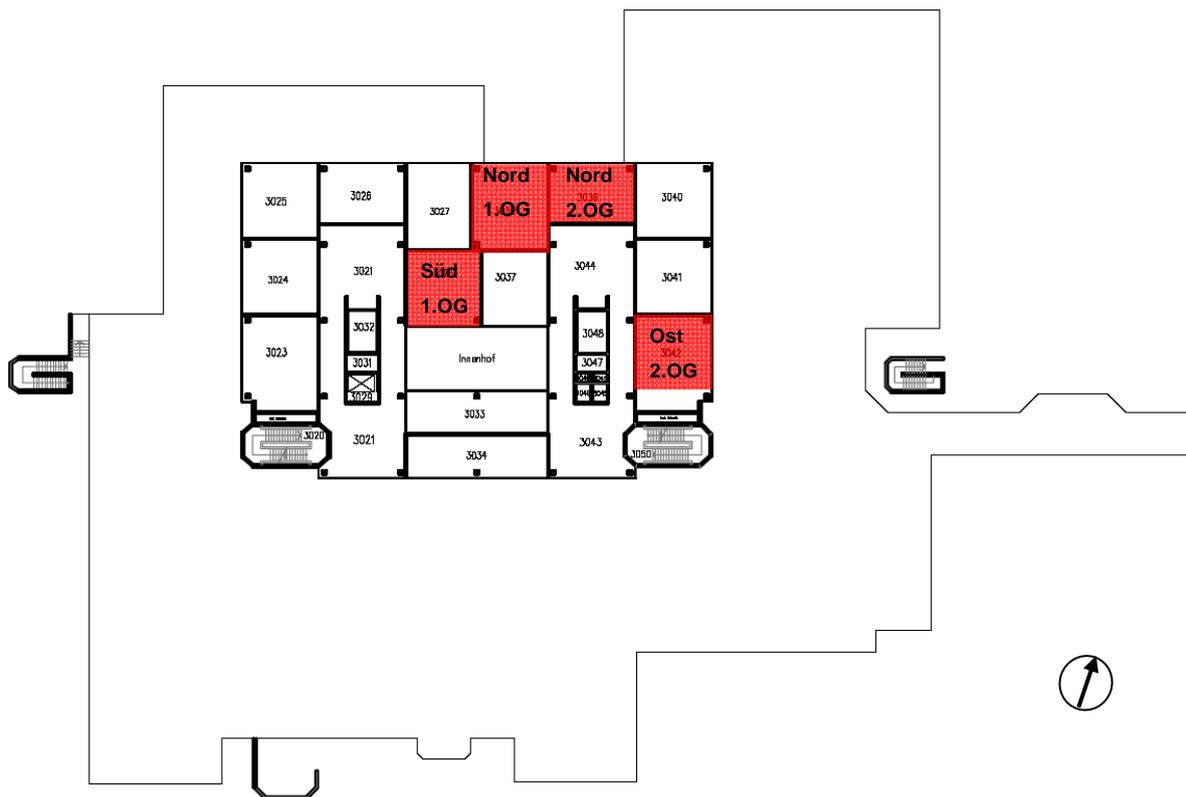


Abbildung 71 Lage der Simulationsräume

Dazu werden folgende vier Referenzräume ausgewählt:

- Ostraum 2.OG 2.015 Unterrichtsraum U20
- Nordraum 2.OG 2.012 Unterrichtsraum U17

- Südraum 1.OG 1.009 Computerraum
- Nordraum 1.OG 1.013 Unterrichtsraum U5 (optional Computerraum)

Die Schulräume werden in einem thermischen Simulationsprogramm (TRNSYS lite 16.0.29) abgebildet und der Verlauf der Raumtemperaturen bei gegebenen Randbedingungen berechnet. Um die Überhitzungssituation bewerten zu können, werden die Simulationen mit den Wetterdaten des Testreferenzjahres TRY-2 mit extremer Sommerperiode für das Binnenklima I (Hamburg) durchgeführt. Auf Basis der ganzjährigen Simulationsverläufe werden jährliche Temperaturstatistiken zu den operativen Raumtemperaturen ermittelt.

Nach DIN 4108-2 gilt als Grenzwert für eine sommerliche Überhitzung eine operative Raumtemperatur von 26°C. Die zulässige Grenzwertüberschreitung liegt bei kleiner 10 % bezogen auf die Aufenthaltszeit. Bei einem Schulbetrieb von 7:30 bis 15:30 Uhr ergeben sich demzufolge 2088 Unterrichtsstunden im Jahr, von denen bis zu 208 Stunden im Jahr mit einer Raumtemperatur über 26°C zulässig sind.

Randbedingungen der Simulation

In Tabelle 8 und Tabelle 9 sind Parameter zum Betrieb und Ausstattung der Räume angegeben:

Parameter	Betrieb und Ausstattung	
Nutzungszeit	Montag bis Freitag	7:30 – 15:30 Uhr
Belegungszahl	29 Personen	29 · 75 W = 2.175 W
Elektrische Geräte	2 Laptops	2 · 70 W = 140 W
Beleuchtung	Beleuchtung 13 W/m ²	13 W/m ² · 70 m ² = 910 W

Tabelle 8 *Betrieb und Ausstattung Unterrichtsräume*

Parameter	Betrieb und Ausstattung	
Nutzungszeit	Montag bis Freitag	7:30 – 15:30 Uhr
Belegungszahl	29 Personen	29 · 75 W = 2.175 W
Elektrische Geräte	30 Laptops	30 · 70 W = 2.100 W
Beleuchtung	Beleuchtung 13 W/m ²	13 W/m ² · 70 m ² = 910 W

Tabelle 9 *Betrieb und Ausstattung Computerräume*

Berücksichtigung finden weiter die internen Lasten und die Betriebszustände des zukünftigen Ganztagsbetriebes mit einer Nutzungszeit von 7:30 bis 15:30 Uhr. 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.

In einer Voruntersuchung hat sich der Einbau einer Wärmeschutzverglasung als nicht vorteilhaft erwiesen. Der im Vergleich um etwa 20 % höhere Anteil an Überhitzungsstunden führt in der Folge zur Überschreitung der zulässigen Grenzwerts von 10 %.

Für die hier dargestellten Varianten ist daher unter Berücksichtigung des geplanten ENEC-30 % Standards eine zweifache Sonnenschutzverglasung (2f SSV) mit einer Lichttransmission von 66 % und einem g-Wert von 33 % gewählt worden. Im Fazit dieses Kapitels wird kurz auf den Einfluss einer Dreifachverglasung eingegangen.

Parameter	EnEV – 30%	Abk.	
Fenster	Fensterrahmenanteil		20 %
Verglasung	Sonnenschutzverglasung 2-fach	2f SSV	g-Wert: 33 % t _L : 66 % U _w -Wert: 1,16 W/m ² K
Sonnenschutz	außenliegender Sonnenschutz	aS	F _c -Wert: 0,20
	innenliegender Sonnenschutz	iS	60 % Reflexion
	Ohne Sonnenschutz	oS	-
Lüftung	Taglüftung Unterricht 06:30 bis 16:30 Uhr	TL	n = 3,0 1/h
	Taglüftung o. Unterricht 16:30 bis 22:00 Uhr	TL	n = 1,0 1/h
	Nachtlüftung 22:00 bis 06:30 Uhr	NL	n = 1,5 1/h

Tabelle 10 Allgemeine Simulationsparameter

Berücksichtigt wird in der Regel ein außen liegender Sonnenschutz (aS) und für eine Variante ein innen liegender Sonnenschutz (iS). Der Sonnenschutz wird bei einer Globalstrahlung größer als 180 W/m² auf die Fassade geschlossen. Die Verschattung durch die Innenhoflage des Südraumes ist berücksichtigt.

Für den Unterricht wird auf Grundlage vorheriger Untersuchungen ein dreifacher Luftwechsel (TL) mit Fensterlüftung angenommen. Außerdem ist im Sommerfall von 22:00 Uhr bis 6:30 Uhr eine Nachtlüftung (NL) mit n = 1,5 1/h sowie eine Lüftung außerhalb der Nutzungszeit von n = 1,0 1/h vorgesehen.

Nachfolgend werden die Simulationsvarianten entsprechend der Ausrichtung, der Verglasung, der angenommenen Luftwechsel und der Verschattung bezeichnet.

Die Berücksichtigung einer Akustikdecke mit 50 % wird mit „50 % AD“, die Nutzung als Computerraum mit „Comp“ abgekürzt

Unterrichtsräume

Var.1	O	2fSSV	TL 3/1 NL1,5	aS	
Var.2	O	2fSSV	TL 3/1 NL1	aS	
Var.3	O	2fSSV	TL 3/1 NL1,5	aS	50% AD
Var.4	N	2fSSV	TL 3/1 NL1,5	aS	
Var.5	N	2fSSV	TL 3/1 NL1,5	iS	
Var.6	N	2fSSV	TL 3/1 NL1,5	oS	

Aus der Simulation ergibt sich für den Unterrichtsraum Ost im 2. OG die Notwendigkeit eines dreifachen Luftwechsels am Tage und eines 1,5 fachen Luftwechsels in der Nacht, um die zulässige Anzahl an Überhitzungsstunden knapp zu unterschreiten. Zudem ist beweglicher außenliegender Sonnenschutz nötig. Eine Reduzierung des nächtlichen Luftwechsels auf 1 1/h führt zur Überschreitung des zulässigen Überhitzungsanteils.

Eine relative Verbesserung um 10 % bringt dagegen eine zu 50 % offene Akustikdecke, die eine Nutzung der Speichermasse der Betondecken zur Pufferung der Raumtemperaturen im Sommer ermöglicht.

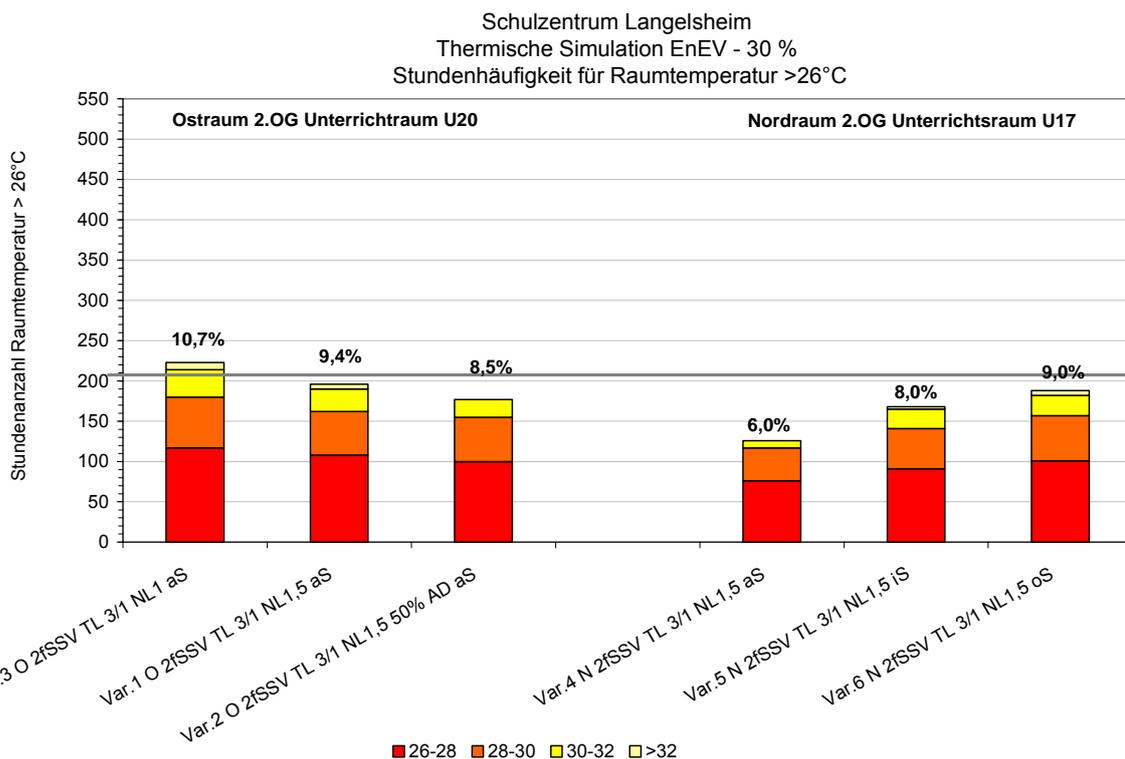


Abbildung 72 Simulationsergebnisse Unterrichtsräume

Legt man den für den Ostraum notwendigen Luftwechsel zugrunde ergibt sich für den Nordraum im 2. OG ein Anteil an Überhitzungsstunden von 6,0 %. Dieser vergleichsweise hohe Wert des nordorientierten Raumes mit der geringeren solaren Einstrahlung und mit Nutzung

eines außenliegenden Sonnenschutzes ergibt sich aufgrund der hohen internen Lasten von 33 W/m² in einem Klassenraum.

Die Ausstattung mit einem innenliegenden Sonnenschutz bzw. ohne Sonnenschutz erscheint für den Nordraum unter einem akzeptablen Komfortverzicht mit einem Überhitzungsanteil von 8 % bzw. 9 % möglich.

Computerräume

Var.7	S	2fSSV	TL 3/1 NL1,5	aS	Comp
Var.8	S	2fSSV	TL 6/1 NL1,5	aS	Comp
Var.9	N	2fSSV	TL 3/1 NL1,5	aS	Comp
Var.10	N	2fSSV	TL 4,5/1 NL1,5	aS	Comp

Von Seiten der Planer ist vorgesehen, den zentralen Computerraum der Schule angrenzend an den Innenhof im 1.OG mit Südorientierung zu platzieren.

Aus der thermischen Simulation ergibt sich, dass für den Computerraum ohne Kühlung eine Lüftung, wie sie in den Unterrichtsräumen praktikabel ist, nicht ausreicht um die hohen internen Lasten aus Rechnern und Personen abzuführen. Notwendig wäre ein sechsfacher Luftwechsel um einen Überhitzungsanteil von 8,2 % zu erreichen.

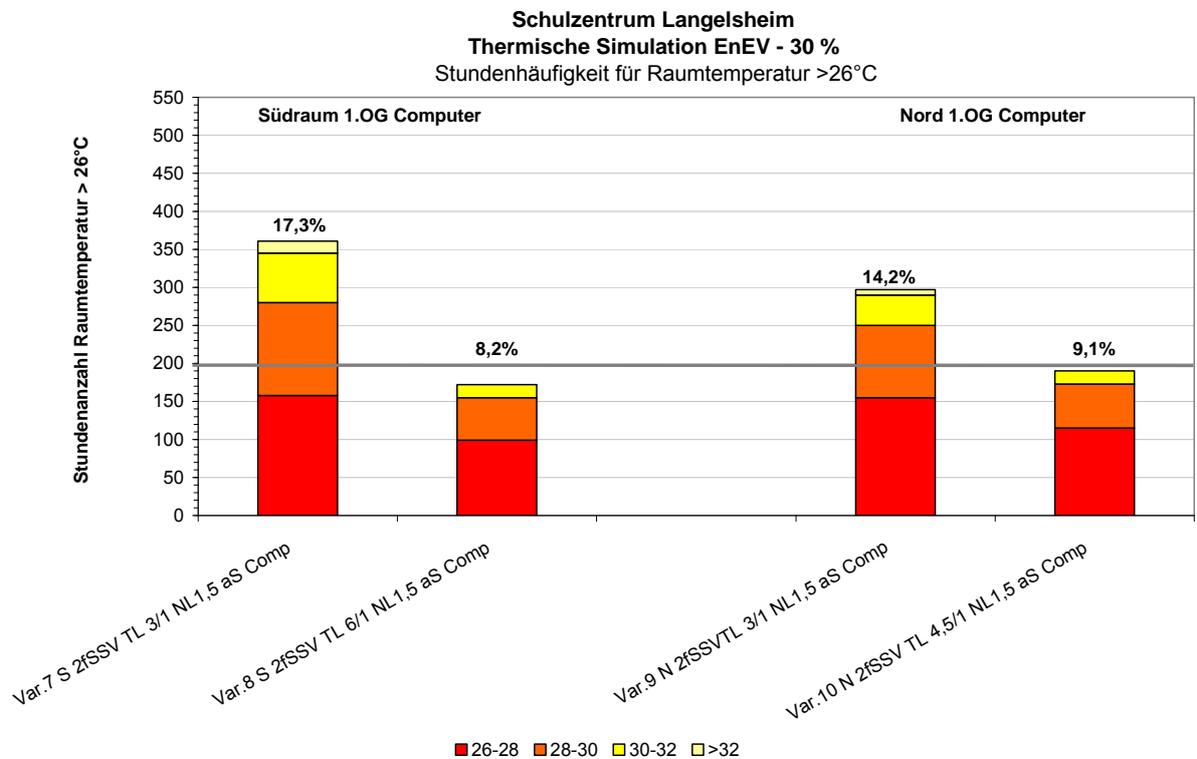


Abbildung 73 Simulationsergebnisse Computerräume

Zur Reduzierung der solaren Einstrahlung wird die Platzierung des Computerraums in einem Nordraum geprüft. Luftwechsel, wie sie in den Unterrichtsräumen definiert sind, führen auch

hier zu einem nicht akzeptablen Überhitzungsanteil von 14,2 %. Erst mit einem 4,5 fachen Luftwechsel wäre es in diesem Fall möglich den zulässigen Anteil von 10 % zu unterschreiten, was über eine reine Fensterlüftung fraglich ist.

Fazit

Auf der Ost- West- und Südseite wird eine zweifache Sonnenschutzverglasung mit einer Lichttransmission von 66 % und einem g-Wert von 33 % in Verbindung mit einem beweglichen außenliegenden Sonnenschutz empfohlen. Als Alternative ist nach einer ergänzenden Simulation auch eine Dreifachverglasung (U-Wert 0,81 W/(m²K)) mit einer Lichttransmission von 66 % und einem g-Wert von 45 % bei geringfügig höheren Überhitzungsanteilen möglich. Unter akzeptablen Komforteinbußen kann auf der Nordseite der Verzicht auf einen außenliegenden Sonnenschutz bei Nutzung eines innenliegenden Sonnenschutzes verzichtet werden.

Da im Ostraum eine Akustikdecke mit einem Deckenanteil von 50 % den Überhitzungsanteil relativ um 10 % reduziert, wird im Fall der Deckenerneuerung die Umsetzung einer offenen Akustikdecke empfohlen.

Um Überhitzungen weitgehend zu reduzieren ist für die ost- und westorientierte Unterrichtsräume am Tag eine 3facher und in der Nacht ein 1,5facher Luftwechsel notwendig. Zur Gewährleistung ist dafür in der Regel der Betrieb einer Lüftungsanlage erforderlich.

In der Praxis ist für einen dreifachen Luftwechsel über die Fenster eine dauerhafte Drehstellung von zwei Fensterflügeln pro Klassenraum notwendig, für einen 1,5fachen Luftwechsel entsprechend eine Drehstellung von einem Fensterflügel [Fei03]. Eine Kippstellung von zwei Fensterflügeln entspricht etwa einem einfachen Luftwechsel und reicht damit nicht aus. Diese Abschätzungen zeigen, dass das Lüften bei geöffneten Fensterflügeln angesichts des fehlenden Einbruchs- und Wetterschutzes nicht praktikabel ist.

Für den Computerraum inklusive des Servers ist angesichts der starken Überhitzungsanteile eine aktive Kühlung notwendig. Um die internen Lasten zu reduzieren, wird statt einer Vielzahl einzelner Rechner ein zentraler energieeffizienter Terminal mit so genannten „Thin Clients“ empfohlen.

Ergänzend zu den Berechnungen auf Grundlage des EnEV-30 % Standards sind die Varianten in Passivhaus-Bauweise durchgeführt worden. Ergebnis ist, dass sich die Überhitzungsanteile relativ um 2 bis 5 % erhöhen, da das Passivhaus-Gebäude über die Gebäudehülle bei identischer Lüftung einen im Vergleich geringeren Wärmedurchgang nach außen hat.

6.6 Sanierungskonzept Energie

Im Folgenden werden die Rahmenbedingungen der energetischen und wirtschaftlichen Berechnungen erläutert. Die Berechnung des Energiebedarfs erfolgt nach DIN V 18599 auf Grundlage der EnEV 2009 mit der Software „Energieberater 7.0.6 Plus“ über ein Mehrzonenmodell.

Vorweg gibt Tabelle 11 eine Übersicht über die im Laufe des Projektes berechneten Varianten:

	Bestand	Brennwertkessel	Holzpelletkessel	Fernwärme	Wärmepumpe
		BWK	HPK	FW	WP
Bestand					
EnEV					
EnEV -30%			   		
PH					

 alle Bereiche
 nur Unterrichtsräume
 ohne Unterrichtsräume
 Abluft

Tabelle 11 Übersicht der Varianten

Die neun schwarz umrandeten Varianten mit Wärmeerzeugung durch Holzpelletkessel und Fernwärme geben den aktuellen Planungsstand wieder und werden im Folgenden erläutert.

Nicht weiter herangezogen werden die Bewertungen der Varianten mit Brennwertkessel bzw. Wärmepumpe aus dem zweiten Zwischenbericht. Zu den Ergebnissen zählt in Kürze, dass eine Versorgung über einen Brennwertkessel zwar die geringsten Investitionskosten hat, sich die primärenergetischen Zielsetzungen aber in keiner Weise erreichen lassen. Bei der Wärmepumpe verschlechtern hohe Investitionskosten für den Bau der Erdsonden die Wirtschaftlichkeit. Von energetischer Seite ist der Einsatz eines Spitzenlastkessels auf Erdgasbasis nachteilig. Empfohlen werden daher die beiden Versorgungsvarianten auf Holzbasis mit Holzpelletkessel und als Alternative mit einem Fernwärmeanschluss an das örtliche Holzheizkraftwerk.

6.6.1 Parameter der energetischen Berechnung (Methodik)

Gebäudehülle

Zur Bewertung der baulichen und technischen Maßnahmen wird auf Grundlage der Bestandsvariante eine Studie mit folgenden Zielvorgaben durchgeführt:

Energetischer Standard

- Neubau nach EnEV 2009
- Neubau EnEV 2009 - 30 %
- Passivhaus-Standard

Tabelle 12 gibt einen Überblick über die Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle, die notwendig sind, um die gesetzlichen Vorgaben der Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) und der DIN 18599 zu erfüllen.

Eine direkte Vergleichbarkeit zwischen einer EnEV- und einer Berechnung nach dem „Passivhaus Projektierungs Paket - PHPP“ [Fei07] ist aufgrund einiger unterschiedlicher Parameter wie der Energiebezugsfläche und der Berücksichtigung des Haushaltsstromes nicht gegeben. Daher werden alle Varianten Passivhaus-Standard unter Berücksichtigung aller passivhaustypischen Parameter auf Grundlage der EnEV berechnet.

HS RS Langelsheim				Bestand		EnEV 2009 Neubau		EnEV 2009 -30%		Passivhaus	
Gebäudehülle											
Dach	U_{ges}	W/m ² K	7 cm	0,49	11 cm	0,33	20 cm	0,19	32 cm	0,12	
Außenwand	U_{ges}	W/m ² K	5 cm	0,68	9 cm	0,33	18 cm	0,17	28 cm	0,12	
Kellerdecke gegen Erdreich	U_{ges}	W/m ² K	4 cm	0,77	4 cm	0,77	4 cm	0,77	4 cm	0,77	
Kellerdecke gegen unbeheizt	U_{ges}	W/m ² K	4 cm	0,77	7,5 cm	0,41	10,5 cm	0,30	13,5 cm	0,24	
Fenster	U_{ges}	W/m ² K	Isovergl.	3,00	2-S WSV	1,90	2-S WSV	1,30	3-S WSV	0,80	
Opake Außenbauteile	U_{ges}	W/m ² K		0,52		0,33		0,23		0,18	
Wärmebrücken		W/m ² K		0,15		0,10		0,10		0,05	
Gebäudedichtheit	n_{50}	1/h		3,00		1,50		1,00		0,60	

Tabelle 12 Sanierungsmaßnahmen an Gebäudehülle

Um die berechneten Bedarfswerte an den tatsächlichen Verbrauch anzugleichen und damit die Aussagen zur Wirtschaftlichkeit ableiten zu können, werden einzelne Nutzungsrandbedingungen nach Norm auf die realen Bedingungen der Schule Langelsheim angepasst.

Alle Erdgeschossdecken, die an den unbeheizten Keller grenzen, werden unterseitig mit einer Dämmung versehen. Eine Erhöhung der Dämmstärke im Fußbodenaufbau der Sohlplatte aus energetischen Gründen ist unwirtschaftlich.

Gebäudetechnik

Vorgesehen ist die komplette Erneuerung der Technikzentrale als zentrale Einrichtung im UG der Haupt- und Realschule. Von dieser werden auch die weiteren Gebäudeteile des Schulzentrums mit Grundschule, Sport- und Turnhalle versorgt.

Wie in der Einleitung erläutert werden folgende Wärmeerzeuger untersucht:

- Holzpelletkessel in Kombination mit Gasbrennwertkessel
- Fernwärmeanschluss (Kraft-Wärme-Kopplung aus Biomasse)

Tabelle 13 gibt einen Überblick über die in den Varianten verwendeten Wärmeerzeugern und deren technische Parametern.

Anlagentechnik		Bestand					
Wärmeerzeuger		Gebläsekessel		Biomasse-Heizk. Brennwertkessel		Fernwärme KWK	
Energieträger		Erdgas (tlw. Heizöl)		Holzpellets / Erdgas		Holz	
Nennleistung Wärmeerzeuger	kW	Bestand	1.452	EnEV NB	300 / 150	EnEV NB	532
	kW			EnEV-30%	300 / 150	EnEV-30%	436
	kW			PH	300 / 150	PH	339
Anlagenaufwandzahl e_p			1,23		1,45 / 1,08		1,00

Tabelle 13 Beschreibung der Wärmeerzeuger

Die Konditionierung des Gebäudes erfolgt im Bestand über statische Heizflächen. Um die notwendige Heizwärmeleistung der Lüftungsanlage und deren Laufzeiten minimieren zu können, bleibt in den Sanierungsvarianten die Übergabe über die Heizkörper bestehen.

Geplant ist weiter der Einbau einer bedarfsgerechten energieeffizienten Beleuchtungstechnik. Die Beleuchtung der Unterrichtsräume wird bei Präsenz wiedereingeschaltet und tageslichtabhängig gedimmt, ohne Präsenz wird sie ausgeschaltet. Weitere Teile in den Verkehrszonen des EG und der Obergeschosse sind präsenzgesteuert.

Für alle Varianten mit mechanischer Be- und Entlüftung ist eine Wärmerückgewinnung mit einem Wärmerückgewinnungsgrad von 82 % vorgesehen. Ausnahme ist der WC-Bereich der nur über eine Abluftanlage verfügt. Während im Bestandsgebäude in erster Linie die innenliegenden Bereiche wie Verkehrsflächen und WC mechanisch belüftet werden, ist in den folgenden Varianten eine mechanische Belüftung aller Gebäudebereiche inklusive aller Unterrichtsräume vorgesehen.

Anschließend werden verschiedene Lüftungsvarianten vertiefend untersucht.

6.6.2 Energetische Bewertung

Die Ergebnisse der Varianten werden wie beschrieben end- und primärenergetisch bewertet.

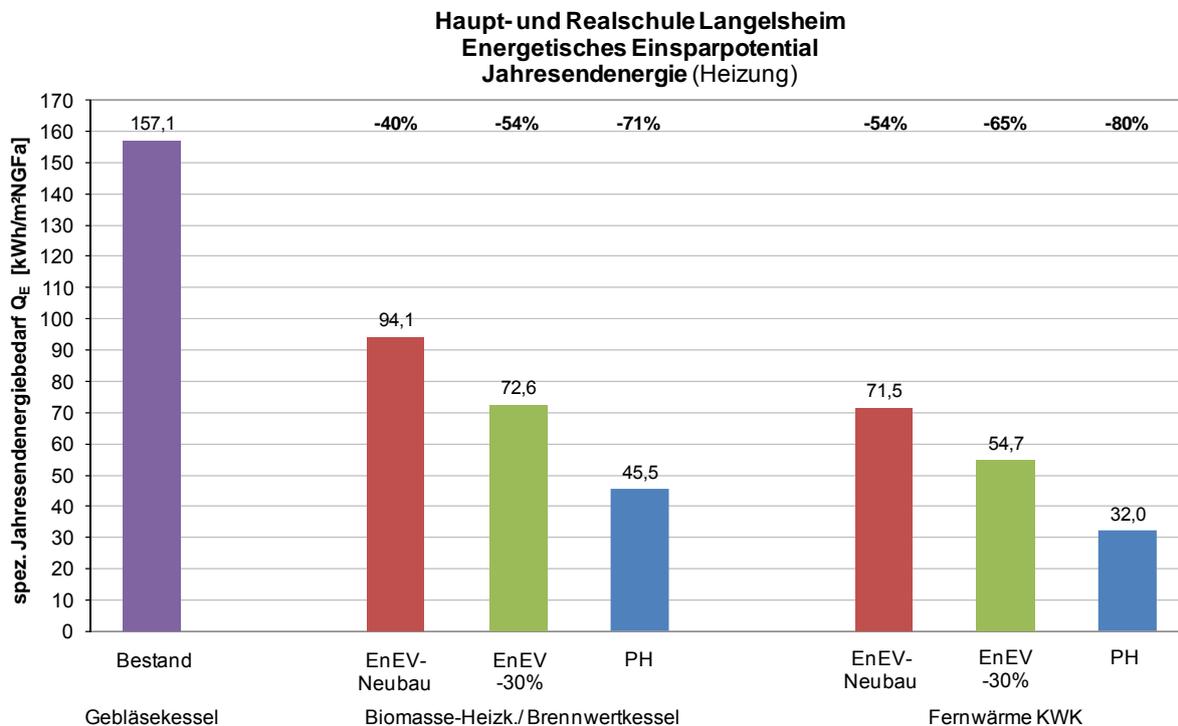


Abbildung 74 Spez. Jahresheizenergiebedarf (Endenergie)

Der geringste Endenergiebedarf Raumwärme ergibt sich für die Variante Passivhaus mit Versorgung über Fernwärme mit 32 kWh/(m²a), was einer Bedarfsreduzierung gegenüber dem Bestand von 80 % entspricht.

Für die EnEV -30 % Variante mit 55 kWh/(m²a) ist eine Reduzierung um 65 % und für die EnEV Variante mit 72 kWh/(m²a) um 54 % berechnet worden.

Die Varianten Holzpelletkessel haben im Vergleich zur Fernwärme einen um etwa 25 % höheren Endenergiebedarf. Für die Variante Passivhaus mit Versorgung über Holzpelletkessel liegt der entsprechende Bedarf beispielsweise bei 46 kWh/(m²a). Begründet ist dies dadurch, dass die Erzeugungsverluste der Fernwärme nach EnEV keine Berücksichtigung finden und die Verluste am Wärmetauscher gering sind. Andererseits liegt die Anlagenaufwandszahl des Holzpelletkessels mit 1,45 sehr hoch.

Gegenüber dem Mindeststandard EnEV Neubauniveau reduzieren sich die Bedarfswerte Heizwärme beider Versorgungsformen für die verbesserte Variante EnEV -30 % mit einem mittleren U-Wert opaker Bauteile von 0,23 W/m²K um ca. 24 %. Erreicht die Gebäudehülle den Passivhaus-Standard mit einem mittleren U-Wert opaker Bauteile von 0,18 W/m²K und Dreischeibenverglasung verringert sich der Wärmebedarf nochmals um 40 % im Vergleich zur EnEV-30 % Variante.

In Tabelle 14 werden sämtliche endenergetische Bedarfswerte für Heizung, Kühlung, Lüftung und Beleuchtung zusammengetragen:

Var.	Standard		Endenergie		
			Heizung, Kühlung, Lüftung, Beleuchtung	Heizung	Strom (Kühlung, Lüftung, Beleuchtung)
			[kWh/(m²a)]	[kWh/(m²a)]	[kWh/(m²a)]
1.1	EnEV	Holzpellet	111,4	94,1	8,6
1.2	EnEV-30%	Holzpellet	89,7	72,6	8,6
1.3	PH	Holzpellet	62,9	45,5	8,7
2.1	EnEV	FW	88,7	71,5	8,6
2.2	EnEV-30%	FW	71,8	54,7	8,6
2.3	PH	FW	49,4	32,0	8,7

Tabelle 14 Ergebnisse spez. Energiebedarf Endenergie

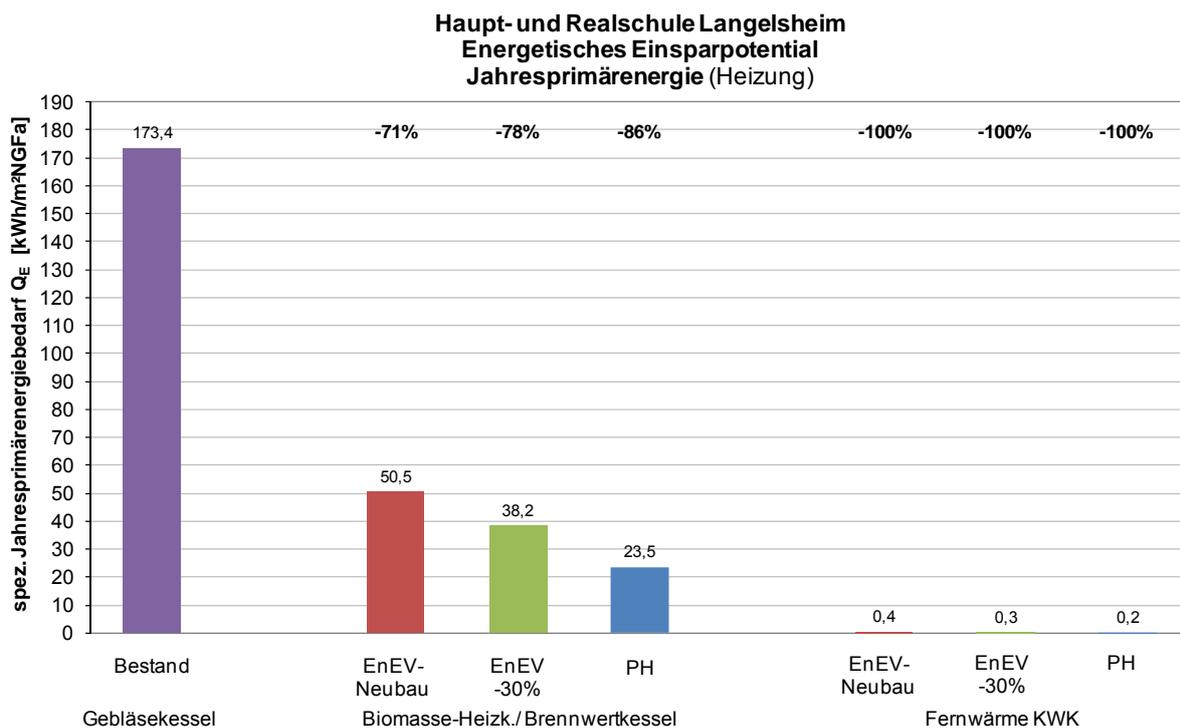


Abbildung 75 Spez. Jahresprimärenergiebedarf Heizung

Der bei weitem niedrigste Jahresprimärenergiebedarf für die Wärmebereitstellung ergibt sich durch die Fernwärmeversorgung aus Kraftwärmekopplung auf der Basis von Biomasse, in diesem Falle Holz. Nach EnEV liegt der Primärenergiefaktor bei null.

Für die Varianten mit Holzpelletkessel wird der Teil mit Biomasse ebenfalls mit einem Primärenergiefaktor Null bewertet, für den Teil des mit Gas versorgten Spitzenlastkessels mit 1,1.

Var.	Standard		Primärenergie		
			Heizung, Kühlung, Lüftung, Beleuchtung	Heizung	Strom (Kühlung, Lüftung, Beleuchtung)
			[kWh/(m²a)]	[kWh/(m²a)]	[kWh/(m²a)]
1.1	EnEV	Holzpellet	95,4	50,5	22,5
1.2	EnEV-30%	Holzpellet	83,0	38,2	22,4
1.3	PH	Holzpellet	68,9	23,5	22,7
2.1	EnEV	FW	45,2	0,4	22,4
2.2	EnEV-30%	FW	45,0	0,3	22,4
2.3	PH	FW	45,6	0,2	22,7

Tabelle 15 Ergebnisse spez. Energiebedarf Primärenergie

Unter Berücksichtigung der endenergetischen wie primärenergetischen Bewertung ist die Passivhaus-Variante mit Versorgung über Fernwärme aus Kraftwärmekopplung auf Biomassebasis die ökologisch günstigste.

Die folgende Abbildung beschreibt die Bedarfswerte Primärenergie aus Tabelle 15 differenziert in Heizung, Kühlung, Lüftung und Beleuchtung. Stromseitig hat die Lüftungsanlage mit etwa 14 kWh/(m²a) den höchsten Bedarf. Die Beleuchtung benötigt 7 kWh/(m²a), die Kühlung des Computerraumes nur etwa 1 kWh/(m²a).

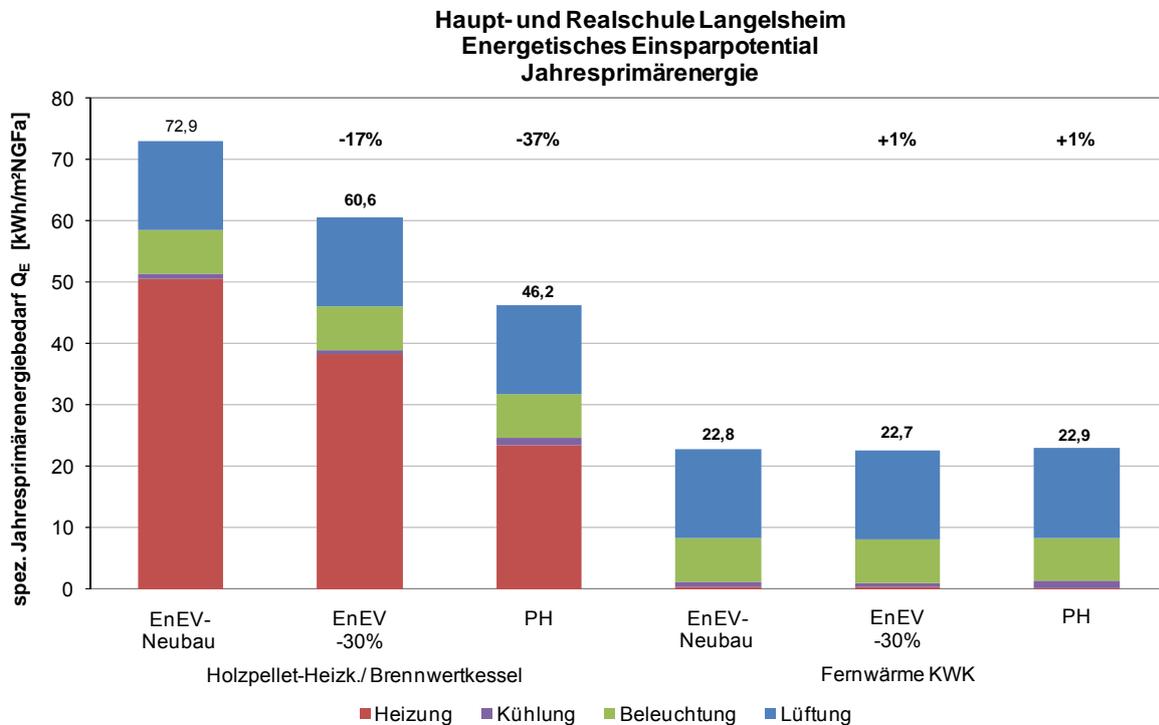


Abbildung 76 Spez. Jahresprimärenergiebedarf aller Verbraucher

Fazit

Der geringste Heizendenergiebedarf ergibt sich erwartungsgemäß für den Passivhaus-Standard, bei Versorgung über Fernwärme beträgt die Reduzierung gegenüber dem Bestand 80 %. Die Kraftwärmekopplung auf Biomassebasis stellt in ökologischer Hinsicht die günstigste Lösung dar. Da die Erzeugungsverluste der Fernwärme nach EnEV unberücksichtigt bleiben, ist die Versorgung mit Holzpelletkessel aufgrund einer hohen Aufwandszahl ineffizienter.

6.6.3 Energetische Bewertung Lüftungsanlage

Über eine ergänzende Parameterstudie wird vertiefend der Einfluss unterschiedlicher Lüftungssysteme auf den Energiebedarf bewertet. Als Basis wird die durch den Schulbetreiber im Laufe des Projektes favorisierte EnEV-30 % Variante mit Holzpelletkessel gewählt.

Im Folgenden werden unterschiedliche Versorgungsbereiche der mechanischen Lüftung untersucht:

1. alle Bereiche [alle]	Zu- Abluft für alle Bereiche Abluft WC Ausnahme
2. Unterrichtsräume [UR]	Zu- Abluft für Unterrichtsräume, Küche, Kantine, Werkstatt Überströmen in Verkehrsflächen Abluft WC
3. ohne Unterrichtsräume [ohne UR]	Zu- Abluft für Verkehrsflächen, Küche, Kantine, Werkstatt Abluft WC
4. Abluft [Abluft]	Zuluft über Fassade: Klassenräume Überströmen aus Klassenräumen: Verkehrsfläche, Zu- Abluft für Küche, Kantine, Werkstatt Abluft WC
5. ohne RLT [ohne RLT]	Zu- Abluft für Küche, Kantine, Werkstatt Abluft WC

In

Abbildung 77 werden die Endenergiebedarfe und in Abbildung 78 die Primärenergiebedarfe für Heizung und Lüftung gegenübergestellt. Für einen Vergleich der Varianten untereinander wird als Bezugsvariante die Belüftung aller Gebäudebereiche angenommen.

Die Variante mit mechanischer Belüftung aller Bereiche hat durch die Wärmerückgewinnung mit 72,6 kWh/(m²a) den geringsten Endenergiebedarf. Mit jeder Reduzierung des Versorgungsbereiches steigt der Endenergiebedarf für die Heizung durch Erhöhung der Lüftungswärmeverluste entsprechend an. Wird mit Ausnahme der WC-Bereiche auf eine mechanische Lüftung des Gesamtgebäudes verzichtet, steigert sich der Endenergiebedarf Heizwärme im Vergleich um 14,7 %.

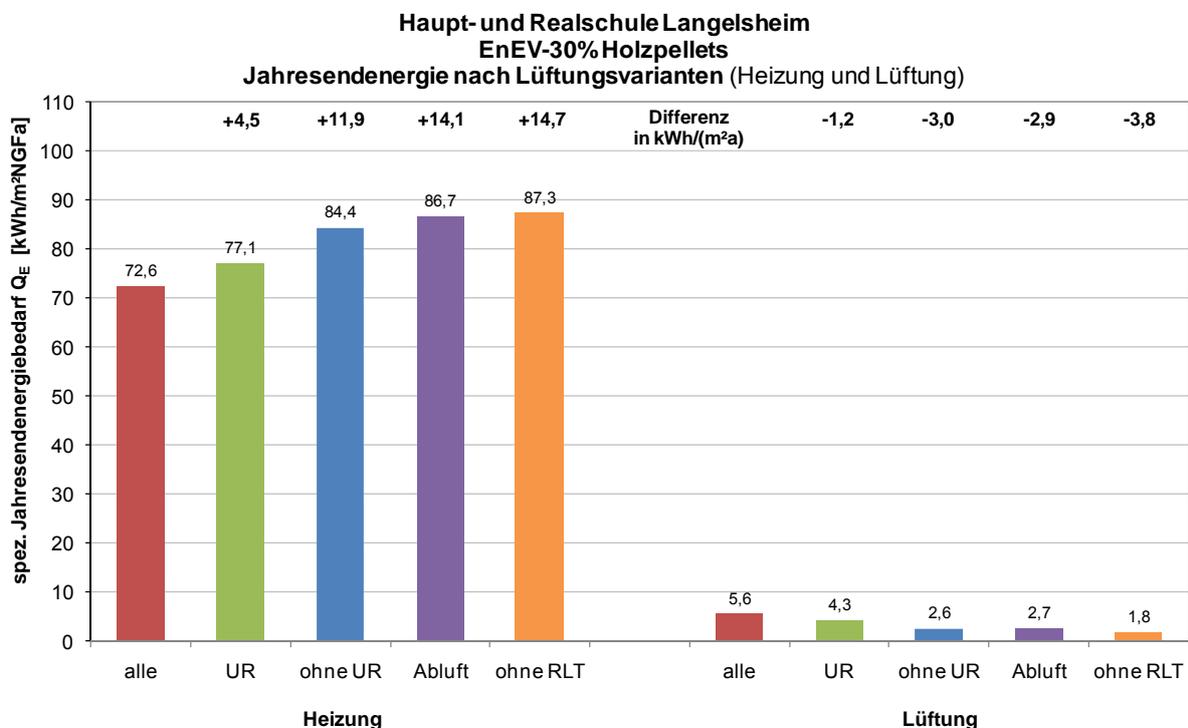


Abbildung 77 Spez. Jahresendenergiebedarf Lüftungsvarianten

Der Strombedarf für den Betrieb der Lüftungsanlage dagegen sinkt bei Versorgung aller Bereiche von 5,6 kWh/(m²a) auf 1,8 kWh/(m²a).

Bei kompletter Belüftung aller Bereiche über eine Lüftungsanlage lassen sich beispielsweise im Vergleich zur Minimalvariante 14,7 kWh/(m²a) Heizwärme einsparen. Dem gegenüber steht ein erhöhter Stromverbrauch für die Lüftung von 3,8 kWh/(m²a). Auch die zweite Variante mit Versorgung der Unterrichtsräume und Überströmen in die Verkehrszonen ist endenergetisch positiv zu bewerten.

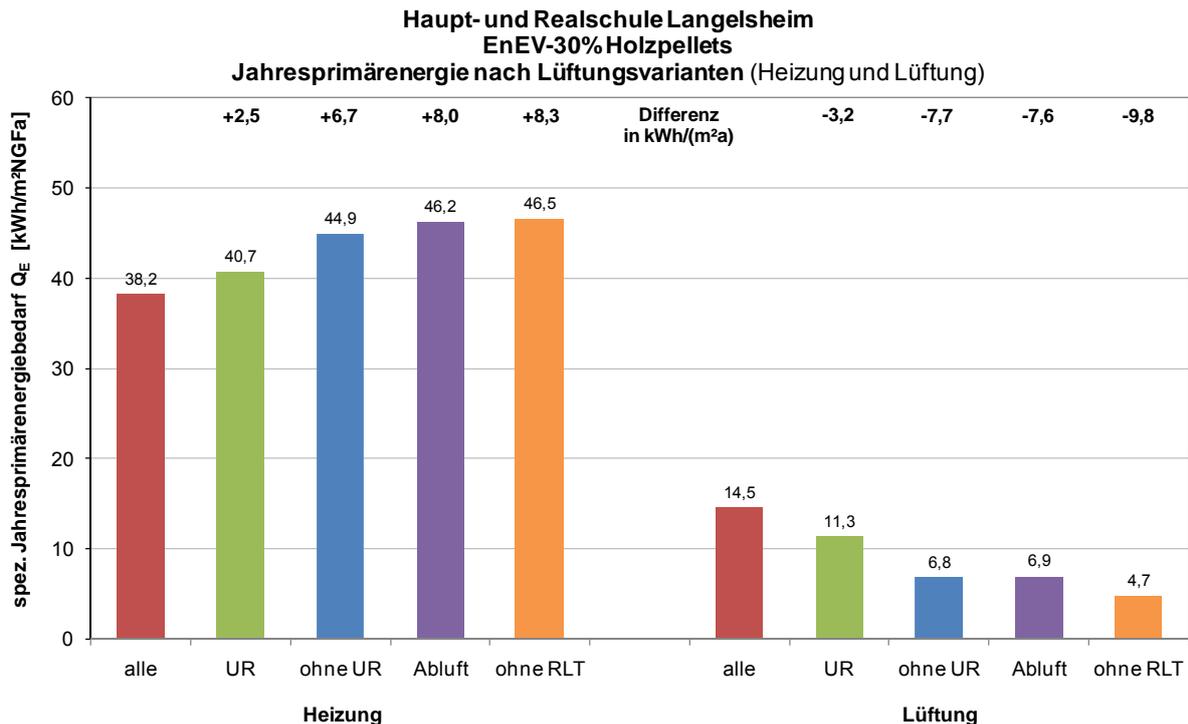


Abbildung 78 Spez. Jahresprimärenergiebedarf Lüftungsvarianten

Aus primärenergetischer Sicht gewinnt der Strombedarf der Lüftung an Bedeutung. Maximal sind 14,5 kWh/(m²a) für die Versorgung aller Bereiche notwendig, dem stehen 4,7 kWh/(m²a) der Minimalvariante gegenüber.

Primärenergetisch lassen sich bei kompletter Belüftung im Vergleich zur Minimalvariante 8,3 kWh/(m²a) Heizwärme einsparen, die durch einen erhöhten Stromverbrauch für die Lüftung von 9,8 kWh/(m²a) übertroffen werden. Auch die zwei folgenden Varianten haben ein ähnliches primärenergetisches Verhältnis.

Die Abluftvariante, bei der die Zuluft über die Fassade in die Klassenräume gelangt und durch eine Abluftanlage in die Verkehrsflächen überströmt, erweist sich als endenergetisch etwas vorteilhafter, da im Vergleich zur Komplettbelüftung ein um 8,0 kWh/(m²a) höherer Endenergiebedarf für Heizwärme, einer Einsparung von 7,6 kWh/(m²a) entgegensteht. Das gleiche gilt für die Variante 5 „ohne RLT“.

Bei allen Bewertungen ist zu berücksichtigen, dass die Variante 1 mit Versorgung aller Bereiche und mit leichten Abstrichen die Variante 2 die höchste Luftqualität haben. Der Einfluss der Luftqualität ist insbesondere für die Unterrichtsräume von hoher Bedeutung.

6.6.4 Fazit

Im Rahmen der Bestandsanalyse zur Schule in Langelsheim sind bei Fensterlüftung regelmäßige Überschreitungen des CO₂-Richtwerts von 1.500 ppm in den Unterrichtsräumen gemessen worden.

Bei Schülern ist je nach Alter, sowie Belegung und Größe des Unterrichtsraums ein zwei bis dreifacher Mindestluftwechsel notwendig. Über eine so genannte „motivierte Fensterlüftung“ mit einer Stoßlüftung in den Pausen und einer regelmäßigen fünfminütigen Stoßlüftung nach 20 Minuten Unterricht sind bei günstigen Bedingungen Mittelwerte um 1.500 ppm möglich. Bei kalten Außentemperaturen führt dies zu entsprechenden Einschränkungen des Nutzerkomforts. In der Praxis ist die Gewährleistung beider Faktoren Luftqualität und thermischer Behaglichkeit bei einer Fensterlüftung durchgängig für das ganze Jahr nicht umsetzbar.

Für die „motivierte Fensterlüftung“ ist die Einrichtung eines Lüftungsdienstes durch Schüler notwendig, der nach festem Zeitplan für das Öffnen der Fenster verantwortlich ist. Zur Sensibilisierung der Nutzer sind optische Warngeräte in Form von Luftgüteeampeln hilfreich, die die Eigenverantwortung der Nutzer stärken und helfen effektives Lüftungsverhalten einzuüben.

Ein Großteil der Unterrichtsräume in Langelsheim überschreitet zudem die zulässige Raumtiefe für freie Lüftung nach Arbeitsstättenrichtlinie § 5 [ASR 5] von 7, 53 m, eine einseitige Lüftung über Fenster ist in diesem Fall nicht ausreichend.

Zur Verbesserung des Lernkomforts und zur energetisch notwendigen Reduzierung der Lüftungswärmeverluste wird eine mechanische Belüftung mit Wärmerückgewinnung möglichst aller Belüftungsbereiche und insbesondere der Unterrichtsräume empfohlen.

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.

Gestützt wird die Empfehlung dadurch, dass sich die komplette mechanische Belüftung aller Gebäudebereiche gegenüber einer Belüftung kleinerer Bereiche oder einer kompletten Fensterlüftung aus endenergetischer Sicht als vorteilhaft erweist. Primärenergetisch bilanziert gleichen sich die unterschiedlichen Lüftungsvarianten annähernd aus.

6.7 Bewertung der Wirtschaftlichkeit

Zur Bewertung der Sanierungskonzepte werden die verschiedenen energetischen Standards wirtschaftlich bewertet. Datengrundlagen der Wirtschaftlichkeitsberechnungen sind die Kostenberechnungen bzw. Kostenschätzungen der Planer.

6.7.1 Sanierungskosten

In Tabelle 16 werden die Kostenberechnung der Planer für den EnEV- 30 % Standard den Kostenschätzungen für den EnEV- und Passivhaus-Standard gegenübergestellt.

	Kostengruppen	Kostenvergleich der Varianten (Brutto)			Fernwärme		
		EnEV	EnEV-30%	Passivhaus	EnEV	EnEV-30%	Passivhaus
		Holzpelletkessel					
KG 200	Herrichten und Erschließen	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €
KG 300	Baukonstruktion	4.809.450 €	4.884.928 €	5.523.390 €	4.809.450 €	4.884.928 €	5.523.390 €
KG 400	Technische Anlagen	2.511.487 €	2.489.627 €	2.467.767 €	2.271.027 €	2.271.027 €	2.271.027 €
KG 500	Außenanlagen	103.050 €	103.050 €	103.050 €	103.050 €	103.050 €	103.050 €
KG 600	Ausstattung und Kunstwerke	319.000 €	319.000 €	319.000 €	319.000 €	319.000 €	319.000 €
KG 700	Baunebenkosten	1.135.723 €	1.152.293 €	1.257.422 €	1.135.723 €	1.152.293 €	1.257.422 €
Gesamt		8.884.210 €	8.954.398 €	9.676.129 €	8.643.750 €	8.735.798 €	9.479.389 €

Tabelle 16 Kostengruppenvergleich der Standards

Im Vergleich zur EnEV-Variante erhöhen sich die Gesamtkosten der EnEV -30 % Variante um 1 % und der Passivhausvariante um 8 %.

In der Kostengruppe 300 steigern sich die Kosten aufgrund der verbesserten Gebäudehülle für die EnEV -30 % Variante um 2 % und für die Passivhausvariante um 13 %. Die 400er Kosten der Holzpelletkessel-Varianten sinken dagegen wegen der geringeren Leistung der Kessel entsprechend um 1 % bzw. 2 %. Im Anhang befindet sich eine Aufschlüsselung aller Kostengruppen der zweiten Ebene.

In Abbildung 79 und Abbildung 80 werden die Baukostengruppen 300 und 400 differenziert nach in der zweiten Ebene betrachtet. Der Hauptteil der 300er Kosten liegt mit 46 % bis 50 % bei den Außenwänden, die Kosten für die Dacherneuerung sind mit 10 % bis 12 % vergleichsweise gering. Bei den 400er Kosten liegt der höchste Kostenanteil mit 39 % bis 43 % bei den Elektroanlagen, einen eher geringen Anteil von rd. 12 % hat die Wärmeerzeugung mit Holzpelletkessel.

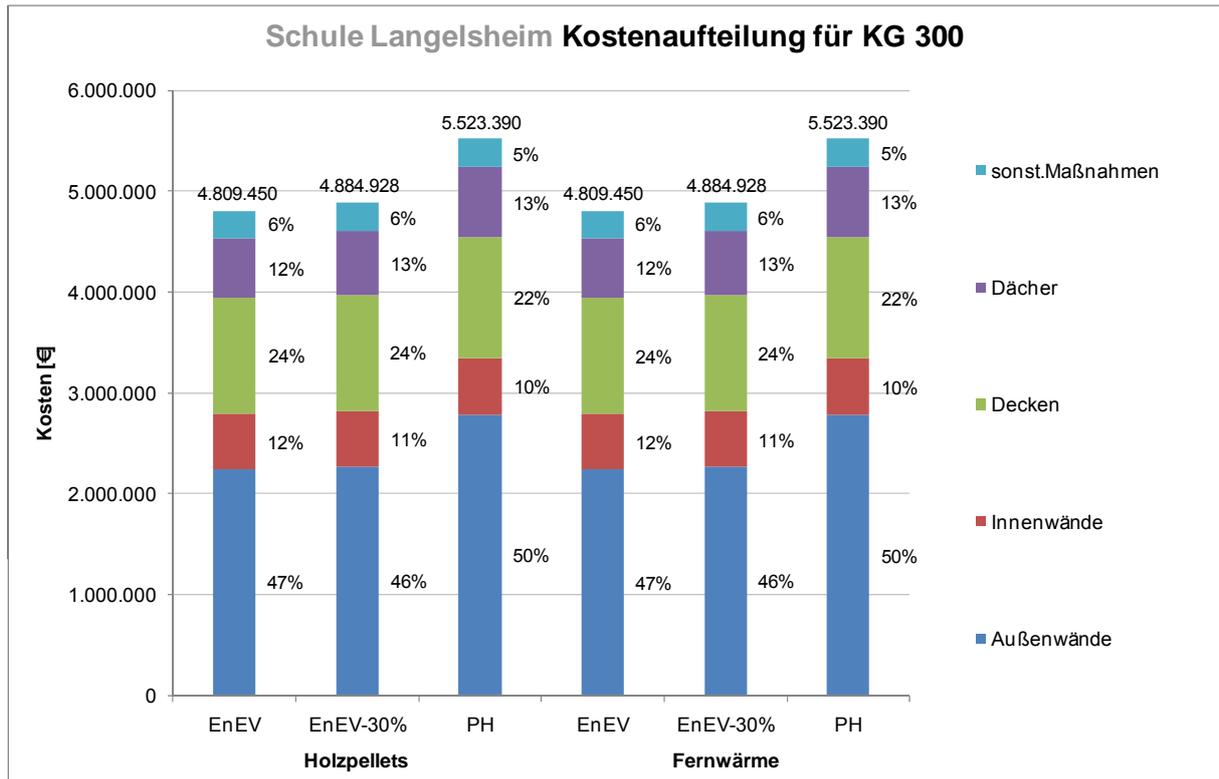


Abbildung 79 Aufteilung der Projektkosten

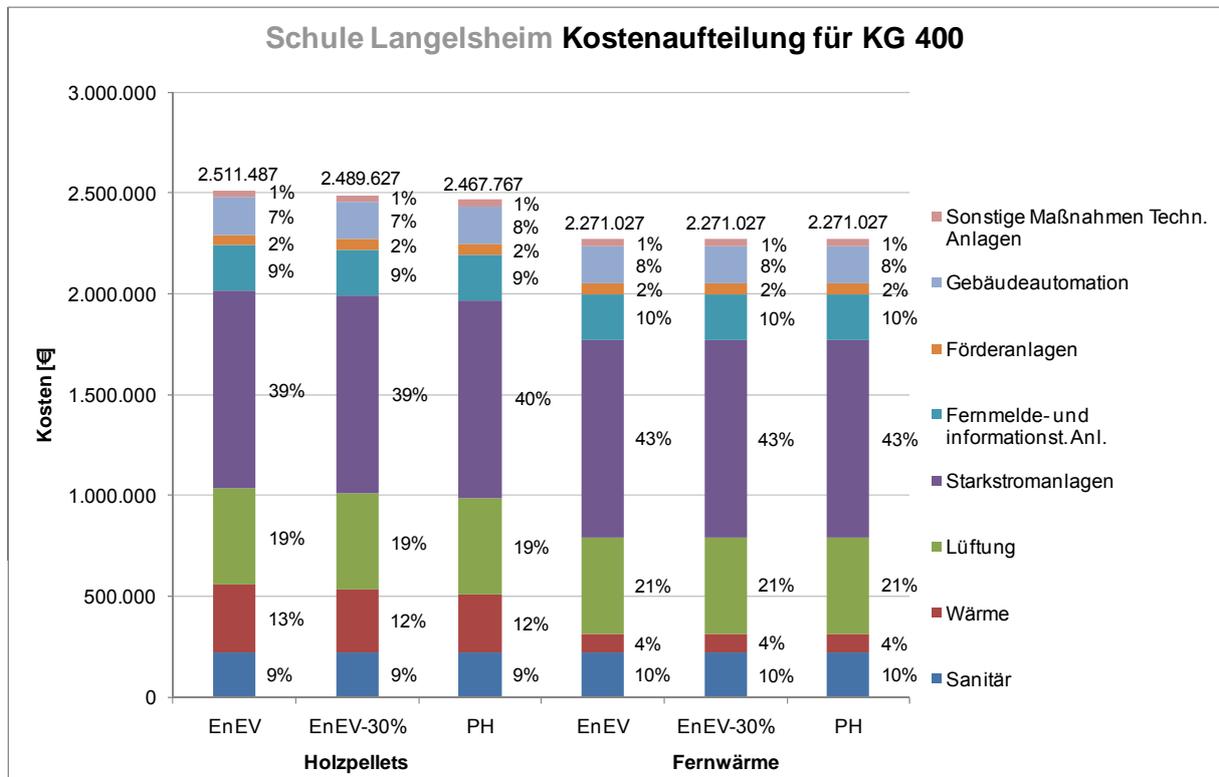


Abbildung 80 Aufteilung der Projektkosten

Die Kostengruppen 300 und 400 teilen sich untereinander in Abhängigkeit der Variante zu 66 % bis 71 % und zu 29 % bis 34 % auf. Das Verhältnis liegt nach BKI Objektdaten [BK109]

bei 75 % zu 25 %. Die Anlagentechnik hat im Vergleich zu den Angaben des BKI einen höheren Anteil, was vor allem auf die Kosten der Elektroinstallation und der Lüftungstechnik zurückzuführen ist. Dabei ist berücksichtigt, dass große Teile des alten Lüftungskanalnetzes nach Reinigung im weitergenutzt werden können.

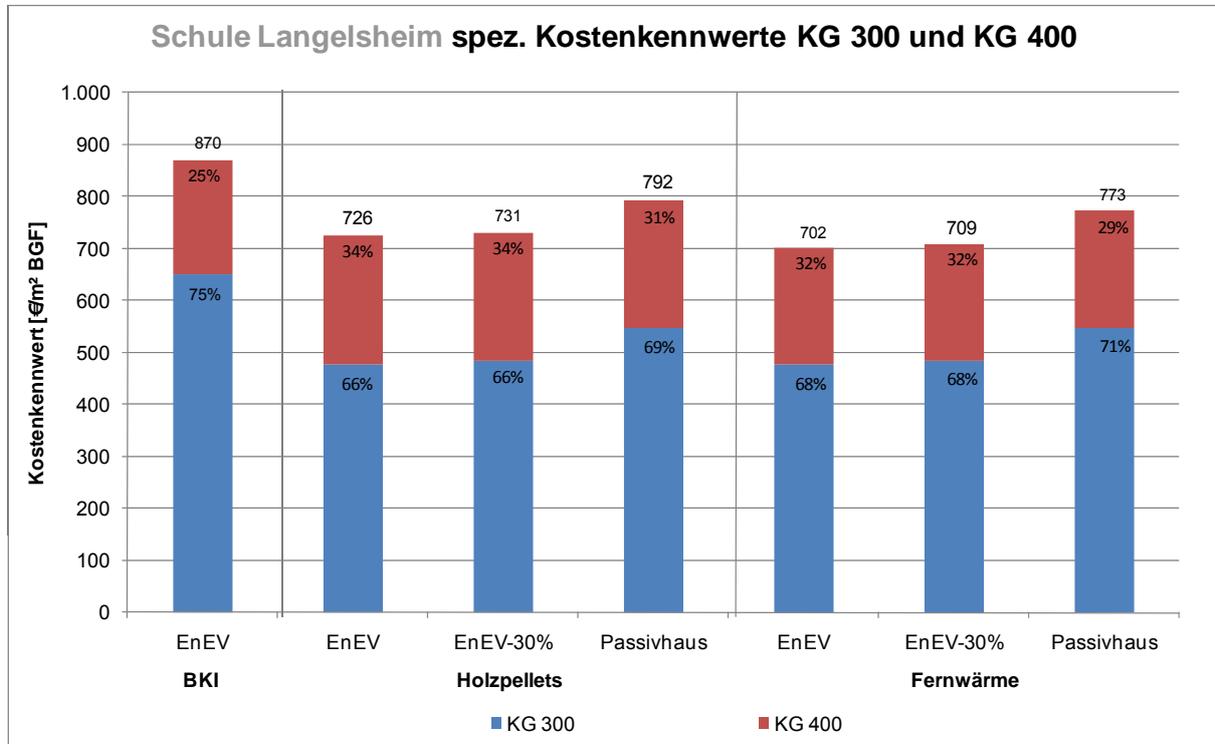


Abbildung 81 Aufteilung der Projektkosten

6.7.2 Parameter der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Verfahren:

Die Wirtschaftlichkeit wird zunächst über ein dynamisches Annuitätenverfahren für den Zeitraum von 20 Jahren bewertet. Die verschiedenen Sanierungsmaßnahmen werden unter Berücksichtigung folgender Größen miteinander verglichen:

- Investitionen
- Nutzungsdauer
- Kapitalzinssatz
- Energieverbrauch
- Energiepreisentwicklung
- Wartung und Instandsetzung

Dabei werden die Investitionskosten über die Nutzungsdauer auf nominal gleich hohe jährliche Raten (Annuitäten) verteilt und mit den übrigen periodischen Kosten unter Berücksichti-

gung von Preissteigerungen addiert. Für die einzelnen Maßnahmen finden die jeweilige Nutzungsdauer, die Annuität, sowie die Wartungskosten differenziert nach Kostengruppen in Anlehnung an die DIN EN 15459, VDI 2067, VDI 6025 Verwendung.

Diese Ergebnisse werden im Vergleich mit der Gesamtkostenberechnung der Stadt Frankfurt bewertet, die ebenfalls auf einer Annuitätenmethode beruht.

Abschließend wird ein drittes Verfahren angewendet, bei dem die Kapitalkosten für die investiven Maßnahmen über ein Tilgungsdarlehen ermittelt werden.

Förderung:

Bei allen Verfahren werden mögliche Förderungen durch die KfW Bank bzw. durch die DBU berücksichtigt. Der EnEV-30 % Standard und der Passivhaus-Standard werden durch die KfW Bank über das Programm 218 „Energieeffizient Sanieren – Kommunen“ als KfW-Effizienzhaus 85 gefördert.

Der rechnerische Nachweis ist gemäß EnEV nach DIN V 18599 geführt worden. Definiert wird ein KfW-Effizienzhaus 85 dadurch, dass der Jahresprimärenergiebedarf den Höchstwert für Neubauten nach EnEV 2009 um 15 % unterschreiten muss und der Transmissionswärmeverlust des Referenzgebäudes nicht überschritten werden darf.

Die bei der KfW forderfähigen energetischen Sanierungskosten für die Verbesserung der Gebäudehülle, die Erneuerung der Heizungsanlage oder der Beleuchtungsanlage sowie der Ersatz der Lüftungsanlagen sind durch die Planer zusammengefasst worden. Für die Variante EnEV-30 % mit Holzpelletkessel ergibt sich beispielhaft eine forderfähige Summe von 5,4 Mio. €, die mit einem Zinssatz von 1,71 % aufgenommen wird und eine Restsumme von 3,5 Mio. €, die zu kapitalmarktüblichen Konditionen von 3,80 % aufgenommen wird. Dies entspricht einem kalkulatorischen Zinssatz von 2,51 % für die Gesamtsumme.

Darüber hinaus wird für die Realisierung des Passivhaus-Standards von einer Förderung von 300.000 € durch die DBU ausgegangen.

Für den EnEV-Standard ist weder eine Förderung durch die KfW Bank noch durch die DBU möglich.

Randbedingungen:

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung werden in Abstimmung mit dem Schulbetreiber folgende Randbedingungen festgelegt:

Kalkulatorischer Zinssatz	
EnEV	3,80 %
EnEV -30%, Passivhaus	2,51 %
Inflationsrate	2,00 %
Energiepreissteigerung	4,0 % und 8,0 %
Instandhaltungskosten Bestand (bei Nichtsanierung) (Bezug auf NHK 2005)	1,2 %

Tabelle 17 Randbedingungen der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die Wartungskosten der Gebäudehülle und der technischen Anlagen werden im Allgemeinen mit jährlich 1,0 % der Investitionskosten angenommen. Ausnahmen bilden der Sonnenschutz mit 2,0 %, die Lüftungsgeräte mit 2,0 %, die Lüftungsverteilung mit 0,5 % und die Gebäudeautomation mit 1,5 %.

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 1,2 % bezogen auf Herstellkosten angenommen. Dabei werden die Herstellungskosten nach den Normalherstellungskosten 2005 [Bun08] mit einem Ansatz von 1.050 €/m² Brutto-Grundfläche BGF ermittelt. Mit diesem Näherungsansatz für die Instandhaltungskosten werden die „Sowieso-Kosten“ in der Bestandsvariante berücksichtigt und die Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Varianten hergestellt.

Bei den Berechnungen werden jährliche Energiepreiserhöhungen von 4 und 8 % berücksichtigt, was der Entwicklung der Energiepreise in den letzten Jahren weitgehend entspricht. Ausnahme ist der Grundpreis für die Fernwärme, der zu 80 % auf Fixkosten für die Finanzierung der Fernwärmetrasse beruht und zu 20 % auf Lohnkosten, bei denen lediglich eine Inflation zu berücksichtigen ist.

Energiepreise	Bestand	Var 1.1 bis 1.3	Var 2.1	Var 2.2	Var 2.3
	Gas	Holzpellet	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme
Wärmepreis (brutto)					
Arbeitspreis	76,18 €/MWh	43,68 €/MWh	29,87 €/MWh	35,70 €/MWh	48,38 €/MWh
Grundpreis	21 €/a	0 €/a	30.147 €/a	24.707 €/a	19.210 €/a
Wärmepreis (brutto)		Gas (Spitzenlast)			
Arbeitspreis		76,18 €/MWh			
Grundpreis		21 €/a			
Strompreis (brutto)	Strom	Strom	Strom	Strom	Strom
Arbeitspreis	174,41 €/MWh	174,41 €/MWh	174,41 €/MWh	174,41 €/MWh	174,41 €/MWh
Grundpreis	628 €/a	628 €/a	628 €/a	628 €/a	628 €/a

Tabelle 18 Randbedingungen der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Tabelle 18 fasst die in der Berechnung angenommenen Energiepreise der Varianten und Energieträger zusammen. Die jeweiligen Arbeits- und Grundpreise beziehen sich auf aktuelle Angaben der Energieversorger. Für die Fernwärmelieferung wird sich auf ein Angebot der juwi Holding AG bezogen.

6.7.3 Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Zur Gesamtbewertung der Sanierungsvarianten über einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren werden in Abbildung 82 bis Abbildung 85 die kumulierten Jahresgesamtkosten der beiden Energiepreissteigerungen dargestellt. Dazu gehören die Kapitalkosten, Wartungs- und Instandhaltungskosten und die Energiekosten inkl. Energiepreissteigerung.

Die geringsten kumulierten Gesamtkosten haben die Bestandsvarianten, da keine Kapitalkosten für Investitionen anfallen. Die höchste Wirtschaftlichkeit einer Sanierungsvariante ergibt sich bei einer angenommenen Energiepreissteigerung von 4 % für die Variante EnEV-30 % mit Versorgung durch Fernwärme. Die Variante EnEV-30 % mit Holzpelletversorgung hat die nächst niedrigeren Gesamtkosten.

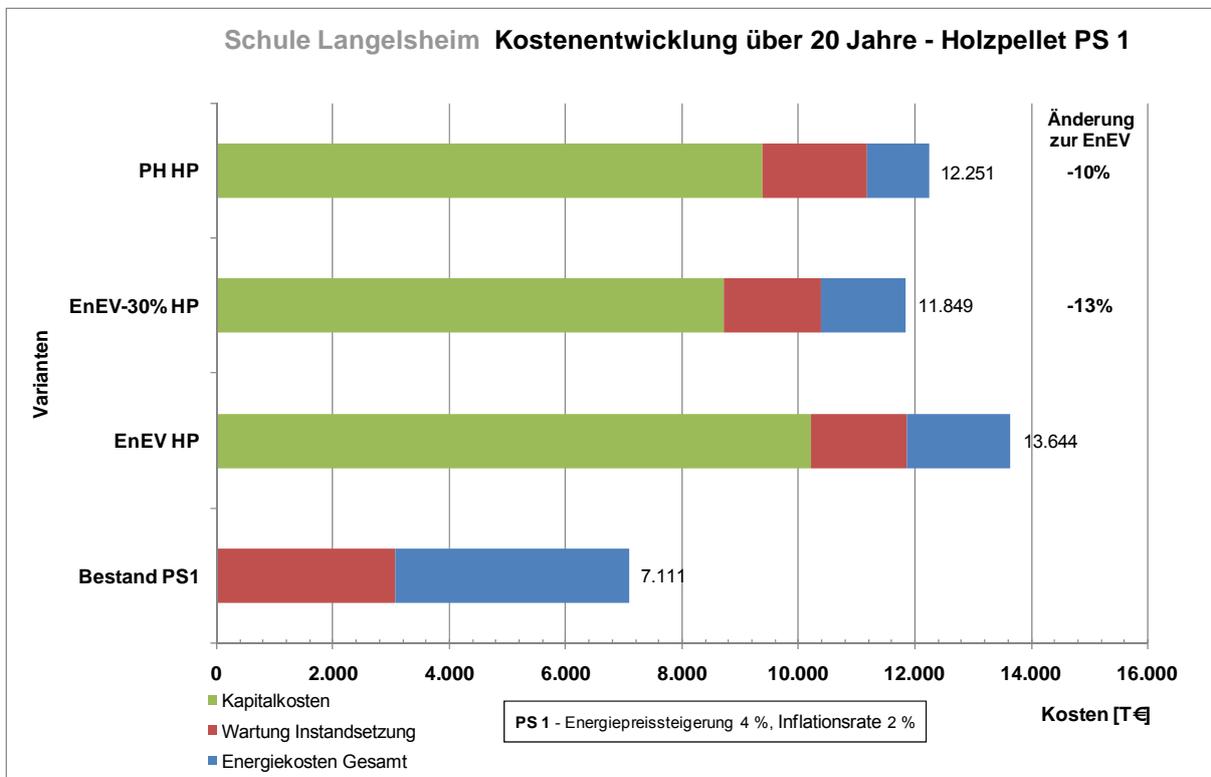


Abbildung 82 Holzpellet - kumulierte Kosten mit Energiepreissteig. 4 %

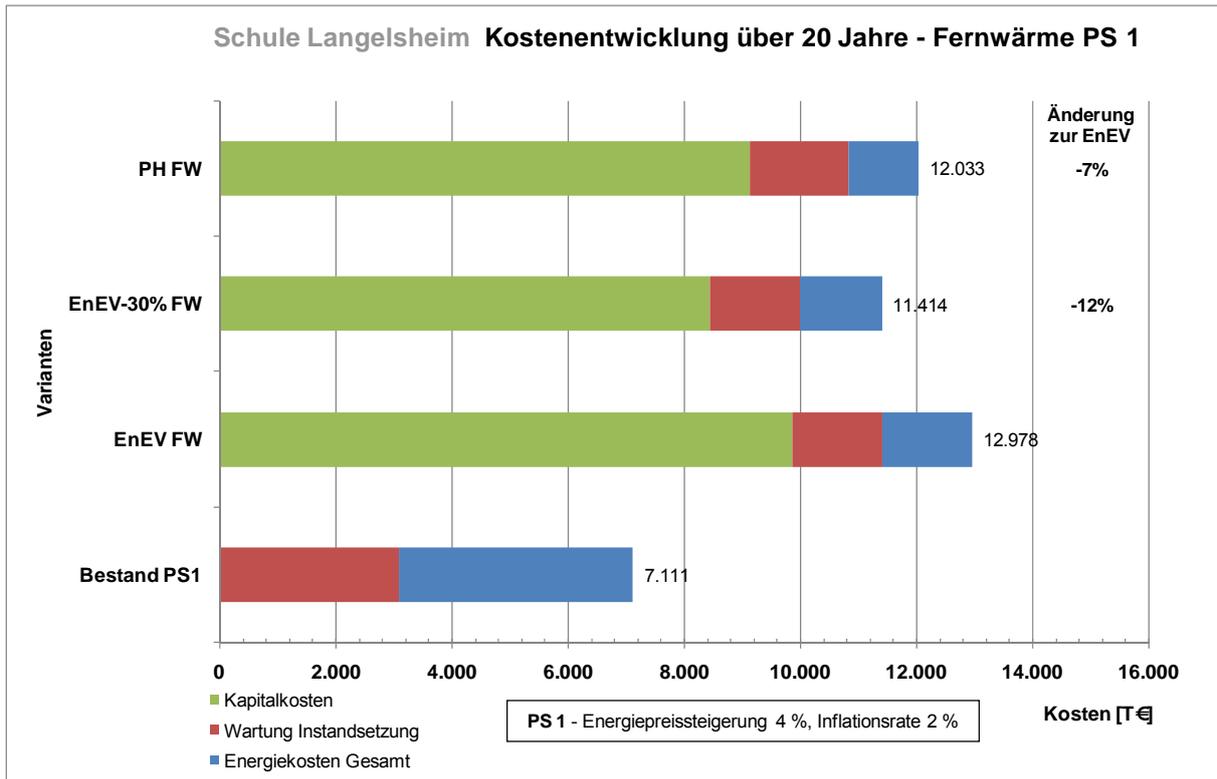


Abbildung 83 Fernwärme - kumulierte Kosten mit Energiepreissteig.. 4 %

Obwohl sich die Varianten EnEV-30 % und Passivhaus bei einer Energiepreissteigerung von 8 % weiter angleichen, ist die EnEV-30 % Variante auch hier die wirtschaftlichste.

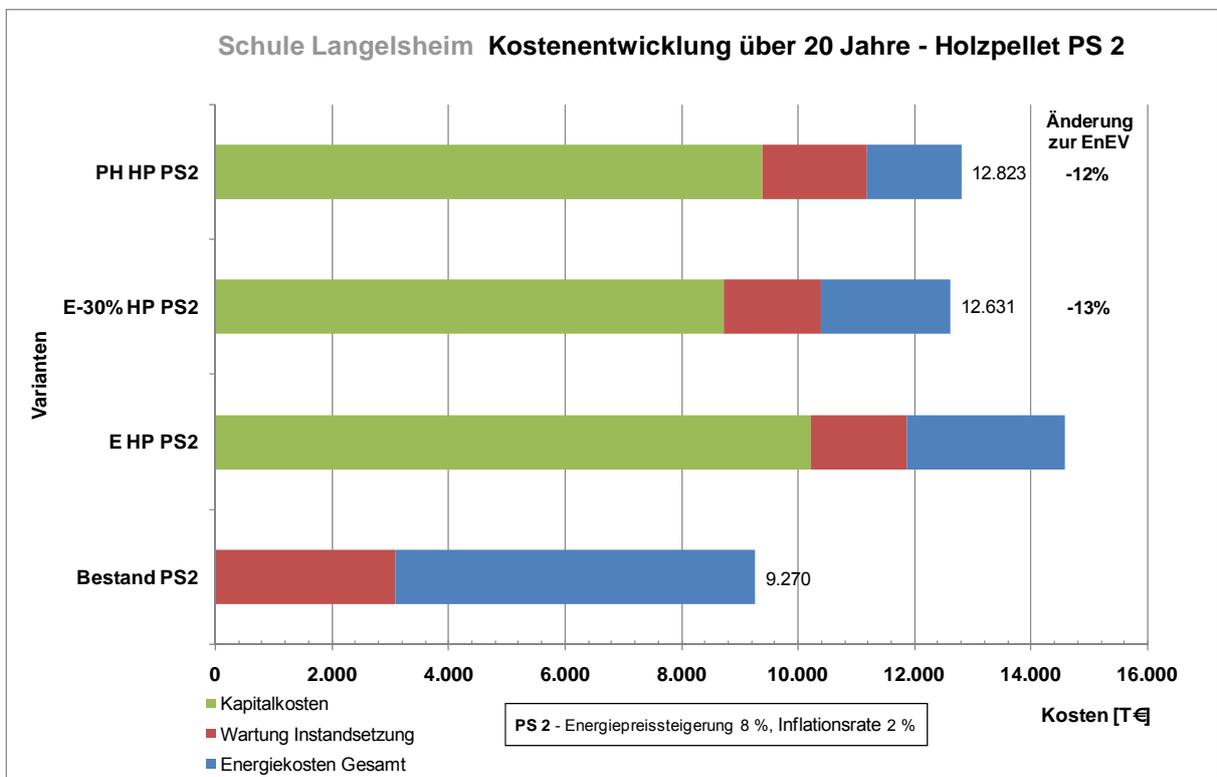


Abbildung 84 Holzpellet - kumulierte Kosten mit Energiepreissteig. 8 %

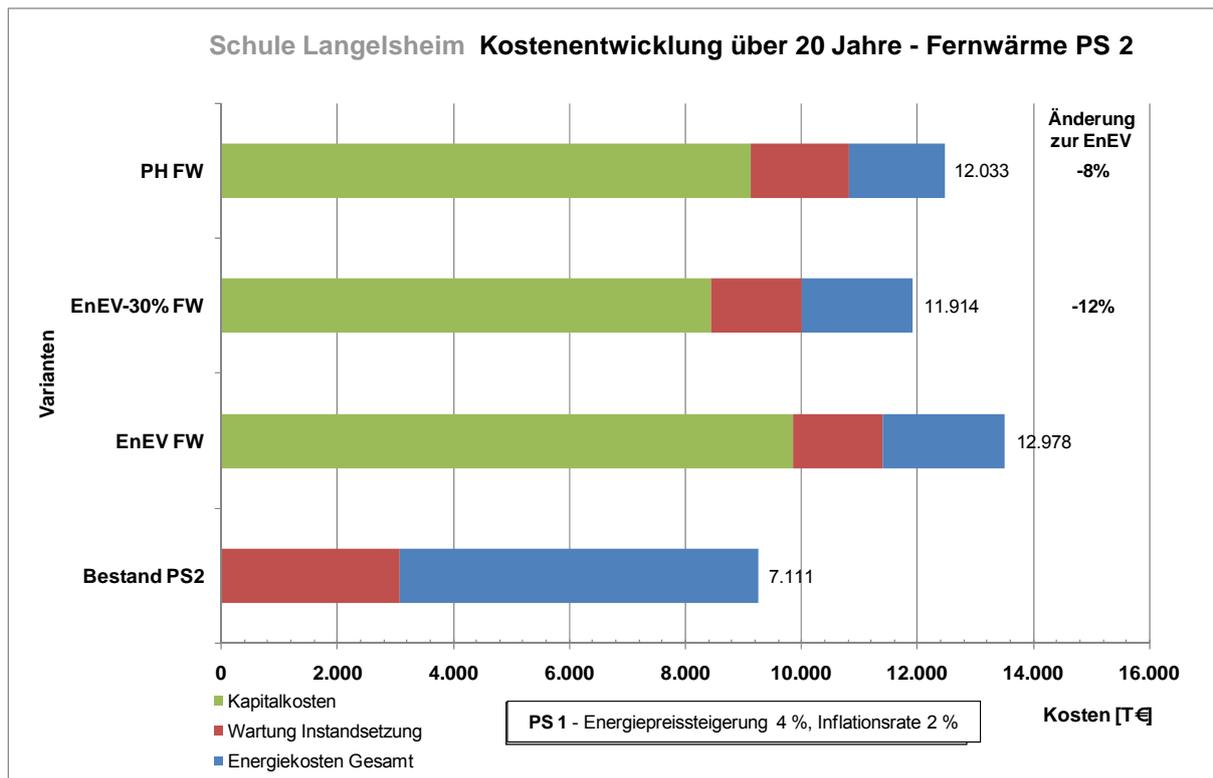


Abbildung 85 Fernwärme - kumulierte Kosten mit Energiepreissteig. 8 %

Bei allen Varianten wird die höhere Wirtschaftlichkeit der Fernwärmeversorgung mit Angebot einer Fernwärmelieferung gegenüber dem eigenfinanzierten Holzpelletkessel mit gasversorgten Spitzenlastkessel deutlich. Als vorteilhaft erweisen sich die geringeren Investitionskosten durch Wegfall eines eigenen Wärmeerzeugers in Verbindung mit einem zwar hohen aber von der Energiepreissteigerung entkoppelten Grundpreis. Negativ wirken sich für die Kesselvariante die höheren Investitionskosten sowie die Gaspreise für den Spitzenlastkessel aus.

Die EnEV-Variante stellt sich im Vergleich mit den beiden anderen Sanierungsvarianten durch hohe Kapitalkosten und Energiekosten als unwirtschaftlich dar. Begründet ist dies durch den Zinssatz von 3,8 % ohne Förderung und durch eine mäßig gedämmte Gebäudehülle.

Abbildung 86 und Abbildung 87 geben die zeitliche Entwicklung der Jahresgesamtkosten der Varianten über einen Zeitraum von 20 Jahren bei einer angenommenen Energiepreissteigerung von 8 % wieder.

Aufgrund des hohen Energiekostenanteils ergibt sich für die Bestandsvariante die höchste Steigerung. Die Jahresgesamtkosten des EnEV-Standards der Holzpelletvarianten liegen über den ganzen Zeitraum aufgrund des Wegfalls einer Förderung und der vergleichsweise hohen Energiekosten am höchsten. Nach etwa 16 Jahren sinken die Jahresgesamtkosten der Passivhausvariante unter die EnEV-30 % Variante.

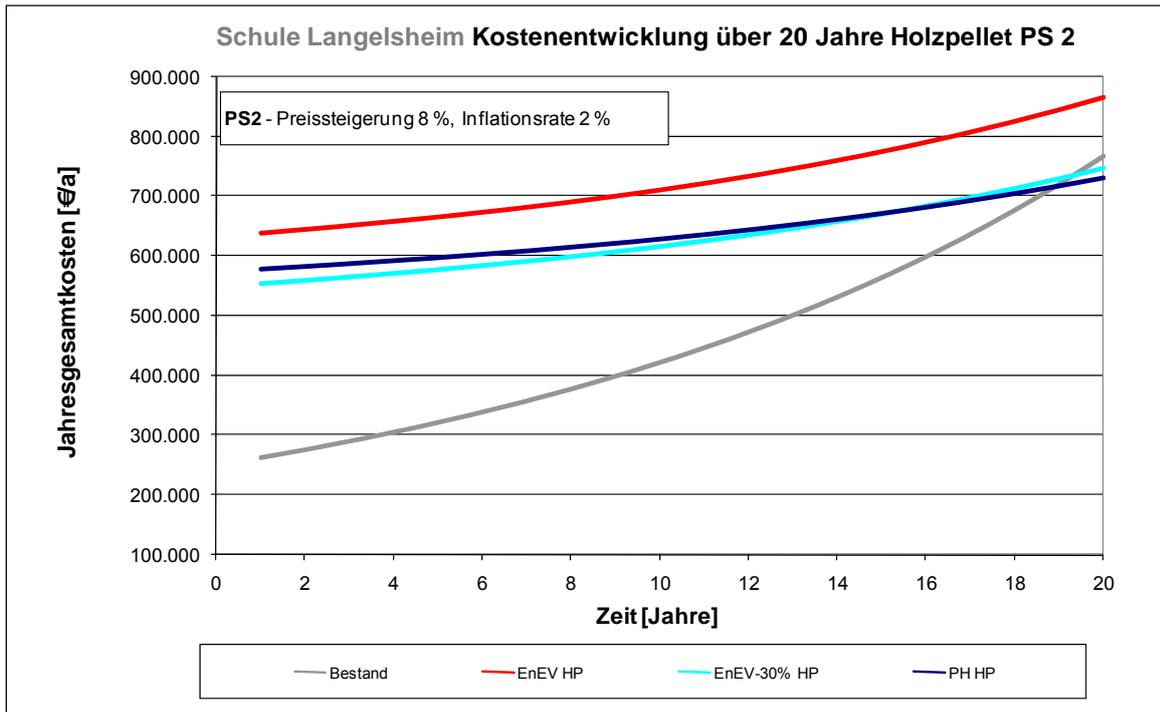


Abbildung 86 Vergleich kumulierte Gesamtkosten Holzpellet (Preissteig. 8 %)

Die Sanierungsvarianten mit Fernwärme entwickeln sich aufgrund des weitgehend fixen Grundpreises des Angebots gleichförmiger. Die Passivhausvariante liegt aufgrund dieser moderaten Energiepreissteigerung über den gesamten Zeitraum oberhalb des EnEV -30 % Standards.

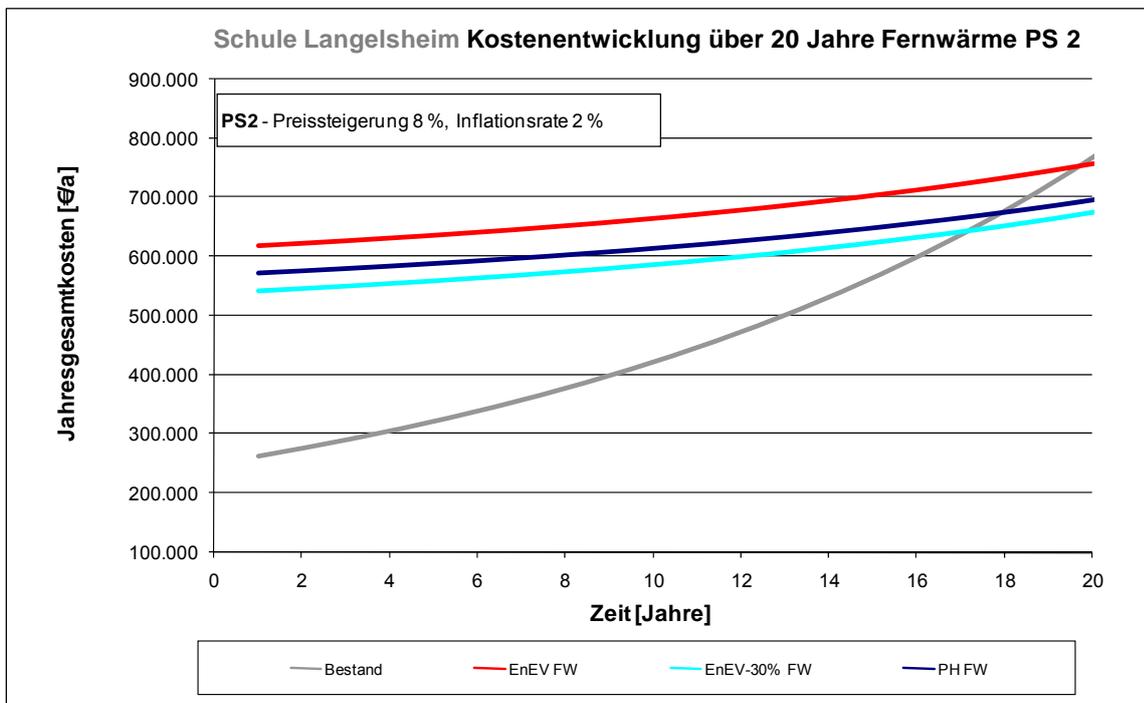


Abbildung 87 Vergleich kumulierte Gesamtkosten Fernwärme (Preissteig. 8 %)

6.7.4 Vergleich mit Werkzeug der Stadt Frankfurt

Die oben beschriebenen Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung des IGS werden im Folgenden mit der Gesamtkostenberechnung der Stadt Frankfurt verglichen.

Das Energiemanagement des Hochbauamtes Frankfurt hat ein frei verfügbares Verfahren zur Gesamtkostenberechnung auf Excelbasis entwickelt, das ebenfalls auf der Annuitätenmethode beruht. Berücksichtigt werden Kapitalkosten, Wartungs- und Instandhaltungskosten sowie Energiekosten inkl. der Energiepreissteigerungen. Zusätzlich werden so genannte Umweltfolgekosten in Höhe von 50 € pro Tonne CO₂ Emission angenommen.

In Abbildung 88 und Abbildung 89 werden die Jahreskosten, die sich über die Annuität berechnen, zu den so genannten Gesamtkosten addiert. Legt man die gleichen Parametern zugrunde, entsprechen die Ergebnisse denen der Wirtschaftlichkeitsberechnung des IGS.

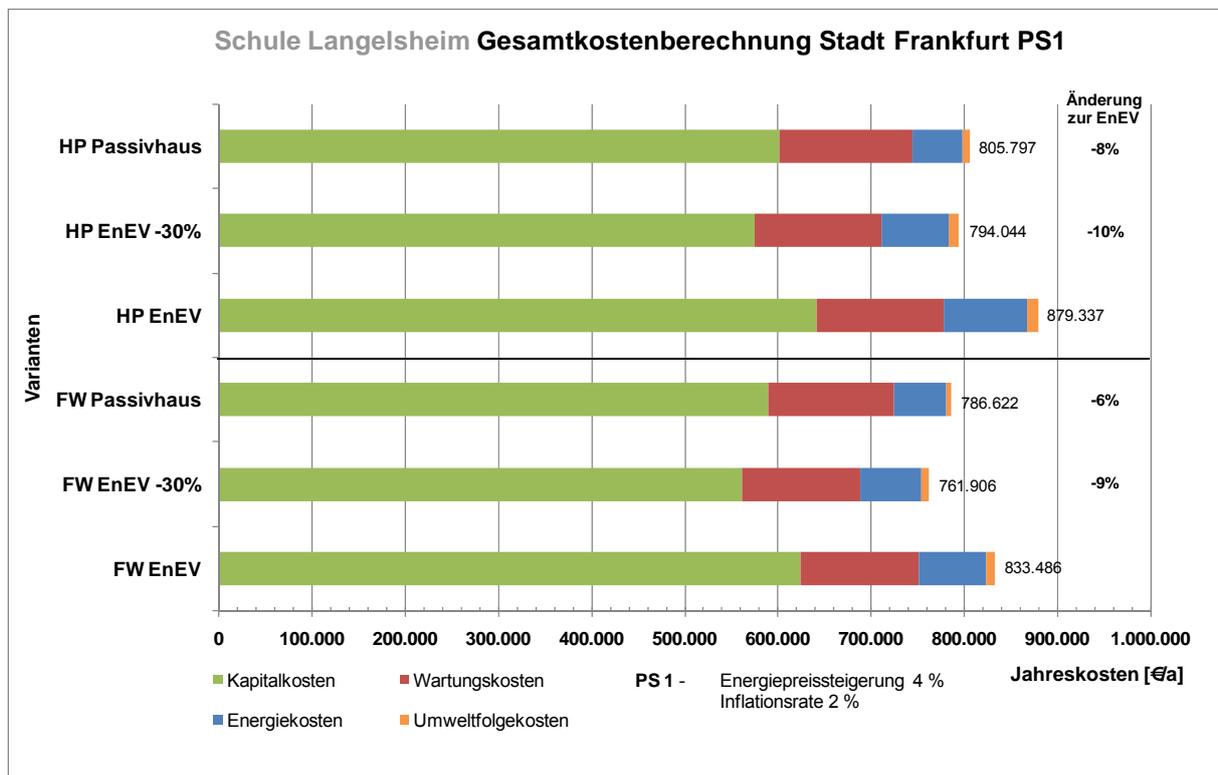


Abbildung 88 Stadt Frankfurt - Jahreskosten mit Energiepreissteig. 4 %

Auch hier liegt die höchste Wirtschaftlichkeit bei der Variante EnEV-30 % mit Fernwärme. Bei einer Energiepreissteigerung von 8 % gleichen sich die EnEV-30 % und Passivhaus-Variante insbesondere bei der Versorgung mit Holzpellet an. Die EnEV-Variante ist im Vergleich unwirtschaftlich.

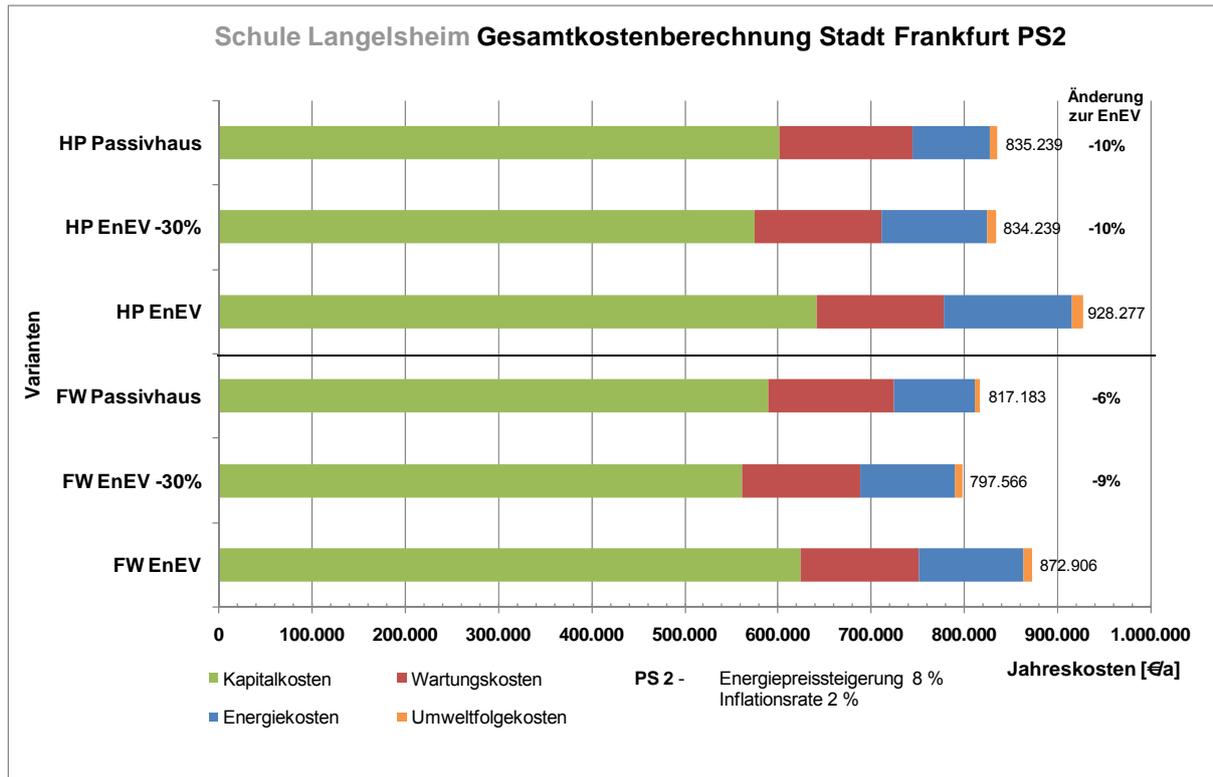


Abbildung 89 Stadt Frankfurt - Jahreskosten mit Energiepreissteig. 8 %

6.7.5 Vergleich mit Verfahren des Tilgungsdarlehens

Bei diesem Verfahren werden die Kapitalkosten für die investiven Maßnahmen nicht über Annuitäten sondern über ein Tilgungsdarlehen berechnet. Neben den Kapitalkosten über die Ratentilgung werden die Wartungs- und Instandhaltungskosten sowie die Energiekosten inkl. Energiepreissteigerungen berücksichtigt.

Bewertet werden die Darlehensrückzahlung über die gesamte Kreditlaufzeit von 30 Jahren bis zur restlosen Tilgung und der weitere Gebäudebetrieb über 20 Jahre mit entsprechenden Betriebskosten bis zur nächsten Gesamtsanierung. In Abstimmung mit dem Schulbetreiber wird über die 20 Jahre eine konstante Tilgung von 300.000 €/a und ein Zinsabtrag von 240.000 €/a zu Beginn und von 8.000 €/a am Ende des Darlehens angenommen (Bsp. EnEV -30% Holzpellet).

Die Nutzungsdauer der einzelnen baulichen und technischen Maßnahmen findet dabei keine Berücksichtigung. Da die Darstellung des Bestands nicht aussagekräftig ist, wird darauf verzichtet.

Für die Holzpelletvarianten wird über den gesamten Zeitraum von 50 Jahren die gleiche Energiepreissteigerung von jährlich 4 % angenommen. Für die Fernwärmevarianten gilt dies

nur für den Arbeitspreis. Der Grundpreis der Fernwärme setzt sich über die ersten 20 Jahre zu 80 % aus Fixkosten für die Finanzierung der Fernwärmetrasse und zu 20 % für Lohnkosten mit einem Inflationsausgleich von 2 % zusammen. Für die restlichen 30 Jahre dieser Betrachtung wird in Absprache mit dem Contractinganbieter angenommen, dass der Grundpreis um 70 % sinkt und die jährlichen Preissteigerungen bei 2,5 % liegen.

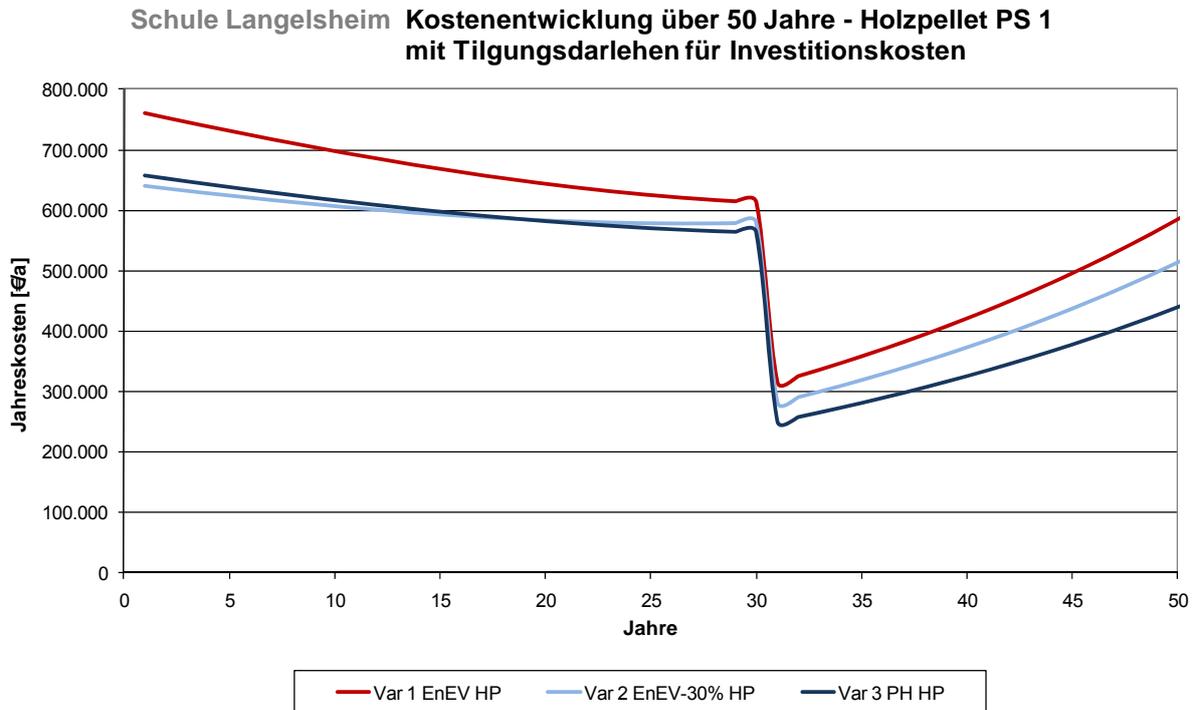


Abbildung 90 Jahreskosten mit Tilgungsdarlehen Holzpellet (Preissteig. 4 %)

Über die ersten 30 Jahre unterscheidet sich die Entwicklung der Jahreskosten aufgrund abnehmender Kapitalkosten von der Annuitätenmethode in Abbildung 86 und Abbildung 87.

Die EnEV-Variante hat die deutlich höchsten Jahreskosten, die Passivhausvariante sinkt nach etwa 16 Jahren unter die Jahreskosten der EnEV-30 % Variante ab.

Mit Ende des Darlehens sinken alle Varianten ab, da nur noch die Betriebskosten Berücksichtigung finden. Die Energiepreissteigerung von 4 % erhöht die Jahreskosten aller Varianten über die nächsten 20 Jahre so stark, dass fast das Kostenniveau zum Ende der Finanzierungsphase mit Kapitalkosten erreicht wird. Die Passivhausvariante hat ohne Kapitalkosten aufgrund des sehr geringen Energiebedarfes langfristig deutlich die höchste Wirtschaftlichkeit.

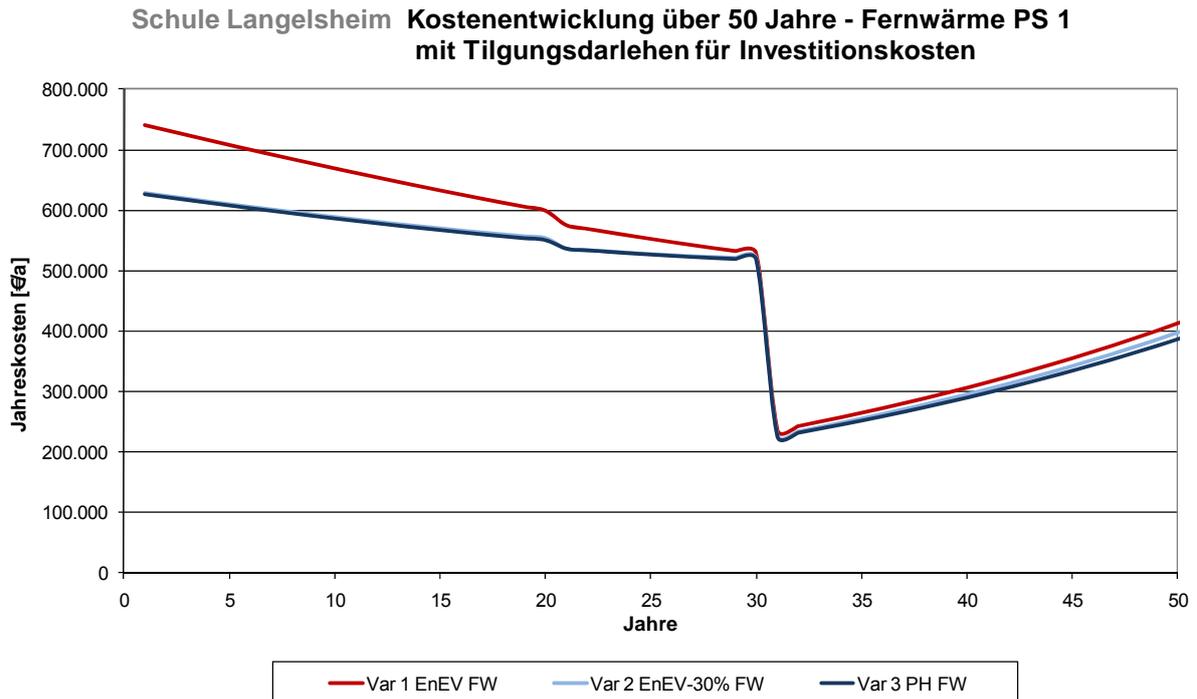


Abbildung 91 Jahreskosten mit Tilgungsdarlehen Fernwärme (Preissteig. 4 %)

Obwohl die Entwicklung der Jahreskosten für die Fernwärmevarianten prinzipiell ähnlich ist, ergeben sich aufgrund der Grundpreisentwicklung zwei Besonderheiten:

Nach 20 Jahren ist die Finanzierung der Fernwärmeleitung beendet, was ein Absinken des Grundpreises zur Folge hat. Aufgrund des geringeren Einflusses der Energiepreissteigerungen verlaufen die EnEV-30 % und Passivhaus-Variante, annähernd parallel, was insbesondere in der Kostenentwicklung nach 30 Jahren deutlich wird.

6.7.6 Fazit der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Bei allen Varianten ergibt sich eine höhere Wirtschaftlichkeit der Fernwärmeversorgung gegenüber dem eigenfinanzierten Holzpelletkessel mit gasversorgten Spitzenlastkessel. Als vorteilhaft erweist sich hier die Entkopplung des hohen Grundpreises von einer Energiepreissteigerung, wie sie das Fernwärmeangebot formuliert. Zudem sind die Investitionskosten durch Wegfall eines eigenen Wärmeerzeugers geringer. Auf die Kesselvariante wirken sich neben den erhöhten Investitionskosten auch die höheren Gaspreise für den Spitzenlastkessel negativ aus.

Über den Wegfall der Kapitalkosten für Investitionen haben die Bestandsvarianten die geringsten kumulierten Gesamtkosten. Da das Bestandsgebäude im Vergleich zu den Sanie-

rungsvarianten keine zukunftsfähige Verbesserung erfährt, gilt der langfristige Gebäudebetrieb als nicht gesichert.

Weil im üblichen Zeitraum einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von 20 Jahren die Kapitalkosten gegenüber den Betriebskosten klar dominieren, weist die EnEV- 30 % Variante im Finanzierungszeitraum die höchste Wirtschaftlichkeit auf. Erst bei jährlichen Energiepreissteigerungen von 8 % nähert sich die Passivhausvariante mit den höchsten Kapitalkosten an.

Die EnEV-Variante stellt sich im Vergleich durch hohe Kapitalkosten und erhöhte Energiekosten als unwirtschaftlich dar.

Bei Betrachtung der kumulierten Jahresgesamtkosten über den Zeitraum der Finanzierung hinaus, besitzt der Passivhaus-Standard die höchste Wirtschaftlichkeit. Im Fall der Langelzheimer Schule entfallen nach 30 Jahren die Kapitalkosten, es verbleiben die Betriebskosten, wobei die Energiekosten den größten Einfluss haben.

7 Fazit

Für das Fazit werden die Ergebnisse des Forschungsprojekts unter besonderer Berücksichtigung des ganzheitlichen Ansatzes analysiert und objektübergreifend bewertet. Abschließend wird diskutiert, wie sich Lerneffektivität, Klimaschutz und Wirtschaftlichkeit bei der Schulsanierung zukünftig optimieren lassen.

Pädagogik

An der Haupt- und Realschule Langelsheim werden offene und kooperative Lernformen, deren Durchführung einen erhöhten Raumbedarf erfordern, entsprechend der allgemeinen Entwicklung in den nächsten Jahren zunehmend an Bedeutung gewinnen. Aufgrund rückläufiger Schülerzahlen ist das derzeitige Raumangebot für Unterrichtszwecke in den Klassentrakten dennoch ausreichend. Die pädagogische Feldstudie hat bereits jetzt Tendenzen zur Öffnung von Unterricht und eine stärkere Hinwendung zu kooperativen Lernformen deutlich werden lassen. Gleichwohl bleibt die Rolle des Klassenraumes erhalten. Die Öffnung des Unterrichts geht in ihrer räumlichen Konsequenz eher dahin, die vor den Klassenräumen liegenden Verkehrsflächen für Unterrichtszwecke mit einzubeziehen.

Zur Abdeckung der außerunterrichtlichen Bedürfnisse von Schülern und Lehrern müssen sowohl für den Halbtags- als auch für den Ganztags schulbetrieb Räume anders verteilt bzw. umgenutzt werden. Neben Räumen für die Zubereitung und die Einnahme des Mittagessens mangelt es im Schulzentrum an Lern- und Rückzugsbereichen für die Schüler, Räumen für die Schülervertreter und die Mediatoren, Arbeitsplätzen und Ruhebereichen für Lehrkräfte sowie einem Raum für Elterngespräche.

Als wichtiger und zentraler Ort in der Schule ist das Forum bei der Sanierung mit besonderer Aufmerksamkeit zu bedenken. „Unglücklich“, „bedrückend“, „dunkel“ und „grau“ sind Attribute, mit denen Schüler und Lehrer die aktuelle Situation beschreiben. Anzustreben sind ein harmonisches Farb- und Formkonzept, eine angenehme Lichtführung und eine abwechslungsreiche Umgebung. Die von den Schülern artikulierten Bedürfnisse nach Bereichen, die zugleich räumlich abgetrennt sind als auch eine gute Übersicht über den Raum ermöglichen, sollten in der Planung ebenso berücksichtigt werden wie ihr Wunsch nach einer erweiterten Ausstattung mit Sitzmöbeln.

Die Aufenthaltsqualitäten in der Schulpassage und dem Foyer werden durch die geplanten technischen Maßnahmen mit mehr Tageslicht sowie durch die Verbesserung von Beleuchtung, Belüftung und Akustik deutlich erhöht. Räumlich konzentrierte Zonen von Ruhe einer-

seits und Aktivität andererseits werden für vorteilhaft befunden. Die im Projekt erarbeiteten Lösungsansätze entsprechen diesen Überlegungen, wie bei der Trennung von Ruhezeiten und lärmproduzierenden Bereichen wie Tischtennis oder Kicker deutlich wird.

Alle in die Untersuchung einbezogenen Nutzergruppen sehen in der Schülerpartizipation bei der Gestaltung der Pausenhalle eine wirksame Strategie zur Vermeidung von Vandalismus. Konkret gemeint ist damit die weitgehend freie Gestaltung von Wandflächen durch einzelne Schüler oder Schülergruppen. Da jedoch die Akzeptanz der aktuellen Wandbemalungen bei der Schülerschaft sehr unterschiedlich ausfällt und großformatige Motivbilder, selbst bei fachgerechter Ausführung, schnell bedrückend und aufdringlich wirken können, wurden im Zuge der Planung alternative Wege der Schülerbeteiligung wie die Installation von großen Wechselrahmen eruiert.

Das Projekt hat gezeigt, dass die Einführung zukunftsfähiger pädagogischer Konzepte hohe Anforderungen an die Bau- und Raumgestaltung stellt, denen am besten interdisziplinär entsprochen werden kann. Aus pädagogischer Sicht bestätigt sich, dass bauliche Mängel die Zufriedenheit von Lernenden und Lehrenden beeinträchtigen. Länger andauernde Mängel können negative Folgen für Motivation und Leistungsfähigkeit nach sich ziehen. Die pädagogische Feldstudie stützt in besonderer Weise die Ergebnisse der anderen Projektbeteiligten.

Akustik

Raum- und bauakustischen Sanierungsmaßnahmen haben positive Auswirkungen sowohl hinsichtlich pädagogischer Aspekte des Unterrichtsbetriebes einschließlich des Lernerfolges, als auch auf die Gesundheit von Lehrern und Schülern und steigern damit das „Wohlfühlen in der Schule“.

Die Vorgehensweise des Vorhabens, auf der Basis einer umfassenden Bestandsaufnahme und interdisziplinärer Kooperation eine ganzheitliche Sicht zu gewinnen und zu zukunftsträchtigen Strategien zu kommen, hat sich bezüglich akustischer Aspekte bewährt.

Obwohl die raumakustische Bestandsaufnahme der Langelsheimer Schule zunächst kaum Handlungsbedarf in den Unterrichtsräumen ergeben hat, erweisen sich umfassende Prüfungen bei derartigen Objekten doch als unerlässlich. So ergeben sich z.B. für die Akustikdecken bezüglich der Nachhallverhältnisse zwar keine Mängel, ihre Konstruktion stellte sich dann aber als unzulänglich hinsichtlich der Schalldämmung zwischen den Unterrichtsräumen heraus, was den umfassenden Einbau von Akustikschotts erforderlich machte.

Die Vorteile des ganzheitlichen Ansatzes werden beispielsweise bei der Optimierung des klimatischen Komforts im Unterrichtsraum deutlich. Für die Langelsheimer Schule wird eine

offene Akustikdecke mit reduziertem Deckenanteil empfohlen, um die Speichermasse der Betondecken zur Pufferung der Raumtemperaturen im Sommer nutzen zu können. Als akustische Ausgleichsfläche ist eine Deckenrandbekleidung in Kombination mit Wandabsorbern nutzbar. Ferner wurde beachtet, dass bei der Auswahl und Gestaltung der Deckenbekleidungen nicht nur akustische Anforderungen erfüllt werden. Auch farbliche Gestaltungsmöglichkeiten und möglicherweise später erwünschte Variationen der Raumausstattung und Renovierung sind zu berücksichtigen und kostengünstig zu entsprechen.

Im Schulbereich sind die akustischen Verhältnisse bezüglich der Vielschichtigkeit des ganzheitlich zu erfassenden Komfortbegriffes wesentlich komplexer geworden. Nutzungsänderungen im Schulgebäude, Aufgabenerweiterungen wie Mensabetrieb und Ganztagsbetreuung, aber auch Maßnahmen in Bezug auf veränderte pädagogische Konzepte und Erkenntnisse sind von großem Einfluss.

Innovative pädagogische Konzepte, die teilweise auch durch offensichtliche gesellschaftliche Veränderungen bedingt sind, erscheinen unabweisbar. Ihnen werden Aspekte der Raumakustik, die heutigen Regelwerken zur Schulkakustik zugrunde liegen, nämlich Raumgröße und Nutzungsart, nicht mehr hinreichend gerecht. So ist einer erheblichen Variabilität an Größe und Zusammensetzung einer Schülergruppe sowohl hinsichtlich des Alters der Jugendlichen wie des sonstigen akustischen Aufnahmevermögens z.B. aufgrund von Behinderungen, zu entsprechen. Auch die Art des Unterrichts tendiert zu größerer Variabilität am gleichen Ort z.B. von Frontalunterricht über Gruppenarbeit zum Schülervortrag bis hin zum Rollenspiel und zum Musizieren. Hier erscheint es angebracht, künftig Erfahrungen mit so genannter „variabler Akustik“ (drehbare Absorberelemente, absorbierende Rollos etc.) zu nutzen, wie sie z.B. im Musiktheaterbau bereits vielfältig erprobt sind.

Nicht nur Unterricht sondern auch Mittagessen, Entspannungsphasen etc. erfordern eine angepasste akustische Gestaltung der Schulen, wobei mit Schulart, Trägerschaft und Betriebsart möglicherweise weitere Variablen hinzukommen.

Bisherige bauakustische Anforderungen an Unterrichtsräume kennen nicht den „Betriebszustand“ des Offenstehens sämtlicher Türen während des Unterrichts oder des gleichzeitigen Unterrichts mehrerer Lerngruppen in einem Raum. Dass hier besondere akustische Anforderungen bestehen, ist offensichtlich. Andererseits sind derartige akustische Situationen in der Praxis der „Bürolandschaften“ längst Gang und Gäbe und es können erprobte Problemlösungen aufgezeigt werden. Eine interdisziplinäre ganzheitliche Weiterentwicklung ist dringend zu empfehlen.

Raumklima

Mit der Fensterlüftung in den Unterrichtsräumen der Langelsheimer Schule sind ähnliche regelmäßige Überschreitungen des CO₂-Richtwerts von 1.500 ppm gemessen worden, wie in anderen untersuchten Schulen [Fis09].

Bei Schülern ist je nach Alter, sowie Belegung und Größe des Unterrichtsraums ein zwei bis dreifacher Mindestluftwechsel notwendig, um den Richtwert zu unterschreiten. Praktisch bedeutet dies mindestens ein regelmäßiges fünfminütiges Stoßlüften nach 20 Minuten Unterricht sowie ein Stoßlüften in den Pausen. Dies führt bei kalten Außentemperaturen zu entsprechenden Einschränkungen des thermischen Nutzerkomforts. Die Gewährleistung beider Faktoren Luftqualität und thermischer Behaglichkeit ist bei einer Fensterlüftung durchgängig für das ganze Jahr nicht umsetzbar. Ein Großteil der Unterrichtsräume in Langelsheim überschreitet zudem die zulässige Raumtiefe für freie Lüftung nach Arbeitsstättenrichtlinie § 5 [ASR 5] von 7,53 m. Eine einseitige Lüftung über Fenster ist in diesem Fall nicht ausreichend.

Zur Verbesserung des Lernkomforts und zur energetisch notwendigen Reduzierung der Lüftungswärmeverluste wird daher eine mechanische Belüftung mit Wärmerückgewinnung möglichst aller Belüftungsbereiche und insbesondere der Unterrichtsräume empfohlen. 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.

Gestützt wird die Empfehlung dadurch, dass sich die komplette Belüftung aller Gebäudebereiche über eine Lüftungsanlage gegenüber einer Belüftung kleinerer Bereiche oder einer kompletten Fensterlüftung aus endenergetischer Sicht als vorteilhaft erweist. Primärenergetisch bilanziert gleichen sich die unterschiedlichen Lüftungsvarianten annähernd aus.

Zur Optimierung des sommerlichen Wärmeschutzes wird auf Grundlage einer thermischen Simulation für die Ost-, West- und Südfassade eine zweifache Sonnenschutzverglasung mit einer Lichttransmission von 66 % und einem g-Wert von 33 % in Verbindung mit einem beweglichen außenliegenden Sonnenschutz empfohlen. Als Alternative ist auch eine Dreifachverglasung (U-Wert 0,81 W/(m²K)) mit einer Lichttransmission von 66 % und einem g-Wert von 45 % möglich.

Wie bereits im Akustikteil erwähnt, wird im Fall der Deckenerneuerung die Umsetzung einer offenen Akustikdecke empfohlen. In der Simulation reduziert sich der Überhitzungsanteil einer Akustikdecke mit einem Deckenanteil von 50 % relativ um 10 %.

Energieeffizienz

Ergebnis der Bestandsanalyse ist, dass die seit Erstellung 1976 weitgehend unsanierte Gebäudehülle komplett zu erneuern ist. Bemängelt worden sind u.a. abgängige Schiebefenster, und asbestbelastete Fassadenverkleidungen. Von der Anlagenseite sind zudem die Heizungsversorgung und -verteilung, die raumlufttechnische Anlage der Erdgeschoss -Bereiche sowie die Beleuchtung dem Stand der Technik anzupassen. Eine bedarfsgerechte Regelung der Systeme ist über eine Gebäudeleittechnik geplant. Durch den geplanten Teilrückbau im Erdgeschoss werden die wärmeübertragenen Hüllflächen verringert, die Kompaktheit erhöht und die Tageslichtnutzung der angrenzenden Bereiche verbessert.

Der geringste Heizendenergiebedarf ergibt sich nach EnEV-Berechnung erwartungsgemäß für den Passivhaus-Standard, bei Versorgung über Fernwärme beträgt die Reduzierung gegenüber dem Bestand 80 %. Die Kraftwärmekopplung auf Biomassebasis stellt in ökologischer Hinsicht die günstigste Lösung dar. Da die Erzeugungsverluste der Fernwärme nach EnEV unberücksichtigt bleiben, ist die Versorgung mit Holzpelletkessel aufgrund einer hohen Aufwandszahl ineffizienter. Eine Wärmebereitstellung über Gas bzw. Erdöl wird negativ bewertet, da primärenergetisch bessere und im Betrieb langfristig wirtschaftlichere Systeme verfügbar sind.

Wirtschaftlichkeit

Rechnerisch hat das Instandhalten des Bestandsgebäudes zwar die geringsten kumulierten Gesamtkosten, der langfristige Gebäudebetrieb wird ohne Sanierung angesichts der beschriebenen Mängel und steigender Betriebskosten jedoch als nicht zukunftsfähig bewertet.

Für die geplante Fernwärmeversorgung ergibt sich gegenüber dem eigenfinanzierten Holzpelletkessel mit gasversorgten Spitzenlastkessel eine höhere Wirtschaftlichkeit. Als vorteilhaft erweist sich hier die Entkopplung des hohen Grundpreises von einer Energiepreiserhöhung, wie es das bewertete Angebot einer Fernwärmelieferung vorsieht. Auf die Kesselvariante wirken sich neben den erhöhten Investitionskosten auch die höheren Gaspreise für den Spitzenlastkessel negativ aus.

Weil im üblichen Zeitraum einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von 20 Jahren die Kapitalkosten gegenüber den Betriebskosten klar dominieren, weist die EnEV- 30 % Variante im Finanzierungszeitraum die höchste Wirtschaftlichkeit auf. Erst bei jährlichen Energiepreiserhöhungen von 8 % nähert sich die Passivhausvariante mit den höchsten Kapitalkosten an.

Die EnEV-Variante stellt sich im Vergleich durch hohe Kapitalkosten und erhöhte Energiekosten als unwirtschaftlich dar.

Bei Betrachtung der kumulierten Jahresgesamtkosten über den Zeitraum der Finanzierung hinaus, besitzt der Passivhaus-Standard die höchste Wirtschaftlichkeit. Im Fall der Langelsheimer Schule entfallen nach 30 Jahren die Kapitalkosten, es verbleiben die Betriebskosten, wobei die Energiekosten den größten Einfluss haben.

Aufgrund dieser Ergebnisse wird daher eine Sanierung der Schule im Passivhaus-Standard mit einem Fernwärmeanschluss an das Holzheizkraftwerk empfohlen.

Diesem entspricht die Beschlussvorlage (X / 198 – 1) des Landkreises Goslar aus dem Jahr 2008, die festlegt, „dass alle Sanierungs-, Modernisierungs- und Neubaumaßnahmen für kreiseigene Liegenschaften so zu planen sind, dass der Energiebedarf der Gebäude möglichst niedrig ist. Anzustreben ist ein KfW 40- bis Passivhaus-Standard“. Erforderlich ist dafür ein Nachweis der höheren Wirtschaftlichkeit.

Schulbetreiber bewerten die Wirtschaftlichkeit einer Baumaßnahme aufgrund der wirtschaftlichen und finanztechnischen Zwänge eines öffentlichen Haushalts üblicherweise mit dem Ziel, die Investitionskosten zu minimieren. Die Entscheidung inwieweit eine energetische Sanierung umgesetzt werden kann, hängt dann in der Regel von den finanziellen Möglichkeiten des laufenden bzw. des kommenden Haushaltsjahres ab. Längerfristige Betrachtungszeiträume von 20 oder 30 Jahren sind nicht vorgesehen. Damit wird in Kauf genommen, dass nachhaltigere Lösungen nicht realisiert werden, obwohl sie über die Nutzungsdauer eines Gebäudes die geringeren Gesamtkosten in Form von Kapital-, Betriebs- und Wartungskosten haben.

Die Untersuchung hat gezeigt, dass energetische Standards wie der Passivhaus-Standard ihre Vorteile insbesondere nach Absinken der Kapitalkosten ausbauen, was bei der Langelsheimer Schule erst nach 30 Jahren der Fall ist.

Das Dilemma der vermeintlich „günstigsten Lösung“ kann in Zukunft von kommunalpolitischer Seite durch klarere und verbindliche Festlegungen der energetischen Ziele inklusive aller notwendigen Parameter behoben werden. Zu empfehlen sind Betrachtungen der Gesamtkosten, die in geeigneter Weise steigende Energiekosten und die Nutzungsdauer der Gebäude berücksichtigen, wie sie in diesem Bericht beschrieben werden. Dieser langfristigen Betrachtungsweise ist die Führung öffentlicher Haushalte stärker anzupassen.

Zur Kompensation der höheren Investitionskosten eines Passivhaus-Standards ist im Rahmen des Forschungsprojektes ein Antrag zur Förderung durch das Programm „Optimierung des Energiemanagements von öffentlichen Gebäuden“ bei der Investitions- und Förderbank Niedersachsen – NBank gestellt worden. Da diese Förderung investiver Maßnahmen nicht genehmigt worden ist, sah sich der Landkreis Goslar gezwungen im Oktober 2010 die Um-

setzung eines EnEV-30% Neubau Standards mit einer Versorgung über den regenerativen Energieträger Holz festzulegen.

Im Zuge der Neubewertung der finanziellen Möglichkeiten, ist zudem vom Landkreis beschlossen worden keine Lüftungsanlagen in den Unterrichtsräume mit Mehrkosten von etwa 160.000 € auszuführen. Hier erscheint eine weitere Sensibilisierung der Schulbetreiber aber auch der Nutzer wünschenswert, die aufzeigt, dass das Raumklima insbesondere die Luftqualität direkten Einfluss auf die Leistungsfähigkeit haben und damit letztlich eine wirtschaftliche Größe darstellen. Mit dieser Schwächung des Konzepts hinsichtlich des Nutzerkomforts und der Energieeffizienz ist wiederum die Förderung einer wissenschaftlichen Begleitung in der Realisierungs - und Betriebsphase durch die DBU nicht mehr möglich.

Für den Landkreis Goslar hat die Umsetzung dieses Projekts trotz der Einschränkungen bei den Sanierungszielen einen hohen Stellenwert für den zukünftigen Umgang mit ähnlichen Bestandsschulen. Das Gebäude wird als Effizienzhaus 85 durch die KfW-Bank gefördert und seit dem Frühjahr 2011 als eine für den Landkreis beispielhafte Schulsanierung mit folgenden Maßnahmen realisiert. Darüber hinaus wird im Moment die Integration einer Photovoltaik-Anlage auf dem Dach geprüft.

Gebäudehülle

- Komplette Erneuerung aller Hüllflächen
- Erhöhung der Kompaktheit durch Teilrückbau im EG
- Erreichen des Standards KfW-Effizienzhaus 85

Gebäudetechnik

- Komplette Erneuerung und zentrale Einrichtung der Technikzentrale
- Nutzung des regenerativen Energieträgers Holz
- Versorgung über Holzpelletkessel oder Fernwärmeanschluss an Holzheizkraftwerk mit Kraft-Wärme-Kopplung
- Erneuerung der Lüftungsanlage
 - Beschränkung auf Versorgungsbereiche des Bestands
 - Regelung über GLT mit Präsenzsteuerung
 - teilweise Nutzung vorhandener Lüftungskanäle
- Verbesserung der Tageslichtnutzung (Rückbau, Oberlichter)
- Einbau bedarfsgerechter Beleuchtungstechnik
- Erneuerung aller Akustikdecken und bedarfsgerechte Ergänzung

Ausblick

Die Analysen dieses Projekts zeigen, dass für den Schulbestand ein deutlicher Qualitätssprung in die Zukunft nachhaltig und in der Breite realisierbar ist, der den höchsten Ansprüchen in Bezug auf Energie, Wirtschaftlichkeit und Raumkomfort genügt.

Da die Anforderungen an eine Schule fachübergreifend voneinander abhängig sind, bietet der ganzheitliche Lösungsansatz wesentliche Vorteile bei der Optimierung eines Sanierungskonzepts für Schulen. Es ist erforderlich, die Lern- und Lehrfähigkeit von Schüler und Lehrer unter wirtschaftlich vertretbarem Einsatz zu verbessern und gleichzeitig durch die Erhöhung der Energieeffizienz einen wichtigen Beitrag zur ökonomischen und ökologischen Entwicklung der Schulgebäude zu leisten. Wichtige Konzeptansätze, wie sie für die Mehrzahl deutscher Schulen erforderlich sind, werden in diesem Bericht aufgezeigt.

Dafür ist aus energetischer Sicht allerdings nicht zwangsläufig die Realsierung eines Passivhaus-Standards notwendig, auch mit dem ausgeführten Effizienzhaus 85 Standard wird über die Gebäudehülle ein hohes Einsparpotential erreicht. Das Potential über die Gebäudehülle ist bei der Beachtung heutiger energetischer Standards wirtschaftlich weitgehend ausgeschöpft [Wal10]. Zukünftig wird die Erzeugung und Speicherung von erneuerbarer Energie zur Deckung der energetischen Verluste eine weit höhere Bedeutung gewinnen, als die reine Fokussierung auf Dämmstärken. Die regenerative Stromerzeugung und Stromeigennutzung durch Photovoltaik ist hier als ein wichtiges Beispiel zu nennen.

Eine Festlegung auf das Passivhaus als den Standard der Zukunft erscheint daher nicht ausreichend. Dementsprechend sieht das Energiekonzept der Bundesregierung vor, für Neubauten bis 2020 das Niveau eines „klimaneutralen Gebäude“ auf der Basis von primärenergetischen Kennwerten einzuführen.

8 Literatur

- [App09] Appel, Stefan: Handbuch Ganztagschule. Praxis – Konzepte – Handreichungen. Schwalbach/Ts., 6. überarb. Aufl., 2009
- [BKI09] BKI Baukosteninformationszentrum: BKI Objektdaten A6 Altbau. Stuttgart, 2009
- [Bur03] Burke, Catherine/Grosvenor, Ian: The School I'd Like. Children and Young People's Reflections on an Education for the 21st Century. London, New York, 2003
- [BBR01] BBR - Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung: Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Berlin, 2001
- [Bun08] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: Aktuelle Gebäudesachwerte in der Verkehrswertermittlung. Abschlussbericht, Stuttgart, 2008
- [Dre00] Drews, Ursula/ Schneider, Gerhard/ Wallrabenstein, Wulf: Einführung in die Grundschulpädagogik. Weinheim, Basel, 2000
- [Fau08] Fauser, Peter/Prenzel, Manfred/Schratz, Michael (Hrsg.): Was für Schulen! Profile, Konzepte und Dynamik guter Schulen in Deutschland. Seelze-Velber, 2008
- [Fei03] Feist, W. O.: Protokollband Nr. 22 - Lüftungsstrategien für den Sommer. Darmstadt, 2003
- [Fei07] Feist, W./ Pfluger, R./ Kaufmann, B./ Schnieders, J./ Kah, O.: Passivhaus Projektierungs Paket 2007. Darmstadt, 2007
- [Fis09] Fisch, M.N.: GASS – Ganzheitliche Sanierung von Schulen. Abschlussbericht des Forschungsprojekts, Braunschweig, 2009
http://www.dbu.de/projekt_25297/_db_1036.html
- [Fuc10] Fuchs, Leonie: Räume, zurechtgemacht und zurechtgelebt. Eine empirische Studie zur schulischen Raumkultur. Tübingen, 2010
- [Klo86] Klockhaus Ruth/Habermann-Morbey, Brigitte: Psychologie des Schulvandalismus. Göttingen, 1986
- [Mie05] Mietzner, Ulrike/Pilarczyk, Ulrike: Das reflektierte Bild. Die seriell-ikonografische Fotoanalyse in den Erziehungs- und Sozialwissenschaften. Bad Heilbrunn, 2005

- [Nie06] Niedersächsisches Kultusministerium: Inspektionsbericht Hauptschule Langelsheim 40568. Hannover, 2006
- [Obe06] Oberdörster, M. und Tiesler, G. : Akustische Ergonomie der Schule, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, FB 1071, Dortmund, Berlin, Dresden, 2006
- [Ree08] Reeh, Ute: Schulkunst. Kunst verändert Schule. Weinheim, Basel, 2008
- [Ric04] Richter, Peter: Architekturpsychologie. Eine Einführung. Lengerich, 2004
- [Ris04] Risser, A.: Bausubstanzuntersuchung Schulzentrum Langelsheim des Landkreises Goslar, Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH, 2004
- [Rit94] Rittelmeyer, Christian: Schulbauten positiv gestalten. Wie Schüler Farben und Formen erleben. Wiesbaden, 1994
- [Rit07] Rittelmeyer, Christian: Von brutalen und freundlichen Häusern. Wie das Schulgebäude das Lernen beeinflusst. In: Grundschule Heft 10/Okttober 2007
- [Sch07] Schick, A. und Klatt, M.: Lärminderung in Schulen, Teil1. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Lärmschutz in Hessen, Heft 4, Wiesbaden, 2007
- [Umw00] Umweltbundesamt: Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden. Dessau, 2000
- [Umw08] Umweltbundesamt: Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden. Dessau, 2008
- [Wal10] Walberg, Dietmar: Effizienzhaus, Energiesparhaus & Co - Aufwand, Nutzen und Wirtschaftlichkeit. Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.: Passivhaus Kiel, 2010
- [Zsc09] Zschesche, Barbara/ Kemnitz, Heidemarie: Wie Kinder ihre Schule „sehen“. Räumliche Qualität von Schule aus Kindersicht. In: PÄD-Forum: unterrichten erziehen 6/2009. Baltmannsweiler

Normen

DIN 1946 Teil 2 (1994): Raumluftechnik - gesundheitstechnische Anforderungen

DIN 4109 (1989): Schallschutz im Hochbau – Anforderungen und Nachweise

DIN 5034 Teil 1 (2007): Tageslicht in Innenräumen, Allgemeine Anforderungen

DIN EN 13779 (2006): Lüftung von Nichtwohngebäuden - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlungssysteme

DIN EN 15251 (2007): Eingangsparmeter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden; Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik

DIN EN 15459 (2008): Energieeffizienz von Gebäuden - Wirtschaftlichkeitsberechnungen für Energieanlagen in Gebäude

DIN 18041 (2004): Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen

DIN V 18599 (2007) Energetische Bewertung von Gebäuden

VDI 2067 (2005) : Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen

VDI 3807 (2005) Blatt 2: Energieverbrauchswerte für Gebäude, Düsseldorf

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

VDI 6040 (2011): Raumlufttechnik - Schulen - Anforderungen

9 Quellen

[I SL] Interview mit der Schulleitung der Haupt- und Realschule am 07.09.2009

[I L HS] Interview mit Lehrkräften der Hauptschule am 07.09.2009

[I L RS] Interview mit Lehrkräften der Realschule am 07.09.2009

[I SV HS] Interview mit den Schülervetretern der Hauptschule am 09.09.2009

[I SV RS] Interview mit den Schülervetretern der Realschule am 07.09.2009

10 Verzeichnis von Bildern und Tabellen

Abbildung 1	Lageplan Schulzentrum	IGS	9
Abbildung 2	Luftbild Schulzentrum.....	LK GS	9
Abbildung 3	Nordwestansicht.....	IGS	10
Abbildung 4	Südwestansicht EG.....	IGS	10
Abbildung 5	Haupt- und Realschule Grundriss EG Bestand.....	IGS	10
Abbildung 6	Haupt- und Realschule Grundriss 1.OG Bestand	IGS	11
Abbildung 7	Nutzerbefragung Häufigkeit Sozialformen (Lehrer).....	IEW	16
Abbildung 8	Nutzerbefragung Wichtigkeit Sozialformen (Lehrer)	IEW	16
Abbildung 9	Häufigkeit Methoden (Lehrer)	IEW	17

Abbildung 10	Nutzerbefragung Häufigkeit Freiarbeit (Lehrer)	IEW	18
Abbildung 11	Nutzerbefragung Häufigkeit Lernen an Stationen (Lehrer)	IEW	18
Abbildung 12	Nutzerbefragung Beurteilung Freizeitbereich (Lehrer)	IEW	20
Abbildung 13	Nutzerbefragung Wichtigkeit Räume (Lehrer)	IEW	22
Abbildung 14	Nutzerbefragung Größe der Klassenräume (Schüler)	IEW	23
Abbildung 15	Nutzerbefragung Häufigkeit Pausenaktivitäten (Schüler)	IEW	24
Abbildung 16	Nutzerbefragung Qualität der Orte für Pausenaktivitäten (Schüler) ...	IEW	25
Abbildung 17	Verteilung „positiver“ (grün) und „negativer“ (rot) Orte im EG	IEW	26
Abbildung 18	Beliebte Orte im Forum: Treppen, Kickertische, Sitzecken	IEW	27
Abbildung 19	Dach EG Forum.....	IGS	29
Abbildung 20	Flachdachaufbau über Forum.....	LK GS	29
Abbildung 21	Westansicht	IGS	29
Abbildung 22	Nordansicht.....	IGS	29
Abbildung 23	Bandfassade Blechverkleidung	IGS	30
Abbildung 24	Klassenraum Süd 2.OG	IGS	30
Abbildung 25	Ostraum 2.OG Schiebefenster	IGS	30
Abbildung 26	Schiebefenster geöffnet.....	IGS	30
Abbildung 27	Westfassade	IGS	31
Abbildung 28	Westfassade Werkraum	IGS	31
Abbildung 29	Nordfassade Eingang	IGS	31
Abbildung 30	Nordfassade Eingang	IGS	31
Abbildung 31	Pausenhalle EG.....	IGS	32
Abbildung 32	Sitzecken EG	IGS	32
Abbildung 33	Verkehrsfläche EG.....	IGS	32
Abbildung 34	Lageplan mit Heizzentrale	IGS	33
Abbildung 35	Heizkessel	IGS	33
Abbildung 36	Heizkreispumpe	IGS	33
Abbildung 37	Verteilung Heizzentrale.....	IGS	34
Abbildung 38	VerteilungUG Hauptgebäude.....	IGS	34
Abbildung 39	Schaltschrank Heizzentrale	IGS	34
Abbildung 40	Heizkörper Klassenraum	IGS	34
Abbildung 41	Thermostatventil Klassenraum	IGS	34
Abbildung 42	Thermostatventil Flur OG	IGS	34
Abbildung 43	Grundriss EG und 1.OG (wie 2.OG)	IGS	35
Abbildung 44	Lüftungsanlagen UG.....	IGS	35
Abbildung 45	Verteilung Kriechkeller UG	IGS	35
Abbildung 46	Schaltschrank Lüftung	IGS	36

Abbildung 47	Schaltschrank Lüftung neu	GOY	36
Abbildung 48	Darstellung des Gesamtergebnisses der mittl. Nachhallzeiten	GOY	40
Abbildung 49	Beispiel von Nachhallzeiten in Unterrichtsräumen	GOY	41
Abbildung 50	Nachhallzeiten in Treppenhäusern	GOY	42
Abbildung 51	Mittlere Nachhallzeiten den Räumen des EG [in s]	GOY	43
Abbildung 52	Befragung von Lehrern und Schülern (Störung Schüler)	GOY	45
Abbildung 53	Langzeitmessung Räume	IGS	46
Abbildung 54	Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit der CO ₂ -Konzentration	IGS	47
Abbildung 55	CO ₂ -Konzentration über Außentemperatur.....	IGS	48
Abbildung 56	Anteile CO ₂ - Konzentration Langelsheim	IGS	49
Abbildung 57	Nutzerbefragung Luftqualität Lehrer	IGS	50
Abbildung 58	Nutzerbefragung Luftqualität Schüler	IGS	50
Abbildung 59	Relative Leistungsfähigkeit bezogen auf Innentemperatur.....	IGS	51
Abbildung 60	Prozentsatz kühler Raumtemperaturen	IGS	52
Abbildung 61	Prozentsatz hoher Raumtemperaturen.....	IGS	53
Abbildung 62	Tageslichtquotient über Raumtiefe	IGS	55
Abbildung 63	Grundriss Erdgeschoss mit Rückbaubereichen (gelb)	IWB/ IGS	63
Abbildung 64	Schulpassage EG	IWB	64
Abbildung 65	Längsschnitt Forum EG	IWB	64
Abbildung 66	Ruhezonen EG	IWB	65
Abbildung 67	Ansicht Süd.....	IWB	66
Abbildung 68	Fassadenschnitt Ostfassade 2.OG ohne und mit Fensterpaneel	IWB	67
Abbildung 69	Therm. Aktivierung von Speichermassen in Unterrichtsräumen.....	GOY	69
Abbildung 70	Potentielle Absorptionsflächen in Treppenhäusern	GOY	70
Abbildung 71	Lage der Simulationsräume	IGS	72
Abbildung 72	Simulationsergebnisse Unterrichtsräume	IGS	75
Abbildung 73	Simulationsergebnisse Computerräume	IGS	76
Abbildung 74	Spez. Jahresheizenergiebedarf (Endenergie)	IGS	81
Abbildung 75	Spez. Jahresprimärenergiebedarf Heizung	IGS	82
Abbildung 76	Spez. Jahresprimärenergiebedarf aller Verbraucher	IGS	83
Abbildung 77	Spez. Jahresendenergiebedarf Lüftungsvarianten	IGS	85
Abbildung 78	Spez. Jahresprimärenergiebedarf Lüftungsvarianten	IGS	86
Abbildung 79	Aufteilung der Projektkosten	IGS	89
Abbildung 80	Aufteilung der Projektkosten	IGS	89
Abbildung 81	Aufteilung der Projektkosten	IGS	90
Abbildung 82	Holzpellet - kumulierte Kosten mit Energiepreissteig. 4 %.....	IGS	93
Abbildung 83	Fernwärme - kumulierte Kosten mit Energiepreissteig.. 4 %	IGS	94

Abbildung 84	Holzpellet - kumulierte Kosten mit Energiepreissteig. 8 %.....	IGS	94
Abbildung 85	Fernwärme - kumulierte Kosten mit Energiepreissteig. 8 %	IGS	95
Abbildung 86	Vergleich kumulierte Gesamtkosten Holzpellet (Preissteig. 8 %)	IGS	96
Abbildung 87	Vergleich kumulierte Gesamtkosten Fernwärme (Preissteig. 8 %).....	IGS	96
Abbildung 88	Stadt Frankfurt - Jahreskosten mit Energiepreissteig. 4 %	IGS	97
Abbildung 89	Stadt Frankfurt - Jahreskosten mit Energiepreissteig. 8 %	IGS	98
Abbildung 90	Jahreskosten mit Tilgungsdarlehen Holzpellet (Preissteig. 4 %)	IGS	99
Abbildung 91	Jahreskosten mit Tilgungsdarlehen Fernwärme (Preissteig. 4 %).....	IGS	100
Abbildung 92	Haupt- und Realschule Grundriss EG Planung	IGS	100
Abbildung 93	Haupt- und Realschule Grundriss 1.OG Planung	IGS	100
Tabelle 1	Grunddaten Schulzentrum Langelsheim	IGS	9
Tabelle 2	Schuldaten	IEW	14
Tabelle 3	Vergleich der U-Werte des Bestands mit EnEV 2009	IGS	28
Tabelle 4	Sanierungsmaßnahmen an Gebäudehülle	IGS	36
Tabelle 5	Bewertungssystem Nachhaltigkeit.....	GOY	40
Tabelle 6	Nachhallzeiten -Regelwerken skandinavischer Länder	IGS	42
Tabelle 7	Tageslichtparameter	IGS	54
Tabelle 8	Betrieb und Ausstattung Unterrichtsräume	IGS	73
Tabelle 9	Betrieb und Ausstattung Computerräume	IGS	73
Tabelle 10	Allgemeine Simulationsparameter	IGS	74
Tabelle 11	Übersicht der Varianten	IGS	78
Tabelle 12	Sanierungsmaßnahmen an Gebäudehülle	IGS	79
Tabelle 13	Beschreibung der Wärmeerzeuger	IGS	80
Tabelle 14	Ergebnisse spez. Energiebedarf Endenergie	IGS	82
Tabelle 15	Ergebnisse spez. Energiebedarf Primärenergie	IGS	83
Tabelle 16	Kostengruppenvergleich der Standards	IGS	88
Tabelle 17	Randbedingungen der Wirtschaftlichkeitsberechnung	IGS	91
Tabelle 18	Randbedingungen der Wirtschaftlichkeitsberechnung	IGS	92
Tabelle 19	Steckbrief Bestand Schule Langelsheim	IGS	118
Tabelle 20	Variantenvergleich über Kostengruppen	IGS	120

Erläuterung zur Quellenangabe:

IGS	Institut für Gebäude- und Solartechnik, TU Braunschweig
IEW	Institut für Erziehungswissenschaft, TU Braunschweig
GOY	Ingenieurbüro für Raum- und Bauakustik, Braunschweig
LK GS	Landkreis Goslar
IWB	iwb Ingenieurgesellschaft mbH (Architektur), Braunschweig

11 Anhänge

11.2 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)
MW:	Mauerwerk
KK:	Kriechkeller
SoS:	Sonnenschutz
WRG:	Wärmerückgewinnung
WT:	Wärmetauscher

Steckbrief Bestand	Schulzentrum Langelsheim		
Allgemeines	Grundschule 227 Schüler		
	Haupt- und Realschule 170 Schüler Hauptschule 397 Schüler Realschule		
Gebäudeteile	Baujahr	Geschosse	
	Grundschule 1953	UG (ub) / 2.OG	
	Haupt- und Realschule 1976	UG (ub) bzw. KK / 2.OG	
Sporthalle 1979	EG / 1.OG		
Flächen	BGF	NGF	
	Grundschule		
	Aula	1.703 m ²	1.511 m ²
	Lehrschwimmbekken	312 m ²	277 m ²
	Heizzentrale, Foyer Aula	3.803 m ²	3.373 m ²
	Trakt 1	1.591 m ²	1.411 m ²
	Trakt 2	921 m ²	817 m ²
	Trakt 3	675 m ²	599 m ²
	Turnhalle	10.088 m ²	8.948 m ²
	Haupt- und Realschule	2.233 m ²	1.981 m ²
Sporthalle	21.326 m²	18.916 m²	
Gesamt			
Energiekennwerte (2007)	Wärme 150,6 kWh/a m ² NGF	Strom 18,3 kWh/a m ² NGF	
	Das ungenutzte Bauteil Trakt 3 ist nicht berücksichtigt.		
Steckbrief Bestand	Haupt- und Realschule Langelsheim		
	EG	1.OG und 2.OG	
Typologie	ringförmige Struktur um Ker-	ringförmige Struktur um	

	ne	Kerne
Konstruktion	Stahlbetonskelett Pfosten-Riegel-Fassade und Mauerwerk	Stahlbetonskelett Bandfassade mit Sand- wichelementen
Gebäudehülle		
Dach	Flachdach	Flachdach
Fassade	Pfosten-Riegel-Elemente und Mauerwerk	Bandfassade mit Sand- wichelementen
Fenster	IsoV (1976)	IsoV (1976)
Rahmenmaterial	Aluminium	Aluminium
Sonnen/ Blendschutz	außenliegender SoS W, S, O	außenliegender SoS W, S, O
Gebäudetechnik		
Wärmeversorgung	Heizkessel 1 Viessmann paromat e, 1.860 kW, Baujahr 1976	
Wärmeübertragung	Heizkessel 2 Viessmann paromat e, 1.860 kW, Baujahr 1976	
Heizregulierung	Verteilung über Kanäle, Kriechkeller und Keller im UG	
Mechanische Lüftung	Statische Heizflächen, Normheizlast 938 kW Außentemperatur; raumweise Thermostatventile 4 Zu- und Abluftanlagen mit WRG über Rotations-WT, Bj. 1977 in Forum, NTW-Bereiche, Werken, WC, Flure 60.600 m³/h Zuluftvolumenstrom gesamt	
Sanierungsmaßnahmen	-	

Tabelle 19

Steckbrief Bestand Schule Langelsheim

11.3 Grundrisse Umbauplanung

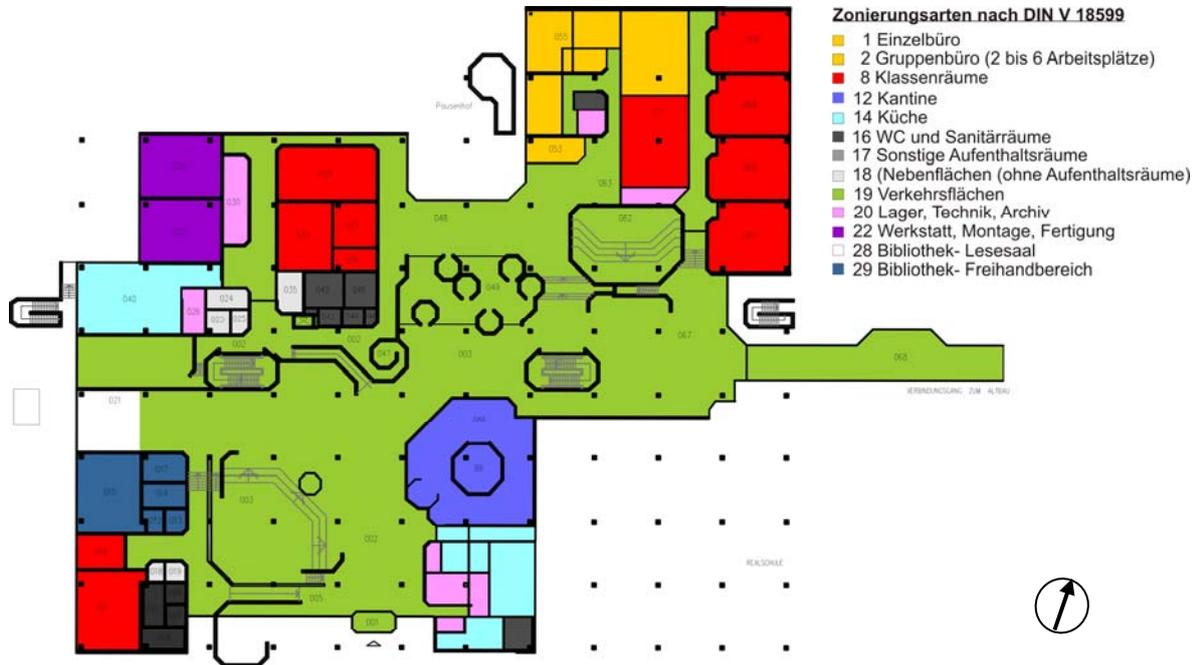


Abbildung 92 Haupt- und Realschule Grundriss EG Planung

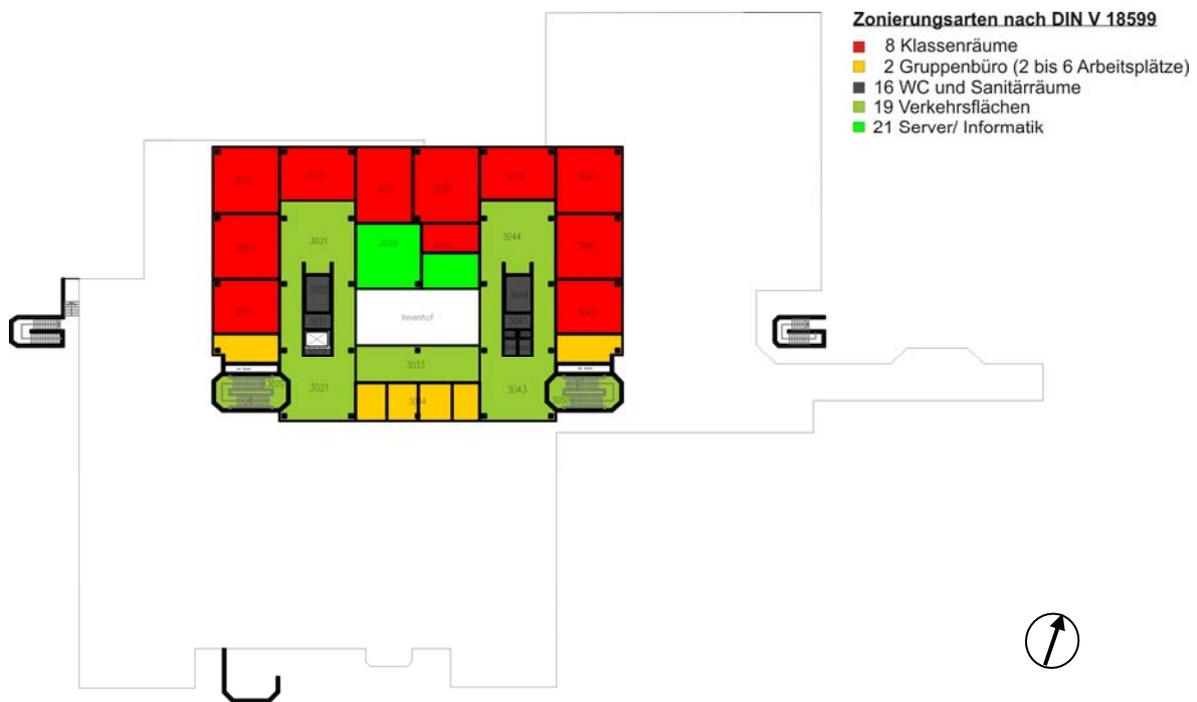


Abbildung 93 Haupt- und Realschule Grundriss 1.OG Planung

11.4 Übersicht Kosten

Variantenvergleich der Kosten		Holzpelletkessel			Fernwärme		
		EnEV	EnEV-30%	PH	EnEV	EnEV-30%	PH
KG 200	Herrichten und Erschließen	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500
KG 200	Herrichten und Erschließen	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500
KG 330	Außenwände	1.846.202	1.846.202	2.328.479	1.846.202	1.846.202	2.328.479
KG 334	Außenfenster/türen	114.300	114.300	120.056	114.300	114.300	120.056
KG 335	Außenwandverkleidung	278.495	302.712	336.100	278.495	302.712	336.100
KG 340	Innenwände	233.250	233.250	233.250	233.250	233.250	233.250
KG 344	Innentüren	181.220	181.220	181.220	181.220	181.220	181.220
KG 345	Innenwandverkleidungen	143.843	143.843	143.843	143.843	143.843	143.843
KG 351	Deckenkonstruktion	24.400	24.400	24.400	24.400	24.400	24.400
KG 359	Decken Sonstiges	8.928	8.928	8.928	8.928	8.928	8.928
KG 352	Deckenbeläge	385.633	385.633	385.633	385.633	385.633	385.633
KG 353	Deckenbekleidung	729.680	729.680	786.380	729.680	729.680	786.380
KG 360	Dächer	589.499	640.760	701.100	589.499	640.760	701.100
KG 390	Sonstige Maßnahmen	274.000	274.000	274.000	274.000	274.000	274.000
KG 300	Baukonstruktion	4.809.450	4.884.928	5.523.390	4.809.450	4.884.928	5.523.390
KG 410	Sanitär	223.271	223.271	223.271	223.271	223.271	223.271
KG 420	Wärmeerzeugung	240.460	218.600	196.740	0	0	0
KG 420	Wärmeverteilung	91.996	91.996	91.996	91.996	91.996	91.996
KG 430	Lüftung	210.868	210.868	210.868	210.868	210.868	210.868
KG 430	Lüftungsverteilung	266.814	266.814	266.814	266.814	266.814	266.814
KG 440	Starkstromanlagen	980.148	980.148	980.148	980.148	980.148	980.148
KG 450	Fernmelde- und informationst. Anl.	226.785	226.785	226.785	226.785	226.785	226.785
KG 460	Förderanlagen	53.550	53.550	53.550	53.550	53.550	53.550
KG 480	Gebäudeautomation	185.263	185.263	185.263	185.263	185.263	185.263
KG 490	Sonstige Maßnahmen Techn. Anlage	32.332	32.332	32.332	32.332	32.332	32.332
KG 400	Technische Anlagen	2.511.487	2.489.627	2.467.767	2.271.027	2.271.027	2.271.027
KG 510	Geländefläche	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
KG 520	Befestigte Flächen	55.000	55.000	55.000	55.000	55.000	55.000
KG 550	Einbauten in Außenanlage	42.050	42.050	42.050	42.050	42.050	42.050
KG 500	Außenanlagen	103.050	103.050	103.050	103.050	103.050	103.050
KG 600	Ausstattung und Kunstwerke	319.000	319.000	319.000	319.000	319.000	319.000
KG 600	Ausstattung und Kunstwerke	319.000	319.000	319.000	319.000	319.000	319.000
KG 700	Baunebenkosten	1.135.723	1.152.293	1.257.422	1.135.723	1.152.293	1.257.422
KG 700	Baunebenkosten	1.135.723	1.152.293	1.257.422	1.135.723	1.152.293	1.257.422
Gesamt		8.884.210	8.954.398	9.676.129	8.643.750	8.735.798	9.479.389

Tabelle 20 Variantenvergleich über Kostengruppen