

**Entwicklung eines integralen und zukunftsweisenden Planungsansatzes für den Neubau des Gymnasiums Diedorf bei Umsetzung des Plusenergiestandards in Holzbauweise und Entwicklung neuer Lösungen für offene Lernlandschaften mit umfassendem Monitoring und Dokumentation**

**Abschlussbericht DBU zur 1. Förderphase (Stand 15.10.2012)**

AZ 29892-25



Bearbeiter

Prof. DI Hermann Kaufmann, Architekten Hermann Kaufmann ZT GmbH

Prof. Architekt Florian Nagler, Florian Nagler Architekten GmbH

Dipl.-Phys. Klaus Rohlfss, ip5 ingenieurpartnerschaft

Dipl.-Ing. Architekt Holger König, LEGEP Software GmbH

Dipl.-Ing. Herbert Mayr, Ingenieurbüro Herbert Mayr

Dipl.-Ing. Konrad Merz, merz kley partner ZT GmbH

Dipl.-Ing. Frank Wimmer, Wimmer - Ingenieure

Dipl.-Ing. Jörg Böhler, Wimmer - Ingenieure

Dipl.-Ing. Bernd Grözinger, Müller-BBM GmbH

Dipl.-Ing. Robert Busch-Maass, Lumen<sup>3</sup> Lichtplanungsbüro

Dr.-Ing. Mandy Peter, bauart Konstruktions GmbH & Co.KG

Dipl.-Ing. Andreas Robrecht, ZAE Bayern

Frau Karin Doberer, LernLandschaft

Dipl.-Ing. Robert Wenk, Landschaftsarchitekt, ver.de landschaftsarchitektur GbR

StD Günter Manhardt, Schulleiter

Dipl.-Kffr. Andrea Kreil, kplan AG

RA Hanns-Peter Kirchmann, kplan AG

Augsburg/Abensberg

## Abschlussbericht DBU

### Inhalt

1.	Kurzfassung des Gesamtvorhabens .....	12
2.	Aufgabenstellung.....	13
2.1	Ausgangssituation .....	13
2.2	Übergeordnete Zielsetzung .....	13
2.3	Stand der Planungen .....	14
3.	Pädagogische Architektur.....	14
3.1	Neues offenes Lernkonzept für das Gymnasium Diedorf .....	14
3.1.1	Rahmenbedingungen Gymnasium Diedorf .....	14
3.1.2	Pädagogisches Konzept .....	18
3.1.3	Umsetzung des neuen Raumnutzungskonzepts .....	19
3.1.4	Flächegegenüberstellung .....	20
3.2	Entwicklung Gebäudekonzept.....	20
3.2.1	Analyse der wesentlichen Rahmenbedingungen .....	20
3.2.2	Entwicklung verschiedener Planungsvarianten.....	21
3.3	Entwicklung Freiraumplanung.....	37
3.3.1	Ausgangssituation .....	37
3.3.2	Zielstellung .....	39
3.3.3	Analyse der Rahmenbedingungen .....	40
3.3.4	Umsetzung des pädagogischen Konzepts in die Außenraumgestaltung .....	41
3.4	Entwicklung (haus)technisches Konzept .....	42
3.4.1	Ausgangssituation und Zielsetzung .....	42
3.4.2	Eingesetzte Technik.....	46
3.4.3	Haustechnische Herausforderungen des neuen Lernkonzepts.....	62
3.4.4	Anforderungen für die weitere Planung .....	63
3.5	Akustik in offenen Lernlandschaften.....	64
3.5.1	Ausgangssituation und Zielsetzung .....	64
3.5.2	Akustik und Leistungsfähigkeit/ Lernqualität .....	65

3.5.3	Akustik im konventionellen Schulbau gegenüber pädagogischer Architektur .....	65
3.5.4	Akustikkonzept für offenes Lernmodell .....	69
3.6	Brandschutz in offenen Lernlandschaften .....	69
3.6.1	Analyse der Rahmenbedingungen und Aufzeigen der Besonderheiten gegenüber Standardlösungen .....	69
3.6.2	Ableitung wichtiger Ergebnisse für das Brandschutzkonzept .....	71
3.7	Lichtplanung für offene Lernlandschaften .....	72
3.7.1	Analyse der Rahmenbedingungen und Aufzeigen der Besonderheiten gegenüber Standardlösungen .....	72
3.7.2	Entwicklung und Vergleich verschiedener Varianten .....	72
3.7.3	Ergebnis .....	73
3.7.4	Ausblick.....	74
4.	Holzbau.....	75
4.1	Analyse der Rahmenbedingungen und Aufzeigen der Besonderheiten gegenüber Standardlösungen .....	75
4.2	Konstruktive Lösung Klassencluster und Materialisierung.....	79
4.3	Darstellung und Diskussion möglicher Konstruktionstypologien und Dachkonstruktionen für den Schulbau .....	81
4.4	Recherche zur Dauerhaftigkeit von Holzbauten unter Berücksichtigung der Fäulnisgefahr, der Bedeutung der Luftdichtigkeit und der Frage der Notwendigkeit von chemischen Holzschutz	86
5.	Plusenergiekonzept .....	109
5.1	Projektbezogene Definition des Plusenergiestandards .....	109
5.2	Qualität der Gebäudehülle hinsichtlich Wärmeschutz und Luftdichtigkeit .....	109
5.3	Entwicklung des Energieversorgungskonzepts .....	112
5.3.1	Stromerzeugung .....	112
5.3.2	Energieeinsparung.....	112
5.3.3	Thermisch-dynamische Simulationsrechnung .....	113
5.3.4	Analyse des Energiebedarfs .....	120
5.3.5	Entwicklung und Vergleich verschiedener Energieversorgungsszenarien .....	121
5.3.6	Ergebnis .....	124
5.4	Entwicklung des Beleuchtungskonzeptes .....	126
5.4.1	Ausgangssituation und Arbeitspakete.....	126
5.4.2	Entwicklung des Tageslichtkonzeptes .....	128
5.4.3	Zielerreichung und Ausblick .....	132
5.5	Energiebilanzen und CO <sub>2</sub> -Reduktion .....	132

---

5.5.1	Allgemeines .....	132
5.5.2	Grundlagen .....	132
5.5.3	Primärenergiebilanz .....	133
5.5.4	CO <sub>2</sub> -Bilanzen .....	141
5.5.5	Erreichbarkeit des Plusenergiestandards .....	141
5.5.6	Energetisches Pflichtenheft .....	143
6.	Ergebnis Planungskonzept .....	147
6.1	Gebäudekonzept .....	147
6.1.1	Umsetzung des Konzepts offener Lernlandschaften .....	147
6.1.2	Baukörper und Bereichsgliederung .....	147
6.1.3	Gestaltung von Räumen .....	149
6.2	Freianlagenkonzept .....	149
6.3	Konzept Lichtplanung .....	152
6.4	Brandschutzkonzept .....	154
6.4.1	Abschnittsbildung .....	154
6.4.2	Baulicher Brandschutz .....	154
6.4.3	Anlagentechnischer Brandschutz .....	155
6.4.4	Rettungswege .....	156
6.4.5	Ergebnis .....	157
7.	Planungsmethodik .....	158
7.1	Integraler Planungsprozess .....	158
7.1.1	Ausgangssituation .....	158
7.1.2	Identifikation der wesentlichen Problemfelder .....	158
7.1.3	Strukturierung des Prozesses .....	159
7.1.4	Dokumentation des integralen Planungsprozessablaufs .....	162
7.2	Evaluation des Prozesses .....	166
7.2.1	Bewertung des Planungsprozesses durch die Projektbeteiligten .....	166
7.2.2	Ergebnis .....	172
8.	Nachhaltigkeit und Qualitätssicherung .....	176
8.1	Entwicklung Messkonzept zur Vorbereitung des Monitoring .....	176
8.1.1	Ausgangssituation und Zielstellung .....	176
8.1.2	Definition von Projektzielen für das Monitoring .....	177
8.1.3	Erstellung des Monitoringkonzeptes .....	178

---

8.1.4	Ausblick.....	182
8.2	Entwicklung Qualitätssicherungskonzept .....	182
8.2.1	Ausgangssituation und Zielstellung .....	182
8.2.2	Konzept zur Qualitätssicherung .....	183
8.2.3	Ausblick.....	187
8.3	Lebenszyklusanalyse der Maßnahmen.....	188
8.3.1	Allgemein.....	188
8.3.2	Gebäudemodellierung.....	188
8.3.3	Ermittlung der Wirtschaftlichkeit.....	196
8.3.4	Kosteneffizienz des Plusenergiekonzepts mit offenen Lernlandschaften.....	204
8.3.5	Ergebnis .....	205
9.	Einbindung Nutzer und Öffentlichkeit.....	208
9.1	Einbindung der Nutzer .....	208
9.2	Öffentlichkeitsarbeit.....	209
9.3	Vorbereitung der Nutzer auf das Schulgebäude .....	210
Anlage 1	Pädagogisches Raumkonzept Gymnasium Diedorf	
Anlage 2	Planungsdokumentation	
	Planstand 27.09.2012	
	Lageplan	
	Terminplan	
Anlage 3	Freianlagenplanung	
	Entwurfsanalyse/Entwurfskonzept	
	Entwurfsplan Freianlagen	
	Einzugsflächenplan	
	Untersuchung Anlieferung Wärmeversorgung	
	Feuerwehrflächen	
Anlage 4	Lichtplanung	
Anlage 4.1	Untersuchungen / Berechnungen	
	Tageslichtuntersuchung Fensterferner, Bereich Korridor	
	Tageslichtuntersuchung Fensterferner, Bereich interner Lichthof	

Kunstlichtberechnung – Marktplatz Halogenglühlampe

Entwicklung Sonderleuchte Marktplatzleuchte mit LED-Strahler

Tageslichtuntersuchung Varianten Tageslichtsysteme und Tageslichtautonomien

Berechnung der Tageslichtversorgung der Aula

Berechnung der Tageslichtversorgung der Sporthalle

Untersuchung Ergonomie Tageslichtsysteme Fenster

Untersuchung Ergonomie Tageslichtsysteme Oberlicht

Kunstlichtberechnung – volle Anschlussleistung im Marktplatz und Korridor

Kunstlichtberechnung – reduzierte Anschlussleistung im Marktplatz und Korridor

Kunstlichtberechnung – weiter reduzierte Anschlussleistung im Marktplatz und Korridor

Kunstlichtberechnung – Marktplatz LED

- Anlage 4.2 Planstand Lichtkonzept
- Anlage 5 Wirtschaftlichkeitsberechnung PV-Anlage
- Anlage 6 Systemvergleich zur Wärme-und Kälteversorgung
- Anlage 7 Grundlagen und weitere Berechnungen zum Energiekonzept
- Anlage 8 Literaturverzeichnis

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Prognose Schüler und Lehrerzahlen .....	16
Abbildung 2 Vergleich herkömmlich, neues Konzept .....	20
Abbildung 3 Tabellarische und grafische Darstellung des erzielbaren spezifischen Primärenergiebedarfs ohne nutzerinduzierte Bedarfe (Variante „6 Häuser“), Stand 09. Juli 2012 .....	35
Abbildung 4 Tabellarische und grafische Darstellung des erzielbaren spezifischen Primärenergiebedarfs ohne nutzerinduzierte Bedarfe (Variante „4 Häuser“), Stand 28.09.2012 .....	36
Abbildung 5 Ertragsverlauf eines Tages .....	45
Abbildung 6 Ertragsverlauf eines Monats .....	45
Abbildung 7 Ertragsverlauf eines Jahres .....	46
Abbildung 8 Gegenüberstellung CO <sub>2</sub> -Einsparung PV-Anlage zu anderen Energieträgern .....	46
Abbildung 9 Schema Lüftungszentrale .....	48
Abbildung 10 Planausschnitt Luftführung in Klassenräumen .....	50
Abbildung 11 Planausschnitt Schnitt Quellauslass im Klassenraum .....	51
Abbildung 12 Diagramm Vergleichskosten .....	53
Abbildung 13 Diagramm Energiebedarf Wärme und Kühlen .....	54
Abbildung 14 Diagramm CO <sub>2</sub> Emissionen .....	54
Abbildung 15 Diagramm Primärenergiebedarf .....	55
Abbildung 16 Ranking 1; „Schwerpunkt Ökologie“, Variante 35 % Gewichtung CO <sub>2</sub> , 35 % Gewichtung Primärenergie, 30 % Gewichtung jährliche Kosten .....	56
Abbildung 17 Ranking 2; „Schwerpunkt auf Ökonomie“, Variante 15 % Gewichtung CO <sub>2</sub> , 15 % Gewichtung Primärenergie, 70 % Gewichtung jährliche Kosten .....	56
Abbildung 18 Ranking 3; „Ausgewogene Gewichtung“; Variante 25 % Gewichtung CO <sub>2</sub> , 25 % Gewichtung Primärenergie, 50 % Gewichtung jährliche Kosten .....	57
Abbildung 19 Schema Variante 1 Wärmeerzeugung .....	58
Abbildung 20 Schema Variante 1 Kälteerzeugung .....	58
Abbildung 21 Ergebnis Wärmebedarfsberechnung Transmission .....	60

Abbildung 22: Prinzip der Rettungswegführung aus Obergeschossen über notwendige Flure und notwendige Treppenräume als Standardkonzept des Bauordnungsrechtes (Quelle: Brandschutzatlas. FeuerTrutz Verlag, Verlag für Brandschutzpublikationen).....	71
Abbildung 23 Schema Kanalführung zu den Klassenräumen .....	78
Abbildung 24 Vereinfachte Entscheidungsfolge zur Zuordnung von Holzbauteilen zu einer Gebrauchsklasse.....	90
Abbildung 25 Zusammenfassende Tabelle zur Beschreibung der Gebrauchsklassen 0 bis 5 (oben); Grafik zur Erläuterung der Holzbauteile in Gebrauchsklassen (unten).....	91
Abbildung 26 Mindestanforderungen an die Dauerhaftigkeit in Abhängigkeit der jeweiligen Gebrauchsklassen (oben); Zusammenfassende Tabelle zur Klassifikation der natürlichen Dauerhaftigkeit des Holzbaus gegenüber holzerstörenden Organismen nach Norm EN 350-2 (unten) .....	92
Abbildung 27 Einsatzbereiche von Holzarten OHNE zusätzliche Holzschutzmaßnahmen.....	93
Abbildung 28 Natürliche Dauerhaftigkeit und Tränkbarkeit von Nadel- und Laubhölzern .....	94
Abbildung 29 Vergleichsrechnung nach DIN 4108-3.....	100
Abbildung 30 Entwicklung der Luftdichtheit in der Holzrahmenbauweise anhand von 52 Bauten ...	102
Abbildung 31 Entwicklung des Wärmeschutzes.....	106
Abbildung 32 Vergleich der Herstellungskosten von Holzbauten zu Massivbauten nach A. Ohler....	107
Abbildung 33 Vorschlag für einen rechnerischen Ansatz der Gesamtnutzungsdauer von Gebäuden	108
Abbildung 34 Wertetabelle gemäß Untersuchungssystematik.....	113
Abbildung 35 Wertetabelle absteigend geordnet nach Überschreitungshäufigkeit 27 °C .....	114
Abbildung 36 Grafische Auswertung, geordnet gemäß Untersuchungssystematik .....	114
Abbildung 37 Grafische Auswertung; absteigend geordnet nach Überschreitungshäufigkeit 27 °C..	115
Abbildung 38 Grafische Auswertung; absteigend geordnet nach Überschreitungshäufigkeit 27 °C; Detail .....	115
Abbildung 39 Grafische Auswertung; absteigend geordnet nach einfacher und gewichteter Überschreitungshäufigkeit 27 °C.....	116
Abbildung 40 Grafische Auswertung; absteigend geordnet nach einfacher und gewichteter Überschreitungshäufigkeit 27 °C; Detail .....	117
Abbildung 41 Exemplarische Verläufe der sommerlichen Empfindungstemperatur .....	118

---

Abbildung 42 Wertetabelle zum Einfluss dachintegrierter Oberlichter auf den thermischen Komfort .....	118
Abbildung 43 Grafische Auswertung zum Einfluss dachintegrierter Oberlichter auf den thermischen Komfort .....	119
Abbildung 44 Sonneneinstrahlungskarte Deutschland (Quelle: Deutscher Wetterdienst) .....	122
Abbildung 45 Anlagengrößen mit voraussichtlichen Erträgen.....	123
Abbildung 466 Zusammenfassung Berechnung Gesamt-PV-Anlage Neubau Gymnasium Diedorf, mit der Planungssoftware PV-Sol Pro 5.5.....	126
Abbildung 47 Repräsentatives 3-D-Modell Lichthof .....	129
Abbildung 48: Berechnungsergebnisse Tageslichtverteilungen im Gebäude.....	131
Abbildung 49 BILANZ-Planungswerkzeug zur überschlägigen Ermittlung des Heizwärmebedarfs (hier: Nutzenergie!).....	133
Abbildung 50 Zonierung des Gebäudes .....	134
Abbildung 51 Rechenblatt zum Heizwärme- und Warmwasserbedarf.....	135
Abbildung 52 Rechenblatt zur Raumkühlung.....	135
Abbildung 53 Rechenblatt zur Luftförderung.....	136
Abbildung 54 Rechenblatt zur grob überschlägigen Ermittlung des Energiebedarfs für die Luftkonditionierung.....	137
Abbildung 55 Rechenblatt zum Energiebedarf für Diverse Technik .....	138
Abbildung 56 Rechenblatt zum nutzerbezogenen elektrischen Energiebedarf.....	138
Abbildung 57 Rechenblatt zur Gesamtenergiebilanz des Gebäudes (Endenergie und Primärenergie) .....	139
Abbildung 58 Tabellarische und grafische Darstellung des erzielbaren spezifischen Primärenergiebedarfs ohne nutzerinduzierte Bedarfe .....	140
Abbildung 59 Tabellarische und grafische Darstellung des erzielbaren spezifischen Primärenergiebedarfs unter Einbezug der nutzerinduzierten Bedarfe .....	140
Abbildung 60 Tabelle zur Ermittlung der durch den Betrieb des Gebäudes bewirkten CO <sub>2</sub> -Emissionen .....	141
Abbildung 61 Zur Erreichung des Plusenergiestandards erforderliche und mögliche Eigenerzeugung aus PV (nur Gebäudedächer) .....	142

---

Abbildung 62 Zur Erreichung der CO <sub>2</sub> -Neutralität erforderliche und mögliche Vermeidung von CO <sub>2</sub> -Emissionen durch Eigenerzeugung aus PV (nur Gebäudedächer) .....	142
Abbildung 63 Wertetabelle zu den einzuhaltenden Strömungsgeschwindigkeiten .....	143
Abbildung 64 Wertetabelle zu den einzuhaltenden Druckverlusten bei Zu-/Abluftanlagen.....	144
Abbildung 65 Wertetabelle zu den einzuhaltenden Druckverlusten bei Abluftanlagen .....	144
Abbildung 66 Wertetabelle zu den einzuhaltenden Ventilator-Systemwirkungsgraden .....	144
Abbildung 67 Wertetabelle zu den einzuhaltenden Werten für Hilfsenergien .....	145
Abbildung 68 Wertetabelle zu den einzuhaltenden spezifischen installierten Leistungen für Kunstlicht .....	145
Abbildung 69 Wertetabelle zu den einzuhaltenden Werten für den Dämmstandard.....	146
Abbildung 70 Phasenverlauf eines Brandes .....	156
Abbildung 71 Rettungswegkonzept für offene Lernlandschaften am Beispiel 2. OG Klassenhaus II 157	
Abbildung 72 Gegenüberstellung der Planungsprozesse.....	173
Abbildung 73 Kubatur und Flächen der drei Alternativen .....	192
Abbildung 74 Baukosten KG 300 und 400.....	192
Abbildung 75 Energie- und Medienbedarf der drei Varianten .....	193
Abbildung 76 Lebenszykluskosten mit Barwertberechnung.....	194
Abbildung 77 Ökobilanz der drei Varianten .....	195
Abbildung 78 Kostenschätzung nach DIN 276.....	198
Abbildung 79 Statische Amortisation einzelner Maßnahmen zur Energieeffizienz ausgehend vom heutigem Energiepreis .....	201
Abbildung 80 Statische Amortisation einzelner Maßnahmen zur Energieeffizienz ausgehend von einem mittleren zukünftigen Preisniveau .....	202
Abbildung 81 Annuitätischer Gewinn einzelner Maßnahmen zur Energieeffizienz ausgehend von einem mittleren zukünftigen Preisniveau .....	203
Abbildung 82 Statische Betrachtung der Wirtschaftlichkeit der Mehrkosten .....	204
Abbildung 83 Annuitätischer Gewinn der Mehrkosten ausgehend von einem mittleren zukünftigen Preisniveau .....	205

## 1. Kurzfassung des Gesamtvorhabens

„Pädagogische Architektur“ wird die Herausforderungen, die an das Planen und Bauen gestellt werden, in den kommenden Jahren maßgeblich beeinflussen. Wie bereits die Montag Stiftung ausgeführt hat, gibt es keine architektonische Standardlösung für das Lernen. Der Neubau des Gymnasiums Diedorf soll optimale bauliche und technische Voraussetzungen für ein zukunftsfähiges Lern- und Lehrumfeld schaffen und gleichzeitig im Hinblick auf vorbildlichen aktiven Umweltschutz als nachhaltiger Holzbau im Plusenergiestandard konzipiert werden. Es hebt sich damit nicht nur von konventionellen Schulbauten, sondern auch von in jüngerer Zeit vereinzelt realisierten „Passivhausschulen“ deutlich ab.

Das Projekt wird für diese ambitionierten Zielstellungen einen integrierten Planungsansatz aufzeigen, der aus einem von der Schulfamilie entworfenen pädagogischen Ansatz heraus entwickelt wird. Ziel ist es, durch einen integralen Planungsprozess bauliche Qualität zu schaffen, die aus der Integration des pädagogischen Konzepts, den energetischen Anforderungen, den Komfortanforderungen, den Anforderungen an eine gesunde Lernumgebung und aus den entwurflich-konstruktiven Rahmenbedingungen erwächst. Das Planungsteam wurde hierfür bereits zu Beginn des Planungsprozesses festgelegt.

Gerade die Erkenntnis, dass neue Lernformen auch neue bauliche Grundrisse erfordern, um die Gestaltung der Abläufe sicherzustellen, ist für viele Kommunen noch Neuland. Mit den Ergebnissen des vorliegenden Forschungsprojektes sollen die notwendigen Komponenten für die energieeffiziente Gebäudehülle und die Nutzung erneuerbarer Energien fortentwickelt werden. Durch Integration innovativer Bauteilkomponenten soll auch das Image eines als Holzbau ausgeführten Plusenergiehauses architektonisch transportiert werden, die Komponenten sollen sichtbar sein und verständlich gemacht werden. Ansätze hierfür bestehen u. a. in der Orientierung der Unterrichtsräume, in den innen liegenden Lichthöfen und in der intensiven Auseinandersetzung mit der Dachkonstruktion im Hinblick auf die passive Nutzung von Solarenergie und Tageslichtnutzung.

Darüber hinaus soll gezeigt werden, dass auch die Verwendung des regionaltypischen Baustoffes Holzes für einen derartigen Schulbau möglich und ökologisch sinnvoll ist. Durch den Ansatz der vergleichenden Lebenszyklusanalyse mit einem Standardgebäude können die Vorteile eines Gebäudes aus nachwachsenden Rohstoffen in Hinblick auf die Lebenszykluskosten und die Umweltbilanz dargestellt werden. Ein konsequent umgesetztes Beispiel wird dabei helfen, die bestehenden Vorurteile gegen den Einsatz nachwachsender Rohstoffe im Schulbau zu widerlegen.

Schulgebäude unterliegen besonderen Anforderungen in Hinblick auf die Gesundheit der Schüler und des Lehrpersonals. Der Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden (UBA 2008) gibt wertvolle Hinweise und Anregungen bezüglich der Ziel- und Grenzwerte für die Innenraumluft. Bereits im Vorfeld der Planung soll den Planern und öffentlichen Auftraggebern durch prinzipielle Hinweise die Möglichkeit gegeben werden, bei der Konstruktions-

und Materialwahl Risiken zu minimieren. Dies betrifft sowohl die Lüftungstechnik und Bauprodukte, als auch die vorgesehenen Einrichtungsgegenstände.

## 2. Aufgabenstellung

### 2.1 Ausgangssituation

Der Landkreis Augsburg beabsichtigt den Neubau des Gymnasiums Diedorf für ca. 900-1.000 Schüler auf einem Grundstück in der Marktgemeinde Diedorf nahe des Bahnhofs.

Das Gymnasium Diedorf befindet sich derzeit im Aufbau. Bis zum Bezug des Neubaus werden Räume in der Volksschule Diedorf sowie Container genutzt. Aufgrund der begrenzten Kapazitäten der Containerlösung sollte der Neubau im September 2015 bezogen werden können. Trotz der engen Terminalschiene strebt der Landkreis Augsburg als Träger des Gymnasiums Diedorf ein Schulgebäude an, das auch den neuen bildungspolitischen Anforderungen gerecht wird und Schule als Lebensraum begreift. Hierfür machen sich auch Schüler, Eltern und Lehrer am Gymnasium Diedorf stark. Die Schule hat dazu ein ganzheitliches pädagogisches Profil entwickelt.

Neue Unterrichtsformen und ein veränderter Schullalltag benötigen andere Schulen als das bislang umgesetzte Standard-Schulgebäude. Dies erfordert nicht nur ein neues Herangehen an den Planungsprozess, sondern auch ein Umdenken hinsichtlich der baulichen und technischen Anforderungen an die zu schaffenden Gebäudestrukturen. Hier möchte der Landkreis Augsburg Schüler und Lehrer unterstützen und gleichzeitig eine Vorreiterrolle einnehmen und den Prototyp einer neuen Schule schaffen.

### 2.2 Übergeordnete Zielsetzung

Zielsetzung von Bauherrn und Nutzer ist es, für das Gymnasium Diedorf ein innovatives und zukunftsweisendes pädagogisches Konzept zur Erfüllung der Ansprüche an moderne gymnasiale Bildung umzusetzen. Mit dem neuen Raumkonzept soll der Nachweis gelingen, dass offene (Klassen-)Räume mit integrierten klassischen Erschließungsflächen (Flure) zu „offenen Lernlandschaften“ umfunktioniert werden können, die methodisch vielfältigen und selbstgesteuerten Unterricht ermöglichen. Durch eine flexible und nachhaltige Außenraumgestaltung soll das offene Lernkonzept von innen nach außen weitergeführt und unterstützt werden.

Ein wichtiges übergeordnetes Ziel des Vorhabens besteht zudem in der Realisierung eines gebäudeangepassten Plusenergiekonzepts mit wegweisendem Charakter. Unter Beachtung der speziellen Gegebenheiten durch den Holzbau und das pädagogische Konzept mit offenen Lernlandschaften soll ein Gebäude entstehen, welches in der Jahresbilanz hinsichtlich des Primärenergieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen die Umwelt entlastet statt belastet. Ein extrem geringer Primärenergiebedarf der haustechnik- und nutzerbezogenen Verbraucher ist hierfür unabdingbar. Vor dem Hintergrund der Prognose stark fallender Kosten für Eigenerzeugungstechnologien wie die Photovoltaik kann so ein ökonomisch gangbarer Weg aufgezeigt werden, den negativen Einfluss menschlichen Handelns in naher Zukunft deutlich zu verringern.

Die wahre Kunst des Bauens liegt jedoch nicht allein darin begründet, alle technischen Anforderungen, Kosten und Energiekennwerte einzuhalten – die wirkliche Herausforderung gerade bei Schulbauprojekten besteht darin, dass sich die späteren Nutzer, Lehrer wie Schüler, in dem Gebäude wohlfühlen.

Die Erreichung dieser Ziele bedeutet einen kontinuierlichen Dialog als integraler Planungsansatz zwischen Planer, Bauherr und Schule im gesamten Planungs- und Umsetzungsprozess. Integrale Planung äußert sich hierbei in simultaner und interdisziplinärer Arbeitsweise aller Beteiligten eines Planungsprozesses. Die vergabekonforme Umsetzung dieses Prozesses und das Aufzeigen und Belegen des Mehrwertes eines integral geplanten Projektes gegenüber einem konventionell Geplanten soll dokumentiert werden.

## 2.3 Stand der Planungen

Der Abschlussbericht beruht auf dem Entwurfsstand zum 27.09.2012, der in Anlage 2 dokumentiert ist. Erkenntnisse aus den unterschiedlichen Fachbereichen wurden hierfür miteinander rückgekoppelt und optimiert. Varianten wurden miteinander abgewogen und die getroffenen Entscheidungen dokumentiert. Die technischen Pläne wurden soweit möglich auf diesen Entwurfsstand abgestimmt.

Hinsichtlich der dargestellten Energiebilanzen konnten nicht mehr sämtliche Änderungen, insbesondere im Hinblick auf die Beleuchtung und die Erträge der PV-Anlage, einfließen. Auch die Wärme- und Kälteversorgung konnte zum Stand der Erstellung der Bilanzierung noch nicht abschließend geklärt werden.

Die Ergebnisse der Gebäudemodellierung für die Berechnung der Lebenszykluskosten weichen zum Teil von der Kostenschätzung nach DIN 276 ab. Dies liegt insbesondere daran, dass bei den Gebäudemodellierungen teilweise abgerechnete Bauvorhaben zu Grunde gelegt wurden und einige Bauteile bzw. technische Anlagen nicht auf der gleichen Basis abgebildet werden können.

## 3. Pädagogische Architektur

### 3.1 Neues offenes Lernkonzept für das Gymnasium Diedorf

#### 3.1.1 Rahmenbedingungen Gymnasium Diedorf

##### **Bedarf für ein neues Gymnasium im Großraum Augsburg**

Bereits am Ende der 90er Jahre zeichnete sich im Großraum Augsburg der Bedarf für ein neues Gymnasium ab. Der Zuzug junger Familien, steigende Übertrittsquoten an die Schulart Gymnasium und sinkende Abbrecherquoten hatten dazu geführt, dass die Gymnasien im Großraum Augsburg alle ihre Kapazitätsgrenzen erreichten. Insbesondere Kinder aus dem westlichen Landkreis pendelten in immer größerer Zahl in die Gymnasien im Stadtgebiet Augsburg, so dass der Freistaat Bayern und der Landkreis Augsburg die Errichtung eines Gymnasiums in dieser Region ins Auge fassten.

Sechs Orte bewarben sich um diese Schule. Ein Standortgutachten ergab im Jahr 2009, dass mit dem Standort Diedorf voraussichtlich die größte Entlastungswirkung für die Gymnasien in Augsburg und das Gymnasium in Neusäß erreicht werden könne. Dies dürfte nun besonders mit dem nun vorgesehenen Standort am Bahnhof in Diedorf gelingen. Mit einem innovativen und modernen pädagogischen Konzept (z. B. Ganztageschule) können nicht nur Kinder aus Orten im Einzugsbereich der Bahnlinie aus dem Landkreis gewonnen werden, es könnte sogar gelingen, Kinder aus dem Westen der Stadt Augsburg und aus den an Augsburg direkt angrenzenden Orten im Landkreis für das Gymnasium Diedorf zu begeistern.

### **Schulstart 2010/11 als Außenstelle des Paul-Klee-Gymnasiums Gersthofen**

Im Schuljahr 2010/11 wurden in der Mittelschule in Diedorf drei Klassenzimmer frei, so dass bereits mit drei Klassen in der Jahrgangsstufe 5 begonnen werden konnte, ohne dass ein Gebäude errichtet werden musste. Mit der Mitführung dieses ersten Jahrgangs wurde das Paul-Klee-Gymnasium Gersthofen aus dem nördlichen Landkreis Augsburg betraut.

Die Einschreibungszahlen blieben zunächst hinter den Erwartungen zurück: Für den ersten Jahrgang meldeten nur 60 Familien ihre Kinder an. Aufgrund eines äußerst engagierten Kollegiums und einer regen Beteiligung der Eltern am Schulaufbau (viele außerunterrichtliche Veranstaltungen, Gründung eines Fördervereins, Gewinnung von Sponsoren usw.) entstand schnell eine eigene Schulkultur. Bereits im zweiten Jahr (2011/2012) war dann der Zuspruch so groß (151 Neuanmeldungen), dass auf dem brachliegenden ehemaligen Sportplatz der Mittelschule Diedorf weitere provisorische Klassenzimmer, ein Musikraum und zwei kleine Verwaltungsräume in Containern errichtet wurden. Diese Pavillons wurden im dritten Jahr (2012/2013) aufgestockt, um auch den dritten Jahrgang mit 111 Kindern aufnehmen zu können. Nach derzeitigem Stand wird dies auch für die Schuljahre 2013/14 und 2014/15 so praktiziert werden müssen, bis die gesamte Schulgemeinschaft dann ab 2015/2016 in den Neubau umziehen kann.

### **Entwicklung der Schüler- und Lehrerzahlen**

Mit Beginn des Schuljahres 2012/13 wurde das Gymnasium Diedorf selbständig. 29 Lehrkräfte haben ihren festen Dienort nun in Diedorf. Schulleiter wurde StD Günter Manhardt, der bereits in den beiden vergangenen Jahren den Aufbau als Stellvertretender Schulleiter des Paul-Klee-Gymnasiums Gersthofen leitete.

Mit der Errichtung des Gymnasiums ist es gelungen, die Bildungsreserven des ländlichen Raumes zu erschließen: Es melden sich deutlich mehr Schüler an als prognostiziert, ohne dass in den umliegenden Gymnasien die Schülerzahlen zurückgehen. Durch den Neubau auf einem Grundstück direkt am Bahnhof Diedorf wird das Gymnasium für viele Schüler noch besser erreichbar sein. Es liegt direkt an der Bahnlinie Augsburg - Ulm mit einem halbständigen Bahntakt.

Für den weiteren Auf- und Ausbau des Gymnasiums werden folgende Schüler- und Lehrkräftezahlen zu Grunde gelegt (ab 2013/14 prognostiziert):

Schuljahr	Schülerzahl	Zahl der Lehrkräfte * (incl. Teilzeitkräfte, ca.)
2011/12	221	27
2012/13	327	29
2013/14	440	38
2014/15	540	47
2015/16	670	59
2016/17	790	70
2017/18	900	80
2018/19	940	84
2019/20	900	80

\*Die Zahl der Lehrkräfte wird stark von der Anzahl der Teilzeitkräfte und deren Wochenstundenzahl abhängen.

Die Quote Schüler/Lehrer dürfte zwischen 11,2 und 11,6 liegen und bis 2018 eher sinken, da die Wochenstundenzahlen der Schüler von Jahrgangsstufe zu Jahrgangsstufe ansteigen und mit zunehmendem Alter der Schüler mehr Lehrkräfte pro Schüler gebraucht werden.

Abbildung 1 Prognose Schüler und Lehrerzahlen

Jährlich im September wird ein neuer Jahrgang mit 100 - 120 Schülerinnen und Schülern aufgenommen. Ab 2015/16 dürfte diese Zahl ansteigen, da dann der Neubau bezogen werden kann und dies für viele Familien attraktiv erscheinen dürfte.

Erfahrungsgemäß verlassen einige wenige Schüler das Gymnasium im Laufe des Schuljahres vorzeitig. Die Vollausbaustufe wird im September 2017 erreicht sein. Der erste Abiturjahrgang wird im Jahr 2018 das Gymnasium verlassen. Da dies ein zahlenmäßig kleiner Jahrgang ist, steigt auch in diesem Schuljahr die Schülerzahl noch an. Es werden dann ca. 940 Schüler das Gymnasium besuchen. Im Jahr 2019 verlässt der zahlenmäßig stärkste Jahrgang das Gymnasium, so dass es in diesem Schuljahr zu einem Rückgang der Schülerzahlen kommen dürfte. Danach dürften sich die Schülerzahlen bei ca. 900 Schülerinnen und Schülern einpendeln.

## Schulprofil

### ***Fächerkanon und Wahlkurse***

Das Gymnasium Diedorf ist ein bayerisches Gymnasium mit dem zugehörigen Fächerkanon, das in den Jahrgangsstufen 5 bis 12 zur allgemeinen Hochschulreife führt. Von den vier möglichen Ausbildungsrichtungen werden derzeit zwei angeboten: das Naturwissenschaftlich-technologische Gymnasium und das Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Gymnasium mit sozialwissenschaftlichem Profil.

Da die Schule einen deutlich höheren Zuspruch erfährt als zunächst prognostiziert, kann überlegt werden, ob ab dem Schuljahr 2014/15 im Rahmen der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Ausbildungsrichtung neben dem sozialwissenschaftlichen auch das wirtschaftswissenschaftliche Profil angeboten wird.

Bereits jetzt besteht eine hohe Beteiligung an den musischen Angeboten des Gymnasiums. Ca. 2/3 aller Schüler spielen ein Instrument. Ab dem Schuljahr 2012/13 wird die Schule ein Orchester, einen Chor, eine Schulband und ein Steicherensemble anbieten können. Mit dem Aufbau einer eigenen „Streicherklasse“ wird die hervorragende musikalische Förderung durch die Jugendblaskapelle des Musikvereins Diedorf im Bereich der Streichinstrumente durch das Gymnasium ergänzt.

Auch im sportlichen und im technisch-naturwissenschaftlichen Bereich besteht bereits jetzt ein umfangreiches Wahlkursangebot, das sehr gut angenommen wird.

Folgende Wahlkurse sind - bei relativ kleiner Schülerzahl - schon eingerichtet und voll belegt:

- Robotik
- Jugend forscht
- Kreatives Medienlabor I und II
- Theater
- Tanz
- Chor
- Orchester
- Streicherensemble
- Schulband
- Fußball für Mädchen
- Basketball I und II
- Badminton I und II
- Feuerwehr mit Erste-Hilfe-Grundlagen

Gerade mit dem Neubau soll die Schule zum attraktiven Lebensraum werden, in dem die Schülerinnen und Schüler auch gerne ihre Freizeit mit interessanten Angeboten verbringen. Daher ist im Rahmen der personellen Möglichkeiten ein weiterer Ausbau des Wahlkursangebotes geplant.

### ***Pädagogische Profilbildung im Team***

Die Lehrkräfte, die in den ersten beiden Jahren am Gymnasium Diedorf (noch als Außenstelle des Paul-Klee-Gymnasiums Gersthofen) wirkten, haben von Anfang an gemeinsam ein pädagogisches Profil erarbeitet, das nun stetig weiterentwickelt wird. Ein wesentlicher Meilenstein dieser Entwicklung waren die Überlegungen zum Neubau des Gymnasiums.

Häufig wird bei Schulneugründungen mit der Eigenständigkeit der Schule bereits das (neue oder renovierte) eigene Gebäude bezogen. Das vermeidet provisorische Bauten mit all ihren Schwierigkeiten, hat aber dauerhaft einen wesentlichen Nachteil: Die Schulgemeinschaft mit Lehrkräften, künftigen Schülern und Eltern kann in den Planungsprozess nicht einbezogen werden.

In Diedorf wird seit 2010/11 in provisorischen Klassenzimmern in Containern unterrichtet. Somit konnte der Ausgangspunkt aller Planungen für den Neubau die Entwicklung des pädagogischen Konzepts durch ein Kernteam von Lehrkräften in Zusammenarbeit mit Vertretern der Eltern sein. Daraus wurde ein Raumkonzept abgeleitet, das dann die Grundlage für die Architekten bildete.

Der Kerngedanke des pädagogischen Konzepts mündete bereits zu Beginn des Schulentwicklungsprozesses in folgendem Kernsatz:

*„Bildung am Gymnasium heißt für uns vor allem,  
- vertieftes Allgemeinwissen zu erwerben und  
- die Fähigkeit, verschiedene Gebiete zu verknüpfen,  
- soziale Kompetenz und  
- die eigene Persönlichkeit zu entwickeln sowie  
- Mündigkeit und  
- ein hohes Maß an Selbstkompetenz zu erwerben.“*

Auch bei der diesjährigen Klausurtagung des neuen Lehrerkollegiums für 2012/13 wurde bestätigt, dass dabei die Entwicklung der persönlichen und sozialen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler im Zweifel Vorrang vor detailliertem Faktenwissen haben.

Die hier dargestellten Bauplanungen unterstützen die Umsetzung dieses pädagogischen Grundgedankens in optimaler Weise. Wie im pädagogischen Konzept intendiert, ermöglichen die offenen Lernlandschaften eine hohe Selbstständigkeit der Schüler und schüleraktive Unterrichtsformen können leichter eingesetzt werden als in herkömmlicher Architektur. Gleichzeitig wird der Teamgedanke unter Schülern und Lehrkräften - und damit die Bildung sozialer und personaler Kompetenzen - in den Jahrgangsstufenbereichen täglich umgesetzt.

### 3.1.2 Pädagogisches Konzept

Alle durchgeführten Workshops zur Entwicklung des pädagogischen Raumbuches hatten bei den Beteiligten (Schulleitung, Lehrer, Verwaltungspersonal, Elternvertreter, Schüler) das Ziel, dass das Gymnasium in Diedorf ein Ort sein soll, an dem man Erfolge feiern und Niederlagen - auch die gehören zum Schulalltag - konstruktiv verarbeiten kann.

Die Schule ist nicht nur als Lernraum, sondern auch als Lebensraum der jeweiligen Schüler und Pädagogen zu gestalten.

Eine Pädagogik, die Selbstständigkeit und Selbstorganisation von Lernenden fordert und ermöglichen will, geht andere Wege als lehrerzentrierter Unterricht. In selbstorganisierten Lernprozessen wirken und entscheiden Kinder und Jugendliche maßgeblich mit. Die Pädagoginnen und Pädagogen übernehmen eine begleitende, partnerschaftliche Rolle für ihre Schülerinnen und Schüler.

*„Wir brauchen Schulen und einladende Orte zur Bewährung und Erprobung, als Raum zur Entdeckung von Möglichkeiten und Potenzialen, als Orte, an denen man Fehler machen darf. Wenn Schüler Sachen um ihrer selbst willen tun und sie deshalb gut machen, sind diese Orte Zukunftswerkstätten geworden.“*

*Auszug aus der Münsteraner Erklärung vom 22.03.2009*

### 3.1.3 Umsetzung des neuen Raumnutzungskonzepts

Nachfolgend wird die Umsetzung des Raumkonzepts der Schulfamilie im Planungskonzept aus Sicht der Schulfamilie beschrieben.

Der Grundgedanke, einzelne Jahrgangsstufenbereiche als „abgeschlossene“ Einheiten mit direkter Erschließung zu schaffen, wurde bei allen Planungsschritten – auch bei den kostenbedingten Umplanungen – beachtet und realisiert.

Die einzelnen Bereiche haben einen eigenen Eingang und werden nicht für die Erschließung von Räumen, die auch Schüler anderer Jahrgangsstufen besuchen müssen oder können, genutzt. Der in Schulen übliche Flur- und/oder Bahnhoftypus wird dadurch fast gänzlich vermieden.

Die sog. „Marktplätze“ als gemeinsame Mitte einer jeden Lerngemeinschaft, sind als „Ermöglichungsräume“ zu verstehen, in denen es Lernenden und Lehrenden leicht fällt, alleine oder in der Gruppe zu arbeiten, Erarbeitetes zu präsentieren, sich auszuruhen oder kreativ zu experimentieren, in der Schulgemeinschaft über gemeinsame Anliegen zu beraten und zu entscheiden.

In jedem Jahrgangsbereich wird sowohl Transparenz als auch Intimität geschaffen, um Individualität und Teamgeist gleichermaßen Raum zu geben.

Die geplanten Sichtverbindungen innerhalb der Lernbereiche sichern die flexible Nutzung der gesamten Fläche durch die einzelnen Schüler, ohne dass die Aufsichtspflicht der Lehrenden verletzt wird. Ein weiterer Aspekt ist das Ziel, Stundenausfälle aufgrund Abwesenheit einer oder mehrerer Lehrkräfte zu vermeiden.

In der abgeschlossenen Lerngemeinschaft steht für alle Schüler der jeweiligen Jahrgangsstufe ausreichend - gemeinsam vom Lehrerteam erarbeitetes - Lern- und Arbeitsmaterial zur Verfügung. Die Vermittlung der im Lehrplan definierten Kenntnisse und Fähigkeiten wird durch das Lehrerteam – im zur Verfügung stehenden Teamraum – gemeinsam erarbeitet. So können die Schüler auch bei Abwesenheit der jeweiligen Lehrkraft an Projekten und Aufgabenstellung eigenverantwortlich arbeiten.

Die Aufsichtspflicht ist durch die im Jahrgangsbereich anwesenden Lehrkräfte gesichert. Ebenso die Unterstützung der Schüler bei eventuell auftretenden Fragen.

Aufgrund der klaren Strukturierung der Schule und der Gebäude in Jahrgangsstufenreviere, war es umso wichtiger, die naturwissenschaftlichen und sonstigen Fachräume, die Mensa, die Schülerbibliothek, den Pausen- und Außenbereich sowie die Verwaltung als „verbindende“ Funktionseinheiten zu planen.

Das Raumkonzept des Gymnasium Diedorf ermöglicht die Umsetzung moderner pädagogischer Ansprüche, wie sie der Lehrplan für das Gymnasium in Bayern fordert. Damit werden nicht nur die uns anvertrauten Kinder und Jugendlichen bestmöglich auf verantwortungsvolle Aufgaben in unserer Gesellschaft vorbereitet; diese Schule bietet den Lehrkräften ei-

nen Arbeitsplatz, den man gerne aufsucht und nicht zuletzt einen kind- und jugendgemäßen Lern- und Entwicklungsraum.

Das detaillierte pädagogische Raumkonzept der Schulfamilie, das als Ausgangsbasis für die Planung diente, ist in Anlage 1 dargestellt.

### 3.1.4 Flächengegenüberstellung

Die Förderrichtlinien für den Schulbau geben feste Rahmenbedingungen in Form des geförderten Standardraumprogramms vor. Darin werden eine Integration des pädagogischen Konzepts und eine nachhaltige Gestaltung nicht explizit berücksichtigt.

Nachfolgend wird daher ein Vergleich zwischen dem Standardraumprogramm und dem pädagogischen Raumkonzept dargestellt, der aufzeigen soll, dass die Integration offener Lernlandschaften im Rahmen des Standardraumprogramms möglich ist.

	<b>Standard</b>	<b>geplantes Projekt</b>
Summe Allgemeine Räume	2.573,00 m <sup>2</sup>	2.652,00 m <sup>2</sup>
Summe Physik	380,00 m <sup>2</sup>	344,00 m <sup>2</sup>
Summe Chemie	329,00 m <sup>2</sup>	341,00 m <sup>2</sup>
Summe Biologie	200,00 m <sup>2</sup>	129,50 m <sup>2</sup>
Summe Natur und Technik	90,00 m <sup>2</sup>	61,00 m <sup>2</sup>
Summe Musik	179,00 m <sup>2</sup>	188,50 m <sup>2</sup>
Summe Kunst- und Werkerziehung	414,00 m <sup>2</sup>	421,00 m <sup>2</sup>
Summe Informationstechnologie	222,00 m <sup>2</sup>	242,00 m <sup>2</sup>
Summe Lehrerräume/Bibliothek	400,00 m <sup>2</sup>	480,50 m <sup>2</sup>
Summe Verwaltung	250,00 m <sup>2</sup>	326,00 m <sup>2</sup>
Summe Allgemeiner Bereich	571,00 m <sup>2</sup>	565,00 m <sup>2</sup>
Summe Ganztagesbereich	440,00 m <sup>2</sup>	351,00 m <sup>2</sup>
<b>Hauptnutzflächen gesamt</b>	<b>6.048,00 m<sup>2</sup></b>	<b>6.101,50 m<sup>2</sup></b>

Abbildung 2 Vergleich herkömmlich, neues Konzept

Der Flächenvergleich zeigt, dass die neue „pädagogische Architektur“ ohne relevante Mehrflächen gegenüber dem Standardprogramm umzusetzen ist und damit in vollem Umfang auch förderfähig ist.

## 3.2 Entwicklung Gebäudekonzept

### 3.2.1 Analyse der wesentlichen Rahmenbedingungen

Der Standort für das Gymnasium Diedorf liegt im Landschaftsschutzgebiet „Naturpark Augsburg - Westliche Wälder“. Dieser grenzt direkt an Augsburg an und ist eine knappe Autostunde von München entfernt. Der Naturpark Augsburg Westliche Wälder ist einer der größten Naturparks in Deutschland und mittendrin liegt die Marktgemeinde Diedorf. Er wird umgrenzt von den Flüssen Wertach bzw. Schmutter im Osten, Mindel im Westen und Donau im Norden. Er ist mit 45 Prozent seiner Fläche mit Wald bedeckt und dadurch als Holzlieferant, als Garant für saubere Luft und reines Wasser und nicht zuletzt für Erholungs-

suchende von herausragender Bedeutung in Bayerisch – Schwaben. Die hügelige, bachreiche Landschaft des Naturparks gliedert sich in die Stauden, den Holzwinkel und die Reichenau. Der vorgesehene Standort für das Gymnasium Diedorf liegt direkt an der Schmutter. Der Flusslauf ist weitgehend unverbaut, die Aue weist einen sehr hohen, durchgehenden Grünlandanteil auf und wird regelmäßig überschwemmt. Damit ist das Schmuttertal einer der letzten naturnahen Auenlebensräume in Schwaben und hat darüber hinaus für den Artenschutz überregionale bis landesweite Bedeutung. Zum Schutz dieses naturnahen Auenlebensraumes wurde von den Gemeinden im Schmuttertal das „Biodiversitätsprojekt Schmuttertal“ initiiert. Dieses wird als Leuchtturmprojekt in Bayern vom Bayerischen Naturschutzfond gefördert.

Die Planung für den Neubau des Gymnasiums Diedorfs stellt daher eine anspruchsvolle architektonische Herausforderung dar. Ziel ist es, die gegensätzlichen Standortaspekte, auf der einen Seite die Lärmbelastung durch die nahegelegene B 300 und den Bahnverkehrsverkehr sowie auf der anderen Seite die Einbindung in das empfindliche Landschaftsschutzgebiet in Einklang zu bringen. Die Planung in Holzbauweise stellt einen Bezug zum Holzwinkel des Naturparks Augsburg – Westliche Wälder sicher.

### 3.2.2 Entwicklung verschiedener Planungsvarianten

#### 3.2.2.1 Darstellung der Varianten



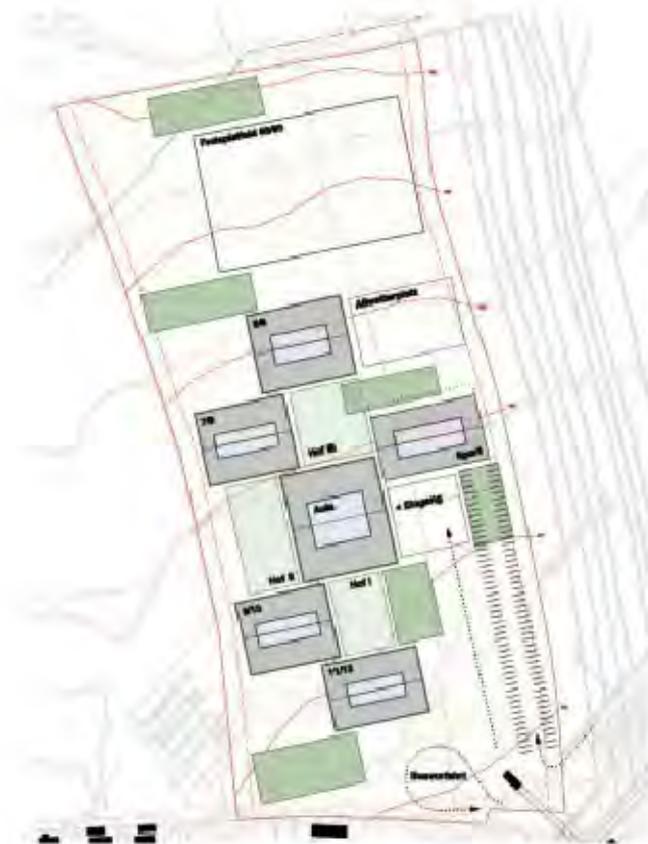
### Varianten Zeile und Quadrat (kompakte Lösung)

Der Entwurf untersucht die Möglichkeit der zellenartigen Aneinanderreihung der Lernlandschaften. Diese sind alle im 1. OG situiert, während Sonderunterrichtsräume, Bibliothek, Verwaltung, Mensa und Foyer im Erdgeschoss liegen.

Variante Zeile: Der Schulbau ist in einer durchgehenden Zeile organisiert, an den rechtwinklig die Turnhalle andockt. Die Haupteinschließung erfolgt im Erdgeschoß, die Lernlandschaften sind paarweise über eigene Treppen erschlossen. Die Ost- West orientierte Zeile ist energetisch eher ungünstig gerade was den sommerlichen Wärmeschutz anlangt und bedeutet erhöhte Kühlaufwände. Auch entstehen sehr lange Erschließungswege und ein hoher Grundflächenverbrauch. Ebenso ist die durchgehende Zeile schlecht ins abfallende Gelände zu integrieren. Eine Erweiterung ist schwer möglich.

Variante Quadrat: Die zweigeschossige Zeile ist abgewinkelt und bildet ein Quadrat zusammen mit der Turnhalle. Die Haupteinschließung erfolgt im Erdgeschoß, die Lernlandschaften sind paarweise über eigene Treppen erschlossen. Der geschlossene Innenhof kann als Pausenraum sowie als Zuschauerbereich für die beidseitig bespielbare Bühne verwendet werden, nach Süden entsteht ein dreiseitig geschlossener Schulhof.

Es entsteht eine kompakte Anlage die von der architektonischen Haltung eher an eine konventionelle Schulanlage erinnert und nicht den neuartigen Schultyp ablesbar macht. Durch die Reihung entstehen sehr lange Wege im Gebäude, auch entstehen unterschiedliche Qualitäten in der Orientierung, teils Nord- Süd, teils Ost- West, was auch ungünstig im Bezug zur sommerlichen Überwärmung ist. Eine Erweiterung der Schule ist schwer möglich. Durch die Zweigeschossigkeit entsteht auch ein hoher Hüllflächenanteil verglichen mit dem Volumen und der Nutzfläche, was erhöhte Bau- und Betriebskosten bedeutet.



**Variante Clusterlösung „6 Häuser“**

Sechs quadratische bzw. rechteckige zweigeschossige Volumina, die schachbrettartig gegeneinander versetzt sind, bilden eine teppichartige Baustruktur. Die einzelnen Baukörper beinhalten jeweils unterschiedliche Funktionen:

- gekoppelte Lernlandschaften (Klassencluster) mit darunterliegenden Sonderunterrichtsräumen
- die Aula mit Bibliothek, Mensa, Verwaltung und Lehrerbereichen,
- die Turnhalle

Die zweigeschossigen Baukörper sind um knapp ein Geschoss abgesenkt, ebenso die Höfe, die zwischen ihnen entstehen. Im Untergeschoss können somit die Sonderunterrichtsräume sowie die Aula über diese individuell nutzbaren abgesenkten Außenräume gut belichtet werden. Die Klassencluster liegen fast ebenerdig, was einen direkten Außenbezug ermöglicht. Der Großteil der natürlich belichteten Räume ist Nord- oder Südorientiert, die innenliegende Marktplätze sind zum größten Teil von oben belichtet. Das Erscheinungsbild ist geprägt von niedrig in der Landschaft sitzenden flach gedeckten Häusern, die sich in den Naturraum hineinverweben.

Diese Variante wurde ausgearbeitet und die Kosten berechnet. Es stellte sich heraus, dass mit dem sehr aufgelösten Konzept (teilweise ein- und zweigeschossige Baukörper) die Kostenobergrenze, die vom Landkreis festgelegt wurde, nicht eingehalten werden kann. Daher wurde eine neue Lösung entwickelt, die wesentlich kompakter ist und somit wirtschaftlicher in Herstellung und Betrieb.

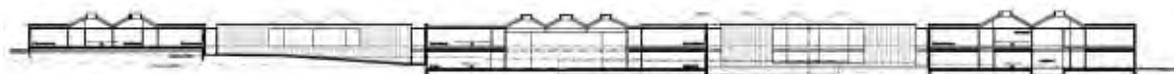
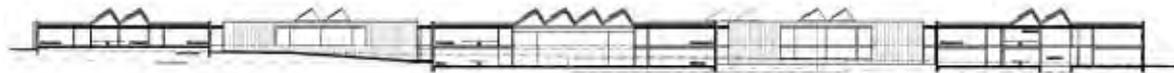
ERDGESCHOSS



1. OBERGESCHOSS



SCHNITTE - VARIANTEN





#### Variante Clusterlösung „4 Häuser“

Durch die Stapelung der Lernlandschaften konnten zwei Baukörper (Häuser) eingespart werden, dennoch konnte das ursprüngliche architektonische Konzept grundsätzlich beibehalten werden. So befinden sich in den dreigeschossigen Klassenhäusern im Erdgeschoss die Sonderunterrichtsräume, in den darüber (liegenden) Geschossen die Lernlandschaften. Aulatrakt und Turnhallentrakt bleiben unverändert. Grundsätzlich stellt diese Lösung einen gewissen architektonischen Kompromiss dar, die größeren Häuser sind nicht mehr als teppichartige mit der landschaftliche Situation des Schmuttertales verzahnte Struktur lesbar sondern sind jetzt selbstbewusste Bauten in der Landschaft. Vorteil der neuen Lösung ist aber klar der geringere Grundverbrauch und somit eine Erweiterungsmöglichkeit auf dem vorhandenen Grundstück durch Anfügung eines weiteren Hauses.

Hauptfrage bestand darin, ob es möglich ist, die natürliche Belichtung der sehr tiefen Marktplätze im ersten Obergeschoss zu gewährleisten. Das möglich indem der Bereich des Lichthofes genutzt wird. Somit ist der Marktplatz in drei Zonen aufgeteilt, eine gut über Fenster belichtete Zone, eine dunklere Mittelzone sowie eine gut von oben belichtete Zone unter dem Luftraum. Die gut belichteten Zonen sind in der Fläche ident mit der geforderten Größe. Der Unterschied liegt hauptsächlich darin, dass die Lernlandschaften unter dem Dach räumlich großzügiger wirken als die im ersten Obergeschoß und durch die Oberlichter etwas besser belichtet sind. Alles in allem hat die Lösung kaum Nachteile gegenüber der Variante „6 Häuser“.

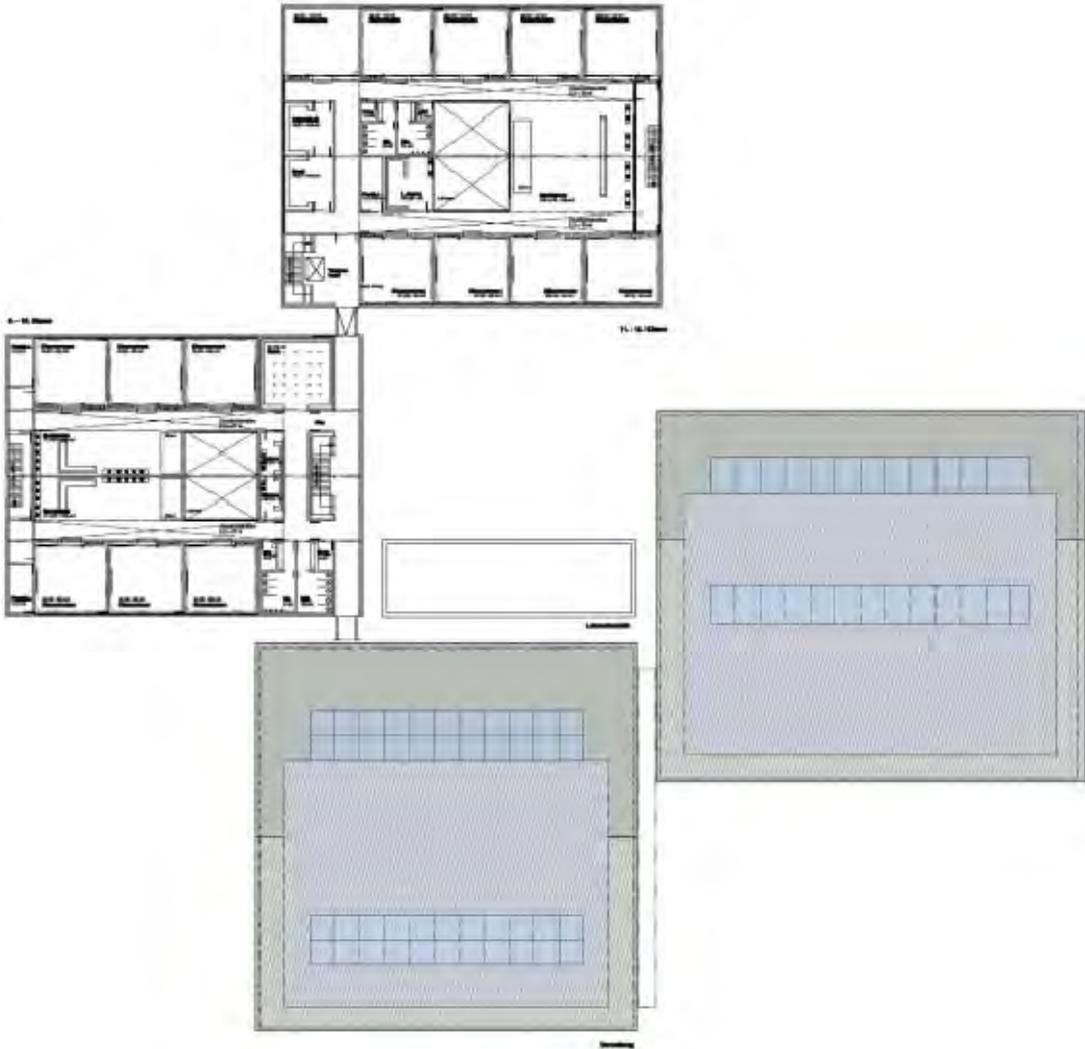
ERDGESCHOSS



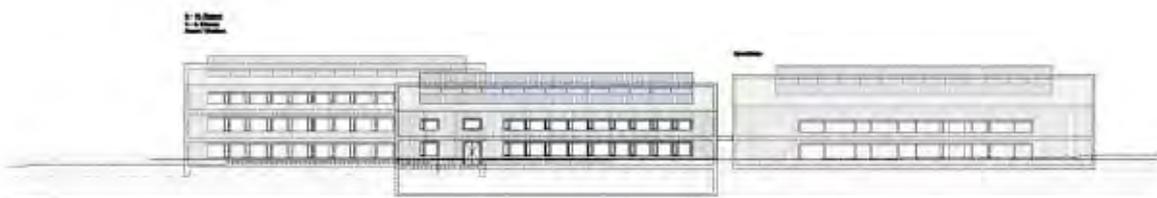
I. OBERGESCHOSS



2. OBERGESCHOSS



SCHNITTE - ANSICHTEN



Die Varianten Zeile und Quadrat wurden bereits zu Beginn des Planungsprozesses verworfen, da die Diskussion mit Nutzer, Bauherr und dem Planungsteam eine Priorisierung für die Clusterlösung mit 6 Häusern ergeben hat.

Diese Lösung wurde im Rahmen der integralen Planung vor dem Hintergrund einer konkreten Kostenvorgabe des Bauherrn überarbeitet und weiterentwickelt. Der letzte und aktuelle Planungsstand zeigt schließlich eine in 4 Häusern untergebrachte offene Lernlandschaft. Die Prinzipien hinsichtlich der Anordnung der Klassenräume und Marktplätze wurden aus der ersten Clusterlösung übernommen und weiterentwickelt.

### 3.2.2.2 Kennzahlenvergleich, Herstellungskostenvergleich, Vergleich spezifischer Primärenergiebedarf der 2 ausgearbeiteten Varianten

Nachfolgend werden die beiden Planungsvarianten „6 Häuser“ und „4 Häuser“ im Hinblick auf Flächen, Kosten und Energiebilanzen gegenübergestellt:

VERGLEICH BRUTTO GRUNDFLÄCHE (BGF)		
	Projekt "4 Häuser"	Projekt "6 Häuser"
Schule	10.154 m <sup>2</sup>	11.386 m <sup>2</sup>
Sporthalle	2.492 m <sup>2</sup>	2.492 m <sup>2</sup>
Summe	12.646 m <sup>2</sup>	13.878 m <sup>2</sup>
ohne Keller		

Durch die größere Kompaktheit konnten 1.232 m<sup>2</sup> Bruttogrundfläche eingespart werden.

VERGLEICH BRI / BGF		
	Projekt "4 Häuser"	Projekt "6 Häuser"
Schule ohne Sporthalle	4,51	4,81
Sporthalle	8,18	8,18
Gesamt	5,22	5,41

VERGLEICH BRUTTORAUMINHALT (BRI)		
	Projekt "4 Häuser"	Projekt "6 Häuser"
Schule ohne Sporthalle	45.800 m <sup>3</sup>	54.837 m <sup>3</sup>
Sporthalle	20.300 m <sup>3</sup>	20.300 m <sup>3</sup>
Gesamtsumme BRI	66.100 m <sup>3</sup>	75.173 m <sup>3</sup>
ohne Keller		

Durch die größere Kompaktheit sowie durch den Entfall von zwei Dachräumen konnten 11.263 m<sup>3</sup> eingespart werden.

VERGLEICHE mit ausgeführten Schulgebäuden	
FOS-BOS Erding (ohne Turnhalle)	4.26
FOS-BOS Bieberach (ohne Turnhalle)	3.85
Grundschule Hohe Neuen (mit Turnhalle)	5.15

Der Vergleich zeigt, dass das Projekt im Bereich ausgeführter Schulen liegt.

<b>VERGLEICH A/V Verhältnis</b>			
<b>Schule</b>	"6 Häuser"	11.783/54.837	<b>0,21</b>
	"4 Häuser"	8.308/45.833	<b>0,18</b>
<b>Turnhalle</b>		5.021/20.376	<b>0,25</b>
<b>Schule mit Turnhalle</b>	"4 Häuser"	13.329/66.209	<b>0,20</b>

<b>VERGLEICH HÜLLFLÄCHE SCHULE OHNE TURNHALLE</b>		
	"6 Häuser"	11.783 m2
	"4 Häuser"	8.308 m2
	<b>Einsparung</b>	<b>3.475 m2</b>

Der Hüllflächenvergleich zeigt eine wesentliche Einsparung von fast 30%. Darin liegt ein wesentlicher Grund für eine entscheidende Kostenreduktion.

Der nachfolgend dargestellt Baukostenvergleich zeigt, dass durch eine Optimierung der Hüllfläche und damit des umbauten Raums auch eine deutliche Kostenreduktion erreicht werden kann.

## BAUKOSTENVERGLEICH

### Zusammenstellung Kosten „4 Häuser“

	Kostenbereich (DIN 276)	%	EUR brutto	
100	Grundstück	0	0	
200	Herrichten und Erschließen <sup>1</sup>	0	0	
300	Bauwerk - Baukonstruktionen <sup>3</sup>	71	17.298.543	
400	Bauwerk Technische Anlagen <sup>3</sup>	29	7.173.008	
500	Außenanlagen <sup>2</sup>	7	2.088.000	
600	Ausstattung und Kunstwerke	7	1.600.000	
700	Baunebenkosten	19	4.546.162	

Kostenzusammenstellung			Kosten	
		%	EUR brutto	
Bauwerkskosten (300-400)		107	24.471.551	
Gesamtbaukosten (200-700)		133	32.705.713	

Objektdaten				
BGF	Bruttogeschossfläche	m2	12.646,00	ohne Technikbereiche
BRI	Bruttorauminhalt	m3	66.210,00	ohne Technikbereiche

Kostenkennwerte (€ brutto)			BGF	BRI
			EUR / m2	EUR / m3
BWK	Bauwerkskosten brutto (2-4)		1.935,12	369,61
BAK	Baukosten netto (1-6)		2.586,25	493,97

### Zusammenstellung Kosten „6 Häuser“

	Kostenbereich (DIN 276)	%	EUR netto	
100	Grundstück	0	0	
200	Herrichten und Erschließen	0	0	
300	Bauwerk - Baukonstruktionen	67	18.128.652	
400	Bauwerk Technische Anlagen	33	9.057.638	
500	Außenanlagen	7	1.903.040	
600	Ausstattung und Kunstwerke	7	1.903.040	
700	Baunebenkosten	17	4.546.162	

Kostenzusammenstellung			Kosten	
		%	EUR netto	
Bauwerkskosten (300-400)		107	27.186.290	
Gesamtbaukosten (200-700)		131	35.538.533	

Objektdaten				
BGF	Bruttogeschossfläche	m2	13.184,00	ohne Technikbereiche
BRI	Bruttorauminhalt	m3	75.207,00	ohne Technikbereiche

Kostenkennwerte			BGF	BRI
ohne Steuern			EUR / m2	EUR / m3
BWK	Bauwerkskosten netto (2-4)		2.062,07	361,49
BAK	Baukosten netto (1-6)		2.695,58	472,54

VERGLEICH SPEZIFISCHER PRIMÄRENERGIEBEDARF

	PEB, kWh/a	Spez. PEB, kWh/(m <sup>2</sup> NGF a)
Beleuchtung	219.298	18,6
Heizen	96.125	8,1
Luftförderung	75.583	6,4
Kühlung	19.932	1,7
Diverse Technik	143.635	12,2
WW	56.105	4,8
Summe	610.679	51,7
EBF, m <sup>2</sup>	11.808	
Spez. PEB, kWh/(m <sup>2</sup> a)	<b>52</b>	

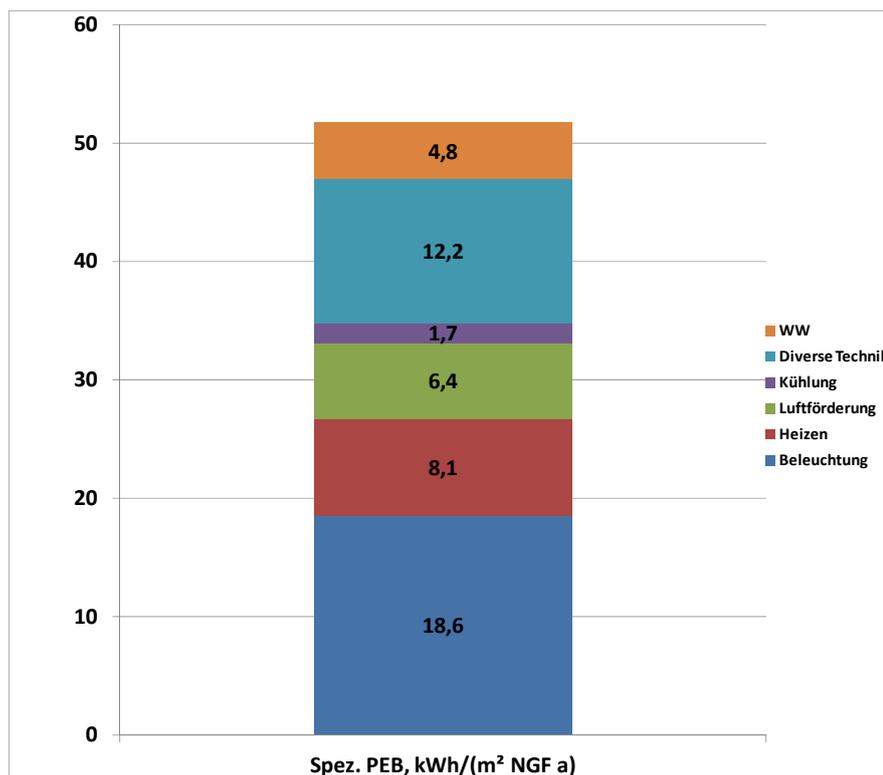


Abbildung 3 Tabellarische und grafische Darstellung des erzielbaren spezifischen Primärenergiebedarfs ohne nutzerinduzierte Bedarfe (Variante „6 Häuser“), Stand 09. Juli 2012

	PEB, kWh/a	Spez. PEB, kWh/(m <sup>2</sup> NGF a)
Beleuchtung	200.294	17,7
Heizen	92.352	8,1
Luftförderung	81.072	7,1
Kühlung	20.116	1,8
Diverse Technik	137.979	12,2
WW	46.867	4,1
Summe	578.681	51,0
EBF, m <sup>2</sup>	11.344	
Spez. PEB, kWh/(m <sup>2</sup> a)	<b>51</b>	

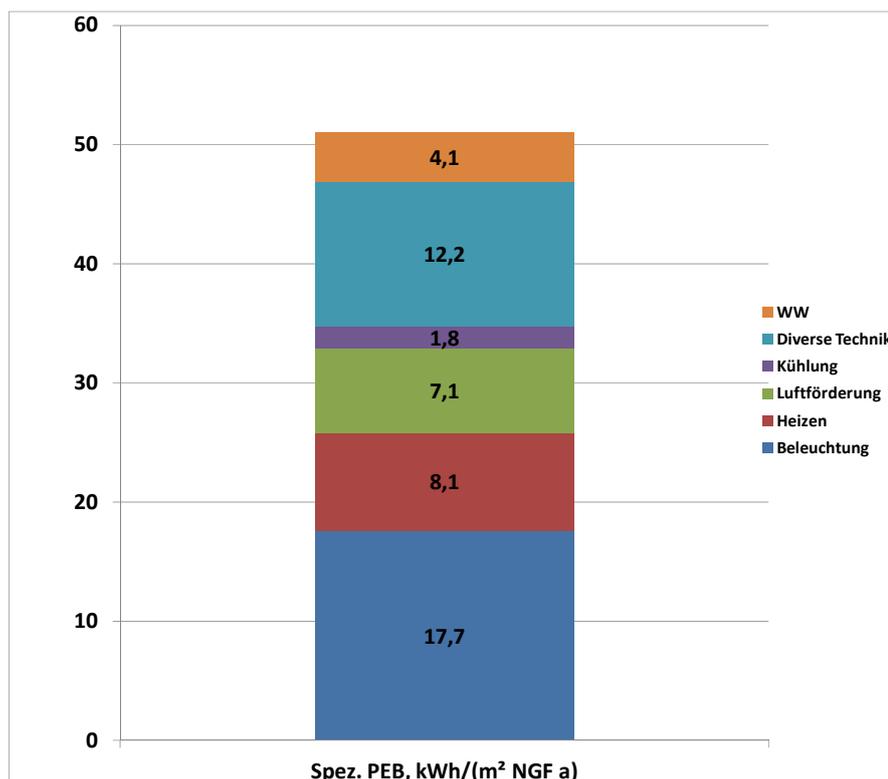


Abbildung 4 Tabellarische und grafische Darstellung des erzielbaren spezifischen Primärenergiebedarfs ohne nutzerinduzierte Bedarfe (Variante „4 Häuser“), Stand 28.09.2012

Analog zum vorher dokumentierten Stand vom 09.07.2012 wurde auch hier eine Brunnenkühlung angenommen. Der (prinzipiell bei einem kompakteren Gebäude eigentlich höhere) ausgewiesene Energiebedarf für die Beleuchtung liegt nun etwas niedriger, da die zwischenzeitlich vorgenommene Reduzierung der installierten Leistungen für Kunstlicht die

niedrigeren Tageslichtautonomien überkompensiert. Insgesamt ergeben sich durch die Verfeinerung der Berechnung z. T. leichte Unterschiede gegenüber dem Stand vom 09.07.2012.

### 3.3 Entwicklung Freiraumplanung

#### 3.3.1 Ausgangssituation

Die Einbindung der Freianlagenplanung erfolgte über eine vorgeschaltete Mehrfachbeauftragung. Primäres Ziel der Mehrfachbeauftragung war es, von den teilnehmenden Landschaftsarchitekten Lösungsvorschläge für die Entwurfsaufgabe zu erhalten. Die Vergabeentscheidung fußte daher nicht allein auf Referenzprojekten, sondern zusätzlich auf konkreten Planungsansätzen für die anstehende Aufgabe.

Mit dem Ansatz, die landschaftlichen Qualitäten des Schmuttertals und die pädagogische Architektur der Schule als Chance zu begreifen und den Freiraum der Schule mit dem Landschaftsraum zu verweben, ging das Büro ver.de landschaftsarchitektur im Juli 2012 als Sieger aus der Mehrfachbeauftragung hervor. Die Planunterlagen dieser Entwurfsphase sind als Anlage 3 beigelegt.

Der konzeptionellen Findung war die Herangehensweise über die Form des gutachterlichen Spontanentwurfs sehr förderlich. In der weiteren Bearbeitung konnte auf die Kernpunkte des Entwurfs als übergeordnete Idee immer wieder zurückgegriffen werden.

Als Vorgabe der Mehrfachbeauftragung wurde das im Vorfeld durch das Planungsteam entwickelte pädagogische und architektonische Raumkonzept zugrunde gelegt, dessen wesentliche Inhalte folgende waren:

- Anforderungen an die Pausenhöfe
  - o Geforderte Fläche 2751 m<sup>2</sup>
  - o Verknüpfung des Bereichs Kunst-Werken-Naturwissenschaft mit dem Außenraum und Schaffung von Arbeits- und Werkbereichen im Freien
  - o Ein Teil der Pausenfläche soll in Verbindung mit einer Bühne als Schulforum gestaltet werden
  - o Außensitzbereiche für die Mensa
  - o Gestaltung vielfältiger altersspezifischer Aufenthaltsbereiche mit Spielgeräten und Sitzgelegenheiten
- Anforderungen an die Außensportanlagen:
  - o Rasenspielfeld (60 x 90 m)
  - o Allwetterplatz (28 x 44 m)
  - o Weit- und Hochsprunganlage
  - o Laufbahn (6 x 1,22 x 130 m)

- Beachvolleyballanlage
- Kugelstoßanlage (15 x 24 m)
- Zusätzliche Wünsche und Anregungen an die Außensportanlagen:
  - Anlage einer Finnenlaufbahn
  - Errichtung einer 400-Meter-Laufbahn
  - Einbau einer Kletterwand
- Ruhender Verkehr
  - ca. 100 PKW-Stellplätze inkl. 1-2 Behindertenstellplätze
  - 10 Stellplätze für Motorroller
  - ca. 400 Fahrradstellplätze
- Brandschutztechnische Anforderungen
  - Zufahrt der Feuerwehr über die Zubringerstraße im Süden
  - Feuerwehrezufahrt auf der Ost- und Westseite des Gebäudes
  - Eine vollständige Umfahrung ist nicht erforderlich
- Müllsammelstelle
  - Sammelstelle für 9 Mülltonnen je 1.100 l
  - Müllsammelstelle als separates Nebengebäude mit Überdachung

Im Rahmen der integralen Planung wurde, ausgehend von einem veränderten architektonischen Konzept und vor dem Hintergrund einer konkreten Kostenvorgabe in der weiteren Entwurfsphase, die Freiraumplanung überarbeitet und hinsichtlich der aufgestellten Ziele optimiert. Der Konzeptansatz, die landschaftlichen Qualitäten des Schmuttertals und die pädagogische Architektur in die Freiraumplanung zu integrieren, konnte in der weiteren Entwurfsplanung beibehalten und intensiviert werden.

Folgende Anforderungen und Anregungen wurden bei der weiteren Bearbeitung überprüft bzw. eingearbeitet:

- Erschließung der Schule über die bestehende Dammstraße im Süden des Grundstücks
- Konzentration der intensiv genutzten Außenanlagen auf den südlichen Teil des Grundstücks
- Ausweisen einer Ausgleichsfläche mit einer Größe von ca. 13.000 m<sup>2</sup> im nördlichen Teil des Grundstücks, angrenzend an das Landschaftsschutzgebiet.

- Überprüfung der Unterbringung einer 400-Meter-Laufbahn
- Überprüfung der Möglichkeiten der Anlieferung unterschiedlicher Energieträger (Pellets, mobile Fernwärme)
- Konzepte der Versickerung
- Abstimmung der Beleuchtung der Freianlagen
- Abstimmungen der Anforderungen an die Feuerwehr

### 3.3.2 Zielstellung

Die Förderrichtlinien für den Schulbau geben feste Rahmenbedingungen in Form des geförderten Standardraumprogramms vor. Darin werden eine Integration des pädagogischen Konzepts und eine nachhaltige Gestaltung nicht explizit berücksichtigt. Dennoch leisten die Freianlagen, neben den standardmäßigen Freisportanlagen und Pausenflächen, einen wichtigen Beitrag im Schulalltag insbesondere zur Umwelterziehung und Förderung eines nachhaltigen Umgangs mit Ressourcen.

Vor dem Hintergrund einer zunehmenden Distanzierung der Schüler von der natürlichen Umwelt gewinnt der direkte Kontakt zur Natur eine besondere Bedeutung. Gleichzeitig nimmt die Aufenthaltszeit in der Schule zu, so dass die Schule nicht nur als Lernort verstanden werden kann. Freizeitaktivitäten werden zum festen Bestandteil des Schulalltags. Damit wächst die Notwendigkeit, einen kreativitätsfördernden Lebensraum mit vielfältigen Aneignungs- und Ermöglichungsräumen zu schaffen.

Die ökologische herausragende Lage des Schulgrundstücks im Schmuttertal wird als anspruchsvolle Herausforderung aber ebenso als große Chance für die Freianlagenplanung begriffen und verlangt einen nachhaltigen und sensiblen Umgang mit der Landschaft.

Zielsetzung der Freianlagenplanung ist es, für das Gymnasium Diedorf ein innovatives Konzept umzusetzen, das eine Vernetzung der behutsamen Fortschreibung der landschaftlichen Qualitäten verbunden mit einer Fortführung der pädagogischen Architektur im Freiraum vorsieht.

Darüber hinaus wurden folgende Kriterien im Hinblick auf das Forschungsziel berücksichtigt:

- Einbindung in den besonderen naturlandschaftlichen Kontext des Landschaftsschutzgebiets „Augsburg - Westliche Wälder“.
- Abstimmung des Freianlagenkonzeptes auf die Abläufe des Schulalltags mit den besonderen Anforderungen des pädagogischen Konzeptes
- Berücksichtigung des kulturlandschaftlichen Kontexts der bestehenden landwirtschaftlichen Nutzung des Grundstücks.
- Berücksichtigung topographischer und hydrologischer Eigenschaften.

- Berücksichtigung der angrenzenden Infrastrukturen Bahnlinie und Erschließungsstraße im Süden des Grundstücks.
- Berücksichtigung ökonomischer und ökologischer Aspekte in der Planung und dem Unterhalt der Außenanlagen.

### 3.3.3 Analyse der Rahmenbedingungen

Der Entwurf der Freiraumplanung basiert neben den Vorgaben des pädagogischen und architektonischen Raumprogramms auf einer umfangreichen Analyse der örtlichen Rahmenbedingungen und Besonderheiten des Grundstücks.

Folgende Aspekte wurden genauer betrachtet:

#### **Planungsgrundstück – Lage und Größe**

Das Planungsgrundstück befindet sich am Ortsrand der Gemeinde Diedorf nördlich des Bahnhofs. Es umfasst Teilflächen der Flurnummern 498 und 499. Bislang wird das Grundstück landwirtschaftlich genutzt. Im Süden grenzt die bestehende Dammstraße sowie die Bahnanlage Augsburg-Ulm an das Projektgebiet. Die Grundstücksgröße beträgt in etwa 46.150 m<sup>2</sup>, wobei ca. 12.000 m<sup>2</sup> als Ausgleichsfläche für die Baumaßnahme dienen.

#### **Kontext Naturlandschaft**

Das Planungsgebiet befindet sich im Landschaftsraum des Schmuttertals. Die Schmutter ist einer von wenigen Flüssen in Bayern, deren mäandrierender Flusslauf kaum durch Begrädigungen verändert wurde. Der Landschaftsraum ist zudem geprägt durch seine artenreichen Mähwiesen. Vereinzelt Bäume und Baumgruppen vermitteln zwischen den offenen Wiesen und der angrenzenden Ortschaft.

#### **Schutzgebiete**

Der nordwestliche Teil des Grundstücks überschneidet sich mit der Grenze des Landschaftsschutzgebiets LSG -004117.01 „Augsburg - Westliche Wälder“. Landschaftsschutzgebiete stellen die stärkste Kategorie des Naturschutzgesetzes dar. Ziel des Landschaftsschutzgebiets ist es, die Eigenart, Vielfalt und Schönheit des Landschaftsbildes und die Bedeutung der entsprechenden Landschaft für die Erholung zu sichern. Das angrenzende Flora-Fauna-Habitat 7630-371 befindet sich nicht im Grundstücksbereich. Das FFH-Gebiet „Schmuttertal“ stellt einen wertvollen Landschaftsraum dar, der Teil des europäischen Schutzgebietsnetzes „Natura 2000“ ist. Die Einbindung des Grundstücks in das Landschaftsschutzgebiet wird als Ziel der Freiraumplanung gesehen.

#### **Kontext Kulturlandschaft**

Derzeit wird das Planungsgrundstück landwirtschaftlich genutzt. Aufgrund des hohen Grundwasserstandes entwässert ein System aus Gräben große Teile des heute vorwiegend intensiv genutzten Schmuttertals. Durch die Nutzbarmachung der Feuchtwiesen hat sich das Erscheinungsbild des Schmuttertals im Laufe der Jahre von einer extensiven Wiesenlandschaft immer mehr in eine intensive Acker- und Grünlandwirtschaft verändert. Ein

Patchwork an Flurstücken und ein System von Entwässerungsgräben sowie einzelne, freistehende Scheunen prägen die dortige Kulturlandschaft. Das Architekturkonzept nimmt durch die „teppichartige“ Baustruktur Bezug auf die vorhandenen Strukturen der Kulturlandschaft.

### **Erschließung und Infrastruktur**

Ein bedeutender Standortfaktor für das Gymnasium Diedorf ist die direkte Anbindung an die Bahnlinie Augsburg - Ulm mit einem halbstündigen Bahntakt. Schulbusse halten auf dem Bahnhofsvorplatz. Die Schüler erreichen die Schule über die bestehende Gleisunterführung. Bis zum Bau der vorgesehenen Umgehungsstraße nördlich der Gleise erfolgt die Erschließung für PKW über die vorhandene Dammstraße. Eine großzügigere Gestaltung der Erschließungssituation wäre wünschenswert. Für den sicheren Schulweg ist eine verkehrsberuhigende Gestaltung des Übergangs zwischen Bahnsteig und Schulzugang notwendig.

### **3.3.4 Umsetzung des pädagogischen Konzepts in die Außenraumgestaltung**

Die Anforderungen des pädagogischen Konzepts und der dadurch entstehenden baulichen, technischen und konzeptionellen Anforderungen müssen bei der Erarbeitung der Freiraumplanung in besonderer Weise berücksichtigt werden.

Die Umsetzung des pädagogischen Konzepts erfolgt in einzelnen Teilbereichen wie folgt:

- Mit dem neuen pädagogischen Ansatz wird die Schule zum Lebensraum. Dies erfordert neben dem klassischen ‚offenen‘ Pausenhof auch Rückzugsräume mit Wohlfühlmosphäre und Spielmöglichkeiten.
- Unterstützung der Rhythmisierung des Schulalltags im Freiraum mit dem notwendigen Wechsel von Anspannung, Konzentration mit Entspannung und freier Bewegung durch Schaffung von unterschiedlichen Aufenthalts- und Bewegungsflächen.
- Erweiterung der Werkräume nach außen durch die Werkstattterrasse ermöglicht den Schülern das praktische und kreative Arbeiten an freien und großen Projekten. Die Arbeit an der frischen Luft, zur Erfahrung von Witterungseinflüssen, unterschiedlichen Lichtverhältnissen und zum ungezwungenen und expressiven Arbeiten eröffnet den Schülern Freiräume für individuellen Ausdruck.
- Schaffung von flexiblen und robusten Aneignungsflächen, so genannten Möglichkeitsräumen. Die Nutzung der Bereiche entwickelt sich aus dem Schuldialog. In gemeinsamen Schulprojekten zur Gestaltung können vielfältige Fähigkeiten von der Projektplanung, -organisation und -Durchführung im Team gelernt werden. Neben klassischen Schulthemen (Schulgarten, Teich) sollte die Bespielung der Flächen durchaus offen und kreativ gesehen werden. Bestehende Nutzungen werden regelmäßig in Frage gestellt und zurückgebaut, damit Platz für Neues geschaffen.
- Die Umsetzung eines offenen und in die Außenanlagen integrierten Regenwasserkonzepts fördert das Verständnis für ökologische Kreisläufe und thematisiert die Frage nach dem Umgang mit natürlichen Ressourcen.

## 3.4 Entwicklung (haus)technisches Konzept

### 3.4.1 Ausgangssituation und Zielsetzung

#### Plusenergiestandard

Das haustechnische Konzept wird größtenteils auf den angestrebten Plusenergiestandard ausgerichtet. Dabei wurden verschiedenste Möglichkeiten der Wärme- und Kälteerzeugung sowie der Luftförderung und Luftführung in Hinblick auf ihre Energieeffizienz hin untersucht (vgl. auch Kapitel 3.4.2.2, Punkt Heizungs- und Kältetechnik). Als vergleichbare Größe wurde dabei der Primärenergiebedarf herangezogen, über welche verschiedenste Energieträger miteinander verglichen wurden. Zusätzlich wurde immer berücksichtigt, dass trotz aller Bemühungen, den Energiebedarf zu minimieren, der Nutzer der Schule ein deutlich angenehmeres Klima und bessere Luftverhältnisse in den Räumlichkeiten vorfindet, als bisher gewohnt.

#### Ganzheitliche Betrachtung der Wärme- und Kälteerzeugung

Die ganzheitliche Betrachtung der Wärme- und Kälteerzeugung wurde notwendig, da entgegen der Beschreibung im 1. Förderantrag Grundwasser zu Kühlzwecken nicht verwendet werden kann. Die Gewinnung von Grundwasser ist zum einen nicht ergiebig (max. ca. 5 l/s), die Einleitung in den Untergrund sehr schwierig und der Eisengehalt in Höhe von 2,92 mg/l problematisch hoch. In Weiterentwicklung zum 1. Förderantrag wurden jetzt Varianten der Wärmeerzeugung ganzheitlich zusammen mit den Varianten der Kälteerzeugung betrachtet, um eine Vergleichbarkeit der Systemvarianten zu erkennen und gleichzeitig Investitions-, Wartungs- und Betriebskosten miteinander vergleichen zu können.

Die Matrix wird im weiteren Planungsverlauf nochmals auf ihre Plausibilität hin untersucht. Sobald genauere Daten zum Wärme- und Kältebedarf vorliegen, werden vor allem die Deckungsanteile der einzelnen Erzeugungseinheiten überprüft und gegebenenfalls korrigiert. Die genaueren Daten zum Wärme und Kältebedarf werden dann in Lastkurven umgesetzt, so dass die einzelnen Laufzeiten der verschiedenen Energieträger überprüft und gegebenenfalls korrigiert werden können. Zusätzlich wird die Matrix noch mit den Temperaturniveaus der einzelnen Wärme- und Kälteerzeuger ergänzt, um das Zusammenspiel zwischen den einzelnen Erzeugern besser erkennen zu können.

#### Weiterentwicklung der Lüftungstechnik

Bei der Lüftungstechnik wurden die Lüftungswege zusammen mit dem Architekturbüro auf das Gebäude hin festgelegt und optimiert. Die Belange des Brandschutzes wurden zusätzlich eingearbeitet. Weiterhin wurde konsequent mit der Berechnung der Größe der Lüftungsgeräte und Verteilkanäle der Luftströme begonnen, um die Auswirkungen der Größenverhältnisse auf die Lüftungszentralen und Kanalwege bestimmen zu können.

Um zu einer Reduzierung des Strombedarfs der Lüftungsgeräte zu kommen, wird dabei im Planungsprozess auf folgende Faktoren besonders geachtet.

- strömungstechnisch optimierte Kanäle

- Auslegung der Kanalquerschnitte so, dass geringe Strömungsgeschwindigkeiten und damit geringe Druckverluste entstehen, und zwar gemäß dem energetischen Pflichtenheft von ip5 vom 23.8.2012 (vgl. auch Kapitel 3.4.2.1, Punkt Lüftungstechnik).
- Frequenzumformer gesteuerte Ventilatoren, welche druckabhängig jeweils nur die benötigte Luft fördern (Bedarfslüftung).
- Regelung der geförderten Luftmenge nach der im Raum gemessenen Luftqualität (CO<sub>2</sub>-Wert.).
- Mehrfachnutzung der Luft durch Überströmung von den Klassenzimmern zu den Marktplätzen und von dort weiter zu Nebenräumen.

### Regelungskonzept

Die ersten Grundlagen zur Regelungstechnik aus dem 1.Förderantrag wurden konsequent weiterentwickelt. Vor allem in Hinblick auf das Zusammenspiel zwischen Lüftungs-, Heizungs- und Kältetechnik wurden erste Festlegungen getroffen, um zum einen den erwünschten Komfort für die Nutzer zu erhalten, zum anderen jedoch sicherzustellen, dass keine Energie verschwendet wird.

Im Einzelnen:

Das Schulgebäude wird entweder beheizt oder gekühlt. Die Trägheit des Gebäudes stellt sicher, dass dieser Umschaltzeitpunkt pro Jahr jeweils im Frühjahr und im Herbst nur einmal stattfindet. Aus den entsprechenden Erfahrungen in Erding kann man dies ableiten. Mehrere Referenzfühler im Gebäude bestimmen den Umschaltzeitpunkt.

Die Klassenräume, die Marktplätze und letztendlich alle Räume die zum Aufenthalt von mehreren Personen bestimmt sind, erhalten CO<sub>2</sub> Fühler, welche die Luftmenge stetig nach der Luftgüte regulieren. Dadurch wird sichergestellt, dass nur die tatsächlich benötigte Luftmenge von den Lüftungsgeräten gefördert wird.

Um freie und adiabate Kühlung möglichst lange nutzen zu können, wird die Temperatur des Kaltwassers nach der Außentemperatur verschoben.

Exemplarisch werden einige Beispiele herausgegriffen, warum der Gebäudeleittechnik heutzutage eine hohe Bedeutung zukommt.

Durch die Überwachung der Verbrauchswerte (Wärmemengenzähler, Wasseruhren) wird sichergestellt, dass nicht unkontrolliert Wärme, Kälte, Wasser oder Luftmengen ins Gebäude eingebracht werden.

Durch das Einschalten einer Wetterstation kann schon vorausschauend auf die Witterungsverhältnisse der nächsten Tage reagiert werden.

Optimieren und Minimieren der Luftvolumenströme exakt nach den Werten der Luftqualitätsfühler: Nur dort wo sich schlechte Luft befindet, muss diese auch mechanisch erneuert werden.

Durch den Einbau von Fensterkontakten wird verhindert, dass das Öffnen von Fenstern zu Heiz-, Kälte- oder Lüftungsverlusten an die Umgebung führt.

Mit den Möglichkeiten der Überwachung der Anlagen durch die Regelungstechnik zusammen mit dem Monitoring wird sichergestellt, dass die errechneten und gewünschten Werte eingehalten und optimiert werden.

### **Elektroinstallation**

Auch hinsichtlich der Elektroplanung wurden Installationssysteme entwickelt und angewendet, die einerseits die Umsetzung des pädagogischen Konzeptes ermöglichen (wie z.B. möglichst flexible Installationen, variable Kunstlichtsteuerung, Nutzung moderner Medien) und andererseits den hohen Ansprüchen an die Architektur und auch Energieeinsparung gerecht werden.

### **Zusammenarbeit mit Architekten und Fachplanern**

Weiterhin wurde und wird zusammen mit den Architekten das Gebäude so entwickelt, dass der Einsatz von Heiz- und Kälteenergie, aber auch der Einsatz der Lüftungstechnik und der Strombedarf auf ein Minimum reduziert werden kann.

### **Belange des Nutzers**

Trotzdem wurde nicht außer Acht gelassen, dass die Schule später einmal mit den eingesetzten Technikkomponenten zurechtkommen muss. Dies bedeutet, dass neben dem Primärenergiebedarf auch der spätere sichere, kostengünstige und einfache Betrieb der technischen Anlagen betrachtet wurde.

Weiterhin wurde angestrebt, den Nutzer frühzeitig in die Planungsprozesse mit einzubinden. Der Nutzer soll frühzeitig und für ihn nachvollziehbar erkennen, welche Auswirkungen das Öffnen von Fenstern oder das Öffnen einer Jalousie auf Energieverbrauch und Behaglichkeit in den Räumen hat. Zusätzlich kann in diesem Zusammenhang vermittelt werden, welche Energiearten und Energiemengen für Heizen, Kühlen und Lüften der Räumlichkeiten benötigt werden. Dadurch soll eine Sensibilität für die Haustechnik entstehen, so dass Lehrer und Schüler die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Arten der Beheizung, Kühlung und Belüftung von Räumlichkeiten verstehen.

Mit Hilfe eines eingebauten intelligenten Displays (z.B. als 42"-Monitor) können Schüler in der Pausenhalle oder im Eingangsbereich der Schule jederzeit den aktuellen Ertrag der Solarstromanlage einsehen. Auf spielerische Weise kann damit den Schülerinnen und Schülern die Thematik des Klimawandels und erneuerbarer Energien erläutert werden. Dabei kann insbesondere auch die Funktionsweise der Photovoltaik bzw. einer Solarstromanlage erklärt werden. Die innovative Photovoltaik-Anzeigetafel zeigt, wie die Solaranlage auf dem Dach Strom produziert. Leicht erkennbar ist auf diese Weise auch, wie hoch die produzierte

Strommenge ist und wie sich diese im Tages- oder Monatsverlauf entwickelt hat. Auch eine Gegenüberstellung von Stromertrag und Stromverbrauch, eine Jahresverlaufsansicht, die eingesparte CO<sub>2</sub>-Menge und viele weitere Funktionen können angezeigt werden.

Mit Hilfe von Software-Erweiterungspaketen kann die Schule das Solar-Display erweitern und das Display auch als "Digitales Info-Center" einsetzen. Ob aktueller Vertretungsplan am Morgen, besondere Veranstaltung am Nachmittag oder Elternsprechtag am Abend. Im Prinzip kann mit dem Display jede wichtige Information transportiert werden.

Anzeigenbeispiele:

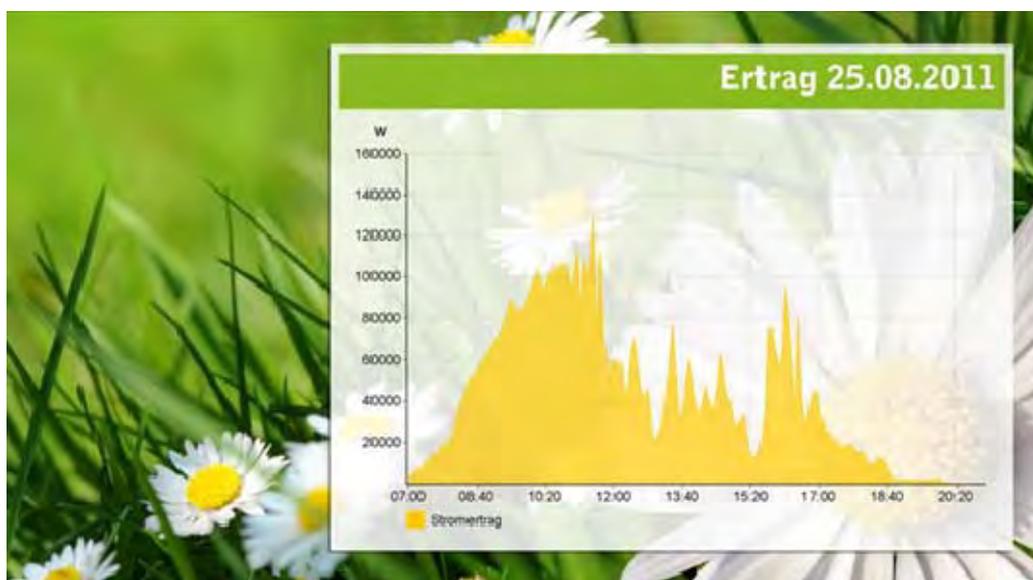


Abbildung 5 Ertragsverlauf eines Tages

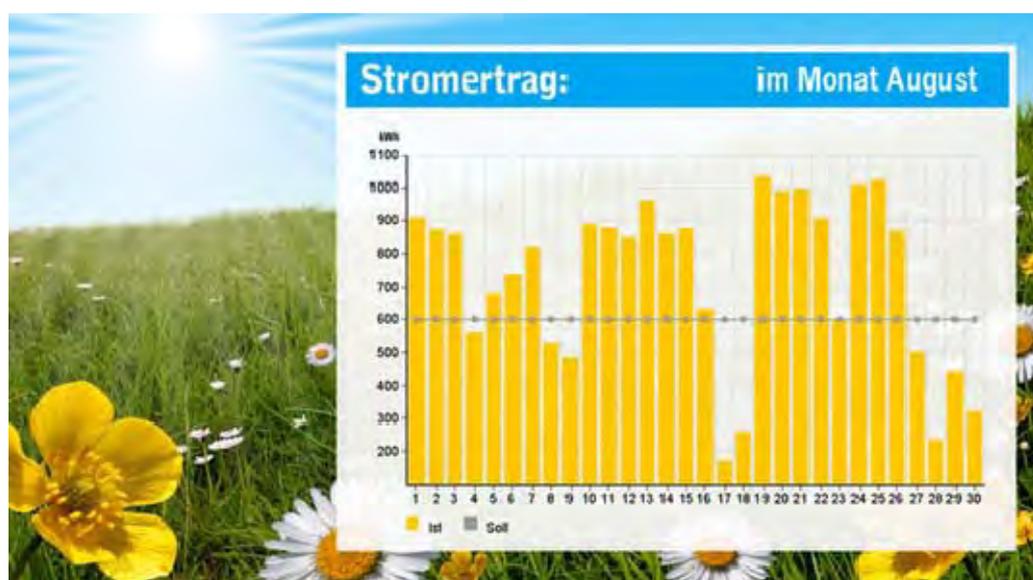


Abbildung 6 Ertragsverlauf eines Monats.

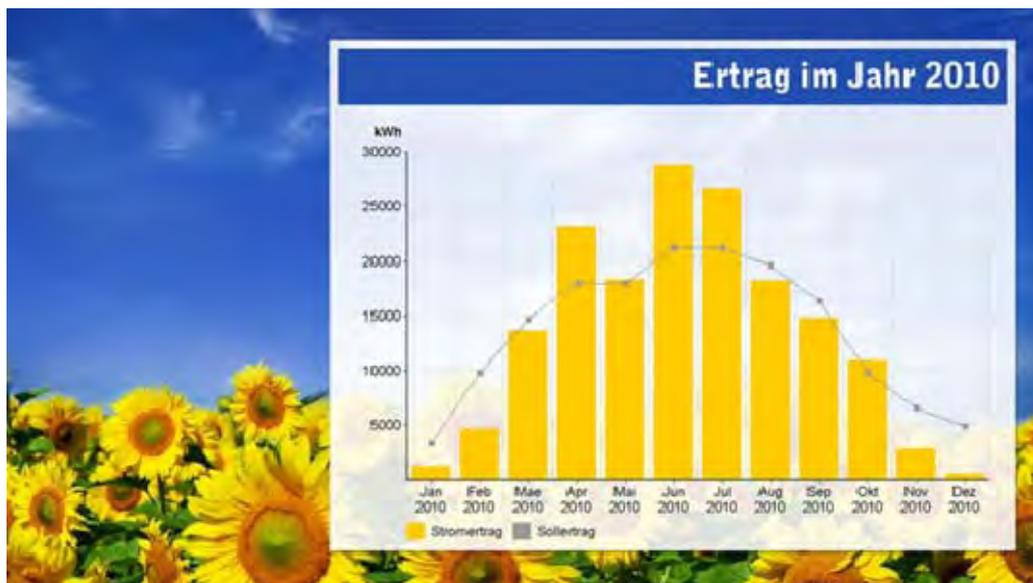


Abbildung 7 Ertragsverlauf eines Jahres



Abbildung 8 Gegenüberstellung CO<sub>2</sub>-Einsparung PV-Anlage zu anderen Energieträgern

### 3.4.2 Eingesetzte Technik

#### 3.4.2.1 Lüftungstechnik

##### Grundlagen

Die Notwendigkeit einer mechanischen Be- und Entlüftung für den Schulneubau wurde im 1. Förderantrag hinreichend beschrieben. Weiterhin wurde konsequent über die verschiedenen Möglichkeiten des Transports und der Verteilung von Luft nachgedacht und die Überlegungen aus dem 1. Förderantrag konsequent hinterfragt, geprüft und mit den Architekten und dem Energieberater abgestimmt und festgelegt. Der Stand der Planung wird nachfolgend beschrieben.

### **Energetisches Pflichtenheft**

Durch den Projektpartner IP 5 wurde für das Projekt Gymnasium Diedorf ein energetisches Pflichtenheft (vgl. Kapitel 5.5.6) in Hinblick auf die technische Gebäudeausrüstung erarbeitet. Darin wurden Vorgaben für die Strömungsgeschwindigkeit der geförderten Luft in den Lüftungskanälen, die Druckverluste intern und extern von Lüftungsanlagen sowie für die Ventilatorwirkungsgrade jeweils immer in Abhängigkeit vom Volumenstrom festgelegt. Weiterhin wurden Vorgaben für die Dämmstärken von Kanälen und Rohrleitungen sowie spezifische Maximalwerte für die Pumpenantriebe festgelegt.

Alle diese Werte werden im weiteren Planungsprozess beachtet und umgesetzt.

### **Lüftungsgeräte**

Zuerst wurde untersucht, ob eine zentrale Lüftungszentrale oder mehrere Einzelzentralen (Semidezentral), zugeordnet zu den einzelnen Schulhäusern zur Ausführung kommen sollen. Die Variante von dezentralen Einzelgeräten wurde bald verworfen, da diese die Vorgaben des energetischen Pflichtenheftes nicht erfüllen können.

Aus folgenden Gründen wurde eine zentrale Lüftungszentrale gewählt.

- Der Wirkungsgrad großer Ventilatoren ist besser als von kleineren Ventilatoren
- Der Wartungsaufwand weniger Lüftungsgeräte ist wesentlich geringer als bei semidezentralen Lüftungsgeräten
- Die Außenluftansaugung kann so geplant werden, dass eine gute Luftqualität erreicht wird
- Eine zentrale Luftvorwärmung ist möglich
- Sehr effektive zentrale Wärmerückgewinnung
- Hohe Ausnutzung der Gleichzeitigkeit

Es wurden zwei Zentrallüftungsgeräte mit jeweils ca. 30.000 m<sup>3</sup>/h Volumenstrom gewählt. Diese beiden Geräte stellen die Zuluft für alle Gebäude sowie den größten Teil der Abluft sicher. Beide Lüftungsgeräte erhalten ein Kreislaufverbundsystem mit einem Wirkungsgrad von 75 % als Wärmerückgewinnung. Dadurch ist es möglich die Abluft der Toilettenanlagen sowie der Küche mit über die beiden Zentralgeräte zu fördern, ohne dass Geruchsprobleme entstehen. Beim Rotationswärmetauscher, welcher einen Wirkungsgrad von bis zu 80 % hat und zusätzlich Feuchte übertragen kann, besteht der Nachteil, dass Gerüche übertragen werden. Damit müssten die WC – Anlagen und die Küche mit eigenen Lüftungsgeräten betrieben werden. Dies führt jedoch zu Mehrkosten bei den Investitionen sowie zu einem schlechteren Wirkungsgrad der Lüftungsmotoren.

Durch die Anordnung beider Lüftungsgeräte in einer Lüftungszentrale können beide Geräte auf einen gemeinsamen Zuluftkanal arbeiten, so dass die Lüftungsgeräte in der Lage sind, auf unterschiedlichste Luftmengenanforderungen flexibel und energiesparend zu reagieren.

Sollte ein Lüftungsgerät ausfallen oder aber gewartet werden, so kann das andere Lüftungsgerät einen Teil der Aufgaben des Partnergerätes mit übernehmen.

Die Lüftungsgeräte werden zu- und abluftseitig mit Filtern nach VDI 6022 ausgerüstet. Zu- und Fortluft können über Heiz- bzw. Kühlregister je nach Anforderung konditioniert werden. Im Sommer wird dabei die Zuluft zur Kühlung der äußeren und inneren Lasten mit ca. 18 °C eingeblasen, im Winter erfolgt die Temperierung der Zuluft auf max. 20 °C. Beheizt werden die Räumlichkeiten, soweit notwendig, über eine Fußbodenheizung, bzw. im Sommer werden über Fußbodenheizung gekühlt. Im Sommer ermöglicht die mechanische Be- und Entlüftung zusätzlich eine Kühlung der Räume, zur Einhaltung der Schallwerte werden in den Kanälen Kanalschalldämpfer eingesetzt.

Eine Befeuchtung der Zuluft wird aus energetischen Gesichtspunkten nicht vorgesehen. Vor allem im Winter wird relativ trockene Luft in das Gebäude eingebracht. Hier kommt uns das mehrfach beschriebene Luftmanagement über CO<sub>2</sub>-Fühler zu Gute, welches dafür sorgt, dass nur die tatsächlich benötigte Luftmenge eingebracht wird. So wird sichergestellt, dass auch im Winter die relative und absolute Feuchtigkeit in den Räumlichkeiten nicht zu weit absinkt.

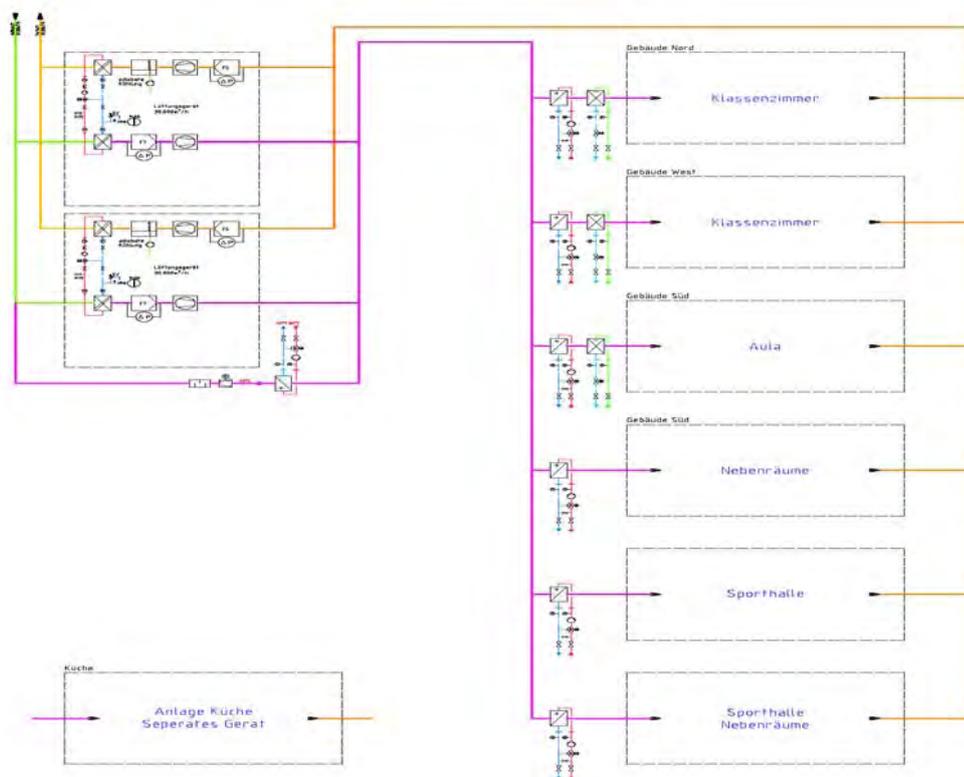


Abbildung 9 Schema Lüftungszentrale

### Zu- und Abluftführung

Von unter den Bodenplatten angeordneten Technikkanälen wird die Zu- und Abluft in Blechkanälen zu den Klassenräumen und den sonstigen Räumlichkeiten transportiert. In diesen Technikkanälen sind die jeweils für die einzelnen Klassenräume notwendigen Volumenstromregler mit Schalldämpfer montiert. Den Ausgang der Lüftungskanäle aus den Technikkanälen schließt eine Brandschutzklappe ab, welche wie die Volumenstromregler vom Technikkanal aus zu bedienen ist. Anschließend erfolgt die Luftkanalführung innerhalb der Flurtrennwände sowie der Holzbalkendecken. Im Bereich der Schule, also oberhalb der Technikkanäle, in Wänden und Holzbalkendecken werden die Luftleitungen in F 30 Qualität auf allen 4 Seiten geschützt.

Ursprünglich war angedacht worden, einen Doppelboden als drucklosen Luftverteiler zu verwenden, um die Widerstände im Kanalnetz gegen Null zu drücken und beliebige Bereiche durch bloßes Öffnen und Schließen von Lüftungsklappen mit Frischluft zu versorgen. Diese Variante ist dann allerdings aus praktischen Gründen verworfen worden:

- Der Aufbau des Doppelbodens ist bautechnisch zu teuer.
- Die Regelung der Luftmengen für die einzelnen Klassenräume ist sehr aufwendig und praktisch nicht realisierbar.
- Die in der Lufttechnik nach VDI 6022 geforderte Hygiene kann im Doppelboden nicht garantiert werden.

Aus den Klassenräumen überströmt die Zuluft zu den Marktplätzen, bei welchen diese abgesaugt wird. Sind die Klassenräume besetzt, erfolgt die Zuluftführung aus den Klassenräumen heraus zu den Marktplätzen hin, sind die Marktplätze besetzt, so halten sich in den Klassenräumen weniger Schüler auf, so dass die frische Luft aus den Klassenräumen zu den Marktplätzen überströmen kann. Regelungstechnisch muss somit sowohl der Klassenraum als auch der Marktplatz in Hinblick auf die Luftqualität überwacht werden. Eine gesonderte Zuluftführung direkt in die Marktplätze hinein wurde verworfen, weil dadurch zusätzliche Kanäle, Brandschutzklappen und Volumenstromregler (zusätzliche Investitionskosten) notwendig geworden wären. Lediglich Räume, welche eine Tür besitzen (Fachunterrichtsräume), erhalten auch einen Abluftanschluss. Marktplätze, die diesen Räumen zugeordnet sind, erhalten eine eigene Zuluft.

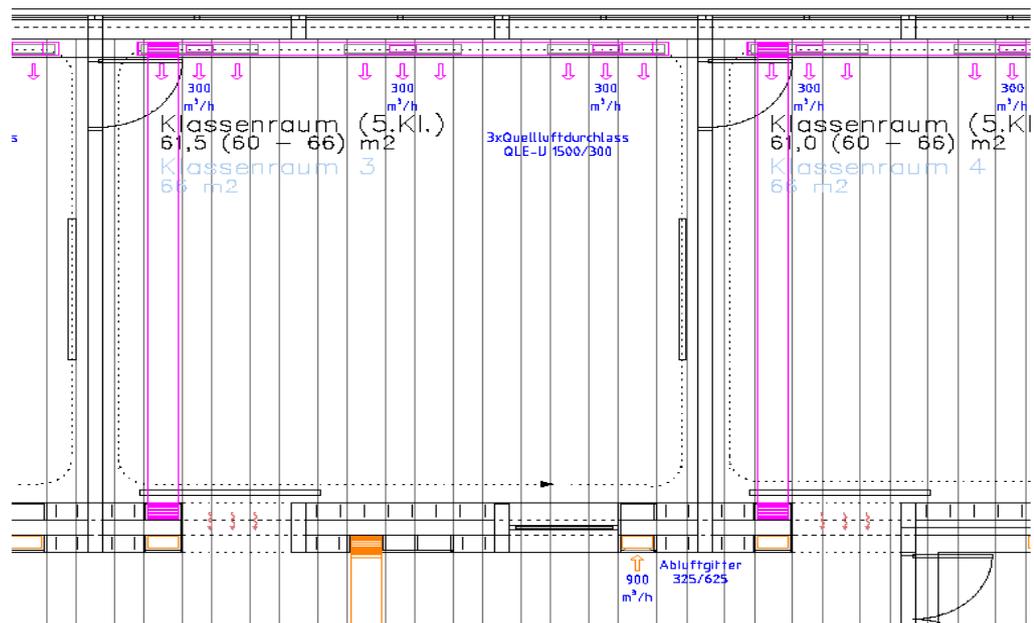


Abbildung 10 Planausschnitt Luftführung in Klassenräumen

### Luftmengenberechnung

Ausgelegt werden die Anlagen mit  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  und Person, dies entspricht etwa IDA 3 mit Beurteilung einer mäßigen Raumluftqualität nach DIN EN 13779.

Auf Grund der hohen inneren Lasten müssen sowohl im Sommer als auch in der Übergangsjahreszeit im Klassenraum die ansteigenden Raumtemperaturen während des Unterrichts beachtet werden. Ein außenliegender Sonnenschutz, der genügend Licht für einen Unterricht ohne Beleuchtung zulässt, ist zwingend erforderlich.

### Berechnungsgrundlagen

- Luftrate pro Schüler:  $30 \text{ m}^3/\text{h}$
- Spez. Luftrate pro Klassenzimmer:  $8 - 14 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$
- Spez. Luftrate Nebenräume:  $1,0 - 12 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$
- Wirkungsgrad WRG:  $75 \%$
- Druckverluste extern im Kanalnetz:  $200 \text{ Pa}$

### Luftgeschwindigkeit:

- Lüftungsgeräte  $1,5 - 2,0 \text{ m/s}$
- Hauptleitungen  $2 - 4 \text{ m/s ND}$
- Verteilungsleitungen  $2 - 3 \text{ m/s ND}$

- Anschlussleitungen 2 - 3 m/s ND

#### Erläuterung

- Jeder Klassenraum kann über motorisch gesteuerte Volumenstromregler einzeln abgesperrt werden.
- Zuluftführung in den Klassenräumen über Quellluft
- Mit Wärmerückgewinnung von bis zu 75 %
- Nachheizung der Zuluft mit einem eigenen Heizregister

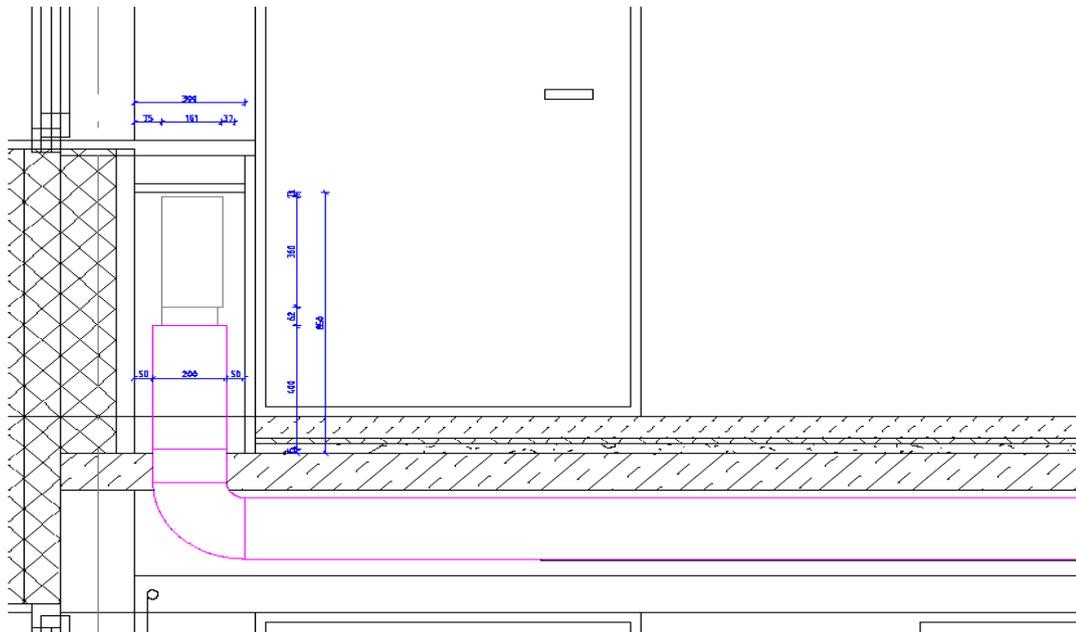


Abbildung 11 Planausschnitt Schnitt Quellauslass im Klassenraum

#### Brandschutz

Werden Brandabschnitte mit Lüftungsleitungen durchfahren, so werden die Brandabschnitte durch den Einbau von Brandschutzklappen in L 90 Qualität bzw. durch L 30 und L 90 Brandschutzummantelung sichergestellt.

#### 3.4.2.2 Heizungs- und Kältetechnik

##### Wärme- und Kälteerzeugung

Die ersten Überlegungen aus dem 1. Förderbericht wurden für den Bereich der Heizungs- und Kältetechnik weiter geprüft und in Form einer Matrix zur objektiven Vergleichbarkeit von verschiedenen Systemen umgesetzt. Nachfolgend wird dieser Planungs- und Entscheidungsprozess im Detail beschrieben.

Zur Ermittlung, welches Heiz- oder Kältesystem aus primärenergetischer Sicht geeignet ist, das Gymnasium Diedorf mit Wärme und Kälte zu versorgen, wurde eine Matrix erstellt, welche verschiedenste Varianten der Wärmeversorgung auflistet und vergleicht. In die Matrix wurde auch die Kälteversorgung mit integriert, da sich die Wärme- und Kälteerzeugung zum Teil ergänzen, siehe hierzu auch Kapitel 5.3.5.1

Im 1. Förderbericht war man noch davon ausgegangen, dass Brunnenwasser zur Heizung und Kühlung zur Verfügung steht. Auf Grund des hohen Eisengehaltes des Grundwassers in Höhe von 2,92 mg/l, der geringen Ergiebigkeit und des undurchlässigen Bodens hat man sich gegen diese Variante entschieden, so dass eine Neubewertung der Kälteerzeugung notwendig wurde.

Nachfolgend sind die untersuchten Varianten dargestellt:

#### Variante 0

- Wärme: Gas – Brennwertkessel 200 kW
- Kälte: indirekte adiabate Kühlung der Lüftungsanlagen, indirekte adiabate Kühlung von Kaltwasser mit zusätzlichen Klein – Kompressionskältemaschine zur Deckung der Spitzenlast, Kälteleistung gesamt 130 kW.

#### Variante 1

- Wärme: Pellets – Kessel 200 kW
- Kälte: indirekte adiabate Kühlung der Lüftungsanlagen, indirekte adiabate Kühlung von Kaltwasser mit zusätzlichen Klein – Kompressionskältemaschine zur Deckung der Spitzenlast, Kälteleistung gesamt 130 kW.

#### Variante 2

- Wärme: Reversible elektrische Wärmepumpe 200 kW mit Nutzung der Wärme aus dem Abwasserhauptsammler und Gas – Brennwertkessel 50 kW für die Spitzenlast und Warmwasserbereitung.
- Kälte: indirekte adiabate Kühlung der Lüftungsanlagen, Direktkühlung im Sommer durch das „kühle“ (d.h. das unter der Außenluft liegende) Abwasser aus dem Abwasserhauptsammler, reversible thermische Wärmepumpe erzeugt im Sommer Kälte, Kälteleistung gesamt 130 kW.

#### Variante 3

- Wärme: Reversible Gas – Absorptionswärmepumpe 200 kW mit Nutzung der Wärme aus dem Abwasserkanal, Gas – Brennwertkessel 50 kW für die Spitzenlast und Warmwasserbereitung.
- Kälte: indirekte adiabate Kühlung der Lüftungsanlagen, Direktkühlung im Sommer durch das „kühle“ (d.h. das unter der Außenluft liegende) Abwasser aus dem Abwas-

serhauptsammler, reversible thermische Wärmepumpe erzeugt im Sommer Kälte, Kälteleistung gesamt 130 kW.

Variante 4

- Wärme: Mobile Fernwärme der Abfallverwertungsgesellschaft Augsburg mittels Wärmecontainer, maximale Entnahmeleistung 200 kW, Gas – Brennwertkessel 100 kW
- Kälte: indirekte adiabate Kühlung der Lüftungsanlagen, indirekte adiabate Kühlung von Kaltwasser mit zusätzlichen Klein – Kompressionskältemaschine zur Deckung der Spitzenlast, Kälteleistung gesamt 130 kW.

Variante 5:

- Wärme: Gas – Brennwertkessel 200 kW und Klein – BHKW mit einer thermischen Leistung von 14 kW und einer elektrischen Heizung von 5 kW.
- Kälte: indirekte adiabate Kühlung der Lüftungsanlagen, Wärmebetriebene Absorptionskältemaschine 25 kW, indirekte adiabate Kühlung von Kaltwasser mit zusätzlichen Klein – Kompressionskältemaschine zur Deckung der Spitzenlast, Kälteleistung gesamt 130 kW.

Diese Varianten wurden im Hinblick auf Betriebskosten, Energiebedarf und CO<sub>2</sub>-Emissionen bewertet.



Abbildung 12 Diagramm Vergleichskosten

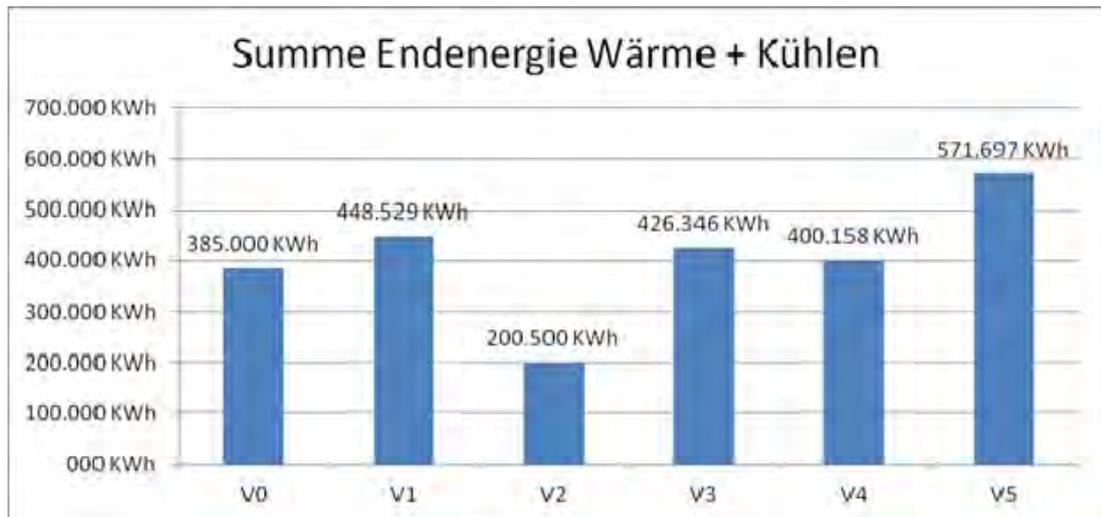


Abbildung 13 Diagramm Energiebedarf Wärme und Kühlen

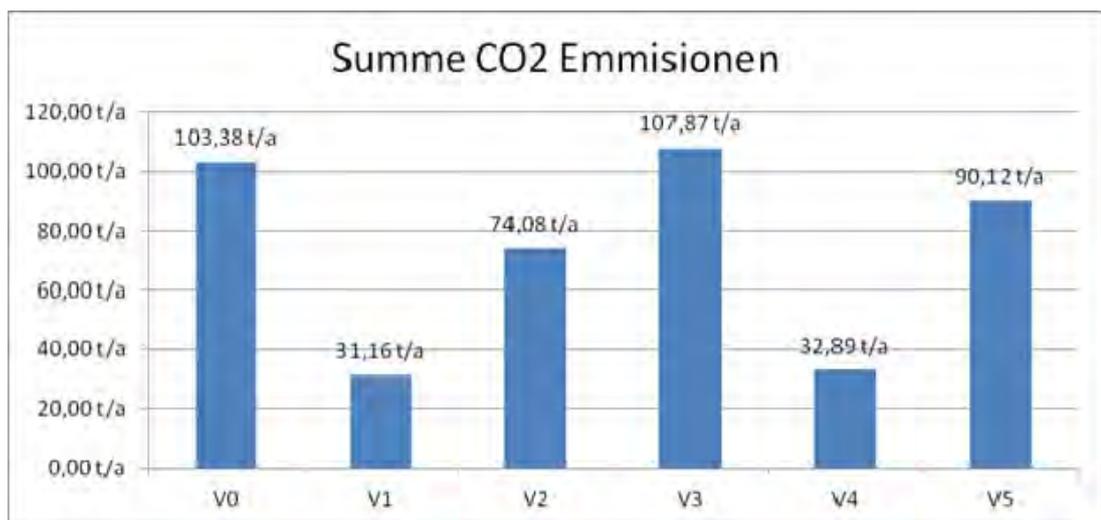


Abbildung 14 Diagramm CO 2 Emissionen

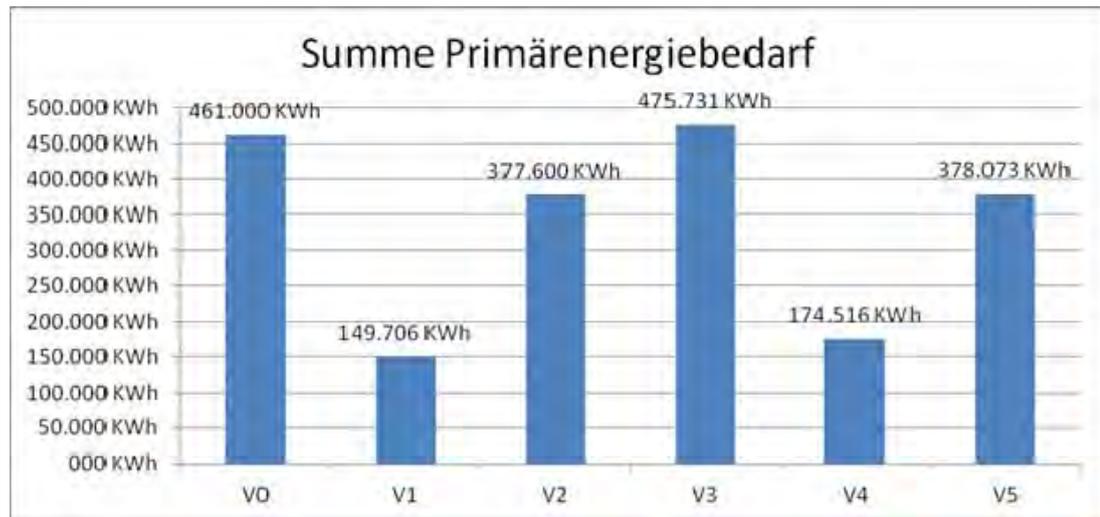


Abbildung 15 Diagramm Primärenergiebedarf

### Lösungsfindung Wärme- und Kälteerzeugung

Zur ganzheitlichen Bewertung der zur Auswahl stehenden Systeme wurde ein mehrdimensionales Ranking entwickelt, welches die freie Gewichtung der drei Aspekte Primärenergiebedarf, CO<sub>2</sub>-Emissionen und Jahreskosten erlaubt. Grundlage ist für jeden dieser Teilaspekte die relative betragsmäßige Unterschreitung des entsprechenden Werts der Variante gegenüber dem jeweils höchsten Wert in der Kategorie. Beispiel: Variante 1 weist jährliche CO<sub>2</sub>-Emissionen von 40 t/a auf, die Variante mit den höchsten CO<sub>2</sub>-Emissionen hingegen einen Wert von 100 t/a. Der Ranking-Beitrag für diese Variante unter dem Aspekt der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist also  $(100 - 40) / 100 = 1,00 - 0,40 = 0,60$ . Dieser Wert wird mit dem gewünschten Gewichtungsfaktor versehen (0 ...1; sinnvollerweise so, dass sich die Gewichtungsfaktoren für alle drei Kriterien zu Eins addieren) und zu den analog gewonnenen Werten für die beiden anderen Kategorien hinzuaddiert. Es ergibt sich somit ein Ranking, bei dem eine Variante umso besser abschneidet, umso höher ihr sich insgesamt ergebender Ranking-Wert ausfällt. Mit Hilfe des Rankingverfahrens wurde aus dem Variantenvergleich die Variante 1 zur weiteren Planung ausgewählt. Dies hat folgende Gründe:

- Die Summe der jährlichen Vergleichskosten sind die zweitbesten.
- Die CO<sub>2</sub> Emissionen sind die geringsten.
- Der Primärenergiebedarf ist am geringsten von allen Varianten.

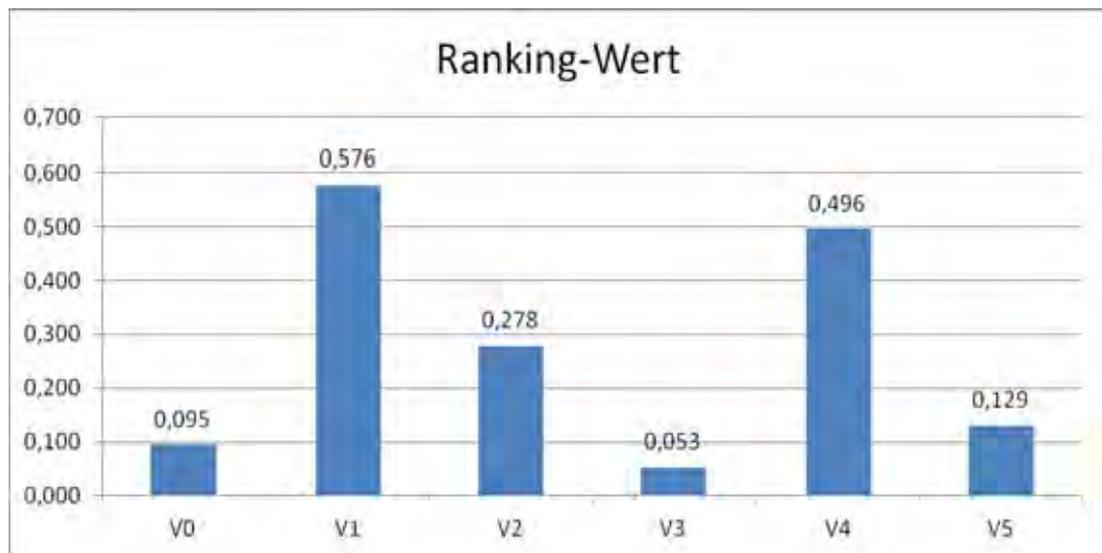


Abbildung 16 Ranking 1; „Schwerpunkt Ökologie“, Variante 35 % Gewichtung CO<sub>2</sub>, 35 % Gewichtung Primärenergie, 30 % Gewichtung jährliche Kosten

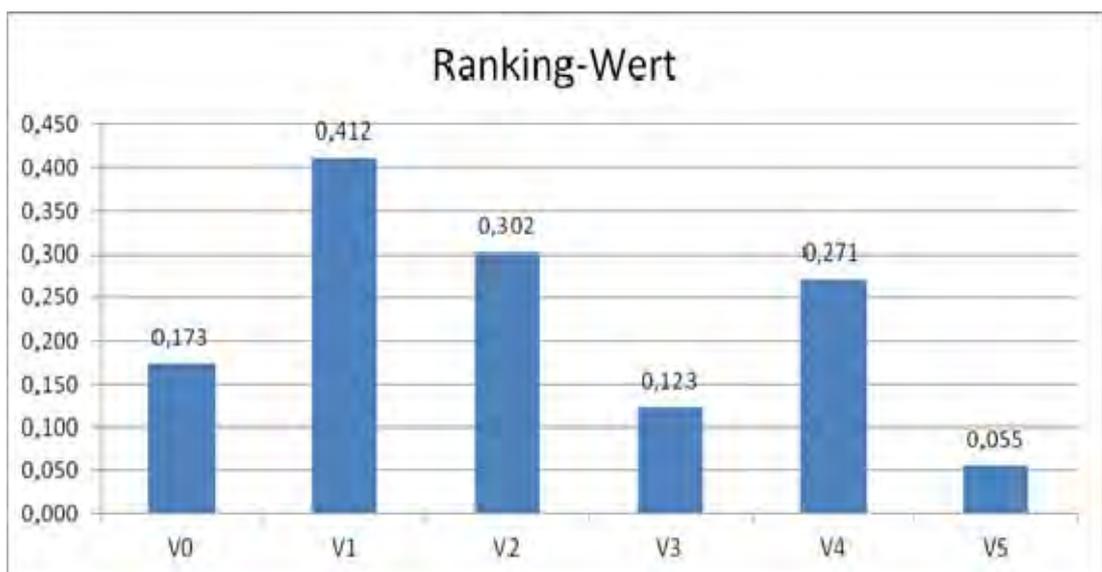


Abbildung 17 Ranking 2; „Schwerpunkt auf Ökonomie“, Variante 15 % Gewichtung CO<sub>2</sub>, 15 % Gewichtung Primärenergie, 70 % Gewichtung jährliche Kosten

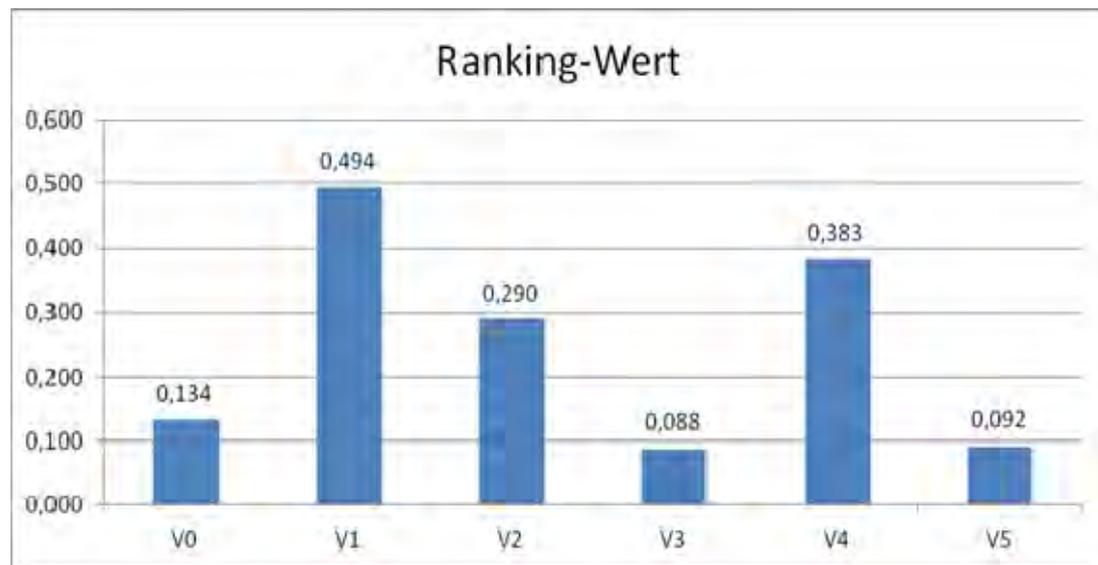


Abbildung 18 Ranking 3; „Ausgewogene Gewichtung“; Variante 25 % Gewichtung CO<sub>2</sub>, 25 % Gewichtung Primärenergie, 50 % Gewichtung jährliche Kosten

Unabhängig davon, wie beim Ranking gewichtet wird, erhält die Variante 1 immer den besten Ranking - Wert. Daher wird die Variante 1 vorrangig im Planungsprozess weiterverfolgt.

Mit den beiden Pelletskesseln wird die gesamte Wärme erzeugt. Damit diese nicht zu oft takten, wird für die Anlage ein großer Pufferspeicher vorgesehen. Das Warmwasser für die Sporthalle und die Mensa wird über die beiden Pelletskessel erzeugt.

Die benötigte Kühlung erfolgt zum einen über indirekte adiabate Kühlung der Lüftungsanlagen. Zusätzlich für die Kühlregister der Lüftungsanlagen, die Fußbodenkühlung sowie der Serverräume erfolgt eine indirekte adiabate Kühlung von Kaltwasser mittels befeuchteter Außenluft. Sollte dies immer noch nicht ausreichen, wird mit einer Klein – Kompressionskältemaschine zur Deckung der Spitzenlast nachgekühlt. Kälteleistung gesamt 130 kW.

Die Werte der beiden Varianten 1 und 4 werden im weiteren Planungsprozess weiter konkretisiert und auf ihre Stimmigkeit hin überprüft.

Unabhängig davon wird, wie unter Kapitel 3.4.1 beim Punkt „Ganzheitliche Betrachtung der Wärme- und Kälteerzeugung“ beschrieben, die Matrix nochmals mit allen ihren Werten darauf hin untersucht, ob die angenommenen Werte den weiteren Erkenntnissen sowie den neuesten Planständen (Wärme- und Kältemenge, Deckungsanteile, Lastkurven) standhalten und gegebenenfalls korrigiert.

Die Erkenntnisse aus diesen Korrekturen werden dann dem Planungsteam vorgestellt, so dass gemeinsam eine letztendlich gültige Entscheidung über die Art der Wärme- und Kälteerzeugung fallen kann.



Ausgehend davon, dass immer nur entweder geheizt oder gekühlt wird (im Jahr gibt es im Grund nur zwei Umschaltpunkte), soll mit einem Pufferspeicher sowohl die Wärme als auch im Sommer die Kälte gespeichert werden. Die Untersuchungen hierzu sind derzeit im Gange.

### **Wärme- und Kälteverteilung**

#### Heizmittel

Warmwasser, 40/30 °C für die Fußbodenheizung

Warmwasser, 40/30 °C für die Lüftungsanlagen

Warmwasser, 70/50 °C für die Warmwasserbereitung

#### Kühlmittel

Kaltwasser für die Kühlregister, Sommer 12/17 °C

Kaltwasser für die Fußbodenkühlung ganzjährig 16/19 °C

Kaltwasser für die Serverräume, Winter 16/21 °C, Sommer 12/17 °C

#### Pumpen

Pumpen für Rohreinbau, alle Pumpen als Hocheffizienzpumpen mit automatischer stufenloser Anpassung der Förderströme nach dem Druck.

Rohrleitungen aus verzinktem Stahlrohr bzw. schwarzem Rohr, gedämmt nach den neuesten Vorschriften der EnEV. Hauptverteilungen verlegt in den begehbaren Kanälen und den Gebäuden.

### **Heiz- und Kühlflächen**

Grundsätzlich Fußbodenheizung. In kritischen Bereichen notfalls zusätzlich Wandheizung.

Beheizung der Sporthalle über die Fußbodenheizung.

Kühlung der Räume über die Heizschlangen der Fußbodenheizung mit einer Leistung von ca. 20 W/m<sup>2</sup> (auch als Vergrößerung der Speichermasse ansetzbar).

#### **Norm-Heizlast nach DIN EN 12831 (ausführliches Verfahren) Datum: 22.06.2012**

**Nationaler Anhang: DIN EN 12831 / Bbl.1 / 2008-07 Seite: 1**

**Projekt/Variante: 21135 GYM Diedorf / Standard-Variante**

**Gebäudezusammenstellung Formblatt G - 3**

#### **Wärmeverlust-Koeffizienten**

Transmissionswärmeverlust-Koeffizient = 4665.56 W/K

Lüftungswärmeverlust-Koeffizient = 537.40 W/K

Gebäude-Wärmeverlust-Koeffizient = 5202.96 W/K

#### **Wärmeverluste**

**Transmissionswärmeverluste (nach außen) = 158629 W**

**Lüftungswärmeverluste**

Mindest-Luftvolumenstrom = --- W

aus natürlicher Infiltration = 9136 W  
aus mechanischem Zuluftvolumenstrom = --- W  
aus mechanisch infiltriertem Volumenstrom = --- W

**Lüftungswärmeverluste = 9136 W**

**Gebäudeheizlast**

**Norm-Gebäudeheizlast = 167765 W**

**Zusatz-Aufheizleistung = 0 W**

**Auslegungs-Heizleistung = 167765 W**

**bezogene Werte**

Heizlast / beheizte Gebäudefläche = 6145.59 m<sup>2</sup>

Heizlast / beheiztes Gebäudevolumen = 52685.87 m<sup>3</sup>

Heizlast / beheizte Gebäudefläche = 27 W/m<sup>2</sup>

Heizlast / beheiztes Gebäudevolumen = 3 W/m<sup>3</sup>

wärmeübertragende Umfassungsfläche = 18031.08 m<sup>2</sup>

spezifischer Transmissionswärmeverlust = 0.26 W/m<sup>2</sup>K

Abbildung 21 Ergebnis Wärmebedarfsberechnung Transmission

### 3.4.2.3 Konzepte der Kühlung

#### Kühlung Klassenzimmer

Auf Grund der geringen Transmissionswärmeverluste durch extrem gute U – Werte von Fassade, Dach und Fenster, kommt den inneren Lasten in den Klassenräumen eine große Bedeutung zu.

Bei einer Belegung mit 30 Schülern ergeben sich folgende Heiz- und Kühllasten.

#### Winterfall (-14 °C)

Heizlast: - 1.471 W

Transmission Wärme 0 W

30 Schüler 83 Watt (trocken) = 2.490 W

Beleuchtung 6W/m<sup>2</sup> \* 65 m<sup>2</sup> = 390 W

Computer= 200 W

-----  
Summe Kühllast: 1.609 W

Abführen der Kühllast im Winter über die Lüftung:

900 m<sup>3</sup>/h/3600s/h \* 1,2 kg/m<sup>3</sup> \* 1,007 kj/kgK\* 6 K = 1,8 kj/s = 1.800 W

#### Sommerfall ( 32 °C)

Heizlast: 0 W

Transmission Wärme 102 W

30 Schüler 83 Watt (trocken) = 2.490 W

Beleuchtung  $6\text{W/m}^2 * 65\text{ m}^2 = 0\text{ W}$  (Beleuchtung aus)

Computer= 200 W

-----  
Summe Kühllast: 2.792 W

Abführen der Kühllast im Sommer über die Fußbodenkühlung:

$65\text{ m}^2 * 20\text{ W/m}^2 = 1.300\text{ W}$

Der Rest erfolgt über die Lüftung

$750\text{ m}^3/\text{h}/3600\text{s/h} * 1,2\text{ kg/m}^3 * 1,007\text{ kJ/kgK} * 6\text{ K} = 1,5\text{ kJ/s} = 1.500\text{ W}$

Die Ergebnisse der thermisch-dynamischen Gebäudesimulation (vgl. Kapitel 5.3.3) zeigen in Übereinstimmung mit diesen Überlegungen die Notwendigkeit einer Entwärmung der Räume durch geeignete Maßnahmen auf. Festgelegt wurden folgende Maßnahmen:

- Kühlung über die Fußbodenheizung

Im Sommer kann die Fußbodenheizung zur statischen Kühlung der Klassenräume verwendet werden. Dies dient insbesondere dazu, die fehlenden Speichermassen des Gebäudes zu erhöhen. Leistung ca.  $20\text{ W/m}^2$ .

- Nachtauskühlung

Eine Nachtauskühlung durch Be- und Entlüften der Räume mit kühler Nachtluft durch Öffnen von Fassadenfenstern, oder mechanisch durch die Lüftungsanlagen wird nicht empfohlen. Selbst wenn die volumetrischen Kennwerte um  $1,3\text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$  bzw.  $0,36\text{ Wh/m}^3$  liegen, ergibt sich bei z. B.  $4\text{ K}$  Temperaturdifferenz innen – außen eine „Arbeitszahl Kühlen“ von nur  $4\text{ K} * 0,34\text{ Wh}/(\text{K m}^3) / 0,36\text{ Wh/m}^3 = 3,78$ , also nicht besser als mit einer Kältemaschine.

Die Kühlung in der Nacht erfolgt, falls notwendig, über die Kaltwasserschlangen in den Fußbodenaufbauten.

### Zusammenfassung

Eine Kühlung der Klassenräume ist zwingend erforderlich. Selbst im Winter heizen sich die Räume bei voller Belegung langsam auf, so dass während des Unterrichts keine Heizleistung mehr notwendig wird. Das Einblasen von unbeheizter Zuluft mit einer Temperatur von minimal  $20\text{ °C}$  ist dadurch möglich und erwünscht. Diese wird zum einen durch die oben beschriebene Nachtauskühlung, aber auch durch Kühlung der Zuluft indirekte adiabate Kühlung während der Schulzeiten auf  $20\text{ °C}$  sichergestellt.

### **Kühlung EDV – Räume**

Diese Räume unterliegen durch die Ansammlung von Bildschirmen und Computern einer hohen Kühllast. Mit der Be- und Entlüftung der Räumlichkeiten kann diese Kühllast nicht abgefahren werden.

Aus diesem Grund erhalten diese Räumlichkeiten Deckenkassetten, welche mit Kaltwasser versorgt werden.

#### **3.4.2.4 Sanitärtechnik**

##### **Regenwasser**

Die geneigten Flachdächer werden über außenliegende Regenfallrohre entwässert. Das Regenwasser wird im Trennsystem separat vom Schmutzwasser in den Aussenanlagen erfasst und zur Versickerung in Rigolen oder in einem Oberflächengewässer zugeführt (siehe auch Außenanlagenplaner).

##### **Kalt- und Warmwasser**

Es ist kein Warmwasser in Klassenzimmern und Toilettenanlagen vorgesehen.

Warmwasser ist in folgenden Räumen angedacht:

In Behinderten WC - Anlagen (elektr. Durchlauferhitzer), in den Putzmittelräumen (elektr. Durchlauferhitzer) Warmwasserspeicher mit Speicherladesystem, Zirkulation, Warmwasserleitungen werden ausreichend aber knapp dimensioniert für: Mittagsküche, Wirtschaftsraum, die Duschen der Sporthalle.

#### **3.4.2.5 Gebäudeleittechnik**

Die Schaltschränke stehen in den Technikräumen in nächster Nähe zu den Feldgeräten. Über die GLT und den Leitreechner, der beliebig im Gebäude, jedoch sinnvollerweise im Hausmeisterbüro aufgestellt werden kann, erfolgt die Vernetzung und Kommunikation der Gebäudetechnik.

Die aufgesetzte Gebäudeleittechnik ermöglicht eine zentrale Bedienung, Überwachung, Betriebskontrolle, Optimierung, Protokollierung und Administration der technischen Anlagen. Dazu ist ein vollständiges und funktionsfähiges Gesamtsystem auf Basis der Richtlinie VDI 3814 geplant.

Die Gebäudeleittechnik wird so aufgebaut und eingerichtet, dass ein Energiemanagement sowohl vom Gymnasium Diedorf selbst, als auch von extern (ZAE Bayern) möglich wird. Dadurch können die Betriebszeiten der technischen Anlagen verfolgt, angepasst und verbessert werden. Die täglichen Verbräuche können ausgelesen, analysiert und kontrolliert werden

#### **3.4.3 Haustechnische Herausforderungen des neuen Lernkonzepts**

Das Aufheben von geschlossenen Räumen, hin zu Lernlandschaften, muss bei der Planung von Heizungsanlagen, Lüftungsanlagen sowie der Kühlung der Räumlichkeiten beachtet

werden. Bei einer Standardschule wird davon ausgegangen, dass die Klassenräume zu Fluren und Aufenthaltsflächen geschlossen sind. Aus Sicht der Haustechnik bedeutet dies, dass keine Wärme, Kälte oder Luft aus dem Raum entweichen kann, der Raum bildet ein in sich geschlossenes System. Bei offenen Türen des neuen Lernkonzepts und Marktplätzen als Flächen der Kommunikation, Begegnung und der genutzten Aufenthaltsräumlichkeiten, muss das Raumklima von Klassenraum und Marktplatz so aufeinander abgestimmt sein, dass nicht in einer der beiden Flächen Kalt- oder Wärmezonen oder aber Zugerscheinungen auftreten.

### **Heizungstechnik**

Unterstützt durch die guten Dämmwerte der Umfassungswände kann über eine Fußbodenheizung mit niedrigen Vorlauftemperaturen im gesamten Lernbereich (Klassenraum und Marktplatz) über die Strahlungswärme der Fußbodenheizung ein angenehmes Raumklima geschaffen werden, ohne durch hohe Temperaturen bei der Wärmeübertragung zu große Temperaturunterschiede in den verschiedenen Lernbereichen befürchten zu müssen.

### **Kältetechnik**

Auf Grund der guten Wärmedämmung der Gebäude und der vielen Personen im Gebäude kommt es ohne Kühlung zu Überhitzungen in den Klassenräumen. Durch die Nutzung der großflächig eingebrachten Fußbodenheizung zur Kühlung sowie der Lüftung können für alle Lernbereiche in Abhängigkeit von den herrschenden Außentemperaturen angenehme Raumtemperaturen hergestellt werden.

### **Lüftungstechnik**

Bei der Lüftungstechnik hat man die offenen Räume dafür genutzt, die in den Klassenräumen im Bereich der Fenster über Quellluft eingebrachte Zuluft in Richtung der Marktplätze überströmen zu lassen. In den Marktplätzen befindet sich die zentrale Abluft. Dadurch kann zum einen die Luftmenge reduziert, zum anderen jedoch auch sichergestellt werden, dass dort, wo Personen sich aufhalten, immer genügend frische Luft zur Verfügung steht. Die Kanalmassen für Abluftkanäle reduzieren sich entsprechend.

#### **3.4.4 Anforderungen für die weitere Planung**

In enger Zusammenarbeit mit den Architekten sollen die getroffenen Entscheidungen mit ihren Konsequenzen so in die räumliche Hülle der Schule integriert werden, dass das Zusammenspiel von Architektur und Technik zum Vorteil von Nutzern, aber auch der Umwelt, zu einem positiven Miteinander führt.

Weiterhin sollen die getroffenen Entscheidungen in enger Zusammenarbeit mit der Energietechnik vor allem in Hinblick auf die Energieeffizienz (Plusenergieschule), aber auch den Komfort, weiterentwickelt, präzisiert und vor allem detailliert werden.

Dafür werden folgende Instrumente genutzt:

- Wärmebedarfsberechnung

- Kühllastberechnung der Klassenräume
- Rohrnetzberechnung zur Optimierung der Massenströme
- Kanalnetzberechnung zur Minimierung der Kanalnetzverluste

## 3.5 Akustik in offenen Lernlandschaften

### 3.5.1 Ausgangssituation und Zielsetzung

Im Gegensatz zur üblichen raumakustischen Planung von Klassenräumen mit Frontalunterricht und in sich geschlossenen Räumen sind beim vorliegenden Bauvorhaben in den offenen Lernlandschaften akustische Maßnahmen zu entwickeln, damit Unterricht und Gruppenarbeiten an jeder Stelle im Raum und auch in unterschiedlichen Gruppenstärken stattfinden können. Hierfür sind die bisher bekannten raumakustischen Anforderungen anzupassen. Weiterhin sind aufgrund der geplanten visuellen und kommunikativen Verbindung der einzelnen Unterrichtsbereiche (Entfall üblicher Türen, Glassichtverbindungen in den Wänden), die bestehenden Schallschutzanforderungen für Schulen anzupassen und entsprechende konstruktive Lösungen zu erarbeiten.

Die angesetzten Arbeitspakete bzgl. der offenen Lernlandschaften:

- a) Entwicklung von raumakustischen Anforderungen für die Lernbereiche, d.h. Nachhallzeiten, Störpegel, Schallpegelabnahmen zwischen den einzelnen Lerngruppen, Kriterien zur Sprachverständlichkeit.

s. Pkt. 3.5.3

- b) Entwicklung von Anforderungen bezüglich des Schallschutzes zwischen den unterschiedlichen Klassenräumen unter Berücksichtigung des Wegfalls der Türen, d.h. Festlegen von sinnvollen Pegeldifferenzen, die ausreichend hoch sind, um in den unterschiedlichen Räumen störungsfrei Unterricht zu halten und auf der anderen Seite ausreichend gering, um mit möglichst einfachen, sinnvollen Maßnahmen das Ziel erreichen zu können.

s. Pkt. 3.5.3

- c) Literaturrecherchen hinsichtlich objektiver Kennwerte und Größen der oben genannten Parameter in anderen Ländern (Skandinavien, Großbritannien) oder anderen Objekten.

s. Pkt. 3.5.3

- d) Ggf. Durchführung von Messungen o.g. Kennwerte in ähnlichen ausgeführten Projekten (z.B. der Schule in Witzenhausen).

Diese Bedarfsposition wurde nicht durchgeführt, da bisher die Notwendigkeit nicht vorhanden war und sich im Zuge der bisherigen Planung auch keine Gelegenheit dazu ergab.

- e) Erstellung von dreidimensionalen Modellen der Räume im Computer zur Durchführung von raumakustischen Simulationen unterschiedlicher Maßnahmenvarianten zur Berechnung/ Abschätzung, ob die gewählten Anforderungen eingehalten werden können.

Computersimulationen wurden bisher noch nicht durchgeführt, da die Planung noch nicht in der Tiefe ist, dass unterschiedliche Varianten durch Computersimulationen verglichen werden können. Die bisherigen prinzipiellen Maßnahmen wurden mit herkömmlichen Berechnungsmethoden ermittelt. Ggf. werden in der weiteren Planung diese Simulationen erforderlich.

- f) Durchführung von Computersimulationen hinsichtlich der Schallpegeldifferenz zwischen den unterschiedlichen Räumen.

Computersimulationen waren nicht erforderlich, da entgegen dem ursprünglich überlegten Konzept von Räumen komplett ohne Türen nun Schiebetüren vorhanden sind, mit denen aus Erfahrung bezüglich der Übertragung von einem Klassenraum in den anderen eine ausreichende Schalldämmung erreicht wird.

### 3.5.2 Akustik und Leistungsfähigkeit/ Lernqualität

In traditionell ausgestatteten Klassenzimmern wird auch akustisch meist nur die Unterrichtsmethode „Frontal“ unterstützt. Grundsätzlich gilt beim Schulbau der Grundsatz, dass Schall, der vorne (in der Regel vom Lehrer) abgesandt wird, möglichst alle Schüler der Klasse, auch die in der letzten Reihe, erreichen muss. In moderner Pädagogik geforderter Sozialformen- und Methodenwechsel wird durch solche Akustikmaßnahmen nicht unterstützt. Häufig ist zu beobachten, dass engagierte Pädagogen verschiedene Unterrichtsmethoden abbrechen, weil sich der sogenannte Lombard-Effekt entwickelt. Bei selbstaktivem Arbeiten, vor allem in Form von Gruppenarbeit, ist die Sprachverständlichkeit extrem schlecht, sodass die eine Gruppe beginnt, immer lauter zu sprechen, die nächste Gruppe versucht diese Gruppe zu übertönen und ein extrem hoher allgemeiner Schallpegel ist die Folge. Wertvolle Unterrichtskonzepte werden abgebrochen, weil die Lautstärke im Raum gesundheitsbedenkliche Ausmaße annimmt. Dies hat jedoch selten mit Disziplinlosigkeit der Schüler zu tun.

Akustik in modernen Bildungseinrichtungen muss daher sowohl Frontalunterricht als auch flexible Unterrichtsmethoden unterstützen. Eine entsprechende raumakustische Gestaltung dieser Räume ist sehr wichtig, um den Störgeräuschpegel zu verringern und eine Kommunikation über kurze und lange Distanzen zu ermöglichen sowie die Konzentrationsfähigkeit der Schüler zu fördern.

### 3.5.3 Akustik im konventionellen Schulbau gegenüber pädagogischer Architektur Anforderungen an den Schallschutz nach DIN im konventionellen Schulbau

Die baurechtlich verbindlichen Anforderungen für den Schallschutz in Klassenräumen sind in DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau, Anforderungen und Nachweise“, November 1989, beschrieben. Danach gelten für die Klassenräume im Wesentlichen

- Decken: bewertetes Schalldämm-Maß  $R'_w \geq 55$  dB  
 bewerteter Norm-Trittschallpegel  $L'_{n,w} \leq 53$  dB
- Klassenraumtüren zum Flur  $R_w \geq 32$  dB
- Klassenraumwände zu Fluren  $R'_w \geq 47$  dB
- Klassenraumtrennwände  $R'_w \geq 47$  dB
- Wände von Klassenräumen zu „lauten“ Räumen, wie Sporthallen, Musikräume  $R'_w \geq 55$  dB

Verbindliche Anforderungen an Lehrerzimmer oder ähnliche Räume gibt es nicht. In der Regel werden ähnliche Anforderungen in Anlehnung an die Klassenzimmer gewählt.

### Empfehlungen an den Schallschutz für das vorliegende Bauvorhaben

Für die vorliegende Schule ist geplant, den Unterricht und somit auch die Gestaltung der Klassenzimmer nicht mehr in der üblichen Form auszuführen, sondern stattdessen neue Unterrichtsformen in sogenannten offenen Lernlandschaften zu praktizieren. Aufgrund der geplanten visuellen und kommunikativen Verbindung der einzelnen Unterrichtsbereiche (z.B. durch Einbau von Fenstern in die Flurwände und durch Verzicht auf Klassenraumtüren) ist der Schallschutz neu zu betrachten. Die in herkömmlichen Schulen geltenden Anforderungen an das Schalldämm-Maß der Klassenraumtrennwände und Klassenzimmertüren können deshalb hier nicht herangezogen werden. So ist es z.B. beispielsweise nicht sinnvoll, für die Flur-trennwände ein Schalldämm-Maß von  $R'_w \geq 47$  dB zu fordern, wenn sich in diesen – statt üblichen Türen – Schiebeelemente mit offenen Fugen befinden, die den Raum nicht dicht abschließen. Ebenso findet über diese Schiebetüröffnungen eine Schallübertragung von Klassenzimmer zu Klassenzimmer über den Flur statt, so dass in der Summe zwischen den Klassenräumen kein Schalldämm-Maß von  $R'_w \geq 47$  dB erreicht werden kann, auch wenn die Klassentrennwand selber ein Schalldämm-Maß aufweisen würde, das deutlich größer als  $R'_w = 50$  dB ist.

Anders sieht es jedoch bei den Fachklassenzimmern im EG aus. Diese sind vollkommen abgeschlossen und haben (normale) Türen mit Falz. Hier sollten also auch die üblichen Anforderungen an den Schallschutz nach Punkt 3.5.2. a) eingehalten werden.

Zusammenfassend werden deshalb für das vorliegende BV folgende Anforderungen an den Schallschutz empfohlen:

- Decken: bewertetes Schalldämm-Maß  $R'_w \geq 55$  dB  
 bewerteter Norm-Trittschallpegel  $L'_{n,w} \leq 53$  dB
- Klassenräume ohne Türen (mit Schiebeelementen in der Flurwand)
  - Klassenraumtrennwände  $R'_w \geq 42$  dB
  - Fluchttüren in Klassenraumtrennwand  $R_w \geq 37$  dB

- Klassenraumwände zu Fluren  $R'_w \geq 37$  dB
- Schiebeelemente zum Flur keine Anforderung
- Fachklassenraum (mit Tür in der Flurwand)
  - Klassenraumtrennwände  $R'_w \geq 47$  dB
  - Klassenraumwände zu Fluren  $R'_w \geq 47$  dB
  - Klassenraumtüren zum Flur  $R_w \geq 32$  dB
- Lehrerzimmer
  - Trennwände und Flurwände  $R'_w \geq 42$  dB
  - Flurtüren  $R_w \geq 32$  dB

### Ergebnisse der Literaturrecherche der raumakustischen Kennwerte für Lernlandschaften in anderen Ländern

In anderen europäischen Ländern gibt es folgende Vorgaben zur Nachhallzeit  $T$ :

- Dänemark  $T < 0,3 \dots 0,4$   
(jeweils bei 500 Hz, 1 kHz und 2 kHz, unbesetzt und möbliert)
- Schweden  $T = 0,4$  s  
(jeweils bei 500 Hz und 1 kHz, unbesetzt und möbliert)
- England und Wales  $T < 0,8$  s, in Überarbeitung  
(Mittelung bei 500 Hz, 1 kHz und 2 kHz, unbesetzt und möbliert)

Ergänzend wird teilweise der Sprachübertragungsindex  $STI$  als Qualität der Sprachverständlichkeit zwischen zwei Punkten im Raum herangezogen:

- Dänemark
  - Sprachverständlichkeit innerhalb einer Gruppe:  $STI > 0,6$
  - Sprachverständlichkeit zwischen Gruppen:  $STI < 0,2$
- England und Wales
  - Sprachverständlichkeit:  $STI > 0,6$

Zum Hintergrundgeräusch gibt es folgende europäische Vorgaben:

- Dänemark  $L_{A, eq} = 30$  dB(A)
- Schweden  $L_{A, eq} = 30$  dB(A)

- England und Wales

$$L_{A, eq} = 40 \text{ dB(A)}$$

Erfahrungen von Müller-BBM aus Großraumbüros zeigen, dass ein zu geringer Hintergrundgeräuschpegel dazu führt, dass die Überdeckung von Gesprächen aus größeren Entfernungen (z.B. wenn dort Gruppenarbeiten stattfinden) verringert wird, was die Konzentrationsfähigkeit bei Einzelarbeit stört. Deshalb wird ein Hintergrundgeräusch von  $L_{A, eq} = 35 \text{ dB(A)}$  als sinnvoll erachtet.

### **Anforderungen an die Raumakustik nach DIN**

Für herkömmliche Klassenräume sind die raumakustischen Anforderungen in DIN 18041 „Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen“ beschrieben.

Für die vorliegenden Klassenräume mit einer Grundfläche von ca.  $60 \text{ m}^2$  und einem Volumen von ca.  $200 \text{ m}^3$  sollte eine Nachhallzeit von  $T \leq 0,6 \text{ s}$  eingehalten werden.

### **Empfehlungen für die Raumakustik für vorliegendes Bauvorhaben**

Zunächst kann festgestellt werden, dass allgemein folgende akustischen Anforderungen zu stellen sind:

- kurze Nachhallzeit
- gute Sprachverständlichkeit
- geringe Störpegel
- einheitliche akustische Bedingungen

Grundlage für die folgenden Empfehlungen sind einerseits die Ergebnisse der Literaturrecherche, andererseits aber auch eigene Messergebnisse von Klassenräumen. Hierbei sind insbesondere die im Auftrag des Lehrstuhls für Grundschulpädagogik an der Ludwig-Maximilians-Universität München durchgeführten Messungen in speziell ausgestatteten Klassenräumen, in denen u.a. Studierende des Lehramts Unterricht erproben können, zu nennen.

Folgende Anforderungen werden empfohlen:

- Nachhallzeit  $T \leq 0,4 \dots 0,45 \text{ s}$
- Hintergrundgeräusch  $L_{A, eq} = 35 \text{ dB(A)}$
- mobile Trennwände/ Schallschirme zwischen den Gruppen, so dass eine Pegelminde-  
rung von mindestens  $10 \text{ dB}$ , besser  $15 \dots 20 \text{ dB}$ , erreicht wird

### 3.5.4 Akustikkonzept für offenes Lernmodell

Zum Erreichen der raumakustischen Anforderungen sind im Vergleich zu üblichen Klassenräumen insbesondere die schallabsorbierenden Verkleidungen zu vergrößern. Prinzipiell werden hierbei folgende Maßnahmen vorgesehen:

- senkrecht abgehängte schallabsorbierende Elemente (ca. 60 mm dick) zwischen den Trägern der Holzbeton-Verbunddecke
- schallabsorbierende Wandverkleidungen (ca. 50 mm dick) an den Wänden hinter den mobilen Tafeln

Unter Berücksichtigung eines mittleren Schallabsorptionsgrades von ca.  $\alpha = 75\%$  ergeben sich nach aktuellem Planungsstand für die erforderlichen Ansichtsflächen  $S$  der Absorptionsfläche folgende Abmessungen:

1. Normales Klassenzimmer 1. OG:  
60 m<sup>2</sup> Grundfläche,  $h = 3,30$  m, erforderliche Absorptionsfläche ca.  $S = 80$  m<sup>2</sup>
2. Normales Klassenzimmer 2. OG:  
60 m<sup>2</sup> Grundfläche, im Mittel  $h = 3,70$  m,  
erforderliche Absorptionsfläche ca.  $S = 85$  m<sup>2</sup>
3. Marktplatz 1. OG:  
80 m<sup>2</sup> Grundfläche, erforderliche Absorptionsfläche ca.  $S = 107$  m<sup>2</sup>
4. Marktplatz 2. OG:  
162 m<sup>2</sup> Grundfläche, erforderliche Absorptionsfläche ca.  $S = 300$  m<sup>2</sup>

## 3.6 Brandschutz in offenen Lernlandschaften

### 3.6.1 Analyse der Rahmenbedingungen und Aufzeigen der Besonderheiten gegenüber Standardlösungen

Schulgebäude werden in der Bundesrepublik Deutschland in der Regel auf der Grundlage eingeführter Schulbaurichtlinien bewertet. In diesen sind über die Landesbauordnungen hinausgehende Anforderungen an den Brandschutz definiert. Sie gelten für allgemeinbildende und berufsbildende Schulen, sofern diese nicht ausschließlich der Unterrichtung Erwachsener dienen. Die Einführung erfolgt über die jeweilige Liste der Technischen Baubestimmungen (LTB) der einzelnen Bundesländer. Im Bundesland Bayern ist die Schulbaurichtlinie in der LTB nicht eingeführt. Es gelten somit zunächst die Regelungen der Bayerischen Bauordnung, derzeit in der aktuellen Fassung der Bekanntmachung vom 14. August 2007, zuletzt geändert am 25.02.2010.

Üblicherweise wird jedoch zur Berücksichtigung der besonderen Belange von Schulgebäuden die Muster-Richtlinie der Fachkommission „Bauaufsicht“ der ARGEBAU über bauauf-

sichtliche Anforderungen an Schulen (Muster-Schulbau-Richtlinie - MSchulbauR) in der Fassung vom April 2009 zur Beurteilung zusätzlich herangezogen. Sie wurde auch für das Bauvorhaben zum Neubau des Gymnasiums Diedorf als Grundlage in Abstimmung mit der zuständigen Bauaufsichtsbehörde vereinbart.

Offene Lernlandschaften sind in den geltenden und zuvor genannten Vorschriften bislang nicht geregelt. Sie stellen somit einen Sonderfall dar, für den es gilt, gleichwertige Lösungen zur Erfüllung der Schutzziele des Bauordnungsrechtes im Hinblick auf den Brandschutz zu erzielen. Die Möglichkeit für diese Abweichungen ist über den Artikel 63 der Bayerischen Bauordnung gegeben. Er definiert, dass die Bauaufsichtsbehörde Abweichungen von den Anforderungen der Bayerischen Bauordnung und auf Grund dieses Gesetzes erlassener Vorschriften zulassen kann, wenn sie unter Berücksichtigung des Zwecks der jeweiligen Anforderung und unter Würdigung der öffentlich-rechtlich geschützten nachbarlichen Belange mit den öffentlichen Belangen, insbesondere der öffentlichen Sicherheit und Ordnung, Leben und Gesundheit vereinbar sind und die natürlichen Lebensgrundlagen nicht gefährdet werden. In Bezug auf den Brandschutz ist für die Zulässigkeit von Abweichungen die gleichwertige Erfüllung der Schutzziele des Brandschutzes bei alternativen Lösungen nachzuweisen. Sie sind in Artikel 12 der Bayerischen Bauordnung definiert. Demnach sind bauliche Anlagen so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind.

Für Schulgebäude stellt eine schnelle und sichere Evakuierung der im Gebäude befindlichen Personen einen wesentlichen Aspekt des Brandschutzes dar. Daher werden über die Bauordnungen hinaus in den Schulbaurichtlinien spezielle Anforderungen an die Rettungswege und die Rettungswegführung gestellt. Gemäß der Muster-Schulbau-Richtlinie müssen Schulen Alarmierungsanlagen haben, durch die im Gefahrenfall die Räumung der Schule oder einzelner Schulgebäude eingeleitet werden kann (Hausalarmierung). Das Alarmsignal muss sich vom Pausensignal unterscheiden und in jedem Raum der Schule gehört werden können. Das Alarmsignal muss mindestens an einer während der Betriebszeit der Schule ständig besetzten oder an einer jederzeit zugänglichen Stelle innerhalb der Schule (Alarmierungsstelle) ausgelöst werden können. An den Alarmierungsstellen müssen sich Telefone befinden, mit denen jederzeit Feuerwehr und Rettungsdienst unmittelbar alarmiert werden können. Dies bedeutet konkret, dass es sich hierbei um einen Alarm innerhalb des Hauses handelt. Eine automatische Übertragung der Meldung an die Feuerwehr ist nicht erforderlich. Diese erfolgt über die zuvor genannte ständig besetzte Stelle der Schule per Telefon.

Als Rettungswege müssen für jeden Unterrichtsraum in demselben Geschoss nach den Vorgaben der Muster-Schulbau-Richtlinie mindestens zwei voneinander unabhängige Rettungswege zu Ausgängen ins Freie oder zu notwendigen Treppenträumen vorhanden sein. Anstelle eines dieser Rettungswege darf ein Rettungsweg über Außentreppen ohne Treppenträume, Rettungsbalkone, Terrassen und begehbare Dächer auf das Grundstück führen, wenn dieser Rettungsweg im Brandfall nicht gefährdet ist. Dieser Rettungsweg gilt dann als Ausgang ins Freie. Der Flur, über den der Rettungsweg aus jedem Unterrichtsraum zum

notwendigen Treppenraum oder zur notwendigen Außentreppe führt, muss nach Bayerischer Bauordnung Artikel 34 als notwendiger Flur ausgebildet sein. Dies bedeutet konkret, dass die den Flur umschließenden Bauteile feuerhemmend in Bezug auf die Tragfähigkeit und den Raumabschluss im Brandfall herzustellen sind, alle Türen in diesen Wänden zu den Klassenräumen sowie zu anderen Räumen dichtschießend auszubilden sind und Verglasungen in den Wänden feuerhemmend (F 30 Verglasung) sein müssen. Das Prinzip, welches den Standardlösungen des Bauordnungsrechtes entspricht, ist in Abbildung 22 dargestellt.

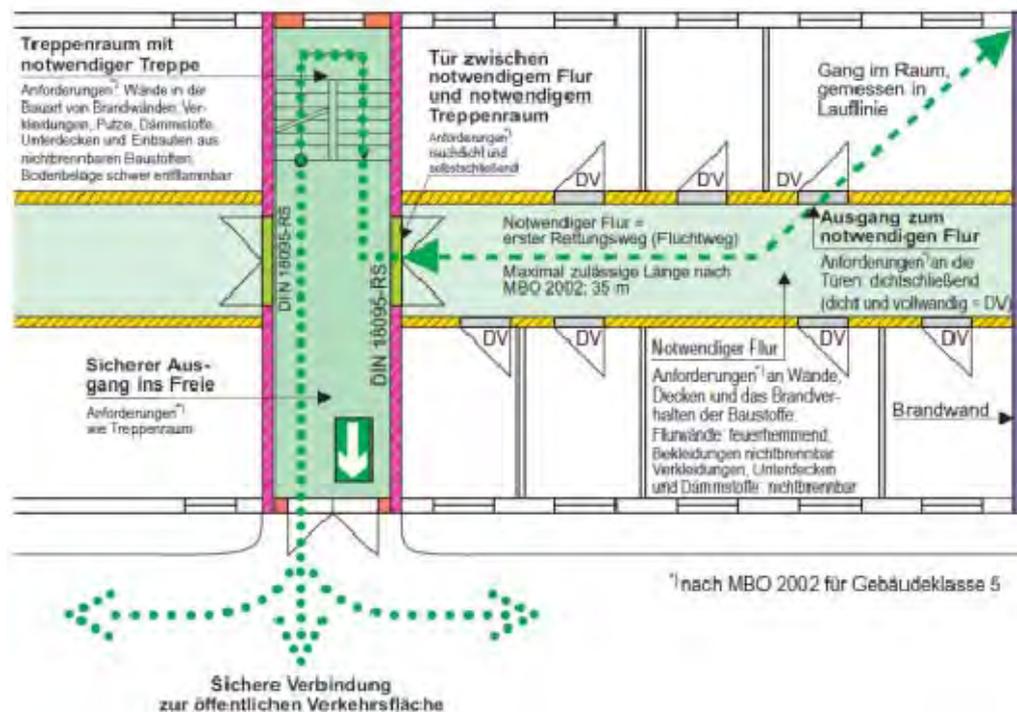


Abbildung 22: Prinzip der Rettungswegführung aus Obergeschossen über notwendige Flure und notwendige Treppenräume als Standardkonzept des Bauordnungsrechtes (Quelle: Brandschutzatlas. FeuerTrutz Verlag, Verlag für Brandschutzpublikationen)

Diese Anforderungen stehen jedoch vollständig im Widerspruch zu einem Konzept offener Lernlandschaften. Diese Aufgabenstellung gilt es somit als Kernaufgabe des Brandschutzes für das geplante Bauvorhaben zu lösen.

### 3.6.2 Ableitung wichtiger Ergebnisse für das Brandschutzkonzept

Die Kernaufgabe des Brandschutzkonzeptes ist es, für die offenen Lernlandschaften eine Ausführungsmöglichkeit zu entwickeln, für die die in Abschnitt 3.6.1 genannten Schutzziele des Brandschutzes auf der Grundlage der bestehenden Gesetze und Verordnungen gleichwertig nachgewiesen werden können. Geeignete Mittel hierzu können sein:

1. eine Umsetzung zusätzlicher Maßnahmen zur Brandfrüherkennung, durch die eine umgehende Alarmierung im Falle eines Brandereignisses gewährleistet wird,
2. eine Ausführung von Maßnahmen zur gezielten Rauchableitung aus den Marktplatzbereichen zur Sicherstellung der Rettungswege,

3. die Schaffung von Sichtverbindungen zwischen den Klassenräumen und dem Marktplatz, um jederzeit mögliche Gefahrenereignisse gut einsehen und den freien und sicheren Rettungsweg nutzen zu können sowie
4. eine Ausführung zusätzlicher Rettungswege, unabhängig von den offenen Marktplatzbereichen.

### 3.7 Lichtplanung für offene Lernlandschaften

#### 3.7.1 Analyse der Rahmenbedingungen und Aufzeigen der Besonderheiten gegenüber Standardlösungen

Die spezielle Architektur, die aus der Entwicklung der offenen Lernlandschaften hervorgeht, stellt auch die Lichtplanung vor eine besondere Herausforderung.

Üblicherweise geht die Lichtplanung auf die von der Norm geforderten Randbedingungen ein und schafft für eine genau definierte Art von Nutzung eine normgerechte Beleuchtung, die man in diesem Zusammenhang als Standardlösung bezeichnen kann.

In diesem Fall ist die Zuordnung der Nutzungen durch die gewünschte Offenheit der Lernlandschaften nicht auf präzise Weise möglich. So ist der sogenannte „Marktplatz“ eine Zone des Gebäudes, die mit vielen verschiedenen Nutzungen belegt werden kann. Der Marktplatz kann Klassenraum, Aufenthaltszone, Korridor und Bühne als Funktion annehmen. Diese Funktionen müssen von Kunst- und Tageslichtplanung berücksichtigt werden.

Selbstverständlich werden für alle Klassenräume die höchsten Anforderungen an Beleuchtungsstärke und Ergonomie erfüllt. Diese gelten bei Zuordnung der Nutzung „Lernbetrieb“ auch für den Marktplatz und dessen Korridor sowie den Lichthofbereich. Zusätzlich werden aber auch die anderen möglichen Funktionen im Rahmen der Beleuchtungsstärke, Lichtfarbe und Leuchtmittel als Lichtszene ermöglicht und optimiert.

#### 3.7.2 Entwicklung und Vergleich verschiedener Varianten

Im Laufe des Entwicklungsprozesses wurden in direkter Zusammenarbeit mit dem Architekten verschiedene Lösungen von Tageslichtöffnungen in unterschiedlicher Größe und an unterschiedlichen Positionen des Gebäudes untersucht, die das pädagogische Konzept des Marktplatzes unterstützen sollen. Im Rahmen der Kunstlichtplanung wurden die Zuordnungen der Funktionen der Räume untersucht und in unterschiedliche Lichtszenen übersetzt.

Die angesetzten Arbeitspakete bezüglich der offenen Lernlandschaften:

1. Anpassung der Kunst- Tageslichtplanung an die pädagogischen/architektonischen Konzepte mit anschließenden Lichtberechnungen der Varianten mit dem Programm Relux

In diesem Arbeitspaket wurden alle erforderlichen Abstimmungen mit den Projektbeteiligten durchgeführt und folgende Untersuchungen erarbeitet:

- Tageslichtuntersuchung der Oberlichtstreifen über dem fensterfernen Bereich der Klassenräume

- Tageslichtuntersuchung der Oberlichtstreifen über dem Korridor
  - Tageslichtuntersuchung Lichthof
  - Kunstlichtberechnung für Warmtonmilieu
2. Entwicklung von Sonderleuchten
- Bezüglich dieses Arbeitspaketes wurde die Entwicklung der Sonderleuchte „Marktplatzleuchte“ durchgeführt.
3. Gegenüberstellung der Varianten mit Kosten
- Bezüglich dieses Arbeitspaketes wurden die Kostenschätzungen für die Varianten erstellt und in die Kostenschätzung nach DIN integriert.

### 3.7.3 Ergebnis

#### 3.7.3.1 Allgemein

Es wurde festgestellt, dass Lichthof und Oberlichtstreifen hauptsächlich für das Funktionieren der Marktplatzbereiche notwendig sind. Für die seitenbelichteten Klassenräume wäre eine rückseitige Tagesbelichtung positiv, aber da sie nicht absolut notwendig ist, wurde sie aus architektonischen Gründen verworfen.

Das Kunstlichtkonzept muss bezüglich der Allgemeinbeleuchtung in Bänderabschnitten flexibel regelbar sein, um in Zeiten der Nicht-Belegung, die Beleuchtung dimmen zu können und elektrische Energie zu sparen.

Ein zusätzlicher Warmton im Marktplatz ist für das Funktionieren diverser Marktplatzbelegungen notwendig und sollte vorzugsweise in LED realisiert werden.

Hierzu wurde in Zusammenarbeit mit der Firma Regent eine Sonderleuchte entwickelt, die gleichzeitig eine Allgemeinbeleuchtung über Leuchtstofflampe und eine Warmtonbeleuchtung durch Spots gewährleistet.

#### 3.7.3.2 Tageslichtoptimierung

Die verschiedenen Varianten wurden bezüglich ihrer Tageslichtversorgung und der damit verbundenen Tageslichtautonomie in mehreren verschiedenen Simulationen durchgerechnet.

Es wurde unter anderem die Lage von Oberlichtstreifen im fensterfernen Teil der Klassenräume untersucht und die Relevanz eines Lichthofes für das Funktionieren des „Marktplatzes“ evaluiert. Auch die Effektivität von Lichtöffnungen in der Decke zum EG direkt unter dem Lichthof wurde bewertet.

Ein Ergebnis dieser Untersuchungen sind z.B. transparente Verglasungsanteile in den Trennwänden der Klassenräume zum Marktplatz. Diese Öffnungen haben sowohl kommunikative, als auch tageslichttechnische Vorteile.

Sie erhöhen in Teilbereichen die Tageslichtautonomie und schaffen eine besondere Aufenthaltsqualität, da sie durch ihre Transparenz den indirekten Blickkontakt zu den internen Lichtöffnungen Lichthof und Oberlichtstreifen zulassen.

### **3.7.3.3 Raumbezogene Lichtplanung**

Generell wird im Rahmen einer raumbezogenen Lichtplanung versucht, jeweils eine größtmögliche Versorgung mit Tageslicht und möglichst hohe Tageslichtautonomien zu erreichen. Es wurde zur Sicherstellung der Erfüllung der ergonomischen Anforderungen an die Tageslichtversorgung eine Matrix für eine Auswahl von realistischen Tageslichtsystemen angefertigt. Mit Hilfe dieser Aufstellung kann der optimale Einsatz der Systeme beurteilt werden.

Die Kunstlichtsysteme werden ebenfalls raumbezogen auf die jeweilige Nutzung hin optimiert, sodass Lichtszenarien und Energieeinsatz auf das notwendige Minimum reduziert werden können.

### **3.7.3.4 Kunstlichtsystem**

Es ist aufgrund des angepassten Kunstlichtkonzeptes nunmehr möglich, den „Marktplatz“ in jeder Hinsicht flexibel und frei als Lehrfläche zu benutzen.

Eine besondere Auswahl von Leuchten, Leuchtmitteln und die Anpassung der Beleuchtungsstärken gewährleistet eine normgerechte, ergonomische und flexible Nutzung der „Marktplatzbereiche“ in allen Belangen.

Für den Abendbetrieb wird als Aufwertung dieser Bereiche ein zusätzliches Warmton-Lichtmilieu vorgesehen, welches wiederum der Nutzungsvielfalt der Marktplatzbereiche im Rahmen des pädagogischen Konzeptes Rechnung trägt. Die Leuchten des Warmtones werden als Sonderkonfiguration in die Marktplatz-Leuchten integriert.

Die zusätzlichen Möglichkeiten der Beleuchtung werden durch eine intelligente Lichtsteuerung umgesetzt, die bei Nicht-Betrieb die Beleuchtung dimmt oder ausschaltet.

### **3.7.4 Ausblick**

Das grundsätzliche Ziel der Anpassung des Kunstlichtsystems an die offenen Lernlandschaften wird in jedem Fall erreicht.

Das Beleuchtungskonzept der offenen Lernlandschaften hat das Potential noch differenzierter und energieeffizienter zu werden, sofern zusammen mit dem Architekten genaue Szenarien der Nutzung und der tageszeitlichen Abläufe definiert werden können.

## 4. Holzbau

### 4.1 Analyse der Rahmenbedingungen und Aufzeigen der Besonderheiten gegenüber Standardlösungen

Folgende Besonderheiten wurden bei der Entwicklung der Baukonstruktion im Hinblick auf die einzelnen Fachgewerke berücksichtigt:

#### Akustik

Während beim Standard-Schulbau in Massivbauweise die Anforderungen an den Schallschutz zwischen den unterschiedlichen Bereichen bekannt sind und relativ einfach gelöst werden können, sind beim geplanten Holzbau die komplexen Luft- und Körperschallübertragungen zu betrachten. Dies betrifft insbesondere den Schallschutz der Holzbeton-Verbunddecke, die neben konstruktiven statischen und brandschutztechnischen Belangen auch hinsichtlich des Luft- und Trittschallschutzes konstruiert, entwickelt und bewertet werden muss.

Nachfolgend sind die Berechnungen zur Schalldämmung des für das Projekt zu entwickelnden Konstruktionsaufbaus der Holzbalkendecke unter Berücksichtigung der sonstigen Anforderungen, wie Speicherfähigkeit, Lüftungsplenum o.Ä. dargestellt.

Folgende Ergebnisse lassen sich hierzu nach momentaner Planung festhalten:

#### 1) Schalldämmung der Holzbeton-Verbunddecke

Nach momentaner Planung wird folgender Deckenaufbau vorgesehen (von oben nach unten):

- 70 mm Estrich geschliffen
- 30 mm Trittschalldämmung aus Mineralfaser
- 50 mm Schüttung, darin verlegt Elektrokanäle etc.
- 120 mm Verbundbeton
- 280 mm Holzbalken, Abstand im Licht ca. 50 cm, dazwischen senkrecht abgehängte Akustikelemente

Mit dieser Deckenkonstruktion werden folgende Schalldämmwerte erreicht:

- bewertetes Schalldämm-Maß  $R'_w \geq 55$  dB
- bewerteter Norm-Trittschallpegel  $L'_{n, w} \leq 53$  dB

#### 2) Schalldämmung der Holzwände

- a) Klassenraumtrennwand mit  $R'_w \geq 42$  dB

Um diese Anforderung zu erreichen, ist folgende Konstruktion erforderlich:

- 3 x 16 mm Holzverkleidung, bestehend aus drei Lagen Dreischichtplatten
- 130 mm Zwischenraum, dazwischen getrennte Holzsteher 10/6,  $e = 60$  cm und 60 mm Mineralwolle
- 2 x 12 mm Holzverkleidung, bestehend aus zwei Lagen Dreischichtplatten

b) Mittelwände zwischen den Marktplätzen  $R'_w \geq 47$  dB

Um diese Anforderung zu erreichen, ist folgender Aufbau erforderlich:

- 20 mm Dreischichtenplatte Fichte
- 18 mm Fermacell
- 140 mm Steher, dazwischen  
120 mm Mineralwolle
- 18 mm Fermacell
- 27 mm Federschiene, dazwischen  
20 mm Mineralwolle
- 12,5 mm Gipskartonplatte
- 12 mm Dreischichtenplatte Fichte

c) Sonstige Innenwände

Weitere Innenwände mit Schallschutzanforderungen, wie z.B. die Trennwände der Büros und Lehrerzimmer mit  $R'_w \geq 42$  dB, werden gleich ausgeführt wie die unter a) genannten Klassenraumtrennwände.

### Brandschutz

Alle Gebäudeteile weisen eine Fußbodenhöhe des höchstgelegenen Geschosses mit Aufenthaltsräumen von weniger als 7 m über der Oberfläche des Geländes im Mittel auf. Sie sind somit gemäß Artikel 2 (3) der Bayerischen Bauordnung (BayBO) der Gebäudeklasse 3 (GK 3) zuzuordnen. Die Gebäude werden als Schulgebäude genutzt. Sie sind somit nach BayBO Art. 2 (4) als bauliche Anlage besonderer Art und Nutzung (Sonderbau) einzustufen. Das Muster der Schulbaurichtlinie ist im Bundesland Bayern nicht bauaufsichtlich eingeführt. Die Richtlinie wird dennoch zur Beurteilung des geplanten Schulkomplexes herangezogen.

Im südwestlichen Gebäude wird eine Aula eingerichtet. Auch aufgrund dieser Nutzung ist das Gebäude nach BayBO Art. 2 (4) Nr. 3 als bauliche Anlage besonderer Art und Nutzung (Sonderbau) zu bewerten. Der Saal führt über zwei Geschosse. Gemäß der Versammlungs-

stättenverordnung (VStättV) § 2 (2) ist das Gebäude als mehrgeschossige Versammlungsstätte einzustufen.

Für die Gebäudeklasse 3 sind gemäß der Bayerischen Bauordnung, und hier stellt die Muster-Schulbau-Richtlinie keine darüber hinausgehenden Anforderungen, alle tragenden Wände, Pfeiler, Stützen und Decken feuerhemmend auszuführen. Dies bedeutet, dass die tragenden Teile aus brennbaren Baustoffen bestehen dürfen und einen Feuerwiderstand von mindestens 30 Minuten aufweisen müssen (F 30 B). Zur Erfüllung dieser Anforderungen ist die Holzbauweise sehr gut geeignet, da die überwiegende Anzahl der Bauteile ohnehin aufgrund ihrer Dimensionierung zur Erfüllung der gestellten Anforderungen an die Tragfähigkeit und die Gebrauchstauglichkeit einen Feuerwiderstand von 30 Minuten aufweist.

Das Aulagebäude nimmt in Bezug auf die geplante Ausführung in einer Holzbauweise eine Sonderstellung ein. Gemäß der derzeit im Bundesland Bayern bauaufsichtlich eingeführten Versammlungsstättenverordnung in der Fassung vom 2. November 2007 müssen die tragenden und aussteifenden Bauteile, wie Wände, Pfeiler, Stützen und Decken in mehrgeschossigen Versammlungsstätten feuerbeständig sein. Diese Anforderung bedeutet neben einem Feuerwiderstand von 90 Minuten eine Verwendung von Bauteile, deren tragende und aussteifende Teile aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen und die bei raumabschließenden Bauteilen zusätzlich eine in Bauteilebene durchgehende Schicht aus nichtbrennbaren Baustoffen haben. Hier scheidet die Holzbauweise formal aus. Gemäß dem angestrebten Konzept sollen jedoch alle Gebäudeteile in einer reinen Holzbauweise errichtet werden. Hier gilt es, wie bereits in Abschnitt 3.6.1 beschrieben, über die Möglichkeit einer Abweichung auf der Grundlage des Artikels 63 der Bayerischen Bauordnung die Gleichwertigkeit der geplanten Ausführung im Hinblick auf die Schutzziele des Brandschutzes nachzuweisen. Hierzu sind zwingend Kompensationsmaßnahmen notwendig, die sich auf eine verbesserte Früherkennung eines Brandereignisses, eine optimierte Rettungswegführung und Rettungswegausbildung, eine Brandausbreitungsbegrenzung durch Raumabschlüsse und verbesserte Rauchableitungen erstrecken können.

### **Haustechnik**

Besondere Herausforderungen stellt der Holzbau, vor allem wegen der sehr hohen Anforderungen an Wärme- und Winddichtigkeit, sowie der beabsichtigten vorgefertigten Bauweise (Verkürzung der Bauzeit) an die Elektroinstallation.

Konventionelle UP-Installationen, wie handelsübliche Hohlwandinstallation etc. sind hier nicht möglich. Es werden deshalb, in enger Abstimmung mit den Architekten „Aufputz“-Lösungen oder Installationskonzepte entwickelt, die auch einer anspruchsvollen Architektur gerecht werden. Um den Verkabelungsaufwand, aus vorgenannten Gründen, auf das notwendigste zu reduzieren, wurden dezentrale Installationskonzepte entwickelt. Hierbei wird auf Etagenverteiler verzichtet. Dafür wird jeder Unterrichtsraum mit einer eigenen kleinen Unterverteilung ausgestattet, in welcher die Leitungen auf kurzem Wege zusammengefasst werden. Die Unterverteilungen beinhalten auch die erforderlichen Leitungsabsicherungen und intelligenten Bauteile zur Regelung/Steuerung des Kunstlichts und auch Tageslichtes, etc.). Verbunden werden die Unterverteilungen über Bus-Leitungen. In den Etagen erfolgt

die Leitungsführung entweder in Bodenkanälen oder Brüstungskanälen. Im Deckenbereich sind Sichtinstallationen mit Aufputz-Leitungsführungskanälen oder -Rohren geplant.

Besonders anspruchsvoll sind im Holzbau die brandschutztechnischen Anforderungen der Leitungsanlagenrichtlinie (LAR) umzusetzen.

Der Holzbau stellt die technische Gebäudeausrüstung auch in Hinblick auf den Brandschutz bei Lüftungsanlagen vor nicht alltägliche Herausforderungen. So wird angestrebt, in den einzelnen Häusern die Brandschutzklappen jeweils für alle 3 Geschosse im Versorgungskanal zu setzen und die Kanalführung in den Geschossen in L 90 / L 30 Qualität zu schotten.

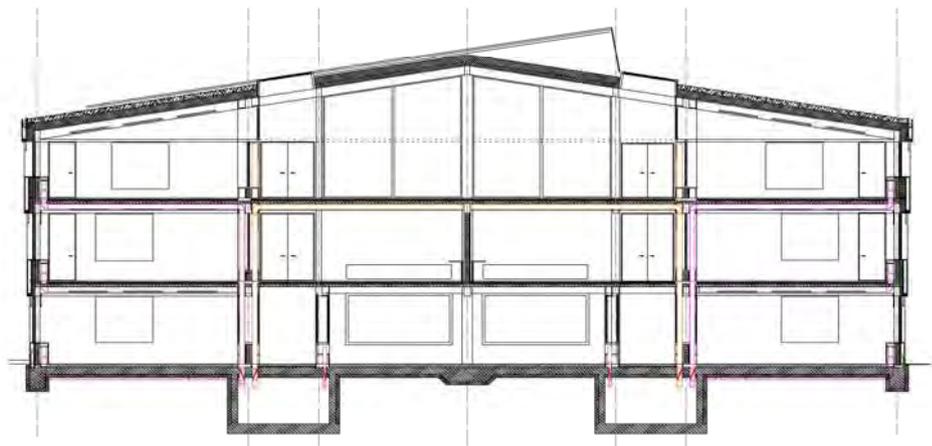


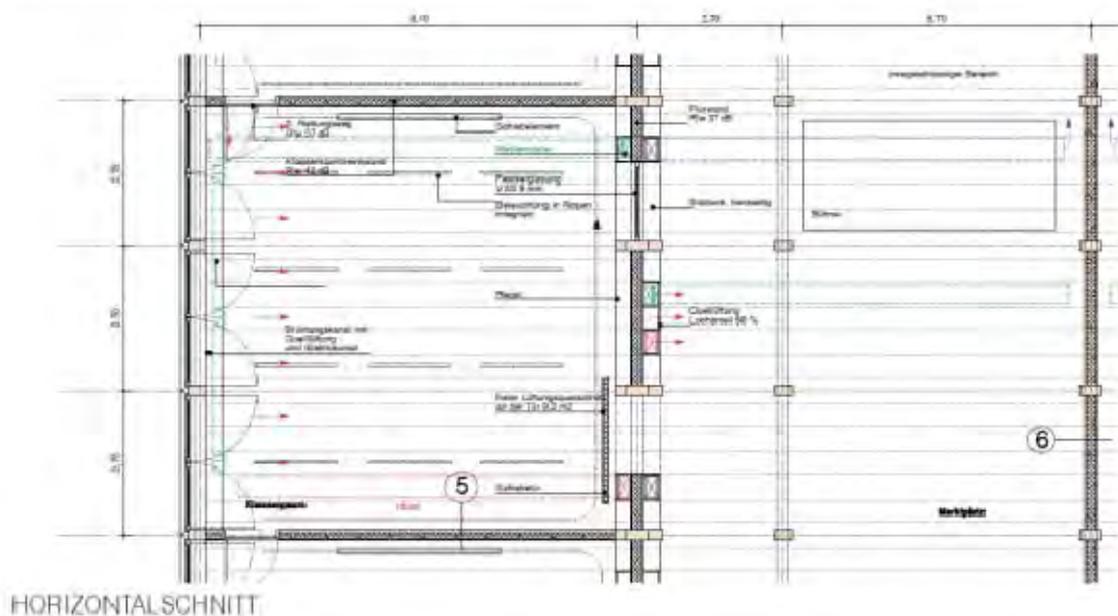
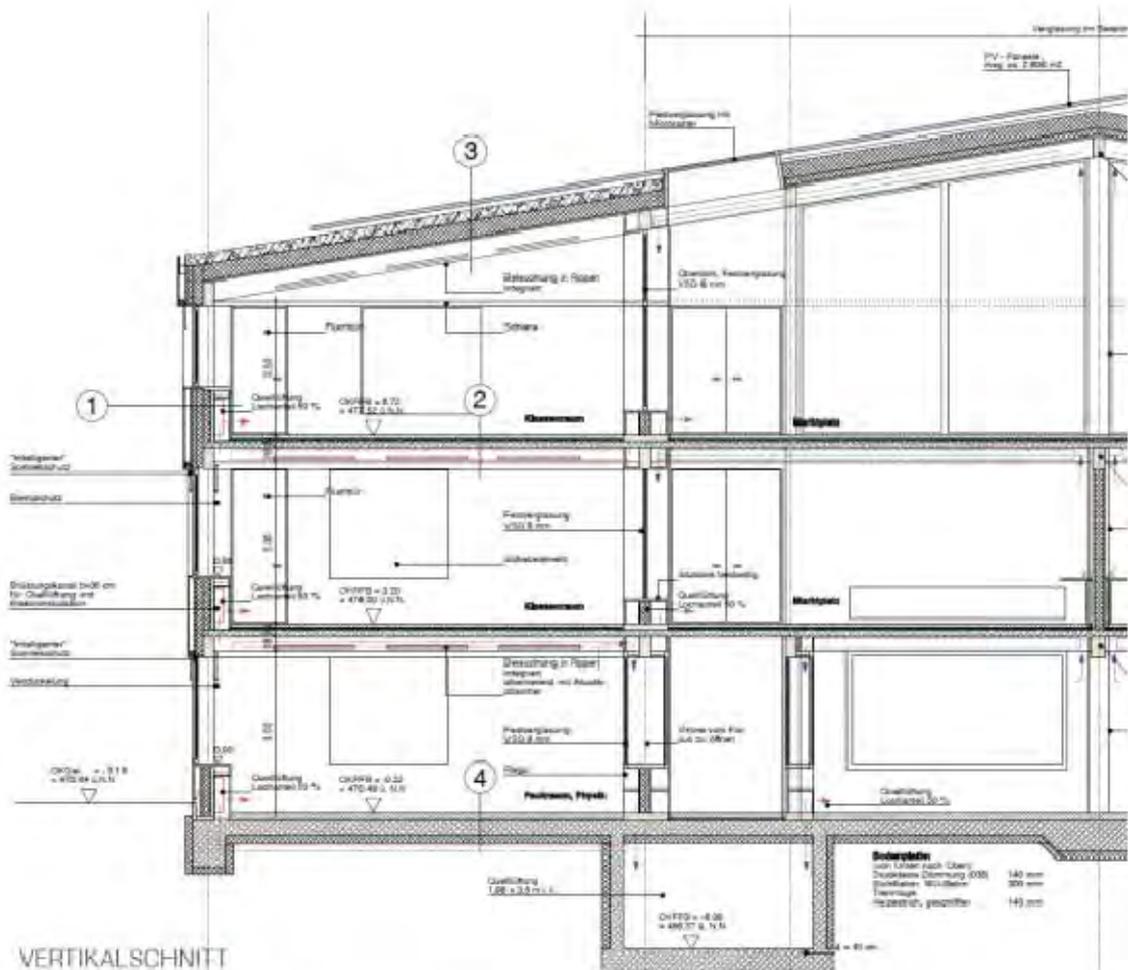
Abbildung 23 Schema Kanalführung zu den Klassenräumen

Des Weiteren fordert der Holzbau eine besondere Betrachtung in Hinblick auf das Speicherverhalten des Gebäudes. So ist die Speicherkapazität von Holz zwar gegenüber einem Massivhausbau geringer, andererseits kann die Wärme aus dem Gebäude auch einfacher wieder abgeführt werden. Die Gefahr von Schwankungen in Hinblick auf die Temperaturen ist somit wesentlich größer als beim Massivbau. Durch den Einsatz einer Fußbodenheizung / Fußbodenkühlung im Estrich des Fußbodenaufbaus wird diese Problematik abgemildert.

Um den Mangel an Speichermassen im Holzbau noch zusätzlich entgegen zu wirken, werden sowohl bei der Erzeugung der Wärme, als auch bei der Erzeugung von Kälte Pufferspeicher als Ersatz für die zu gering vorhandenen Speichermassen des Holzbaus eingesetzt. So kann ein zu häufiges Takten der Energieerzeuger vermieden und gleichzeitig Lastspitzen reduziert werden.

## 4.2 Konstruktive Lösung Klassencluster und Materialisierung

Die nachfolgend dargestellte Detailkonzeption zeigt exemplarisch die konstruktive Struktur, die einzelnen Bauteilaufbauten sowie die angestrebte Detaillierung eines Klassenclusters. Dies ist das Ergebnis der intensiven Abstimmung mit den einzelnen Sonderfachleuten dem Nutzer und dem Bauherren. Das hier entwickelte Materialisierungs- und Konstruktionskonzept berücksichtigt bereits im Prinzip die Anforderungen an das Gebäude hinsichtlich Schallschutz, Brandschutz, Wärmeschutz und Sommertauglichkeit ist aber in der weiteren Planung noch zu verfeinern. Die bisher getroffenen Abschätzungen und Simulationen über das thermische Verhalten und über die zu erwartende Energieeffizienz, die akustischen Berechnungsergebnisse, die Schallschutzanforderungen sowie die Anforderungen nach maximal möglicher Tageslicht- und Kunstlichteffizienz sind hier exemplarisch dargestellt. Sie gelten als Vorgabe und Muster für die weiteren Gebäudeteile.



### 4.3 Darstellung und Diskussion möglicher Konstruktionstypologien und Dachkonstruktionen für den Schulbau

Die ökologische Sinnhaftigkeit von Holzbau ist heute unbestritten. Das von der DBU geförderte Projekt einer vergleichenden Ökobilanzierung von Holzbau gegenüber Standardbauweisen anlässlich der Ausstellung Bauen mit Holz - Wege in die Zukunft in München hat das eindrücklich belegt. Trotz dieser Vorteile gelingt es heute noch kaum, Holz als geeigneten Baustoff für komplexe Bauaufgaben, wie z. B. eine Schule durchzusetzen. Grund dafür ist das mangelnde Wissen und die Erfahrung der verantwortlichen Entscheidungsträgern und Planern, die auf Grund von Vorurteilen sehr schnell eine andere Baustoffwahl treffen. Die gängigen Argumente gegen den Holzbau sind unter anderem:

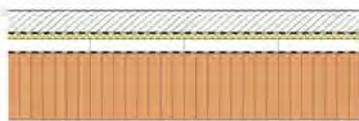
- Mangel an wirtschaftlich darstellbaren konstruktiven Lösungen
- Erreichung des geforderten Schallschutzes kaum möglich
- Brandschutz nur mit aufwendigen Konstruktionen

Die im Folgenden dargestellten Konstruktionstypologien mit Beispielen aus Deutschland, Österreich und Schweiz sind alle in den letzten Jahren ausgeführt worden und entsprechen dem Stand der heutigen Holzbautechnik.

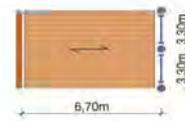
## DECKENSYSTEME AUSGEFÜHRTER SCHULBAUTEN

### Ossingen Primarschule

Götz Partner Architekten, CH-Schaffhausen



- 3 mm Beschlag in Polyurethan
- 87 mm Unterlagsboden
- 20 mm Trennlage
- 20 mm Trittschalldämmplatte
- 50 mm Gipsplatten/Sand-schüttung
- Feuerschutz
- 200 mm Brettstapel

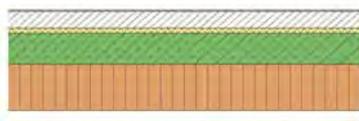


Brettstapeldecke

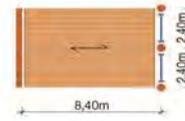
F60	$L'_{nw}$ 50 dB	$R'_w$ 55 dB
-----	--------------------	-----------------

### Wangen Gymnasium

Maier Neuberger Architekten, D-München



- 5 mm Beschichtung
- 65 mm schwimmender Estrich
- 20 mm Trittschalldämmplatte
- 120 mm Aufbeton
- 220 mm Brettstapel
- 20 mm Holzdecke Akustik

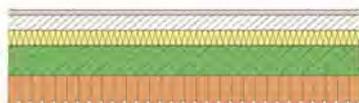


HBV-Decke mit Verkleidung

F30	$L'_{nw}$ 46 dB	$R'_w$ 55 dB
-----	--------------------	-----------------

### Hohenems Landwirtschaftsschule

Architekten Hermann Kaufmann ZT GmbH, A-Schwarzach



- 20 mm Beschlag
- 50 mm Estrich
- 60 mm Mineralwolle
- 120 mm Aufbeton
- 120 mm Brettstapel mit Akustikprofil

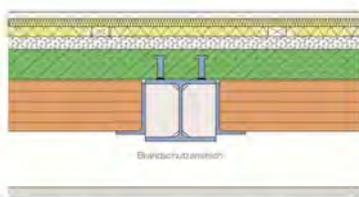


HBV-Decke mit Akustikprofil

F60	$L'_{nw}$ 46 dB	$R'_w$ 55 dB
-----	--------------------	-----------------

### Altmünster Landwirtschaftsschule

Fink Thurnher Architekten, A-Bregenz



- 27 mm Riemerboden
- 30 mm Polsterholz mit dazwischenliegende Wärmedämmung
- 40 mm Korberhöhung mit dazwischenliegende Trittschalldämmung
- 53 mm Beschüttung
- 120 mm Stahlbeton
- 200 mm Brettstapel
- 457 mm Abhängung und Tragprofil
- 500 mm abgehängte Decke

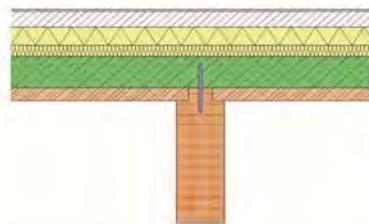


HBV-Decke mit Abhangdecke

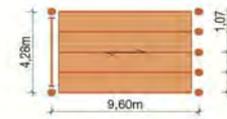
F60	$L'_{nw}$ 67 dB	$R'_w$ 54 dB
-----	--------------------	-----------------

St.Gallen Landwirtschaftliches Zentrum

Andy Senn Architekt BSA SIA, CH-St.Gallen



- 60 mm Bodenbelag
- 70 mm Estrich
- 40 mm EPS
- 40 mm Trittschalldämmung
- 120 mm Aufbeton
- 50 mm 3-Schicht-Platte
- 520 mm Rippen



HBV-Rippendecke

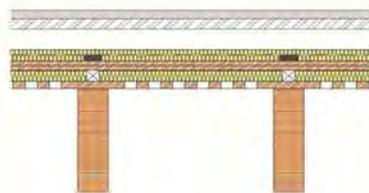
F30

$L'_{nw}$   
50 dB

$R'_w$   
55 dB

Wil Kantonschule

Stauer & Hasler Architekten, CH-Frauenfeld



- 32 mm Holzzementbelag
- 38 mm Fermacell
- 120 mm Installationsraum gestärkt mit Mineralwollschmelz Holzrost = 100 mm; punktuell auf Gumma gelagert
- 2 x 18 mm Zementgebundene Holztafelplatte
- 42 mm Hohlraum mit 40 mm Glaswolle mit Filz
- 28 mm Zementgebundene Holztafelplatte, geklebt
- 400 mm Balkenlage



Balkendecke mit Akustiklochung in Beplankung

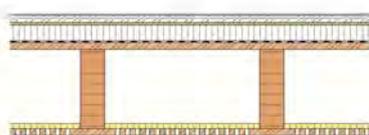
F30

$L'_{nw}$   
70 dB

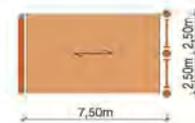
$R'_w$

Häggenschwil Primarschule

Bollhader | Eberle Architektur, CH-St.Gallen



- 2,5 mm Bodenbelag Linoleum
- 10 mm Estrich
- 30 mm Fermacell, geklebt
- 60 mm Estrichleerort Fermacell mit Trittschalldämmung PS81
- 60 mm Fermacell Estrichweibe mit Sand gefüllt
- 27 mm Hohlraum mit Kerb-Q
- 300 mm Rippen GL24
- 21 mm Pappaport 22
- 27 mm Kerb-Q mit Akustiklochung



Hohlkastendecke mit Akustiklochung

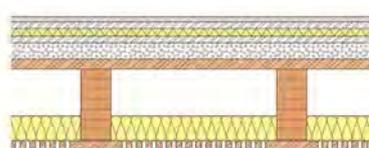
F30

$L'_{nw}$   
55 dB

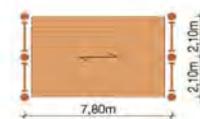
$R'_w$   
54 dB

Leinfelden-Echterdingen Kindergarten

D'Inka Scheible Hoffmann Architekten BDA, D-Fellbach



- 20 mm Parkett
- 35 mm OSB
- 30 mm Trittschalldämmung
- 25 mm OSB
- 60 mm Perlschüttung
- 39 mm Kerb-Q
- 280 mm Rippen mit 100 mm Dämmung
- 39 mm Kerb-Q mit Akustiklochung



Hohlkastendecke mit Akustiklochung

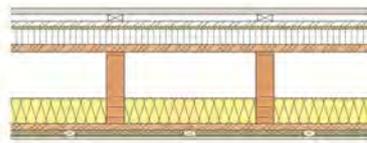
F30

$L'_{nw}$   
57 dB

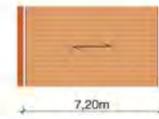
$R'_w$   
54 dB

Nänikon Primarschule

asa Arbeitsgruppe für Siedlungsplanung und Architektur AG, CH-Rapperswil



- 24 mm Fliesenboden Lärche
- 27 mm Lärchenrost
- 30 mm Estrichbeton/Fermaplast mit Trittschalldämmung PS81
- 60 mm Fermaplast Estrichwabe mit Sand gefüllt
- 27 mm Kerfo-Q
- 280 mm Träger mit 100 mm Dämmung
- 27 mm Kerfo-Q
- 24 mm Luftung mit 20 mm Dämmung
- 12 mm Gipskartonplatte

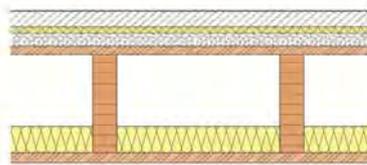


Hohlkastendecke mit Verkleidung

F30	$L'_{nw}$ 44 dB	$R'_{w}$ 55 dB
-----	--------------------	-------------------

Klaus Hauptschule

Dietrich | Untertrifaller, A-Bregenz



- 3 mm Fließbelag Epoxidharz
- 60 mm Estrich
- 20 mm Trittschalldämmung
- 50 mm Stoffschüttung
- 33 mm Kerfo-Q
- 380 mm Rippen
- 33 mm Kerfo-Q
- 12 mm abgehängte Decke aus Birkenparkett

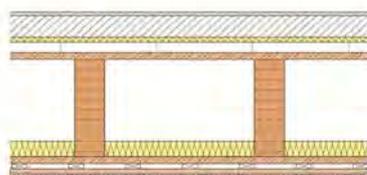


Hohlkastendecke mit Verkleidung

F60	$L'_{nw}$ 44 dB	$R'_{w}$ 55 dB
-----	--------------------	-------------------

Sursee Primarschule

Burkhard Meyer Architekten BSA, CH-Baden



- 14 mm Bodenbelag Hartsteinholz
- 60 mm Zementunterlagsboden
- 20 mm Trittschalldämmung
- 40 mm Gattersplatten
- 27 mm Dreischichtplatte
- 380 mm Rippen mit 60 mm Dämmung
- 27 mm Dreischichtplatte
- 60 mm Akustikelement Ligno Akustik Light

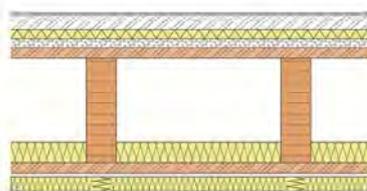


Hohlkastendecke mit Akustiklochung

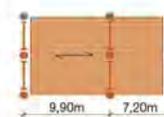
F30	$L'_{nw}$ 50 dB	$R'_{w}$ 55 dB
-----	--------------------	-------------------

Mehrerau Gymnasium

Christian Lenz, Hermann Kaufmann, A-Schwarzach



- 9 mm Klebeputz
- 60 mm Estrich
- 35 mm Trittschalldämmung
- 35 mm Schichtung
- 40 mm K1 Multiplan
- 400 mm BSH Rippen mit 50 mm Mineralwolle
- 40 mm K1 Multiplan
- 15 mm Gipskartonplatte
- Abgehängte Gipskartonplatte mit Mineralwolle ausgefüllt

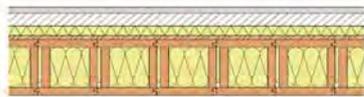


Hohlkastendecke mit Verkleidung

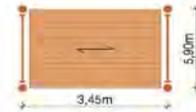
F60	$L'_{nw}$ 46 dB	$R'_{w}$ 55 dB
-----	--------------------	-------------------

**Schwäbisch-Gmünd Friedensschule**

Christoph Bijök, Architektur und Stadtplanung, D-München



23 mm Holzdielen  
50 mm Estrich  
35 mm Trittschalldämmung PS 38/35  
15 mm OSB  
220 mm Lignatur Kastenelement LKE 220-F30

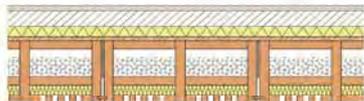


Lignatur Kastenelement

F30	$L'_{nw}$ 60 dB	$R'_w$ 54 dB
-----	--------------------	-----------------

**Kleinmachnow Waldorfschule**

Kerbl Architekten + Ingenieure, D-Berlin



60 mm Holzbalken  
40 mm Estrich  
15 mm Trittschalldämmung  
OSB  
240 mm Lignatur Flächenelement Akustik LFE 240-F30 mit 60kg/m<sup>3</sup> Spinnfüllung

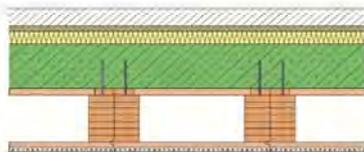


Lignatur Flächenelement

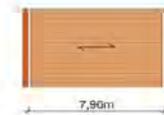
F30	$L'_{nw}$ 58 dB	$R'_w$ 68 dB
-----	--------------------	-----------------

**Düsseldorf Martin-Luther-King-Schule**

Wollenweberarchitektur, D-Düsseldorf



5 mm Linoleumbelag  
70 mm Estrich  
20 mm Dämmung  
50 mm Dämmung  
170 mm Stahlbetondecke  
240 mm Lignotrend HBV-Q2 Akustik



Lignotrend / Ligno HBV Q2 Akustik

F30	$L'_{nw}$ 53 dB	$R'_w$ 57 dB
-----	--------------------	-----------------

**Legende**

-  Decke
-  Wand tragend
-  Holzträger
-  Stahlträger
-  Holzstütze
-  Stahlstütze

Da nur in den wenigsten Fällen Schallmessungen vorliegen sind die angegebenen Schallschutzwerte mit einem einheitlichen Verfahren berechnet. Das Ergebnis kann von den tatsächlichen Messwerten abweichen.

Da Schallschutz- und Brandschutzanforderungen in den einzelnen Ländern in etwa identisch sind, kann festgehalten werden kann, dass es im Holzbau zahllose interessante Varianten für Deckenkonstruktionen für den Schulbau gibt. Die Wirtschaftlichkeit konnte hier nicht untersucht werden, da diese von vielen Faktoren abhängt und ein reiner Preisvergleich der Deckenaufbauten keine verwertbare Aussage darstellt. Es ist festzustellen, dass sich in den letzten Jahren die Holz- Betonverbundlösungen etwas verstärkt angewendet wurden. Dies ist begründet in der verstärkten Forschung zu diesem Thema, insbesondere der hier notwendigen Verbindungstechnologien. Gerade bei für Schulbauten relevanten Spannweiten von ca. 8 m ist diese Konstruktionsmethode sehr effizient und wirtschaftlich, ist aber nach wie vor im Zusammenhang mit der Vorfertigung noch zu wenig anwendungserprobt. Heute geht es darum, in einem weiteren Forschungsschritt zu untersuchen, wie es gelingen kann, eine höhere Vorfertigung zu erreichen, um damit das nasse Einbringen des Betons auf der Baustelle zu vermeiden mit allen damit zusammenhängenden Problemen, wie Verlangsamung des Bauprozesses und Eintrag von Baufeuchtigkeit in trockene Konstruktionen.

#### 4.4 Recherche zur Dauerhaftigkeit von Holzbauten unter Berücksichtigung der Fäulnisgefahr, der Bedeutung der Luftdichtigkeit und der Frage der Notwendigkeit von chemischen Holzschutz

Die ökologische Sinnhaftigkeit von Holzbauten ist unumstritten, nachdem die Gegenüberstellung der Ökobilanzen von Holzbauten mit Standardbauweisen die deutlichen Vorteile des Holzbaus aufgezeigt hat. Der Holzbau galt einige Jahrzehnte lang nur als Bauweise für Ein- und Zweifamilienhäuser. Die Beispiele, die in der Ausstellung „Bauen mit Holz- Wege in die Zukunft“ in der Pinakothek der Moderne 2011 gezeigt worden sind, weisen jedoch ein viel breiteres Einsatzgebiet des Holzbaus auf: Hier wurden Wohnkomplexe, Hotels, Gemeindezentren, Aufstockungen, Turnhallen, Verwaltungsgebäude und auch Schulen gezeigt. Der zunehmend erhöhte Einsatz der Holzbauweise in Kindergärten, Krippen, Altenwohnanlagen und Gemeindezentren zeigt, dass sich die Bauherren dieser Typologien der besonderen Qualitäten, die ein Holzbau mit sich bringt, bewusst sind.

##### **Vorurteil: Mangelnde Langlebigkeit**

Dennoch gibt es immer noch einige Vorurteile gegenüber dem Holzbau, wenn er für komplexere Bauaufgaben eingesetzt werden soll. Bedenken gegenüber einer mangelnden Dauerhaftigkeit aufgrund von Fäulnisbildung und mangelnder Luftdichtheit, sind bei Holzbauten häufig noch vorhanden. Dabei zeigt der vielfältige Einsatz von Holz in den vergangenen Jahren/Jahrhunderten doch, dass Holzbauten durchaus auch hunderte von Jahren überdauern können, wenn sie entsprechend geplant, konstruiert und instand gehalten werden.

Da der Begriff der „Dauerhaftigkeit“ in diesem Zusammenhang nicht zu verwechseln ist mit der „natürlichen Dauerhaftigkeit“ von Holzbauteilen, gemäß DIN 68800, wird im Weiteren von der „Langlebigkeit“ von Holzkonstruktionen gesprochen.



Stavkirke Lomsdal, Norwegen, ca. 1140

Das Grundprinzip beim Holzbau, das auch der DIN 68800 (Holzschutz) zugrunde liegt, lautet verkürzt:

WIRD GESUNDES, TROCKENES HOLZ GEMÄSS SEINER MATERIALEIGENSCHAFTEN EINGEBAUT UND BLEIBT ES LANG ANDAUERND TROCKEN, SO KANN AUCH DIE LANGLEBIGKEIT DES HOLZBAUS GEWÄHRLEISTET WERDEN.

Die Besonderheit, die bei der Planung von Holzbauten beachtet werden muss, ist, dass Holzkonstruktionen von Organismen abgebaut und verändert werden können. Diesen Prozess versteht man umgangssprachlich als „Fäulnis“. Dies kann aber nur geschehen, wenn sich diese Organismen aufgrund eines ausreichend feuchten Milieus an den Hölzern festsetzen können. Man differenziert zwischen „Holz zerstörenden“ und „Holz verfärbenden“ Pilzen.

Holz verfärbende Pilze führen lediglich zu einer Verfärbung des Holzes, wohingegen Holz zerstörende Pilze eine Fäulnis verursachen und die Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften des Holzes beeinträchtigen, bzw. ganz zerstören.

Holz zerstörende Pilze können sich an den Hölzern jedoch erst entwickeln, wenn diese eine lokale Feuchte von etwa Fasersättigung haben.



Blockbau, Wallis  
(Quelle: „Verwendung von Holz im Aussenbereich“, DVA Verlag)

Aus diesem Grund muss das Holzbauteil vor lang andauernder Feuchte geschützt werden. Eine kurzzeitige Befeuchtung von Holzbauteilen ist unschädlich, solange eine rasche Austrocknung der Hölzer gewährleistet ist. Noch immer existierende Beispiele von Holzbauten, wie z.B. Fachwerkhäuser und Brücken aus den vergangenen Jahrhunderten zeigen, dass bei Berücksichtigung dieses Grundprinzips, Holzbauten sehr dauerhaft sein können.



Fachwerkbau, Fischerviertel, Ulm, ca. 15. Jahrhundert  
(Quelle: Mediatum, Fachgebiet Holzbau)



Steinweg Mönchhof, Kempten, 16. Jahrhundert  
(Quelle: Fotostudio)



Wagen, Litz, Kopp, 8. Jahrhundert (Quelle: Holzbau)



Stahlbaum, Arum (Quelle: Holzbau)

## DIN 68800: Grundlegendes Vorgehen beim Holzschutz

Wie genau Holzbauteile zu schützen sind, regelt die DIN 68800. Die neue Fassung der DIN 68800 (von Oktober 2011 und Februar 2012) „Holzschutz“ stellt hier eine wichtige Grundlage dar, wie der Einsatz von Holz bei Gebäuden zu erfolgen hat, und gibt entsprechende Vorgaben.

Die DIN 68800 „Holzschutz“ besteht aus vier Teilen, wobei Teil 4 hier nicht näher betrachtet wird:

- Teil 1: Allgemeines
- Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau
- Teil 3: Vorbeugender Schutz von Holz mit Holzschutzmitteln
- (Teil 4: Bekämpfungs- und Sanierungsmaßnahmen gegen Holz zerstörende Pilze und Insekten)

Die DIN 68800 ist im Februar 2012 erneuert worden und soll im September 2012 bauaufsichtlich eingeführt werden. Schon in der Einleitung, Kapitel 1, steht wie folgt:

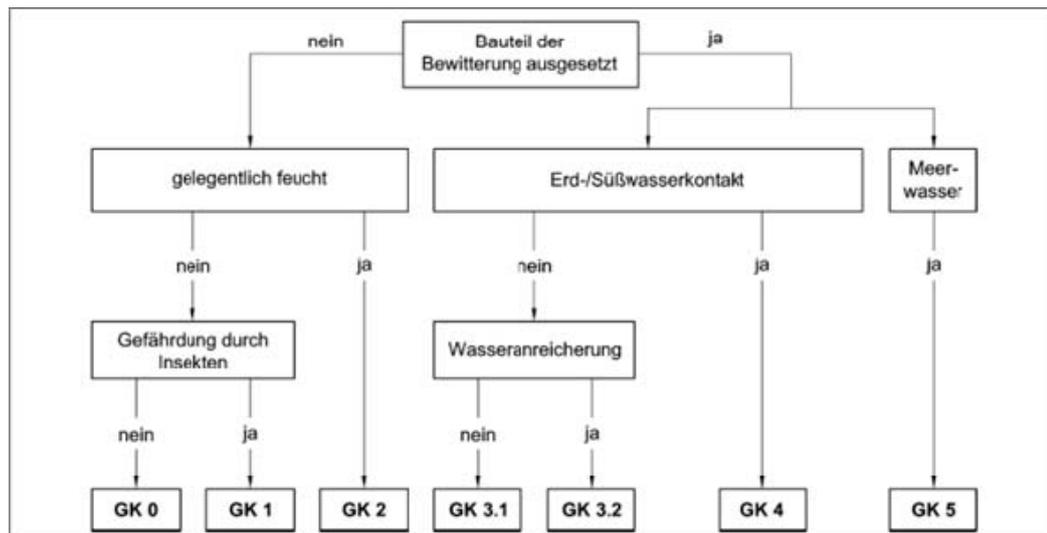
*„Diese Norm regelt die allgemeinen Voraussetzungen für den Schutz von verbautem Holz und Holzwerkstoffen gegen eine Wertminderung oder Zerstörung durch Organismen sowie für eventuell notwendige Bekämpfungsmaßnahmen. Sie enthält die Verpflichtung, bauliche Maßnahmen zu berücksichtigen.“*

Abhängig von dem Einsatzort (Gebrauch, Nutzung, Nutzungsdauer, Umgebung) und der Bewitterungssituation müssen alle Holzbauteile bei der Planung in eine -gemäß Definition der DIN 68800- „Gebrauchsklasse“ zugeordnet und auch dokumentiert werden. (s. Bild D1 der DIN). Dieser Gebrauchsklasse sind dann entsprechende Schutzmaßnahmen zugeordnet.

Die Einstufung in die Gebrauchsklassen erfolgt abhängig von der zu erwartenden Holzfeuchte, die in dem jeweiligen Bauteil zu erwarten ist (s.u.). Hier wird differenziert, ob das Bauteil „trocken/ gelegentlich feucht/ häufig feucht/vorwiegend feucht/ ständig feucht“ ist, wobei „feucht“ hier mit einer Holzfeuchte von 20% definiert ist. Nachdem die gebräuchlichen Nadelholzarten erst bei einem Feuchtegehalt von ca. 30% ihre Fasersättigungsfeuchte erreichen, ist hier in der DIN 68800 demzufolge schon eine deutliche Sicherheitsmarge mit eingeplant. (Anmerkung: In der DIN EN 1995-1-1 wird ebenso diese Obergrenze von 20% für die Nutzungsklassen 1 und 2 festgesetzt).

Wie eingangs erwähnt, ergibt eine Holzfeuchte erst ab „Fasersättigung“ den adäquaten Nährboden für Pilze und /oder Insekten (siehe hierzu Tabelle 1, s.u.).

Der Begriff „Fasersättigung“ beschreibt gemäß DIN 68800 den „Zustand eines Holzstückes, bei dem Zellwände mit Wasser gesättigt sind, jedoch kein Wasser in den Zellhohlräumen vorhanden ist.“



Vereinfachte Entscheidungsfolge zur Zuordnung von Holzbauteilen zu einer Gebrauchsklasse  
 Quelle: Grafik als Auszug aus der DIN 68800, Teil 1, Anhang D

Abbildung 24 Vereinfachte Entscheidungsfolge zur Zuordnung von Holzbauteilen zu einer Gebrauchsklasse

Der Fasersättigungsbereich ist von Holzart zu Holzart unterschiedlich, wodurch sich unter anderem die unterschiedliche „natürliche Dauerhaftigkeit“ der jeweiligen Hölzer ergibt. Abhängig davon, in welcher „Gebrauchsklasse“ sich das aus Holz auszuführende Bauteil befindet, muss gemäß DIN 68800 ein Holz gewählt werden, das einer gewissen natürlichen Dauerhaftigkeit entspricht (Siehe Tabelle 4 DIN 68800\_Teil 1, S.6). Die neue Fassung der DIN 68800\_Teil 1: 11/2011 definiert die Dauerhaftigkeit unter 6.8.1.1 folgender Massen:

*„Die natürliche Dauerhaftigkeit ist die mehr oder minder ausgeprägte Eigenschaft einer Holzart, OHNE zusätzliche Maßnahmen einen Befall durch Holzschädlinge zu widerstehen. Die Dauerhaftigkeit einer Holzart gegen die verschiedenen Schädlingsarten wird im Wesentlichen durch die Holzinhaltstoffe und die Umgebungsbedingungen beeinflusst und kann sehr unterschiedlich sein.“*

Angaben zur Dauerhaftigkeit der einzelnen Holzarten sind der Tabelle 2 und 3 der DIN 68800 und der DIN EN 350-2 zu entnehmen. (s. Auszüge aus Tabelle 2 und 3 der DIN EN 350-2, Natürliche Dauerhaftigkeit und Tränkbarkeit von Nadel/-Laubhölzern, s.u.)

Die Dauerhaftigkeit der einzelnen Holzarten wird in 5 Klassen eingeteilt:

Dauerhaftigkeitsklasse 1 = „sehr dauerhaft“

Dauerhaftigkeitsklasse 2 = „dauerhaft“

Dauerhaftigkeitsklasse 3 = „mäßig dauerhaft“

Dauerhaftigkeitsklasse 4 = „wenig dauerhaft“

Dauerhaftigkeitsklasse 5 = „nicht dauerhaft“

Das bedeutet: Allein durch die Wahl einer geeigneten Holzart kann den Gefährdungen, denen ein Holzbauteil ausgesetzt ist, begegnet werden.

**Tabelle D.1: Beispiele für die Zuordnung von Holzbauteilen zu einer Gebrauchsklasse**

GK	Holzfeuchte/Exposition % <sup>1</sup>	Allgemeine Gebrauchsbedingungen <sup>2</sup>	Zwei Beispiele <sup>3</sup>
1	2	3	4
0	trocken (ständig ≤ 20%) mittlere relative Luftfeuchte bis 55% <sup>c</sup>	Holz oder Holzprodukt unter Dach, nicht der Bewitterung und keiner Befechtung ausgesetzt, die Gefahr von Bauschäden durch Insekten kann entsprechend 5.2.1 ausgeschlossen werden	— sichtbar bleibende Hölzer in Wärräumen — allseitig insekten dicht abgedeckte Holzbauteile nach DIN 68800-2
1	trocken (ständig ≤ 20%) mittlere relative Luftfeuchte bis 55% <sup>c</sup>	Holz oder Holzprodukt unter Dach, nicht der Bewitterung und keiner Befechtung ausgesetzt	— nicht insekten dicht bekleidete Balken, soweit 5.2.1 nicht zutrifft — Sparrn/Pfetten in unbeholzten Dachstühlen, soweit 5.2.1 nicht zutrifft
2	Gelegentlich feucht (> 20%) mittlere relative Luftfeuchte über 55% <sup>c</sup> oder zeitweise Befechtung durch Kondensation	Holz oder Holzprodukt unter Dach, nicht der Bewitterung ausgesetzt, eine hohe Umgebungsfeuchte kann zu gelegentlicher, aber nicht dauernder Befechtung führen	— unzureichend wärme gedämmte Balkenköpfe in Altbauten — Brückenträger überdachter Brücken über Wasser
3	3.1 Gelegentlich feucht (> 20%) Anreicherung von Wasser im Holz, auch räumlich begrenzt, nicht zu erwarten	Holz oder Holzprodukt nicht unter Dach, mit Bewitterung, aber ohne ständigen Erd- oder Wasserkontakt, Anreicherung von Wasser im Holz, auch räumlich begrenzt, nicht zu erwarten	— bewitterte Stützen mit ausreichendem Bodenabstand — Zaunlatten
	3.2 Häufig feucht (> 20%) Anreicherung von Wasser im Holz, auch räumlich begrenzt, zu erwarten	Holz oder Holzprodukt nicht unter Dach, mit Bewitterung, aber ohne ständigen Erd- oder Wasserkontakt, Anreicherung von Wasser im Holz, auch räumlich begrenzt, zu erwarten	— bewitterte horizontale Handläufe — bewitterte Balkonbänke
4	Vorwiegend bis ständig feucht (> 20%)	Holz oder Holzprodukt in Kontakt mit Erde oder Süßwasser und so bei mäßiger bis starker Beanspruchung vorwiegend bis ständig einer Befechtung ausgesetzt	— Fallsäden — Hölzer für Uferbefestigungen
5	Ständig feucht (> 20%)	Holz oder Holzprodukt, ständig Meerwasser ausgesetzt	— Dalben — Kal- und Steganlagen

<sup>1</sup> Die Begriffe „gelegentlich“, „häufig“, „vorwiegend“ und „ständig“ zeigen eine zunehmende Beanspruchung an, ohne dass hierfür wegen der sehr unterschiedlichen Einflussgrößen genaue Zahlenangaben möglich sind.

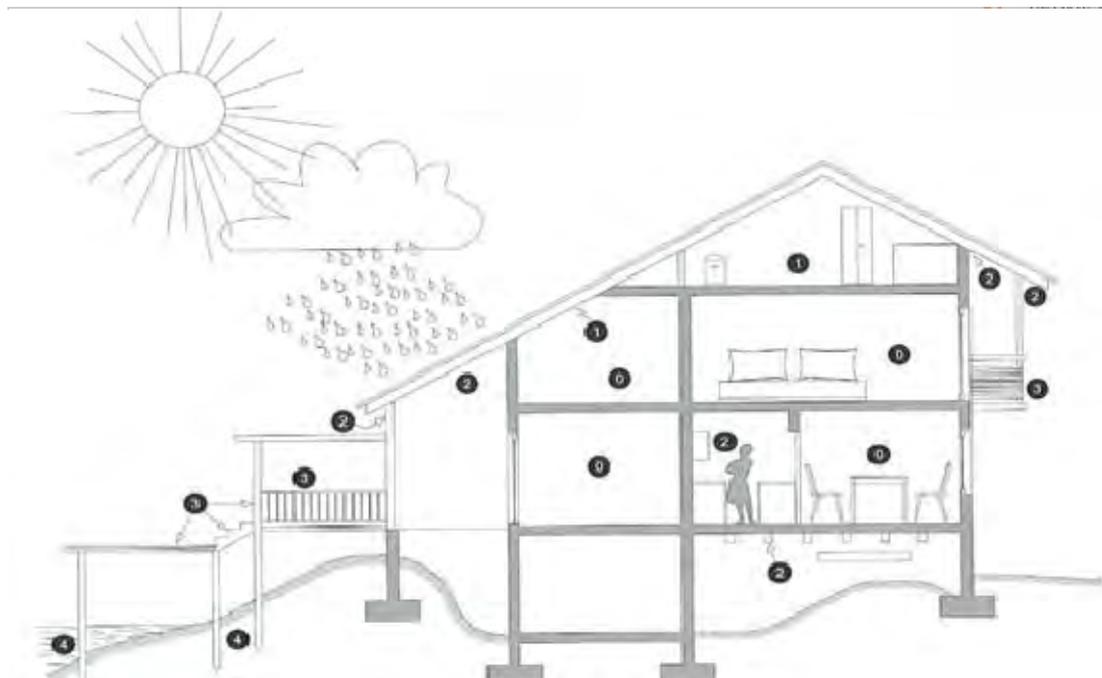
<sup>2</sup> Der Wert von 20% enthält eine Sicherheitsmarge (siehe 4.2.2 Anmerkung f).

<sup>3</sup> Maßgebend für die Zuordnung von Holzbauteilen zu einer Gebrauchsklasse ist die jeweilige Holzfeuchte.

<sup>4</sup> Bauteile, bei denen über mehrere Monate Ablagerungen von Schmutz, Erde, Laub u. ä. zu erwarten sind sowie Bauteile mit besonderer Beanspruchung, z. B., durch Spritzwasser, sind in GK 4 einzustufen.

<sup>5</sup> „Mäßiger“ bzw. „starker“ Beanspruchung bezieht sich auf das Gefährdungspotential für einen Pilzbefall (Feuchteverhältnisse, Bodenbeschaffenheit) sowie die Intensität einer Auswaschbeanspruchung.

Zusammenfassende Tabelle zur Beschreibung der Gebrauchsklassen 0 bis 5 (Quelle: DIN 68800, Teil 1)



Grafik zur Erläuterung der Einordnung der Holzbauteile in Gebrauchsklassen (Quelle: „Verwendung von Holz im Außenbereich“, EPB Verlag)

Abbildung 25 Zusammenfassende Tabelle zur Beschreibung der Gebrauchsklassen 0 bis 5 (oben); Grafik zur Erläuterung der Holzbauteile in Gebrauchsklassen (unten)

**Tabelle 4: Mindestanforderungen an die Dauerhaftigkeit des splintfreien Farbkerholzes gegen Pilzbefall für den Einsatz in GK 2 bis GK 4**

GK	Dauerhaftigkeitsklasse nach DIN EN 350-2 *			
	1	2	3	4
2	+	+	+	-
3.1	+	+	+	-
3.2	+	+	-	-
4	+	-	-	-

+ Natürliche Dauerhaftigkeit ausreichend  
 - Natürliche Dauerhaftigkeit **nicht** ausreichend

\* Im Falle von Zwischenstufen (z. B. 1-2) ist für die geforderte Dauerhaftigkeit die Klasse mit der nächst niedrigeren Dauerhaftigkeit maßgebend.

Auszug aus der DIN 68800  
 Mindestanforderungen an die Dauerhaftigkeit in Abhängigkeit der jeweiligen Gebrauchsklassen

Natürliche Dauerhaftigkeit gegenüber holzerstörenden Pilzen		
Dauerhaftigkeitsklasse	Beschreibung	Holzarten (Beispiele)
1	sehr dauerhaft	Afzella, Bilinga, Edelkastanie (1-2), Iroko, Merbau, Pockholz, Robinie (1-2), Teak (außer junges Plantagenholz)
2	dauerhaft	Bangkirai, Bongossi, Bubinga, Dark Red Meranti (2-5), Eibe, Gerutu (2-4), Mahagoni (amerikanisch), Sipo (2-3), Weißeiche (2-3), Western Red Cedar (2-3), Zeder
3	mäßig dauerhaft	Douglasie (3-4), Framiré, Kieler/Föhre (3-4), Kiefern (Sektion taeda), Kosipo, Lärche (europäisch 3-4, sibirisch 3), Light Red Meranti (3-4), Nussbaum, Sapeli, Tiama
4	wenig dauerhaft	Brasilkiefer (4-5), Eucalyptus ( <i>E. grandis</i> ), Fichte, Hemlock, Kiefern ( <i>P. radiata</i> , <i>P. strobus</i> u.a.), Roteiche
5	nicht dauerhaft	Splintholz aller Holzarten! Birke, Buche, Pappel, Rubberwood/Hevea
Natürliche Dauerhaftigkeit gegenüber holzerstörenden Insekten (Hausbock, Splintholzkäfer, gewöhnlicher Nagekäfer, Abendbock)		
Dauerhaftigkeitsklasse	Beschreibung	Holzarten (Beispiele)
D	dauerhaft	Brasilkiefer, Sugi
S	anfällig	Buche, Douglasie, Eibe, Eiche, Nussbaum, Robinie
Natürliche Dauerhaftigkeit gegenüber holzerstörenden Insekten (Termiten)		
Dauerhaftigkeitsklasse	Beschreibung	Holzarten (Beispiele)
D	dauerhaft	Afromosia, Bangkirai, Bubinga, Bongossi, Jarrah, Robinie
M	mäßig dauerhaft	Angelique, Edelkastanie, Eiche (europäisch), Western Red Cedar
S	anfällig	Douglasie, Fichte, Kiefer, Lärche, Mahagoni, Meranti
Natürliche Dauerhaftigkeit gegenüber Meerwasserschädlingen (Bohrmuschel, Bohrrassel, Pfahlwurm)		
Dauerhaftigkeitsklasse	Beschreibung	Holzarten (Beispiele)
D	dauerhaft	Acariguara, Angelique, Bongossi (D-M), Greenheart, Jarrah
M	mäßig dauerhaft	Bilinga, Mahagoni, Teak (außer junges Plantagenholz)
S	anfällig	Fichte, Kiefer, Rot-/Weißeichen

Zusammenfassende Tabelle zur Klassifikation der natürlichen Dauerhaftigkeit des Holzes gegenüber holzerstörenden Organismen nach Norm EN 350-2, [Quelle: „Verwendung von Holz im Außenbereich“, (PMA Verlag)]

Abbildung 26 Mindestanforderungen an die Dauerhaftigkeit in Abhängigkeit der jeweiligen Gebrauchsklassen (oben); Zusammenfassende Tabelle zur Klassifikation der natürlichen Dauerhaftigkeit des Holzbaus gegenüber holzerstörenden Organismen nach Norm EN 350-2 (unten)

**Tabelle 5: Gebrauchsklassen, in denen nach DIN EN 1995-1-1/NA, verwendbare Holzarten ohne zusätzliche Holzschutzmaßnahmen verwendet werden dürfen**

Holzart		Gebrauchsklasse	
Handelsname	Wissenschaftlicher Name	Spinnholz	Farbkernholz
1	2	3	4
<b>Nadelhölzer</b>			
Douglasie	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0	0, 1, 2, 3, 1 <sup>a</sup>
Fichte	<i>Picea abies</i>	0	0
Kiefer	<i>Pinus sylvestris</i>	0	0, 1, 2 <sup>b</sup>
Lärche	<i>Larix decidua</i> <sup>c</sup>	0	0, 1, 2, 3, 1 <sup>a</sup>
Southern Pine	<i>Pinus elliotii</i> <sup>b</sup>	0	0, 1
Tanne	<i>Abies alba</i>	0	0
Western Hemlock	<i>Tsuga heterophylla</i>	0	0
Yellow Cedar	<i>Chamaecyparis nootkatensis</i>	0	0, 1, 2, 3, 1
<b>Laubhölzer</b>			
Alzella	<i>Alzella bipindensis</i> <sup>c</sup>	0, 1	0, 1, 2, 3, 1, 3, 2, 4
Azobé / Bongossi	<i>Lophira alata</i>	0, 1	0, 1, 2, 3, 1, 3, 2, 5
Buche	<i>Fagus sylvatica</i>	0	0
Eiche	<i>Quercus robur</i> <i>Quercus petraea</i>	0	0, 1, 2, 3, 1, 3, 2
Ipe	<i>Tabebuia heptaphylla</i> <sup>b</sup>	0, 1	0, 1, 2, 3, 1, 3, 2, 4
Teak	<i>Tectona grandis</i>	0, 1	0, 1, 2, 3, 1, 3, 2, 4 <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Das Farbkernholz von Douglasie und Lärche kann ohne zusätzliche Holzschutzmaßnahmen in GK 2 und GK 3, 1 eingesetzt werden, unabhängig davon, dass es nur in Dauerhaftigkeitsklasse 3-4 eingestuft ist, da sich der Einsatz dieser beiden Holzarten in GK 2 und GK 3, 1 seit der letzten Ausgabe von DIN 68800-3:1990-04 in der Praxis bewährt hat. Das Farbkernholz von Kiefer kann aus dem gleichen Grund in GK 2 eingesetzt werden.

<sup>b</sup> Es können mehrere botanische Arten infrage. Genannt wird jeweils nur die häufigste Art.

<sup>c</sup> Teak aus Plantagen ist für GK 4 nicht geeignet.

Anlage des DIN 68804, Teil 1, Tabelle 5:  
Einsatzbereiche von Holzarten OHNE zusätzliche Holzschutzmaßnahmen

Abbildung 27 Einsatzbereiche von Holzarten OHNE zusätzliche Holzschutzmaßnahmen

**Tabelle 2: Natürliche Dauerhaftigkeit und Tränkbarkeit von Nadelhölzern**  
Die Handelsnamen werden alphabetisch in Anhang A aufgeführt. Eine Erklärung der Symbole wird in Anhang C gegeben.

Nr.	Wissenschaftlicher Name	Handelsname	Herkunft	Dichte/Bereich der Mittelwerte bei $\rho = 12\%$ kg/m <sup>3</sup>	Natürliche Dauerhaftigkeit				Tränkbarkeit	
					Pilze	Hausbock/Käfer	Anobium	Termiten	Kernholz	Spinnholz
2.1	Abies alba Mill., A. excelsior Franco [= A. grandis (Dougl.) Lindl.] A. procera Rehde	E: Fir F: Sapin D: Tanne Weißtanne	Europa Nordamerika	440-460-480	4	SH	SH	S	2 bis 3	2v
2.2	Agathis camara (A.B. Lamb.) L. C. Rich [= A. alba Focke.] A. australis (D. Don.) Saitob., A. agathis	X: Agathis O: Kauri	Australien Neuseeland Malaysia Papua-Neuguinea	430-460-550	3 bis 4	S	S	S	3	n/a
2.3	Araucaria angustifolia (Bertol.) D. Ktze.	E: Parana Pine F: Pin de Parana D: Parana Pine Brasilkiefer	Brasilien	500-540-600	4 bis 5	D	S	S	2	1
2.4	Chamaecyparis nootkatensis (D. Don) Spach	E: Yellow Cedar F: Yellow Cedar D: Yellow Cedar	Nordamerika	430-460-530	2 bis 3	S	S	S	3	1
2.5	Cryptomeria japonica (L.f.) D. Don	E: Sugi F: Cryptomeria D: Sugi	Ostasien und kultiviert in Europa	280-320-400	5	D	n/a	S	3	1
2.6	Larix decidua Mill. L. kaempferi (Lamb.) Sarg. [= L. leptolepis (Sieb. & Zucc.) Gord.] L. x eurolepis A. Henr. L. occidentalis Nutt. Picea abies (L.) Karst.	E: Larch F: Mélèze D: Lärche E: Norway Spruce F: Epicéa D: Fichte	Europa Japan	470-660-680	3 bis 4	S	S	S	4	2v e
(1) Dies betrifft nur Holz mit einem dunklen, harzreichen Kernholz. Die Handelsvarianzen erlauben die Gegenwart von Spinnholz. (2) Voreinzeln Spinnholz und dann als „Carolina pine“ oder „Red pine“ gesandt.										

**Tabelle 3: Natürliche Dauerhaftigkeit und Tränkbarkeit von Laubhölzern**  
Die Handelsnamen werden alphabetisch in Anhang A aufgeführt. Eine Erklärung der Symbole wird in Anhang C gegeben.

Nr.	Wissenschaftlicher Name	Handelsname	Herkunft	Dichte/Bereich der Mittelwerte bei $\rho = 12\%$ kg/m <sup>3</sup>	Natürliche Dauerhaftigkeit			Tränkbarkeit		Spinnholzbrei
					Pilze	Anobium	Termiten	Kernholz	Spinnholz	
3.1	a) Acer pseudoplatanus L., b) A. platanoides L.	E: a) Sycamore, Maple b) Norway Maple F: Erable Sycamore D: Ahorn	Europa	410-640-980	5	S	S	1	1	x
3.2	Aesculus hippocastanum L.	E: European horsechestnut F: Maronnier d'Inde D: Rosskastanie	Europa	500-540-500	5	SH	S	1	1	x
3.3	Azela birodensis Harms.	X: Doussié	Westafrika	730-900-930	1	na	D	4	2	s
3.44	Fagus sylvatica L.	E: European Beech F: Hêtre D: Buche	Europa	690-710-750	5	S	S	1(4)	1	r
3.66	Quercus robur L., Q. petraea (Matt.) Liebl.	E: European Oak F: Chêne rouge D: Eiche	Europa	670-710-760	2	S	M	4	1	s

Abbildung 28: Tabelle 2 und 3: Tabelle 2 zur natürlichen Dauerhaftigkeit und Tränkbarkeit von Nadelhölzern, und 3: Tabelle 3 zur natürlichen Dauerhaftigkeit und Tränkbarkeit von Laubhölzern.

Abbildung 28 Natürliche Dauerhaftigkeit und Tränkbarkeit von Nadel- und Laubhölzern

### **DIN 68800: Erläuterung der baulichen Maßnahmen:**

- 1) Welche weiteren Maßnahmen können –laut DIN 68800 ergriffen werden, um Holzbauteile vor Fäulnis zu schützen?

Die DIN 68800 gibt in Teil 1 und Teil 2 konkrete Hinweise zu den anzuwendenden Maßnahmen, die zur Gewährleistung des Holzschutzes, zu berücksichtigen sind. Diese sind eingeteilt in:

-„grundsätzliche bauliche Holzschutzmaßnahmen (sind in jedem Fall anzuwenden)

-„vorbeugende Maßnahmen für die Hölzer der einzelnen Gebrauchsklassen“

Je nach dem in welcher Gebrauchsklasse das Holzbauteil eingeordnet wird, sind als Alternative die „vorbeugenden Maßnahmen“ für die jeweilige Gebrauchsklasse beschrieben.

Für TRAGENDE Bauteile MÜSSEN laut DIN Teil 2 geeignete Maßnahmen angenommen werden, für NICHT TRAGENDE Bauteile SOLLTEN geeignete Maßnahmen angenommen werden. (s. 7.1.1 und 7.1.2)

Vereinfacht können die Maßnahmen wie im Folgenden aufgelistet, zusammengefasst werden. Diese Auflistung soll lediglich einen kurzen Überblick über die möglichen Maßnahmen darlegen, um aufzuzeigen, wie genau die DIN Norm Maßnahmen vorgibt, und wie viel Sicherheit dementsprechend ein Holzbau hat, wenn er gemäß der DIN 68800 geplant und realisiert worden ist.

Um die Möglichkeiten des Chemischen Holzschutzes, der in Teil 3 der Norm beschrieben wird, vorwegzunehmen: Laut DIN Norm, Teil 1 sollen Ausführungen mit besonderen baulichen Holzschutzmaßnahmen nach DIN 68800-2 gegenüber Ausführungen bei denen vorbeugende Schutzmaßnahmen mit Holzschutzmitteln nach DIN 68800-3 erforderlich sind, bevorzugt werden.

Fazit: Wird ein Holzbau gemäß der Grundprinzipien der DIN 68800, Teil 1 und Teil 2 realisiert, ist ein chemischer Holzschutz nicht notwendig.

Zusammenfassung der Holzschutzmaßnahmen

#### IN DER PLANUNGSPHASE:

-rechtzeitige und sorgfältige Planung unter Einhaltung der anzuwendenden Regeln der Technik/DIN Normen, etc.

-Bauliche Holzschutzmaßnahmen, DIN 68800 Teil 2, insbesondere Maßnahmen zur Vermeidung von Tauwasser (siehe hierzu auch die weiteren Ausführungen auf S. 10ff, z.B. Führung von haustechnischen Leitungen innerhalb der luftdichten Schicht, um keine Durchdringungen durch diese zu erzeugen, usw., s.u.)

-Planung der organisatorischen Abläufe auf der Baustelle, um lange Liegezeiten und Feuchteaufnahme zu verhindern

#### QUALITÄTSSICHERUNG DES BAUMATERIALS:

- Verwendung von Hölzern mit einer ausreichend natürlichen Dauerhaftigkeit
- vorbeugend: Einsatz von Farbkernhölzern mit einem Splintholzanteil  $\geq 10\%$  (auf jeweilige Gebrauchsklassen abzustimmen)
- vorbeugend: Verwendung von Brettschichtholz, Brettsperrholz oder andere bei Temperaturen  $\geq 55^\circ\text{C}$  technisch getrockneter Hölzer
- vorbeugend: Verwendung von Holzprodukten mit CE-Kennzeichnung und ausgewiesener natürlicher Dauerhaftigkeit

#### VOR DEM EINBAU:

- Verhinderung von Feuchteintrag in das Holz/Holzwerkstoffen beim Transport, Lagerung und Montage
- Einbaufeuchte nicht höher als 20%, Einbau von Holz mit dem Feuchtegehalt, der auch bei der tatsächlichen Nutzung zu erwarten ist, um Quellen und Schwinden (Rissbildung = Eindringen von Wasser und/oder Insekten) zu vermeiden. Siehe hierzu auch ergänzend die Angaben zur Nutzungsklasse nach DIN EN 1995-1-1)
- Einbau von technisch getrocknetem Holz (Temperatur  $> 55^\circ\text{C}$  mindestens 48h)

Technisch getrocknetes Holz enthält durch die hohe Trocknungstemperatur von über  $55^\circ\text{C}$  keine Nährstoffe für Pilze und Schädlinge. Etwaige Eier, oder Sporen werden bei diesem Trocknungsprozess eliminiert. Bleibt das Holz auch weiterhin trocken, wird keine Fäulnis entstehen.

#### WÄHREND DES EINBAUS:

- Holzschutzmaßnahmen bei tragenden Holzbauteilen oder für vorbeugende Maßnahmen nach DIN 68800, Teil 2 dürfen nur durch Fachbetriebe/qualifizierte Fachleute ausgeführt werden

(siehe hierzu „Gütegemeinschaften“ (z.B. RAL), Fremd-Eigenüberwachung, etc.)

- Verhinderung einer Erhöhung des Feuchtegehaltes aufgrund einer zu hohen Baufeuchte (lüften und/oder heizen, oder technisch trocknen, falls notwendig), siehe DIN 18195-4
- andere Bau- und Dämmstoffe, die an Holzbauteile angrenzen sind so einzubauen, dass sie nicht zu einer unzuträglichen Erhöhung der Feuchte der angrenzenden Hölzer oder Holzwerkstoffe führen.

#### IM EINGEBAUTEN ZUSTAND:

- Fernhalten und Ableitung von Niederschlägen von Holz und Anschlussbereichen (s. DIN Teil 2, Punkt 5.2.ff)

-regelmäßige Wartung

Das Grundprinzip aller Maßnahmen ist: Wenn das Holzbauteil trocken war und auch weiterhin trocken bleibt, wird keine Fäulnis entstehen.

Dieses Grundprinzip MUSS bei Holzbauten eingehalten werden. Um einen Feuchteintrag WÄHREND des Gebrauchszustandes zu verhindern, gibt die DIN 68800 Teil 2, konkrete KONSTRUKTIONSPRINZIPIEN für Außenbauteile vor (s. Kapitel 7).

Des Weiteren sind im Anhang A der DIN sogar Schichtenaufbauten beschrieben, die, wie abgebildet, realisiert werden können, da sie, basierend auf den Erfahrungen der letzten Jahre, keinen weiteren Nachweis benötigen.

2) WIE KANN FEUCHTIGKEIT BEIM HOLZBAU IM GEBRAUCHSZUSTAND ENTSTEHEN, UND WIE WIRD DIES IN DER NEUEN FASSUNG DER DIN 68800 BERÜCKSICHTIGT?

Nach der Fertigstellung kann sich im Gebrauchszustand im Laufe der Zeit Feuchte an oder in den Bauteilen -vornehmlich an den Bauteilen der Gebäudehülle- bilden.

DURCH

1. DIREKTE BEFEUCHTUNG/BEWITTERUNG

(Niederschlag/Oberflächenwasser/Kapillare Wasserführung)

DURCH

2. KONDENSAT DURCH DAMPFDIFFUSION

(Dampfdiffusion ist ein Feuchtetransport durch geschlossene Bauteilflächen infolge unterschiedlicher Teildampfdrücke auf beiden Wandseiten.)

DURCH

3. KONDENSAT DURCH KONVEKTION

(Konvektiver Feuchteintrag entsteht durch Warmluftströmungen in die Konstruktion.)

Kondensat entsteht in Punkt 2 und 3, wenn warme, feuchtere Luft abkühlt, und die Wasserdampfmoleküle aufgrund der niedrigeren Temperatur als Wasser kondensieren.

zu Punkt 1:

MASSNAHMEN ZUR VERHINDERUNG VON FÄULNIS, DIE DURCH DIREKTE BEWITTERUNG ENTSTEHT

Laut DIN 68800 ist Feuchte durch einen dauerhaften Wetterschutz fernzuhalten, auch im Bereich von Anschlüssen, Stößen und an Verbindungsmitteln.

Niederschlägen ausgesetzte Holzwerkstoffe sind mit einem dauerhaft wirksamen Wetterschutz zu versehen. Ausnahmen bilden hinterlüftete Fassadenbekleidungen, z.B. aus Fur-

nierschichtholz, Sperrholz, Massivholzplatten oder zementgebundenen Spanplatten als Fasadensadenplatten, etc.

Hier sind die Vorgaben der DIN 68800, Teil 1 und besonders Teil 2 zu beachten:

Die DIN, 68800 Teil 2, Punkt 5.2. gibt genau an, bei welchen Wandkonstruktionen bei welchem Schichtenaufbau, ein dauerhaft wirksamer Wetterschutz gegeben ist.

zu Punkt 2:

#### MASSNAHMEN ZUR VERHINDERUNG VON FÄULNIS DURCH TAUWASSER DURCH DIFFUSION

Tauwasser durch Diffusion entsteht, wenn sich Wasserdampf bei dem Durchwandern der Bauteilschichten aufgrund von Druckdifferenzen an kühleren Oberflächen abkühlt und dann zu Wassertropfen kondensiert.

Da Kondensat die Bauteilschichten durchfeuchtet und deren Funktionstüchtigkeit einschränken oder gar ganz hemmen könnte (z.B. Mineralwolle-Dämmung wird feucht und verliert ihre Dämmfähigkeit; Holzkonstruktionen werden feucht und es setzen sich Pilze fest, Mauerwerk wird feucht und wird porös) gilt als Grundregel -im Massivbau, wie im Holzbau- dass nur so viel Wasserdampf in eine Konstruktion eindringen darf, wie auch weitergegeben werden kann. Dies bedeutet für die Bauteilschichten: „Innen so diffusionshemmend wie NÖTIG, außen so diffusionsoffen wie MÖGLICH“.

Der sd-Wert (wasserdampfäquivalente Luftschichtdicke), der den Diffusionswiderstand angibt, sollte generell -abhängig vom Schichtenaufbau, und der Lage in der Gebäudehülle- von innen nach außen abnehmen, damit die Menge des Wasserdampfes, die von innen in das Bauteil gelangt auch auf jeden Fall nach außen weiter diffundieren kann, und KEIN Tauwasser entsteht. Die innere Schicht auf der Raumseite der Dämmung wird somit als Dampfbremse bezeichnet.

Sollte Tauwasser entstehen, heißt es nicht immer, dass es auch einen Schaden anrichtet.

Der Tauwasserausfall sollte jedoch kontrolliert erfolgen, und die Bauteilschichten, für die ein Tauwasserausfall berechnet worden ist, müssen so ausgebildet werden, dass sie ihre Funktionstüchtigkeit weiterhin behalten. Da sich Tauwasser -wenn- meistens in den Wintermonaten bildet, kann es in der Trocknungsperiode (in den Sommermonaten) wieder abgegeben werden. Das Bauteil bleibt also nicht dauerhaft feucht und ist somit auch nicht gefährdet.

Ob, in welcher Schicht und wo, wie viel Tauwasser ausfällt und auch wieder aus dem Bauteil heraus diffundieren kann, kann bei Massiv- und Holzbauten mit dem „Glaser-Verfahren“ gemäß DIN 4108-3 berechnet werden (siehe hierzu Abbildung unten).

Um einem unkontrollierten Tauwasserausfall vorzubeugen, ist nun in der neuen DIN 68800, Teil 2, Punkt 5.2.4 festgelegt, dass eine Nachweisberechnung gemäß DIN 4108-3 (Glaser-Verfahren) oder mit einem numerischen Simulationsverfahren nach DIN EN 15026 (Berechnungen mit Programmen wie „WUFI“ oder „DELPHIN“) durchzuführen ist.

zu Punkt 3:

#### MASSNAHMEN ZUR VERHINDERUNG VON FÄULNIS DURCH TAUWASSER DURCH KONVEKTION

Tauwasserausfall durch Wasserdampfkonvektion wird durch eine innenseitig der Wärmedämmung ausgeführte luftdichte Schicht verhindert. Diese Anforderung an eine luftdichte Schicht legt auch die DIN 68800, Teil 2, Punkt 5.2.4. fest.

Ist diese luftdichte Schicht jedoch nicht ordnungsgemäß ausgeführt, kann durch diese sogenannten „Leckagen“ Tauwasser an der kälteren Seite des Bauteils ausfallen.

Man hat erkannt, dass durch die höheren Anforderungen an die Luftdichtheit der Gebäudehülle (bedingt durch die erhöhten Anforderungen an den Wärmeschutz/EnEV) Leckagen in dieser luftdichten Schicht von größerer Bedeutung sind als die Schäden durch Dampfdiffusion.

Seitdem hat ein Umdenken im Schichtenaufbau des Holzbaus begonnen, der jedoch erst jetzt in der neuen Fassung der DIN 68800 manifestiert worden ist:

Der Tauwasserschutz MUSS nun nach DIN 4108-3 (Glaserverfahren) oder DIN EN 15026 (numerische Simulationsverfahren nach DIN 15026) nachgewiesen werden, was allen am Bau Beteiligten -besonders natürlich dem Bauherrn- eine nachvollziehbare Sicherheit gibt, dass kein Tauwasser in der Gebäudehülle ausfallen wird.

Da die konventionelle Berechnungsmethode nach dem Glaserverfahren den Tauwasserausfall durch Konvektion nicht, wie andere Simulationsprogramme abbilden kann, wurde in der neuen DIN 68800 nun eine „rechnerische Trocknungsreserve“  $\geq 250\text{g}/(\text{m}^2\text{a})$  bei Dächern und  $\geq 100\text{g}/(\text{m}^2\text{a})$  bei Wänden und Decken eingeführt, die vorgehalten werden MUSS.

Die DIN 68800 bietet im Anhang A des Teil 2 aber auch gängige Konstruktionen an, für die KEIN Nachweis erforderlich ist, diese können DIREKT angewendet werden.

FAZIT: Somit sind Schäden durch Tauwasser ausgeschlossen, wenn nach DIN 68800 Teil 2 realisiert wird, da davon ausgegangen wird, dass Tauwasser, ENTSTANDEN DURCH Restleckagen von einer fehlertoleranten Konstruktion verkraftet werden kann.

Tab. 1 VERGLEICHRECHNUNG NACH DIN 4108-3 <sup>1)</sup>				
$s_d$ -Wert unter Wärmedämmung	Tauwasser- menge $W_t$	Verdunstungs- potenzial $W_v$	Verdunstungs- reserve $W_v - W_t$	Bewertung nach EN 15251-2
100 m	9 g/m <sup>2</sup>	26 g/m <sup>2</sup>	17 g/m <sup>2</sup>	GK 2
20 m	43 g/m <sup>2</sup>	102 g/m <sup>2</sup>	60 g/m <sup>2</sup>	GK 2
4 m	201 g/m <sup>2</sup>	456 g/m <sup>2</sup>	255 g/m <sup>2</sup>	GK 0
2 m	375 g/m <sup>2</sup>	846 g/m <sup>2</sup>	470 g/m <sup>2</sup>	GK 0

<sup>1)</sup> Flachdach mit gewöhnlicher Bitumenabdichtung und unterschiedlichen Dampfsperren

Die Tabelle zeigt, wie die Verdunstungsreserve bei Dampfsperren mit geringeren  $s_d$ -Werten zu mindern. Aus dieser Erkenntnis entspringen sich die Angaben der neuen Fassung der EN 15251 zu den nun festgesetzten jährlichen Verdunstungsreserven von 250g/m<sup>2</sup> bei Flachdächern (Quelle: Aufsatz von S.Winter/D.Schmidt, in „Bauen mit Holz 7-8/2010“)

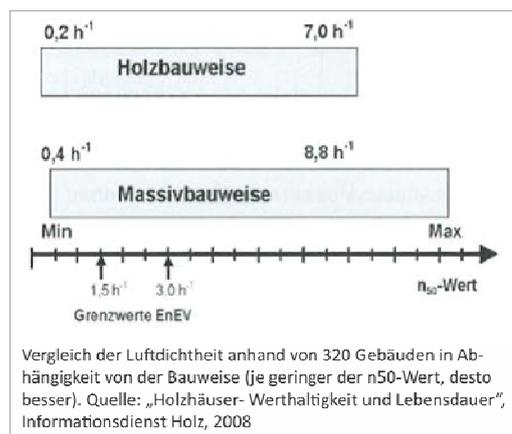
Abbildung 29 Vergleichsrechnung nach DIN 4108-3

### Bedeutung der Luftdichtheit

Generell gilt bei ALLEN Gebäuden -in Massivbauweise errichteten und auch in Holzbauweise realisierten-, dass die Luftdichtheit der Gebäudehülle eingehalten werden muss, um -im Sinne eines ökologischen Bauens- den Anforderungen der ENEC standhalten zu können, und Wärmeverluste zu reduzieren.

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) fordert eine dauerhaft luftdichte Gebäudehülle nach den anerkannten Regeln der Technik, siehe hierzu auch:

- DIN 4108-7:2011\_Luftdichtheitsnorm
- DIN EN 13829\_Nachweismessung der Luftdichtheit



Die Luftdichtheit der Gebäudehülle ist für den Wärme-, Schall- und besonders für den Feuchteschutz der Konstruktion von großer Bedeutung, so dass gerade bei Holzbauten häufig Blower-Door Tests realisiert wurden und werden, um sicher zu stellen, dass die Luftdichtheitsschicht tatsächlich „dicht“ ausgeführt worden ist. Viele ausführende Holzbaufirmen führen zur Qualitätssicherung eine solche Luftdichtheitsmessung selber durch. (Anmerkung: Bei großen Gebäuden, >1.500m<sup>3</sup> wird zur Beurteilung der Gebäudehülle zusätzlich die Luftdurchlässigkeit q50 (statt dem hier in den Grafiken gezeigten n50-Wert) nach DIN EN 13829:2001-02 herangezogen. Sie darf den Wert von 3,0m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>) nicht überschreiten.

Hat die luftdichte Schicht unvorhergesehene Öffnungen, sogenannte Leckagen, kann an diesen Stellen warme Luft in die dahinterliegenden Schichten gelangen, dort abkühlen und die im warmen Zustand noch als Wasserdampf aufgenommene Feuchte dann als Kondensat in die äußeren Schichten -schlimmstenfalls innerhalb der Konstruktionsebene- als Wasser abgeben (siehe Ausführungen oben zu „Konvektion“).

In der Praxis hat sich jedoch gezeigt, dass -gerade in den letzten Jahren- Planer und Ausführende von Holzbauten sich mit dem Thema der luftdichten Schicht intensiver beschäftigen, weil sie die Thematik der Konvektion kennen (siehe Grafik oben). Planer und Ausführende von Massivbauten scheinen auf das Thema der Luftdichtheit -zumindest in der Vergangenheit, - keinen so großen Wert gelegt zu haben. Meistens zeigen sich Leckagen an nicht fachgerecht abgedichteten Durchdringungspunkten (wie z.B. bei der haustechnischen Leitungsführung und Bauteildurchdringungen), an Bauteilübergängen (z.B. Fenster-/Türanschlüssen, Decken-, Boden-, Dachanschlüssen) und ganz einfach durch fehlerhafte Anschlüsse der luftdichten Elemente selbst. Auf diese Punkte ist bei der Planung und bei der Ausführung besonders zu achten; so sollten haustechnische Leitungen z.B. immer innenseitig der luftdichten Schicht geführt werden und diese nicht durchdringen.

Eine Qualitätsüberwachung der fachgerechten Ausführung, insbesondere von Bauteilanschlüssen (z.B. Fensteranschlüsse) muss auf der Baustelle erfolgen. Viele ausführende Firmen sind freiwillig in Güte- und Qualitätsgemeinschaften (z.B. RAL-Gütegemeinschaft).

Um zu überprüfen, ob die luftdichte Schicht einwandfrei durchgeführt ist, kann eine Luftdichtheitsmessung in Form eines Blower-Door Tests erfolgen. Die Dichtheitsprüfungen mit Blower-Door Tests

sollten jedoch zum „richtigen“ Zeitpunkt erfolgen. Stellt man durch den Blower-Door Test Undichtigkeiten fest und hat man sie mit geeigneten Mitteln lokalisiert, muss baulich auch noch die Möglichkeit bestehen, diese schließen zu können. Bei einem Blower-Door Test, der bei der Fertigstellung des Gebäudes ausgeführt wird, hat man unter Umständen Schwierigkeiten die Leckagen zu orten, und kann ggf. nur schwer wieder an die Luftdichtheitsschicht herankommen.

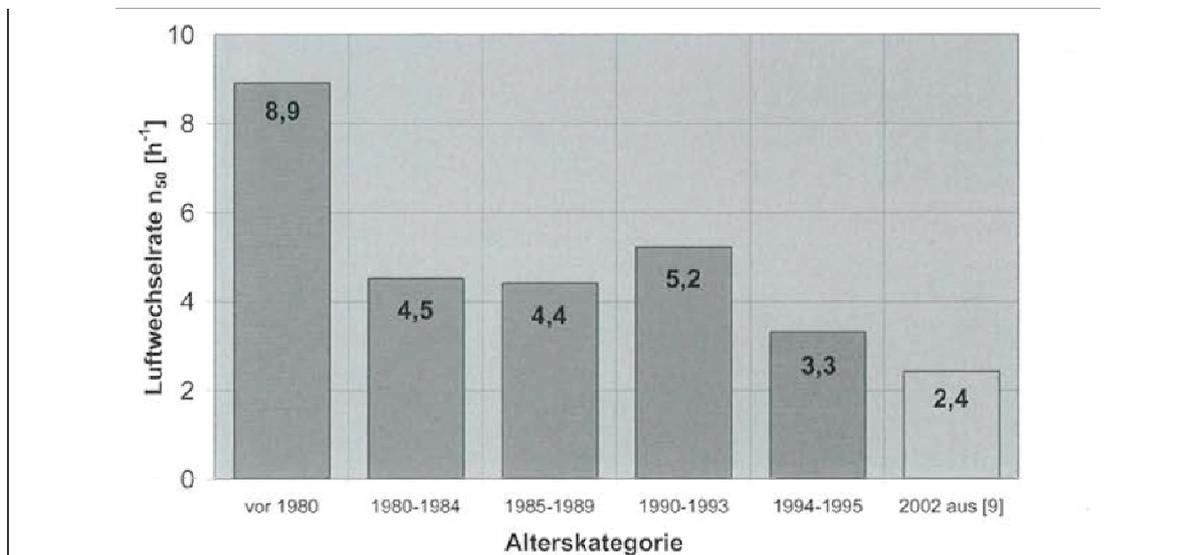
Die Leckageortung kann z.B. mit folgenden Maßnahmen erfolgen:

- Luftgeschwindigkeitsmessungen
- Rauchversuche (Unterdruck)
- Nebel (Überdruck)
- Thermografische Untersuchungen
- Ultraschall

Auch, wenn eine Luftdichtheitsmessung Bauschäden (z.B. Tauwasser durch Konvektion) durch Leckagen nicht ausschließen kann, da es viele unterschiedliche Einflussfaktoren gibt, die Bauschäden aufgrund Leckagen entstehen lassen -oder eben auch nicht- so kann eine Luftdichtheitsmessung auf jeden Fall als Indikator dienen, ob eine Gebäudehülle den Planungen entsprechend luftdicht ausgeführt ist.

In der DIN 4108-7:2011 heißt es dazu:

*„Selbst bei Einhaltung der oben genannten Grenzwerte ( $n_{50} \leq 1,5$  bis  $3,0$ ) sind lokale Fehlstellen in der Luftdichtheitsschicht möglich, die zu Feuchteschäden durch Konvektion führen können. Die Einhaltung der Grenzwerte ist somit kein hinreichender Nachweis für die sachgemäße Planung und Ausführung eines einzelnen Konstruktionsdetails, beispielsweise eines Anschlusses oder einer Durchdringung.“*



Entwicklung der Luftdichtheit in der Holzrahmenbauweise, anhand von 52 Bauten, Quelle: „Holzhäuser- Werhaltigkeit und Lebensdauer“, Informationsdienst Holz, 2008

Abbildung 30 Entwicklung der Luftdichtheit in der Holzrahmenbauweise anhand von 52 Bauten

Die Wahrscheinlichkeit, dass die Gebäudehülle luftdicht ausgeführt ist, somit keine/wenige Leckagen vorhanden sind, ist bei einem erfolgreich abgeschlossenem Blower-Door Test größer.

Laboruntersuchungen des Fraunhofer Instituts für Bauphysik in Stuttgart haben schon 1989 aufgezeigt, dass solche Leckagen viel höhere Befeuchtungsrisiken (abhängig von den Randbedingungen, ca. 85x so hoch) darstellen als die eigentliche Dampfdiffusion.

Um diesem vorhandenen Restrisiko -schließlich sind minimale Leckagen auch nach einem erfolgreichen Blower-Door Test nicht auszuschließen- begegnen zu können, MÜSSEN Holzkonstruktionen nun - wie auch in der neuen Fassung der DIN 68800: 02/2012 festgesetzt- diese durch etwaige Leckagen verursachte Feuchte OHNE Schaden aufnehmen können.

Wird -wie oben schon erläutert- der Tauwassernachweis mit dem Glaserverfahren erstellt, fordert die DIN 68800 z.B. für Flachdachkonstruktionen eine jährliche Trocknungsreserve von 250g/m<sup>2</sup> zur Abtrocknung der Feuchtebelastung aus Dampfkongvektion.

Hygrothermische Simulationen erlauben eine genaue Berechnung der zu erwartenden Feuchte und sollten bei größeren Bauvorhaben und komplizierteren Schichtenaufbauten zur Überprüfung angewendet werden.

### **Bedeutung des Chemischen Holzschutzes**

Betrachtet man die Einsatzbereiche, die die DIN 68800 dem „Chemischen Holzschutz“ bietet, erkennt man, das hier in der neuen Fassung der DIN 68800, ganz im Sinne der BayBO Artikel 11 und der Bauproduktenrichtlinie, nun ein auf das Notwendigste reduzierter Einsatz von chemischem Holzschutz vorgeschrieben ist.

Eine Definition von Chemischem Holzschutz lautet:

*„Anwendung von wirkstoffhaltigen Holzschutzmitteln, die einen Befall von Holz oder Holzwerkstoffen durch tierische und pflanzliche Holzschädlinge verhindern oder einen solchen Befall bekämpfen.“ (Damit sind Holzschutzmittel klar abgegrenzt von Anstrichen.)*

Wie auch schon Art. 11 BayBO erklärt, soll es das Ziel aller Gebäude sein, möglichst KEINE Chemikalien zu verwenden:

*Art. 11: Schutz gegen Einwirkungen*

*„Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass durch Wasser, Feuchtigkeit, pflanzliche und tierische Schädlinge sowie andere chemische, physikalische oder biologische Einflüsse Gefahren oder unzumutbare Belästigungen nicht entstehen.“*

Die Bauproduktenrichtlinie sieht im Anhang I, unter Punkt 3 „Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz“ ebenfalls vor:

*„Das Bauwerk muss derart entworfen und ausgeführt sein, dass die Hygiene und die Gesundheit der Bewohner und der Anwohner insbesondere durch folgende Einwirkungen nicht gefährdet werden:*

*-Freisetzung giftiger Gase,*

*-Vorhandensein gefährlicher Teilchen oder Gase in der Luft*

*-Emission gefährlicher Strahlen*

*-Wasser- und Bodenverunreinigung oder -vergiftung*

*-unsachgemäße Beseitigung von Abwasser, Rauch, und festem oder flüssigem Abfall, -Feuchtigkeitsansammlung in Bauteilen und auf Oberflächen von Bauteilen in Innenräumen.“*

In diesem Sinn sagt die DIN 68800, Teil 1, Punkt 8: „*Ausführungen mit besonderen baulichen Holzschutzmaßnahmen nach DIN 68800-2 SOLLTEN gegenüber Ausführungen bevorzugt werden, bei denen vorbeugende Schutzmaßnahmen mit Holzschutzmitteln nach DIN 68800-3 erforderlich sind.*“

Ziel sollte es bei der Planung sein, die Klassifizierung der Holzbauteile in die Gefährdungsklasse 0 zu bringen, um einen möglichst dauerhaften Einsatz von Holzbauteilen erreichen zu können, ohne chemischen Holzschutz einsetzen zu müssen. Nur wenn bei tragenden Holzbauteilen der Schutz allein durch bauliche Maßnahmen nach DIN 68800 Teil 2 und die natürliche Dauerhaftigkeit der vorgesehenen Holzarten nicht sichergestellt ist, so sind zusätzliche vorbeugende Holzschutzmaßnahmen mit Holzschutzmitteln nach DIN 68800 Teil 3 vorzunehmen. Bei nicht tragenden Holzbauteilen können dann zusätzliche vorbeugende Holzschutzmaßnahmen mit Holzschutzmitteln nach DIN 68800 Teil 3 vorgenommen werden, wobei diese Maßnahmen dann besonders zu vereinbaren sind.

DAS BEDEUTET: EIN GEBÄUDE KANN DURCHAUS, WENN ES DEMENTSPRECHEND GEPLANT UND KONSTRUIERT WIRD (SIEHE DIE OBEN ERLÄUTERTEN MASSNAHMEN DER DIN 68800, TEIL 1 UND TEIL 2) OHNE CHEMISCHEN REALISIERT WERDEN.

Generell wird die Anwendung von chemischen Holzschutz durch die DIN 68800, TEIL 3, 02/2012\_“Vorbeugender Schutz von Holz mit Holzschutzmitteln“ geregelt.

Um die Qualität von vorbeugenden chemischen Holzschutzmaßnahmen zu sichern, wird in der DIN 68800 Teil 1, Punkt 10, auf qualifizierte Fachbetriebe hingewiesen, die unter Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften zu Gesundheits-, Umwelt- und Arbeitsschutz (siehe hierzu vorgenannter Artikel 11 BayBO) in der Lage sind, Holzschutzmittel zum vorbeugenden Schutz von Holzbauteilen einzusetzen.

Für tragende Bauteile sind nur zugelassene Holzschutzmittel zu verwenden. (Anmerkung: Anstriche schützen das Holz sind aber keine Holzschutzmittel.)

Chemische Holzschutzmaßnahmen müssen rechtzeitig und sorgfältig geplant werden, sowohl hinsichtlich der Auswahl der Holzschutzmaßnahmen, des Holzschutzmittels, dem Einbringverfahren, den vorgeschriebenen Einbringmengen, der Fixierungszeit und unter Berücksichtigung ihrer zeitlichen Abstimmung im Rahmen des Baufortschritts.

Der vorbeugende chemische Holzschutz besteht darin, dass das Holz mit einem flüssigen oder festen Holzschutzmittel behandelt wird.

amit das Mittel den Vorgaben der DIN entsprechend tief eindringt gibt es folgende Möglichkeiten:

- Streichen
- Sprühen
- S pritzen

- Tauchen
- Trogtränkung
- Vakuumimprägnierung
- Kesseldruckimprägnierung

Es dürfen nur Holzschutzmittel verwendet werden, die vom Prüfungsausschuss für Holzschutzmittel beim Institut für Bautechnik in Berlin zugelassen sind. Zum Schutz von nicht tragenden Hölzern werden Holz schützende Lasuren oder Grundierungen, Bläueschutzmittel und Holzimprägnierungen verwendet, die das RAL-Gütezeichen für Holzschutzmittel der Gütegemeinschaft e.V. Frankfurt erhalten haben. Die Durchführung der Holzschutzmaßnahmen dürfen nur solche Unternehmer beauftragt werden, die aufgrund ihrer Erfahrung und Sachkunde die Gewähr für eine sachgemäße Ausführung der erforderlichen Arbeiten übernehmen können.

FAZIT: BEI RICHTIGEM EINSATZ VON CHEMISCHEN HOLZSCHUTZMITTELN IST DER EINSATZ INSOFFERN UNBEDENKLICH, DASS ZWAR KEINE GEFAHREN VON IHM AUSGEHEN, HINSICHTLICH DER SPÄTEREN RECYCLEBARKEIT SOLLTE JEDOCH MÖGLICHST EIN PRODUKT GEWÄHLT WERDEN; DER DIESE DANN AUCH NOCH ZULÄSST.

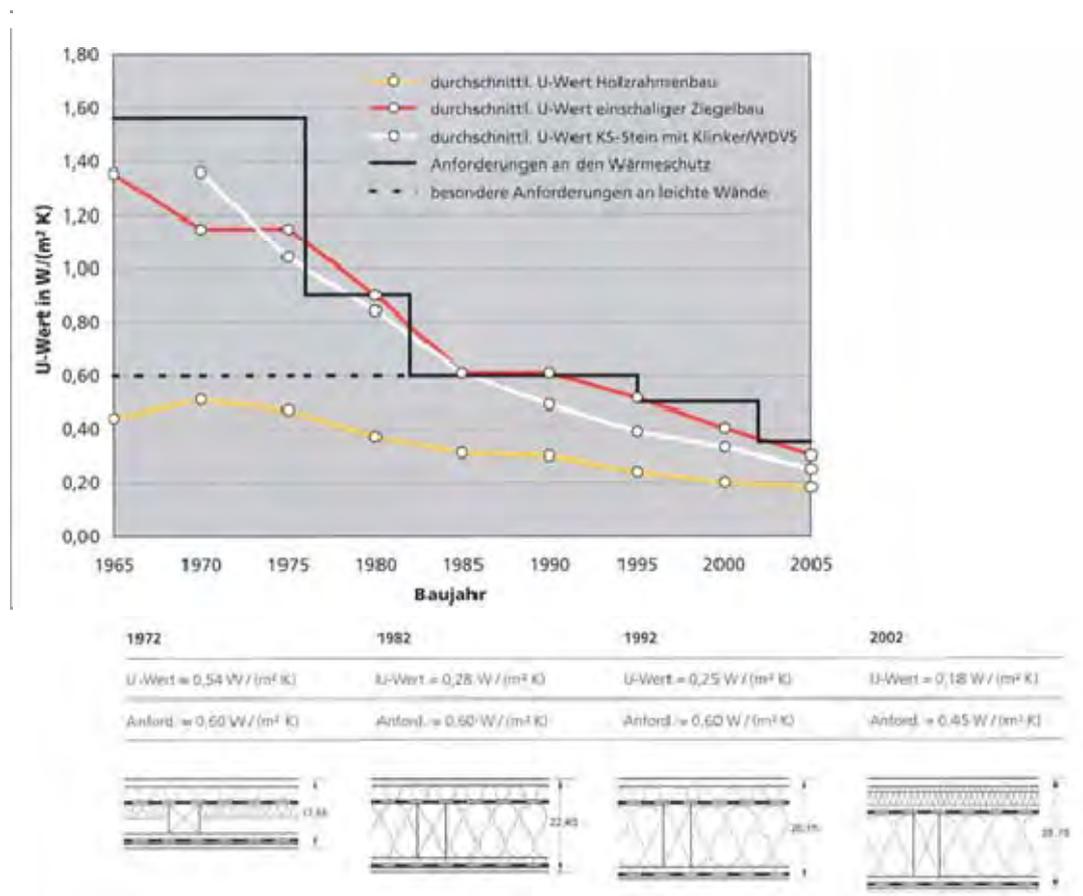
### **Zusammenfassung: Langlebigkeit von Holzbauten**

Die Entwicklung des Holzbaus -gerade in den letzten 40 Jahren- zeigt immense Fortschritte, was das Baumaterial, den Schichtaufbau, und die Möglichkeiten der Konstruktionsweisen angeht. Durch die Anforderungen an den U-Wert der Gebäudehülle (siehe Grafik unten) hat sich der Holzbau extrem weiterentwickelt. Neue Anforderungen an den baulichen Holzschutz wurden in der neuen Fassung der DIN 68800 berücksichtigt. Die Ausführungsmöglichkeiten der Luftdichtheitsschicht, die nicht nur für den Wärmeschutz, sondern auch für den Schallschutz und den oben beschriebenen Feuchteschutz (Stichwort Konvektion) essentiell ist, wurde im Laufe der Jahre deutliche verbessert (siehe Grafiken zur Luftdichtheit oben).

Versucht man den Begriff der Langlebigkeit / Dauerhaftigkeit näher zu beschreiben, so muss differenziert werden, ob man eher die Langlebigkeit im Sinne der Gesamtnutzungsdauer meint, oder Langlebigkeit im Sinne der sogenannten Technischen Lebensdauer.

Die **Gesamtnutzungsdauer** bezeichnet einen Zeitraum, in dem ein Gebäude bei normaler Instandhaltung wirtschaftlich nutzbar ist und den Ansprüchen der Nutzer gerecht wird.

Die Gesamtnutzungsdauer eines Gebäudes ist demnach nicht nur aufgrund seiner Baukonstruktion zu beurteilen, sondern auch, in wieweit z.B. der Grundriss so variabel gestaltet ist, dass er an zukünftige Veränderungen angepasst werden kann, und somit den „Ansprüchen der Nutzer“ noch gerecht wird.



Entwicklung des Wärmeschutzes  
 Quelle: „Holzhäuser- Werthaltigkeit und Lebensdauer“. Informationsdienst Holz. 2008

Abbildung 31 Entwicklung des Wärmeschutzes

Die **Technische Lebensdauer** bezeichnet einen Zeitraum, der bei der Errichtung beginnt und bis zum Abriss eines Gebäudes geht. Sie ist erreicht, wenn es nicht mehr möglich ist, mit wirtschaftlich gerechtfertigtem Aufwand das Gebäude statisch und bauphysikalisch an die neuen Anforderungen anzupassen. Die technische Lebensdauer von Fachwerkhäusern zum Beispiel beträgt oft mehr als 300 Jahre.

Moderne Holzhäuser können diese Zeitspanne ebenso erreichen, wenn sie dementsprechend instand gehalten und gewartet werden. In dem Heft vom Informationsdienst Holz, das sich 2008 dem Thema „Holzhäuser-Werthaltigkeit und Lebensdauer“ widmet, findet man noch den interessanten Vergleich zwischen den Herstellungskosten von Holzbauten und von Massivbauten.

Nimmt man an, dass die Herstellungskosten eines Gebäudes die Qualität widerspiegeln, dann sind inzwischen Gebäude in Holzbauweise mindestens so werthaltig wie Massivbauten (s. Vergleich nach A. Ohler unten).

#### VERGLEICH DER HERSTELLUNGSKOSTEN VON HOLZBAU UND MASSIVBAU

-Nach der UNO 1989

Zielsetzung: als Nebenbedingung: ergab sich, dass die Holzbaue bei den 1980er Jahren eine immer größere Bedeutung

-1980-1992:

Freschere Wohnhäuser (EF-WZFH) in Holzbaue sind einfacher bis sehr guter Ausstattung zu 20% der Herstellungskosten von Massivgebäuden.

1973-1984:

Holzhauser erhalten im Mittel einen Abschlag von 14%, Fertighauser 10%, bestehende Häuser 19%

-ab 1985

kein Unterschied mehr in den Herstellungskosten im Vergleich zum Massivbau

Vergleich der Herstellungskosten von Holzbauten und Massivbauten, basierend auf Untersuchungen von A. Ohler, „Einfluss der Nutzung auf die Bewertung von Wohngebäuden“, Brestel 1996

Abbildung 32 Vergleich der Herstellungskosten von Holzbauten zu Massivbauten nach A. Ohler

Im weiteren Sinne kann diese mit dem Massivbau gleichbedeutende Werthaltigkeit auch als ein Indikator der Langlebigkeit des Holzbaus gewertet werden.

Aufgrund der Entwicklung des Holzbaus im Bereich von Schallschutz, Brandschutz, Konstruktionsprinzipien, Qualitätssicherung durch Gesetze und Normen, etc. wird in dem Aufsatz von S. Winter/ D. Kehl, in „Holzhäuser-Werthaltigkeit und Lebensdauer“ ein Vorschlag für einen rechnerischen Ansatz der Gesamtnutzungsdauer von Gebäuden gemacht (siehe hierzu Grafik auf der nächsten Seite).

Hier sieht man, dass bei Gebäuden, die nach 1985 realisiert worden sind, die Gesamtnutzungsdauer für Holzbauten und Massivbauten gleich sind.

WIRD EIN HOLZBAU NACH DEN DERZEIT BESTEHENDEN REGELN DER TECHNIK REALISIERT UND IN STAND GEHALTEN, KANN DIE LANGLEBIGKEIT MIT DER EINES MASSIVBAUS DURCHAUS VERGLICHEN WERDEN.

VORSCHLAG FÜR EINEN RECHNERISCHEN ANSATZ DER  
GESAMTNUTZUNGSDAUER VON GEBÄUDEN

Bauweise	Baujahr	Gesamtnutzungsdauer
Holzrahmenbau/Holztafelbau	1960 - 1984	60 - 80 Jahre
	seit 1985	80 - 100 Jahre
Massivbau	seit 1960	80 - 100 Jahre

*Aufgrund der Entscheidung des Holzbau im Bereich von Schallschutz, Brandschutz, Sanitärkonzeptionen, Qualitätssicherung durch Gesetze und Normen, etc. wird in dem Aufsatz von S. Winter / D. Seil ein Vorschlag für einen rechnerischen Ansatz der Gesamtnutzungsdauer von Gebäuden gemacht, siehe nebenstehende Grafik*

Abbildung 33 Vorschlag für einen rechnerischen Ansatz der Gesamtnutzungsdauer von Gebäuden

Folgende Erkenntnisse werden in die Planung übernommen:

- Es wird kein Chemischer Holzschutz verwendet, alle Maßnahmen werden getroffen, dass durch geeignete Konstruktionen sowie geeignete Holz Auswahl dieser nicht notwendig wird.
- Die Gebäudedichtigkeit wird den Anforderungen des Passivhauses gerecht, diese sind mit den heute bekannten Produkten und Standarddetailösungen umsetzbar. Bei der Detaillierung wird besonders auf diesen Punkt Augenmerk gelegt, die Prüfung erfolgt über umfassende heute üblichen „Blowerdoor Tests“.

## 5. Plusenergiekonzept

### 5.1 Projektbezogene Definition des Plusenergiestandards

Es wird angestrebt, mit dem Gymnasium Diedorf ein „Plusenergiegebäude“ zu verwirklichen. Dieses Ziel wird, wie schon im Projektantrag ausgeführt, für das vorliegende Projekt dahingehend spezifiziert, dass

- der gesamte nichtregenerative Primärenergiebedarf des Gebäudes (Haustechnik und nutzerinduzierte Bedarfe) in der Jahresbilanz geringer ausfällt als der durch Eigenerzeugung auf dem Schulgelände substituierte Primärenergieeinsatz und
- die durch den Betrieb des Gebäudes insgesamt (d. h. durch Haustechnik und nutzerinduzierte Bedarfe) verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Jahresbilanz geringer ausfallen als die durch die Eigenerzeugung auf dem Schulgelände vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen.

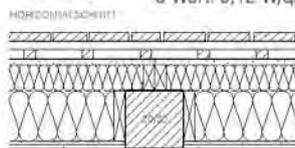
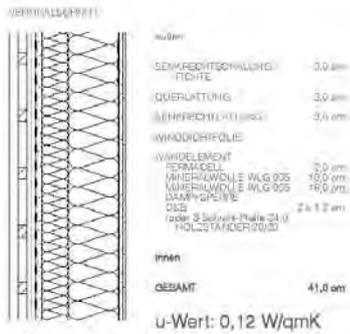
Endenergiebedarfe des Gebäudes, die sich auf verschiedene Energieträger beziehen können (z. B. Elektrizität, Gas, Holzpellets) werden hierfür zunächst in Primärenergiebedarfe umgerechnet, um sie dann hinsichtlich ihres Einsatzes an nichtregenerativen Ressourcen zu bewerten bzw. zu vergleichen. Dass gemäß dieser strengen Definition ein Plusenergiegebäude derzeit realisierbar erscheint, wird weiter hinten dargelegt.

### 5.2 Qualität der Gebäudehülle hinsichtlich Wärmeschutz und Luftdichtigkeit

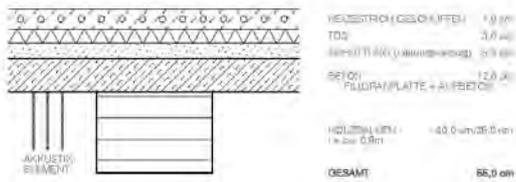
Die nachfolgenden Bauteile sind Ergebnis des interdisziplinären Planungsprozesses und entsprechen hinsichtlich der U-Werte den Anforderungen des erarbeiteten Standards, ebenso sind sie hinsichtlich Brand- und Schallschutz geeignet. Auch kann die geforderte Luftdichtigkeit prinzipiell damit erreicht werden. Die Details der luftdichten Übergänge und Fügungen der Bauteile muss in der Detailplanungsphase weiterentwickelt werden.

Nachfolgend werden wesentliche Bauteilaufbauten dokumentiert:

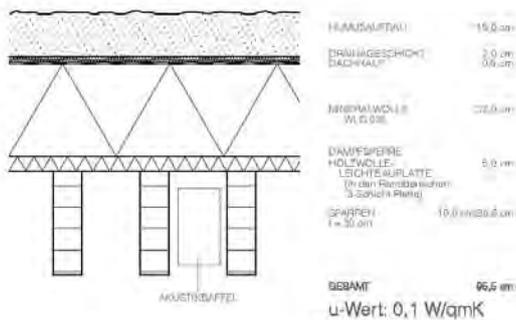
## 1 AUBENWAND KLASSEN- / AULATRAKT / TURNHALLE-UMKLEIDE



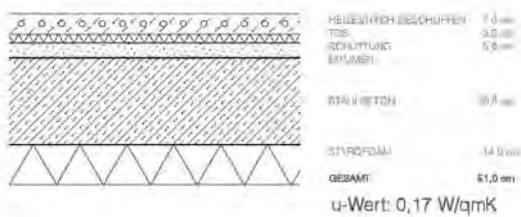
## 2 FUSSBODEN OG



## 3 DACH KLASSEN- / AULATRAKT (VARIANTEN)



## 4 BODEN EG

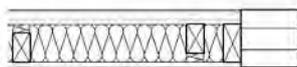


### 5a KLASSENTRENNWÄNDE (kein tragendes Bauteil)

VERTIKALSCHNITT



HORIZONTALSCHNITT



### 5b KLASSENTRENNWÄNDE (aussteifend)

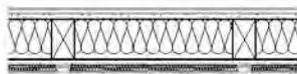


### 6 MITTELWÄNDE ZW. MARKTPLATZ

VERTIKALSCHNITT



HORIZONTALSCHNITT



## 5.3 Entwicklung des Energieversorgungskonzepts

### 5.3.1 Stromerzeugung

Konventionelle Schulgebäude verursachen durch ihre Nutzung erhebliche Primärenergiebedarfe und CO<sub>2</sub>-Emissionen. Das, beim vorliegenden Projekt, angestrebte Ziel der Konzipierung eines Plusenergiegebäudes, bedingt neben der konsequenten Absenkung des Energiebedarfs eine erhebliche Eigenerzeugung von Strom und (evtl.) Wärme. Neben Blockheizkraftwerken, die allerdings meist nur bei Nutzbarkeit ihrer Abwärme primärenergetisch sinnvoll eingesetzt werden können, kommen hier insbesondere Photovoltaikanlagen zur Stromerzeugung in Frage. Erste Untersuchungen legten nahe, dass das Ziel, ein Plusenergiegebäude zu realisieren, möglicherweise allein schon mittels dachgestützter Photovoltaikanlagen erreicht werden kann. Die möglichst nahtlose Integration der Photovoltaikmodule in die Dachkonstruktion wird im Sinne der Synergienutzung im Zuge der weiteren Planung eingehend geprüft.

### 5.3.2 Energieeinsparung

#### HLS-Anlagen

In Abstimmung mit dem HLS-Planer werden in dessen Konzepten die wesentlichen Schritte (bedarfsabhängige Regelung der Ventilatoren, raumweise Einstellbarkeit der Lüftungsanlagen, bedarfsoptimierte Regelung der Umwälzpumpen, etc.) eingeplant, die den Strombedarf der HLS-Anlagen auf das Mindestmaß reduzieren.

Ob eine Überwachung der Fensteröffnung z.B. mittels Magnetkontakten zur Steuerung der Heizungs- und Lüftungsanlagen erforderlich und wirtschaftlich ist, wurde noch nicht abschließend diskutiert. Zu berücksichtigen ist, dass die Raumlüftung mittels CO<sub>2</sub>-Melder geregelt wird und das Öffnen der Fenster unmittelbar Auswirkung auf die Messgröße des CO<sub>2</sub>-Melders hat. Für die Fußbodenheizung hätte ein kurzzeitiges Öffnen der Fenster, wegen deren Trägheit ohnehin keine Auswirkung.

Sämtliche Anlagenkomponenten, einschl. Anschluss und Inbetriebnahme ist im Konzept des HLS-Planers enthalten. Im Konzept der Elektroplanung sind lediglich die Verkabelungsarbeiten gem. Angaben des HLS-Planers enthalten.

#### Beleuchtungsanlagen

In Abstimmung mit dem Bereich Lichtplanung werden in dessen Konzepten die wesentlichen Schritte (bestmögliche Tageslichtnutzung, Steuerung von Beleuchtungsanlagen mittels Präsenzmelder, tageslichtabhängige Regelung der Beleuchtungsanlagen, Einsatz von Leuchten mit EVG oder LED-Leuchten, etc.), eingeplant, die den Strombedarf auf das Mindestmaß reduzieren (s. Anlagenkonzept Lumen<sup>3</sup>). Sämtliche Beleuchtungskörper sind im Konzept Lichtplanung enthalten. Steuer- und Regelungsbauteile, sowie sämtliche Verkabelung ist im Konzept zur Elektroplanung enthalten.

### 5.3.3 Thermisch-dynamische Simulationsrechnung

Für ein repräsentatives Klassenzimmer wurden Analysen mittels thermisch-dynamischer Simulationsrechnung durchgeführt, um zu überprüfen, mit welchen baulich-technischen Konzepten der gewünschte sommerliche thermische Komfort erreicht werden kann. Das im Rahmen des vorliegenden Projekts vorgeschlagene Komfortziel besteht darin, dass **eine Empfindungstemperatur im Raum von 27 °C an maximal 5 % der Belegungszeit überschritten werden soll.**

Das vorliegende Kapitel erläutert die Untersuchungen für ein repräsentatives südorientiertes Klassenzimmer. Wichtige Randbedingungen der Simulation finden sich im Anhang.

#### 5.3.3.1 Quantitative Auswertung

Die untersuchten Varianten und die quantitative Auswertung der ersten Simulationsergebnisse für das Gesamtjahr sind den folgenden Wertetabellen zu entnehmen (zunächst gemäß der Untersuchungssystematik und dann absteigend geordnet nach Überschreitungshäufigkeit 27 °C; alle vorkommenden Temperaturen sind Empfindungstemperaturen):

Kürzel	Erläuterung	Gew. Überschreitungshäufigkeit 27 °C, Kh/a	Überschreitungshäufigkeit 26 °C, h/a	Überschreitungshäufigkeit 27 °C, h/a	Überschreitungshäufigkeit 28 °C, h/a	Max. Empf.temperatur, °C	% über 27 °C (bez. auf 2.349 h/a)
basis	Basisfall: Fensterlüftung; keine Nachtauskühlung; kein Überkopf-Tageslichtelement	6095,5	1164	1121	1071	39,8	47,7%
nl1	Belüftung mit Außenluft bei Abwesenheit (1-facher LW), sonst wie Basisfall	2308,4	824	703	572	37,2	29,9%
nl3	Belüftung mit Außenluft bei Abwesenheit (3-facher LW), sonst wie Basisfall	1137,9	575	440	317	35,9	18,7%
nl5	Belüftung mit Außenluft bei Abwesenheit (5-facher LW), sonst wie Basisfall	852,5	477	365	255	35,5	15,5%
tzu18	Zulufttemperatur 18 °C, sonst wie Basisfall	3512,4	1630	1376	1191	32,2	58,6%
tzu18-nl3	s. o.	74,7	277	118	24	29,0	5,0%
beton25-tzu18-nl3	Betondecke 25 cm, sonst s. o.	0,6	84	5	0	27,4	0,2%
beton5-tzu18-nl3	s. o.	19,7	150	48	1	28,3	2,0%
beton10-tzu18-nl3	s. o.	7,6	119	26	0	28,0	1,1%
tzu18-pcool20w	Kühlung mit 20 W/m <sup>2</sup> , sonst s. o.	0,0	100	0	0	26,8	0,0%
tzu18-pcool30w	Kühlung mit 30 W/m <sup>2</sup> , sonst s. o.	0,0	0	0	0	25,9	0,0%
beton10-tzu18-nl3-sszuabw	s. o.	4,2	93	17	0	27,8	0,7%

Abbildung 34 Wertetabelle gemäß Untersuchungssystematik

Kürzel	Erläuterung	Gew. Überschreitungshäufigkeit 27 °C, Kh/a	Überschreitungshäufigkeit 26 °C, h/a	Überschreitungshäufigkeit 27 °C, h/a	Überschreitungshäufigkeit 28 °C, h/a	Max. Empf.temperatur, °C	% über 27 °C (bez. auf 2.349 h/a)
tzu18	Zulufttemperatur 18 °C, sonst wie Basisfall	3512,4	1630	1376	1191	32,2	58,6%
basis	Basisfall: Fensterlüftung; keine Nachtauskühlung; kein Überkopf-Tageslichtelement	6095,5	1164	1121	1071	39,8	47,7%
nl1	Belüftung mit Außenluft bei Abwesenheit (1-facher LW), sonst wie Basisfall	2308,4	824	703	572	37,2	29,9%
nl3	Belüftung mit Außenluft bei Abwesenheit (3-facher LW), sonst wie Basisfall	1137,9	575	440	317	35,9	18,7%
nl5	Belüftung mit Außenluft bei Abwesenheit (5-facher LW), sonst wie Basisfall	852,5	477	365	255	35,5	15,5%
tzu18-nl3	s. o.	74,7	277	118	24	29,0	5,0%
beton5-tzu18-nl3	s. o.	19,7	150	48	1	28,3	2,0%
beton10-tzu18-nl3	s. o.	7,6	119	26	0	28,0	1,1%
beton10-tzu18-nl3-sszuabw	s. o.	4,2	93	17	0	27,8	0,7%
beton25-tzu18-nl3	Betondecke 25 cm, sonst s. o.	0,6	84	5	0	27,4	0,2%
tzu18-pcool20w	Kühlung mit 20 W/m <sup>2</sup> , sonst s. o.	0,0	100	0	0	26,8	0,0%
tzu18-pcool30w	Kühlung mit 30 W/m <sup>2</sup> , sonst s. o.	0,0	0	0	0	25,9	0,0%

Abbildung 35 Wertetabelle absteigend geordnet nach Überschreitungshäufigkeit 27 °C

**Grafische Auswertung** (nach Systematik und dann absteigend geordnet nach Überschreitungshäufigkeit 27 °C):

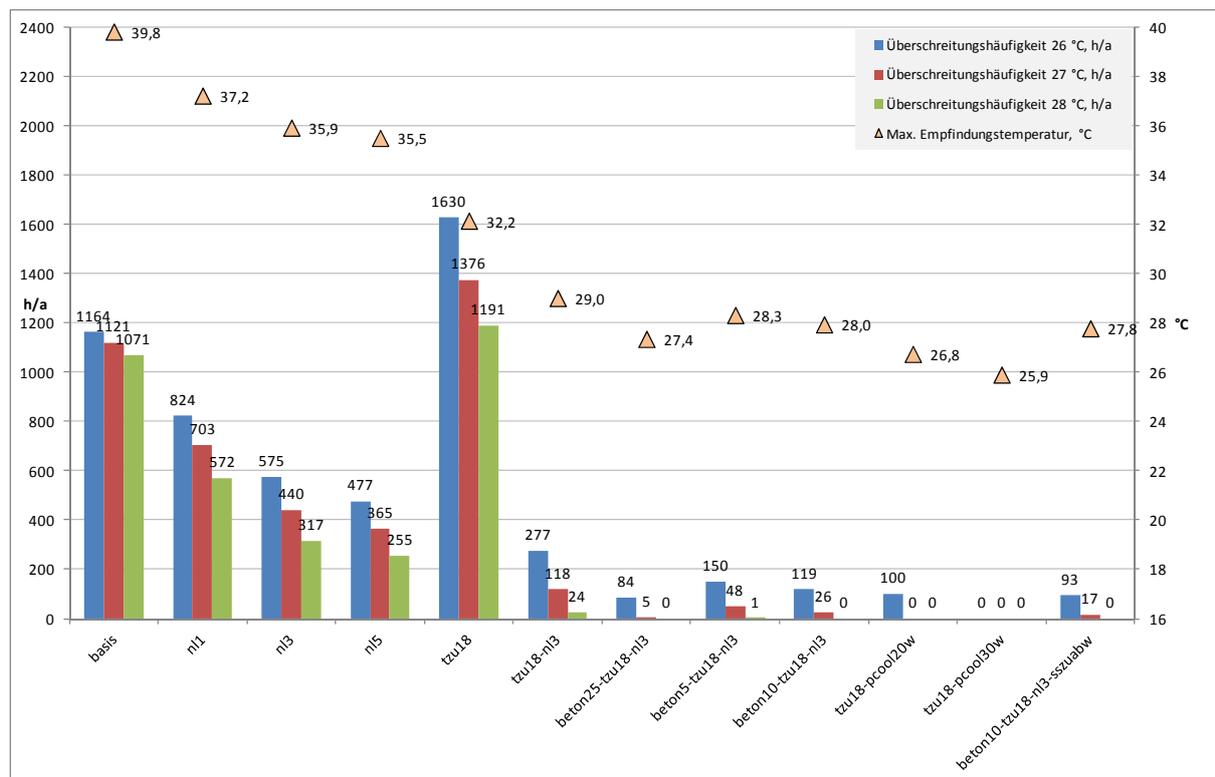


Abbildung 36 Grafische Auswertung, geordnet gemäß Untersuchungssystematik

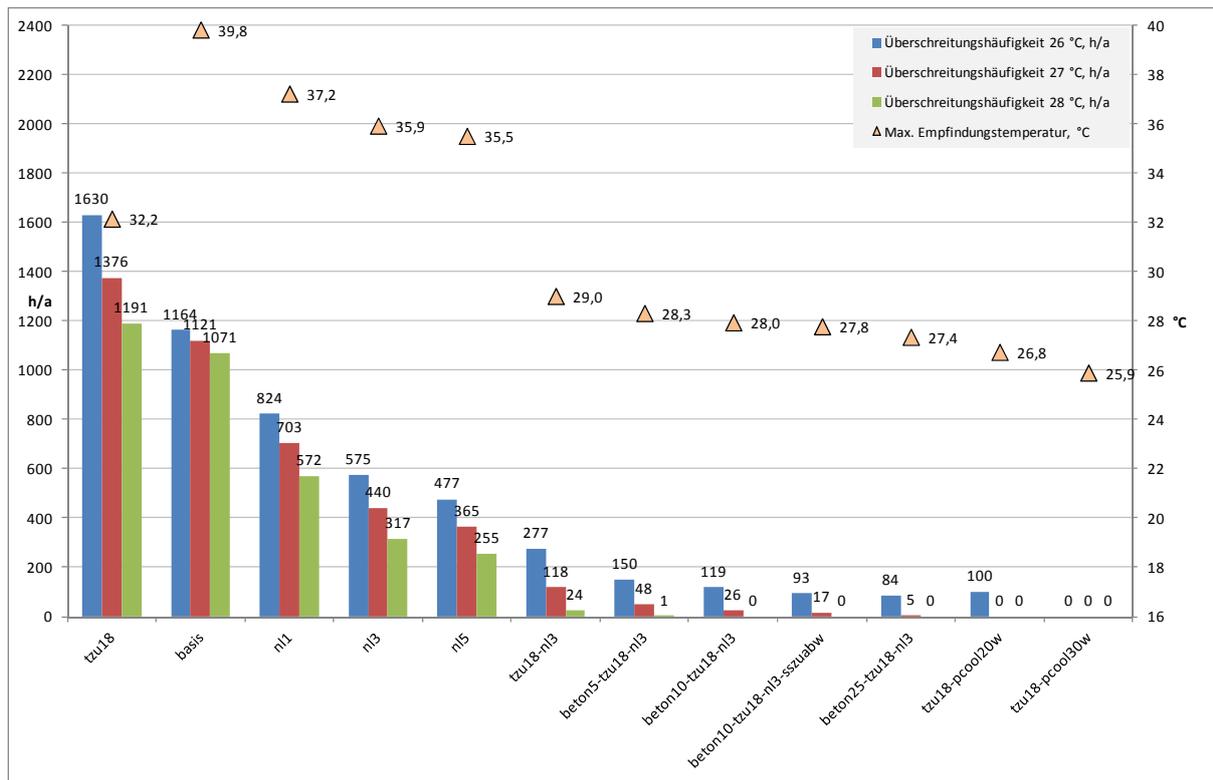


Abbildung 37 Grafische Auswertung; absteigend geordnet nach Überschreitungshäufigkeit 27 °C

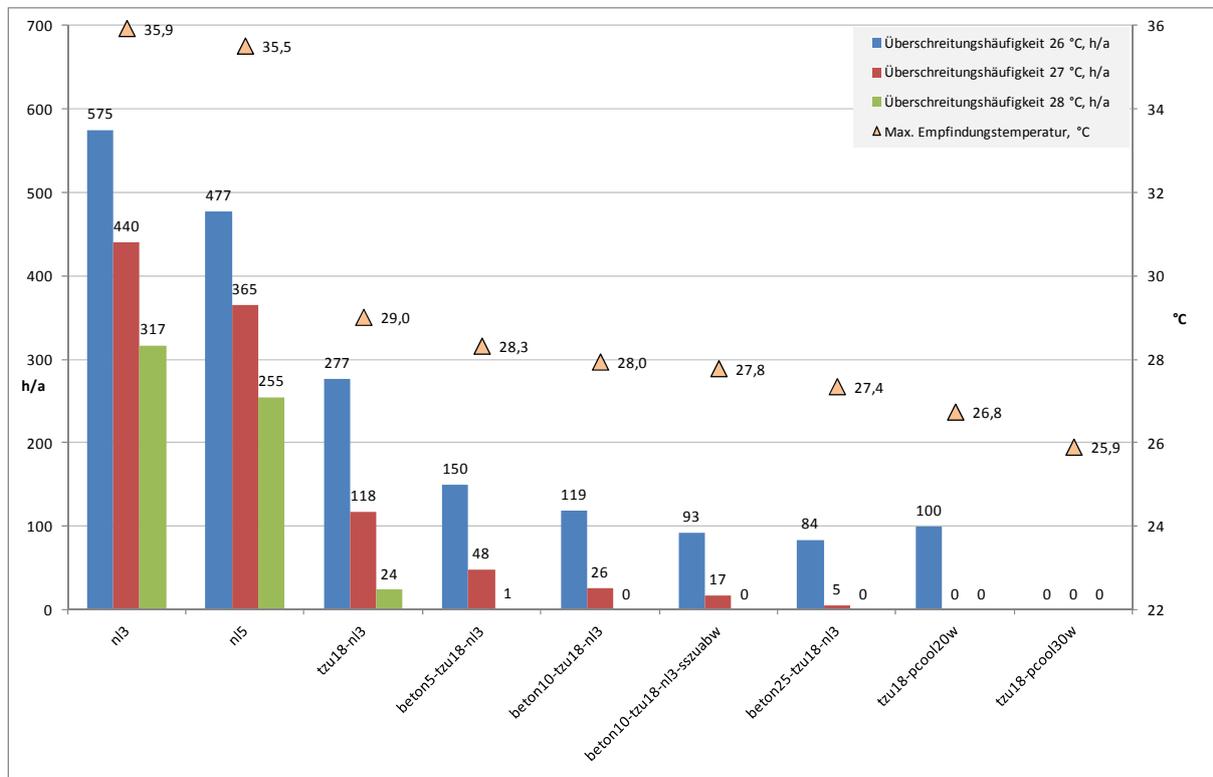


Abbildung 38 Grafische Auswertung; absteigend geordnet nach Überschreitungshäufigkeit 27 °C; Detail

**Hinweis:**

Es wurde neben der einfachen Überschreitungshäufigkeit auch die *gewichtete* Überschreitungshäufigkeit ausgewiesen, welche nicht nur die Überschreitungseignisse zählt, sondern jeweils auch den Betrag der Überschreitung summiert. Dass dies ein angemesseneres Maß für den thermischen Komfort ist, ersieht man sofort aus folgendem Beispiel:

- a. Die unbedenkliche Überschreitung des Grenzwertes um 0,1 K in hundert Fällen ergibt eine einfache Überschreitungshäufigkeit von **100 h/a** und eine gewichtete Überschreitungshäufigkeit von lediglich **10 Kh/a**.
- b. Die sehr viel gravierendere Überschreitung des Grenzwertes um 10 K in fünfzig Fällen ergibt eine einfache Überschreitungshäufigkeit von lediglich 50 h/a und eine gewichtete Überschreitungshäufigkeit von 500 Kh/a.

Der zweite genannte Fall ist thermisch als wesentlich kritischer zu bewerten als der erste, weist aber nur die halbe einfache Überschreitungshäufigkeit auf wie der erste. Die gewichtete Überschreitungshäufigkeit im zweiten Fall ist drastisch höher, was zeigt, dass sie das bessere Maß für den thermischen Komfort darstellt.

Grafische Darstellung der einfachen und der gewichteten Überschreitungshäufigkeit über 27 °C:

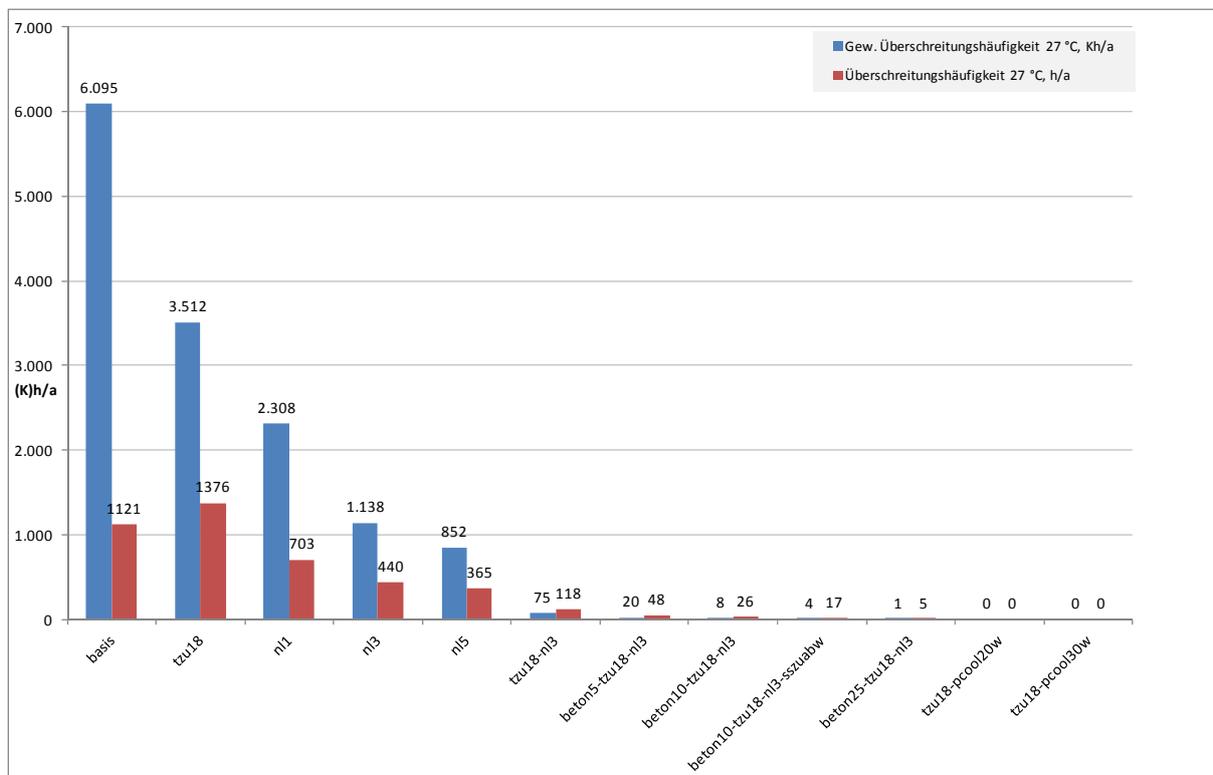


Abbildung 39 Grafische Auswertung; absteigend geordnet nach einfacher und gewichteter Überschreitungshäufigkeit 27 °C

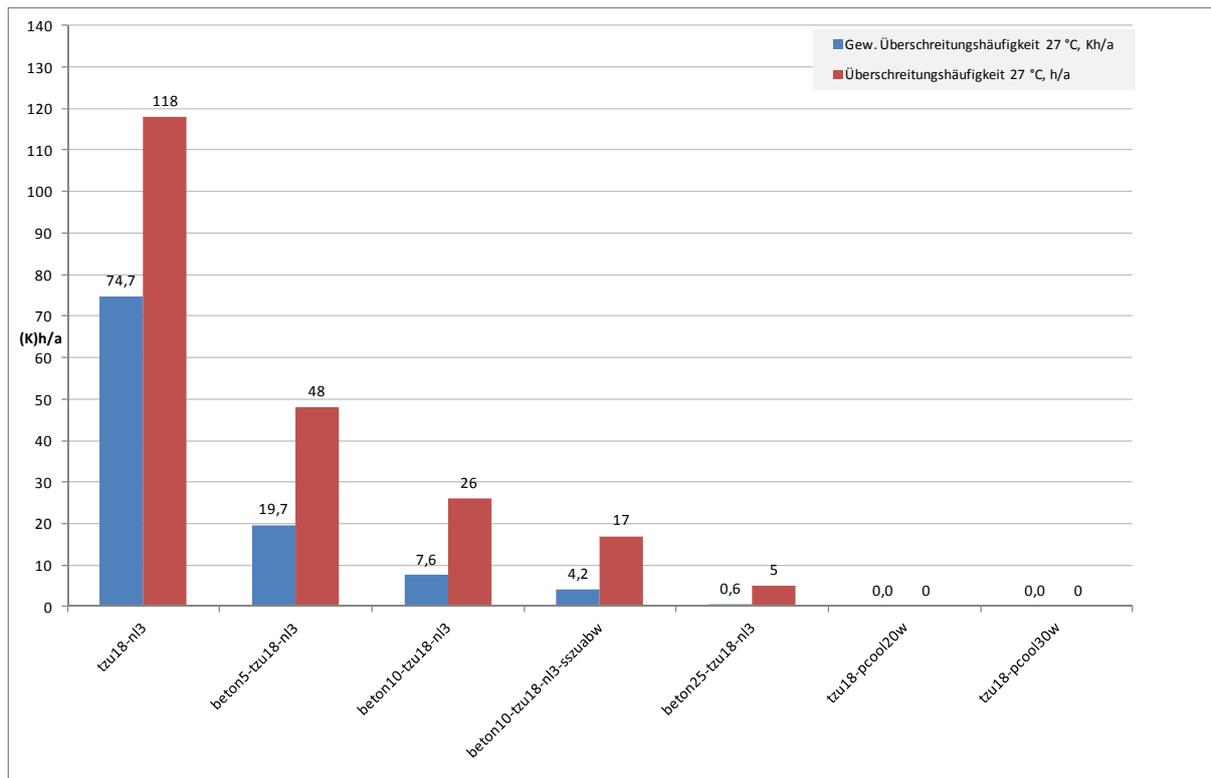


Abbildung 40 Grafische Auswertung; absteigend geordnet nach einfacher und gewichteter Überschreitungshäufigkeit 27 °C; Detail

### 5.3.3.2 Exemplarische Temperaturverläufe

Im Folgenden werden exemplarische Temperaturverläufe der Simulation für 17 Sommertage dargestellt. Deutlich sichtbar sind die erheblich größeren Temperaturamplituden der Variante mit geringerer thermischer Masse (tzu18-nl3) gegenüber den beiden mit höherer thermischer Masse:

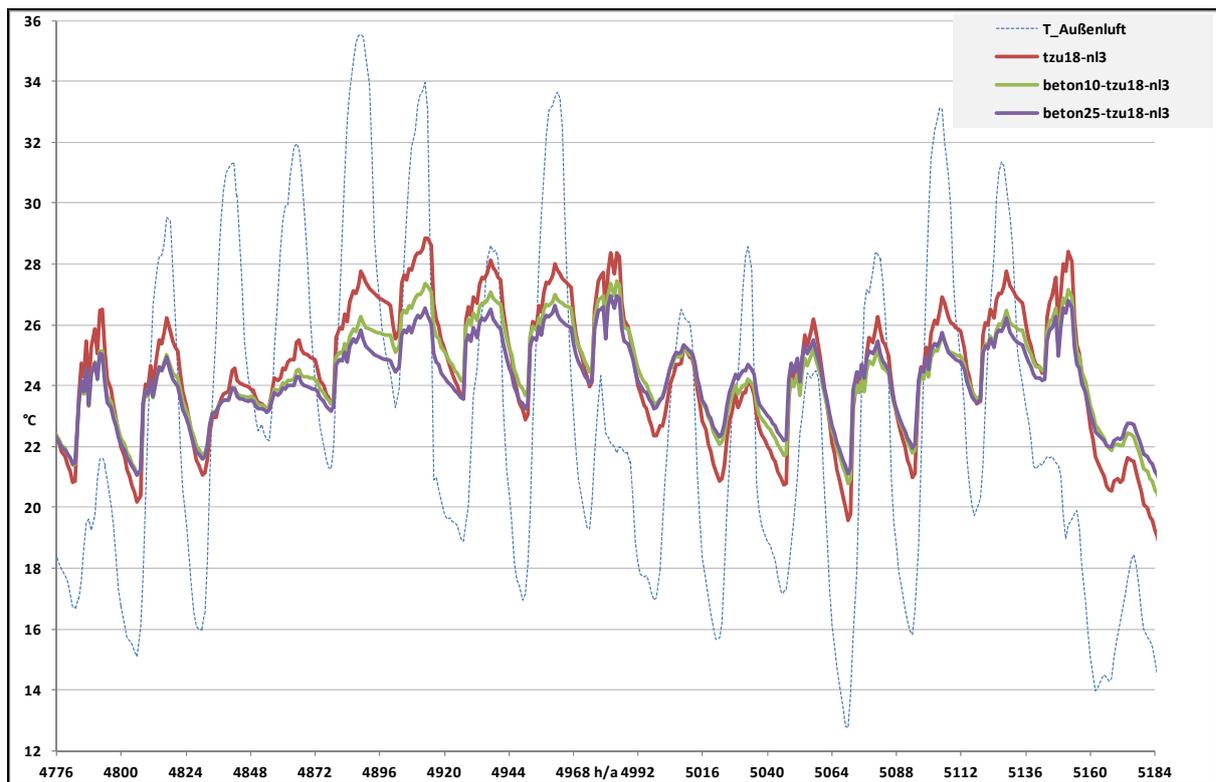


Abbildung 41 Exemplarische Verläufe der sommerlichen Empfindungstemperatur

### 5.3.3.3 Einfluss dachintegrierter Oberlichter auf den thermischen Komfort

Zur quantitativen Untersuchung des Zielkonflikts zwischen thermischem Komfort und Tageslichtnutzung bei dachintegrierten Oberlichtern wurde die Konfiguration „beton10-tzu18-nl3“ aus den vorher beschriebenen Simulationsläufen mit einem dachintegrierten Oberlichtelement (Fläche: 11,91 m<sup>2</sup>; davon 20 % Konstruktion, 80 % transparent) untersucht. Zur Untersuchung kam ein Mikrorastersystem mit einem g-Wert von 18 %. Dieses wurde zunächst ohne und dann mit variabel verfahrbarem Sonnenschutz modelliert.

Tabellarische Auswertung:

Kürzel	Erläuterung	Gew. Überschreitungshäufigkeit 27 °C, Kh/a	Überschreitungshäufigkeit 26 °C, h/a	Überschreitungshäufigkeit 27 °C, h/a	Überschreitungshäufigkeit 28 °C, h/a	Max. Empf.temperatur, °C	% über 27 °C (bez. auf 2.349 h/a)
beton10-tzu18-nl3	s. o.	7,6	119	26	0	28,0	1,1%
beton10-tzu18-nl3-oberlichtg18%	Dachintegriertes Oberlicht mit g=18%; sonst wie vor	249,7	363	224	109	30,2	9,5%
beton10-tzu18-nl3-oberlichtg18%-ssoben	Variabler Sonnenschutz über dachintegriertem Oberlicht; sonst wie vor	36,5	181	70	8	28,7	3,0%

Abbildung 42 Wertetabelle zum Einfluss dachintegrierter Oberlichter auf den thermischen Komfort

Grafische Auswertung:

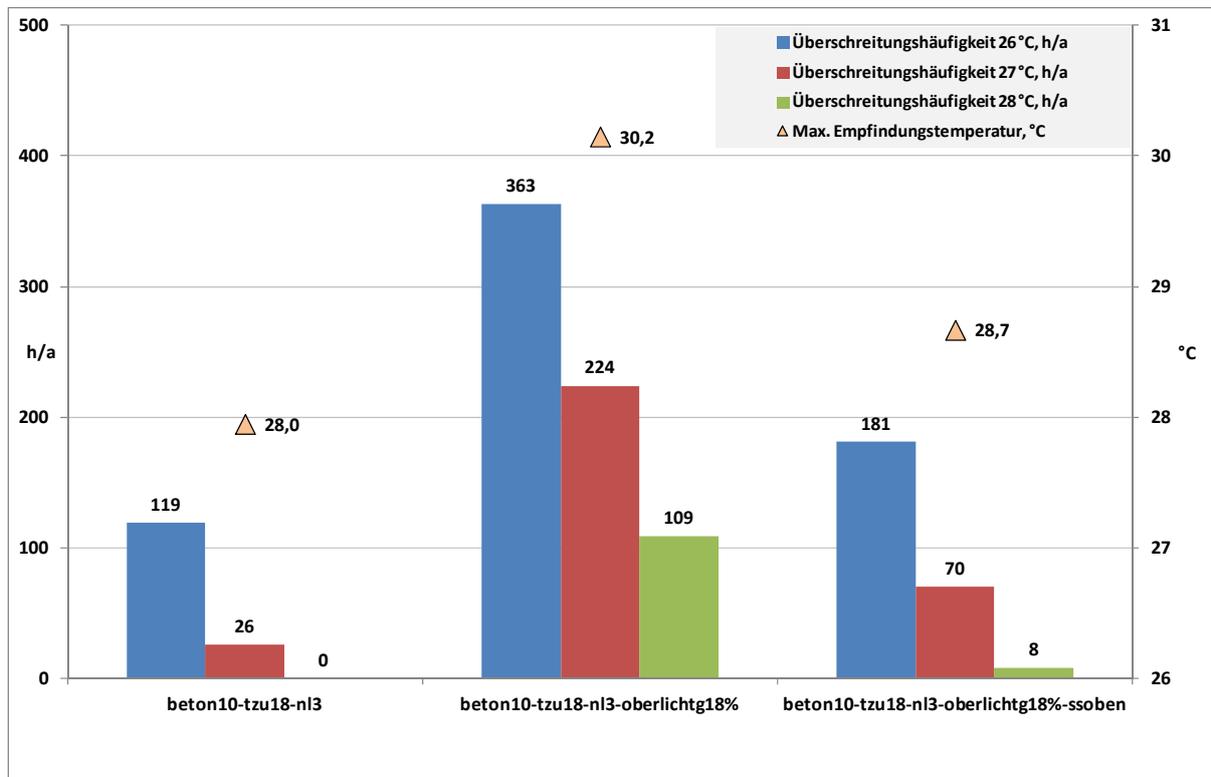


Abbildung 43 Grafische Auswertung zum Einfluss dachintegrierter Oberlichter auf den thermischen Komfort

#### 5.3.3.4 Erläuterung/ Interpretation der Ergebnisse

Unter den angenommenen Randbedingungen wird der gewünschte thermische Komfort (Überschreitung einer Empfindungstemperatur im Raum von 27 °C zu maximal 5 % der Anwesenheitszeit, s. Einleitung) nur von einer einzigen „thermisch leichten“ Variante ohne aktive Flächenkühlung („tzu18-nl3“) erzielt, und dies auch nur knapp. Erwartungsgemäß ist die Nachtauskühlung mit Außenluft nur in Verbindung mit einer hinreichend großen thermischen Masse effizient genug, um das Komfortziel ohne zusätzliche aktive Flächenkühlung zu erreichen.

Deutlich erkennbar wird der positive Effekt einer erhöhten wirksamen thermischen Masse – in Verbindung mit der Nachtlüftung und der Zuluftankühlung lassen sich thermisch behagliche sommerliche Verhältnisse herstellen. In der Simulation wird diese erhöhte wirksame thermische Masse durch Betonplatten abgebildet, in der Praxis ist sie aber auch auf anderem Wege erreichbar, z. B. durch Phasenwechselmaterialien (PCM).

Der Spielraum für Maßnahmen, die zu erhöhten solaren Lasten führen, ist jedoch gering. Da auf eine aktive Flächenkühlung nach Möglichkeit verzichtet werden sollte, sollte der Flächenanteil von im Dach angeordneten Tageslichtelementen auf geringe Werte beschränkt bleiben. Für diese Tageslichtelemente ist überdies der Einsatz eines variablen außenliegenden Sonnenschutzes zu erwägen.

### 5.3.3.5 Ausblick

Die beschriebenen simulativen Untersuchungen werden planungsbegleitend fortgeschrieben. Genaueres Augenmerk wird bei den Untersuchungen zusätzlich auf die Marktplätze mit dachintegrierter Verglasung gerichtet, da hier ein Zielkonflikt zwischen Tageslichtnutzung und dem Wunsch nach einem angenehmen (sommerlichen) thermischen Komfort besonders augenfällig wird. Im Zuge der weiteren Untersuchungen wird daher ein exemplarischer Marktplatz mittels der Simulationssoftware TRNSYS17 analysiert werden.

## 5.3.4 Analyse des Energiebedarfs

### 5.3.4.1 Energieeffizienz von nutzungsbedingter Technik

Beim vorliegenden Projekt sollen die nutzerinduzierten Bedarfe in die primärenergetische Bilanzierung und das Plusenergie-Kriterium einbezogen werden. Zwar hat der Planer in der Regel keinen nennenswerten Einfluss auf die entsprechende Ausstattung – er kann aber dem Bauherrn Maßgaben an die Hand geben, deren Beachtung bei der Erreichung eines niedrigen Primärenergiebedarfs hilft. Dies sind beim vorliegenden Projekt insbesondere:

- Auswahl erheblich energieeffizienter Haushaltsgeräte, wo benötigt (Label A++ oder besser, sofern verfügbar)
- Generell: Anschaffung von Geräten mit niedrigem Stand-By-Bedarf und Energielabel A+ oder besser, sofern in der Gerätekategorie verfügbar; Beachtung der Office TopTen-Datenbank ([www.office-topten.de](http://www.office-topten.de)).
- Realisierung einer energieoptimierten Thin- oder Smart-Client-Lösung oder (alternativ) Ausstattung der Schule mit Notebooks
- Innovativer Ideenansatz: USB-Stick-ähnliche Mini-PCs wie der MK802 / MK802+ / MK802 II weisen bei Gerätekosten unter je 50 EUR eine Leistungsaufnahme von nur mehr wenigen Watt auf und funktionieren flüssig unter Ubuntu-Derivaten wie Lubuntu (Beispiel: <https://www.miniand.com/forums/forums/development/topics/install-ubuntu-linux-12-04-now-including-droidmote>); Browser und Officepakete wie LibreOffice sind kostenlos verfügbar und gut nutzbar; in Verbindung mit einer externen Tastatur und Maus sowie einem extrem energieeffizienten LED-Bildschirm können hier beispielhaft energiesparende Lösungen entwickelt werden.
- Beachtung des EnergyStar-Labels für Computer (Desktops, Laptops, Workstation, Server), Monitore, Kopierer, Fax, Printer, Scanner, Multifunktionale Geräte, TV-Geräte, DVD, DVD-TV und VCR-TV-Kombigeräte, CD-Player, Receiver, Lautsprecher, externe Ladegeräte, schnurlose Telefone, Telefonbeantworter, Akku-Ladegeräte; SmartBoards.
- Hinwirken auf eine möglichst wenig primärenergieintensive Ausstattung der Küche (Insbes. Erwägen des Einsatzes von gasbetriebenen Herden, Öfen etc.)
- Hinwirken auf die Sicherstellung des vollständigen Ausschaltens nicht verwendeter Geräte mit einer Stand-By-Leistungsaufnahme von mehr als 1 W.

## 5.3.5 Entwicklung und Vergleich verschiedener Energieversorgungsszenarien

### 5.3.5.1 Nutzung von Wärme und Kälte

Um verschiedene Energieträger und Systeme zur Versorgung der Schule mit Wärme und Kälte miteinander vergleichen zu können, wurde eine geeignete Entscheidungsmatrix aufgebaut.

In der Matrix werden insgesamt sechs Varianten nach einer vorausgegangenen Auswahl, die die Standortbedingungen und Besonderheiten des Gymnasiums in Diedorf berücksichtigt, näher untersucht und zwar in Hinblick auf:

- Investitionskosten
- Jährliche Kosten für Investition, Verbrauch, Wartung und Betrieb
- Endenergiebedarf für Wärme und Kälte bei der jeweiligen Variante
- Jährliche CO<sub>2</sub> Emissionen
- Der jährliche Primärenergiebedarf

Die Leistung des Wärmeerzeugers wurde mit 200 kW und die Leistung des Kälteerzeugers wurde mit 130 kW festgelegt. Dazu wurde eine Wärmebedarfsberechnung über die Hüllflächen des Gebäudes erstellt, die Kühllast errechnet sich überschlägig aus den inneren Lasten, dem Wärmeeintrag durch Fassaden und Fenster sowie der benötigten Kühllast für die Luftvolumenströme. Ein Gleichzeitigkeitsfaktor in Höhe von ca. 0,6 wurde dabei berücksichtigt.

Auf dieser Grundlage wurden die Wärme- und Kälteerzeuger dimensioniert und festgelegt. Anschließend wurden den Varianten die Investitionskosten zugeteilt. Über die benötigte Nutzenergie wurde dann unter Berücksichtigung der jeweiligen Wirkungsgrade der Wärme- und Kälteerzeuger die benötigte Endenergie berechnet.

Anschließend wurde für die benötigte Endenergie und einem mittleren Energiepreis der nächsten 15 Jahre die verbrauchsgebundenen Kosten errechnet. Die Investitionskosten wurden auf 15 Jahre annuiert und die jährlichen Wartungskosten hinzugefügt. Daraus haben sich die jährlichen Vergleichskosten ergeben.

Zusätzlich wurden aus der Endenergie einer jeden Variante die CO<sub>2</sub> Emissionen sowie der Primärenergiebedarf errechnet.

Mit den aus den Berechnungen resultierenden Ergebnis sowie dem daraus entstandenen Ranking lässt sich eine weitgehend neutrale Auswahl für eine Variante der Wärme- und Kälteerzeugung finden.

Weitere Erläuterungen siehe Kapitel 3.4.2 „Eingesetzte Technik“

### 5.3.5.2 Nutzung von Sonnenenergie

Nachfolgend ist die Sonneneinstrahlungskarte für Deutschland dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass der Raum Augsburg sehr gute Voraussetzungen für die Stromerzeugung mittels Photovoltaikanlagen besitzt.

Gemäß bisheriger Planung können auf den Dachflächen der 4 Gebäude für den Einbau von PV-Anlagen insgesamt ca. 2.680 qm genutzt werden.

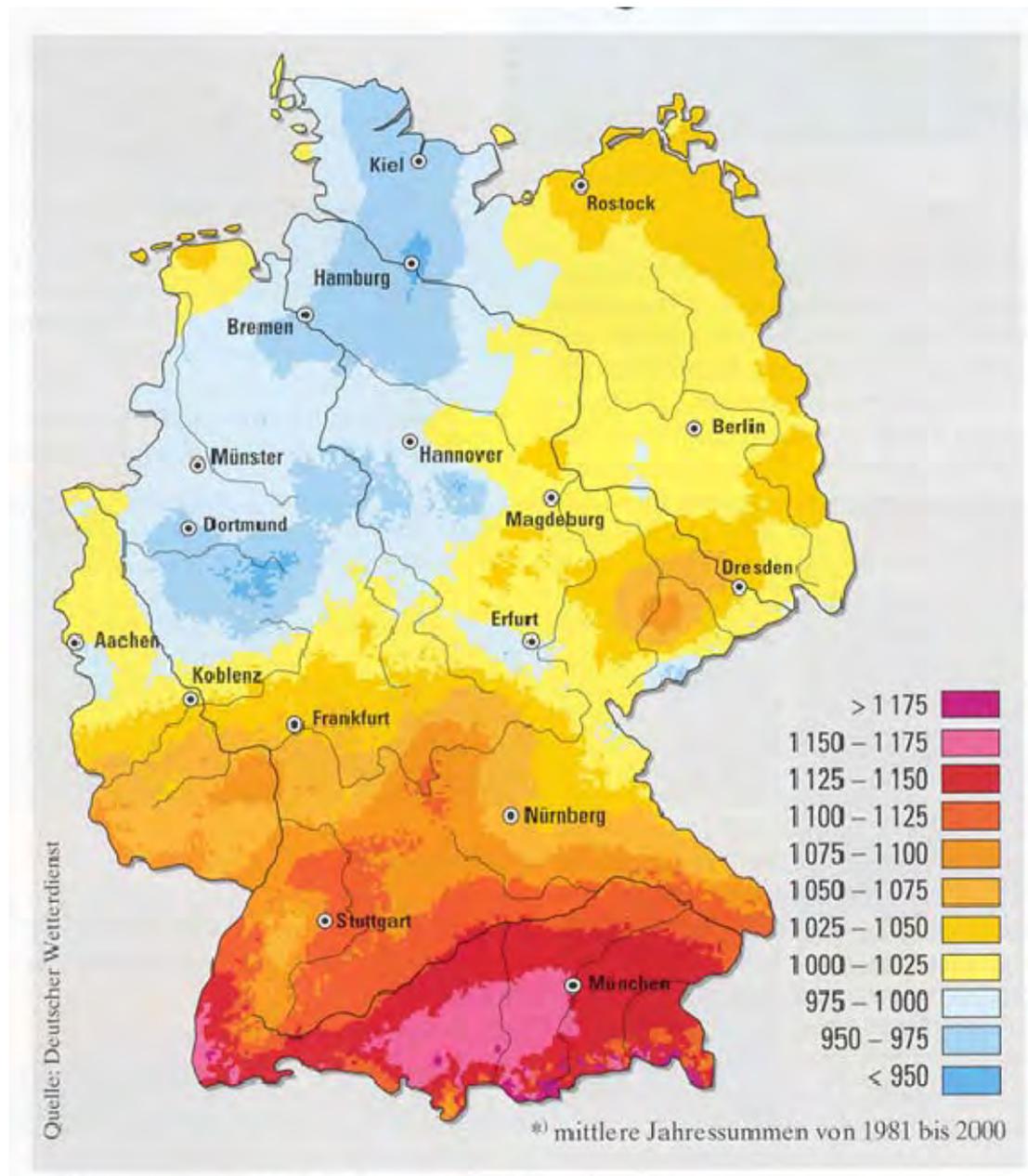


Abbildung 44 Sonneneinstrahlungskarte Deutschland (Quelle: Deutscher Wetterdienst)

Berechnungen mit guten monokristallinen Marken-PV-Modulen ergaben nachfolgende Anlagengrößen mit den angegebenen voraussichtlichen Erträgen.

Bauvorhaben : <b>Neubau Gymnasium Diedorf</b> Inhalt : <b>Netzgekoppelte Photovoltaikanlage mit Eigenverbrauch</b> Aufgestellt : <b>INGENIEURBÜRO HERBERT MAYR</b>				
Gebäude	Dachfläche	Anlagengröße	Jährl. Ertrag	Spez. Ertrag pro Jahr (gewählt)
	qm	kW-peak	MWh	
<b>Sporthalle</b>	1000	172,12	177,104	1.028kWh/kW(p)
<b>Aula</b>	780	143,52	147,732	1.028kWh/kW(p)
<b>Klassenhaus 2</b>	400	78,00	80,350	1.028kWh/kW(p)
<b>Klassenhaus 1</b>	500	102,44	105,449	1.028kWh/kW(p)
<b>Gesamt:</b>	<b>2680</b>	<b>496,08</b>	<b>510,635</b>	<b>1.028kWh/kW(p)</b>

Abbildung 45 Anlagengrößen mit voraussichtlichen Erträgen.

Für die Berechnung der PV-Erträge wurden sehr gute Module angenommen. Dadurch liegen die errechneten Erträge deutlich über den für die erste Energiebilanz angenommenen Werten. Durch Optimierung der Modulanordnungen und Verwendung von noch effizienteren Modulen können im Zug der weiteren Planung und bis zur Fertigstellung des Objektes ggf. noch höhere Erträge, als mit 304.594 kWh/a Endenergie Strom von der ip5 Ingenieurpartnerschaft (vgl. Abschnitt 5.5.5) angenommen, erwartet werden.

Möglicherweise kann das Ziel, ein Plusenergiegebäude zu realisieren, schon allein mittels dachgestützter Photovoltaikanlagen erreicht werden. Deshalb sollte versucht werden, so viel Dachfläche wie möglich für die Montage von PV-Modulen zu nutzen.

### 5.3.5.3 Nutzung von Windenergie

Auszüge aus dem Windatlas Bayern ergaben für den Raum Diedorf nachfolgende durchschnittliche Windgeschwindigkeiten:

- In 10m Höhe: 2,5 – 2,9 m/s
- In 80m Höhe: 3,0 – 3,4 m/s
- In 140m Höhe: 4,0 – 4,4 m/s

Da Großwindanlagen nur an ausgewiesenen Standorten errichtet werden dürfen und eine lange Genehmigungsphase in Anspruch nehmen, wurden hier nur Kleinwindkraftanlagen, und davon, wegen der Geräuschemission, nur Vertikalrotoranlagen, betrachtet.

Anlagenbeispiel:

Vertikalachs-Kleinwindkraftanlage, mit 7,0kW, nach DIN EN 61400-2

- Nennleistung: 7,0kW
- Gesamthöhe: 6,5m
- Rotordurchmesser: 3,4m
- Gewicht: 300kg
- Nenngeschwindigkeit: 12 m/s
- Anlaufgeschwindigkeit: 2,5m/s
- Abschaltungsgeschwindigkeit: 25 m/s
- Durchschnittlich Ertrag pro Jahr (lt. Hersteller): 10.000 kWh – 25.000 kWh

Man erkennt, dass bei den in Diedorf zu erwartenden Windstärken von ca. 2,5 – 2,9 m/s selbst Kleinwindkraftanlagen erst zu drehen beginnen und deshalb zu erwarten ist, dass sie nur im untersten Drehzahlbereich arbeiten würden. Nennenswerte elektrische Energie im Nennleistungsbereich der Windkraftanlage kann also erst bei sehr starken Winden erwartet werden. Insofern wurde die Nutzung der Windkraft im Zuge der weiteren Planung nicht mehr betrachtet.

#### 5.3.5.4 *Stromerzeugung mit BHKW*

Vom IB Wimmer wurde für die Erzeugung von Wärme und Kälte ein Rankingverfahren entwickelt, bei dem verschiedene Varianten zur Wärme- und Kälteerzeugung untersucht wurden. Dabei hat sich herausgestellt, dass der Einbau eines BHKW nach den aktuellen Erkenntnissen nicht zu den favorisierten Varianten gehört. Dies wird im weiteren Verfahren geprüft.

### 5.3.6 **Ergebnis**

#### 5.3.6.1 *Das umgesetzte Energieversorgungskonzept*

Aus dem Variantenvergleich wurde Variante 1 1 (Pelletkessel, indirekte adiabate Kühlung, Kompressions-Kältemaschine) zur weiteren Planung ausgewählt. Das hat folgende Gründe:

- Die Summe der jährlichen Vergleichskosten sind die zweitbesten.
- Die CO<sub>2</sub> Emissionen sind die geringsten.
- Der Primärenergiebedarf ist von allen Varianten am geringsten.

Mit den beiden Pelletskesseln wird die gesamte Wärme erzeugt. Damit diese nicht zu oft takten, wird für die Anlage ein großer Pufferspeicher vorgesehen. Das Warmwasser für die Sporthalle und die Mensa wird über die beiden Pelletskessel erzeugt.

Die benötigte Kühlung erfolgt über indirekte adiabate Kühlung der Lüftungsanlagen. Zusätzlich für die Kühlregister der Lüftungsanlagen, die Fußbodenkühlung sowie die Serverräume erfolgt eine indirekte adiabate Kühlung von Kaltwasser mittels befeuchteter Außenluft. Sollte dies immer noch nicht ausreichen, wird mit einer Klein-Kompressionskältemaschine zur Deckung der Spitzenlast nachgekühlt. Kälteleistung gesamt 130 kW.

### **Stromversorgung**

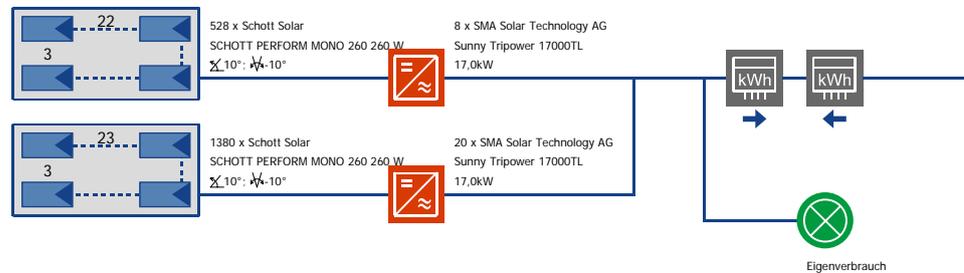
#### a.) Fremdversorgung

Es ist geplant, das Gymnasium über eine kundeneigene 630kVA Trafostation in Fertigteilbauweise an der südwestlichen Grundstücksgrenze (bei den Lehrerparkplätzen) zu versorgen. Eingespeist wird die Trafostation über das 20kV-Netz der Lechelektrizitätswerke (LEW). Die Messeinrichtung befindet sich in der Trafostation.

Von der Trafostation werden die Hauptleitungen im Erdreich zum Hausanschlussraum im UG unter der Aula geführt. Dort wird auch die Niederspannungshauptverteilung (NSHV) des gesamten Objektes untergebracht. Von der NSHV werden die Leistungen aufgeteilt und die 4 Gebäude versorgt. Die Leitungsführung erfolgt auf Kabelrinnen in den unter den Bodenplatten angeordneten Technikkanälen. Im Bereich der Technikkanäle werden zentral auch die Gebäudehauptverteiler der jeweiligen Gebäude untergebracht. Von dort erfolgt die Leitungsführung zu den Unterverteilungen, ebenfalls auf Kabelrinnen in den Technikkanälen. Anschließend erfolgt die Leitungsführung in Steigeschächten zwischen den Klassenräumen und Fluren. Besonders anspruchsvoll ist hier, die brandschutztechnischen Anforderungen der Leitungsanlagenrichtlinie (LAR) umzusetzen.

#### b.) Eigenstromversorgung:

Im Bereich Energieerzeugung wird im Zuge der weiteren Planung nur noch die Stromerzeugung mittels Photovoltaikanlagen verfolgt, da sich diese unter den gegebenen Rahmenbedingungen als am wirtschaftlichsten darstellt.



Standort:	Diedorf	
Klimatensatz:	Augsburg (1981-2010)	
PV-Leistung:	496,08	kWp
PV-Generator Einstrahlung:	3.873.082	kWh
PV-Gen. erzeugte Energie (wechselstromseitig):	510.809	kWh
Netz Einspeisung:	401.871,9	kWh
Verbrauch Bedarf:	178.782	kWh
PV-Gen. Energie direkt genutzt:	108.937	kWh
Netz Bezug:	70.267,0	kWh

Abbildung 466 Zusammenfassung Berechnung Gesamt-PV-Anlage Neubau Gymnasium Diedorf, mit der Planungssoftware PV-Sol Pro 5.5.

Die Rentabilität der PV-Anlage wurde in einer eigenen Wirtschaftlichkeitsberechnung (s. Anhang) dargestellt.

## 5.4 Entwicklung des Beleuchtungskonzeptes

### 5.4.1 Ausgangssituation und Arbeitspakete

Das vorliegende Projekt soll extrem strenge Anforderungen an einen niedrigen Primärenergiebedarf erfüllen. Somit muss der Energieeinsatz von Kunstlicht auf das absolut nötige Maß begrenzt werden. Dies gelingt durch folgende Maßnahmen:

- Gewährleistung eines guten Tageslichtangebotes
- Verwendung von Kunstlichtlösungen mit hoher Effizienz und daher niedrigen spezifischen installierten Anschlussleistungen
- Präsenz- und tageslichtabhängige Steuerung /Regelung des Kunstlichts in speziell angeordneten Schaltgruppen

Die angesetzten Arbeitspakete bezüglich des Plusenergiekonzeptes:

1. Integrale Entwicklung des Tageslichtkonzeptes

In diesem Arbeitspaket wurden sämtliche notwendigen Abstimmungen zwischen Architekt, Klima/Energieplanung und Elektroplanung durchgeführt und ein Tageslichtkonzept für Oberlicht und Seitenlicht entwickelt.

2. Tageslichtsimulationen für bauliche Varianten mit Relux

Innerhalb von diesem Arbeitspaket wurden folgende Tageslichtuntersuchungen durchgeführt:

- Tageslichtuntersuchung der Oberlichtstreifen über dem Korridor
- Tageslichtuntersuchung Lichthof
- Tageslichtuntersuchung Aula
- Tageslichtuntersuchung Sporthalle

3. Tageslichtsimulation für Varianten der Tageslichtsysteme mit Relux

Innerhalb von diesem Arbeitspaket wurden folgende Tageslichtuntersuchungen durchgeführt:

- Berechnungen für die Varianten mit oder ohne Sparrenlage
- Berechnungen für die Varianten mit verschiedenen Tageslichtsystemen
- Aufstellung der qualitativen und ergonomischen Unterschiede der Tageslichtsysteme

4. Anpassung der Kunstlichtplanung und Kunstlichtsteuerung an das Plusenergiekonzept

In diesem Arbeitspaket wurden sämtliche notwendigen Abstimmungen zwischen Architekt, Klima/Energieplanung und Elektroplanung bezüglich der Kunstlichtplanung und Kunstlichtsteuerung durchgeführt. Es wurde ein Kunstlichtkonzept mit entsprechender Kunstlichtsteuerung zur effizienten Ausnutzung von Tageslicht entwickelt.

5. Lichtberechnungen der Varianten mit dem Programm RELUX

In diesem Leistungspaket wurden folgende Kunstlichtberechnungen angefertigt:

- Kunstlichtberechnung für die volle Anschlussleistungen im Marktplatzkorridor
- Kunstlichtberechnung für die verminderte Anschlussleistungen im Marktplatzkorridor

6. Untersuchung alternativer Leuchtmittel (LED)

In diesem Leistungspaket wurden die Helligkeiten des optimierten Leuchtmittels LED berechnet: Kunstlichtberechnung für Warmtonmilieu in LED

## 7. Gegenüberstellung der Varianten mit Kosten

In diesem Arbeitspaket wurden die Kostenschätzungen für die Varianten erstellt.

### 5.4.2 Entwicklung des Tageslichtkonzeptes

Das Tageslichtkonzept wurde in einem integralen Prozess zwischen Klimaplanung, der thermischen Simulation, der Architektur und der Tageslichtplanung entwickelt.

Es wird angestrebt, durch eine möglichst hohe Tageslichtautonomie in möglichst allen Nutzungsbereichen Energie für Kunstlicht auch im Hinblick auf das ambitionierte primärenergetische Ziel einzusparen.

Die Architekten entwickelten im Laufe des Planungsprozesses ihren ersten Entwurf „Clustertlösung mit 6 Häuser“ in einen Entwurf mit „4-Häusern“ weiter. Diese zwei Entwürfe definieren allerdings zwei unterschiedliche Situationen bezüglich des Tageslichteintrages in das Gebäude.

Grundsätzlich müssen ein Gebäude mit 2 Geschossen im 6-Haus Entwurf und ein Gebäude mit 3 Geschossen im 4-Haus Entwurf verglichen werden.

#### *Gebäude mit 2 Geschossen im 6-Haus Entwurf*

Der erste flächigere Entwurf sieht ein Gebäude mit zwei Geschossen vor. Die außenliegenden Klassenräume sollen gemäß Architekt hauptsächlich über die Fensterflächen tagesbeleuchtet werden, während der innere Bereich der Gebäude zusätzlich über Oberlichtstreifen mit Tageslicht versorgt wird. Das Tageslicht der Oberlichtstreifen soll zum Teil auch innerhalb des Gebäudes in einem 2-stöckigen Luftraum zu diversen Marktplatzbereichen verteilt werden.

Die eingehende Untersuchung der TQ-Verläufe, die aus der Lage und Größe der Fenster und Oberlichtstreifen berechnet wurden, ergab, dass die Oberlichtstreifen eine unterschiedliche Wirksamkeit bezüglich der Tageslichtversorgung der betroffenen Bereiche besitzen.

Der TQ-Verlauf der fensterfernen Bereiche der Klassenzimmer verbessert sich beträchtlich, wenn über dem hinteren Teil des Klassenraumes ein Oberlichtstreifen positioniert wird. Diese Anordnung wird im bestehenden Entwurf weiterhin für die Büros der Verwaltung angewendet.

Der TQ-Verlauf der direkt angrenzenden Bereiche des Korridors im OG und der Marktplatz OG profitieren ebenfalls direkt von den Oberlichtstreifen.

Keine ausreichende Wirksamkeit konnte bezüglich des Tageslichtes festgestellt werden, welches quer durch den Raum in den 2-stöckigen Luftraum einfallen soll. Lichthof und EG können durch diese Maßnahme keine Erhöhungen der Tageslichtautonomie verzeichnen.

Man kann also für den 2-stöckigen Entwurf festhalten, dass großzügige Tageslichtöffnungen im inneren Bereich des Gebäudes eine eindeutige Wirksamkeit haben, sofern sie im direkten Umfeld oder direkt über den genutzten Flächen positioniert sind.

Nur dann werden die Tageslichtautonomien effektiv erhöht und es kann Energie für Kunstlicht eingespart werden.

#### *Gebäude mit 3 Geschossen im 4-Haus Entwurf*

Im 3-stöckigen Entwurf sind ähnliche Verhältnismäßigkeiten zu erkennen wie im 2-stöckigen Entwurf. Der Schwierigkeit, dass nunmehr ein Mittelgeschoss als sogenanntes "Sandwich"-Geschoss entsteht, wird entgegengewirkt, indem zusätzlich zu den Oberlichtstreifen über den Korridoren im 2.OG der Dachbereich direkt über dem Lichthof geöffnet wird.

Die TQ-Verläufe und Tageslichtautonomien zu diesen veränderten baulichen Gegebenheiten wurde in weiteren Simulationen des kompletten repräsentativen Gebäudes unter Berücksichtigung verschiedener Tageslichtsysteme ermittelt.



Abbildung 47 Repräsentatives 3-D-Modell Lichthof

Es ergibt sich nun folgendes Bild der Tageslichtversorgung des 3-geschossigen Gebäudes:

Generell werden die Klassenräume weiterhin hauptsächlich über die Fenster belichtet. Dieses ist im 1. und 2. Entwurf unverändert geblieben. Die zusätzlichen Oberlichter besitzen hauptsächlich eine Wirksamkeit für die inneren Bereiche des Gebäudes. Die Oberlichter im fensterfernen Teil der Klassenräume wurden aus architektonischen Gründen verworfen und werden nur noch in den Büros der Verwaltung angewendet. Die Funktion der Oberlichtstreifen über dem 2.OG ist wie zuvor sehr positiv, verfügt allerdings nur über eine Wirksamkeit für den Korridor im 2.OG und eine vor allem psychologische Tageslichtwirkung in den Klassenräumen 2.OG, die durch die transparenten Bauteile geschaffen wird.

Der Lichthof ist nun sehr viel wirksamer, da direkt über dem Lichthof vollflächig ein Oberlicht angeordnet ist.

Die Tageslichtautonomien werden vor allem auf der Grundfläche des Lichthofes und direkt angrenzend zum Lichthof erhöht. Effektive Tageslichtautonomien bezüglich der Kunstlicht-

einsparung werden in den Klassenräumen in Fensternähe, im Korridor 2.OG und im Marktplatz des 2.OG angrenzend an den Lichthof erreicht.

Im 1.OG sind die Oberlichter weit weniger wirksam, sodass die Ausbildung eines Mittelgeschosses insgesamt gegenüber dem vorigen Entwurf als Nachteil gewertet werden muss. Es wären bei Vergrößerung des Transmissionsgrades der Oberlichter zwar auch im 1.OG geringfügig bessere Tageslichtautonomien möglich. Grundsätzlich ist es aber die bauliche Form, die eine großflächige Kunstlichtergänzung im 1.OG und in der Tiefe des Marktplatzes in allen Geschossen verhindert. (siehe Anlage 4, Anhang: 05 - Tageslichtuntersuchung Varianten Tageslichtsysteme und Tageslichtautonomien.pdf).

Die Tageslichtautonomiewerte wurden zur Präzisierung der Primärenergiebilanz an IP5 weitergegeben, um die Wirksamkeit der Tageslichtsubstitution auch in der Primärenergiebilanz wirksam werden zu lassen.

Da die Tageslichtöffnungen auf ihr architektonisch und klimatisch bedingtes Maximum an Öffnungsgröße vergrößert wurden, besteht bezüglich der Lage und Größe keine Möglichkeit, die eintretende Tageslichtmenge weiter zu erhöhen. Die Konstruktion des Daches im Bereich der Oberlichtöffnungen hingegen könnte bezüglich der Sparrenlage wesentlich verbessert werden.

Die Sparrenlage, die sich zur Zeit noch in relativ dichter Ausgestaltung unter den Oberlichtern befindet, sollte unbedingt lichtdurchlässiger gestaltet werden. Die Tageslichtuntersuchung hat ergeben, dass der effektive Transmissionsgrad dieser Sparrenlage bei ca.  $t=0.38$  liegt, welches den Tageslichteintrag leider so abschwächt, dass die Tageslichtautonomien stark verringert werden. In diesem Punkt besteht das größte Verbesserungspotential.

Überdies wurden Verbesserungsvorschläge für Konstruktion und Oberflächen erarbeitet, die die Tageslichtautonomie weiter erhöhen können. Es ist beabsichtigt alle Materialien möglichst hell zu gestalten und die Glasqualitäten der nötigen Innenfenster und Verglasungen mit einem möglichst hohen Transmissionsgrad auszustatten.

Es wurden neben der Untersuchung der TQ-Werte und Tageslichtautonomien verschiedene Tageslichtsysteme bezüglich ihres Lichteintrages, G-Wertes, Kosten, der Lichtqualitäten bei verschiedenen Himmelsituationen und Ihrer Anwendbarkeit im architektonischen Kontext gegenübergestellt. (siehe auch Anlage4, Anhänge 08 und 09 - Tageslichtuntersuchung Oberlicht, Tageslichtuntersuchung Fenster).

Das Ergebnis dieser Gegenüberstellung ist die Verwendung von Mikrosonnenschutzraster und des Lamellenraffstores mit innenliegendem Blendschutz wie er auch weiter unten unter dem Punkt Lichtkonzept beschrieben ist.

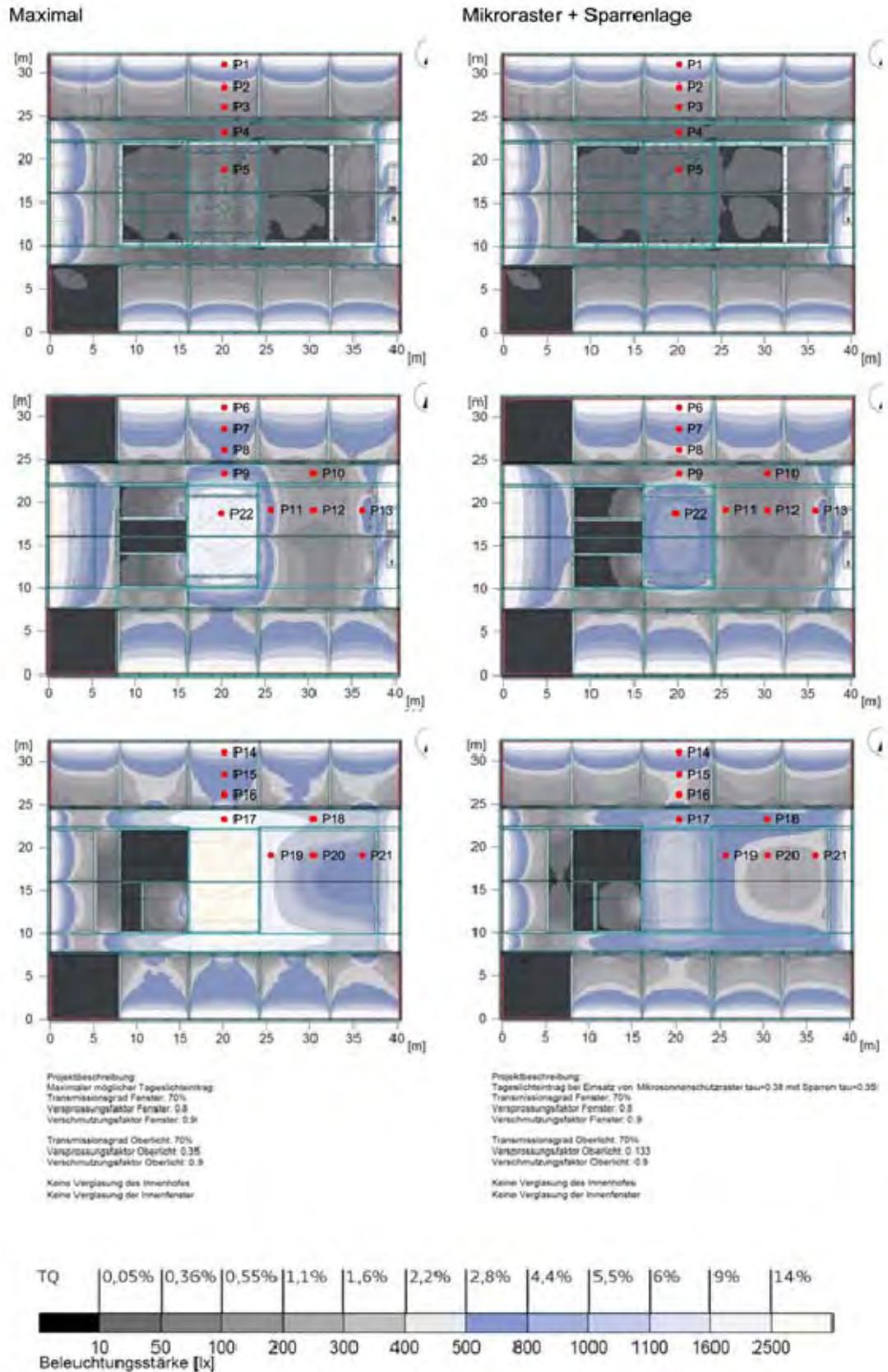


Abbildung 48: Berechnungsergebnisse Tageslichtverteilungen im Gebäude

### 5.4.3 Zielerreichung und Ausblick

Das Ziel der Tageslichtversorgung der inneren Bereiche des Gebäudes wird durch die Ausbildung der Oberlichtöffnungen grundsätzlich erreicht. Weitere Verbesserungen sind möglich.

Das Ziel eines Kunstlichtkonzeptes, welches mit dem Plusenergiestandard kompatibel ist, wird erreicht.

Die Tageslichtautonomien könnten wesentlich durch eine veränderte Sparrenkonstruktion im Bereich der Oberlichter verbessert werden. Im jetzigen Planungsstand wird das Tageslichtpotential, welches sich durch Lage und Größe der Tageslichtöffnungen im Gebäude ergibt, noch nicht genügend ausgenutzt. Es besteht ein weiteres Potential, den Strombedarf der Beleuchtung zu senken.

Die Kunstlichtplanung kann in Konzeption, Gruppierung und Steuerung gemäß der genauen späteren Nutzung weiter präzisiert werden.

## 5.5 Energiebilanzen und CO<sub>2</sub>-Reduktion

### 5.5.1 Allgemeines

Planungsbegleitend wird die prognostizierte erzielbare Primärenergiebilanz des Projekts nachgeführt und der möglichen Eigenerzeugung gegenübergestellt. Im Folgenden wird das entsprechende Rechenverfahren kurz erläutert und dann der aktuelle Berechnungsstand dokumentiert.

### 5.5.2 Grundlagen

#### 5.5.2.1 Das Berechnungsverfahren

Zur Abschätzung der erzielbaren Primärenergiebilanz des Projekts werden tabellenkalkulationsbasierte Verfahren verwendet. Die Bilanz wird unterteilt in die Bedarfssektoren Heizwärme, Warmwasser, Luftförderung, Kühlung, Beleuchtung, diverse Technik (Aufzüge, falls vorhanden, Stand-By-Bedarfe etc.) und nutzerinduzierte Bedarfe. Der erzielbare Heizwärmebedarf des Gebäudes wird bis zum Vorliegen des Nachweises nach EnEV mittels eines an die DIN EN 832 angelehnten Tabellenkalkulations-Verfahrens ermittelt und in die Gesamtbilanz übernommen. Die erzielbaren Teil-Primärenergiebedarfe für elektrische Energie werden anhand der Flächenaufstellung und der zugeordneten Nutzung in Anlehnung an den Leitfaden elektrische Energie (LEE) des Landes Hessen und Literaturwerte sowie Best-Practice-Werte aus anderen Projekten ermittelt. Ergebnisse der thermisch-dynamischen Simulationsrechnung und der Tageslichtberechnungen fließen ebenfalls in die Berechnungen ein.

#### 5.5.2.2 Klimatische Bedingungen

Für die Berechnung des Heizwärmebedarfs wurde das Klima für den Standort München gewählt. Die an anderer Stelle dokumentierte thermisch-dynamische Simulationsrechnung basiert auf dem normalen DWD-Testreferenzjahr 13 (2004).

### 5.5.3 Primärenergiebilanz

Das Verfahren zur Ermittlung der Primärenergiebilanz wurde oben kurz beschrieben. Es folgen nun die aktuellen Berechnungsblätter mit kurzen Erläuterungen.

#### Erzielbarer Heizwärmebedarf

Der erzielbare Heizwärmebedarf wurde mit dem BILANZ-Planungswerkzeug des fbta an der TH Karlsruhe abgeschätzt; es handelt sich um ein Ein-Zonen-Modell in Anlehnung an die DIN EN 832. In der Jahresbilanz ergibt sich ein spezifischer Nutzenergiebedarf Heizwärme von ca. 14,8 kWh/(m<sup>2</sup> a) - ein Wert, der das Projekt energetisch in die Nähe des Passivhausstandards rücken lässt.

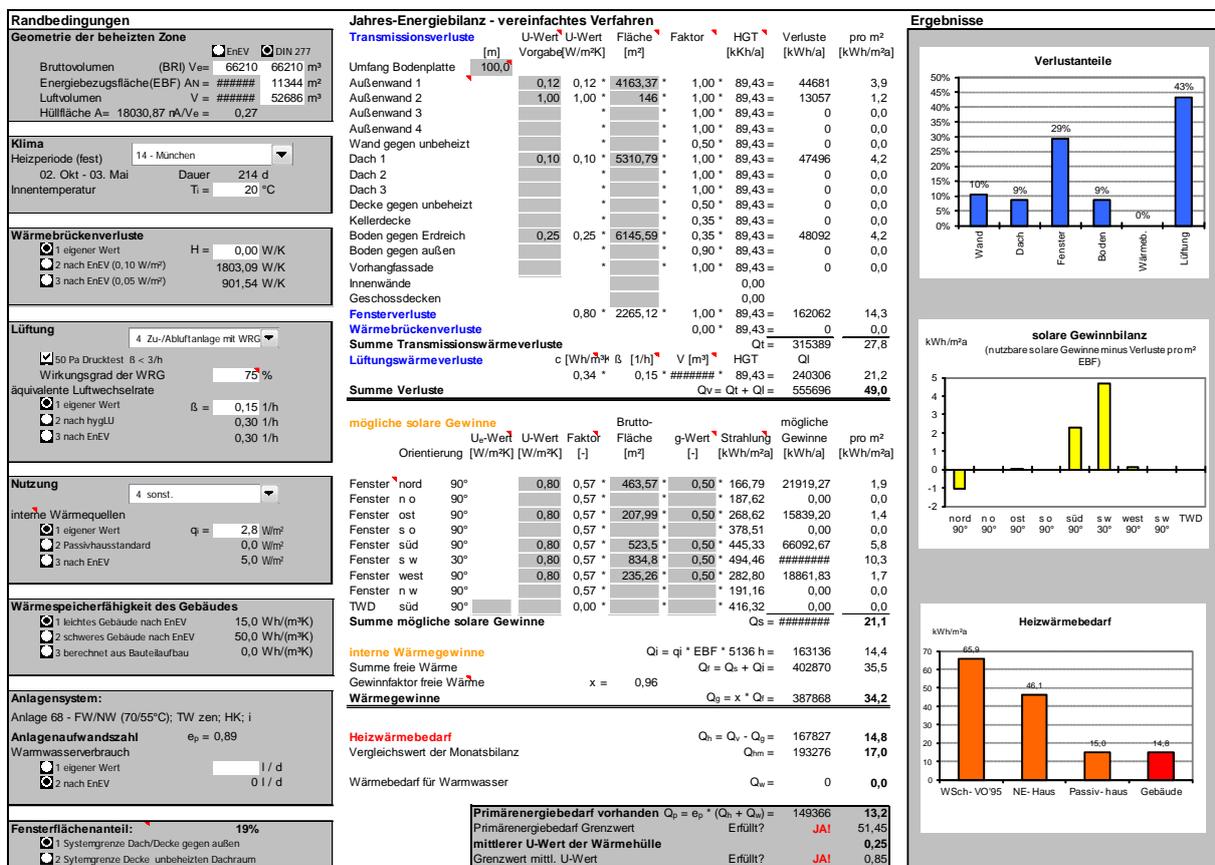


Abbildung 49 BILANZ-Planungswerkzeug zur überschlägigen Ermittlung des Heizwärmebedarfs (hier: Nutzenergie!)

Folgende Erläuterungen und Randbedingungen sind zu beachten:

- Es wurde eine wärmebrückenfreie Bauweise vorausgesetzt (Wärmebrückenverluste zu Null gesetzt!)
- Das Jahresmittel der energieäquivalenten Luftwechselrate wurde auf Basis der zu erwartenden Infiltrationsrate von ca. 0,05 1/h (üblicher Wert beim Passivhaus), der Belegungszeit, der Volumenströme und des Wärmerückgewinnungsgrades der mechanischen Lüftungsanlage abgeschätzt. Der sich insgesamt ergebende Wert von 0,1007 1/h wurde sicherheitshalber für die Berechnung auf 0,15 1/h erhöht.

- Mit 2,8 W/m<sup>2</sup> liegen die angenommenen internen Lasten relativ gering; sie sind an die im Passivhausnachweispaket des Passivhaus-Instituts in Darmstadt angelehnt.
- U-Werte und ggf. g-Werte von Bauteilen wurden auf Basis der bisherigen Abstimmungen mit den übrigen Planungsbeteiligten gewählt.

#### Zonierung des Gebäudes

Das Gebäude wurde für die folgenden Berechnungen entsprechend der folgenden, auf Angaben des Architekturbüros Nagler basierenden Tabelle zoniert; da kleinere Zonen wie WCs und Duschen in der Aufstellung der Architekten nicht ausgewiesen waren, handelt es sich zum Teil noch um Abschätzungen – bei den später folgenden Nachführungen werden sich kleine Verschiebungen ergeben:

Zonenbezeichnung	Klassenzimmer	Fachklassenzimmer	Bibliothek	Marktplatz	Lager	Toiletten/Duschen	Allg. Aufenthaltsraum	Aula/Pausenhalle	Mensa: Speiseraum	Mensaküche	Büro	VF	Technik	Sporthalle
Zonen-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Teilfläche (NGF) m <sup>2</sup>	1.740	1.095	260	727	215	631	1.209	453	172	77	625	2.728	200	1.215
Betriebsstunden allg., h/a	1.680	1.680	2.750	1.680	2.750	1.680	1.680	1.680	1.680	1.380	2.750	2.750	2.750	1.680

Abbildung 50 Zonierung des Gebäudes

Das folgende Schema dient der Ermittlung des Heizwärme- und des Warmwasserbedarfs; der Heizwärmebedarf wurde auf der Basis des BILANZ-Planungswerkzeugs (s. o.) zu 20 kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub> a) angenommen. Des Weiteren wird eine Abschätzung des Hilfsenergiebedarfs für die Wärmeverteilung vorgenommen.

<b>Heizen/Warmwasser</b>	
<b>Wärmeverbrauch, kWh/a thermisch gemäß vorhandenen Unterlagen</b>	226.888
<b>Jahresnutzungsgrad Wärmeerzeuger, %</b>	92
<b>Wirkungsgrad Wärmeverteilung, %</b>	95
<b>Resultierende Anlagenaufwandszahl Wärmeerzeugung</b>	1,144
<b>Resultierender Nutzwärmeverbrauch gesamt, kWh/a</b>	198.300
<b>Anteil WW (Endenergie) am obigen Wärmeverbrauch, kWh/a</b>	
<b>Anteil Heizen für Raumheizung, Lufterwärmung und ggf. Kühlung über AKM, Endenergie, kWh/a</b>	<b>226.888</b>
WW-Bedarf siehe unten!	
<b>Warmwasserbedarf:</b>	
<b>Wassermenge pro m<sup>2</sup> und Arbeitstag, l</b>	0,625
<b>Kaltwassertemperatur</b>	10
<b>Gewünschte Temperatur</b>	60
<b>Aufschlag für Speicher-/Leistungsverluste in %</b>	30
<b>EBF, m<sup>2</sup></b>	11.344
<b>Energiebedarf WW, kWh/a</b>	<b>123.335</b>
<b>Wärmeverteilung:</b>	
<b>Leistungsaufnahme Pumpen elektrisch, kW</b>	2,27
<b>Jährliche Laufzeit Pumpen, h/a</b>	1.040
<b>El. Energiebedarf Pumpen, kWh/a</b>	<b>2.360</b>

Abbildung 51 Rechenblatt zum Heizwärme- und Warmwasserbedarf

Der Energiebedarf für die Raumkühlung (ohne Zuluftvorkühlung) wurde wie folgt auf Basis von Erfahrungswerten wie folgt großzügig abgeschätzt:

Zonenbezeichnung	Klassenzimmer	Fachklassenzimmer	Bibliothek	Marktplatz	Lager	Toiletten/Duschen	Allg. Aufenthaltsraum	Aula/Pausenhalle	Mensa: Speiseraum	Mensaküche	Büro	VF	Technik	Sporthalle
<b>Zonen-Nr.</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>Teilfläche (NGF) m<sup>2</sup></b>	1.740	1.095	260	727	215	631	1.209	453	172	77	625	2.728	200	1.215
Flächenspezifischer Kältebedarf; evtl. z. T. aus Simulation abgeleitet; kWh/(m <sup>2</sup> NGF a)	15	15	10	10	0	0	0	0	10	50	15	0	0	0
Kältebedarf Zone ohne Kältebedarf Außenluftkonditionierung, kWh/a thermisch	26.100	16.425	2.600	7.265	0	0	0	0	1.715	3.825	9.368	0	0	0
<b>Wirkungsgrad Kälteverteilung, %</b>	<b>95</b>													
<b>Gesamtsumme Kältebedarf Umluft-/Flächenkühlung; ohne Außenluftkonditionierung, kWh/a thermisch</b>	<b>70.839</b>													

Abbildung 52 Rechenblatt zur Raumkühlung

Der Energiebedarf für die Luftförderung ist dem folgenden Rechenblatt zu entnehmen; hier sind noch mehr Lüftungsanlagen angenommen als derzeit in der Planung vorgesehen; dies hat jedoch auf den abgeschätzten Energiebedarf keinen Einfluss.

Anlagenbezeichnung	Klassenzimmer	Bibliothek/Aufenthaltsr./Büros	Aula/Pausenhalle/Speiseraum Mensa	Mensaküche	WCs,Lager	Sporthalle
Lüftungsanlage Nr.	1	2	3	4	5	6
Jahresverbrauchs-Meßwert Luftförderung vorhanden? Wenn ja, bitte Angabe $Q_{el}$ in kWh/a; Wenn Sie hier einen Wert eingeben, wird er verwendet und die Werte der acht darunterliegenden Zeilen werden auf diesem Blatt ignoriert! Bitte die Werte für die darunterliegenden Zellen in jedem Falle eintragen, das sie für das Blatt "Grob-schätzung Luftkond." benötigt werden!						
Betriebsstunden allg., h/a	1.680	2.750	1.680	1.380	2.750	1.680
Leistungsaufnahme Ventilator in kW, falls Wert bekannt und verlässlich (Angaben auf Typenschild sind i. d. R. zu ungenau!). Wenn Sie hier einen Wert eingeben, wird er verwendet und die Werte der vier darunterliegenden Zeilen werden ignoriert!						
Volumenstrom gemäß Messung; falls Messung nicht vorliegt: Nenn-Volumenstrom gemäß Planung/Typenschild, m <sup>3</sup> /h	28.350	12.561	4.996	1.913	5.477	9.720
Gesamt-Druckverlust gemäß Messung; falls Messung nicht vorliegt: Gesamt-Druckverlust gemäß Planung/Auslegung, Pa	900	900	900	900	900	900
Gesamtwirkungsgrad der Luftförderung als Produkt aus am Betriebspunkt genommenen Teilwirkungsgraden für Ventilator, Motor, Transmission und ggf. FU-Regelung, %	70	70	70	70	70	70
Angenommene Leistungsaufnahme Ventilator(en), kW	10,1	4,5	1,8	0,7	2,0	3,5
Energieäquivalenter Nutzungsfaktor zur Berücksichtigung nur temporärer Nutzung und verringerten Volumenstroms, bezogen auf Betriebsstunden allg. für diese Anlage	0,70	0,70	0,50	0,80	0,80	0,70
Energieäquivalente Volllaststunden pro Jahr (Bezogen auf Leistungsaufnahme der Ventilatoren; Teillast-Charakteristik der Lüftungsanlage berücksichtigen!); h/a	1.176	1.925	840	1.104	2.200	1.176
Jährlicher elektrischer Energiebedarf der Anlage, kWh/a	<b>11.907</b>	<b>8.636</b>	<b>1.499</b>	<b>754</b>	<b>4.304</b>	<b>4.082</b>
<b>Abgeschätzter elektrischer Energiebedarf Luftförderung für alle "kleinen" Lüftungsanlagen, die in der ausführlichen Erfassungstabelle nicht berücksichtigt werden, kWh/a</b>						
<b>Gesamtsumme elektrischer Energiebedarf Luftförderung, kWh/a</b>						
<b>31.181</b>						

Abbildung 53 Rechenblatt zur Luftförderung

Der Energiebedarf für die Luftkonditionierung wird in Anlehnung an Rechenwerte der DIN V 18599-3 stark vereinfacht abgeschätzt. Im Bereich der Lufterwärmung/-befeuchtung wurde der tabellierte Wert auf 1.500 Wh/(m<sup>3</sup> h a) halbiert, um der vorgesehenen besonders effizienten Wärmerückgewinnung Rechnung zu tragen.

Anlagenbezeichnung	Klassenzimmer	Bibliothek/ Aufenthalts r./Büros	Aula/Pause nhalle/Spei seraum	Mensaküche	WCs,Lager	Sporthalle
<b>Lüftungsanlage Nr.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Volumenstrom gemäß Messung; falls Messung nicht vorliegt: Nenn- Volumenstrom gemäß Planung/Typenschild, m <sup>3</sup> /h	28.350	12.561	4.996	1.913	5.477	9.720
Zur Orientierung: Energieäquivalente Volllaststunden pro Jahr aus Blatt "Luftförderung"; h/a	1.176	1.925	840	1.104	2.200	1.176
Volumenstromäquivalente Volllaststunden pro Jahr, bezogen auf Volumenstrom; h/a	1.176	1.925	840	1.104	2.200	1.176
Außenluftanteil am oben genannten Volumenstrom, %	100	100	100	100	100	100
Grober jährlicher Energiebedarf für Luftkühlung/-entfeuchtung gemäß untenstehender Tabelle bzw. DIN V 18599-3; Anhang A; Wh/(m <sup>3</sup> h a) thermisch	2.500	2.500	2.500	2.500	0	2.500
Grober jährlicher Energiebedarf für Lufterwärmung/-befeuchtung gemäß untenstehender Tabelle bzw. DIN V 18599-3; Anhang A; Wh/(m <sup>3</sup> h a) thermisch	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
Grobabschätzung Energiebedarf Luftkühlung Zone, kWh/a thermisch	<b>19.029</b>	<b>13.801</b>	<b>2.395</b>	<b>1.205</b>	<b>0</b>	<b>6.524</b>
Grobabschätzung Energiebedarf Lufterwärmung Zone, kWh/a thermisch	<b>11.418</b>	<b>8.281</b>	<b>1.437</b>	<b>723</b>	<b>4.127</b>	<b>3.915</b>
<b>Wirkungsgrad Kälteverteilung, wie in Blatt "Raumkühlung" angegeben; %</b>						
95						
<b>Grobabschätzung Energiebedarf Luftkühlung gesamt, kWh/a thermisch:</b>						
45.216						
<b>Anlagenaufwandszahl Wärmeerzeugung, berechnet aus Angaben auf Blatt "Heizen-WW"</b>						
1,053						
<b>Grobabschätzung Energiebedarf Lufterwärmung gesamt, Endenergie kWh/a thermisch:</b>						
31.474						
Für eine grobe Abschätzung des Energiebedarfs für Luftkonditionierung können folgende "Energiekennwerte für die thermische Luftaufbereitung" in Anlehnung an DIN V 18599-3; Anhang A zugrundegelegt werden (Basis: 18 °C; 12 h/d; 365 d/a; wird für Berechnung auf Basis der angegebenen volumenstromäquivalenten Volllaststunden skaliert. )						
Kühlen mit Entfeuchtung, Wh/(m <sup>3</sup> h a)						
5.000						
Kühlen ohne Entfeuchtung, Wh/(m <sup>3</sup> h a)						
2.500						
Lufterwärmung mit geregelter Befeuchtung und WRG, Wh/(m <sup>3</sup> h a)						
5.000						
Lufterwärmung ohne Befeuchtung und WRG, Wh/(m <sup>3</sup> h a)						
11.500						
Lufterwärmung ohne Befeuchtung und mit WRG, Wh/(m <sup>3</sup> h a)						
3.000						
Lufterwärmung mit Befeuchtung und ohne WRG, Wh/(m <sup>3</sup> h a)						
22.500						
Lufterwärmung mit unregelter Befeuchtung und WRG, Wh/(m <sup>3</sup> h a)						
9.000						
Alternativ: Werte aus DIN V 18599-3; Anhang A genau übernehmen oder eigene Berechnung!						

Abbildung 54 Rechenblatt zur grob überschlägigen Ermittlung des Energiebedarfs für die Luftkonditionierung

Die mittlere spezifische Leistungsaufnahme für die „Diverse Technik“ wurde zu 0,5 W/m<sup>2</sup> angenommen – Erfahrungswerte aus Bürogebäuden liegen im Bereich von 0,8 ... 1,5 W/m<sup>2</sup>. Der niedrigere Wert trägt der Tatsache Rechnung, dass ein Schulgebäude weniger hoch installiert ist als ein Bürogebäude.

<b>Diverse Technik (bezogen auf die Haustechnik, nicht nutzerbezogen: z.B. Schaltkästen, Stand-By-Verbräuche LON-Komponenten, Aufzüge etc.; keine Pumpen!); W/m<sup>2</sup> NGF durchschnittlich (übliche Werte: 0,8 ... 1,5 W/m<sup>2</sup>)</b>	
	<b>0,50</b>
<b>Gesamtsumme elektrischer Energiebedarf diverse Technik, kWh/a el.</b>	
	<b>49.688</b>

Abbildung 55 Rechenblatt zum Energiebedarf für Diverse Technik

Der nutzerbezogene elektrische Energiebedarf wurde wie folgt abgeschätzt:

Zonenbezeichnung	Klassenzimmer	Fachklassenzimmer	Bibliothek	Marktplatz	Lager	Toiletten/Duschen	Allg. Aufenthaltsraum	Aula/Pausenhalle	Mensa: Speiseraum	Mensaküche	Büro	VF	Technik	Sporthalle
Zonen-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Teilfläche (NGF) m <sup>2</sup>	1.740	1.095	260	727	215	631	1.209	453	172	77	625	2.728	200	1.215
Meßwert vorhanden? Wenn ja, bitte Angabe in kWh/a; Felder in Spalte unterhalb dieser Zeile leer lassen!														
# Arbeitsplatzrechner	700	400	30	200			120				45			
Aufnahmeleistung je Arbeitsplatzrechner, W	40	40	40	40			40				40			
Betriebsstunden Arbeitsplatzrechner, h/a	1.200	1.200	1.200	1.200			1.200				1.200			
# Drucker	20		5				10							
Aufnahmeleistung je Drucker, W	10		10				10							
Betriebsstunden Drucker, h/a	1.200		1.200				1.200							
# Kaffeeautomaten	0		3				10							
Aufnahmeleistung je Kaffeeautomat, W	30		30				30							
Betriebsstunden Kaffeeautomaten, h/a	1.200		1.200				1.200							
# Kopierautomaten	0		5				5							
Aufnahmeleistung je Kopierautomat, W	50		50				50							
Betriebsstunden Kopierautomaten, h/a	1.200		1.200				1.200							
# Faxgeräte	0		2				2							
Aufnahmeleistung je Faxgerät, W	10		10				10							
Betriebsstunden Faxgeräte, h/a	8.760		8.760				8.760							
Gesamt-Stromverbrauch weiterer den Nutzern zuzuordnenden Geräte (Server, Patchfelder, Telefonanlagen, Mieterkälte etc.); bitte gesondert dokumentieren; kWh/a el.	8.700		2.600						4.380	20.000				
Nutzerbezogener Verbrauch Zone, kWh/a el.	42.540	19.200	4.683	9.600	0	0	6.715	0	4.380	20.000	2.160	0	0	0
<b>Gesamtsumme elektrischer Energiebedarf nutzerbezogen, kWh/a</b>	<b>109.278</b>													

Abbildung 56 Rechenblatt zum nutzerbezogenen elektrischen Energiebedarf

Der Bedarf für die Mensaküche wurde basierend auf Angaben von Herrn Baur, LRA Augsburg, zu 20.000 kWh/a abgeschätzt. Der gemessene Jahresverbrauch beträgt bei der vergleichbaren Küche im Paul-Klee-Gymnasium in Gersthofen ca. 10.000 kWh/a; da dieser Wert im Planungsteam als recht niedrig angesehen wird, wurde er für die Prognose sicherheitshalber verdoppelt.

Die Gesamtbilanz stellt sich (hier exemplarisch unter Annahme einer Kälteerzeugung mit einer Jahres-EER von 4,0 und einer Wärmeversorgung mit einer Holzpelletfeuerungsanlage und einem Gas-Spitzenlastkessel; Wärmemengen 80 % / 20 %) wie folgt dar:

Sektor	Jahres-Endenergiebedarf, kWh/a	Energieart	Endenergie Strom, kWh/a	Endenergie Wärme, kWh/a	Primärenergiefaktor, ggf. kombiniert	Primärenergiebedarf (PEB), kWh/a
Luftförderung	31.181	Strom	31.181	0	2,60	81.072
Luftkühlung/-entfeuchtung	45.216	Kälte	11.304	0	2,60	29.391
Beleuchtung	77.036	Strom	77.036	0	2,60	200.294
Hilfsenergie Kühlung Umluft	0	Strom	0	0	2,60	0
Pumpen und Rückkühlwerke	0	Strom	0	0	2,60	0
Raumkühlung	70.839	Kälte	17.710	0	2,60	46.046
Nutzerbezogen	111.509	Strom	111.509	0	2,60	289.922
Lufterwärmung/-befeuchtung	31.474	Wärme	0	31.474	0,38	11.960
WW nicht el.	123.335	Wärme	0	123.335	0,38	46.867
WW el.	0	Strom	0	0	2,60	0
Heizwärme statisch, Endenergie; in Spalte "Jahresbedarf" noch incl. etwaiger Antriebswärme für AKM	195.414	Wärme	0	195.414	0,38	74.257
Wärmeverteilung	2.360	Strom	2.360	0	2,60	6.135
Diverse Technik incl. Trafoverluste für Anteil Bedarf Haustechnik	53.494	Strom	53.494	0	2,60	139.085
<b>Summen</b>			<b>304.594</b>	<b>350.223</b>		<b>925.030</b>

Jahres-EER Kälteerzeugung aus Strom:	4,0
Jahres-EER Kälteerzeugung aus Wärme:	0,6
Anteil Kältearbeit aus Strom, %	100
Anteil Kältearbeit aus Wärme, %	0

Verluste Transformatoren, % (Der Anteil dieser Verluste, der auf den elektrischen Energiebedarf der Haustechnik zurückgeht, wird dem Sektor "Diverse Technik" zugeschlagen. Der Rest der Verluste wird in der obigen Tabelle zum Wert aus dem Arbeitsblatt "Nutzerbezogen" addiert.)	2,0
--	-----

Abbildung 57 Rechenblatt zur Gesamtenergiebilanz des Gebäudes (Endenergie und Primärenergie)

Aus diesem Rechenblatt kann auch die Endenergiebilanz ersehen werden.

Auf den vorgestellten Berechnungen basierend ergeben sich die folgenden spezifischen Primärenergiebedarfe (hier einmal ohne und einmal mit nutzerinduzierten Bedarfe/n):

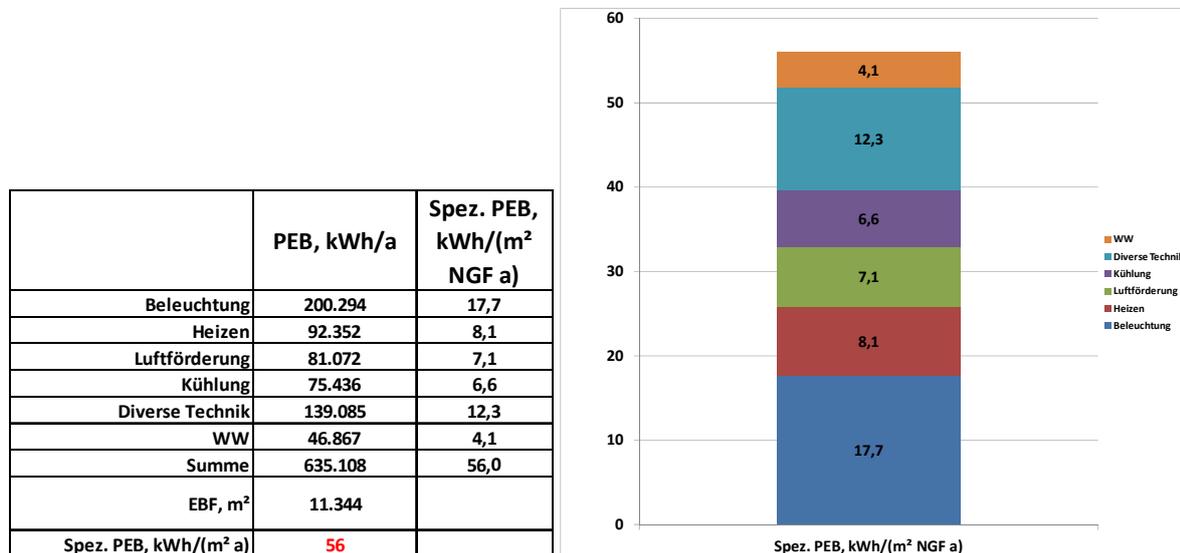


Abbildung 58 Tabellarische und grafische Darstellung des erzielbaren spezifischen Primärenergiebedarfs ohne nutzerinduzierte Bedarfe

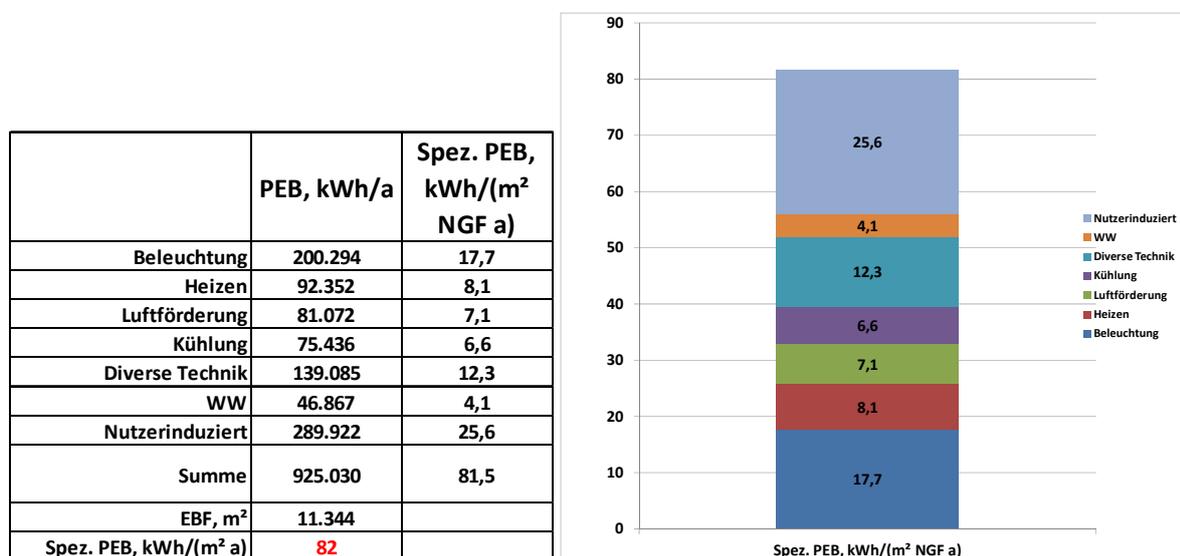


Abbildung 59 Tabellarische und grafische Darstellung des erzielbaren spezifischen Primärenergiebedarfs unter Einbezug der nutzerinduzierten Bedarfe

Die erzielbare Primärenergiebilanz wird im Zuge der weiteren Planung fortgeschrieben und mit zunehmender Planungstiefe verfeinert.

#### 5.5.4 CO<sub>2</sub>-Bilanzen

Auf Basis der oben dokumentierten Primärenergiebilanz lassen sich die durch den Betrieb des Gebäudes bewirkten CO<sub>2</sub>-Emissionen berechnen. Diese ermitteln sich in der oben beschriebenen Variante zu ca. 201,1 t/a.

Energieträger	Endenergiebedarf, kWh/a	Spez. CO <sub>2</sub> -Emissionen, g/kWh	Resultierende CO <sub>2</sub> -Emissionen, t/a
Holzpellets	280.179	50	14,0
Erdgas	70.045	240	16,8
Strom-Mix D (2011)	304.594	559	170,3
Summe			201,1

Abbildung 60 Tabelle zur Ermittlung der durch den Betrieb des Gebäudes bewirkten CO<sub>2</sub>-Emissionen

Wert für den Strom-Mix D übernommen aus:

<http://de.statista.com/statistik/daten/studie/38897/umfrage/co2-emissionsfaktor-fuer-den-strommix-in-deutschland-seit-1990/>

Die erzielbare CO<sub>2</sub>-Bilanz wird im Zuge der weiteren Planung fortgeschrieben und mit zunehmender Planungstiefe verfeinert.

#### 5.5.5 Erreichbarkeit des Plusenergiestandards

Die oben dokumentierten Berechnungen des Primärenergiebedarfs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen können nun der möglichen Eigenerzeugung gegenübergestellt werden. Auf diese Weise kann überprüft werden, inwieweit und mit welchem Aufwand der Plusenergiestandard erreicht werden kann. Der Rechenweg lässt sich wie folgt beschreiben:

Der Primärenergiebedarf für den Gebäudebetrieb soll mindestens durch Eigenerzeugung substituiert werden. Der Primärenergiebedarf für Variante HP / Gas-BW / KKM beträgt in der vorgestellten Bilanz **925.030 kWh<sub>PE</sub> / a**. Mit PV erzeugter Strom verdrängt konventionellen Strom mit PEF = **3,00 kWh<sub>PE</sub> / kWh<sub>el</sub>**. Der Primärenergiefaktor für Elektrizität aus Photovoltaik (PV) beträgt **0,34 kWh<sub>PE</sub> / kWh<sub>el</sub>** (Quelle: [http://www.esu-services.ch/fileadmin/download/Energiesysteme\\_v2.2\\_2011.pdf](http://www.esu-services.ch/fileadmin/download/Energiesysteme_v2.2_2011.pdf); nicht regenerativer Anteil; Photovoltaik Schrägdach). Eine kWh<sub>el</sub> aus PV substituiert somit (3,00 – 0,34) kWh<sub>PE</sub> = **2,66 kWh<sub>PE</sub>**. Zur Substituierung des Primärenergiebedarfs erforderlich ist somit ein Ertrag aus der PV-Anlage von

$$(925.030 / 2,66) \text{ kWh}_{el} / \text{a} = 347.756 \text{ kWh}_{el} / \text{a}$$

Der Ertrag aus der PV-Anlage beträgt laut IB Mayr bei voller Ausnutzung der bereitgestellten Dachfläche von 2.680 m<sup>2</sup> ca. **472.000 kWh<sub>el</sub> / a** und übertrifft damit den erforderlichen Ertrag von 347.756 kWh<sub>el</sub> / a um ca. 36 %.

Dies ist im Folgenden grafisch dargestellt.

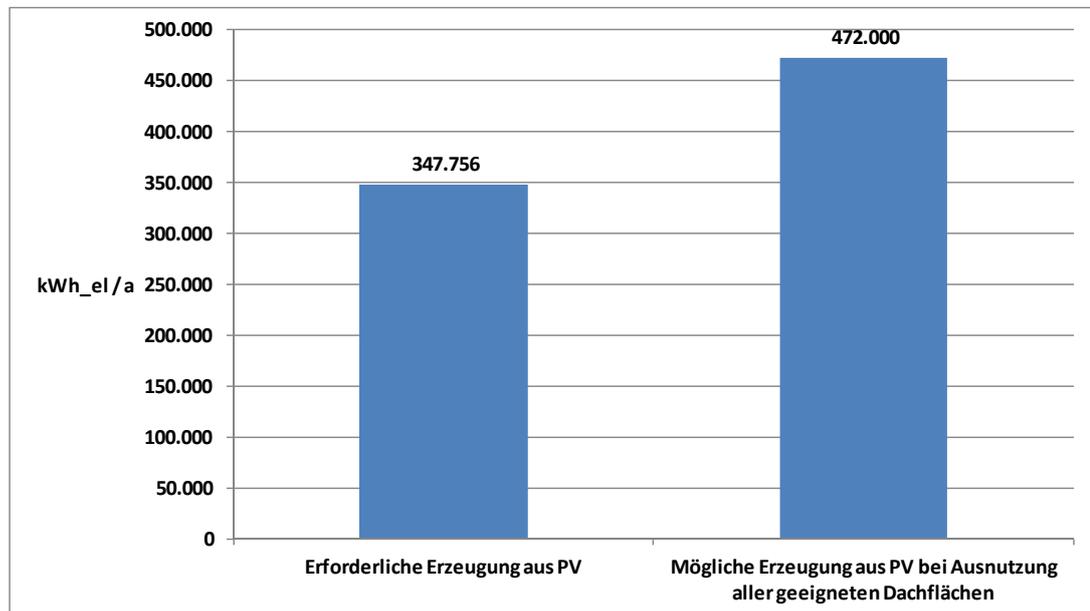


Abbildung 61 Zur Erreichung des Plusenergiestandards erforderliche und mögliche Eigenerzeugung aus PV (nur Gebäudedächer)

Hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Emissionen ergibt sich ein ähnliches Bild; die CO<sub>2</sub>-Vermeidung durch eine PV-Anlage bei Ausnutzung aller geeigneten Dachflächen übersteigt die aus dem Gebäudebetrieb resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen um ca. 22 %:

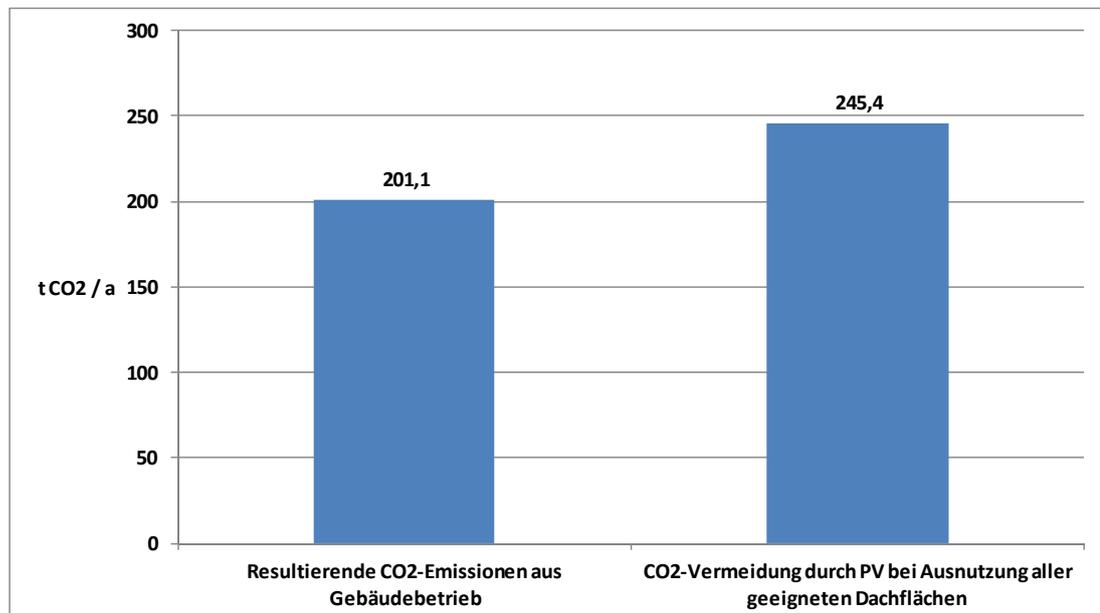


Abbildung 62 Zur Erreichung der CO<sub>2</sub>-Neutralität erforderliche und mögliche Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Eigenerzeugung aus PV (nur Gebäudedächer)

Insgesamt lässt sich festhalten, dass allein unter Ausnutzung der dafür bereitgestellten Dachflächen der Plusenergiestandard gemäß der projektspezifischen strengen Definition erreicht werden kann.

Die Erreichbarkeit des Plusenergiestandards gemäß der projektspezifischen Definition wird im Zuge der weiteren Planung jeweils vor dem Hintergrund des aktuellen Wissensstandes überprüft.

### 5.5.6 Energetisches Pflichtenheft

Auf Basis der aufgestellten Primärenergiebilanz lässt sich ein energetisches Pflichtenheft ableiten, welches in für die Planer transparente Weise energierelevante Zielwerte zusammenfasst. Das energetische Pflichtenheft wird bedarfsgerecht im Zuge der weiteren Planung fortgeschrieben.

Die nachfolgend aufgeführten energierelevanten Kennwerte sollen im Projekt eingehalten werden. Sollte sich die Realisierung dieser Werte als schwierig erweisen, wird der Sachverhalt im Planungsteam diskutiert, um eine sinnvolle und mit dem Plusenergiestandard konforme Lösung zu entwickeln.

#### 5.5.6.1 Technische Gebäudeausrüstung

##### Lüftungsanlagen

Die erforderlichen mechanischen Zu-/Abluftanlagen sollen strömungsoptimiert ausgeführt werden. Die folgenden Strömungsgeschwindigkeiten in Lüftungskanälen sollen eingehalten werden (VDI 3807); höhere Strömungsgeschwindigkeiten sind möglich, sofern die weiter unten genannten Druckverluste eingehalten werden:

Betriebszeit, h/a	v (m/s)
< 1.500	< 4,0
1.500-3.000	< 3,0
3.000-6.000	< 2,5
6.000-8.760	< 2,0

Abbildung 63 Wertetabelle zu den einzuhaltenden Strömungsgeschwindigkeiten

Die folgenden Werte des gesamten Druckverlustes in Zu-/Abluftanlagen sollen eingehalten werden (in Anlehnung an verbesserte Richtwerte LEE Hessen; alle Werte beziehen sich auf die Summe für Zu- und Abluft, intern und extern!).

Art	Nennvolumenstrom, m <sup>3</sup> /h	Druckverluste; Summe für Zu- und Abluft, intern und extern (Pa)
Ohne WRG	1.000 ... 10.000	400
	> 10.000	600
Mit WRG	< 300	300
	300 ... 10.000	450
	> 10.000	600

Mit WRG und Heiz- / Kühlregistern	3.000 ... 10.000	600
	> 10.000	900

Abbildung 64 Wertetabelle zu den einzuhaltenden Druckverlusten bei Zu-/Abluftanlagen

Die folgenden Werte des gesamten Druckverlustes in Abluftanlagen sollen eingehalten werden (in Anlehnung an verbesserte Richtwerte LEE Hessen; alle Werte beziehen sich auf die Summe von internem und externem Druckverlust!):

Nennvolumenstrom, m <sup>3</sup> /h	Druckverluste; Summe aus intern und extern (Pa)
< 300	150
300 ... 10.000	200
> 10.000	300
> 10.000, Nachtlüftung	100

Abbildung 65 Wertetabelle zu den einzuhaltenden Druckverlusten bei Abluftanlagen

Die folgenden Ventilator-Systemwirkungsgrade (Gesamt-Wirkungsgrad unter Berücksichtigung von Ventilator, Motor, Antrieb, FU) sollen eingehalten werden (in Anlehnung an verbesserte Richtwerte LEE Hessen):

Nennvolumenstrom, m <sup>3</sup> /h	Ventilator-Systemwirkungsgrad, %
300 ... 1.000	> 55
1.000 ... 5.000	> 60
5.000 ... 10.000	> 65
> 10.000	> 70

Abbildung 66 Wertetabelle zu den einzuhaltenden Ventilator-Systemwirkungsgraden

WRG-Einheiten sollen einen Wärmerückgewinnungsgrad von mindestens 75 % aufweisen.

Lüftungsleitungen sollen innerhalb der thermischen Gebäudehülle mindestens folgendermaßen gedämmt werden (bei WLG 040):

- Außenluft: 10 cm
- Fortluft: 10 cm
- Zuluft: 3 cm
- Abluft: 3 cm

Lüftungsleitungen sollen außerhalb der thermischen Gebäudehülle mindestens folgendermaßen gedämmt werden (bei WLG 040):

- Zuluft: 8 cm
- Abluft: 8 cm (zumindest auf den ersten ein bis zwei Metern nach Verlassen der thermischen Hülle)

Die mechanischen Zu-/Abluftanlagen müssen, wo dies erlaubt ist, stufenlos bedarfsgerecht betrieben werden können.

### Heizung

Die Dämmung von Heizleitungen und Armaturen soll mindestens 100 % besser als nach den Anforderungen der EnEV 2009 erfolgen (100 % größere Dämmdicken).

### Kühlung

Die Dämmung von Kühlleitungen muss gemäß den Anforderungen der EnEV 2009 erfolgen.

### Hilfsenergien

Sämtliche Pumpen sind in der Energieeffizienzklasse A++ oder A+ und  $\Delta p$ -geregelt auszuführen.

Die folgenden Werte für Hilfsenergien sollen eingehalten werden:

Art	Maximalwert
Summe für alle Heizkreispumpen	$P_{el} < 0,005 P_{heiz\_th}$
Summe für alle Kühl- und Rückkühlkreispumpen	$P_{el} < 0,02 P_{kühl\_th}$
Umluftgeräte	$P_{el\_Ventilator} < 0,03 P_{kühl\_th}$

Abbildung 67 Wertetabelle zu den einzuhaltenden Werten für Hilfsenergien

### Kunstlicht und Tageslichtautonomie

Die folgenden Werte für die spezifische installierte Leistung Kunstlicht sollen eingehalten werden:

Beleuchtungsstärke, lx	Spezifische installierte Leistung Kunstlicht, W/m <sup>2</sup>
50	2,5
100	3,5
200	5,0
300	7,5
500	11,0

Abbildung 68 Wertetabelle zu den einzuhaltenden spezifischen installierten Leistungen für Kunstlicht

Der Leuchtenbetriebswirkungsgrad soll mindestens 80 % betragen. Bei Unterschreitungen dieses Wertes ist eine Begründung notwendig.

Für Hauptnutzungsbereiche ist durch geeignete Fassadengestaltung und evtl. in Dächern angeordnete Tageslichtelemente eine gute Tageslichtautonomie (> 60 % bei Anforderung 300 lx; > 45 % bei Anforderung 500 lx) zu gewährleisten. Die außenliegende Sonnenschutzvorrichtung soll so ausgeführt werden, dass bei Sonneneinstrahlung und geschlossenem Sonnenschutz für dahinter liegende Räume bis zu einer Raumtiefe von mindestens 5 m i. d. R. kein Kunstlichteinsatz erforderlich wird.

### 5.5.6.2 Gebäudehülle

Wärmebrücken sind wegen des angestrebten Passivhausstandards weitgehend zu vermeiden. Die folgenden U-Werte sollen eingehalten werden:

Art	U-Wert, W/(m <sup>2</sup> K)	Dämmdicke bei WLG 035, cm (typischerweise)
Außenwand opak	≤ 0,12	≥ 28
Dach opak	≤ 0,10	≥ 34; bei Keildämmung detaillierte Betrachtung erforderlich!
Boden / Wand gegen Erdreich	≤ 0,25	≥ 14
Fenster gesamt (U <sub>w</sub> ), Pfosten-Riegel-Konstruktion	U <sub>w</sub> ≤ 0,85 W/(m <sup>2</sup> K) im eingebauten Zustand	-
Außentüren	≤ 0,80	≥ 5

Abbildung 69 Wertetabelle zu den einzuhaltenden Werten für den Dämmstandard

Einzuhaltender g-Wert der Fenster nach DIN EN 410: **g ≥ 52 %**

Einzuhaltender Tageslichtdurchgang der Fenster: **τ<sub>vis</sub> ≥ 72 %**

F<sub>c</sub>-Wert des außenliegenden Sonnenschutzes: **F<sub>c</sub> ≤ 0,20**

Gebäudedichtigkeit: Ein n<sub>50</sub>-Wert von unter **0,40 1/h** muss erreicht und mittels eines Blower-Door-Tests nachgewiesen werden.

### 5.5.6.3 Thermischer Komfort

In Klassenzimmern und anderen Hauptnutzbereichen ohne erhebliche interne Lasten soll ein guter sommerlicher thermischer Komfort ohne mechanische Kühlung gewährleistet werden (Ausnahmen: Zuluftankühlung; Nachtauskühlung; Brunnenkühlung). Die operative Raumtemperatur soll bei normalen klimatischen Bedingungen einen Wert von 27 °C während nicht mehr als 5 % der Nutzungszeit überschreiten.

## 6. Ergebnis Planungskonzept

### 6.1 Gebäudekonzept

#### 6.1.1 Umsetzung des Konzepts offener Lernlandschaften

Die Umsetzung offener Lernlandschaft bedingt gänzlich neue Schultypologien. Während bei herkömmlichen Schulkonzepten Klassen aneinander gereiht werden und entweder durch Gänge einhüftig oder zweihüftig bzw. durch Hallen erschlossen werden, müssen hier Cluster gebildet werden, die sowohl Klassen als auch eine dazu geordnete Marktplatz mit den geforderten Nebenräumen wie Lehrerzimmer, Garderobe, Lehrmittelraum, etc. umfassen. Diese „Cluster“ müssen in sich abgeschlossen sein. Es ergibt sich somit die Aufgabenstellung, die einzelnen Cluster so zu erschließen, dass die natürliche Belichtung gewährleistet bleibt.

#### 6.1.2 Baukörper und Bereichsgliederung

##### 6.1.2.1 Allgemeine Details

Das Konzept der offenen Lernlandschaften sollte sich auch in der Architektur ausdrücken. So wird der Bau in einzelne Bereiche gegliedert. Zwei Häuser beinhalten jeweils die Unterrichtsbereiche und die Sonderunterrichtsräume, ein Haus beinhaltet die Aula, die Lehrerzimmer, die Verwaltung, die Mensa und die Bibliothek und ein Haus beinhaltet die Turnhalle. Im Gegensatz zu herkömmlichen Schulbauten, die oft zeilenartig oder als kompakter Bau angeordnet werden, entsteht hier eine teppichartige Bebauung, die durch ihre Stellung differenzierte Außenbereiche schafft. So entsteht ein klarer Eingangshof, es entstehen den jeweiligen Klassen zugeordnete Freibereiche und ein sehr geschützter Innenhof, der als Pausenhof genutzt werden kann.

Jedes „Klassenhaus“ wird über ein eigenes Stiegenhaus vertikal erschlossen, an diese sind jeweils pro Geschoss zwei getrennte Lernlandschaften angehängt. Während sich die Klassen an der Außenfassade befinden, aus energetischen Gründen (Sommertauglichkeit) teilweise nordorientiert, zum Teil südorientiert, befinden sich die Marktplätze in der Innenzone. Diese werden sowohl von einer Fassade als auch über einen Lichthof belichtet. Dieser reicht über zwei Geschosse, im unteren Geschoss wird der Bereich des Lichthofes ebenfalls zur Lernlandschaft dazugezählt und genutzt. Damit ergeben sich räumlich interessante Differenzierungen innerhalb der Häuser. Über die Treppenhäuser gelangt man jeweils in die erdgeschossigen Sonderunterrichtsräume. Auch diese haben einen gut belichteten Marktplatz.

Die Schule wird über die Aula betreten, die vom Erdgeschoss bis ins Dachgeschoss reicht und die beidseitig flankiert ist mit Verwaltung, Lehrerzimmern, Bibliothek und Mensa. Dieser zentrale Raum kann als Mehrzweckraum für viele Veranstaltungen genutzt werden, auch eine Nutzung durch die Öffentlichkeit wäre hier möglich. Die stirnseitig angeordnete Bühne ist ebenfalls auf der Rückseite offenbar, sodass sie auch für den Freibereich genutzt werden kann.

Die Turnhalle ist nicht eingegraben, Geräteräume befinden sich längsseitig, die Umkleidebereiche im 1. Obergeschoss. Eigene Treppen führen von den Umkleidebereichen direkt zu den Eingängen in die jeweiligen Hallen.

Alle Häuser sind mit Satteldächern versehen. Hauptbegründung dafür ist die Möglichkeit, die großen Photovoltaikflächen, die für ein Nullenergiekonzept notwendig sind, in die Dachlandschaft zu integrieren. Diese großen Häuser sind außen senkrecht mit naturbelassenem Holz verschalt, pro Geschoss springt die Fassade um einige Zentimeter vor und schützt dadurch die darunter liegende Fassadenfläche. Es ergibt sich auch eine sehr subtile horizontale Gliederung der großen Häuser.

### 6.1.2.2 *Konstruktion*

Auf einem Keller aus Ortbeton bzw. auf horizontalen Bodenplatten wird direkt die Holzkonstruktion aufgesetzt. Beim Konstruktionssystem handelt es sich um einen reinen Holz-Skelettbau. Auf Holzstützen werden Primärträger aufgelegt und zwischen die Primärträger werden Holzbetonverbundelemente gespannt. Während die Primärträger im Schnitt alle drei Meter unterstützt sind, spannen die Holzbetonverbunddecken zwischen 7,50 Meter und 8,50 Meter. Dieser Modul gibt sich auf der Funktionalität. Der Skelettbau wurde daher gewählt, weil er auch für die Zukunft die Möglichkeit offen lässt, Veränderungen vorzunehmen. Das Dach ist als reine Pfetten-Sparrenkonstruktion entwickelt, identisch mit den Primärträgern im ersten und zweiten Geschoss sind die Pfetten, identisch mit der Holzbetonverbunddecke ist die Sparrenlage. Grundsätzlich sollen die tragenden Teile sichtbar bleiben, die Konstruktion wird hier zum wesentlichen Struktur- und Gestaltungselement. So sind die Balken bei den Decken jeweils sichtbar, ebenso strukturieren die eng gelegten Sparren die Dachuntersicht. In der Aula wird ein ähnliches Prinzip verfolgt, die großen Spannweiten werden jedoch mittels Fachwerkträgern bewältigt. Die Konstruktion der Turnhalle erfolgt konventionell über weit gespannte Träger, die auf den Längswänden der Turnhalle aufliegen. Die Träger liegen horizontal, auf diesen wird das Satteldach abgestützt.

### 6.1.2.3 *Fassaden*

Die Fassaden sind als mehrschichtig aufgebaute vorgefertigte Elemente konzipiert, der Wärmedämmwert entspricht den Forderungen des Passivhauses, die Möglichkeit einer maximalen Vorfertigung ist prinzipiell gegeben. Die Elemente sind in Ihrer Dimension (maximale Höhe 3,50 Meter) gerade noch transportierbar. Somit ist eine Vorfertigung möglich. Die Außenhaut bildet eine unbehandelte Senkrechtverschalung, die sich mit der Zeit verändern wird. Da sich das Gebäude in der Landschaft und nicht in der Stadt befindet, ist das ein wichtiges Gestaltungsmerkmal. Die Fensterkonstruktionen werden ebenfalls in Holz ausgeführt, ev. Ist eine Holz-Alu Ausführung bei exponierten Fenstern angebracht.

### 6.1.2.4 *Dachkonstruktionen*

Die großen Spannweiten erfordern spezielle Deckenkonstruktionen. Wie sich aus einer Recherche der neuesten Konstruktionstypologien im heutigen Schulbau ergeben hat, werden vermehrt Holzbetonverbunddecken ausgeführt. Folgende Vorteile ergeben sich:

- große Spannweiten mit günstigem Schwingungsverhalten möglich

- die Betonschicht dient zur Vergrößerung der Speichermasse
- Vorteile im Schallschutz durch das vergrößerte Flächengewicht
- Vorteile im Brandschutz

Da ein hoher Vorfertigungsgrad ein wichtige Zielsetzung des Projektes ist um musterhaft zu belegen, dass eine der wichtigen Qualitäten des Holzbaus ein alternativer Bauprozess ist (vgl. Katalog Bauen mit Holz, „der andere Bauprozess“ Kaufmann, Nerdinger 2011) werden zu diesem Thema im 2. Forschungsantrag die Unterstützung eine Neuentwicklungen beantragt, die einen Verbund von Brettschichtholzbalenlagen mit Betonfertigelementen zum Ziel haben. Dabei handelt es sich um eine neuartige Konstruktion, die einerseits sehr wirtschaftlich erscheint, andererseits auch geometrisch einigen Spielraum offen lässt, im Gegensatz zu komplett vorgefertigten Holzbetonverbunddeckenelementen und trotzdem einen hohen Vorfertigungsgrad aufweist.

### 6.1.3 Gestaltung von Räumen

Die Räume sollen sehr zurückhaltend gestaltet werden. Fichten oder Lärchenholz ist als Hauptkonstruktionsmaterial vorgesehen, sämtliche Wandoberflächen, Türen, Möbel werden ebenfalls mit geeigneten Holzwerkstoffen entwickelt. Für den Fußboden ist ein geschliffener Estrich vorgesehen, der sehr gut im Kontrast zur Holzkonstruktion steht, aber auch ein wichtiger Beitrag zur Sommertauglichkeit darstellt, da seine Speichermasse aktiviert werden kann. Die Holzoberflächen im Innenbereich werden lasiert, im stark strapazierten Bereich werden wirksame Vorkehrungen getroffen, damit eventuelle Verschmutzungen oder Beschädigungen verhindert oder aber wieder beseitigt werden können. Die Besonderheit in der Gestaltung ist das offene Konzept, so sind zu den einzelnen Klassen sehr große Fenster zum Marktplatz angeordnet, die Klassenraumtüren werden als Schiebetüren ausgeführt, die meist offen stehen. Die Klassen können verschiedenartig genutzt werden, sowohl Frontalunterricht als auch Gruppenunterricht oder Unterricht in kleineren Gruppen ist möglich, die Einrichtung wird dementsprechend flexibel angebracht, um alle Möglichkeiten offen zu lassen. Die Marktplätze sind flexibel bespielbare Raumzonen, die dem individuellen Unterricht Rechnung tragen.

## 6.2 Freianlagenkonzept

Das Konzept der Freiraumgestaltung nimmt zum einen Bezug auf die besondere Lage des Schulgrundstücks im „Schmuttertal“, welche geprägt ist durch offene, artenreiche Wiesenflächen und der mäandrierenden Schmutter, zum anderen auf die städtebauliche, „teppichartige“ Struktur der Schulgebäude. Es entsteht eine spannungsvolle Abfolge differenzierter Höfe und Wiesenfelder in Kombination mit Bändern aus Wegen, Vegetations- und Spielelementen, welches ein Verweben des Freiraums mit der Landschaft zur Folge hat. Der umgebende Landschaftsraum fließt in den Freiraum der Schule ein und vermittelt den intensiven Bezug und die Verflechtung mit der Landschaft. Begründet durch das Konzept der offenen LernLandschaft wird im gesamten Schulgrundstück auf Einzäunungen verzichtet. Altersgemäße Schwerpunktsetzungen werden geschaffen, jedoch keine abgegrenzten Bereiche. Zielsetzung des Freiraumkonzepts ist es, neben der naturräumlichen Einbindung in die Landschaft, die innovative pädagogische Architektur des Innenraums in den Außenraum

zu übertragen und ein differenziertes Angebot an offenen Lerngärten zu schaffen. (s. Anlage 03 - Entwurfsplan Freiflächen).

### **Erschließungszone**

Als Entrée des Gymnasiums soll eine öffentliche Erschließungszone mit Vorplatz zwischen dem Ortsrand Diedorf und dem Gymnasium entstehen. Im Westen der Erschließungszone ist ein Parkplatz mit einer baumüberstandene Stellfläche für 101 PKWs und 10 Motorroller vorgesehen. Daran schließt sich der Bereich für die Fahrradstellplätze an. Felder aus Blumenwiesen und Gräsern vermitteln im Osten des Zugangsbereichs zwischen Schule und Landschaft.

### **Pausenbereiche**

Die beiden Pausenhöfe bilden den Mittelpunkt und Kommunikationsort der Schule. Nach Westen öffnet sich ein 1.255 m<sup>2</sup> großer Pausenhof zur Landschaft hin, welcher neben der Pausennutzung im Zusammenhang mit der Bühne als Schulforum und „Grünes Klassenzimmer“ genutzt werden kann. Nördlich der Pausenhalle befindet sich der zweite Pausenhof mit einer Größe von 1.175m<sup>2</sup>. Mit der überdachten Mensaterrasse öffnet sich die Mensa zum Schulhof. Die Pausenhöfe werden durch unterschiedlich befestigte Flächen und ein abwechslungsreiches Angebot an Sitzelementen intensiv genutzte Orte der Kommunikation und Aktivität. Multioptionale Flächen, wie der Allwetterplatz und der Spielbereich im Norden der Turnhalle, erweitern das Angebot an Pausenflächen und ermöglichen eine Vielzahl verschiedener Aktivitäten.

### **Freisportanlagen**

Im Norden des Planungsgebiets gliedern sich die Freisportanlagen an die Sporthalle an. Die Freisportflächen verstehen sich als Teil des Gesamtfreiraums und werden durch Baumeupflanzungen und Wiesenfelder in die Landschaft integriert.

Die Freisportanlagen umfassen ein Rasenspielfeld (60x90 m), ein Allwetterplatz (28 x 44 m) mit integrierter Weit- und Hochsprunganlagen, ein Beachvolleyballfeld mit integrierter Kugelstoßanlage sowie eine Laufbahn (6/1,22x 130 m). Allwetterplatz und Laufbahn werden als Kunststoffbelagsfläche ausgeführt. Um das Rasenspielfeld in die Topographie des Grundstücks zu integrieren, ist ein Geländesprung von ca. 2,0 m notwendig. Dieser Höhengsprung wird durch Rasenböschungen, Treppen und eine Sitztribüne erreicht.

### **Aneignungsflächen**

Zwischen Bauteil West und Bauteil Nord sind Felder vorgesehen, die als Werkstattterrasse, Schulgarten und Experimentierfelder ausgestaltet werden können. Da diese nicht zum Standardprogramm der förderfähigen Flächen gehören, werden die Felder als optionale Aneignungsfelder gesehen, die durch die Schulgemeinschaft oder Projektgruppen entwickelt und gestaltet werden können.

### **Ausgleichsfläche**

Für das Bauvorhaben sind Ausgleichsflächen notwendig, die auf dem Grundstück nachgewiesen werden sollen. Gemäß dem derzeitigen Planungsstand umfassen die Ausgleichsflächen ca. 12.000 m<sup>2</sup>. Von Seiten des Nutzers wird gewünscht, die Ausgleichsfläche in das pädagogische Konzept zu integrieren und den Schülern als Naturerfahrungsraum zugänglich zu machen. Für die Planung der Ausgleichsflächen wird ein gesonderter Planungsauftrag durch die Gemeinde erstellt.

### **Regenwasserkonzept**

Der Umgang mit dem anfallenden Regenwasser wird in der Entwurfsplanung als ganzheitliches Konzept entwickelt. Ein System aus Rinnen leitet das Regenwasser der befestigten Flächen in dezentrale Sickermulden. Dort wird das Wasser kurzzeitig angestaut, bevor es über die Bodenschichten ins Grundwasser versickert. Voraussetzung der Muldenversickerung ist eine geeignete Durchlässigkeit des Untergrunds und eine Prüfung des Grundwasserflurabstandes. Das Bodengutachten mit den entsprechenden Angaben an Bodeneigenschaften und Hydrologie liegt derzeit noch nicht vor. Nach Vorlage des Bodengutachtens kann eine detaillierte Entwässerungsplanung und eine Bemessung der Anlagen zur dezentralen Muldenversickerung nach DWA –A 138 und DIN 1986-100 erfolgen. Eine Ermittlung der anfallenden Regenmengen erfolgte anhand eines Einzugsflächenplans (s. Anlage 3).

Das Thema Regenwasser kann durch die offene Versickerung als erlebbarer Baustein des Schul-Freiraums verstanden werden und sich in das pädagogische Konzept integrieren.

### **Heizung**

Zur Wärmebedarfsdeckung stehen derzeit mehrere Varianten zur Diskussion. Im Hinblick auf die Belieferung und deren Auswirkungen im Freiraum erfolgte eine Untersuchung folgender Varianten (siehe Planunterlagen im Anhang):

#### 1. Holzpelletkessel:

Für die Belieferung mit Holzpellet muss eine Zuwegung über die westliche Feuerwehrezufahrt zum Haus Süd mit einem LKW bis zu 40 t gewährleistet werden. In dieser Variante müsste die Anlieferung über den westlichen Pausenhof erfolgen und kann daher nur außerhalb der Schulzeiten stattfinden.

#### 2. Mobiler Wärmetransport AVA:

Für die tägliche Anlieferung eines Wärmecontainers muss eine Aufstellfläche für den Wärmecontainer, ausreichend Platz für das Auf- und Abladen sowie eine Wendemöglichkeit für einen Sattelschlepper im Bereich des Parkplatzes gewährleistet werden. Diese Variante würde den Wegfall zahlreicher Stellplätze zur Folge haben.

### **Brandschutztechnische Auflagen**

Die Befahrung der Feuerwehr ist im Westen und Osten des Schulgrundstücks gewährleistet. Wendemöglichkeiten und Aufstellflächen sind im Norden des Hauses West sowie nördlich und südlich der Turnhalle vorgesehen. Die Breite der Feuerwehrezufahrten- und Aufstellflä-

chen sowie die Ausbildung der Radien entsprechend den Vorgaben der DIN 14 090. Die Zufahrten, Aufstell- und Bewegungsflächen sind für Feuerwehrfahrzeuge mit einem Gewicht von 16 t und einer Achslast von 10 t auszulegen. Eine Belagsausbildung mit Schotterrasen ist zulässig. (s. Anlage 3).

## 6.3 Konzept Lichtplanung

### Tageslichtkonzept

Der Einsatz von intelligenten Tageslichtsystemen ist für alle Tageslichtöffnungen aufgrund der hohen G-Wert Anforderungen notwendig.

Neben einer ergonomischen Benutzung der Räume für alle Wetterlagen und Sonnenstände stellen sie eine Begrenzung des Strahlungswärmeeintrages sicher.

Als vertikales Tageslichtsystem vor den Fensterflächen wird ein außenliegender Lamellenraffstore aus weißen Lamellen verwendet. Dieser wird in Abhängigkeit von aktuellen Daten, die eine Wetterstation liefert, per KNX-Bussystem gesteuert.

Zu jedem Zeitpunkt wird der Lamellenbehang optimiert geöffnet und geschlossen. Die Lamellen werden bei Sonneneinstrahlung jeweils im weitest geöffneten Cut-Off Winkel angesteuert, um sowohl Sonnenschutz als auch Tageslichtnutzung zu gewährleisten.

Diese Anordnung entspricht dem Stand der Technik und müsste bei einem Gebäude nach EnEV-Standard ebenso eingesetzt werden, sodass diese Maßnahme als kostenneutral bezüglich des optimierten Gebäudes betrachtet werden kann.

Zusätzlich zum Lamellenraffstore außen sollte im Innenbereich ein Blendschutzrollo angebracht werden. Dieses Blendschutzrollo kann bei flachen Sonnenständen ein Hochfahren des Lamellenbehangs ermöglichen und somit eine weitere Tageslichtnutzung (solare Lichtnutzung) durch aufgestreutes Sonnenlicht in klimatisch erwünschten oder unbedenklichen Fällen, wie z.B. im Winter, möglich machen.

Bezüglich des Seitenlichtes ist bei dieser Anordnung der Systeme ein Optimum erreicht.

Es können weder durch Vergrößerungen der Lichteintrittsflächen, Verbesserungen der Transmissionsgrade und Fassadenkonstruktionen noch durch die Tageslichtsysteme selber weitere wesentliche Vorteile erreicht werden.

Ein letztes denkbare Verbesserungspotential besteht in der Verwendung sehr heller Oberflächen aller verwendeten Materialien bzw. der Möblierung.

Außerdem sollte auf eine perfekte Durchführung der Installation, Programmierung und des Betriebs des Lamellensystems geachtet werden.

Die Oberlichter und der Lichthof werden mit Mikrosonnenschutzraster im Glaszwischenraum des 3fach-Isolierglasverbundes ausgestattet, welches direkte Sonneneinstrahlung verhindert und gleichzeitig diffuses Tageslicht in den Raum lässt.

Dieses System macht auch an sonnigen Tagen eine ergonomische Nutzung der Räume möglich und gewährleistet einen G-Wert von 0,14.

### **Kunstlichtkonzept**

Die Kunstlichtplanung wird durch Verwendung von modernen effizienten Leuchten, Leuchtmitteln und Steuerungssystemen optimiert. Generell ist das Beleuchtungskonzept in allen Klassen- und Büroräumen BAP-tauglich.

Die nach Norm vorgeschriebenen Beleuchtungsstärkewerte und lichttechnischen Kennwerte werden auf möglichst energieeffiziente Weise erzeugt, welche in einem zweiten Schritt durch Tageslicht ergänzt werden. Dies macht eine Abschaltung von Leuchten möglich.

Es wurde in den Lichtberechnungen festgestellt, dass eine in Reihen gestaffelte parallel zum Fenster verlaufende Dimmung die optimale Form der Kunstlichtergänzung ist. So kann stufenlos das vorhandene Tageslicht genutzt werden.

In der Nähe des Markplatzes werden die Schaltgruppen respektive des Lichthofes gestaffelt. Eine zonenweise Dimmung des Kunstlichts in Überlagerung mit einem vergrößerten Tageslichteintrag unter Anwendung einer tageslichtabhängigen Steuerung und einer Präsenzsteuerung ist an dieser Stelle das optimale System.

Eine DALI-Steuerung in Kombination mit einem KNX-Bussystem stellt in diesem Fall die optimale Lichtsteuerung dar. Die zunächst höheren Kosten der DALI-Leuchten können zum Teil durch Vereinfachungen auf der Seite der Elektroinstallation und daraus resultierenden Minderkosten verringert werden.

Ein DALI-System hat folgende Vorteile:

- Einzel-oder Gruppenprogrammierung der Leuchten
- Stufenlose Dimmung der Leuchten gegen 0%
- Rückmeldung des Betriebszustandes Leuchten bzw. Störmeldung
- geringfügig niedrigerer Eigenverbrauch des DALI-EVG im Vergleich zum 1-10V EVG
- günstige Wiederbeschaffung der EVG (1-10V EVG in naher Zukunft nicht mehr Stand der Technik)

Generell sollten anstatt von Kompakt-Leuchtstofflampen oder Halogen-Glühlampen LED-Leuchtmittel in den korrekten Lichtfarben verwendet werden. Dies bietet das größte Energieeinsparungspotential und ist wartungstechnisch als sehr positiv einzuordnen.

Die Gegenüberstellung der Anschaffungskosten sowie Amortisationszeiten ist gesondert im Rahmen der Wirtschaftlichkeit dargestellt.

### Lichtkonzept Außenanlagen

Das Lichtkonzept Außenbereiche sieht für die Zuwegung, Parkplätze und Fahrradständerzonen eine normgerechte Beleuchtung vor, die durch hocheffiziente Leuchten mit LED-Leuchtmitteln und Reflektor- Linsentechnologie ausgestattet ist. Diese Leuchten verfügen generell über eine Ausblendung in dem sogenannten „cut-off“ angle, der eine Lichtverschmutzung in ungewünschte Richtungen verhindert.

Das Beleuchtungskonzept vermeidet bewusst dekorative Beleuchtungen der Fassade oder einzelner Elementen im Landschaftsbereich, damit sich das Gebäude möglichst harmonisch in den Naturbereich seiner unbeleuchteten Umgebung einfügen kann. Die einzigen zusätzlichen Anhebungen der Beleuchtungsstärke finden am Haupteingang statt, um einen großzügigen Eindruck des Eingangsbereiches zu schaffen. Diese Zusatzbeleuchtung kann ausschließlich bei Bedarf zugeschaltet werden.

## 6.4 Brandschutzkonzept

### 6.4.1 Abschnittsbildung

Die Gebäudeteile der Schulgebäude (Klassenhaus I und II) sollen im 1. und 2. Obergeschoss jeweils geschossweise als offene Lernlandschaften ausgebildet werden. Hierzu werden jeweils drei bzw. vier Klassenräume mit einem mittig angeordneten Marktplatz zusammengeführt. Der Marktplatz und die Klassenräume sollen jeweils als eine Lerneinheit ausgeführt werden, bei denen der Abschluss zu den Klassenräumen durch eine Schiebetür ausgeführt wird. Es entstehen somit pro Obergeschoss zwei Einheiten. Die Einheiten weisen jeweils eine Bruttogrundfläche von weniger als 400 m<sup>2</sup> auf. Sie sind untereinander durch klassifizierte Trennwände abgetrennt, die mindestens feuerhemmend in Holzbauweise (F 30 B) ausgebildet werden. Türen in diesen Trennwänden sind ebenfalls feuerhemmend, dicht- und selbstschließend (T 30) vorgesehen.

Somit entstehen im Vergleich zu üblichen Schulgebäuden vergleichsweise kleine Abschnitte mit einer Bruttogrundfläche von ca. 400 m<sup>2</sup>, auf die sich ein mögliches Brandereignis zunächst über einen Zeitraum von bis zu 30 Minuten beschränkt. In Kombination mit der für das Gebäude verbesserten Brandmeldung über eine automatische Brandmeldeanlage mit Aufschaltung zur Leitstelle der Feuerwehr kann somit von einem sehr begrenzten und beherrschbaren Brandereignis ausgegangen werden.

### 6.4.2 Baulicher Brandschutz

Für die Gebäudeklasse 3 sind gemäß der Bayerischen Bauordnung, und hier stellt die Muster-Schulbau-Richtlinie keine darüber hinausgehenden Anforderungen, alle tragenden Wände, Pfeiler, Stützen und Decken feuerhemmend auszuführen. Dies bedeutet, dass sie bei einer Errichtung in Holzbauweise einer Klassifizierung F 30 B entsprechen müssen. Diese Ausbildung ist für den Holzbau üblicherweise ohne besondere Maßnahmen notwendig, vgl. hierzu ebenfalls Abschnitt 4.4.

Eine Sonderstellung nimmt hinsichtlich des baulichen Brandschutzes das Aulagebäude ein. Aufgrund der Mehrgeschossigkeit der Versammlungsstätte ist hier formal eine Ausführung

aller tragenden und aussteifenden Bauteile, wie Wände, Pfeiler, Stützen und Decken aus nichtbrennbaren Baustoffen (Baustoffklasse A) mit einem Feuerwiderstand von mindestens 90 Minuten gefordert. Die Anforderung zur Verwendung nichtbrennbarer Baustoffe kann von der Holzbauweise nicht erfüllt werden. Es handelt sich hierbei baurechtlich um einen normalentflammbaren Baustoff. Die Ausführung in der geplanten Holzbauweise stellt somit eine Abweichung von den bauordnungsrechtlichen Vorschriften dar, für die unter Verwendung geeigneter Kompensationsmaßnahmen die Gleichwertigkeit zur geforderten Ausführung nachzuweisen ist.

Dies wird im vorliegenden Fall durch eine verbesserte Brandmeldung sowie eine optimierte Rettungswegausbildung und Rettungswegführung erreicht. Durch die Art der vorgesehenen Brandmeldung unabhängig von Personen wird gewährleistet, dass ein Brandereignis jederzeit umgehend an die Leitstelle der Feuerwehr übertragen wird. Diese Meldung ist somit auch zu Zeiten gesichert, an denen sich üblicherweise keine Personen in dem Gebäude aufhalten, wie beispielsweise nachts. Die sofortige Meldung sichert im weiteren Verlauf die kurzfristige Einleitung wirksamer Löschmaßnahmen, so dass das Brandereignis auf einen vergleichsweise kleinen Abschnitt begrenzt bleibt.

#### 6.4.3 Anlagentechnischer Brandschutz

Nach der Muster-Schulbau-Richtlinie sind automatische und nichtautomatische Brandmeldeanlagen nicht erforderlich. Es wird lediglich ein Hausalarm gefordert. Für die Schulgebäude wird jedoch als Kompensation für die offenen Lernlandschaften sowie die Ausführung des Aulagebäudes als mehrgeschossige Versammlungsstätte in einer Holzbauweise eine Brandmeldeanlage vorgesehen. Eine Brandmeldung soll direkt an die zuständige Leitstelle weitergeleitet werden. Für die Alarmübertragung sind die Anschlussbedingungen der zuständigen Brandschutzdienststelle zu beachten.

Art, Anzahl und Anordnung von automatischen und nicht automatischen Brandmeldern werden nach den Richtlinien des Verbandes der Sachversicherer – VdS – und den Projektierungsrichtlinien der jeweiligen Herstellerfirma im Einvernehmen mit der zuständigen Brandschutzdienststelle festgelegt.

Für eine erste Brandbekämpfung werden alle Gebäudeteile mit einer ausreichenden Anzahl von Feuerlöschern ausgestattet, um Entstehungsbrände wirksam bekämpfen zu können.

Alle Treppenträume sowie fensterlose Aufenthaltsräume werden mit einer Sicherheitsbeleuchtung ausgestattet. Die Aula und die Bühne erhalten ebenfalls eine Sicherheitsbeleuchtung. Die Beleuchtungsstärke der Sicherheitsbeleuchtung für Rettungswege darf nach ASR 7/4, Abs. 4.1.2 ein Lux nicht unterschreiten. Die Beleuchtungsstärke bezieht sich auf die horizontale Ebene 0,2 m über dem Fußboden oder über den Treppenstufen.

Die Sicherheitszeichen von Ausgängen und Rettungswegen werden an die Sicherheitsbeleuchtung angeschlossen.

Die Gebäude erhalten zudem eine Sicherheitsstromversorgungsanlage, die bei Ausfall der Stromversorgung den Betrieb der sicherheitstechnischen Einrichtungen und Anlagen übernimmt. Über die Sicherheitsstromversorgungsanlage werden die Funktion der Alarmie-

rungsanlagen, der Sicherheitsbeleuchtung sowie der Rauchabzugsanlagen für die Aula gewährleistet. Die Sicherheitsstromversorgung muss bei Ausfall des Netzstroms selbsttätig einschalten.

#### 6.4.4 Rettungswege

Der erste Rettungsweg aus beiden Lernlandschaften der Obergeschosse führt jeweils über einen notwendigen Treppenraum, siehe Abbildung 71. Dieser wird entsprechend der Anforderungen der Bayerischen Bauordnung ausgebildet. Beide Lernlandschaften müssen jeweils einen direkten Zugang zum notwendigen Treppenraum erhalten. Durch die Ausbildung der offenen Lernlandschaften führen die Rettungswege aus den Klassenräumen nicht über einen notwendigen Flur zu den notwendigen Treppen. Es handelt sich hierbei um eine Abweichung von den bauordnungsrechtlichen Vorschriften gemäß Art. 63 BayBO. Als Kompensation hierfür wurden im Rahmen der Untersuchungen verschiedene Möglichkeiten untersucht, von denen für die nachfolgend genannten eine Gleichwertigkeit abgeleitet werden kann.

Als wesentliche Maßnahme in diesem Zusammenhang ist auch hier die automatische Brandmeldung zu sehen. Sie gewährleistet, dass bei einem Brandereignis das Alarmsignal an jeder Stelle im betreffenden Gebäudeteil deutlich gehört werden kann. Somit kann eine umgehende Evakuierung durch das Lehrpersonal eingeleitet werden. Dies geschieht zu einem Zeitpunkt, bei dem davon auszugehen ist, dass sich das Brandereignis in einem Anfangsstadium mit einer geringen Brandausbreitung sowie geringen Brandtemperaturen befindet, siehe Abbildung 70. Diese Phase des Brandes wird als Entstehungsbrand bezeichnet. Die Phase des schnellen Temperaturanstiegs mit einer Raumdurchzündung findet ca. 6-8 Minuten nach der Entzündung statt. Evakuierungsübungen an Schulen zeigen, dass diese üblicherweise nach einer Zeit von ca. 3-5 Minuten nach der Brandmeldung vollständig entfluchtet sind.

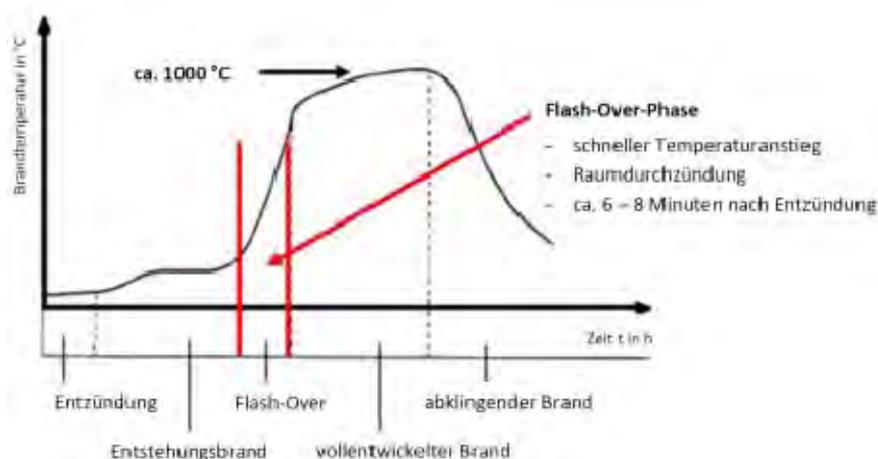


Abbildung 70 Phasenverlauf eines Brandes

Der zweite Rettungsweg wird für die Lernlandschaften aus den Obergeschossen jeweils über eine weitere notwendige Treppe bereitgestellt. Diese befindet sich an der Außenwand West und soll einseitig offen ausgebildet werden.

Zur Erzielung einer Gleichwertigkeit des geplanten Konzeptes im Vergleich zu einer Rettungswegführung über brandlastfreie notwendige Flure wird für die geplanten Klassenhäuser in den Obergeschossen jeweils ein zusätzlicher dritter Rettungsweg bereitgestellt, der über Verbindungstüren zwischen den Unterrichtsräumen zur Außentreppe führt.



Abbildung 71 Rettungswegkonzept für offene Lernlandschaften am Beispiel 2. OG Klassenhaus II

An die Wände zwischen Klassenräumen und Marktplatz sowie an die Schiebetüren werden brandschutztechnisch keine Anforderungen gestellt. Zur Herstellung einer Sichtverbindung zum Marktplatz sollen die Wände zwischen den Klassenräumen und dem Marktplatz Glaselemente erhalten. Diese gewährleisten, dass von jedem Klassenraum der Marktplatz einsehbar ist. Ein Gefahrenereignis kann erkannt und eingeschätzt werden und sofern erforderlich der dritte vom Marktplatz unabhängige Rettungsweg über die Verbindung zwischen den Klassenräumen zur Außentreppe genutzt werden.

#### 6.4.5 Ergebnis

Anhand von geeigneten Kompensationsmaßnahmen ist es auch für die geplante Holzbauweise mit offenen Lernlandschaften möglich, eine Gleichwertigkeit zu Standardlösungen auf der Grundlage des Musterkonzeptes der Bauordnungen sowie der Schulbau Richtlinien zu erzielen. Zu den Hauptschwerpunkten gehören hierbei ein geeignetes Konzept für eine Brandfrüherkennung, eine Sicherung der Rettungswege, eine ausreichende Bereitstellung von Rettungswege sowie eine effektive Entrauchung von Hallenbereichen. Darüber hinaus können im Einzelfall je nach Entwurf des Schulgebäudes weitere Maßnahmen sinnvoll sein.

## 7. Planungsmethodik

### 7.1 Integraler Planungsprozess

#### 7.1.1 Ausgangssituation

Schulen sind Gebäude für die Zukunft mit Vorbildwirkung. Für den zeitgemäßen Neubau von Schulen sind zukunftsfähige räumliche Konzepte, die den komplexen Nutzungsanforderungen gerecht werden, sowie energieeffiziente und betriebswirtschaftlich überzeugende Lösungen gefragt. Beim Neubau des Gymnasiums Diedorfs steht neben einer deutlichen Steigerung der Energieeffizienz des Gebäudes ebenfalls die Verbesserung der Lern- und Lehrsituation im Fokus. Sowohl bauphysikalische Faktoren wie Raumluftqualität, Akustik und Tages-/ Kunstlichtversorgung als auch ein flexibles Raumkonzept zur möglichen Anpassung an sich wandelnde pädagogische Ansätze sind integrale Themen des Planungs- und Umsetzungsprozesses. Aufgrund dieses Ineinandergreifens der verschiedenen Planungsaspekte ist ein „Integraler Planungsprozess“ für eine umfassende Betrachtung von Nachhaltigkeitsaspekten von enormer Bedeutung.

Die Idee einen integralen Planungsprozess als Planungsmethodik, um innovative und komplexe Bauvorhaben umzusetzen ist zwar nicht neu; die Umsetzung als funktionierendes Konzept dagegen schon. Dies mag daran liegen, dass es für den integralen Planungsprozess keine DIN-Norm, kein Patentrezept gibt, da ein Gebäude, im Gegensatz zu industriell gefertigten Produkten, das individuelle Ergebnis vielschichtiger Planungsfaktoren, Zielen, Einflussgrößen, Planungsvoraussetzungen und Entscheidungen aller am Planungsprozess Beteiligten ist. Darüber hinaus stellen sich die projektspezifischen Rahmenbedingungen unterschiedlich dar. Dennoch gibt es Merkmale und typische Problemfelder im Planungsprozess, die es erlauben, eine generische Prozess-Struktur mit Empfehlungscharakter zu entwickeln.

Das Projekt Diedorf soll daher sowohl die Potentiale der Integralen Planung im Gegensatz zu herkömmlichen, konsekutiven Planungs- und Bauprozessen untersuchen und erfassen als auch die Entwicklung einer vergaberechtlich konformen interdisziplinären Planungsmethodik zum Ziel haben.

#### 7.1.2 Identifikation der wesentlichen Problemfelder

Das entscheidende Problem bei der Durchführung integraler Planungsprozesse ist das derzeitige Ausschreibungs- und Vergaberecht bzw. dessen unterschiedliche Handhabung durch die Bundesländer, in Bayern sogar durch die Regierungspräsidien. Das derzeitige Vergaberecht sieht vor, dass in jedem Fall bei einem Projekt, bei dem der Wert der einzelnen Honorare über dem Schwellenwert liegt, nach VOF ausgeschrieben und vergeben werden muss. Dieses Verfahren ist bei einem Projekt, dessen Schwerpunkt bei Forschung und Entwicklung liegt und einem Prozessablauf, der eine deutlich intensivere Zusammenarbeit zwischen Fachdisziplinen erfordert, schwer durchführbar.

Ein weiteres Problemfeld ist das teilweise noch fehlende Verständnis für die Besonderheiten des integralen Planungsprozesses bei der öffentlichen Hand und den politischen Interessensvertretern. Dazu gehört, zunächst auch ein Problembewusstsein beim Bauherrn zu wecken, da nach dessen Vorstellungen die Beteiligung unterschiedlicher Fachdisziplinen

und deren notwendige Koordination eine Standardaufgabe des Architekten ist. Die Mehrleistung des integrativen Planungsprozesses transparent zu machen und den daraus resultierenden Mehrwert für die Planungsleistung aufzuzeigen, ist Teil dieses Forschungsansatzes. Hinzu kommen politische Interessen, die dazu führen, dass oftmals ortsansässige bzw. regionale Büros für die Planungsaufgaben gewünscht werden, die jedoch nicht immer die notwendige Qualifikation bzw. Manpower mitbringen, um einen solchen Prozess mittragen zu können und die notwendige Innovationsleistung einfließen zu lassen.

Weitere Probleme, die sich daraus ergeben, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Zeitverzug und qualitative Probleme im Entwicklungs- und Planungsprozess resultieren insbesondere aus einer zu späten Beteiligung von Fachplanern und dem Bereich Facility Management. Diese können aufgrund einer sequentiellen Beauftragung oft nur noch „schadensbegrenzend“ statt pro-aktiv agieren.
- Die während des Planungs- und Bauprozesses auftretenden Kommunikationsprobleme resultieren in erster Linie aus mangelnder Qualifikation bzw. mangelndem interdisziplinären Verständnis der Beteiligten, d.h. es werden unterschiedliche „Systemsprachen“ verwendet. Dies führt aufgrund des mangelnden gegenseitigen Verständnisses zu einem reduzierten Grad an Kreativität und Innovation.

### 7.1.3 Strukturierung des Prozesses

Zur Findung des Konzeptes wurden bereits umfangreiche Abstimmungen von Lehrkräften und Elternvertretern mit der Fa. LernLandSchaft in Röckingen vorgenommen und ein Raumprogramm sowie ein spezielles Anforderungsprofil an die Architektur erarbeitet. Dieses weicht stark von den gängigen Schultypologien ab, so dass hier ein neuer Typus für den modernen Schulbau entwickelt werden muss.

Bei dem Projekt Diedorf wurde im Vorfeld ein pädagogisches Raumkonzept mit einem speziellen Anforderungsprofil, das stark von den gängigen Schultypologien abweicht, verabschiedet, und als wesentliche Planungsgrundlage dienen sollte. Dazu hatte die Schulfamilie einen pädagogischen Baubegleiter, der in den kommenden Phasen im produktiven Dialog den Planungsprozess weiter unterstützen sollte. Darüber hinaus bestand der Anspruch des Bauherrn, ein energetisch ambitioniertes Schulprojekt umzusetzen, das mindestens Passivhausniveau einhält. Vor diesem Hintergrund mussten bereits in der Vorentwurfphase diejenigen Aspekte untersucht werden, die wesentlichen Einfluss auf das energetische und pädagogische Konzept des Gebäudes haben. Hier sind unter anderem Form, Orientierung, Konstruktion, Kompaktheit und Zonierung zu nennen. Diese Maßgaben haben weitreichende Auswirkungen auf das energetische und pädagogische Konzept des Gebäudes und sind vor allem für eine wirtschaftliche Umsetzung des Projektes von Bedeutung. Nur wenn schon in dieser Konzeptionsphase eine integrale Planung erfolgt, sind echte Synergieeffekte möglich und somit später nutzbar.

Beim vorliegenden Verfahren wurde vor diesem Hintergrund und im Hinblick auf die juristischen Probleme in enger Abstimmung mit den Aufsichtsbehörden für die Vergabeverfahren (VOB-Stellen) folgende Vorgehensweise gewählt:

Zunächst wurde ein Team, das im Wesentlichen aus dem Bereich „Pädagogische Architektur“, Gebäudeplanung, Bauphysik und Energiekonzepte sowie einem wissenschaftlichen Koordinator als Bauherrnberater ausgewählt. Dieses Kernplanungsteam setzt sich aus den folgenden erfahrenen Akteuren zusammen:

- Arbeitsgemeinschaft Nagler Architekten und Herrmann Kaufmann
- LernLandschaft
- ip5 Ingenieurpartnerschaft und
- kplan AG

Dieses Forschungsteam hat zunächst die Aufgabe erhalten, erste Ideen zum Planungs-, Forschungs- und Entwicklungskonzept zu entwickeln. Dieses Planungs-, Forschungs- und Entwicklungskonzept wurde dann der Aufsichtsbehörde vorgelegt. Da die beteiligten Büros keine Aussicht auf einen weiteren Auftrag haben bzw. bei Nichtanerkennung des Forschungsprojektes sich einer ganz normalen Ausschreibung zu unterwerfen haben, war in dieser ersten Beauftragung kein Vergabeverstoß zu sehen.

Es hat sich im nachfolgenden Verlauf als außerordentlich hilfreich erwiesen, dass die Diskussionen des Kernforschungsteams, dessen Ziele vom Fördergeber, der Deutschen Bundesstiftung Umwelt anerkannt wurden, unter Beteiligung der Vergabestelle geführt wurden. Darüber hinaus wurde das Konzept des Gebäudes als Ergebnis der vorangegangenen Workshops der schulaufsichtlichen Genehmigungsbehörde zeitnah präsentiert, um förder-technische Nachteile auszuschließen. Alle vom genehmigten Raumprogramm abweichenden Strukturen werden pädagogisch begründet.

Aufgrund der Forschungsinhalte bei der Baumaßnahme „Neubau des Gymnasiums Diedorf“ und Förderzusage der Deutschen Bundesstiftung Umwelt für das Projekt ist im Hinblick auf den Anwendungsbereich der VOF die Ausnahmeregelung für Forschungs- und Entwicklungsprojekte nach § 100 Abs. 2 Buchstabe n GWB anwendbar.

Für eine Förderung der Konzeptphase eines Projektes verlangt die Deutsche Bundesstiftung Umwelt die konkrete Benennung des Planungsteams mit Referenzen und Lebensläufen. Für das Vorprojekt zum Neubau des Gymnasiums Diedorf (Konzeptentwicklung) wurde auf Grundlage von Referenzabfragen ein Planungsteam zusammengestellt, welches in den Bereichen Innovation, Forschung und Entwicklung, Niedrigstenergie, Nachhaltigkeit, Holzbau und Schulbau besondere Erfahrungen hat. In der Sitzung des Bau-, Umwelt- und Energieausschusses am 15.12.2012 wurde der vorgeschlagenen Zusammensetzung des Planungsteam zugestimmt. Solange in der Vorprojektphase nicht feststand, ob der Neubau des Gymnasiums Diedorf tatsächlich ein Forschungs- und Entwicklungsprojekt nach § 100 Abs. 2 Buchstabe n GWB wird, konnten gemäß § 2 Nr. 7 der Vergabe-Verordnung (VgV) Aufträge bis zu maximal 80.000 € (netto) ohne die Erfordernis eines europaweiten VOF-Verfahrens freihändig vergeben werden.

Nachdem das Forschungskonzept von der Deutschen Bundesstiftung bestätigt war, wurden unter Einbeziehung dieses Teams die weiteren wesentlichen Forschungs- und Entwicklungsaufgaben definiert und dazu die entsprechenden Büros ausgewählt. Dies war erforderlich, da zur Erlangung der Förderung bei der DBU ein erster Förderantrag zu stellen war. Auf Empfehlung der Aufsichtsbehörde, der Regierung von Schwaben, wurde deshalb auch in dieser Phase diese Beauftragung nur bis zur Leistungsphase 2 erteilt, weil zwar grundsätzlich feststand, dass es sich um Forschungsprojekt handle, aber die definitive Festlegung, insbesondere auch im Zusammenhang mit einer Förderung bzw. Nichtförderung noch nicht endgültig getroffen werden konnte.

Im Ergebnis wurden die notwendigen Fachdisziplinen und dazugehörigen Büros des weiteren Planungsteams wie folgt festgelegt:

ARGE Nagler /Kaufmann	Architekten, Erfahrungen im Holzbau
Ip5 Ingenieurpartnerschaft	Energiekonzept, thermisch-energetische Simulation
Ingenieurbüro Mayr	Elektroplanung; PV-Anlage
Lumen <sup>3</sup>	Lichtplanung, Tageslichtsimulation
Ingenieurbüro Wimmer	HLS-Planung
Müller-BBM	Schallschutz, Raumakustik
lernLandSchaft	pädagogische Planungs- und Baubegleitung
ZAE Bayern	Qualitätssicherung, Monitoring
Ascona	Ökobilanzierung, Lebenszyklusanalyse, Risikostoffe
kplan	Verfahrensbetreuung, Wirtschaftlichkeit

Der Bereich Freianlagenplanung wurde gegen Ende der Vorentwurfsphase durch das Büro ver.de vertreten. Der Bereich Küchenplanung wird im weiteren Planungsverlauf integriert werden.

### **Nutzerbeteiligung**

Die frühzeitige Einbindung der späteren Nutzer in den Planungsprozess ist nicht nur im Hinblick auf eine erfolgreiche integrale Planung notwendig. Der Nutzer ist gleichzeitig derjenige, der klare funktionale und gestalterische Anforderungen im Hinblick auf die Optimierung seines späteren Arbeitsplatzes und des gesamten Lernklimas einbringen kann und damit eine wertvolle Planungshilfe darstellt. Gerade hier muss ein notwendiges Umdenken bei allen Planungsbeteiligten stattfinden.

Für den integralen Planungsprozess wurde der Nutzer daher bereits in der Phase der Projektentwicklung und der Bedarfsermittlung durch den Landkreis beteiligt und im Anschluss direkt in das integrale Planungsteam integriert.

Bis kurz vor Abschluss der Leistungsphase 3 stand der Nutzer noch nicht fest, da sich das Gymnasium Diedorf erst im Aufbau befindet. Die Interessen der Nutzer sind daher zunächst durch einen geeigneten Repräsentanten der Schule eingebracht worden, der auch den Aufbau des neuen Gymnasiums mit begleitet. Hierbei ist es entscheidend, dass der Repräsentant nicht nur den neuen Planungsideen gegenüber aufgeschlossen ist, sondern sich auch in der Lage sieht, Entscheidungen und Ideen im Hinblick auf den Planungsprozess mit einzubringen und mit zu tragen.

Während des Planungsprozesses konnte der Repräsentant als Schulleiter des neuen Gymnasiums bestätigt werden. Dadurch können bereits die Vorstellungen des Nutzers direkt in das Planungskonzept einfließen und damit günstige Bedingungen für die spätere qualifizierte Einbindung der zukünftigen Lehrer und Schüler geschaffen werden.

### **Bauherrenbeteiligung**

Auch der Bauherr muss direkt in das integrale Planungsteam eingebunden werden und sollte den Prozess mit den entsprechenden Kompetenzen begleiten. Hierbei ist neben dem fachlichen Know-how, insbesondere auch die Entscheidungskompetenz, wichtig. Das Projekt Diedorf wurde von Anfang an vom Landratsamt Augsburg intensiv betreut. Während des Planungsprozesses wurde darüber hinaus der Bereich Facility Management mit eingebunden.

## **7.1.4 Dokumentation des integralen Planungsprozessablaufs**

### **7.1.4.1 Beschreibung der Vorgehensweise**

Die Projektpartner ip5, ZAE Bayern und kplan AG fungieren als Bauherrenberater mit spezieller Ausrichtung auf die Themen Energieeffizienz und Qualitätssicherung und überprüfen in dieser Funktion kontinuierlich die Einhaltung der geforderten Zielkriterien („Planungscontrolling“). Die kplan AG hat dabei insbesondere die Rolle einer übergeordneten Verfahrensbetreuung inne, die als letzte Instanz die DBU und den Bauherrn auf Schwachstellen im Prozessablauf hinweist und Entscheidungen anfordert. Die Projektpartner ip5 und ZAE fungieren darüber hinaus verstärkt als „Ideengeber“. Sie schlagen Planungsvarianten vor, die zu einer Optimierung des Planungsergebnisses im Hinblick auf die angestrebten Zielsetzungen des Leitprojekts beitragen können („Planungsoptimierung“). Die Verantwortung für die technischen Lösungen verbleibt jedoch ausschließlich beim Planer.

Konkret gestaltet sich das Zusammenspiel zwischen den Ideengebern und den Planungspartnern in der ersten Projektphase wie folgt:

- In einem ersten Planerworkshop wurden wesentliche Leitkriterien für das Projekt erarbeitet und festgelegt. Dazu gehören wesentliche Ideen im Hinblick den angestrebten Energiestandard und das umzusetzende pädagogische Konzept. Darüber hinaus wurden bereits sich daraus ergebende Besonderheiten im Hinblick auf die unterschiedlichen Fachdisziplinen diskutiert und festgehalten.

- In einem zweiten Schritt werden die Leitkriterien in verschiedene Planungsvarianten umgesetzt und mit den Ideengebern, dem Nutzer und dem Bauherrn die Schwachstellen und Vorteile im Hinblick auf die angestrebten Ziele diskutiert.
- Letztlich erfolgt die Auswahl der bestgeeigneten planerischen Lösungsvariante gemeinsam mit dem Bauherrn in einem weiteren Workshop.

Für diese Entscheidung wurde bereits das im Vorfeld ausgewählte Planungsteam mit hinzugezogen, um weitere Fachdisziplinen frühzeitig in den Entscheidungsprozess zu integrieren.

Die weitere Projektbearbeitung lässt wie folgt charakterisieren:

- Im Anschluss wurde die ausgewählte Planungsvariante von allen Planungsbeteiligten im Hinblick auf die gesteckten Forschungsziele optimiert
- Qualitativ wurden noch weitere Planungsgrundsätze (Optimierung der Tageslichtnutzung, weitgehender Verzicht der mechanischen Kühlung, Nutzung von Speichermassen, Einsatz effizienter Haustechnik) im Konzept berücksichtigt
- Die Projektpartner legen zusätzlich zu den bereits genannten Anforderungen an die Gebäudequalität weiterführende konkrete quantitative Zielkriterien für die Entwurfsplanung fest (insbes. in Bezug auf den max. zulässigen Kühlbedarf, den max. zulässigen Primärenergiebedarf, weitere Anforderungen an nicht-energetische Nachhaltigkeitskriterien)
- Ausgehend vom bereits vorliegenden Vorentwurf legen die Projektpartner gemeinsam eine Auswahl jener Varianten von „Systemkonfigurationen“ fest, die vom Planer zu bearbeiten und anschließend einer Variantenanalyse im Hinblick auf die Einhaltung der Zielkriterien zu unterziehen sind. Für die thermisch-energetischen Zielkriterien erfolgt die Wirkungsanalyse mit Hilfe einer dynamischen Gebäudesimulation
- Die Ergebnisse der Variantenanalyse werden von den Projektpartnern auf Plausibilität überprüft. Es erfolgt eine zweite Runde mit einer engeren Auswahl von Varianten, die noch detaillierter planerisch zu bearbeiten sind.
- Letztlich erfolgt die Auswahl der bestgeeigneten Lösungsvariante gemeinsam mit dem Bauherrn.

Im gesamten Planungsprozess werden im Vorentwurf und im Entwurf „Optimierungsphasen“ eingeführt, um dem Bauherrn, den Nutzern und allen Planern ausreichend Gelegenheit für eine Optimierung des Entwurfs hinsichtlich Energieeffizienz, Funktionalität und Nachhaltigkeit unter Berücksichtigung der Lebenszykluskosten zu verschaffen. Die Optimierungsschritte wurden in Planungsteambesprechungen wahrgenommen. Dazu wurden Planungsvarianten im Rahmen der Planungsbesprechungen diskutiert, beschlossen und von den jeweiligen Fachplanern ausgearbeitet. In den nächsten Planungsbesprechungen wurden die Ergebnisse präsentiert und die Schlussfolgerungen für die weitere Planung festgelegt.

#### 7.1.4.2 *Planungscontrolling*

Nachfolgend wird der bis zur Entwurfsphase vorgenommene Prozess des Planungscontrolling beschrieben.

##### **1) Festlegung der Planungsparameter**

Hintergrund

Ziel dieses Arbeitsschrittes war die Generierung von möglichen Lösungsvarianten zur Erreichung der Leitkriterien und die Ableitung weiterer Planungsparameter.

Aktivitäten

Vorab wurden die allgemeinen Zielsetzungen für den Neubau des Gymnasiums dargelegt, darauf aufbauend die ambitionierteren Energiekennzahlen und die planerische Clusterlösung im Hinblick auf die Umsetzung des innovativen pädagogischen Konzepts. Zusätzlich mussten von den Planern weitere Kriterien, die sich nicht ausschließlich auf den Energieeinsatz beschränken, berücksichtigt werden. Diese Kriterien wurden mit dem Planungsteam des Generalplaners diskutiert, um ein gemeinsames Verständnis von den Zielen des Bauherrn und der DBU herzustellen. Ebenso wurden die Nachweismethoden, mit welchen die Einhaltung der Anforderungen dargestellt werden muss, besprochen.

Ergebnis

Es hat sich gezeigt, dass bereits in dieser frühen Phase alle Fachplaner gemeinsam Lösungsansätze diskutieren müssen. So sind Entscheidungen bezüglich der Kompaktheit, der Gebäudeausrichtung und Zonierung sowohl unter gestalterischen und gebäudetechnischen Gesichtspunkten als auch unter Aspekten der Tageslichtversorgung und des Brandschutzes abzuwägen.

##### **2) Optimierung im Vorentwurf**

Hintergrund

Ziel dieses Arbeitspaketes war die Einhaltung der festgelegten Zielkriterien an konkreten Punkten in den Planungsphasen Vorentwurf und Entwurf zu überprüfen und aus der Überprüfung Vorschläge zur Optimierung der thermisch-energetischen Eigenschaften des Gebäudes und der planerischen Umsetzung des pädagogischen Konzepts abzuleiten.

Aktivitäten

Wesentliche Aktivität in diesem Arbeitspaket war die Prüfung der Nachweisführungen entsprechend den Vorgaben in den Nachhaltigkeitskriterien. Bei Nicht-Einhaltung der Kriterien wurden Planungsvarianten zur Verbesserung der thermisch-energetischen Qualität geprüft, inwieweit damit das Ziel eingehalten werden kann.

Gleichzeitig wurden Vorschläge und Anregungen zu thermisch-energetischen Optimierung in die Planungsbesprechungen eingebracht, die hinsichtlich der Machbarkeit, der Energieeinsparung und der Baukosten untersucht wurden.

Diese Planungsvarianten wurden im Rahmen der Planungsbesprechungen diskutiert, beschlossen und von den jeweiligen Fachplanern ausgearbeitet. In den nächsten Planungsbesprechungen wurden die Ergebnisse präsentiert und die Schlussfolgerungen für die weitere Planung festgelegt.

Gleichzeitig wurde eine thermische Gebäudesimulation durchgeführt, um somit die dynamischen Auswirkungen auf das thermische Verhalten des Gebäudes detailliert analysieren zu können

Ergebnis

Durch diese Vorgehensweise konnten frühzeitig Optimierungspotentiale über alle Fachdisziplinen identifiziert und in die Vorentwurfsplanung integriert werden.

### **3) Optimierung im Hinblick auf Kostenvorgaben**

Hintergrund

In Planungsprozessen kommt es sehr häufig vor, dass im Zuge der Planung aus diversen Gründen von den ursprünglichen, meist hoch gesteckten Zielen abgewichen wird. Ergebnis sind meist – auf Grund von Kosten- und Zeitdruck und aus mangelnder Gesamtsicht der einzelnen Beteiligten im Planungsprozess – schlechte Kompromisse im Sinne der Energieeffizienz und Nachhaltigkeit.

Ziel dieses Arbeitsschrittes war daher, die Zielkriterien des Bauherrn hinsichtlich Kostenvorgaben, Kostensicherheit und Wirtschaftlichkeit vor dem Hintergrund des Planungskonzeptes zu überprüfen und durch Anpassung der Planungsparameter gegenzusteuern.

Aktivitäten

Auf Basis einer ersten Hochrechnung von Kosten des vorliegenden Planungskonzeptes wurde das gesamte bauliche Konzept verschlankt und im Hinblick auf die Einhaltung der Kostenvorgabe bei gleichzeitiger Einhaltung der Leitkriterien optimiert.

Ergebnis

Diese Vorgehensweise hat zu einer kompletten Überarbeitung des Planungskonzeptes geführt. Es hat sich gezeigt, dass bei einer frühzeitigen Abschätzung der Kosten noch ohne großen Mehraufwand die Planung überarbeitet und im Hinblick auf die gesamte Wirtschaftlichkeit optimiert werden kann. Dies erscheint vor dem Hintergrund von Kostenvorgaben, die oftmals bei kommunalen Bauvorhaben eingehalten werden müssen, wesentlich.

### **4) Festlegung der wesentliche Parameter der Gebäudevarianten**

Hintergrund

Ausgehend von den aus den Zielkriterien abgeleiteten Konzepten wurden für die betroffenen Bereiche Dokumentationen der baulichen und technischen Anforderungen und Dimensionierungen als Grundlage für die konkrete Umsetzung erstellt („Anforderungskatalog“).

## Aktivitäten

Um die Vorteilhaftigkeit der Planungsvariante gegenüber einem Standardgebäude zu dokumentieren, wurden Modellvarianten entwickelt, mit den entsprechenden baulichen und technischen Anforderungen hinterlegt und qualitativ wie kostenmäßig gegenübergestellt. Dazu wurde ein Standardreferenzgebäude sowie Standardgebäude im Passivhausstandard modelliert und im Hinblick auf die wesentlichen technischen und baulichen Anforderungskriterien beschrieben und über den Lebenszyklus dargestellt.

## Ergebnis und Schlussfolgerung

Im Planungsprozess ist es von entscheidender Bedeutung, die Zielkriterien, deren Indikatoren, die Beschreibung der Anforderungen und die Nachweismethoden frühzeitig zu definieren und fortzuschreiben. Dies ist eine wichtige Planungshilfe, die es ermöglicht frühzeitig die qualitativen und quantitativen Vorteile des entwickelten Planungskonzeptes im Hinblick auf die Zielstellungen zu konkretisieren und abzubilden.

## 7.2 Evaluation des Prozesses

### 7.2.1 Bewertung des Planungsprozesses durch die Projektbeteiligten

Nachfolgend wird der Planungsprozess aus Sicht der Projektbeteiligten bewertet.

#### **Bauherr**

Die Entscheidungen zu Beginn eines Planungsprozesses haben besonders hohe Auswirkungen auf das Gelingen des Projektes. Bereits bei den ersten Planungsschritten, die Zusammenarbeit in einem interdisziplinären Planungsteam zu beginnen, hat sich aus Sicht des Landkreises Augsburg als sehr positiv bewährt.

Zu Beginn wurden technische Workshops mit Vertretern des Landkreises, den Architekten, den Nutzern und den Fachplanern aus dem Bereich Bauphysik und Monitoring durchgeführt. Hierdurch konnten gemeinsam Varianten für die grundlegenden Gebäudestrukturen, unter Berücksichtigung des pädagogischen Konzeptes, der Energieeffizienz und Betriebskosten erarbeitet werden. Der Vorentwurf hat gezeigt, dass durch diese Zusammenarbeit neue Konzepte entstehen, die sowohl die durch die Lage und Größe des Grundstücks vorgegebenen Herausforderungen an die städtebauliche Einbindung, die Rücksichtnahme auf die Natur und eine möglichst energieeffiziente Ausrichtung des Gebäudes als auch die Anforderungen an den Innenraum und Nutzerwünsche berücksichtigen.

Die Erfahrungen des Landkreises Augsburg haben gezeigt, dass gerade die Verwirklichung von neuartigen Konzepten, insbesondere die Einbindung des Pädagogischen Konzeptes der Lernlandschaften, in konventionellen Verfahren, wie etwa einem Architektenwettbewerb nach RPW, nicht befriedigend ist. Bei einem Architektenwettbewerb wird das Gebäude von einem Architekten geplant und die Gebäudesituierung und -struktur in der Regel festgelegt. Der Bauherr ist durch den Wettbewerb verpflichtet, den Auftrag an einen der Preisträger zu vergeben. In einem Wettbewerbsstadium fehlt es aus Sicht des Landkreises zu Beginn an einer Kommunikation zwischen Architekt, Fachplaner und Nutzer. Gerade neuartige Kon-

zepte werden von den Architekten teilweise nicht richtig aufgefasst. Umplanungen im Nachgang stellen sich oftmals als sehr komplex dar und sind schwer umsetzbar.

Der Integrale Planungsprozess, wie er beim Neubau des Gymnasiums Diedorf praktiziert wurde, stellt einen Lösungsweg für die Verwirklichung komplexer Planungsaufgaben dar. Durch bereichsübergreifende Gesamtplanungen können synergieorientierte Konzepte für Lebens- und Arbeitsräume geschaffen werden, bei denen die Gesichtspunkte Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit eine zentrale Rolle spielen. Bei dem Projekt Neubau des Gymnasiums Diedorf hat sich gezeigt, dass gerade die gemeinsamen technischen Workshops bzw. Planertreffen zum besseren Verstehen der Planungsaufgabe und der einzelnen fachplanerischen Lösungsansätze beigetragen haben. Es wurde hierdurch ein bereichsübergreifendes Konzept zur Verwirklichung der Zieldefinitionen aus dem Förderantrag erarbeitet.

Bei einem Integralen Planungsprozess ist es von hoher Bedeutung, den zeitlichen Planungsablauf und die gemeinsamen Abstimmungen zwischen den Planungsbeteiligten optimal zu koordinieren. Das beginnt bei der Formulierung der Zielstellungen und der Bestandsaufnahme und setzt sich über die Leistungsphasen der Grundlagenermittlung, des Vorentwurfs bis hin zum umsetzungsreifen Entwurf fort. Eine frühzeitige Festlegung eines Zeitablaufplans ist hierfür unumgänglich. Es hat sich auch gezeigt, dass ein Abstimmungsbedarf des Planungsteams in kleineren Abständen, z.B. wöchentlich oder zweiwöchentlich, gegeben ist. Eine Terminfindung war jedoch oftmals kurzfristig sehr schwierig. Die Festlegung von Planer-Jour-Fixen, beispielsweise an einem bestimmten Wochentag, ist sinnvoll.

Auch bei einer Integralen Planung müssen die Kosten jedoch in einem ökonomisch sinnvollen Rahmen liegen. Bei dem Projekt Neubau des Gymnasiums Diedorf wurde dies den Architekten – als Koordinator – als Aufgabe von Beginn an dargestellt. Das Signal, dass der Entwurf „Teppichvariante“ unter diesem Aspekt nicht wirtschaftlich darstellbar ist, wurde aus Sicht des Landkreises zu spät gegeben. Eine Prüfung wirtschaftlicher Kennwerte (z.B. BRI zu HNF) fand insofern zu spät statt. Es musste eine nochmalige Umplanung erfolgen, die Grundlage für den dem 2. Förderantrag zu Grunde liegenden Entwurf ist. Auch im Zeitraum der Entwurfsausarbeitung wird daher ein stärkerer Abstimmungsbedarf, z.B. durch Planertreffen mit Zwischenstandsberichten, als sinnvoll erachtet. Dem Planungsteam muss bewusst sein, dass ein ökonomisch sinnvoller Betrieb des Gebäudes aus der Gesamtbetrachtung von Investitions- und Betriebskosten gesehen werden muss. Eine Kostenschätzung nach Bauteilmethode sollte zu einem möglichst frühen Zeitpunkt erfolgen.

### **Verfahrensbetreuung**

Die Problematik bei der Auswahl des Forschungsteams lag für den Forschungskoordinator kplan®AG in der auf die Forschung ausgerichteten Koordination sämtlicher unterschiedlicher Interessen. Um das Forschungsprojekt politisch durchzusetzen und machbar zu machen, hatte der kommunale Bauherr ein großes Interesse, auch lokale Büros in den Forschungsprozess mit einzubeziehen. Die mit dem Projekt bereits befassten Büros, geleitet von den Hochschulprofessoren Nagler und Kaufmann, hatten ihrerseits, insbesondere im Bereich des Holzbaus, ein großes Interesse Büros in den Planungsprozess mit einzubeziehen, mit denen sie schon bisher erfolgreich zusammengearbeitet hatten.

Das Ergebnis dieses Auswahlprozesses war daher nur teilweise befriedigend. Wie bei allen Forschungsprojekten, lebt ein Forschungsprojekt von der Qualifikation, der Kooperationsbereitschaft und einer wenigstens substanziellen Kenntnis von Forschungs- und Entwicklungsprozessen. Im vorliegenden Fall war das u. a. deswegen nicht immer gegeben, weil aus Gründen der politischen Machbarkeit eine Reihe von lokalen Büros berücksichtigt wurden, denen dieser Prozess unbekannt war.

Auch bei den Forschungsträgern, den beiden Architekturbüros, war zeitweise zu spüren, dass zwar die Forschungsqualifikation, aber nicht die ausreichende Manpower zur Verfügung stand. Da wie bei einem Dominospiel ein einzelner Baustein, insbesondere wenn es sich um einen so entscheidenden Baustein wie Heizung, Lüftung, Sanitär handelt, den ganzen Forschungsprozess verlangsamen bzw. sogar in Frage stellen kann, hat sich auch im vorliegenden Fall gezeigt. So musste kurz vor Abschluss dieses Endberichts bzw. des zweiten Förderantrags ein Forschungsbeteiligter durch ein in der Forschung und Entwicklung erfahrenes Büro (ZAE Bayern) unterstützt werden, damit das gesamte Forschungsprojekt in sich schlüssig und damit förderfähig war.

Eine weitere Problematik war aus Sicht der Verfahrensbegleitung die teilweise unvollständige bzw. zaghafte Rückkopplung von Ergebnissen, Änderungen bzw. Neuerungen und deren Auswirkungen an die Planungsbeteiligten. Hier schien insbesondere ein mangelndes Problembewusstsein der Projektbeteiligten bzw. Unkenntnis der Relevanz bestimmter Änderungen sowie Zeitdruck die Ursache zu sein. In diesem Zusammenhang hat sich auch die unterschiedliche Bearbeitungstiefe im Hinblick auf Untersuchungen der verschiedenen Fachbereiche negativ bemerkbar gemacht.

### **Architekten**

Positive Aspekte des bisherigen Planungsprozesses:

- Die rechtzeitige Einbindung des Nutzers. Durch diese Beteiligung am gesamten Planungsprozess versteht er die einzelnen Entscheidungsschritte und ist dadurch in der Diskussion nicht nur darauf fokussiert, seine Forderungen durchzukämpfen, was oft zu Planungshemmnissen und Verwerfungen in normalen Planungsabläufen führt.
- Das Festlegen des gesamten Planungsteams schon in der Vorentwurfsphase. Dadurch wurden unnötige Umwege in der Projektentwicklung einigermaßen vermieden.
- Die erkennbare Motivation der einzelnen Beteiligten, die es alle als Herausforderung sehen, bei so einem engagierten Projekt mit ungewöhnlich hoher Zielsetzung mit dabei zu sein. Die Ressourcen, die normalerweise in die Akquisition von Projekten benötigt werden, können hier direkt der Planung zugutekommen.
- Die klare Bindung der Forschungsförderung an hochgesteckte Umweltziele verhinderte endlose Prinzipien Diskussionen im gesamten Team zur Sinnhaftigkeit längst verifizierter Tatsachen.

- Die laufende notwendige Berichterstattung sowie Antragstätigkeit führt zu einer intensiveren Befassung mit den Projektzielen, einer besseren Übersichtlichkeit sowie zu einer guten ,Dokumentation des Prozesses und der Ergebnisse.

Negative Aspekte des bisherigen Planungsprozesses:

- Der zu starke Zeitdruck ließ zu wenig Raum für den Entwurfsprozess besonders für die Entwicklung der Architektur. Verschärfend zum vorhandenen Zeitdruck kamen die Anforderungen aus dem Forschungsprojekt für Anträge und Berichte.
- Die Grundlagenermittlung seitens des Bauherren waren zu schleppend, insbesondere die Beauftragung der Baugrunduntersuchungen, sodass eigentlich bis dato der Planungsprozess behindert wurde.
- Der Bauherr konnte mit dem Tempo des Verfahrens nicht Schritt halten, denn die Beauftragung der einzelnen Planungsbeteiligten hinkt beträchtlich hinter den tatsächlich erbrachten Leistungen her.
- Die große Planungsrunden wurden teilweise mangelhaft vorbereitet, eine klare und rechtzeitige Kommunikation der Themen und eine straffe Führung Sitzungen sowie eine konsequente Protokollierung war nicht immer gegeben.

### **Energiekonzept und Bauphysik**

Der Planungsprozess ist insgesamt durch eine gute Zusammenarbeit und Atmosphäre gekennzeichnet. Die jeweilige Verteilung von neu erarbeiteten Planungsinhalten bzw. Untersuchungen und das Aufzeigen für deren Relevanz für die anderen beteiligten Fakultäten könnte mitunter noch verbessert werden. So ist sich der Verfasser z. B. nicht sicher, ob die für viele Planungsbeteiligten weitreichenden Auswirkungen des durch die ip5 ingenieurpartnerschaft verteilten energetischen Pflichtenhefts durch ip5 hinreichend kommuniziert wurden. Verbessert werden kann auch die Koordination von Zielterminen und dazu erforderlichen Schritten bzw. Teilergebnissen.

### **HLS-Planung**

Durch die Forderungen des Gesetzgebers über EnEV, EEWärmeG, die anerkannten Regeln der Technik und Normen, sowie zusätzlich der Wunsch des Auftraggebers, eine Schule im Plusenergiestandard zu errichten, kommt dem Planungsprozess zwischen allen Planungsbeteiligten eine herausragende Bedeutung zu. So müssen schon frühzeitig die Auswirkungen der technischen Einbauten auf die Architektur, aber auch die Auswirkungen der Architektur auf die Technik berücksichtigt und entsprechend geplant werden. Egal ob die Heizungs- die Kälte oder die Lüftungstechnik, immer wird die Planung der Schulgebäude Einfluss auf den Energiebedarf des Gebäudes haben. Die Herausforderung besteht nun darin, trotz aller Energiesparbemühungen eine Schule zu planen, in welcher sich die Schüler wohl fühlen, also weder frieren noch übermäßig schwitzen, und immer mit ausreichen frischer Luft versorgt werden. Letztendlich möchte und muss man zu einem sehr frühen Zeitpunkt schon in der Lage sein, abschätzen zu können, welche Auswirkungen Entscheidungen in Ar-

chitektur und Technik auf das Endergebnis der Planung und damit auf den Energiebedarf haben. All diese Aufgaben können nur bewältigt werden, wenn das gesamte Planungsteam aus Architekten, Sonderfachleuten und Beratern schon sehr frühzeitig eng vernetzt zusammen arbeitet.

### **Elektroplanung**

Es hat sich gezeigt, dass es auf Grund der Komplexität des Projektes zwingend erforderlich war, dass alle Projektbeteiligten schon zu Beginn des Planungsprozesses eingeschaltet wurden. Für die Elektroplanung war jedoch der enge Zeitplan kritisch, da sie auf die Zuarbeit von allen anderen Haustechnikplanern angewiesen war. Da diese aber wegen der Komplexität des Projektes den Zeitrahmen selbst voll ausschöpften, mussten die gewerkeübergreifenden Parameter innerhalb kürzester Zeit in die Elektroplanung eingearbeitet werden.

### **Lichtplanung**

Der Planungsprozess bezüglich der Kunst- und Tageslichtplanung ist von einer sehr positiven integralen Zusammenarbeit der Fachplaner und des Architekten geprägt. Es wäre insgesamt weiterhin sehr wünschenswert, wenn die theoretisch in der Forschung erarbeiteten Erkenntnisse konsequent in der Planung des gemeinsamen Projektes umgesetzt würden.

### **Brandschutz**

Seitens des Brandschutzes fand eine intensive Abstimmung mit den Entwurfsverfassern des Bauvorhabens statt. Hier wurden zeitnah Problemstellen besprochen und Lösungen in kleineren Gruppen gegebenenfalls unter Hinzuziehung weiterer Fachplaner (HLS, Elektro) entwickelt. Bezüglich der Termine für das Gesamtplanungsteam wäre eine frühzeitige Information wünschenswert, um allen Planern eine Teilnahme zu ermöglichen.

### **Akustik und Schallschutz**

Der akustische Berater hatte den Eindruck, dass durch die Zusammenarbeit der verschiedenen Projektbeteiligten im Planungsprozess die Qualität des Projektes kontinuierlich verbessert und den Anforderungen angepasst wurde. Dies betrifft insbesondere die energetische Seite in Zusammenarbeit mit der Haustechnik unter Berücksichtigung des neuen pädagogischen Konzeptes sowie die architektonische Umsetzung.

Hinsichtlich der Einbindung des Akustikers ist zu erwähnen, dass ein bis zwei weitere Arbeitsgespräche mit den Architekten wünschenswert gewesen wären, um die kurzfristigen telefonischen Abstimmungen zum Ende der Planungsphase zu entspannen und evtl. die Qualität der Lösungen noch zu verbessern.

### **Freianlagenplanung**

Die Planung sieht sich nicht als linearer Prozess mit dogmatischer Festlegung bestimmter Anforderungen und Nutzungen, die im weiteren Verlauf nur abgearbeitet und umgesetzt werden. Ziel ist vielmehr alle am Projekt Beteiligten zu integrieren und damit Kontinuität und Nachhaltigkeit zu fördern.

Beispielhafte, integrative Prozesse im Bereich Freianlagenplanung:

1. Vom Nutzer wird aus Gründen der notwendigen, sportlichen Leistungsabnahmen eine 400m Laufbahn dringend gewünscht. Diese steht zunächst im Raumprogramm. Die planerische Prüfung ergibt, dass die Realisierung aufgrund der beengten Grundstücksverhältnisse (unter anderem auch durch die notwendige Ausgleichsfläche bedingt) nicht möglich ist. Im Planungsgespräch ergibt sich aber auch, dass die Ausgleichsfläche einen hohen pädagogischen Wert als Naturerfahrungsbereich für die Schulgemeinschaft haben kann. In der Abwägung wird dem Verzicht auf die Laufbahn das Ziel entgegen gesetzt, die Ausgleichsfläche als Naturbereich zugänglich zu machen. Erforderliche Abstimmung mit den zuständigen Behörden sollen in Gang gesetzt werden.
2. Der Umgang mit anfallendem Regenwasser stellt in einem landschaftlich sensiblen Gebiet wie dem Schmuttertal ein wichtiges Thema dar. Grundsätzlich wird als Ziel eine Retention anfallenden Regenwassers mit anschließender Versickerung angestrebt. Hierbei wird Regenwasser über Rinnensysteme in offene Retentions- und Versickerungsmulden geführt. Im Planungsverlauf wurde die Art des Regenwassermanagements in enger Abstimmung mit Bauherr, Nutzer, Architekt und Fachplaner untersucht.

In Abstimmung mit dem Nutzer wird festgestellt, dass sich eine Regenwasserretention in ‚landschaftlichen Bereichen‘ unproblematisch darstellt, in den intensiver genutzten Bereichen wird abgestimmt, dass ein kurzfristiger Aufstau von Regenwasser in Mulden möglich und mit der Nutzung vereinbar ist. Anfallendes Wasser könnte auch in den Aneignungsbereichen aufgefangen und experimentell genutzt werden.

Die Abstimmung mit Architekten und Fachplanern definiert die Übergabe und Bilanzierung von Regenmengen, die auf den Dachflächen anfallen und fördert die Entwicklung von Konzeptansätzen bei den Übergabepunkten.

3. Im pädagogischen Raumkonzept ist eine komplette Einzäunung der Außenanlage gefordert, um Vandalismus vorzubeugen. Der Anspruch an Sicherheit und Schutz vor Vandalismus steht im Widerspruch zu der Forderung nach einer möglichst verträglichen landschaftlichen Einbindung des Schulgeländes in die Umgebung. Nach Abstimmung mit Nutzer, Bauherr und Architekten wird auf eine Einzäunung des Schulareals und der Stellplätze verzichtet. Neben dem Aspekt der Kostenreduzierung wird eine Verflechtung mit der Landschaft erreicht und den Schülern ein Gefühl vermittelt die Schule als offenen Lebensraum zu begreifen.

### Qualitätssicherung

Ein noch frühzeitigeres Einbinden der ZAE in den Planungsprozess, insbesondere in den Bereich Festlegung der Forschungsziele, wäre vor allem aufgrund der Tatsache, dass die ZAE bei vielen anderen Projekten inzwischen Erfahrungen gesammelt hat, hilfreich gewesen. Aufgrund der Tatsache, dass von Seiten der Architektur sehr spät zum ersten Planungskonzept Kosten bekannt gemacht wurden, die nur teilweise belastbar waren und dazu geführt

haben, kurzfristig ein neues Konzept zu entwickeln, konnte wegen des dadurch hervorgerufenen engen Zeitfensters keine konstruktive Planungsabstimmung erfolgen. In der Tat mussten innerhalb von sechs Wochen ein neues Planungskonzept des Architekten auf den Tisch gebracht werden, das wegen der Zeitnot nur unvollständig mit den übrigen Planungsbeteiligten abgestimmt war. In Zukunft sollte darauf geachtet und dem Architekten auch als Aufgabe an die Hand gegeben werden, dass bei jedem Planungskonzept unmittelbar dazu auch Kosten genannt werden. Es gibt dazu inzwischen eine Vielzahl von Kalkulationsinstrumenten, die es auch einem Architekten möglich machen, relativ kurzfristig zu seinem Planungskonzept belastbare Zahlen zu nennen. Spätestens dann hätte man bereits kurz nach der Vorstellung der „Teppichlösung“ feststellen können, dass diese wirtschaftlich für den Bauherrn nicht tragbar ist.

## 7.2.2 Ergebnis

### 7.2.2.1 Stärken-/ Schwächenprofil

Nachfolgend werden die grundsätzlichen Vor- und Nachteile der Planungsprozesse gegenübergestellt. Im Anschluss erfolgt die Kurzfassung der wesentlichen Stärken und Schwächen, die sich im Planungsprozess Diedorf abgezeichnet haben.

Vorteile des integralen Planungsprozesses	Nachteile des herkömmlicher Planungsprozesses
1) Frühzeitige Kommunikation und Abstimmung der Projektziele im gesamten Planungsteam zusammen mit dem Bauherrn und dem Nutzer	1) Durch die Unvollständigkeit des Planungsteams in der Anfangsphase des Projektes werden die Ziele nicht von Beginn weg beim allen rechtzeitig kommuniziert und abgestimmt.
2) Der Bauherr und der Nutzer haben eine hohe Entscheidungskompetenz durch die fortlaufende Einbindung in den Planungsprozess.	2) Nutzer und Bauherr sind aus weiten Teilen des Planungsprozesses ausgeklammert und verlieren dadurch den Zusammenhang, womit ihre Entscheidungskompetenz sinkt.
3) Die gesetzten Umweltziele werden laufend bearbeitet und abgewogen und werden erst nach eingehender Abwägung beibehalten oder verworfen.	3) Umweltziele werden zwar zu Beginn des Planungsverfahrens formuliert, aber sie verlieren sich meistens – aus diversen Gründen - im Laufe der Planung, so z.B. durch Dazuschaltung von Planungsteammitgliedern, die nicht rechtzeitig in die Zielsetzungen involviert sind.
4) Die Projektentwicklung durch den Architekten kann schnell und ohne allzu große Umwege durch die laufende Abstimmungsmöglichkeit mit allen Sonderfachleuten und dem Nutzer erfolgen.	4) Die Projektentwicklung ist meistens kein kontinuierlicher Prozess sondern geschieht im Annäherungsverfahren (try and error). In den ersten Planungsphasen fehlen in der Regel die entscheidenden Sonderfachleute, um rechtzeitig das Projekt in die richtige Richtung zu lenken.
5) Insgesamt entsteht durch das Verfahren eine hohe Identifikation mit den Planungsergebnissen.	5) Oft mangelnde Identifikation mit dem Ergebnis durch den unharmonischen Planungsprozess sowie der fehlenden Einbindung von Bauherr und Nutzer.
6) Die laufende Einbeziehung der Fragen der	6) Gefahr des Verfolgens eines falschen Weges und

Wirtschaftlichkeit sowie die Einbindung der Lebenszyklusanalyse verhindert, dass die Planung in einer Sackgasse endet.	dadurch oft Kostenüberschreitungen oder Notwendigkeit von einer Neuplanung.
7) Chance zur Bildung von fachlich qualifizierten Teams. Auswahlkriterium ist nicht das billigste Angebot sondern die beste fachliche Qualifikation.	7) Fachliche Qualifikation des Planungsteams nicht immer ausschlaggebend für eine Vergabe, oft entscheidet ausschließlich der Preis.
8) Innovative Ansätze werden durch klare Zielsetzungen formuliert und konsequent verfolgt und erst bei fachlicher Abwägung beibehalten oder verworfen. Dadurch entsteht die Chance für ein hohes Innovationspotenzial.	8) Innovative Ansätze bleiben oft auf der Strecke, insbesondere werden innovative Umweltziele durch ein ungeeignetes Planungsteam sowie der nicht Einbeziehung von Bauherr und Nutzer über Bord geworfen. Innovation ist sehr schwierig.
9) Einbindung des Bauherrn und des Nutzers in den gesamten Planungsprozess	9) Späte bzw. nur begrenzte Einbindung von Nutzer und Bauherr, so dass funktions-, material- und konstruktionsbedingte Schwächen oftmals erst verspätet erkannt werden und nicht oder nur mit erheblichen Aufwand korrigiert werden können
<b>Nachteile des integralen Planungsprozesses</b>	<b>Vorteile des herkömmlichen Planungsprozesses</b>
1) Das Verfahren ist nicht konform mit der Vergabeordnung, es kann derzeit nur umgesetzt werden, wenn dokumentiert ist, dass es sich um ein forschungsrelevantes Projekt handelt.	1) Das Verfahren ist konform mit den Vergabeordnungen.
2) Ein baukünstlerischer Architektenwettbewerb mit der Chance von vielfältigen Lösungsansätzen ist durch das Verfahren nicht möglich.	1) Der baukünstlerische Ideenwettbewerb ist möglich.

Abbildung 72 Gegenüberstellung der Planungsprozesse

Hinsichtlich des integralen Planungsprozesses ist folgendes auffällig:

**Schwächen**

- Regionale Büros mit wenig Erfahrung im Bereich Forschung und Entwicklung
- Enge Terminalschiene im Hinblick auf Termindruck durch die bestehende teure Containere Erlösung und die DBU-Termine für die Abgabe der Förderanträge und des Abschlussberichts
- Getrennte fachliche und organisatorische Projektkoordination führt zu Abstimmungs- und Zuständigkeitsproblemen sowie knapper Terminkoordination

- Mangelhafte Rückkopplung von Projektständen, vorgenommenen Änderungen und deren Auswirkung und fehlende Transparenz hinsichtlich der Relevanz für andere Fachdisziplinen
- unterschiedliche Untersuchungstiefen der einzelnen Fachdisziplinen
- Zusammenspiel Wirtschaftlichkeit, Kostenvorgaben und Planungskonzept nicht optimal

#### **Stärken**

- Integrative Prozesse tragen zur Lösungsfindung und Vermeidung von Schnittstellenkonflikten bei
- Gute Zusammenarbeit der Planungsbeteiligten, positive Arbeitsatmosphäre
- Zielführende interdisziplinäre Workshops
- Besseres Verständnis der Planungsaufgabe und tieferegreifender Informationsstand bei allen Projektbeteiligten
- Nutzerwünsche werden frühzeitig berücksichtigt, keine teuren Umplanungen
- Höheres Innovationspotential und frühzeitige Kostensicherheit

#### **7.2.2.2 Verbesserungspotentiale**

Um die Rahmenbedingungen für eine effektive Teamarbeit günstig zu gestalten, sollten möglichst wenig unterschiedliche Planer, aber so viele Fachleute wie nötig dem Team von Planungsbeginn an zugehören.

Wesentlich für eine erfolgreiche Planung ist dabei das gegenseitige Verständnis (Fachkenntnis) der anderen Planungsdisziplinen. Dies gilt besonders für innovative Ansätze, da hier neue Wege beschritten werden, die alle Planer auf ihrem Fachgebiet verständlich und nachvollziehbar darstellen müssen. Die Planung und Errichtung von Schulbauten auf hohem Qualitätsniveau sind Aufgaben, die den Einsatz aller Beteiligten erfordern. Dies ist im Bewusstsein aller Partner zu verankern. Ziel muss sein, gestalterische, technische und energetische Aspekte in ein funktionales Gesamtkonzept zu führen.

Für die Auswahl der Planungsbeteiligten sind daher neben umfangreichem Basiswissen Innovationsbereitschaft, Interesse an neuem Wissen und Teamfähigkeit maßgebend. Individuelle Erfahrungen aller Teammitglieder mit Referenzprojekten sind ebenfalls wichtig, da im Zuge des integralen Planungsprozesses die Erarbeitung von Lösungen gemeinschaftlich und in Abstimmung aller Beteiligten verläuft. Dazu gehört sowohl eigenes Wissen vermitteln als auch vom anderen neues Wissen lernen. Um ein geeignetes Planungsteam auswählen zu können, sollten vorher der Zielkatalog (Hauptziele, erweiterte Zielstellungen) und die damit anstehenden Planungsaufgaben definiert sein. Daher ist es bei komplexen Projekten oftmals sinnvoll vorab klare Ziele und Anforderungen zu erarbeiten, bevor das gesamte Planungsteam im Hinblick auf die notwendigen Fachdisziplinen ausgewählt wird.

Ein derartig komplexer Planungsprozess braucht außerdem die notwendige Zeit, um angemessen und in der notwendigen Sorgfalt und Ruhe die Themen entwickeln zu können. Diese war beim gegenständlichen Projekt zu knapp bemessen. Eine Verlängerung um ca. 2-3 Monate wäre sinnvoll gewesen, um notwendige Abstimmungsprozesse durchführen zu können und weitere Optimierungspotentiale zu erschließen. Bei dieser knappen Terminvorgabe ergibt sich die Gefahr, dass einmal getroffene Entscheidungen nicht mehr gänzlich bzw. nur noch suboptimal rückgängig gemacht werden können und somit eine Gefahr für den Optimierungsprozess besteht.

Aus den Aspekten Zeitmanagement und Kostenkontrolle heraus wurde für den weiteren Planungsprozess eine externe Koordinierung des Integralen Planungsprozesses vorgesehen.

## 8. Nachhaltigkeit und Qualitätssicherung

### 8.1 Entwicklung Messkonzept zur Vorbereitung des Monitoring

#### 8.1.1 Ausgangssituation und Zielstellung

Für den Neubau des Gymnasiums Diedorf haben sich der Landkreis Augsburg und das Planungsteam hohe Ziele in Bezug auf Energieeffizienz und Nachhaltigkeit (Plusenergiehaus) gesteckt. Gleichzeitig soll ein neuartiges Lernkonzept mit offenen Lernlandschaften und hohen Komfortanforderungen umgesetzt werden. Um diese ehrgeizigen Ziele auch zu erreichen sind zusätzliche Arbeitspakete notwendig, die bei herkömmlichen Bauten nicht im Leistungsumfang enthalten sind.

Ein wichtiger Baustein ist der Aufbau eines Monitorings als Grundlage für eine Betriebsoptimierung. Die Vielzahl an Projektbeteiligten in Kombination mit innovativen technischen Lösungen, einer anspruchsvollen Regeltechnik und Problemen bei der Bauausführung, macht eine überwachte Inbetriebnahme mit anschließender Optimierungsphase nötig. Insbesondere bei der Funktionalität von Einzelanlagen und Gebäude kommt es nicht selten zu Problemen nach Inbetriebnahme der Immobilie, was sich durch geringeren Nutzerkomfort und mangelnde Akzeptanz niederschlägt. Defizite bei der Energieeffizienz werden oft aufgrund der fehlenden Kontrolle gar nicht oder erst viel später erkannt.

Bestandteil des Monitorings ist ebenfalls eine energetische Evaluierung, um die Erreichung des Plusenergiestandards zu dokumentieren und nachzuweisen. Dabei werden auch die in der Planungsphase getroffenen Annahmen und Auslegungen im Gebäudebetrieb überprüft, um so in Zukunft optimierte Planungsprozesse zu erreichen. Insbesondere die Einhaltung der im energetischen Pflichtenheft (erstellt von ip5) zusammengestellten energetischen Vorgaben für die Fachplaner werden nach Baufertigstellung im Gebäudebetrieb überprüft. Dazu gehören z.B. Strömungsgeschwindigkeiten in Lüftungskanälen, Wirkungsgrade von Wärmerückgewinnungen, Ventilatoren und Pumpen sowie auch spezifische Installationswerte von Kunstlicht oder Anforderungen an die Raumlufttemperatur im Sommerfall.

Eng verzahnt mit dem Monitoring ist auch eine vollumfängliche Qualitätssicherung während der gesamten Planungs- und Ausführungsphase zur Sicherstellung von definierten Eigenschaften, Anforderungen und Projektzielen.

Das Gesamtpaket Monitoring/Betriebsoptimierung für das Projekt Diedorf wird in 3 Stufen abgearbeitet:

1. Erstellung eines Monitoringkonzepts (Bestandteil des vorliegenden 1. Förderantrags)
2. Aufbau der Messdatenerfassung/Vorbereitung zum Monitoring (Bestandteil des 2. Förderantrags, geplanter Leistungszeitraum: 01.12.2012 bis 01.01.2016)
3. Messdatengenerierung und -auswertung incl. Betriebsoptimierung (Bestandteil eines separaten 3. Förderantrags, geplanter Leistungszeitraum: ab Inbetriebnahme zum Schuljahr 2015/2016, Dauer 2 Jahre)

### 8.1.2 Definition von Projektzielen für das Monitoring

Vor der Erstellung eines Messtechnikkonzepts sind die Ziele des Monitorings genau zu beschreiben, um die Messgrößen und Messstellen darauf abzustimmen. Für die Schule in Diedorf sind im Wesentlichen drei Bereiche von Bedeutung:

- Sicherstellung von Anforderungen an Komfort, Gesundheit und Behaglichkeit
- Plusenergiehausstandart mit sehr hoher Energieeffizienz
- Schaffung einer umfangreichen Datenbasis für eine ganzheitliche Betriebsoptimierung

Die Erfahrung mit Projekten mit anspruchsvollen technischen Zielen, niedriger Heizenergiebedarf, niedriger Gesamtwärmebedarf, Komfort Erfüllung und Gesundheit, einfache Bedienbarkeit der technischen Anlagen etc., hat gezeigt, dass wesentlich mehr als bei konventionellen Projekten eine Qualitätssicherung während des Projektablaufes erforderlich ist (s. Ausführung dazu weiter unten). Das schließt allerdings nicht aus, dass mit Installation der Monitoringsysteme eine deutlich größere Zahl von Mängeln und Schwächen des Projektes zutage treten, die dann im Zuge der Mängelbeseitigung erledigt werden müssen. Hier treten teilweise erhebliche Schwierigkeiten mit den jeweiligen Unternehmern auf, die eine so genaue Kontrolle ihrer Arbeiten nicht gewohnt sind und vermutlich auch nicht in ihr Kalkulationskonzept aufgenommen haben. Andererseits muss dieser Zielkonflikt zugunsten des Bauwerks und der Sache entschieden werden. Sauberes Monitoring und eine gute Optimierungsphase bringen oft nicht nur erstmals die gewünschten Ergebnisse, sondern übertreffen die technischen Ziele deutlich. Außerdem muss in der Phase des Monitorings auch der lokale Betreuer des Projektes von vorne herein mit einbezogen werden, am besten bereits zum Zeitpunkt der Projektdurchführung, damit er in der späteren Phase nicht nur mit dem Monitoring vertraut, sondern gleichzeitig auch zielführend Fehlersuche und Abhilfe organisieren kann.

Für die beschriebenen Bereiche ist eine Vielzahl von Aspekten von Bedeutung, die im Folgenden näher beschrieben werden.

#### **Themengebiet Komfort, Gesundheit und Behaglichkeit**

- Innenraumluftqualität (insbesondere CO<sub>2</sub>-Konzentration, Flüchtige organische Verbindungen VOC = volatile organic compound)
- Zugfreie Einbringung der Zuluft über die mechanische Lüftungsanlage
- Thermische Behaglichkeit (operative Raumtemperatur und Lufttemperatur, rel. Luftfeuchte)
- Hoher Tageslichtquotient (zur Erhöhung der Behaglichkeit und Unterstützung der pädagogischen Architektur sowie Reduktion des Kunstlichteinsatzes)

- Visuelle Behaglichkeit (ausreichender Blendschutz)
- Raumakustik (Quelle innen: z.B. Marktplatz/Klassenraum)
- Schallschutz (Quelle außen: z.B. Straße, Bahn)
- Nutzerzufriedenheit (Umfrage unter Schülern und Mitarbeitern des Gymnasiums)
- Vermeidung von Schadstoffemissionen
- Wirksamkeit der Maßnahmen zur Erhöhung der Speicherkapazität im Holzbau

#### **Themengebiet Energieeffizienz/Nachhaltigkeit**

- Jahresenergiebilanz der Gebäudeenergieversorgung (Sankey-Diagramm)
- Energiebilanz der Anlagenteile (Wirkungsgrade, Optimierungspotential)
- Performance der Photovoltaikanlage (Ertrag, Wirkungsgrad, Verluste)
- Normierter, witterungsbereinigter Energieverbrauch (EnEV-Vergleichswert)
- Primärenergiebilanz (Erreichung des Plusenergiestandards)
- CO<sub>2</sub>-Bilanz / GWP=global warming potential (Einsparung von Treibhausgas-Emissionen gegenüber herkömmlichen Gebäudekonzepten)
- Überprüfung von Simulationen, Annahmen und Dimensionierungen in der Planungsphase
- Abgleich mit den Anforderungen im energetischen Pflichtenheft

#### **Themengebiet Betriebsoptimierung**

- Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit der Einzelanlagen (Wärme- und Kälteerzeuger, RLT-Anlagen mit WRG, Pumpen, PV-Anlage, Energiespeicher)
- Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit des Gebäudebetriebs (Gebäudeleittechnik-GLT, Mess- und Regeltechnik-MSR)
- Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit des Gesamtgebäudes (Betriebszustände, Zusammenspiel Einzelanlagen)
- Komfort Erfüllung in allen Zonen (v.a. Lufttemperatur, rel. Luftfeuchte, CO<sub>2</sub>-Konzentration)

#### **8.1.3 Erstellung des Monitoringkonzeptes**

Das Monitoringkonzept soll den Aufbau einer Sensorik vorbereiten, deren Ziel es ist, Messwerte bereitzustellen. Nach Inbetriebnahme des Gebäudes können dann Daten aufgenommen, aufbereitet, in einer Datenbank gespeichert und im Sinne der Projektziele ausgewertet werden. Der Aufbau einer Messdatenerfassung ist Basis und Voraussetzung für die spätere Betriebsoptimierung.

In der ersten Projektphase ist ein Konzept zur Umsetzung einer detaillierten Messdatenerfassung erstellt worden. Basis sind die von den Fachplanern vorgestellten Gesamtkonzepte für Nutzung, Gebäude und Anlagentechnik. Da insbesondere die Planung der Haustechnik noch nicht abgeschlossen ist und aktuell noch keine endgültige Entscheidung über die verwendete Versorgungstechnik für Heizen und Kühlen getroffen wurde, basiert das Konzept in Teilen auf Annahmen, die sich aus vergleichbaren Monitoringprojekten, wie z.B. der FOS/BOS Erding, ergeben.

In einem zweiten Schritt sind Anforderungen, z. B. für eine integrierte Messtechnik und die Gebäudeleittechnik, ausgearbeitet und mit dem Planungsteam und dem Auftraggeber abgestimmt worden. Ziel war dabei u. a. eine vollständig integrierte Monitoring-Sensorik, die einerseits kostengünstig ist und andererseits auch über die Projektlaufzeit hinaus weiter genutzt werden kann. Dadurch sollte auch die bisher übliche Mehrfachinstallation von Sensoren reduziert werden.

Die für den Gebäudebetrieb notwendige Sensorik, um Systemgrößen zu messen und damit Betriebsmodi zu steuern (MSR), soll somit für das Monitoring genutzt werden. Darüber hinaus sind zusätzliche Sensoren und Energiezähler notwendig. Diese sind im Rahmen einer integralen Planung insbesondere mit den Fachplanern von HLS und Elektro abgestimmt worden und umfassen im Wesentlichen 5 Positionen:

1. die genaue Vermessung von 4 Referenzräumen (z. B. 2 Klassenräume, Marktplatz, Pausenhalle, im Projektverlauf noch im Detail abzustimmen)
2. die redundante Vermessung von zentralen Anlagen (Heizung, Kühlung, Lüftung, Verschattung)
3. die genaue Datenaufzeichnung von Sondernutzungen (Küche, Server, Sporthalle, Bühne/Pausenhalle)
4. die ergänzende Erfassung von Stromflüssen nach Nutzungsarten (Licht, Steuerung, Pumpen, PC-Arbeitsplätze, PV-Anlage etc.)
5. die verbesserte Erfassung der meteorologischen Parameter zur Optimierung des Gebäudebetriebs und der Energiebilanzierung

Für den weiteren Projektverlauf (Arbeitspakete, Kostenaufstellung) wurde die Zuständigkeit der Messsensorik für die jeweiligen Fachplaner definiert. Die Fachplaner für HLS und Elektro berücksichtigen in ihren Arbeitspaketen nur die von ihnen standardmäßige und für den Gebäudebetrieb notwendigen Sensoren. Darüber hinausgehende Investitionen, wie z.B. präzisere Fühler oder die erwähnte ergänzende Sensorik, sind im Arbeitspaket „Monitoring“ enthalten.

Die folgende Tabelle gibt einen thematisch sortierten, detaillierten Überblick über die geplante Aufnahme von Messgrößen. Dabei ist die für das Monitoring verwendete Standardmesstechnik, die von den Fachplanern für den Gebäudetrieb vorgesehen ist, grau hinterlegt. Die ergänzende Sensorik für das Monitoring ist in schwarzer Standard-Schriftart darge-

stellt. In abweichender Schriftart hinterlegt sind die Messgrößen, die zwar standardmäßig erfasst werden, aber nach aktuellem Planungsstand für das Monitoring in einer zu geringen Genauigkeit. Im weiteren Projektverlauf wird in Zusammenarbeit mit den Fachplanern die Qualität ihrer Sensorik erhöht, um unnötige Mehrfachinstallationen zu vermeiden.

<b>Hausübergabe</b>		<b>Sondernutzungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Strom: Hauptzähler</li> <li>• Trinkwassermenge</li> <li>• Endenergie Wärme-/ Kälteversorgung: Gas, Pellets</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stromverbrauch (Küche, Server, Sporthalle, Bühne/Pausenhalle)</li> <li>• Wärme-/Kältemengenzähler WMZ/KMZ (Küche, Server, Sporthalle, Bühne/Pausenhalle)</li> <li>• WMZ Warmwasser (Küche, Sporthalle)</li> </ul>	
<b>Wetterdatenerfassung</b>		<b>Gesamtgebäudebetrieb</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Außentemperatur</li> <li>• Luftfeuchte</li> <li>• Absolutdruck</li> <li>• Globalstrahlung in verschiedenen Ebenen (horizontal, Kollektor, Fassade)</li> <li>• Windgeschwindigkeit und -richtung</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raumtemperaturen</li> <li>• Präsenzmelder</li> <li>• Helligkeitssensor</li> <li>• CO<sub>2</sub>-Gehalt</li> <li>• Fensterschließkontakte</li> <li>• Betriebsmodi (Heizung, Lüftung, Kühlung, Verschattung)</li> <li>• Vor- und Rücklauftemperaturen</li> <li>• Belegungs- und Betriebszeiten</li> </ul>	
Standardmesstechnik	Ergänzende Sensorik	optimierte Messfühler	



Einzelmessung Referenzräume		Zentrale Anlagen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kombifühler Temperatur/rel. Luftfeuchte</li> <li>• Oberflächentemperaturfühler Wand/ Boden/ Decke (operative Raumtemperatur, Behaglichkeit, Betriebsoptimierung FBH)</li> <li>• Anlegetemperaturfühler PCM</li> <li>• Wärmemengenzähler FBH (Wärme/ Kälte)</li> <li>• Helligkeitssensor</li> <li>• Präsenzmelder</li> <li>• Fensterschließkontakte</li> <li>• CO<sub>2</sub>-Gehalt</li> <li>• Mischgas/VOC</li> <li>• Lüftung (Zu-/ Ablufttemperaturen, Volumenstrom)</li> <li>• Stromverbrauch: Licht, EDV, Steckdosen, Verschattungsanlage, sonstige Technik</li> <li>• Stromverbrauch dezentrale WW-Bereitung</li> </ul>		<p><u>Lüftungsanlagen und Wärmerückgewinnung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperaturen/rel. Feuchte RLT-Anlage</li> <li>• Differenzdrücke/Volumenströme</li> <li>• Stromverbrauch RLT-Anlagen</li> <li>• WMZ Luftkonditionierung (Heizen/Kühlen)</li> <li>• Temperatur/Feuchte Sammelschacht</li> </ul> <p><u>Heizung/Kühlung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärme-/Kältemengenzähler Erzeuger</li> <li>• Vor- und Rücklauftemperaturen</li> <li>• Stromverbrauch Pumpen/ Kompressionskälte</li> <li>• Strom-/Wasserverbrauch adiabate Kühlung (falls umgesetzt)</li> <li>• Stromproduktion BHKW (falls umgesetzt)</li> </ul> <p><u>Gesamtstromverbrauch</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hauptverteilung</li> <li>• Gebäudehauptverteiler</li> <li>• Etagenverteiler</li> </ul> <p><u>Brauchwasser und Brauchwarmwasser</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• WMZ Warmwasserverbrauch Sporthalle/Küche</li> </ul> <p><u>Photovoltaikanlage</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spannung, Strom</li> <li>• Leistung AC/DC</li> <li>• Zelltemperatur</li> </ul>
Standardmesstechnik	Ergänzende Sensorik	optimierte Messfühler

#### 8.1.4 Ausblick

Das vorhandene Messtechnikkonzept wird laufend an den aktuellen Planstand angepasst, dies betrifft insbesondere die Zentralen Anlagen der Haustechnik. Nach der definitiven Entscheidung für eine Versorgungsstrategie für Heizen und Kühlen wird spezifiziert, an welcher Stelle welche Sensoren platziert werden und welche Anforderungen an z.B. Genauigkeit und zeitliche Auflösung erfüllt werden müssen. Im Planungsprozess ist die ergänzende Messtechnik in das Konzept der GLT und MSR einzubinden. Die zusätzliche Monitoring-MSR unterliegt somit synchron den Phasen Planung, Umsetzung, Inbetriebnahme und Mängelbeseitigung.

## 8.2 Entwicklung Qualitätssicherungskonzept

### 8.2.1 Ausgangssituation und Zielstellung

Jedes Jahr werden allein in Deutschland Bauschäden in Milliardenhöhe erzeugt. Diese entstehen durch Planungs- und Ausführungsfehler sowie durch den Einsatz und die Fehlanwendung von Baustoffen, Konstruktionen und Systemen. Analysiert man die Ursachen der Kosten, so stellt man folgende Hauptgründe fest (nach Hammerlund, Y., u. a. quality failure costs in building construction, Univ. Göteborg 1989):

- Entwurfs- und Planungsfehler
- Unklare Angaben
- Materialfehler
- Nicht ausführbare Aufgaben
- Schlechte, mangelhafte Ausführung (Sorglosigkeit, fehlende Informationen, fehlende Zuständigkeit, fehlende Kenntnis)
- Sonstiges

Kostendruck im Baugewerbe führt immer mehr zu mangelnder Qualität (3. Bauschadensbericht der Bundesregierung, DEKRA Baumängelbericht), 75% der Baumängel entfallen auf die KG 300, 25% auf technische Anlagen. Die Folge sind Bauschäden, eingeschränkte Nutzbarkeit, Wertverlust und teure Sanierungen. Darüber hinaus sind beim Projekt Diedorf anspruchsvolle Ziele in Bezug auf Nachhaltigkeit und Lernkomfort zu erfüllen. Dies stellt bei klassischen, konventionellen Bauvorhaben bereits ein erhebliches Problem dar. Wenn neben der normalen Baudurchführung innovative Konzepte umgesetzt werden müssen, wird dies zum fast unüberwindlichen Hindernis.

Erfahrungen aus anderen innovative Schulprojekten, wie z.B. der FOS/BOS Erding, haben gezeigt, dass die gesetzten Projektziele und Qualitäten trotz Ansätzen einer Qualitätssicherung nicht bei Baufertigstellung erreicht worden sind. Um umfangreiche Optimierungsmaßnahmen mit Neuinstallation von falsch dimensionierten Komponenten oder fehlender bzw.

nicht optimal programmierter MSR auf ein Minimum zu beschränken, ist eine ganzheitliche und über alle Projektphasen durchgehende Qualitätssicherung notwendig.

Ohne ausreichende Qualitätssicherung ist nach Fertigstellung und Abnahme zunächst eine aufwändige Fehlersuche und Mängelbeseitigung erforderlich, bevor eine Optimierung des Gebäudebetriebs im Sinne der Projektziele durchgeführt werden kann. Eine Beseitigung von irreversiblen und kostenintensiven Mängeln ist nach der Fertigstellung und Abnahme eher unrealistisch. Ohne Mängelbeseitigung und Optimierung werden in der Regel die Projektziele nicht erreicht und häufig ist auch Nutzung und Komfort des Gebäudes eingeschränkt.

Im vorliegenden Projekt ist die Qualitätssicherung erst zur Planungsphase installiert worden. Unter Umständen hätte ein über alle Phasen gehendes Controlling die aufgetretenen Probleme in der Konzeptphase abmildern können. Die Hauptursache für den neuen Gebäudeentwurf waren wirtschaftlicher Natur, wohingegen bei der Konzeption der Versorgungsstrategien technische Gründe ausschlaggebend für die Verzögerungen waren. In beiden Fällen waren umfangreiche Neuplanungen mit einem Zeitverlust von mehreren Monaten die Folge. Ziel einer ganzheitlichen Qualitätssicherung ist auch die Verhinderung solcher sowohl zeitlich als auch wirtschaftlich aufwändigen Fehlplanungen.

### 8.2.2 Konzept zur Qualitätssicherung

Zur alltäglichen Aufgabe des Architekten gehört, für die Sicherstellung von definierten Eigenschaften, Anforderungen und Projektzielen zu sorgen. Dies ist Grundvoraussetzung für eine Qualitätssicherung. Für technisch und wirtschaftlich besonders sensible Bereiche sollte jedoch 4-Augen Prinzip angewendet werden. So sind bei wesentlichen Entscheidungen an der Planung nicht direkt beteiligte Person hinzuzuziehen (externe Fachingenieure, wissenschaftliche Einrichtungen), um für eine hochwertige, fehlerfrei Projektierung und Ausführung zu sorgen. Darüber hinaus sind für bestimmte Problemfelder zusätzliche Maßnahmen der Qualitätssicherung notwendig. Dazu gehören z. B. die Durchführung eines Blower-Door-Tests zur Sicherstellung einer leakagefreien Luftdichtheitsebene, Thermographieaufnahmen für eine wärmebrückenfreie thermische Hülle oder der Aufbau einer Musterfassade bzw. Musterraums zur optimierten Bauausführung der Firmen. Gerade in den frühen Projektphasen werden entscheidende Weichenstellungen vorgenommen, die mit einem vergleichsweise geringen Aufwand überprüft werden können. In der fortgeschrittenen Planungs- und Bauphase nimmt der Aufwand zu, besonders wichtig sind hier die Vermeidung von irreversiblen Fehlentwicklungen und die konsequente Verfolgung eines funktionierenden Gesamtkonzeptes.

In der nachfolgenden Tabelle ist ein umfassendes Konzept zur Qualitätssicherung dargestellt, das alle wesentlichen Maßnahmen in den entsprechenden Projektphasen beschreibt. Dabei sind 6 wesentliche Problemfelder identifiziert worden:

- Sicherstellung von hohen Komfortanforderungen
- Technische Qualität der Baukonstruktion
- Technische Qualität der Anlagentechnik

- Nachhaltigkeitsbetrachtung über den gesamten Lebenszyklus
- Erreichung des Plusenergiestandard
- Optimierung der Prozessqualität

Zur einer ganzheitlichen Qualitätssicherung über alle Leistungsphasen gehört auch, die Umsetzung der verschiedenen Maßnahmenpakete zwischen den einzelnen Projektpartnern zu koordinieren und für eine Umsetzung im Planungs- und Bauablauf zu sorgen



Problemfelder	Maßnahmen (Auswahl)		
	Konzept-/Planungsphase	Bauphase	Nutzungsphase
<b>Sicherstellung Komfortanforderungen</b> (thermisch, hygienisch, visuell, akustisch)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Thermische dynamische Simulationen (Einzelraum, kritische Bereiche)</li> <li>• Ausreichende Speichermassen</li> <li>• Auswahl unbedenklicher Baustoffe</li> <li>• Hoher Tageslichtquotient</li> <li>• Kunstlichtkonzept</li> <li>• Akustische Betrachtungen</li> <li>• Mess- und Monitoringkonzept</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Messung Zugluft Innenraum</li> <li>• Qualität Bauausführung</li> <li>• Sicherstellung Luftdichtheit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzerbefragung</li> <li>• Analyse Komfortanforderungen (thermisch, hygienisch, visuell, akustisch)</li> <li>• Betriebsoptimierung</li> <li>• Evaluierung</li> </ul>
<b>Technische Qualität Baukonstruktion (Holzbau)</b> (Schall-, Feuchte-, Wärmeschutz, Wärmebrücken, Luftdichtheit, Sonnenschutz, Statik, Brandschutz)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brandschutzkonzept</li> <li>• Planung Luftdichtheitsebene</li> <li>• Planung thermische Hülle</li> <li>• Planung wärmebrückenfreie Konstruktion (Simulationen)</li> <li>• Bauphysikalische Untersuchungen</li> <li>• Schallschutzbetrachtungen</li> <li>• Sonnen- und Blendschutzkonzept</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Blower-Door-Tests</li> <li>• Thermographie</li> <li>• Bau Musterraum/-fassade</li> <li>• Qualität Bauausführung</li> <li>• Messung Luft- und Trittschall</li> <li>• Detaillierte Leistungsbeschreibung für Ausschreibung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzerbefragung</li> <li>• Optimierung (z.B. automatisierter Sonnenschutz)</li> <li>• Evaluierung</li> </ul>
<b>Technische Qualität Anlagentechnik</b> Wärme-/Kälteversorgung, RLT (Erzeugung, Verteilung, Übergabe), Kunstlicht, Brandschutz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variantenbetrachtung Versorgungszenerarien Heizen, Kühlen, Lüften</li> <li>• Leittechnik/MSR: Genaue (programmierbare) Beschreibung</li> <li>• MSR-Konzept (u.a. bedarfsgerechte Steuerung)</li> <li>• Mess- und Monitoringkonzept</li> <li>• Brandschutz techn. Anlagen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Inbetriebnahme</li> <li>• Einregulierung Lüftung</li> <li>• Hydraulischer Abgleich</li> <li>• Qualität Bauausführung</li> <li>• Detaillierte Leistungsbeschreibung für Ausschreibung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoring Systemzustände</li> <li>• Monitoring Komponenten</li> <li>• Betriebsoptimierung</li> <li>• Evaluierung</li> </ul>



Problemfelder	Maßnahmen (Auswahl)		
	Konzept-/Planungsphase	Bauphase	Nutzungsphase
<b>Nachhaltigkeit in einer Lebenszyklusbetrachtung</b> (Betrachtung nach Definition der Nachhaltigkeit: ökologisch, ökonomisch und sozial)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Lebenszyklusbetrachtung (Kosten/Ökologie)</li> <li>•Berücksichtigung aller Lebenszyklusphasen (insbesondere auch Reinigung, Instandhaltung, Rückbau)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evaluierung</li> </ul>
<b>Sicherstellung Plusenergiestandard</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Energetische Simulationen</li> <li>•Konzept Stromverbrauch Großverbraucher (z.B. Küche, Server)</li> <li>•Primärenergiebilanz</li> <li>•Mess- und Monitoringkonzept</li> <li>•Energetisches Pflichtenheft</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Maßnahmen sind Bestandteil der technischen Qualität Baukonstruktion und Anlagentechnik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Analyse Gesamtgebäude</li> <li>•Betriebsoptimierung</li> <li>•Energetische Evaluierung</li> </ul>
<b>Prozessqualität</b> (optimierten Planungs- und Bauabläufe)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Definition von Projektzielen</li> <li>•Integrale Planung</li> <li>•Dokumentation</li> <li>•Schnittstellenproblematik</li> <li>•Nutzereinbindung</li> <li>•Einbeziehung von Fachleuten für bestimmte Fragestellungen</li> <li>•Kompetenz der Planungsbeteiligten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Dokumentation</li> <li>•Hoher Vorfertigungsgrad der Bauteile</li> <li>•Kompetenz der Baufirmen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Dokumentation</li> </ul>

Zusammenfassend lassen sich für alle Problemfelder Parallelen erkennen, die Kennzeichen einer Qualitätssicherung sind. Dazu gehören insbesondere:

- Variantenuntersuchung in der Konzeptphase für alle weitreichenden Entscheidungen zur Erreichung der Projektziele (insbesondere für die Bereiche Gebäudeentwurf, Gebäudehülle, pädagogische Architektur/Nutzungskonzept, Versorgungsstrategien Heizen, Kühlen, Lüften)
- Detaillierte Planung aller relevanten Gewerke durch Fachleute mit hoher Kompetenz
- Detaillierte Leistungsbeschreibung in der Ausschreibung
- Technische und wirtschaftliche Kontrolle der Bauausführung
- Durchführen einer systematischen Inbetriebnahme mit anschließender Betriebsoptimierung
- Integrale Planung
- Ganzheitliche Qualitätssicherung von Fachleuten, die nicht direkt am Planungsprozess beteiligt sind
- Umfangreiche Dokumentation aller relevanten Projektphasen und -entscheidungen

### 8.2.3 Ausblick

Die dargestellte Tabelle wird im weiteren Projektverlauf vervollständigt, aktualisiert und im Projektteam laufend diskutiert. Zusammen mit dem Auftraggeber muss entschieden werden welche Maßnahmen der Qualitätssicherung im Rahmen der 2. Projektphase umgesetzt werden können. Dabei sind auch die Erfahrungen aus der ersten Projektphase zu berücksichtigen.

Als Ergebnis soll ein Gebäude entstehen, was sich durch einen guten thermischen und hygienischen Raumkomfort, einen effizienter Betrieb in Bezug auf Kosten und Energie sowie eine ökologische Bausubstanz mit beständigem Wert auszeichnet. Maßstäbe setzt auch das umgesetzte Lernkonzept auf Basis von offenen Landschaften. Somit wird den Schülern und Lehrern ein möglichst optimales Umfeld zur Verfügung gestellt, was als Vorbild für andere Bauvorhaben dienen soll.

## 8.3 Lebenszyklusanalyse der Maßnahmen

### 8.3.1 Allgemein

Die integrierte Lebenszyklusanalyse erlaubt die Nachhaltigkeit von Gebäuden bereits während der Planungsphase zu berechnen und Einfluss auf die Gestaltung des Gesamtprojektes zu nehmen. Die Lebenszykluskostenrechnung und die Ökobilanzierung bilden dabei einen Schwerpunkt.

Da im Bereich der Lebenszykluskosten für Schulbauten nur wenige Erfahrungswerte vorliegen, ist es für den Entscheidungsträger hilfreich, wenn das geplante Gebäude mit einem Objekt verglichen wird, das dieselbe Nutzung, Kubatur, Fläche und dasselbe Raumprogramm umfasst. Die an diesem Standardgebäude ermittelten Leistungsdaten bezüglich Herstellungs- und Nutzungskosten dienen als Referenzwerte, mit denen die prognostizierten Daten des geplanten Gebäudes in Relation gesetzt werden können.

### 8.3.2 Gebäudemodellierung

#### 8.3.2.1 Konzept

Da im Bereich der Lebenszyklusanalyse für Schulbauten nur wenige Erfahrungswerte vorliegen, ist es für den Entscheidungsträger hilfreich, wenn das geplante Gebäude mit einem Objekt verglichen wird, das dieselbe Nutzung, Kubatur, Fläche und dasselbe Raumprogramm umfasst. Die an diesem Standardgebäude ermittelten Leistungsdaten bezüglich Herstellungs- und Nutzungskosten dienen als Referenzwerte, mit denen die prognostizierten Daten des geplanten Gebäudes in Relation gesetzt werden können.

Die Alternativen müssen in Form von Gebäudemodellen vollständig beschrieben und mittels der Elementmethode in die eingesetzte Software (LEGEP) eingegeben werden. Für das Gymnasium Diedorf wurden drei Varianten entwickelt.

#### 8.3.2.2 Beschreibung der Gebäudemodelle

Die beteiligten Planer legten jeweils für ihr Arbeitsfeld die in dem jeweiligen Konzept enthaltenen Komponenten fest und fügten qualitative (z.B. U-Wert) oder quantitative Informationen (z.B. Mehrkosten) dazu.

Alternative A: Standardschule mit Standardraumprogramm erfüllt in energetischer Sicht die Anforderung der EnEV 2009. Die Bauweise beruht auf einer mineralischen Primärkonstruktion in Mauerwerkbauweise mit Betondecken und Holzdachstuhl. Die Schule wird nur im Bereich der Aula und der Turnhalle mechanisch belüftet.

Alternative B: Schule mit demselben Raumprogramm und energetischem Konzept auf Passivhausniveau. Die Bauweise beruht auf einer mineralischen Primärkonstruktion in Mauerwerkbauweise mit Betondecken und Holzdachstuhl. Die Hüllflächen erreichen sehr niedrige U-Werte. Die Schule wird vollständig mechanisch belüftet.

Alternative C: Schule mit demselben Raumprogramm und energetischem Konzept auf Passivhausniveau. Die Bauweise beruht auf einer hölzernen Primärkonstruktion mit Holzaußenwand und einem hohen Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen. Das Gebäude soll

weitgehend vorgefertigt werden. Die Hüllflächen erreichen sehr niedrige U-Werte. Die Schule wird vollständig mechanisch belüftet und zusätzlich gekühlt. Ein innovatives Belichtungskonzept versucht den Einsatz von Beleuchtungsstrom zu reduzieren. Durch den Einsatz von Photovoltaik soll ein Plusenergiekonzept entwickelt werden. Zusätzlich wird das Raumprogramm für ein modernes pädagogisches Konzept der Lernlandschaften verändert.

### 8.3.2.3 Erfassung des Bauteilaufbaus und Mengenermittlung

Die Gebäudemodellierung beruht auf dem Planstand von Ende August mit kleinen Anpassungen an den Planstand Mitte September. In einem ersten Schritt wurde das Plusenergiekonzept in Holzbauweise modelliert, da dieses Konzept die Realisierungsvariante darstellt. Die Alternative „C“ wurde dann nach Angaben der beteiligten Fachplaner um die jeweiligen nicht benötigten Komponenten reduziert. Eine wesentliche Rolle spielt dabei die Gestaltung der Hüllfläche. Die U-Werte der Bauteile wurden durch ip5 als Erfahrungswerte vorgegeben.

#### Baukonstruktion

Eine wesentliche Rolle bei dem energetischem Niveau eines Gebäudes spielt die Gestaltung der Hüllfläche. Die U-Werte der Bauteile wurden durch ip5 als Erfahrungswerte vorgegeben. Die Ausformulierung des Bauteilaufbaus erfolgte durch das Planungsbüro Kaufmann. Die Konstruktionen erreichen die von ip5 vorgesehenen U-Wert nicht in jedem Fall, z.B. die Teile der Bodenplatte z.B. Sporthalle (0,3 anstatt 0,25). Die notwendigen Dämmstärken werden korrigiert. Nicht aufgeführt werden in diesen Angaben die Durchgänge zwischen den Baukörpern. Hierzu liegen auch keine Detailangaben vor. Nach mündlicher Angabe des Architekten sind die Bauteile gleich den großen Baukörpern. Für die Alternative B und C müssen die Wärmebrücken in der Werkplanung nach den Forderungen (nahezu „0“) einzeln berechnet werden. Es wurde behelfsweise ein Wert von 0,002 angenommen. Für die beheizten Innenwände im Keller wurden Annahme getroffen (Alternative A und B XPS 100 , Außenwand XPS 150 ), Alternative C Schaumglas150/200 mm). Die Materialwahl Schaumglas ist begründet durch die Vermeidung von Risikostoffen, die in synthetischen Bauprodukten enthalten sind. Die Dämmdicke muss wegen des schlechteren Lambda-Wertes erhöht werden.

Die erreichte Luftdichtheit soll bei der Passivhausvariante 0,41 betragen. Für die erhöhte Luftdichtheit in der Ausführung werden Mehrkosten von 30.000 € veranschlagt. Diese werden unter „Sonstige Kosten“ bei Alternative B und C geführt. Die Decken waren bei Alternative C teils in Beton, teils in Holz-Betonverbundsystem ausgeführt. Die Betondecken wurden zwischen EG/OG als BKA-Decken 30 cm ausgeführt. Nach der Änderung Ende September wurden alle Decken als Holzrippendecke ausgeführt. Die BKA erfolgt nach dem Prinzip der wassergefüllte Fußbodenheizung. Die Holzbalkenverbunddecken sind mit einer 12 cm Betonplatte überdeckt.

Die Dächer werden als Holzrippendach ausgeführt. Die Holzbetonvariante wurde nicht berücksichtigt. Die Dächer werden unterschieden beim Aufbau mit Gründach oder mit Photovoltaikanlage. Im letzteren Fall wird als Dachdeckung eine FPO-Dachbahn unter der Dachfläche gewählt. Dieses Dach wird auch für die Alternative B eingesetzt, da ein geeignetes Be-

tondach nicht ausgeführt wird. Bei Alternative A wird die Dämmung stark reduziert. Ein Teil der Photovoltaikanlage ragt über die Dachfläche auf einer Subkonstruktion aus Stahl hinaus. Nähere Angaben waren nicht gegeben. Die Speichermassenerhöhung beim Holzbau erfordert Mehrkosten von 89000.- €

### Technische Anlagen

In Alternative C ist noch nicht entschieden ob anstatt eines Pellet- oder Gas-Brennwertkessels ein BHKW eingesetzt wird. Nach Auskunft Herrn Rohlfes wird von einer Lösung mit einem Holzpelletkessel ausgegangen. Ein Spitzenlastkessel kann in der EnEV DIN 18599 nicht modelliert werden. Dieser ist nur für Wärmepumpen vorgesehen. Die Mehrkosten werden mit 126.000 € gegenüber der Ergaslösung Alternative B angegeben. Variante B erhält einen Gas Brennwertkessel, Mehrkosten gegenüber Alternative A 24.000.- €. Alternative A erhält einen Heizöl-Brennwertkessel „verbessert“.

Alternative A und B erhalten eine Solarkoranlage zur Warmwasserbereitung, Kostenpunkt 150.000 €. Bei der Alternative C wird auf die Kollektoranlage zu Gunsten des Holzpelletkessels verzichtet (Erfüllung der ErnWärmG). Dadurch ergibt sich eine Kosteneinsparung von 126.000 €. Zusätzlich installiert wird ein Warmwasserspeicher mit Ladepumpe (ca. 24.000.- €). Zusätzlich werden dezentrale Warmwasserbereitungen mit elektr. Durchlauferhitzern für die Reinigungsräume, Kostenpunkt 5000.-.

Die Alternative A verfügt nur über eine Lüftung in Pausenhalle und Sporthalle. Die Verteilungsgänge haben deshalb nur einen Querschnitt von 4 m<sup>2</sup>, 1,8 x 2,5 m. Lüftungsraum ca. 240 m<sup>2</sup>, Keine Einzelraumregelung. Kühlung wird nicht eingebaut. Alternative B hat eine zentrale Lüftung mit 1,6 m<sup>3</sup>/h und dadurch etwas erhöhte Querschnitte bei den Lüftungstrassen 8m<sup>2</sup> Mehrkosten 107.000.- Größere Lüftungsräume statt 240 jetzt 400 m<sup>2</sup> für Aggregate, Mehrkosten ca. 91.000.-, Einzelraumregelung Mehrkosten 200.000.- Die Lüftungsanlage wird auf ca. 1 Mio € Mehrkosten geschätzt. Die Wärmerückgewinnung (WRG) mit 75% wird auf 75000.- € geschätzt. Kühlung über Brunnenanlage, Mehrkosten ca. 250.000.- €. Für die Alternative C wird ein vollständiges Lüftungskonzept mit 1,3 kWh/m<sup>3</sup>h mit WRG 80 %.. Die Lüftung erfolgt zentral mit größeren Lüftungsschächten (11m<sup>2</sup> Querschnitt) und größeren Aufstellungsräumen.(480 m<sup>2</sup>). Variante C hat eine zentrale Lüftung mit 1,3 m<sup>3</sup> und dadurch etwas erhöhte Querschnitte bei den Lüftungstrassen 11m<sup>2</sup> Mehrkosten 38.000.- Größere Lüftungsräume statt 400 jetzt 480 m<sup>2</sup> für Aggregate, Mehrkosten ca. 52.000.-, Einzelraumregelung Mehrkosten 200.000.- €. WRG mit 80 % erfordert zusätzlich 50.000.- €. Kühlung über Brunnenanlage und zusätzliche Anlage adiabatische Kühlanlage. Zusatzkosten gegen Alternative B 84.000.- €.

Alternative A erhält keine PV-Anlage. Alternative B 417,5 kWp Mehrkosten ca. 894.000.-. Alternative C wie B nur zusätzliche Monitoringgeräte ca. 3.850.-.

Diese Kosten für die Automation wurden bisher nicht angegeben. Aus Erfahrungswerten können diese im Kostenmodell erfasst werden in Form von Kostenangaben. Alternative A Steuerung für Sonnenschutz 24.600.- €. Zusätzliche zentrale Steuerungseinrichtungen ca.

50.000.- €. Alternative B Gesamtanlage ca. 150.000.- € zusätzlich, Alternative C Zusatzkosten für Lamellennachführung 4.650.-€.

Für die Beleuchtungsanlagen und Lichtplanung werden bei Alternative A Beleuchtungskörpern mit Kosten von 378.000 € und einem Bussystem mit 201.000 € eingeplant. Das Basissystem Dachoberlicht für Lichthof erfordert Kosten von 300.000.- €, der Sonnenschutzscreen verfahrbar Basiskosten 313.000.- €, der Lamellenraffstore Basissystem 170.000.-€. Bei Alternative B wird mit LED/Leuchtstofflampenkombination gearbeitet, Mehrkosten 40.130.- €, zusätzlich werden DALI-EVG eingesetzt, die bei einer Einsparung im BUS-System einen Mehrpreis von 33.300.- € erfordern, Präsenzmelder Mehrkosten 6800 €, Tageslichtregelung Mehraufwand Programmierung 4600.- €, Sonnenschutzscreen verfahrbar zusätzlich Mikroraster im Glaszwischenraum Mehrkosten 146.000.- €, Wetterstation hochwertig Mehrkosten 4500.- €. Die Alternative C erfordert einen zusätzlichen inneren Blendschutz aus Komfortgründen.

### **Baustoffauswahl**

Nur bei der Alternative C werden Mehrkosten für Baustoffe mit niedrigem Risikopotenzial eingesetzt, Mehrkosten geschätzt ca. 66500.- €. (zum Teil bereits in Elementen z.B. Schaumglas modelliert).

### **Pädagogisches Konzept**

Das besondere pädagogische Lernkonzept in der Alternative C erfordert durch die offenen Lernlandschaften zusätzliche bauliche Anforderungen. Zu Mehrkosten führen die Brandmeldeanlage Mehrkosten 85.000.-€, VSG-Verglasung in Brüstungen Innenhof und Schulräume Mehrkosten 21.000.- €, Klassenraumverbindungstüren Mehrkosten ca. 50.701.- €, Schallschluckabsorber zusätzlich Mehrkosten 65.000.- €, Luftüberströmung Marktplatz Mehrkosten 50.000.- €, Warmtonleuchten Marktplatz Mehrkosten 32.200.- €, Verglasung Flurwand Mehrkosten 75.000.- €.

### **Qualitätssicherung**

Das vorgesehene Monitoring kostet in Variante C 130.000.- €. Darin sind enthalten Messkonzepte zur Raumluftqualität von Mehrkosten 10.000.- €.

## **8.3.2.4 Variantenvergleich**

### **Kubatur- und Flächenvergleich**

Für die Mengenermittlung, die Energiebedarfsberechnung und die Kennwertermittlung ist die Kubatur- und Flächenermittlung von entscheidender Bedeutung. Auf Basis der zu Verfügung gestellten Pläne wurden für alle vier Baukörper die Kubatur und Flächen selbst ermittelt und mit den Angaben der Architekten verglichen. Daraus ergeben sich folgende Flächenangaben für die drei Alternativen. Die Reduzierungen bei Alternative A und B sind auf die verringerten Flächen im UG zurückzuführen.

Kriterium	Variante	Alternative A EnEV- Standard	% Diff A-B	Alternative B Passivhaus- Standard	% Diff B-C	Alternative C Plusenergie- Standard
	Einheit					
<b>Kubatur und Flächen</b>						
Kubatur	m <sup>3</sup>	68.527,28	2,97	70.564,64	2,64	72.425,60
BGF a	m <sup>2</sup>	16.527,92	2,40	16.924,70	2,17	17.292,50
NGF a	m <sup>2</sup>	15.093,85	2,09	15.410,02	1,95	15.711,20
beh. NGF	m <sup>2</sup>	13.791,70	0,00	13.791,70	0,00	13.791,70
NF	m <sup>2</sup>	10.052,06	3,15	10.368,23	2,91	10.669,50
Flächeneffizienz NF/BGF		0,61		0,61		0,62

Abbildung 73 Kubatur und Flächen der drei Alternativen

### Kostenvergleich

Die Ermittlung der Herstellungskosten orientiert sich an der Kostenplanung nach DIN 276. Die Gebäudemodelle wurden durch Bauelemente beschrieben. Diese Bauelemente sind mit Kosten aus der sirAdos-Datenbank hinterlegt. Gewählt wurde die Preisdatenbank 2011 mit dem Mittelpreis. Dieser wurde aus konjunkturellen Gründen um 15% angehoben. Folgende Kosten wurden erhoben.

Kriterium	Variante	Alternative A EnEV- Standard	% Diff A-B	Alternative B Passivhaus- Standard	% Diff B-C	Alternative C Plusenergie- Standard
	Einheit					
<b>Baukosten gesamt KGR 300+400+700</b>						
	€ netto	16.300.849,31	19,44	19.469.450,00	4,01	20.250.797,00
KGR 300	€ netto	12.998.546,51	7,01	13.910.325,00	-0,77	13.803.517,00
KGR 400	€ netto	3.288.249,80	68,63	5.545.072,00	13,67	6.303.227,00
KGR 700 Monitoring	€ netto	14.053,00	0,00	14.053,00	925,07	144.053,00
Kosten/m <sup>2</sup> BGF	€/m <sup>2</sup> netto	986,26	16,64	1.150,36	1,80	1.171,07
Kosten/m <sup>2</sup> NF	€/m <sup>2</sup> netto	1.621,64	15,80	1.877,80	1,08	1.898,01

Abbildung 74 Baukosten KG 300 und 400

Die ermittelten Baukosten liegen ca. 1% unter der Kostenschätzung des Architekten vom 6.8.2012. Es bestehen aber Verschiebungen zwischen der KGR 300 und 400. Wesentliche Faktoren sind die Bauteilkosten der Ausführung in Holz, die in der Kostenschätzung für einen Baukörper durch den Architekten höher dokumentiert sind.

### Energie- und Medienbedarf

Der Energie- und Medienbedarf (Wasser) hat wesentlichen Einfluss beim Vergleich der Alternativen, da die Ver- und Entsorgungskosten durch die Bauweisen stark beeinflusst werden. Die folgende Tabelle dokumentiert die von ip5 zu Grunde gelegten Energiebedarfszahlen.

Kriterium	Variante	Alternative A EnEV- Standard	% Diff A-B	Alternative B Passivhaus- Standard	% Diff B-C	Alternative C Plusenergie- Standard
	Einheit					
<b>Wärme + Medien Endenergie</b>						
Beheizung	kWh/m <sup>2</sup> a	47,97	-70,87	13,97	-0,01	13,97
Warmwasser	kWh/m <sup>2</sup> a	8,94	0,00	8,94	0,00	8,94
Hilfsenergie/Nutzungen.	kWh/m <sup>2</sup> a	3,50	15,71	4,05	0,00	4,05
Beleuchtung	kWh/m <sup>2</sup> a	8,92	-37,36	5,59	0,00	5,59
Lüftung	kWh/m <sup>2</sup> a	22,62	-86,38	3,08	0,00	3,08
Kühlung	kWh/m <sup>2</sup> a	0,00	0,00	9,37	0,00	9,37
Solarkollektor Gutschrift	kWh/m <sup>2</sup> a	-3,90	0,00	-3,90	-100,00	0,00
Photovoltaik Selbstbedarf	kWh/m <sup>2</sup> a	0,00	0,00	-7,80	0,00	-7,80
Photovoltaik Einspeisung	kWh/m <sup>2</sup> a	0,00	0,00	-29,14	0,00	-29,14
Gesamtbedarf	kWh/m <sup>2</sup> a	88,05	-95,27	4,16	93,70	8,06
Frischwasser	m <sup>3</sup> /a	4020,824	3,15	4.147,29	2,91	4.267,78
Abwasser	m <sup>3</sup> /a	4020,824	3,15	4.147,29	2,91	4.267,78

Abbildung 75 Energie- und Medienbedarf der drei Varianten

Die starken Reduzierungen des Bedarfs resultieren einerseits aus dem Passivhauskonzept der Alternative B und C. Andererseits sind die Gutschriften aus der Photovoltaikanlage nach Abzug des Eigenbedarfs deutlich zu erkennen. Die Alternative B zeigt weitere Gewinne aus der Solarkollektoranlage, auf die bei der Variante C wegen des Holzpelletkessels verzichtet wurde.

### Lebenszykluskosten

Die von den Planern ermittelten Kosten werden in die Lebenszykluskostenrechnung übernommen. Während des Nutzungszeitraums wird in dem Gebäude eine Fülle an Dienstleistungen ausgeführt, die jeweils mit weiteren Folgekosten verbunden sind. Vorhersehbar und kalkulierbar sind:

- Reinigungsarbeiten
- Wartungsarbeiten
- Instandsetzungs- und verbundene Rückbau und Entsorgungsarbeiten
- Rückbauarbeiten.

Entscheidenden Einfluss auf die Gebäudeleistung für den Nutzungszeitraum hat der Zyklus der auszuführenden Arbeiten. Die Kostendokumentation berücksichtigt im ersten Schritt keinen Diskontierungsfaktor, d.h. alle Werte werden in der realen heute fälligen Höhe dargestellt (statische Auswertung). In einem zweiten Schritt wird eine Barwertberechnung durchgeführt (dynamische Berechnung).

Kriterium	Variante	Alternative A EnEV- Standard	% Diff A- B	Alternative B Passivhaus- Standard	% Diff B-C	Alternative C Plusenergie- Standard
	Einheit					
<b>Lebenszykluskosten statisch</b>						
Betrachtungszeitraum a	50					
Ver- und Entsorgungskosten	€	7.687.107,50	-102,14	-164.819,00	-25,79	-122.305,50
Reinigungskosten	€	5.120.236,00	1,34	5.188.829,00	-0,55	5.160.488,50
Wartungskosten	€	1.512.372,00	37,72	2.082.853,00	-2,88	2.022.966,00
Instandsetzungskosten	€	6.930.780,00	25,06	8.667.885,00	-4,93	8.240.276,00
Gesamtfolgekosten		21.250.495,50	-25,77	15.774.748,00	-3,00	15.301.425,00
Ver- und Entsorgungskosten/a	€/a	153.742,15	-102,14	-3.296,38	-25,79	-2.446,11
Reinigungskosten/a	€/a	102.404,73	1,33	103.765,78	-0,54	103.209,77
Wartungskosten/a	€/a	30.247,44	37,72	41.657,06	-2,88	40.459,32
Instandsetzungskosten/a	€/a	138.615,60	25,06	173.357,70	-4,93	164.805,52
Gesamtkosten/a	€/a	425.009,92	-25,77	315.484,16	-3,00	306.028,50
Kosten/m² BGF	€/m²a	25,71	-27,51	18,64	-5,06	17,70
Barwert	€	22.862.074,00	5,07	24.020.175,00	2,81	24.694.845,00
Barwert/m²BGF	€/m²	1.383,24	2,60	1.419,24	2,81	1.459,10
<b>Lebenszykluskosten dynamisch, Baukosten +2%, Geldeinlage +5,5%/a, Energiepreis +4%/a, Barwertzins 3,5%</b>						
Betrachtungszeitraum a	50					
Ver- und Entsorgungskosten	€	23502830	-75,28	5.810.001,00	1,79	5.914.034,00
Reinigungskosten	€	8936045	1,32	9.053.649,00	-0,52	9.006.301,00
Wartungskosten	€	2635335	37,68	3.628.251,00	-2,82	3.525.777,00
Instandsetzungskosten	€	12594711	24,68	15.703.380,00	-5,92	14.774.228,00
Gesamtfolgekosten		47.668.921,00	-28,27	34.195.281,00	-2,85	33.220.340,00
Ver- und Entsorgungskosten/a	€/a	470.056,60	-75,28	116.200,02	1,79	118.280,68
Reinigungskosten/a	€/a	178.720,90	1,32	181.072,98	-0,52	180.126,02
Wartungskosten/a	€/a	52.706,70	37,68	72.565,02	-2,82	70.515,54
Instandsetzungskosten/a	€/a	251.894,22	24,68	314.067,60	-5,92	295.484,56
Gesamtkosten/a	€/a	953.378,42	-28,27	683.905,62	-2,85	664.406,80
Kosten/m² BGF	€/m²a	57,68	-29,95	40,41	-4,92	38,42
Barwert	€	27542188	-0,47	27.413.537,00	2,23	28.025.181,00
Barwert/m²BGF	€/m²	1.666,40	-2,80	1.619,74	0,06	1.620,66

Abbildung 76 Lebenszykluskosten mit Barwertberechnung

Die Barwertberechnung der statischen Methode zeigt für die in der Herstellung günstigere Alternative A auch eine vorteilhafte Entwicklung über 50 Jahre auf. Bei einer dynamisierten Berechnung mit einer Steigerung der Baupreise und Energiekosten verschiebt sich die Reihenfolge. Alternative B und C liegen gleichauf, Alternative A ist ca. 3% ungünstiger. Unter dem Postulat, dass mit der Alternative C ein wesentlich höherer Komfort und ein besonderes pädagogisches Lernkonzept realisiert werden, ist das ein sehr gutes Ergebnis.

### Ökobilanz

Unter Ökobilanz – englisch Life Cycle Assessment (LCA) – versteht man eine systematische Analyse der Ressourcenentnahme aus der Natur und der Umweltwirkungen von Produkten während ihres gesamten Lebenszyklus (von der Wiege bis zur Bahre). Das Verfahren der Ökobilanzierung ist heute durch internationale Normen wie die ISO14040 weitgehend stan-

standardisiert. Die eingesetzte Software benutzt für die Ökobilanzierung als Datenbasis die Ökobau.dat. Die Ökobau.dat ist die Datenbank des Bauministeriums für Verkehr, Bauen und Stadtentwicklung (BMVBS) für die Ökobilanzierung in Deutschland und diese ist bei der Zertifizierung nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) anzuwenden.

Kriterium	Variante	Alternative A EnEV- Standard	% Diff A-B	Alternative B Passivhaus- Standard	% Diff B-C	Alternative C Plusenergie- Standard
	Einheit					
<b>Ökobilanz alle Phasen</b>						
Betrachtungszeitraum a	50					
Stoffmasse	kg	22.682.731	-0,03	22.675.127	-17,80	18.638.647
Nachwachsende Rohstoffe	kg	447.921	65,72	742.283	110,03	1.559.026
% von Stoffmasse		1,97	65,77	3,27	155,52	8,36
<b>Gebäude nur Herstellung</b>						
Stoffmasse	kg	21.723.292	0,60	21.854.444	-17,98	17.925.847
Nachwachsende Rohstoffe	kg	382.526	64,67	629.916	117,28	1.368.685
% von Stoffmasse		1,76	63,68	2,88	164,90	7,64
<b>Nur Gebäude</b>						
PEI nicht erneuerbar	kWh	14.247.943	3,25	14.711.135,00	-27,56	10.656.173,00
PE erneuerbar	kWh	3.482.141	45,08	5.051.841,00	101,18	10.163.420,00
Treibhauspotential	kg CO <sub>2</sub>	5.129.006	8,04	5.541.599,00	-29,22	3.922.323,00
Versauerungspotential	kg SO <sub>2</sub>	13.362	17,87	15.749,91	-35,47	10.163,42
<b>Nur Betrieb</b>						
PEI nicht erneuerbar	kWh	122.334.310	-100,30	-368.770	7.695,18	-28.746.288
PE erneuerbar	kWh	9.597.219	-99,82	17.241	138.168,28	23.838.835
Treibhauspotential	kg CO <sub>2</sub>	28.042.018	-100,35	-99.022	7.310,63	-7.338.157
Versauerungspotential	kg SO <sub>2</sub>	47.315	-100,56	-263,81	2.618,44	-7.171,43
<b>Gebäude und Betrieb</b>						
PEI nicht erneuerbar	kWh	136.582.253	-89,50	14.342.365	-226,13	-18.090.115
PE erneuerbar	kWh	13.079.360	-61,24	5.069.082	570,78	34.002.255
Treibhauspotential	kg CO <sub>2</sub>	33.171.024	-83,59	5.442.577	-162,76	-3.415.834
Versauerungspotential	kg SO <sub>2</sub>	60.677	-74,48	15.486	-80,68	2.992
<b>Gebäude und Betrieb pro m<sup>2</sup> BGF pro Jahr</b>						
PEI nicht erneuerbar	kWh	180,98	-89,72	18,61	-223,75	-23,03
PE erneuerbar	kWh	17,33	-62,03	6,58	557,75	43,28
Treibhauspotential	kg CO <sub>2</sub>	43,95	-83,94	7,06	-161,61	-4,35
Versauerungspotential	kg SO <sub>2</sub>	0,08	-75,00	0,02	-100,00	0,00

Abbildung 77 Ökobilanz der drei Varianten

Die Ökobilanz zeigt deutlich größere Unterschiede als die Lebenszykluskostenrechnung zwischen den drei Alternativen. Für die Auswertung wurde unterschieden zwischen dem Gebäude und dem energetischen Betrieb des Gebäudes, um die Einflüsse der Bauweise und der technischen Ausstattung klarer zu trennen. Unterschiede zwischen den Alternativen A und B einerseits und der Alternative C andererseits sind auf die unterschiedliche Bauweise zurückzuführen. Die Primärkonstruktion in Holz führt zu ca. 30 % geringeren Werten. Die Unterschiede zwischen Alternative A einerseits und Alternative B und C andererseits sind auf die Gestaltung der Gebäude hinsichtlich ihres energetischen Bedarfs zurückzuführen. Die Verschiebungen in den Gutschriftsbereich – hinsichtlich der nicht erneuerbaren Primärenergie oder des Treibhausgaspotenzials - bei Alternative B und C ist auf den Einsatz der

großflächigen Photovoltaikanlage zurückzuführen. Die Alternative C unterscheidet sich von der Alternative B durch den Einsatz der erneuerbaren Heizenergie mittels des Holzpelletkessels. Entlastungen durch die Alternative C von bis zu 220% -300% (PE nicht erneuerbar) sind überzeugende Ergebnisse.

### 8.3.3 Ermittlung der Wirtschaftlichkeit

#### 8.3.3.1 Ausgangssituation und Zielstellung

Die Beschreibung und Bewertung der ökonomischen Vorteilhaftigkeit steht im engen Zusammenhang mit der ökonomischen Dimension der Nachhaltigkeit. Übertragen auf den Baubereich geht es einerseits darum, die Wirtschaftlichkeit der Investition zu sichern und damit Kapital zu erhalten. Hierfür müssen die Zahlungsflüsse (Einzahlungen und Auszahlungen) im vollständigen Lebenszyklus beurteilt, die finanziellen Risiken bewertet sowie die Stabilität und Entwicklung des ökonomischen Werts analysiert werden. Andererseits wird in diesem Zusammenhang die Senkung der Lebenszykluskosten als ein Ziel formuliert.

#### 8.3.3.2 Kostenschätzung

Für die Gesamtmaßnahme wurden die Kosten nach DIN 276 aufgestellt. Die Kosten wurden gemäß des gültigen BKI (Stand: 2.Quartal 2012) ermittelt. Als Grundlage dienten dabei interne Kosten- und Erfahrungswerte. Zusätzlich wurden für Sonderbauteile Angebote von Fachfirmen eingeholt. Die Kostenschätzung weist eine relativ hohe Genauigkeit durch die intensive Bearbeitung der Leistungsphase 2 insbesondere im Hinblick auf die Mehrkosten auf.

Die Kostenschätzung bildet drei alternative Modellvarianten des Neubaus des Gymnasiums Diedorf ab. In der ersten Modellvariante ist ein Referenzgebäude im ENEC-Standard mit dem klassischen Standardraumprogramm eines Gymnasiums, wie es in konventioneller Weise umgesetzt werden würde, abgebildet. Die zweite Modellvariante stellt die Planungsvariante dar, wie der Landkreis klassischerweise den Neubau umsetzen würde. Hierbei sind bereits deutliche Verbesserungen im Energiestandard berücksichtigt, allerdings würde auch hier ein standardisiertes Raumprogramm umgesetzt werden. Die letzte Modellvariante „Plusenergieschule mit offenen Lernlandschaften“ bildet die im Hinblick auf die Forschungsziele entwickelte ambitionierte Modellschule ab.

Die Kostenschätzung wurde im Hinblick auf die drei Varianten in mehrere Spalten gegliedert:

- Kosten nach Standard EnEV 2009 (Bei diesen Kosten wird ausgewiesen, was das Gymnasium Diedorf bei einem normalen EnEV-Standard kosten würde).
- Mehrkosten für den Passivhausstandard (Hier werden Zusatzkosten zur Erreichung des Passivhausstandards ausgewiesen)
- Mehrkosten für eine optimierte Lösung (Plusenergieschule mit offenen Lernlandschaften) ggü. Passivhausstandard
- Ausweis der Gesamtkosten des ambitionierten Modelprojekts

**Kostenschätzung nach DIN 276**

Projekt: Gymnasium Diedorf

KG	Bezeichnung der Kostengruppe		Kosten - netto Referenz ENEV 2009 Standardschule mit Standard- raumprogramm	Mehrkosten - netto Passivhausschule mit Standard- raumprogramm	Mehrkosten - netto Plusenergieschule mit offenen Lernlandschaften ggü. Passivhaus	Kosten gesamt	% von Gesamt
<b>100</b>	<b>Grundstück</b>		ohne Ansatz				
110	Grundstückswert						
120	Grundstücksnebenkosten						
130	Freimachen						
<b>200</b>	<b>Herrichten und Erschließen</b>		<b>171.981 €</b>	- €	- €	<b>171.981 €</b>	<b>0,59</b>
210	Herrichten		ohne Ansatz				
220	Öffentliche Erschließung	psch.	87.300 €				
225	Stromversorgung		29.100 €				
230	Nichtöffentliche Erschließung		55.581 €				
<b>300</b>	<b>Bauwerk - Baukonstruktionen</b>		<b>13.254.765 €</b>	<b>845.539 €</b>	<b>505.211 €</b>	<b>14.605.515 €</b>	<b>49,87</b>
310	Baugrube		572.068 €				
320	Gründung		1.425.812 €				
	Verbesserte Dämmung Boden			137.281 €			
	Vergrößerung Haustechnikraum und Installationsgang			115.644 €	37.783 €		
330	Außenwände		1.934.580 €				
	Verbesserte Dämmung Wände			121.638 €			
	Verbesserte Dämmung Fassade			53.685 €			
	Passivhausfenster			77.228 €			
	Holzbau (Holzbetonverbunddecke/ Vorfertigung)				- €		
	Verbesserte Dämmung Außentür			23.375 €			
	Verbesserter n50-Wert			10.913 €			
	Vergrößerung Haustechnikraum und Installationsgang			115.644 €	37.783 €		
338	Sonnenschutz		468.292 €				
	Mikroraster im Glaszwischenraum			106.306 €			
	innenliegender Blendschutz				28.798 €		
340	Innenwände		3.161.738 €				
	Schiebetüren für offene Lernlandschaft				- €		
	Klassenraumverbindungstüren	Brandschutz			50.721 €		
	Akustikmaßnahmen für offene Lernlandschaften				65.580 €		
	Transparenz Klassen/ Marktplatz				75.001 €		
	VSG-Verglasungen für Brandschutz	Brandschutz			21.143 €		
350	Decken		2.790.813 €				
360	Dächer		2.610.851 €				
	Oberlichtverglasungen		290.610 €				
	Verbesserte Dämmung Dach			72.914 €			
	Verbesserter n50-Wert			10.913 €			
	PCM				89.600 €		
370	Baukonstruktive Einbauten						
390	Sonst. Maßnahmen f. Baukonstrukt.						
	Risikostoffe für die lokale Umgebung				57.292 €		
	Risikostoffe für die Innenraumhygiene				26.510 €		
<b>400</b>	<b>Bauwerk - Technische Anlagen</b>		<b>4.273.331 €</b>	<b>1.603.917 €</b>	<b>397.235 €</b>	<b>6.274.483 €</b>	<b>21,42</b>
410	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen		591.292 €				
420	Wärmeversorgungsanlagen		785.782 €				
	Pelletskessel und BHKW				126.050 €		
	Warmwasserbereitung		122.289 €		-126.050 €		
430	Lufttechnische Anlagen		578.250 €				
	Verbesserung Lüftförderung			40.756 €	42.017 €		
	Lüftung zentral			1.051.513 €	60.000 €		
	WRG				42.017 €		
	Belüftung Marktplatz				42.017 €		
	Kühlung Lüftung			163.025 €			
434	Kälteanlagen		141.832 €				
	Kühlung			40.756 €	84.034 €		
439	Lufttechnische Anlagen , sonstiges						
440	Starkstromanlagen						
442	Eigenstromversorgungsanlagen		42.947 €				
	Photovoltaikanlage			in Optionen	in Optionen		
443	Niederspannungsschaltanlagen		97.395 €				
444	Niederspannungsinstallationsanlagen		663.228 €				
445	Beleuchtungsanlagen		77.071 €				
	Leuchtmittel und Leuchten	inkl. Montage	367.011 €				
	Leuchten in LED in Allgemeinerbereichen / Warmton für Aula	inkl. Montage		67.376 €			
	DALI-EVG			77.465 €			
	Leuchten in LED in Aula und Marktplätze	inkl. Montage			32.200 €		
446	Blitzschutz- und Erdungsanlagen		25.769 €				
449	Sonstiges		27.434 €				
450	Fernmelde- u. informationst. Anl.		278.162 €				
	Brandmeldeanlage				94.951 €		
460	Förderanlagen		104.760 €				
470	Nutzungsspezifische A. Küche		77.600 €				
480	Gebäudeautomation		292.530 €				
	Einzelraumregelung			163.025 €			
490	Sonst. Maßn. f. Techn. Anlagen						
<b>300+400 - Summe Bauwerkskosten</b>			<b>17.528.096 €</b>	<b>2.449.456 €</b>	<b>902.446 €</b>	<b>20.879.998 €</b>	

Kostenschätzung nach DIN 276								
Projekt: Gymnasium Diedorf								
KG	Bezeichnung der Kostengruppe		Kosten - netto Referenz ENEV 2009 Standardschule mit Standard- raumprogramm	Mehrkosten - netto Passivhausschule mit Standard- raumprogramm	Mehrkosten - netto Plusenergieschule mit offenen Lernlandschaften ggü. Passivhaus	Kosten gesamt	% von Gesamt	
500	Außenanlagen	Planungs umgriff Freianlagen 27.970	1.964.548 €	- €	95.335 €	2.059.883 €	7,03	
510	Geländeflächen		69.355 €		2.592 €			
520	Befestigte Flächen		1.011.312 €		17.747 €			
530	Baukonstruktionen in Außenanl.		117.637 €		4.890 €			
538	Brunnenbohrung für therm. Nutzung							
540	Techn. Anlagen in Außenanlagen		388.815 €					
541	Abwasseranlagen Aussenanlagen		48.500 €		3.000 €			
546	Starkstromanlagen		27.608 €		2.000 €			
547	Fernmelde- u. informationst. Anl.							
550	Einbauten in Außenanlagen		201.566 €		64.590 €			
560	Wasserflächen							
570	Pflanz- und Saatlflächen		92.480 €		283 €			
590	Sonstige Maßnahmen für Außenanlagen		7.275 €		800 €			
	Schulgärten	unter Mehrkosten aufgeschlüsselt						
	Werkstatтерasse	unter Mehrkosten aufgeschlüsselt						
	Experimentier- und Forschungsfelder	unter Mehrkosten aufgeschlüsselt						
600	Ausstattung und Kunstwerke		1.344.538 €	- €	- €	1.344.538 €	4,59	
610	Ausstattung (Möblierung)		1.020.538 €					
	Labortechnische Anlagen		324.000 €					
620	Kunstwerke							
700	Baunebenkosten		3.827.683 €	252.639 €	751.224 €	4.831.546 €	16,50	
710	Bauherrenaufgaben							
720	Vorbereitung der Objektplanung		58.000 €					
730	Architekten- und Ingenieurleistungen							
	Honorare LPH 1- 4 zu 50% inkl. Zusatzkosten	gem. 1 Förderantrag	1.331.567 €	in Referenz enthalten				
	Honorare LPH 4 zu 50% - LPH 9	keine DBU Förderung	2.271.116 €	252.639 €	97.124 €			
	Planungsmehrkosten 2 Förderphase				619.100 €			
740	Gutachten und Beratung				35.000 €			
770	Allgemeine Baunebenkosten		167.000 €					
<b>Gesamtkosten 100 - 700 netto</b>			<b>24.836.845 €</b>	<b>2.702.095 €</b>	<b>1.749.005 €</b>	<b>29.287.946 €</b>	<b>100%</b>	
<b>grds. förderfähige Kosten DBU netto</b>					<b>1.651.881 €</b>			
<b>Prozentuale Mehrkostenanteile</b>				<b>11%</b>	<b>6%</b>			
<b>Gesamtkosten 100 - 700 brutto</b>			<b>29.555.846 €</b>	<b>3.215.493 €</b>	<b>2.081.316 €</b>	<b>34.852.655 €</b>		
<b>Gesamtkosten brutto inkl. Förderung DBU</b>			<b>29.555.846 €</b>	<b>3.215.493 €</b>	<b>1.356.316 €</b>	<b>34.127.655 €</b>		
zusätzliche Optionen (netto):								
1	Photovoltaikanlage (Eigenstrom)			837.900 €		837.900 €		
2	Honorare Photovoltaikanlage			75.278 €		75.278 €		
<b>Gesamtkosten mit Optionen 100 - 700 netto</b>			<b>24.836.845 €</b>	<b>3.615.274 €</b>	<b>1.749.005 €</b>	<b>30.201.124 €</b>		
<b>Gesamtkosten mit Optionen 100 - 700 inkl. Förderung DBU brutto</b>			<b>29.555.846 €</b>	<b>4.302.176 €</b>	<b>1.356.316 €</b>	<b>35.214.338 €</b>		

Abbildung 78 Kostenschätzung nach DIN 276

Die Mehrkosten für die Ausführung des Gebäudes als Passivhaus betragen 11 % bezogen auf die gesamten Baukosten.

Die zusätzlichen Mehrkosten für die Ausführung des Gebäudes als Plusenergieschule mit offenen Lernlandschaften betragen ca. 6 % bezogen auf die gesamten Baukosten (der Variante Passivhaus).

Mit der vorliegenden Planung der Plusenergieschule mit offenen Lernlandschaften konnte im Hinblick auf das offene Lernkonzept nachgewiesen werden, dass keine Mehrflächen gegenüber dem Standardraumprogramm anfallen, so dass eine Umsetzung dieses Lernkonzepts nicht förderschädlich ist und auch keine teuren Mehrflächen geschaffen werden müssen.

Dennoch entstehen im Hinblick auf die offene Lernlandschaften Mehrkosten, die in rein wirtschaftlicher Sicht keine rentierlichen Kosten darstellen, dafür jedoch eine deutliche Erhöhung der Lernqualität und eine flexible Raumnutzung mit sich bringen.

Das neue Lernkonzept verursacht durch das Clusterprinzip in Verbindung mit den offenen Klassenräumen zusätzliche akustische und brandschutztechnische Maßnahmen und stellt höhere Anforderungen an die Lüftungstechnik. Darüber hinaus wird das pädagogische Konzept auch in die Freiraumplanung umgesetzt. Diese Maßnahmen würden für eine Standardschule mit Standardraumstruktur und Standardklassenräumen mit Frontalunterricht zunächst nicht anfallen. Die Kosten hierfür lassen sich nicht direkt durch Energieeinsparungen amortisieren. Sie führen zu einer qualitativ hochwertigeren Lern- und Arbeitsumgebung für Schüler und Lehrer, die sich jedoch nicht monetär bewerten lässt. Der Anteil dieser Kosten an den gesamten Mehrkosten für die Variante C „Plusenergieschule mit offenen Lernlandschaften“ beträgt ca. 40%. Diese Kosten betragen damit nur ca. 2,5% der gesamten Baukosten für das Gymnasium als Passivhausschule.

Zukunftsfragen von Schulen werden ohne die Einbeziehung von Raumqualitäten nicht zu lösen sein. Das offene und anpassungsfähige Raum- und Lernkonzept des Gymnasiums Diedorf erlaubt nicht nur das flexible Eingehen auf heutige Schul- und Lernformen, sondern ermöglicht auch spätere Anpassungen an künftige Entwicklungen, die durch die flexiblen Raumstrukturen teilweise schon vorweggenommen werden, so dass teure Umbauten später nicht notwendig werden. Insbesondere das Clusterprinzip ist hier für ganz unterschiedliche Organisationsprinzipien einer Schule nutzbar.

Vor dem Hintergrund eines zukunftsfähigen Gymnasiums, das flexible und neue Lehr- und Lernmethoden ermöglicht, könnten diese Kosten in Zukunft bereits als Sowieso-Kosten anfallen. In jedem Fall werden teure Umbauten vermieden, wenn zukünftig neue Lehr- und Lernpläne umgesetzt werden müssen, die ansonsten durch standardisierte Schulkonzeptionen und Raumkonzepte nicht oder nur unzureichend unterstützt werden. Durch die kontinuierliche Einbeziehung der Nutzer in den Planungsprozess und späteren Bauablauf können die im Schulbau üblichen Nachtragsangebote und die damit verbundenen Nachtragsangebote minimiert, im besten Fall sogar vollständig vermieden werden. Für diese Aspekte müssen der Vollständigkeit halber entsprechende finanzielle Risiken im Variantenvergleich im Hinblick auf die Bewertung der Wirtschaftlichkeit berücksichtigt werden.

### **8.3.3.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen**

Für die Bewertung der Effizienz energetischer Maßnahmen oder der Planung von hochenergieeffizienten Neubauten, wie Passivhäusern oder Plusenergiegebäuden, spielt die Wirtschaftlichkeit für den Bauherrn eine entscheidende Rolle. Die Wirtschaftlichkeit sollte sich am Verhältnis der eingesetzten Mittel zum tatsächlichen Einspareffekt bzw. dem zu erzielenden energetischen Verbrauchsstandard bemessen.

Unabhängig davon, gibt es jedoch auch qualitative Vorteile, die durch den Neubau des Gymnasiums Diedorf entstehen, die jedoch keine monetären Vorteile bedingen:

- Hochwertige Raumatmosphäre
- Differenziertes räumliches Angebot
- Flexibilität des Clusterprinzips für neue Lernmethoden
- guter sommerlicher thermischer Komfort
- Blendschutz
- Reduzierung von Risikostoffen im Hinblick auf Gesundheit und Umweltentlastung

Bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der vorgeschlagenen Maßnahmen wurde berücksichtigt, welche Kosten zwangsläufig aus der pädagogischen Architektur entstehen und welche Mehraufwendungen aufgrund höherwertiger Dämmstandards oder energieeffizienter Gebäudetechnik erfolgen (-> Umweltrelevante Mehrkosten).

Ergänzend wurden vorab im Kapitel 8.3.2.4 auf Grundlage der geschätzten Baukosten und Nachfolgekosten für das Gesamtgebäude die unterschiedlichen Varianten zum Vergleich gegenübergestellt und im Rahmen der Lebenszyklusanalyse bewertet:

- Variante A: Mindeststandard gemäß EnEV mit Standardraumprogramm
- Variante B: Passivhausstandard mit Standardraumprogramm
- Variante C: optimierte Lösung „Plusenergieschule mit offenen Lernlandschaften“

### **Gesamtwertung**

Im Rahmen der Planung soll letztlich eine Gesamtbetrachtung verschiedener Varianten unter Berücksichtigung der Lebensdauer der Bauteile die wirtschaftlichste (und gleichzeitig umweltfreundlichste) Lösung aufzeigen. Neben den Betriebskosten für Energie sind hier die Wartungs- und Instandsetzungskosten zu minimieren. Ziel ist dabei langfristig die Sicherstellung niedriger Kosten im Betrieb bei gleichzeitiger Schaffung einer qualitativ hochwertigen und zukunftsfähigen Schullandschaft.

### **8.3.3.4 Kosteneffizienz von Einzelmaßnahmen (umweltrelevante Mehrkosten)**

Der Grundgedanke jeder Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist es, Aussagen über finanzielle Auswirkungen von Investitionen zu ermöglichen. Im Hinblick auf die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Investitionen in Energiesparmaßnahmen werden beim Projekt Diedorf einzelne Mehrkosten für Maßnahmen zur Energieeffizienz gesondert auf ihre Wirtschaftlichkeit hin untersucht.

Dazu wird in einem ersten Schritt eine Amortisationsrechnung durchgeführt. Dieses in der Praxis häufig eingesetzte Verfahren, trifft eine Aussage nach welchem Zeitraum sich eine Investition selbst finanziert hat. Die statische Amortisation berücksichtigt dabei keine Kapi-

talkosten und keine Preissteigerungen und hat daher nur eingeschränkte Aussagekraft, da die Gewinne nach der Amortisationszeit unberücksichtigt bleiben.

Dennoch ist die Amortisationsrechnung wichtig für die Beratungspraxis. Sie zeigt zwar nicht, wie rentabel der Einsatz des eigenen Kapitals ist, aber sie macht deutlich, wie lange es dauert, bis das eingesetzte Kapital durch die Energieeinsparungen zurückgeflossen ist.

Nachfolgend werden zunächst die Ergebnisse einer statischen Amortisationsrechnung auf Basis des heutigen Energiepreisniveaus dargestellt. Hierbei werden zwei Varianten der Wärmeversorgung unterschieden, um aufzuzeigen, welchen Stellenwert der Energieträger auch im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit hat. Die Annahmen zu den unterschiedlichen Energieeinsparungen beruhen auf den derzeitigen Energiebilanzen und ergeben sich als Differenz des Energieverbrauchs ohne und nach Durchführung der Maßnahme.

Bei Holzpellets:						
Maßnahme	Energieeinsparung durch die Maßnahme kWh/a	Energieart	Energiepreis heute EUR/kWh	Einsparung Energie- und Wartungskosten pro Jahr EUR/a	Kosten der Maßnahme €	Statische Amortisation der Maßnahme in Jahren
Höherwertige Gebäudehülle (Dämmstandard, Wärmebrücken, Gebäudedichtigkeit)	467.891	Wärme (Holzpellets)	0,047	21.991	497.034	22,6
Lüftungsanlage(n) mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung	59.016	Wärme (Holzpellets)	0,047	2.774	42.017	15,1
Verringerter Druckverlust der Lüftungsanlagen (900 Pa statt 1.120 Pa)	7.622	Strom	0,200	1.524	42.017	27,6
Tageslichtnutzung / Tageslichtsysteme Mikroraster im Glaszwischenraum	4.311	Strom	0,200	3.362	106.306	31,6
Intelligente Kunstlichtregelung	37.035	Strom	0,200	7.407	77.465	10,5
Leuchten in LED in Allgemeinbereichen	10.164	Strom	0,200	2.733	38.931	14,2
Leuchten in LED in Aula und Marktplätzen	7.812	Strom	0,200	2.162	32.200	14,9
<b>Gesamt</b>	<b>593.851</b>			<b>41.953</b>	<b>835.970</b>	<b>19,9</b>
Bei Gas-Brennwert:						
Maßnahme	Energieeinsparung durch die Maßnahme kWh/a	Energieart	Energiepreis heute EUR/kWh	Einsparung Energie- und Wartungskosten pro Jahr EUR/a	Kosten der Maßnahme €	Statische Amortisation der Maßnahme in Jahren
Höherwertige Gebäudehülle (Dämmstandard, Wärmebrücken, Gebäudedichtigkeit)	467.891	Wärme Gas	0,075	35.092	497.034	14,2
Lüftungsanlage(n) mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung	59.016	Wärme Gas	0,075	4.426	42.017	9,5
Verringerter Druckverlust der Lüftungsanlagen (900 Pa statt 1.120 Pa)	7.622	Strom	0,200	1.524	42.017	27,6
Tageslichtnutzung / Tageslichtsysteme Mikroraster im Glaszwischenraum	4.311	Strom	0,200	3.362	106.306	31,6
Intelligente Kunstlichtregelung	37.035	Strom	0,200	7.407	77.465	10,5
Leuchten in LED in Allgemeinbereichen	10.164	Strom	0,200	2.733	38.931	14,2
Leuchten in LED in Aula und Marktplätzen	7.812	Strom	0,200	2.162	32.200	14,9
<b>Gesamt</b>	<b>593.851</b>			<b>56.707</b>	<b>835.970</b>	<b>14,7</b>

Abbildung 79 Statische Amortisation einzelner Maßnahmen zur Energieeffizienz ausgehend vom heutigem Energiepreis

Es wird deutlich, dass sich unter Annahme des heutigen Preisniveaus je nach Energieträger alle Maßnahmen durchschnittlich nach 14,7 bis 19,9 Jahren amortisieren lassen.

Eine weitere Amortisationsrechnung für das Projekt Diedorf erfolgt unter Berücksichtigung steigender Energiepreise. Dabei wird ein Zeitraum von 15 Jahren zu Grunde gelegt. Jede Annahme von künftig zu erwartenden Energiekosten über einen derartig langen Zeitraum kann nur spekulativ sein. Daher wurden folgende konservative Preissteigerungen pro Jahr für die Energieträger angenommen:

- Strom 5%
- Erdgas 6%
- Holzpellets 3%

Ausgehend von einem mittleren zukünftigen Energiepreis ergeben sich danach folgende Amortisationszeiten für die einzelnen Energiesparmaßnahmen:

Bei Holzpellets:						
Maßnahme	Energieeinsparung durch die Maßnahme kWh/a	Energieart	Mittlerer zukünftiger Preis der spez. Energieeinheit über 15 Jahre EUR/kWh	Einsparung Energie- und Wartungskosten pro Jahr EUR/a	Kosten der Maßnahme €	Statische Amortisation der Maßnahme in Jahren
Höherwertige Gebäudehülle (Dämmstandard, Wärmebrücken, Gebäude dichtigkeit)	467.891	Wärme (Holzpellets)	0,058	27.267	497.034	18,2
Lüftungsanlage(n) mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung	59.016	Wärme (Holzpellets)	0,058	3.439	42.017	12,2
Verringerter Druckverlust der Lüftungsanlagen (900 Pa statt 1.120 Pa)	7.622	Strom	0,288	2.193	42.017	19,2
Tageslichtnutzung / Tageslichtsysteme Mikroraster im Glaszwischenraum	4.311	Strom	0,288	4.123	106.306	25,8
Intelligente Kunstlichtregelung	37.035	Strom	0,288	10.656	77.465	7,3
Leuchten in LED in Allgemeinbereichen	10.164	Strom	0,288	3.731	38.931	10,4
Leuchten in LED in Aula und Marktplätzen	7.812	Strom	0,288	2.939	32.200	11,0
<b>Gesamt</b>	<b>593.851</b>			<b>54.348</b>	<b>835.970</b>	<b>15,4</b>
Bei Gas-Brennwert:						
Maßnahme	Energieeinsparung durch die Maßnahme kWh/a	Energieart	Mittlerer zukünftiger Preis der spez. Energieeinheit über 15 Jahre EUR/kWh	Einsparung Energie- und Wartungskosten pro Jahr EUR/a	Kosten der Maßnahme €	Statische Amortisation der Maßnahme in Jahren
Höherwertige Gebäudehülle (Dämmstandard, Wärmebrücken, Gebäude dichtigkeit)	467.891	Wärme Gas	0,116	54.453	497.034	9,1
Lüftungsanlage(n) mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung	59.016	Wärme Gas	0,116	6.868	42.017	6,1
Verringerter Druckverlust der Lüftungsanlagen (900 Pa statt 1.120 Pa)	7.622	Strom	0,288	2.193	42.017	19,2
Tageslichtnutzung / Tageslichtsysteme Mikroraster im Glaszwischenraum	4.311	Strom	0,288	4.123	106.306	25,8
Intelligente Kunstlichtregelung	37.035	Strom	0,288	10.656	77.465	7,3
Leuchten in LED in Allgemeinbereichen	10.164	Strom	0,288	3.731	38.931	10,4
Leuchten in LED in Aula und Marktplätzen	7.812	Strom	0,288	2.939	32.200	11,0
<b>Gesamt</b>	<b>593.851</b>			<b>84.963</b>	<b>835.970</b>	<b>9,8</b>

Abbildung 80 Statische Amortisation einzelner Maßnahmen zur Energieeffizienz ausgehend von einem mittleren zukünftigen Preisniveau

Hier zeigt sich bereits, dass die Annahme eines mittleren zukünftigen Preisniveaus die durchschnittlichen Amortisationszeiten über alle Maßnahmen je nach Energieträger auf 15,4 Jahren bei Holzpellets und 9,8 Jahren bei Gas verkürzt.

Da Energieversorgungsanlagen jedoch häufig Nutzungsdauern von 15 Jahren und länger aufweisen, müssen in einem weiteren Schritt im Rahmen eines dynamischen Verfahrens auch Kapitalkosten berücksichtigt werden. Das wesentliche Merkmal eines solchen dynamischen Verfahrens hierbei ist es, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallenden Zahlungen mit entsprechenden Zins- und Preissteigerungseffekten ab- bzw. aufzudiskontieren.

Hierzu wird die nachfolgend beschriebene Methode des annuitätischen Gewinns (Differenz zwischen annuitätischen Erlösen und annuitätischen Mehrkosten) angewandt; sie ist die einfachste dynamische und sehr transparente Methode.

Energiesparinvestitionen müssen sich stets an den Energiekosten, die ohne diese Maßnahmen angefallen wären, messen, d.h. sie sind immer im Vergleich zu den sonst entstehenden Energiekosten zu sehen. Rentabel ist eine Maßnahme dann, wenn die gewünschte Energiedienstleistung durch sie nicht teurer erbracht wird als durch den alternativen Energiebezug ohne Durchführung der Maßnahme (einschließlich Zins und Tilgung für das eingesetzte Kapital).

Zur Ermittlung der annuitätischen Kosten und Erlöse wurde ein Betrachtungszeitraum von 30 Jahren zu Grunde gelegt. Es wird unterstellt, dass die energiebedingten Mehrkosten zu 100 Prozent mit Fremdkapital finanziert werden (kalkulatorischer Zinssatz 3%; vollständige Tilgung über den Betrachtungszeitraum). Finanzierungen über öffentliche Fördermittel wurden hierfür zunächst nicht berücksichtigt. Die annuitätischen Erlöse setzen sich aus Energieeinsparungen und Einsparungen bei der Wartung zusammen.

Auf dieser Basis zeigen sich folgende Ergebnisse:

Bei Holzpellets:						
Maßnahme	Energieeinsparung durch die Maßnahme kWh/a	Energieart	Mittlerer zukünftiger Preis der spez. Energieeinheit EUR/kWh	Annuitätische Erlöse EUR/a	Annuitätische Kosten EUR/a	Annuitätischer Gewinn EUR/a
Höherwertige Gebäudehülle (Dämmstandard, Wärmebrücken, Gebäudedichtigkeit)	467.891	Wärme (Holzpellets)	0,075	34.874	25.358	9.516
Lüftungsanlage(n) mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung	59.016	Wärme (Holzpellets)	0,075	4.399	2.144	2.255
Verringerter Druckverlust der Lüftungsanlagen (900 Pa statt 1.120 Pa)	7.622	Strom	0,443	3.376	2.144	1.232
Tageslichtnutzung / Tageslichtsysteme Mikroraster im Glaszwischenraum	4.311	Strom	0,443	5.290	5.424	- 134
Intelligente Kunstlichtregelung	37.035	Strom	0,443	16.404	3.952	12.452
Leuchten in LED in Allgemeinbereichen	10.164	Strom	0,443	5.448	1.986	3.462
Leuchten in LED in Aula und Marktplätzen	7.812	Strom	0,443	4.271	1.643	2.629
<b>Gesamt</b>	<b>593.851</b>			<b>74.063</b>	<b>42.651</b>	<b>31.412</b>
Bei Gas-Brennwert:						
Maßnahme	Energieeinsparung durch die Maßnahme kWh/a	Energieart	Mittlerer zukünftiger Preis der spez. Energieeinheit EUR/kWh	Annuitätische Erlöse EUR/a	Annuitätische Kosten EUR/a	Annuitätischer Gewinn EUR/a
Höherwertige Gebäudehülle (Dämmstandard, Wärmebrücken, Gebäudedichtigkeit)	467.891	Wärme Gas	0,198	92.476	25.358	67.118
Lüftungsanlage(n) mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung	59.016	Wärme Gas	0,198	11.664	2.144	9.521
Verringerter Druckverlust der Lüftungsanlagen (900 Pa statt 1.120 Pa)	7.622	Strom	0,443	3.376	2.144	1.232
Tageslichtnutzung / Tageslichtsysteme Mikroraster im Glaszwischenraum	4.311	Strom	0,443	4.792	5.424	- 632
Intelligente Kunstlichtregelung	37.035	Strom	0,443	16.404	3.952	12.452
Leuchten in LED in Allgemeinbereichen	10.164	Strom	0,443	5.309	1.986	3.323
Leuchten in LED in Aula und Marktplätzen	7.812	Strom	0,443	4.152	1.643	2.509
<b>Gesamt</b>	<b>593.851</b>			<b>138.173</b>	<b>42.651</b>	<b>95.523</b>

Abbildung 81 Annuitätischer Gewinn einzelner Maßnahmen zur Energieeffizienz ausgehend von einem mittleren zukünftigen Preisniveau

Es wird deutlich, dass der annuitätische Gewinn im Jahr je nach Energieträger zwischen ca. 31.500 € und 95.500 € liegt und damit diese Maßnahmen bei langfristiger Betrachtung insgesamt als wirtschaftlich bezeichnet werden können.

### 8.3.3.5 Optimierung der Betriebskosten Energie im 1.Jahr

Neben der dargestellten Umsetzung von Maßnahmen zur Energieeffizienz, die zu deutlichen Energieeinsparungen führen, werden die geringsten Betriebskosten für Energie (inkl. Kapitalkosten) in langfristiger Sicht gemäß dem in Anlage 6 dargestellten Systemvergleich der Wärme- und Kälteversorgung bei Variante 1 (2 Pelletskessel, indirekte adiabate Kühlung, Kompressions-Kältemaschine) erzielt.

Erste Berechnungen belegen, dass dadurch und durch Optimierung der Dachflächen zur Nutzung von Solarenergie bei der Gebäudekonstruktion, der Ertrag einer PV-Anlage bei voller Ausnutzung der bereitgestellten Dachfläche von 2.680 m<sup>2</sup> den erforderlichen Ertrag für den Betrieb der Schule um ca. 36 % übersteigt. Die Wirtschaftlichkeit dieser PV-Anlage wird in Anlage 5 gesondert dargestellt.

### 8.3.4 Kosteneffizienz des Plusenergiekonzepts mit offenen Lernlandschaften

Eingangs wurde bereits dargelegt, dass es sich bei den Mehrkosten für das ambitionierte Modellprojekt nicht ausschließlich um rentierliche Kosten handelt, die direkt zu Energieeinsparungen über den Lebenszyklus führen. Daher ist eine direkte Amortisation dieser Mehrkosten ohne weitere Überlegungen nicht möglich.

Vor dem Hintergrund, dass die Auslegung und Konzeption der PV-Anlage den Anforderungen des Modellprojekts geschuldet ist, werden diese Kosten und Erträge bei der nachfolgenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit berücksichtigt.

<b>Wirtschaftlichkeit der Mehrkosten (statische Betrachtung)</b>		
Mehrinvestitionskosten durch energieoptimierte Planung und offene Lernlandschaften netto	1.749.005,28 €	inkl. BNK
Mehrkosten der Photovoltaikanlage netto	913.178,00 €	inkl. BNK
Förderung durch DBU (pauschaler Ansatz)	725.000,00 €	
<b>Kostenbelastung für den LKR Augsburg netto</b>	<b>1.937.183,28 €</b>	ohne PV-Anlage
<b>Annuität Mehrkosten p.a. (Zins und Tilgung)</b>	<b>88.623 €</b>	Zinssatz 3%, Laufzeit 30 Jahre, ohne DBU-Förderung
<b>Annuität PV-Anlage p.a. (Zins und Tilgung)</b>	<b>46.271 €</b>	Zinssatz 3%, Laufzeit 30 Jahre
<b>Betriebskosten PV-Anlage p.a.</b>	<b>5.948 €</b>	Annahme einer Preissteigerung von 2% p.a.
<b>Kostenbelastung pro Jahr gesamt</b>	<b>140.842 €</b>	
<b>Kostenbelastung inkl. Förderung pro Jahr gesamt</b>	<b>104.463 €</b>	
<b>Einsparung durch Energieeffizienz der Planung</b>	<b>6.461 €</b>	
<b>Einsparung durch PV-Anlage</b>	<b>93.629 €</b>	
Einspeisevergütung PV-Anlage im ersten Jahr	56.800 €	
Einsparung Strombezugskosten (Eigenversorgung)	36.829 €	
<b>Kostenvorteil pro Jahr gesamt</b>	<b>100.089 €</b>	
<b>Überschuss im 1. Jahr</b>	<b>- 40.753 €</b>	Defizit im 1. Jahr
<b>Überschuss einschl. DBU-Förderung im 1. Jahr</b>	<b>- 4.374 €</b>	Defizit im 1. Jahr

Abbildung 82 Statische Betrachtung der Wirtschaftlichkeit der Mehrkosten

Bei einer rein statischen Betrachtung der Energieeinsparung zur Bedienung des erforderlichen Kapitaldienstes (ohne den Ansatz einer DBU-Förderung) ergibt sich ein Defizit von ca.

41.000 € im ersten Jahr. Bezieht man die DBU-Förderung mit ein, reduziert sich das Defizit auf ca. 4.400 € im ersten Jahr.

Wendet man auch hier die dynamische Methode des annuitätischen Gewinns an (Berechnungsgrundlagen wie oben) so zeigt sich, dass sich durch Annahme eines mittleren zukünftigen Preisniveaus auch ohne DBU-Förderung die Maßnahmen wirtschaftlich darstellen lassen, d.h. der annuitätische Gewinn liegt gerade bei 0. Unter Einbezug der DBU-Förderung steigt der annuitätische Gewinn auf ca. 36.500 € p.a.

<b>Wirtschaftlichkeit der Mehrkosten (dynamische Betrachtung)</b>		
Mehrinvestitionskosten durch energieoptimierte Planung und offene Lernlandschaften netto	1.749.005,28 €	inkl. BNK
Mehrkosten der Photovoltaikanlage netto	913.178,00 €	inkl. BNK
Förderung durch DBU (pauschaler Ansatz)	725.000,00 €	
<b>Kostenbelastung für den LKR Augsburg netto</b>	<b>1.937.183,28 €</b>	
<b>Annuität Mehrkosten p.a. (Zins und Tilgung)</b>	<b>88.623 €</b>	Zinssatz 3%, Laufzeit 30 Jahre, ohne DBU-Förderung
<b>Annuität PV-Anlage p.a. (Zins und Tilgung)</b>	<b>46.271 €</b>	Zinssatz 3%, Laufzeit 30 Jahre
<b>mittlere zukünftige Betriebskosten PV-Anlage p.a.</b>	<b>8.044 €</b>	Annahme einer Preissteigerung von 2% p.a.
<b>Annuitätische Kosten pro Jahr gesamt</b>	<b>142.937 €</b>	ohne DBU-Förderung
<b>Annuitätische Kosten inkl. Förderung pro Jahr gesamt</b>	<b>106.559 €</b>	
<b>Annuitätische Erlöse durch Energieeffizienz der Planung</b>	<b>12.046 €</b>	Annahme einer Energiepreissteigerung von 3% p.a. für Holzpellets; 5% p.a. für Strom; 2% p.a. für Wartung
<b>Annuitätischer Erlös der PV-Anlage</b>	<b>130.947 €</b>	
Einspeisevergütung PV-Anlage	56.800 €	
Einsparung Strombezugskosten (Eigenversorgung)	74.148 €	Annahme einer Energiepreissteigerung von 5% p.a. für Strom
<b>Annuitätische Erlöse pro Jahr gesamt</b>	<b>142.994 €</b>	
<b>Annuitätischer Gewinn p.a.</b>	<b>56 €</b>	
<b>Annuitätischer Gewinn einschl. DBU-Förderung p.a.</b>	<b>36.435 €</b>	

Abbildung 83 Annuitätischer Gewinn der Mehrkosten ausgehend von einem mittleren zukünftigen Preisniveau

Es wird deutlich, dass sich nur die Mehrkosten für die Variante C „Plusenergieschule mit offenen Lernlandschaften“ aufgrund des vergleichsweise hohen Anteils von nicht rentierlichen Mehrkosten für die pädagogische Architektur ohne Ansatz einer Förderung zunächst nicht wirtschaftlich darstellen lassen.

### 8.3.5 Ergebnis

In der Gesamtwertung hat der in Kapitel 8.3.2.4 dargestellte Vergleich der Lebenszykluskosten der betrachteten Alternativen für das Gymnasium Diedorf ein anderes Ergebnis gezeigt. Hierbei handelt es sich um einen reinen Alternativenvergleich, um die Vorteilhaftigkeit von Varianten aufzeigen zu können. Konkrete Kosten für die Haushaltsplanung lassen sich hieraus noch nicht ableiten.

Die ganzheitliche Lebenszyklusbetrachtung der drei Varianten weist derzeit bei nominaler Betrachtung einen geringen Vorteil zugunsten der Variante Plusenergieschule mit offenem Lernkonzept auf. Dieser Vorteil liegt bei statischer Betrachtung bei ca. 10.000 € im ersten

Jahr. Bei einer dynamisierten Berechnung mit einer Steigerung der Baupreise und Energiekosten, steigt der Vorteil über den Betrachtungszeitraum auf ca. 1 Mio. € an.

Durch den geringfügigen Nachteil beim Barwert von ca. 2,2% für Variante C gegenüber der Variante B „Passivhausschule“ lässt sich im Hinblick auf den betrachteten Zeitraum von 50 Jahren keine Schlechterstellung des ambitionierten Modellprojekts erkennen. Im Gegenteil, die hier nicht abgebildete zusätzlichen qualitativen Vorteile sprechen weiter für die Variante des nachhaltigen Plusenergiekonzepts mit offenen Lernlandschaften.

Hierbei ist weiterhin zu beachten, dass einige Punkte aufgrund noch fehlender Detaillierungen bei der Gebäudemodellierung noch nicht berücksichtigt sind. Diese Punkte werden voraussichtlich weitere monetäre Vorteile zu Gunsten der Variante Plusenergieschule mit offenem Lernkonzept ggü. der Passivhausschule bedingen. Ein wesentlicher Punkt ist die vollständige Adaptierung der letztverbindlichen Planung in die Gebäudemodellierung und die Rückkopplung der Ergebnisse der Gebäudemodellierung für die Kostenschätzung und die Wirtschaftlichkeit. Diese Adaptierung und Rückkopplung ist bislang nur in Teilen befriedigend erfolgt und muss im Zuge der weiteren Fortschreibung der Planung konsequent umgesetzt werden.

Als Beispiel für die noch fehlende Detaillierung für die Lebenszyklusanalyse und abschließende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden einige Aspekte des Energiekonzepts herausgegriffen.

Wie bereits dargestellt, sind die Ergebnisse der Energiebilanzen noch nicht abschließend, da sich die Planung in Teilen noch in der Entwicklung befindet und noch nicht sämtliche energierelevante Details eingeflossen sind. So fließen u.a. auch nutzerinduzierte Energieverbräuche in die Energiebilanzierung der Plusenergieschule mit ein. Dies bedingt eine intensivere Auseinandersetzung und auch Optimierung dieser Verbräuche, die ansonsten auch bei Passivhausschulen (da sie hier nicht bilanziert werden) in der Regel kaum beachtet und somit auch nicht optimiert werden. Derzeit wurde weder eine Optimierung durch die Entwicklung energieeffizienter Lösungen berücksichtigt noch sind Unterschiede im Energieverbrauch bei den Varianten angesetzt.

Im Zuge einer Sensitivitätsprüfung müssen auch die Auswirkungen der unterschiedlichen Energieträger bei den Varianten auf die zukünftigen Energiekosten in die Lebenszykluskostenbetrachtung einfließen. Diese Auswirkungen wurden in Kapitel 8.3.3.4 bereits aufgezeigt, sind derzeit allerdings noch nicht in die Lebenszyklusanalyse eingeflossen.

Die Größe der PV-Anlage wurde im Hinblick auf die Erreichung des Plusenergiestandards konzipiert. In der Regel werden Dachflächen dieser Größe, die für eine PV-Anlage nutzbar sind, üblicherweise auch für eine Passivhausschule nicht geschaffen. Dies liegt vor allem daran, dass die bei Variante C entstandenen vier Baukörper für die Umsetzung der offenen Lernlandschaften in Verbindung mit dem Plusenergiekonzept konzipiert wurden und auch die für Solarenergie nutzbaren Dachflächen vor diesem Hintergrund optimiert wurden. Diese Flächen für PV-Anlagen werden bei einer kompakteren Passivhausschule, die kein offenes Lernkonzept umsetzt, nicht erreicht werden.

Darüber hinaus werden die Rahmenbedingungen für die Lebenszykluskosten weiter angepasst. Dazu gehören u.a. der Einbezug der Risikokosten, die Anpassung des Zinsniveaus und die Einbeziehung der FAG-Förderung, um für den Bauherrn neben einer Entscheidungshilfe auch eine Prognose der langfristigen Folgekosten für die Haushaltsplanung zu erhalten.

Die nicht nur in energetischer und ökologischer Sicht ambitionierte Schule schafft insbesondere durch das offene Lernkonzept und einen höheren Komfort zusätzliche qualitative Vorteile gegenüber den anderen beiden Varianten. Da nicht jedes dieser Potentiale in Euro-Beträgen dargestellt werden kann, wird abschließend eine Scoring-Tabelle aufgestellt werden, die eine Gegenüberstellung und Bewertung der Handlungsalternativen anhand von qualitativen und wirtschaftlichen Kriterien erlaubt.

Hierfür müssen im weiteren Projektverlauf mit allen Projektbeteiligten eindeutige qualitative Kriterien entwickelt und im Hinblick auf die Beurteilung der Variantenuntereinander nachvollziehbar und transparent gewichtet und bewertet werden.

## 9. Einbindung Nutzer und Öffentlichkeit

### 9.1 Einbindung der Nutzer

Aus Sicht der Schulgemeinschaft sind die Ideen und Wünsche der Nutzer in geradezu optimaler Weise in den bisherigen Planungsprozess eingeflossen:

Am Anfang stand die Erarbeitung eines Raumkonzepts durch die Schulgemeinschaft, in das Ideen von Schülern, Eltern und Lehrkräften eingeflossen sind.

Bei vergleichbaren Projekten ist folgendes Vorgehen üblich:

- Ausschreibung eines Architekten-Wettbewerbs durch den Schulaufwandsträger
- Wettbewerbsbeiträge werden eingereicht
- Begutachtung der Beiträge durch eine Jury, in der die Schule mit einer von ca. 10 Stimmen vertreten ist.
- In Kolloquien wird über Änderungswünsche beraten. Diese werden an alle Wettbewerber anonym weitergereicht.
- Ermittlung des Siegerentwurfs durch die Jury

Dieses Standard-Verfahren hat gegenüber dem hier dargestellten Planungsprozess den gravierenden Nachteil, dass Nutzer und Architekten nicht in direkten Kontakt treten können. Da beide in der Regel mit einem grundsätzlich unterschiedlichen Fach-Vokabular agieren, ist eine Verständigung über anonymisierte Schriftsätze nur sehr schwer möglich.

Dagegen lief der integrale Planungsprozess für das Gymnasium Diedorf in folgenden Schritten ab:

- Entwicklung eines pädagogischen Konzepts durch die Schule
- Dabei Inspiration durch Besichtigung anderer Schulen in Zusammenarbeit mit den politischen Entscheidungsträgern (Landrat und Kreistag des Landkreises Augsburg)
- Ableitung eines Raumkonzepts durch die Schulgemeinschaft unter Berücksichtigung der Wünsche der Lehrkräfte, der Schülerinnen und Schüler und der Eltern.

Durch die Beratung durch das Büro Lernlandschaft während dieses Prozesses war gewährleistet, dass im Raumkonzept nicht nur pädagogisch sinnvolle Wünsche formuliert wurden, sondern bereits grundlegende architektonische (z. B. Brandschutzvorgaben, Raumanordnung nach anderen Vorbildschulen) und wirtschaftliche Rahmenbedingungen (z. B. Richtlinien für die Förderfähigkeit des Baus durch den Freistaat Bayern nach dem Finanzausgleichsgesetz) beachtet wurden.

- Berufung eines Planerteams durch den Schulaufwandsträger
- Noch vor dem ersten Entwurf durch die Architektengemeinschaft Kaufmann/Nagler fand eine halbtägige und eine ganztägige Sitzung des Planerteams mit Vertretern der Schule und des Büros Lernlandschaft statt. Hier konnten die Wünsche der Schulgemeinschaft mit den ersten Planungsideen bzgl. der Kubatur und des Energiekonzepts abgeglichen werden. Durch intensives Nachfragen der Architekten wurde sichergestellt, dass sie die Ideen der Schulgemeinschaft verstanden hatten und festgestellt, welche Wünsche für das pädagogische Konzept zentral sind und welche eher zweitrangig waren.
- Im Verlauf des weiteren Planungsprozesses fanden immer wieder gemeinsame Sitzungen statt, entweder mit einzelnen Planern oder in großer Runde.
- Zwischen den Sitzungen wurden wesentliche Planveränderungen per E-Mail an die Schule geschickt, so dass die Schule fachbezogen (z. B. Sportanlagen, naturwissenschaftlicher Bereich, Musikräume, Verwaltungsräume, Technik ...) immer wieder Rückmeldung geben konnte bzw. auch noch neue Ideen einbringen konnte.
- Parallel dazu konnten mit der Regierung von Schwaben als Vertreter des Freistaats Bayern und den Ausschüssen des Kreistages des Landkreises Augsburg die jeweiligen Planstände erörtert werden, um die endgültige Finanzierung des Projekts zu sichern.

Die Einbeziehung der Nutzer in den Planungsprozess in direkter und schneller Kommunikation mit den Architekten, ist geradezu vorbildlich und gibt Anlass zur Hoffnung, dass das Gebäude bis in weite Details hinein (z. B. Standort der Tafeln in den Klassenzimmern, Netzanschlüsse, Steckdosen, Ausstattung der Sprechzimmer ...) den Wünschen der täglich Betroffenen entspricht und damit die tägliche Nutzung optimal ermöglicht.

## 9.2 Öffentlichkeitsarbeit

Die Gremien des Kreistages konnten sich bisher zweimal mit den Planungsständen umfassend befassen. Der Respekt vor diesen demokratisch gewählten Entscheidungsträgern gebot vor diesen beiden Terminen einen zurückhaltenden Umgang mit den Planungs-Zwischenständen in der Öffentlichkeit. Daher wurden diese vorläufigen Planungen nicht allen schulischen Gremien bzw. der örtlichen Presse vorgestellt.

Um dennoch die wesentlichen Nutzergruppen einzubeziehen, ging die Schule hier einen anderen Weg: Nachdem ein erster gesicherter Zwischenstand der Planung erreicht war, wurde dieser durch den Schulleiter jeweils in „kleinen Runden“ den Klassenelternsprechern und den Schülern in den Klassen vorgestellt und auf Nachfragen erläutert – jeweils mit dem Hinweis auf die Vorläufigkeit der Planung und verbunden mit der Bitte, diese nicht an die breite Öffentlichkeit weiterzugeben. Die Lehrkräfte, die Verwaltungsangestellte und der Hausmeister waren ohnehin im Rahmen des integralen Planungsprozesses (vgl.9.1) in die laufende Planung einbezogen.

Erst als der Bau- und Umweltausschuss am 27.09.2012 zustimmend von den endgültigen Planungen Kenntnis genommen hatte, wurden die wesentlichen Bestandteile (Grundriss,

Kubatur, Jahrgangsstufenbereiche, Grundriss einer offenen Lernlandschaft) noch am gleichen Abend in einer ohnehin stattfindenden Versammlung aller Eltern der Schule (zur Wahl des Elternbeirats) vorgestellt.

An diesem Abend wurden die Eltern auch durch das Fachreferat „Offene Lernlandschaften aus lernpsychologischer Sicht“ (StD Bernhard Kamm von der Schulberatungsstelle Schwaben) über die theoretischen Hintergründe des Raumkonzeptes informiert.

Im Laufe des kommenden Halbjahres werden die (erst jetzt konstituierten) offiziellen Gremien der Schule (Schülermitverwaltung, Personalrat, Elternbeirat, Schulforum) über die Pläne informiert. Außerdem soll ein gemeinsamer öffentlicher Termin stattfinden, über den dann auch die örtliche Presse berichtet, so dass die breite Öffentlichkeit davon Kenntnis nehmen kann.

Über den Fortgang der Planungen und den Bauprozess wird die Öffentlichkeit fortlaufend über die Homepage des Gymnasiums unterrichtet.

### 9.3 Vorbereitung der Nutzer auf das Schulgebäude

Für die nächsten zwei Jahre werden mehrere fachspezifische und fächerübergreifende Veranstaltungen für die Lehrkräfte geplant. Besuche bei Schulen, in denen bereits in offenen Lernlandschaften gearbeitet wird, sind vorgesehen. Damit kann ein kollegialer Austausch über Chancen und alltägliche Schwierigkeiten im Umgang mit dem Konzept stattfinden.

Gleichzeitig wurden bereits verpflichtend in jeder Jahrgangsstufe in allen Kernfächern Lehrerteams gebildet, die gemeinsame Prüfungsaufgaben entwerfen und gemeinsam an ihrer Unterrichtskultur arbeiten.

Soweit dies in der derzeitigen Architektur der Containerlandschaft möglich ist, versucht die Lehrerschaft bereits jetzt offene Unterrichtsformen einzusetzen, um so auch die Schüler schrittweise auf das Jahr 2015/16 vorzubereiten.



**Gymnasium in Diedorf**  
Außenstelle des  
Paul-Klee-Gymnasiums Gersthofen  
[www.gymnasium-diedorf.de](http://www.gymnasium-diedorf.de)



LernLandSchaft Karin Doberer Röthhof 1 91740 Röckingen

---

# **Der Neubau des Gymnasiums in Diedorf – eine einzigartige Chance für moderne gymnasiale Bildung im Landkreis Augsburg**

## **Raumkonzept der Schulfamilie**

entwickelt mit  
Lehrkräften und Elternvertretern  
im Oktober und November 2011

---

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundlegende Zielsetzungen des Gymnasiums</b>	<b>S.</b>	<b>3</b>
1.1	Forderungen des Lehrplans	S.	3
1.2	Weitere Zielsetzungen beim Neubau	S.	5
<b>2</b>	<b>Grundlegende Anforderungen an den Neubau</b>	<b>S.</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Raumbedarf</b>	<b>S.</b>	<b>6</b>
3.1	Jahgangsbereiche 5 – 12	S.	6
3.1.1	Erschließung der Räume	S.	7
3.1.2	Grundstruktur eines Jahgangsbereichs	S.	7
3.1.3	Anforderungen an die Klassenräume	S.	8
3.1.4	Anforderungen an den Lehrerteamraum	S.	9
3.1.5	Anforderungen an den Marktplatz	S.	10
3.1.6	Anforderungen an den Funktionsraum/-ecke	S.	11
3.1.7	Anforderungen an die Transparenz	S.	11
3.1.8	Allgemeine Anforderungen an die Akustik	S.	13
3.1.9	Raumbedarf für die Jahgangsstufen 5 und 6	S.	13
3.1.10	Raumbedarf für die Jahgangsstufen 7 – 10	S.	14
3.1.11	Raumbedarf für die Jahgangsstufen 11 und 12	S.	14
3.1.12	Gesamter Raumbedarf für alle Jahgangsstufenbereiche	S.	15
3.2	Naturwissenschaftliche Fach- und Vorbereitungsräume	S.	15
3.2.1	Gemeinsamer Marktplatz	S.	15
3.2.2	Raumbedarf für Physik	S.	16
3.2.3	Raumbedarf für Biologie und Natur und Technik (NuT)	S.	17
3.2.4	Raumbedarf für Chemie	S.	18
3.2.5	Naturwissenschaftliche Sammlung	S.	18
3.3	Werkstatt für Kunst und Naturwissenschaften	S.	19
3.4	Raumbedarf für den Kunstbereich	S.	19
3.5	Sportbereich mit Außenanlagen	S.	20
3.6	Pausenhalle und Musikbereich	S.	22
3.6.1	Pausenhalle	S.	22
3.6.2	Mehrzweckraum/Bühne	S.	22
3.6.3	Musiksäle	S.	23
3.7	Verwaltungsbereich und Archiv	S.	26
3.7.1	Sekretariat, Direktorat, Sprechzimmer u. a.	S.	26
3.7.2	Lehrerbereich	S.	27
3.8	Schulbibliothek/Mediathek	S.	29
3.9	Mensaküche mit Essbereich	S.	29
3.10	Gruppen einer offenen bzw. geb: Ganztagschule	S.	30
3.11	Pausenhof	S.	30
3.12	Hausmeister- und Raumpflegeräume	S.	31
3.13	Stauräume	S.	31
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>S.</b>	<b>32</b>

---

# Der Neubau des Gymnasiums in Diedorf – eine einzigartige Chance für moderne gymnasiale Bildung im Landkreis Augsburg

Der Neubau des Gymnasiums in Diedorf bietet allen Beteiligten die einzigartige Chance, Bedingungen zu schaffen, mit denen sich moderne Ansprüche an gymnasiale Bildung leichter verwirklichen lassen. Eine besondere Bedeutung kommt hier insbesondere der außen- und innenarchitektonischen Gestaltung des Baus und der Räume zu.

Alle Beteiligten (Lehrkräfte, Erziehungsberechtigte, Schulleitung, Sachaufwandsträger, Architekten) sind dabei den Bildungszielen der Bayerischen Verfassung und des Bayerischen Erziehungs- und Unterrichtsgesetzes verpflichtet, die im Lehrplan für das Gymnasium in Bayern konkretisiert werden. Auf dieser Grundlage haben die Lehrkräfte, die künftig am Gymnasium Diedorf unterrichten und Schulleben gestalten wollen, ein modernes pädagogisches Konzept entwickelt.

Ermutigt durch die Initiative der Kreisräte des Schul- und Kulturausschusses des Kreistages und der Schul- und Bauverwaltung des Landkreises Augsburg wurde in drei Workshops mit Elternvertretern unter der Leitung von Frau Karin Doberer (LernLandSchaft) das vorliegende Raumkonzept entworfen. Hier sind die Ideen und Wünsche der Schulgemeinschaft für den Neubau zusammengefasst. Darüber hinaus haben einige Schüler des Gymnasiums in Diedorf (derzeit in den Jahrgangsstufen 5 und 6) ihre Wünsche für den Neubau eingebracht.

## 1 Grundlegende Zielsetzungen des Gymnasiums

Bei der Planung des Neubaus müssen verschiedene Zielsetzungen beachtet werden. An erster Stelle stehen dabei die pädagogischen Zielsetzungen, wie sie im Lehrplan für das Gymnasium in Bayern formuliert sind.

Das herkömmliche Konzept für Schulgebäude folgt dem Muster: „*Flure sind zum Gehen da, Klassenräume zum Unterrichten, auf Schulhöfen wird getobt und in Lehrerzimmern konferiert.*“ Dabei sind Klassen-, Gruppen- und Fachräume i. d. R. noch auf die Methode der frontalen Instruktion ausgerichtet. Häufiger Methodenwechsel, wie er für erfolgreiches Lehren und Lernen dringend erforderlich ist, wird durch diese Gestaltung erschwert, wenn nicht fast unmöglich gemacht.

### 1.1 Forderungen des Lehrplans

Lehrpläne stellen inzwischen grundlegend andere Anforderungen an Unterricht.

So fordert der aktuelle **Lehrplan für das Gymnasium in Bayern** aus dem Jahr 2009:

*Gymnasiale Bildung geht von einem Bildungsverständnis aus,*

*„das über bloße Wissensvermittlung hinausreicht und im Sinne der **Persönlichkeitsbildung** den ganzen Menschen im Blick hat.“ (Quelle: Lehrplan für das Gymnasium in Bayern, S. 7)*

*Schüler des Gymnasiums „müssen die Bereitschaft mitbringen,*

*sich ausdauernd und unter verschiedenen Blickwinkeln mit Denk- und Gestaltungsaufgaben auseinanderzusetzen und dabei zunehmend die Fähigkeit zu Abstraktion und flexiblem Denken, zu **eigenständiger Problemlösung** und zur **zielgerichteten Zusammenarbeit in der Gruppe** entwickeln.“ (S. 8)*

„Die Lehrkräfte gestalten ...

die Lernsituationen **methodisch vielfältig** ... Sie fördern damit die **Lernmotivation der Schüler** und helfen ihnen, sich **Wissen zunehmend eigenständig zu erschließen** und damit verbundene Fertigkeiten nachhaltig anzueignen.“ (S. 8f.)

„Die Schüler

erhalten im Unterricht immer wieder die **Möglichkeit, die Effizienz ihres individuellen und gruppenorientierten Lernverhaltens zu erfahren sowie kritisch zu überprüfen**. Bei der Aneignung erfolgreicher Lernstrategien werden sie von den Lehrkräften beraten und unterstützt.“ (S. 9)

„Schüler des Gymnasiums sollen

über ein nachhaltiges Grundwissen verfügen sowie **Methoden und Strategien des eigenständigen Wissenserwerbs** anwenden können.“ (S. 9)

„Schüler lernen erfolgreicher, wenn sie

**an der Gestaltung des Unterrichts mitwirken** können und dabei erleben, dass sie als eigenständige Persönlichkeiten mit differenzierten und für die gemeinsame Arbeit wertvollen Leistungspotentialen ernst genommen werden. Diese Potentiale müssen von den Lehrenden erkannt und gezielt gefördert werden. Die Lehrpläne bieten hierzu zahlreiche Gelegenheiten. **Schülerbeteiligung** bewirkt nicht nur mehr Interesse am Unterricht und am Schulleben, sondern sie vermittelt auch Gemeinschaftsgeist und gegenseitige Rücksichtnahme in der Klasse.“ (S. 9)

„Durch **soziale Lernformen**,

z. B. die Gruppen- oder Projektarbeit, lernen die Jugendlichen die **Bedingungen und Vorzüge von Teamarbeit** kennen; die Fähigkeit dazu ist heute in Studium und Beruf unerlässlich. Die Schüler erkennen, dass die zielgerichtete **Zusammenarbeit in der Gruppe** Selbständigkeit, Eigeninitiative und die Fähigkeit voraussetzt, sich mit den Vorstellungen anderer auseinanderzusetzen.“ (S. 9)

„Schüler sollen sich ...

mit fächerübergreifenden Themen auseinandersetzen. ... Deren Umsetzung erfordert **Kooperationsbereitschaft und organisierte Zusammenarbeit der Lehrkräfte** sowie präzise Absprachen innerhalb der Schulen... Von großer Bedeutung ist, dass die Schulen im Hinblick auf methodische Fertigkeiten ... Konzepte ... entwerfen und umsetzen. Zu nennen sind insbesondere die Arbeitsfelder **„Recherche, Analyse und Aufbereitung von Informationen“**, **„Einsatz moderner Medien und Informationstechnologien“** sowie **Präsentation und Dokumentation**.“ (S. 9f.)

„Unerlässlich für die Schüler des Gymnasiums

ist der Erwerb überfachlicher Kompetenzen. Zu diesen zählen vor allem **Selbstkompetenz** (z. B. Leistungsbereitschaft, ... Zeiteinteilung, Selbstvertrauen), **Sozialkompetenz** (z. B. Kommunikationsfähigkeit, Teamfähigkeit, Konfliktfähigkeit ...), **Sachkompetenz** (z. B. Wissen ...) und **Methodenkompetenz** (z. B. Informationsbeschaffung, Präsentationstechniken ...).“ (S. 10)

(Einrückungen und Hervorhebungen durch die Autoren)

---

Das **pädagogische Grundkonzept** des Gymnasiums in Diedorf ist diesen Forderungen verpflichtet. Das Lehrerkollegium und die Elternvertreter haben sich nach reiflicher Abwägung des „Für und Wider“ bereits von Traditionellem und Bekanntem gelöst. Zur bestmöglichen Verwirklichung dieses Konzeptes sind nun der Landkreis Augsburg als Bauherr und vor allem die von ihm zu beauftragenden Architekten gefordert, ein **entsprechendes, neuartiges Raumkonzept** zu kreieren.

### Neues Lernen erfordert neue Räume

Neue Unterrichtskulturen und ein veränderter Schulalltag benötigen andere Schulen - keine Gebäude, deren Räume nur einen einzigen Zweck erfüllen, sondern flexibel nutzbare Schulbauten, die mit multioptionalen Räumen eine Vielzahl verschiedener Aktivitäten ermöglichen.

Gefragt sind „**Ermöglichungsräume**“, in denen es Lernenden und Lehrenden leicht fällt, alleine oder in der Gruppe zu arbeiten, den Unterricht vor- und nachzubereiten, Erarbeitetes zu präsentieren, sich auszuruhen oder auszutoben und in der Schulgemeinschaft über gemeinsame Anliegen zu beraten und zu entscheiden.

Das erfordert von allen am Bau- und Planungsprozess Beteiligten in einigen Entscheidungen großen Mut und Konsequenz in der Umsetzung. Vor allem aber stellt dieses Konzept die Lehrkräfte vor völlig neue Herausforderungen, denen wir uns zum Wohle der Kinder gerne stellen. Wir, haben auch die Hoffnung, dass die Berufszufriedenheit der Lehrkräfte mit diesem Konzept deutlich zunehmen wird.

### 1.2 Weitere Zielsetzungen beim Neubau

Die Überlegungen und Entscheidungen hinsichtlich eines optimalen Energiekonzepts werden ganz maßgeblich die Kubatur des Gebäudes bzw. der Gebäude (mit)bestimmen. Dabei wird man sich gleichermaßen an aktuellen wie auch an zukünftigen Energiefragen orientieren und sich sowohl ökologisch als auch ökonomisch am Optimum ausrichten müssen.

Der eigentliche Zweck des Gebäudes ist aber die Verwirklichung der oben beschriebenen **pädagogischen Zielsetzungen**. Ökologische und ökonomische Optimierungsmaßnahmen müssen daher immer an diesen Zielsetzungen gemessen werden.

Gebäudearchitektur im Sinne nachhaltiger Entwicklung (NE) unterstützt das pädagogische Ziel, die Schüler zur umweltbewussten, verantwortungsvollen Teilnahme an der Gesellschaft zu befähigen. Über eine energiesparende Bauweise hinaus soll eine Lernumgebung im Einklang mit natürlichen Umweltfaktoren wie Licht und Materialien geschaffen werden.

Wachsende pädagogische und gesellschaftliche Anforderungen, die an die Schule heute und in Zukunft gestellt werden (z. B. verstärkte Erziehungs- und Betreuungsaufgaben), erfordern zudem eine mit Weitblick und Offenheit für mögliche pädagogische Erfordernisse gestaltete Schule der Zukunft und daher auch eine Architektur, die mittel- und langfristige Veränderungen zulässt.

## 2 Grundlegende Anforderungen an den Neubau

Das Gymnasium in Diedorf soll ein Ort sein, an dem man Erfolge feiern und Niederlagen - auch die gehören zum Schulalltag - konstruktiv verarbeiten kann. Die Schule soll Wohlfühlen ermöglichen. Alle Mitglieder der Schulfamilie (Schüler, Lehrer, Verwaltungspersonal, aber auch Eltern und Gäste) verbringen viel Zeit in diesem Gebäude. Die Schule stellt daher für viele Menschen und über einen großen Zeitraum hinweg **Lebensraum** dar.

---

Daher soll im Schulhaus die Natur „integriert“ werden (Raum für Pflanzen, Blick ins Freie, Aufenthaltsflächen und „Räume“ in der freien Natur usw.). Die Räume sollten so angeordnet werden, dass in allen Bereichen, in denen sich Menschen längere Zeit aufhalten, möglichst viel Tageslicht einfallen kann. Räume, die dies eher weniger benötigen, sind Sanitär- und Lagerräume.

Die Lärmschutzanforderungen für den Bau an der Bahnlinie Augsburg - Ulm müssen zwingend beachtet werden. Eventuell bieten sich zusätzlich Kletterpflanzen zur Fassadengestaltung an.

In allen unterrichtlich genutzten Räumen und in allen Arbeitsräumen (Hausmeister, Lehrerzimmer, Verwaltung, etc.) sind genügend Internet- und Stromanschlüsse vorzusehen.

Schon aus Gründen der Inklusion, aber auch für die Anlieferung von großen Gegenständen (Europaletten) sind ein bis zwei Aufzüge vorzusehen.

Möglichst alle Innenwände sollten als Ausstellungsflächen (Vitrinen, Schautafeln etc.) gestaltet werden können.

### 3 Raumbedarf

Es besteht Raumbedarf für:

1. Jahrgangsbereiche für die Jgst. 5 – 10 und den Oberstufenbereich (Jgst. 11/12)
2. Naturwissenschaftliche Fachräume und Vorbereitungsräume
3. Gemeinsame Werkstatt für Kunst und Naturwissenschaften
4. Fach- und Vorbereitungsräume für Kunst
5. Sporthalle mit Außenbereich
6. Pausenhalle und Musikräume
7. Verwaltungsbereich und Archiv
8. Schulbibliothek/Mediathek
9. Mensaküche mit Essbereich
10. Räume für Gruppen der offenen bzw. gebundenen Ganztagschule
11. Pausenhof
12. Hausmeister- und Raumpflegeräume
13. Stauräume

Um auch ökonomischen Zielsetzungen gerecht zu werden, soll eine möglichst optimale Raumnutzung innerhalb des Schulgebäudes möglich werden. Reine Erschließungsflächen (Flure, Treppenhäuser) sollen - soweit möglich - zugunsten der eigentlichen Nutzflächen (Klassen-, Gruppen-, Fach- und Lehrerräume) verkleinert werden.

#### 3.1 Jahrgangsbereiche 5 - 12

Für jede Jahrgangsstufe von 5 - 10 muss Raum geschaffen werden für:

- vier bis fünf Klassen (genauer s. u.),
- einen Lehrerteamraum,
- Funktionsraum/-ecke (für gemeinsamen Drucker, Schneidemaschine, Verbrauchsmaterial usw.),
- einen „Marktplatz“,
- eigene Toilettenanlagen (eine von allen Lernlandschaften zugängliche Behinderten-toiletten, zentral gelegen) und
- eigene Garderoben.

Die damit verbundene Eigenverantwortlichkeit der Schüler für ihren Bereich (inkl. Toiletten) verringert Verunreinigungen und Vandalismus und senkt direkt die Reinigungs- und Renovierungskosten.

Die gemeinsamen Anforderungen an alle Jahrgangsstufenbereiche werden nachfolgend beschrieben. Anschließend wird versucht, den Raumbedarf für die einzelnen Jahrgangsstufen abzuschätzen.

### 3.1.1 Erschließung der Räume

In herkömmlichen Schulbauten ist es üblich, die Stockwerke und Klassenzimmer über ein oder mehrere Treppenhäuser zu erschließen. Der zweite Fluchtweg wird häufig über einen umlaufenden Fluchtbalkon gewährleistet, der mit ein oder zwei Außentritten zugänglich ist.

Damit jeder Jahrgangsstufenbereich möglichst seinen eigenen Zugang erhält, ließe sich dieses Konzept umkehren:

Die Jahrgangsstufenbereiche werden jeweils über einen eigenen Zugang von außen erschlossen. Der zweite Fluchtweg kann auch nach innen gehen. Es wäre denkbar, als Abgang in die Pausenhalle ein oder zwei Rutschen (nach dem Vorbild der TU München im Gebäude in Garching, natürlich deutlich kleiner) anzubringen. Dies wäre nicht nur ein schneller Fluchtweg, sondern auch einem Gebäude angemessen, das hauptsächlich Kindern als Lebens- und Lernraum dient.



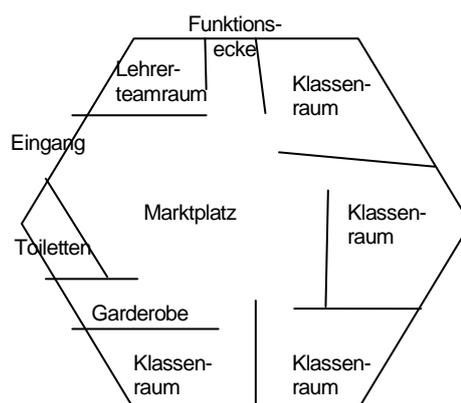
Parabelrutsche in der Magistrale des Fakultätsgebäudes für Mathematik-Informatik der TU München in Garching

### 3.1.2 Grundstruktur eines Jahrgangsbereichs

Ein Jahrgangsbereich ist nicht nur als Lernraum, sondern als Lebensraum der jeweiligen Schüler und Lehrkräfte zu gestalten. Es sollen daher abgeschlossene Einheiten mit direkter Erschließung geschaffen werden. Jeder Jahrgangsstufenbereich muss einen eigenen Eingang (und zweiten Fluchtweg) haben und darf nicht für die Erschließung von Räumen genutzt werden, die auch Schüler anderer Jahrgangsstufen besuchen müssen oder können. Der oftmals vor Klassenzimmern anzutreffende „Bahnhofscharakter“ ist **zwingend zu vermeiden!** Nur so kann Identifikation und Verantwortlichkeit für die Nutzung und Pflege der Räume entstehen.

In einem Jahrgangsbereich müssen sowohl **Intimität** als auch **Transparenz** geschaffen werden, um **Individualität** und **Teamgeist** gleichermaßen Raum zu geben. Eine Pädagogik, die Selbstständigkeit und Selbstorganisation von Lernenden fordert und ermöglichen will, geht andere Wege als lehrerzentrierter Unterricht. In selbstorganisierten Lernprozessen wirken und entscheiden Kinder und Jugendliche maßgeblich mit. Die Lehrkräfte übernehmen eine begleitende, partnerschaftliche Rolle für ihre Schülerinnen und Schüler.

Skizze eines Jahrgangsbereichs mit vier Klassenzimmern  
(Anordnung der Räume auch in anderer Weise möglich, insgesamt ca. 470 m<sup>2</sup>):



Die Klassenräume (je ca. 60 m<sup>2</sup> - 66 m<sup>2</sup>) werden um eine Mitte, den sog. „Marktplatz“ (ca. 140 m<sup>2</sup> - 160 m<sup>2</sup>), angeordnet. Transparenz zur Mitte hin ist zwingend erforderlich (z. B. durch Glaselemente in den Trennwänden). Vom Lehrerteamraum (20 m<sup>2</sup> - 24 m<sup>2</sup>) ist eine Sichtverbindung sowohl zum Marktplatz als auch zu allen Klassenräumen erforderlich.

### 3.1.3 Anforderungen an die Klassenräume

Die Klassenräume müssen für folgende Einrichtungsgegenstände geplant werden:

- leicht verschiebbare, flexible und stapelbare Stühle und Tische für jeden Schüler dieser Klasse (z. B. Dreieckstische und verschiedenartige Stühle für unterschiedliches Sitzverhalten),
- Einbauschränke (in die Trennwände integriert) für Schultaschen, Bücher, Schubladen für Arbeitsmaterial, ein abschließbares Fach, Regalfächer und Ablagemöglichkeiten für Klassensätze von Schulbüchern und weitere Arbeitsmaterialien,
- flexibles Wandschienen- und Tafelsystem,
- Präsentations- und Projektionsmöglichkeiten auch für Karten und Schaubilder,
- Integration der bereits vorhandenen Whiteboards mit Kurzdistanzbeamer (jeweils über dem Board angebracht) in jedem Klassenraum,
- gute **Raumakustik** – geeignet für wechselnde Sozialformen,
- Sonnenschutz durch Jalousien. Vollständige Verdunkelungsmöglichkeiten sind nicht notwendig. Manuelle Steuerung der Jalousien muss vorrangig möglich sein.

Ein klassischer Schulbuch-Lehrmittelraum, der i. d. R. nur während des Schuljahreswechsels belegt ist, ist nicht erforderlich, da die Schulbücher des Jahrgangs in den Klassenräumen bzw. im Jahrgangsstufenbereich gelagert werden können. Über die Sommerferien können hierfür die Fächer für die Schulmappen benutzt werden.

Illustration zur Einrichtung der Jahrgangstufenbereiche:



### 3.1.4 Anforderungen an den Lehrerteamraum

Der Lehrerteamraum dient in erster Linie als Arbeits- und Kommunikationsort für die Pädagogen und muss auch für ganztägige Anwesenheit gestaltet werden. Es ist darauf zu achten, dass eine vielseitige Nutzung möglich ist und der Raum nicht als zusätzlicher Lehrmittelraum missbraucht wird. Im Lehrerstützpunkt sollte nur das vertrauliche und persönliche Material aufbewahrt werden (Datenschutzanforderungen beachten!).

Der Raum muss sowohl die erforderlichen Lehrerarbeitsplätze als auch ein Wohlfühlambiente für Gespräche und Erholung in einer Ganztagschule bieten. Hierzu gehört ein Wasserzu- und abfluss (Warmwasser), evtl. eine kleine Teeküchenzeile.

Da im Lehrerteamraum auch vertrauliche Gespräche geführt werden, muss Schallschutz und Akustik besondere Beachtung finden.

Illustration zum Lehrerteamraum:





### 3.1.5 Anforderungen an den Marktplatz

Der Marktplatz soll ein „Ermöglichungsraum“ werden. Dort soll - im eigenen Jahrgangsbereich, nicht in einem nach Stundenplan zu buchenden Mehrzweckraum oder in der allgemein zugänglichen Pausenhalle - eine Jahrgangsstufen-Versammlung ad-hoc möglich sein.

Da es sich bei einem Jahrgangsstufenbereich um eine in sich geschlossene Einheit handelt und die vorab beschriebenen allgemeinen Anforderungen (kein Bahncharakter) beachtet werden, kann der Marktplatz als sehr vielseitig nutzbarer Raum gestaltet werden. Es muss sowohl die „Wohnstube“ dieser Jahrgangsfamilie als auch Werkstatt und Galerie für kreative Ideen sein.

Entsprechend den unterschiedlichen Bedürfnissen der Unter-, Mittel- und Oberstufenschüler müssen die Marktplätze verschieden gestaltet werden. So benötigt z. B. die Unterstufe evtl. Spiel- und Lesecken, die Mittel- und Oberstufe eher eine „Café-Atmosphäre“. In der Unterstufe sollten alle Bereiche einfach und direkt einsehbar sein, für die Oberstufe können auch nicht sofort einsehbare Rückzugsräume geschaffen werden. Hierdurch kann der klassische Oberstufen-aufenthaltsraum eingespart werden, die betreffende Quadratmeterzahl kann für die Jahrgangsbereiche verwendet werden.

Folgende Elemente sind für jeden Marktplatz vorzusehen:

- flexible Raumteiler für Lernmaterial mit Schubfächern für Hängeregistraturen, Regalfächer für Bücher, Ordner und weitere Lernmaterialien,
- 12 - 15 PC-Arbeitsplätze (als Stehplätze in die Trennwände integriert, nicht mit einzelnen PCs sondern als reine Arbeitsstationen, die alle an einen Server angeschlossen sind). Dies ergibt in den sieben Jahrgangsstufenbereichen insgesamt ca. 100 Schülerarbeitsplätze. Andererseits können damit drei Computerräume gespart werden, die mit ca. 90 Plätzen ausgestattet sein müssten. Um ggf. Geräte für jeden Schüler einer Klasse einsetzen zu können (z. B. in Informatik oder Deutsch), ist zusätzlich allerdings eine gemeinsame

mobile Laptop-Station mit ca. 15 -20 Geräten notwendig, die bei Bedarf in die jeweilige LernLandSchaft transportiert werden kann.

- Bühnenelemente mit viel Raum für Präsentation,
- Sitzgelegenheiten,
- zentraler Trinkbrunnen (einfach gestaltet, nur Wasser).

Die vielseitige Nutzung dieses Raumes als räumliche „Mitte“ sollte durch individuelle Licht- und Farbgestaltung sowie „wohnlichen“ Boden u. ä. unterstützt werden.

Auch eine Großleinwand mit Beamer und Laptop (Netbook) und ggf. weitere „besondere Medien“ sollten dort zentral für alle Klassen der Jahrgangsstufe zur Verfügung stehen.

Illustration zum Marktplatz:



### 3.1.6 Anforderungen an den Funktionsraum bzw. die Funktionsecke

In räumlicher Nähe zum Marktplatz sollte ein Funktionsraum oder eine Funktionsecke zur Verfügung stehen. Dort stehen zentral (nicht in jedem Klassenraum der Jahrgangsstufe) ein Drucker, Verbrauchsmaterial, Schneidegerät, Moderationsmaterial u. ä. zur Verfügung.

Auch dieser Raum sollte begrenzt einsehbar sein, um eine „Müllansammlung“ und kreative Unordnung zu vermeiden. Die begrenzte Transparenz in diesem Bereich ermöglicht Schülern, die vermehrt Rückzugsmöglichkeiten benötigen, die entsprechende Intimität.

### 3.1.7 Anforderungen an die Transparenz

Alle bisher gemachten Aussagen zum Thema Transparenz beinhalten die Möglichkeit, ad-hoc Intimität zu schaffen. Zuviel Transparenz hat oft die Folge, dass wichtige Sichtverbindungen im Laufe der Nutzung einfach mit Postern zugeklebt werden. Und diese bleiben dann auch blickdicht!

Um das zu vermeiden, sollten alle transparenten Flächen so gestaltet werden, dass durch Vorhängen der flexiblen Tafeln sehr schnell die Atmosphäre eines abgeschlossenen Raumes erzeugt werden kann, aber eben auch ganz schnell durch Umhängen der Tafel die Sichtverbindung wieder gegeben ist. Sinnvoll erscheint es auch, die Zugänge zu den Klassenräumen einerseits offen zu halten (keine klassischen Türen, um Raumwechsel geräuschlos zu ermöglichen), andererseits z. B. durch eine verschiebbare Pinnwand o. ä. auch unkomplizierten Schallschutz schaffen zu können.

Beispiele aus dem Herforder Schulmodell:



Oder auch beim Marktplatz die Lösung mit den als Schrank ausgebildeten Wänden:



*(Albrecht-Ernst-Gymnasium Oettingen 09/10)*



*(Sitzfensterfunktion in der LernLandSchaft auf dem Röthhof)*

Oder zum Experimentieren als Forscherland gestaltet:



### 3.1.8 Anforderungen an die Akustik

Die einzelnen Jahrgangsstufenbereiche müssen so gestaltet sein, dass sich verschiedene Gruppen in unterschiedlichen Klassenräumen gegenseitig nicht durch laute Geräusche (z. B. beim Hören von CDs oder beim Sehen von Filmen) stören. Der Marktplatz muss auch nutzbar sein, wenn in den umliegenden Klassenräumen Tests geschrieben werden. Innerhalb der Klassenräume muss die Akustik die wechselnden Sozialformen unterstützen. So muss auch bei intensiven Gesprächen in Kleingruppen der Lombard-Effekt vermieden werden. Zwingend sind also lärm-dämmende, -hemmende und -schluckende Materialien zu verwenden (z. B. Teppichböden, Deckenverkleidung).

### 3.1.9 Raumbedarf für die Jahrgangsstufen 5 und 6

Es ist dauerhaft mit fünf Eingangsklassen zu rechnen (vgl. Beschluss und Einschätzung des Kreistags vom Juli 2011), die meist auch in der Jahrgangsstufe 6 noch bestehen dürften. Da immer wieder auch Fachräume genutzt werden (Musik, Kunst, Sport, Natur und Technik, also in ca. 8 - 10 Wochenstunden), dürfte es möglich sein, hier mit vier Klassenräumen auszukommen.

Die Jahrgangsstufe 5 soll als Orientierungs- und Gelenkstufe einen von den anderen Jahrgangsstufen getrennten Bereich erhalten, auch um den gerade der Grundschule entwachsenen Schülern eine eigene, übersichtliche Lern- und Arbeitsumgebung zu bieten.

Daraus ergibt sich folgender Raumbedarf pro Jahrgangsstufe:

Räume für die Jgst. 5 bzw. 6	Anzahl	m <sup>2</sup>	gesamt
Klassenräume	4	60 - 66	240 - 264
Lehrerteamraum	1	20 - 24	20 - 24
Marktplatz	1	140 - 160	140 - 160
Funktionsecke	1	12	12
Toiletten	2	12	24
Garderobe	1	18	18
für 5 Klassen in einer Jgst.		Summe m <sup>2</sup>	454 - 502
für insges. 10 Klassen in Jahrgangsstufe 5 und 6			908 - 1004

### 3.1.10 Raumbedarf für die Jahrgangsstufen 7 - 10

Hier wird nur noch von vier Klassen pro Jahrgangsstufe und damit drei Klassenräumen ausgegangen. Der Marktplatz kann etwas kleiner ausfallen. Die Räume sind - falls möglich - so zu planen, dass zu Beginn eines Schuljahres ggf. ein Raum aus der Jgst. 6 der Jgst. 7 zugeordnet werden kann. Ebenso benötigen die Jgst. 8 und 9 einen Raum, der jeweils der einen oder anderen Jahrgangsstufe zugeordnet werden kann.

Der Bereich für die Jgst. 10 ist in räumlicher Nähe zur Jgst. 11 und 12 zu planen.

Räume für die Jgst. 7 - 10	Anzahl	m <sup>2</sup>	gesamt
Klassenräume	3	60 - 66	180 - 198
Lehrerteamraum	1	18 - 20	18 - 20
Marktplatz	1	100 - 120	100 - 120
Funktionsecke	1	12	12
Toiletten	2	12	24
Garderobe	1	14	14
		Summe m <sup>2</sup>	348 - 388
für vier Jahrgangsbereiche (Jgst. 7 - 10)			1392 - 1552

### 3.1.11 Raumbedarf für die Jahrgangsstufen 11 und 12

Die Oberstufe soll

- *die Qualität des Abiturs im Hinblick auf die von Hochschulen und Arbeitswelt geforderten Kernkompetenzen sichern und zugleich an der klassischen Idee gymnasialer Bildung festhalten,*
- *nachhaltig eine umfassende Allgemeinbildung vermitteln,*
- *eine Werteerziehung vermitteln, welche die Schülerinnen und Schüler dazu befähigt, in der Gesellschaft Verantwortung zu übernehmen,*
- *die Schülerinnen und Schüler in die Lage versetzen, sich mit Hilfe eines vernetzten und tragfähigen Grundwissens selbständig in neue Wissensgebiete einzuarbeiten und komplexe Problemstellungen zu lösen.*

[www.gymnasium.bayern.de/gymnasialnetz](http://www.gymnasium.bayern.de/gymnasialnetz)

Die Räume der beiden Oberstufenjahrgänge sollten in ihrer Struktur ähnlich der unter den Punkten 3.1.2 und 3.1.3 beschriebenen Grundlagen geplant werden.

Da es sich bei den Schülern der Oberstufenjahrgänge um junge Erwachsene handelt, müssen deren spezifische Wünsche (Farben, Rückzugsmöglichkeiten, Teeküche, usw.) bei der Gestaltung und Ausstattung der Räume beachtet werden.

Die Schülerzahl pro Fachkurs darf 28 nicht überschreiten, es ist durchschnittlich eher von kleineren Kursgruppen auszugehen. Um aber die notwendige Flexibilität im Kursangebot und in der Stundenplangestaltung zu gewährleisten, sind folgende Räume notwendig:

Räume für die Jgst. 11 und 12	Anzahl	m <sup>2</sup>	gesamt
Klassenzimmer	7	50 - 54	350 - 378
Klassenzimmer	2	60 - 66	120 - 132
Lehrerteamraum	1	20 - 24	20 - 24
Marktplatz mit offenen Aufent- haltsbereichen	1	140 - 160	140 - 160
abgetrennter, lauter Aufenthaltsbereich	1	30 - 40	30 - 40
Funktionsecke	1	16	16
Toiletten	4	12	48
Garderobe	1	30	30
		Summe m <sup>2</sup>	754 - 828

### 3.1.12 Gesamter Raumbedarf für alle Jahrgangsstufenbereiche

Somit ergibt sich für alle Klassen-, Gruppen- und Aufenthalts- und Lagerräume der **Jahrgangsstufen 5 - 12** ein **Gesamtbedarf von 3054 m<sup>2</sup> - 3384 m<sup>2</sup>** (incl. der Nebennutzungsflächen wie Toiletten, Funktionsecken und Garderoben).

## 3.2 Naturwissenschaftliche Fach- und Vorbereitungsräume

In naturwissenschaftlichen Fachräumen ist die Bereitstellung der Betriebsmittel wichtig. So ist es erforderlich, neben den notwendigen **Stromanschlüssen auch die Anschlussmöglichkeiten für Datenübertragungen möglichst an allen Schülerplätzen** bereitzustellen (evtl. von der Decke).

Um Bewegungsfreiheit - unter anderem auch durch eine flexible Tischanordnung - oder einen Wechsel von sitzender zu stehender Tätigkeit zu gewährleisten, ist es notwendig, die vorgenannte **Energie- und Datenversorgung flexibel** zu gestalten.

Ebenso wichtig ist für Schüler die Möglichkeit, Experimente, die zentral vorgeführt werden (auch solche, die möglichst aus der Vogelperspektive beobachtet werden müssen), gut sehen und verfolgen zu können, z. B. durch eine gestufte oder eine (halb-)kreisförmige Anordnung der Tische.

### 3.2.1 Gemeinsamer Marktplatz

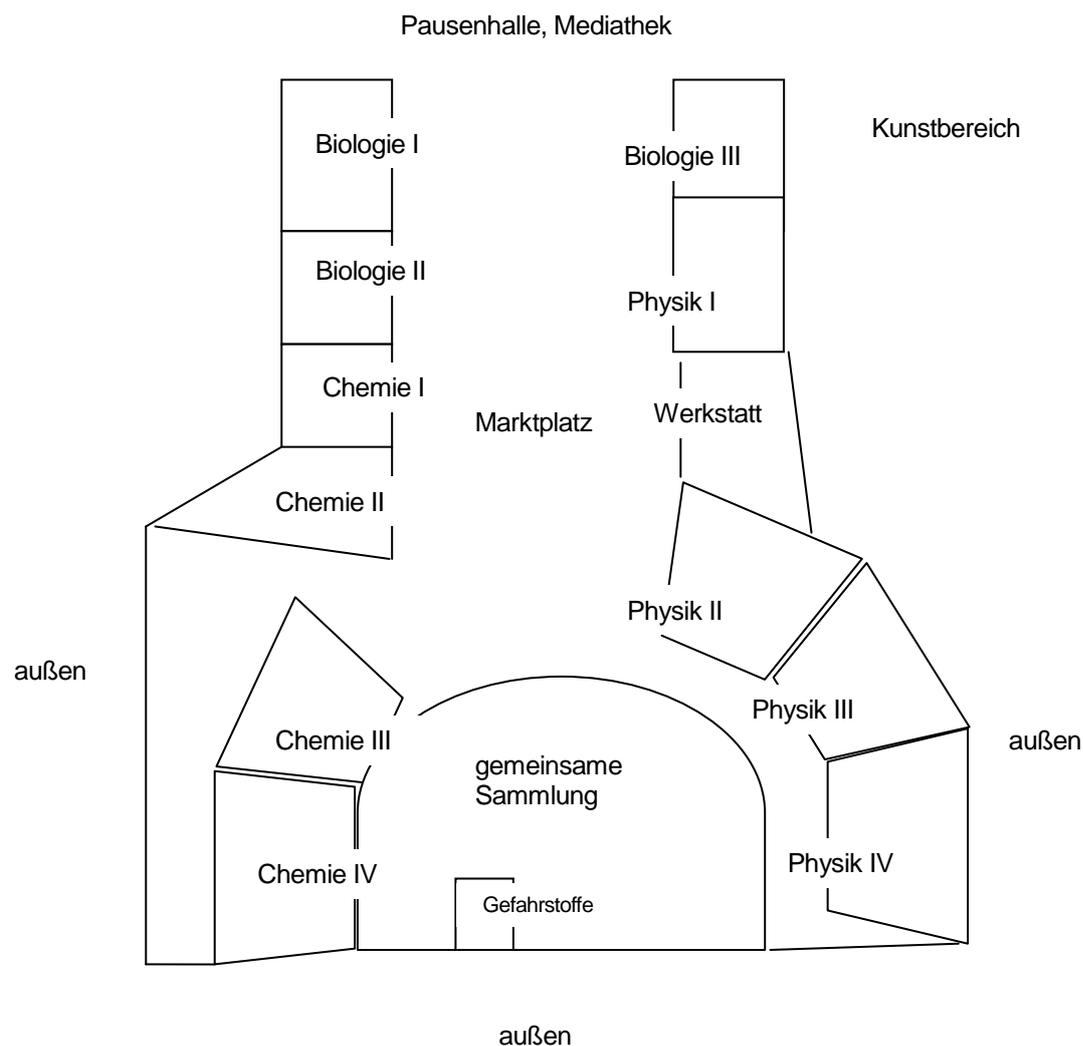
Auch im naturwissenschaftlichen Bereich sollte ein **Marktplatz**, bzw. **Selbstlern- und Forscherlabor** entstehen, der als sog. „Grüner Bereich“ auch für fächerübergreifenden Projektunterricht genutzt werden kann – auch von Lehrkräften, die mit den Sicherheitsanforderungen im naturwissenschaftlichen Unterricht nicht vertraut sind. Hierfür sind **70 m<sup>2</sup> - 80 m<sup>2</sup>** vorzusehen. Der Marktplatz sollte Bindeglied zur Bibliothek/Mediathek sein und auch Schülerarbeitsplätze beinhalten, die von möglichst vielen naturwissenschaftlichen Räumen der Physik/Biologie und der Sammlung aus einsehbar sind (Glaselemente in den Wänden). Auch hier wären 10 - 15 Computer-Arbeitsstationen wünschenswert.

Gerade im naturwissenschaftlichen Marktplatz, aber auch in den Jahrgangsstufenbereichen wären Aquarien oder Terrarien eine attraktiver Verantwortungsbereich für Schüler.

Die fachspezifischen, sog. „Roten Räume“ sind mit den entsprechenden Sicherheitsanforderungen zu gestalten.

Um Raum effizient zu nutzen, können die Sammlungen für Physik, Biologie, Natur und Technik und teilweise für Chemie zusammengelegt werden. Für Chemikalien und einige Gefahrstoffe müssen separate Bereiche vorgesehen werden. Die gemeinsame Sammlung könnte die Mitte des naturwissenschaftlichen Bereichs werden, um die sich die Fachräume gruppieren.

Grundidee für die Anordnung der naturwissenschaftlichen Räume:



Zwischen der Sammlung und Chemie III, bzw. Chemie IV müssen Durchreichen mit einem Abzug installiert werden.

Die Räume für Physik und Biologie können gemeinsam von allen Naturwissenschaften genutzt werden. In den Räumen sind Lagerungsmöglichkeiten für Schülerexperimente vorzusehen.

### 3.2.2 Raumbedarf für Physik

Es ist nicht notwendig, die Räume mit großen Lehrer-Experimentierpulten auszustatten. Stattdessen sollte im Demonstrationsbereich jeweils genügend Platz für mehrere Experimentierwagen sein.

Die Räume sollten flexibles Mobiliar enthalten, Gasanschlüsse sind nicht notwendig, aber eine Lüftungsanlage für Lötprojekte.

Alle Räume müssen vollständig verdunkelbar sein.

Folgender Raumbedarf besteht:

Räume für Physik	Anzahl	m <sup>2</sup>	gesamt
Physik I u. II	2	60 - 66	120 - 132
Physik III	1	56 - 60	56 - 60
Physik IV	1	50 - 54	50 - 54
		Summe m <sup>2</sup>	226 - 246

### 3.2.3 Raumbedarf für Biologie und Natur und Technik (NuT)

An den Biologie-/NuT-Bereich sollte sich für die Arbeit im Schulgarten und die Tierbeobachtung außen direkt eine Grünfläche mit Wiese, Teich und möglicherweise einer Kleintieranlage anschließen. Es ist ein Arbeitsbereich für draußen zu schaffen (Arbeitstische, absperrbarer Schuppen für Arbeitsgeräte und Verbrauchsmaterial).

In den Räumen ist jeweils ein großes Experimentierpult zu Demonstrationszwecken vorzusehen, das von allen Plätzen aus gut einsehbar ist.

Die Sammlung muss möglichst von allen Lehr- und Übungsräumen aus direkt zugänglich sein.

Die zwei kleineren Räume benötigen folgende Ausstattung:

- feste Experimentiertische (jeweils mit Wasser-, Gas-, Strom- und LAN-Anschluss),
- ausreichend Lagerplätze für Laborbedarf und Übungssysteme,
- große seitliche Arbeitsfläche,
- ausreichend Regale und Ablagefläche für Langzeit-Projekte (W- und P-Seminare),
- ausreichend Spülbecken und Trockengestelle.

Folgender Raumbedarf besteht:

Räume für Biologie/NuT	Anzahl	m <sup>2</sup>	gesamt
Biologie I	1	60 - 66	60 - 66
Biologie II	1	54 - 58	54 - 58
Biologie III	1	50 - 52	50 - 52
		Summe m <sup>2</sup>	164 - 176

### 3.2.4 Raumbedarf für Chemie

Aus Sicherheitsgründen sind alle Räume mit **Augenduschen** und einem **Erste-Hilfe-Set** auszustatten. Die Richtlinien des GUV (Gemeindeunfallversicherungsverband) sind einzuhalten.

In den Räumen ist jeweils ein **großes Experimentierpult** zu Demonstrationszwecken vorzusehen, das von allen Plätzen aus gut einsehbar ist. Die Räume müssen vollständig **verdunkelbar** sein.

Die Räume Chemie I und II benötigen folgende Ausstattung:

- großes Experimentierpult,
- ein (variabler) Panorama-Abzug (z. B. Hohenloher).

Die Räume Chemie III und IV benötigen folgende Ausstattung:

- feste Experimentiertische (jeweils mit Wasser-, Gas-, Strom- und LAN-Anschluss),
- großes Experimentierpult,
- mehrere Durchreiche-Abzüge zur Sammlung,
- ausreichend Lagerplätze für Laborbedarf und Übungssysteme,
- ausreichend Regale und Ablagefläche für Langzeit-Projekte (Seminare!),
- ausreichend Spülbecken und Trockengestelle.

Der Gefahrstoff- und Säureraum benötigt:

- Chemikalienschränke (davon mind. 4 mit Absauganlage)
- Durchreiche-Abzüge zu den Übungs-Sälen und naheliegende Arbeitsflächen zur Versuchsvorbereitung

Folgender Raumbedarf besteht:

Räume für Chemie	Anzahl	m <sup>2</sup>	gesamt
Chemie I	1	66 - 70	66 - 70
Chemie II	1	58 - 60	58 - 60
Chemie III	1	60 - 64	60 - 64
Chemie IV	1	50 - 54	50 - 54
Gefahrstoff- und Säureraum	1	8 - 10	8 - 10
		Summe m <sup>2</sup>	242 - 258

### 3.2.5 Naturwissenschaftliche Sammlung

Die Sammlung sollte Bereiche beinhalten, die für Schüler von außen einsehbar sind (Glastrennwände), damit Exponate nicht nur im Unterricht verfügbar sind.

In der Sammlung ist ausreichend Platz zu schaffen für:

- 15 große und 20 kleine Experimentierwägen (unterschiedliche Ausstattung für Ph, B, C),
- Lehrerarbeitsplätze mit Netzwerk- und Stromanschlüssen,
- Kommunikationsecke für Kollegengespräche,
- Handbibliothek (z. B. Bedienungsanleitungen),
- Schubladen- und andere Schränke und Regalsysteme, auch für Laborbedarf.
- von allen Sälen von Schülern erreichbare Lagerplätze für Schülerübungssysteme,

- 
- zentrale Gasversorgung,
  - 2 Kühl- und Gefrierschränke (ohne Licht!), Spülmaschine,
  - Notdusche,
  - Spülbecken für Trockengestelle.

Raumbedarf: **250 m<sup>2</sup>** - 270 m<sup>2</sup>

### 3.3 Werkstatt für Kunst und Naturwissenschaften

In der Gestaltung einer gemeinsamen Werkstatt für Kunst und Naturwissenschaften muss sich das „Praktische Arbeiten“ widerspiegeln. So sollte die Atmosphäre einer Werkstatt und/oder eines Ateliers geschaffen werden. Die entsprechenden Anforderungen an das Licht müssen gesondert beachtet werden. Eine Anbindung an den naturwissenschaftlichen (Physik) und den Kunst-Bereich sowie ein gemeinsamer Zugang nach außen sind wichtig.

Diese Werkstätte sollte folgendermaßen ausgestattet sein:

abgetrennter, aber einsehbarer Bereich für

- Holz- und Metallbearbeitungsgeräte,
- CNC-Fräse und 3-D-Drucker,
- Staubabsaugung und Lüftungsanlage,

eigentliche Werkstatt:

- Nähe zum Bereich der Physik-Sammlung, der Physik-Räume und dem Kunst-Werkraum,
- direkte Sicht aus diesen Räumen,
- Band- und Kreissägen,
- Bohrmaschinen,
- Metallbearbeitungsmaschinen,
- 32 Werkbänke mit Stromanschlüssen über jeder Werkbank,
- ausreichend Platz für ca. 32 Personen (**90 m<sup>2</sup>** - **100 m<sup>2</sup>**).

Der Raum sollte multifunktional für Seminare, Modellbau (Kooperation mit Diederer Verein), Jugend forscht, Erfinderclub, u. ä. nutzbar sein. Die detaillierte Gestaltung ist mit den Fachbereichen Physik und Kunst abzusprechen.

### 3.4 Raumbedarf für den Kunstbereich

Alle Kunsträume benötigen optimale Lichtverhältnisse und teilweise Zugang nach außen, z.B. für die Arbeit im Freien oder Materiallieferungen.

Die beiden Kunst-Lehrsäle sollten jeweils mit Beamern und einer Projektionsfläche ausgestattet werden (ggf. vorhandene Whiteboards nützen).

Ein Sammlungs-/Vorbereitungsraum sollte vollständig verdunkelbar sein (z. B. für Siebdrucke, Lochkamera).

Der Werkbereich muss Platz bieten für einen Keramikofen (evtl. abgetrennt).

Alle Räume sind mit Regalen und Schränken (auch für großformatige Gegenstände/Werke) auszustatten.

---

Es entsteht folgender Raumbedarf für den Kunstbereich:

Räume für Kunst	Anzahl	m <sup>2</sup>	gesamt
Lehrsaal I	1	80 - 90	80 - 90
Lehrsaal II	1	70 - 75	70 - 75
Werkraum	1	80 - 90	80 - 90
Lagerräume/ Vorbereitung/ Sammlung	2	40 - 45	80 - 90
		Summe m <sup>2</sup>	310 - 345

### 3.5 Sportbereich mit Außenanlagen

Laut Raumprogramm der Regierung von Schwaben sind folgende Sportanlagen vorzusehen:

Räume für Sport	Anzahl	m <sup>2</sup>	gesamt
Sporthalle	(3-fach)	1215	1215
Betriebsräume innen			513
		Summe m <sup>2</sup>	1728
Freisportflächen			8879
Betriebsräume außen			50

Die Dreifachhalle sollte mit insgesamt sechs Schülerumkleiden (inklusive Waschräume mit WC) sowie zwei bis drei Lehrerumkleiden (ebenfalls mit Dusche und WC, außerdem noch Platz für Spinde, Schreibtisch und Regal, sowie Telefon- und Internetanschluss) ausgestattet sein. Jedes Hallendrittel verfügt über einen Geräteraum, wobei zwei davon verbunden sein sollten. Sinnvoll wäre ein weiterer, abgelegener Geräteraum für Großgeräte bzw. selten benutzte Geräte. Zentrale Toilettenanlagen können gemeinsam mit Toilettenanlagen der Pausenhalle/Mensa genutzt werden (s. 3.6). Sie sollen im Übergang zwischen Sporthalle und Pausenhalle/Mensa untergebracht werden. Hier muss auch das zweite Behinderten-WC integriert werden.

Für Schulveranstaltungen ist ein zentral in der Halle gelegener Regieraum (mit Krankenliege) nötig, der ebenfalls über einen Telefon- und Internetanschluss verfügt – unbedingt mit Blick in die Halle. Auch die Beschallung der ganzen Halle sowie eventuell Beleuchtung und Sonnenschutz können hier geregelt werden. Eine Tribüne, die entweder fahrbar oder mit Treppen ausgestattet ist, wäre für solche Veranstaltungen wünschenswert.

Der Sportunterricht als einziges Bewegungsfach bietet besondere Erziehungschancen. Gesundheitsförderung und Körperbewusstsein stehen dabei an erster Stelle. Auch Werteerziehung und Erziehung zum Fair Play sind wichtig, sowie der Aufbau von sozialer Kompetenz und Teamfähigkeit. Den Schülern soll über den Unterricht ein positives Selbstkonzept vermittelt werden (vgl. Lehrplan - Fachprofil Sport). Neben diesen didaktischen Grundgedanken sollten auch die Möglichkeiten, die die örtlichen Vereine bieten, eine Rolle spielen. Im TSV Diedorf werden unter

---

anderem die Sportarten Basketball, Fußball, Badminton und Tanz angeboten. Daraus lassen sich die folgenden Überlegungen ableiten.

Um möglichst viel Bewegungszeit zu erzielen, sollte der Trennvorhang zwischen den Hallendritteln schnell und einfach bedient werden können. Auch die Basketballkörbe sollten an der Decke verankert sein und per Knopfdruck in Position gebracht werden können. Pro Hallendrittel sollte eine Basketballanlage zur Verfügung stehen, sowie eine weitere für das Großfeld. Dabei sollten die Körbe in den Hallendritteln zusätzlich höhenverstellbar sein.

Für einen modernen Sportunterricht sind die traditionellen Großgeräte weniger nötig. Denkbar wäre, dass nur ein Hallendrittel über Ringe und Kletterstangen verfügt, und nur in zwei Dritteln mobile Barren und Recks vorgesehen sind. Das Außendrittel mit dem separaten Geräteraum könnte z. B. eine Spielhalle sein, in der ein Netz längs der Mitte befestigt werden kann (für Badminton bzw. Volleyball). In die Wand eines (oder mehrerer) Hallendrittels könnte eine Multimedia-Einheit (mit PC, Videokamera und Monitor) eingebaut werden, die bei Bedarf zur Bewegungskorrektur der Schüler verwendet werden kann. Im Hinblick auf den zunehmenden Einfluss der digitalen Welt sollte auch eine Internetverbindung möglich sein. Für Theoriephasen - z. B. in der gymnasialen Oberstufe - ist eine Magnettafel sinnvoll, ebenfalls in einer Wand eingelassen. Kleine Basketballkörbe sollten an den Seitenwänden ein intensives Üben ermöglichen.

Für die großen Sportspiele Basketball, Handball und Volleyball sollten die Linien des zentralen Hauptfeldes vorhanden sein. Daneben sollten in jedem Hallendrittel ein Basketballfeld und ein Volleyballfeld eingezeichnet sein, sowie in mindestens zwei Dritteln Badmintonfelder. Für eine ausreichende Befestigung der Tore sollte in jedem Drittel gesorgt sein. Um Spiele unter Wettkampfbedingungen durchführen zu können, ist auf eine angemessene Deckenhöhe (z. B. für Volleyball 7 Meter) zu achten. Auch ein Score-Board ist erforderlich, wenn möglich vom Regieraum aus bedienbar.

In der gesamten Halle sollte die Belichtung so sein, dass möglichst viel Tageslicht genutzt werden kann, der Sportbetrieb aber nicht durch direkte Sonneneinstrahlung auf dem Spielfeld gestört wird (evtl. Fensterfront seitlich an der Nordseite). Auch Möglichkeiten des Schallschutzes sollten in die Hallenplanung einfließen. Schließlich beeinträchtigt vor allem die Lärmbelastung die Gesundheit der Schüler und der Sportlehrer. Ebenfalls zu empfehlen in Bezug auf die Gesundheit der Schüler und Lehrer ist der Einbau eines Schwingbodens.

Neben den traditionellen Sportarten, wie den Ballsportarten, Turnen, Schwimmen oder Leichtathletik, gewinnen neue Sportarten an Bedeutung. Deshalb wäre es wünschenswert, wenn zusätzlich ein Multifunktionsraum eingeplant werden würde, in dem vor allem Fitnesssportarten ausgeübt werden können (ggf. auch für die Ganztagsbetreuung). Dies wird auch durch den Lehrplan unterstützt, denn an erster Stelle der sportlichen Grundbildung steht nun „Gesundheit und Fitness“ (vgl. Lehrplan). Dieser Raum, der die Größe eines Klassenzimmers haben und mit einer Spiegelwand ausgestattet sein sollte, könnte auch für Tischtennis verwendet werden.

„Freizeit und Umwelt“ ist ebenfalls ein Thema der sportlichen Grundausbildung im Gymnasium, daneben noch „Fairness und Kooperation“ sowie „Leisten, Gestalten und Spielen“. Eine neue Sportart, die diese Aspekte optimal in sich vereint, ist das Sportklettern. Schüler unterschiedlichen Alters, Geschlechts und Leistungsniveaus können miteinander Sport treiben und dabei Verantwortung füreinander übernehmen. Da am Gymnasium in Diedorf die personellen Bedingungen gegeben sind (d. h. Lehrkräfte mit der Übungsleiterlizenz vorhanden sind), wäre es wünschenswert, in der Sporthalle eine Kletterwand einzuplanen. Dabei müsste darauf geachtet werden, dass diese den normalen Sportbetrieb nicht stört und sie auch nicht unbeaufsichtigt benutzt werden kann.

---

Für das Außengelände erarbeiteten die Sportlehrer folgende Anregungen: Innerhalb der Leichtathletik gewinnen die Ausdauerdisziplinen auf Grund ihres gesundheitlichen Wertes immer mehr an Bedeutung. Um diese sinnvoll in den Sportunterricht einzubauen, ist es unerlässlich, eine 400-Meter-Bahn zu errichten. Neben einem großen Fußballfeld sollte auch ein Multifunktionshartplatz entstehen, auf dem sämtliche Ballsportarten ausgeübt werden können. Zwei räumlich getrennte Weitsprunggruben und eine Hochsprunganlage würden alle weiteren leichtathletischen Disziplinen ermöglichen. Dabei könnte eine der Weitsprunggruben auch für weitere Sportarten, wie Beachvolleyball aber auch Kugelstoßen, genutzt werden. Ein Außengeräteraum ist nötig für die Unterbringung der Materialien. Ein Raum für Sportlehrkräfte sowie Umkleieräume sind hingegen nicht nötig, wenn die Außenanlagen in der Nähe der Sporthalle sind. Um Vandalismus vorzubeugen, sollte die komplette Außenanlage eingezäunt werden.

Die Anlage einer Finnen(lauf)bahn, eventuell durch das Schulgelände, sowie feststehende Tischtennisplatten, die auch in den Pausen genutzt werden könnten, komplettieren die Wünsche der Sportlehrerschaft.

Denkbar wäre, dass der Einbau z. B. der Kletterwand, aber auch der Multimedia-Einheiten zwar geplant, aber erst zu einem späteren Zeitpunkt realisiert wird. Das Gymnasium und speziell unsere Schule ist in Bewegung. Zukünftige Entwicklungen gilt es zu berücksichtigen und schon jetzt zu ermöglichen.

### **3.6 Pausenhalle und Musikbereich**

Zentrum der Schule ist das Foyer / der Pausenbereich mit einem angrenzenden Mehrzweckraum, der mit der Öffnung einer kompletten Wand zur Pausenhalle hin als Bühne verwendet werden kann. Der Pausenbereich selbst wird dann zum Konzert-/Vortrags-/Besuchersaal, der (z. B. in tiefen Stufen angelegt) bestuhlt werden kann - mit der Wirkung eines Amphitheaters.

#### **3.6.1 Pausenhalle**

Diese Halle muss für Aufführungen und Proben akustisch insbesondere vom Klassenzimmerbereich abgetrennt werden. Die akustischen Anforderungen an einen Publikumsraum bei Aufführungen sind zu beachten. Dennoch sollte es ein Raum sein, in dem sich Schüler gerne aufhalten. Er wird als Konzertraum (Akustik!) und Theater (Beleuchtung!) genutzt, für Präsentationen ist ein lichtstarker Beamer (HD) bauseitig vorzusehen. Die Halle sollte über das Foyer getrennt von den übrigen Funktionseinheiten für Gäste und Eltern gut zugänglich sein.

#### **3.6.2 Mehrzweckraum/Bühne**

Der Mehrzweckraum befindet sich zwischen den beiden Musiksälen.

Im zur Pausenhalle hin geöffneten Zustand soll er geeignet sein für:

- Elternabende mit Präsentationen (Beamer, Leinwand, Rednerpult mit Mikrofon- und Verstärkeranlage),
- Vorträge,
- Gastkonzerte (für Schülerkonzerte am Vormittag sowie für Abendveranstaltungen),
- Lesungen (für Schüler am Vormittag sowie für Erwachsene am Abend),
- Präsentationen, z. B. von P-Seminararbeiten, Technikdemonstrationen, etc.
- außerschulische Veranstaltungen.

Im geschlossenen Zustand soll er zu verwenden sein als:

- Probenraum für Theater, Musical, Tanz und große Chor-/Orchesterproben
- Somit müsste die Turnhallen nicht tage-/wochenlang fremdbelegt werden; Bühnenbilder können in den Probenphasen bis zur Aufführung (dann mit geöffneter Wand) aufgebaut bleiben.

Trotzdem können parallel zum vorhandenen Bühnenbild mittels eines Vorhangs, der das Bühnenbild abdeckt, Vorträge und andere Veranstaltungen im geöffneten Zustand des Raumes stattfinden.

- Gruppensitzungen, Konferenzen, etc.
- Morgenbesinnung, kleine Gottesdienste.

Der Mehrzweckraum enthält die komplette Technik (Mischpult, Lichtanlage, usw., die sonst für jede Veranstaltung im Schulhaus extra aufgebaut werden müssten), dient gleichzeitig als Technikdepot und braucht deshalb eine Belüftung, da Fenster nicht sinnvoll sind. Die Länge des Mehrzweckraums ist entscheidend, da diese gleichzeitig die Breite der Bühne darstellt. Die Bühnengröße soll auch für große Aufführungen wie Orchesterkonzerte und Musicals mit Tanz geeignet sein.

Wichtig ist auch ein multifunktionaler Fußbodenaufbau im Bühnenbereich, der sowohl für Orchesterkonzerte als auch für Tanzauftritte geeignet sein muss, zusätzlich versehen mit entsprechenden Anschlussmöglichkeiten für Instrumente, Boxen, etc.

Die seitlichen Doppeltüren (Zugang zum Musikbereich), die links und rechts als Auf- u. Abtrittsmöglichkeit für Bühnenveranstaltungen dienen, werden im Mehrzweckraum mit Vorhängen verkleidet. An der Decke sind Aufhängungen für die Montage von Bühnenbildern. Ebenso sind Lichttechnik und Vorhänge erforderlich.

Der Mehrzweckraum kann auch nach außen hin (in den Pausenhof) geöffnet werden, um im Sommer als Freilufttheater (Schulfest, etc.) zu dienen, ohne dass eine Zusatzbühne aufgebaut werden muss.

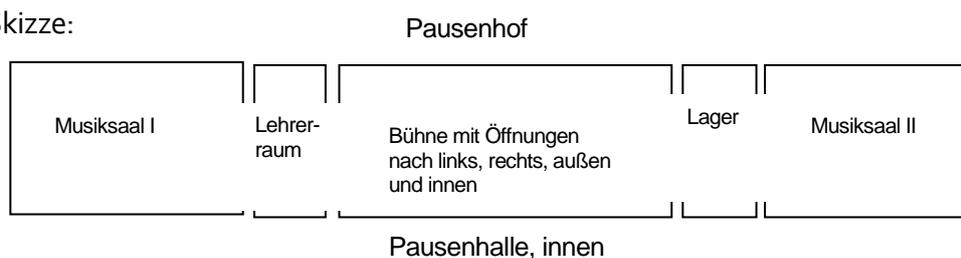
Dieser Raum mit **ca. 200 m<sup>2</sup>** soll ggf. auch an zentralen schriftlichen Prüfungsterminen von gesamten Jahrgangsstufen als Prüfungsraum genutzt werden.

**Optimale Akustiklösungen für diesen multifunktionalen Raum werden vorausgesetzt.**

### 3.6.3 Musiksäle

Die Musiksäle befinden sich rechts und links von Mehrzweckraum/Bühne. Dazwischen liegen noch der Lehrer- und der Lagerraum.

Skizze:



Alternativ können Lager und Lehrerraum auch auf einer Seite der Bühne angeordnet werden, so dass von einem Musiksaal aus ein direkter Zugang zur Bühne besteht.

Der Musiklagerraum dient als Instrumenten- und Bücherlager. Der Lehrer-Teamraum sollte Anschlussmöglichkeiten für einen Drucker, PC, etc., sowie Wasseranschluss und Fenster/Türe nach draußen haben, um z.B. auch einen Bühnenabtritt ins Freie zu ermöglichen.

Beide Musiksäle (bzw. der kleinere Musiksaal evtl. über das Musiklager) können mit Doppelflügeltüren an den Seitenwänden direkten, schwellenfreien Zugang zu Mehrzweckraum / Bühne schaffen, z. B. wenn der Flügel auf die Bühne gerollt werden muss oder zum Transport des Schlagzeugs.

**Großer Musiksaal** mit seitlichem Zugang zur Bühne (Doppeltüre)

Neben dem Klassen-Musikunterricht ist der große Musiksaal mit mindestens 60 Sitzplätzen (aufgestuhlt im Querformat: wenige, aber lange Reihen) auch für Chor- und Orchesterproben inkl. Platz für Notenständer, sowie Flügel und Cembalo geeignet. Er wird mit Musikstühlen (Stuhl mit Schreibklappe) ausgestattet. Große Fenster mit guter Belüftungsmöglichkeit bei großbesetzten Proben sind von Vorteil.

**Musiklager**

Das Musiklager schließt sich auf der anderen Seite des Mehrzweckraums ebenfalls mit einer Flügeltüre an. In ihm befinden sich raumhohe und tiefe Regalwände zur Aufbewahrung von Chor- und Orchesternoten, Musikbüchern, Partituren sowie kleinen und großen Instrumenten.

Das Musiklager soll unbedingt Fenster haben und eine Trennwand, die bei Bedarf geschlossen/geöffnet werden kann, damit ein Teil des Lagers auch als Übe-/Unterrichtsraum verwendet werden kann (für Schlagzeug, Klavier, Instrumente, die dort ohnehin untergebracht sind).

**Kleiner Musiksaal**

Dem Musiklager schließt sich der kleinere Musiksaal an, der für Klassen-Musikunterricht und Bandproben geeignet ist. Er ist ebenfalls mit einer Doppel-/Flügeltüre zum Musiklager hin verbunden.

**Ausstattung der Musiksäle**

Besondere Beachtung soll die gute Raumakustik in den Musiksälen finden. Zu viel Hall und damit enorme Lautstärke verhindern die Möglichkeit des detailgetreuen Hörens und schädigen zudem die Ohren. Trotzdem soll das Musizieren an jedem Platz des Raumes einen angenehmen und klaren Klang verbreiten. Ein wohnlicher Boden ist wünschenswert. Sowohl abwechslungsreiche Unterrichtsformen inkl. Musizieren mit der Klasse, als auch sinnvolle Orchester- und Chorproben sollen möglich sein.

Die Energieversorgung (Strom, Internet, Anschlüsse für elektronische Musikinstrumente) ist flexibel zu gestalten. Anschlussmöglichkeiten für Datenübertragungen sind erforderlich.

Eine Wand mit Einbauschränk für die Schultaschen der jeweiligen Klasse und somit ausreichend Platz im Raum für praktische Arbeiten oder Tanzen, ein PC-Arbeitsplatz, Schubladen für Arbeitsmaterial, ein abschließbares Fach für die Lehrkraft, ein abschließbares Medienzentrum sowie ein flexibles Wandschienen- und Tafelsystem ähnlich der Lernlandschaften nebst Präsentations- und Projektionsmöglichkeiten sind wünschenswert.

Vor dem Musikbereich müssen große Schließfächer für die Unterbringung der Instrumente der Schüler angebracht werden.

Die Funktionen Pausenhalle – Mensa – Schülercafé, Musiksäle und Bühne sollen über gemeinsame Toilettenanlagen mit der Turnhalle verbunden werden (s. auch 3.5). So stehen ausreichend Toiletten für Großveranstaltungen (ob in der Pausen- oder Turnhalle) zur Verfügung, ohne dass jeder Bereich eigene sanitäre Anlagen benötigt. Allerdings sollte sich hier auch eines der behindertengerechten WCs befinden.

Das Stuhllager sollte in räumlicher Nähe zur Pausenhalle sein.

---

Folgender Raumbedarf entsteht:

<b>Räume für Musik/Pausenhalle/ Bühne</b>	<b>Anzahl</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>gesamt</b>
gr. Musikraum	1	89	89
kl. Musikraum	1	60	60
Instrumentenlager/ Lehrerteamraum	2	12	24
Mehrzweck- /Bühnenraum	1	180 - 200	180 - 200
Pausenhalle	1	500	500
Stuhllager	1	42	42
		Summe m <sup>2</sup>	895 - 915

### 3.7 Verwaltungsbereich und Archiv

Das „Langzeit-Archiv“ (ca. 50 m<sup>2</sup>) kann räumlich unabhängig vom Verwaltungsbereich geplant werden (ggf. als Innenraum ohne Tageslicht), so dass im Verwaltungsbereich nur ein kleines Archiv für laufende Geschäftsvorgänge eingeplant werden muss.

#### 3.7.1 Sekretariat, Direktorat, Sprechzimmer u. a.

Da Mensa, Fachräume, Pausenhalle und Bibliothek/Mediathek im Erdgeschoß platziert werden sollten, ist es denkbar, den Verwaltungsbereich zweigeschossig zu planen. So können das Sekretariat sowie die Schulleitungsräume und die allgemeinen Funktionsräume im EG geplant werden, das Lehrerzimmer und die Besprechungsräume direkt darüber im OG. Diese beiden Bereiche sollten mit einer internen Treppe verbunden sein, um auf kurzem Wege Informationen austauschen zu können, ohne den Verwaltungsbereich verlassen zu müssen.

Um den Parteiverkehr durch die Schüler in den Pausen geringer zu halten, soll eine Wand des Sekretariats zum allgemeinen Flur hin durch von innen befüllbare und von außen durch Türen zu öffnende Fächer (eines pro Klasse) ausgestattet werden. So muss nur der Besucher/Schüler das Sekretariat aufsuchen, der persönliche Betreuung/Beratung benötigt, nicht jedoch alle, die z. B. Klassenbücher oder allgemeines Informationsmaterial abholen müssen. Die schultypischen Staus im Sekretariat während der Pausen werden somit minimiert.



Beispiel des Albrecht-Ernst-Gymnasiums in Oettingen

Das Sekretariat sollte einen funktionalen Tresen aufweisen, der einladend und abgrenzend zugleich wirkt: Der Besucher oder Schüler soll nicht den Eindruck haben, vor einer unüberwindbaren Barriere zu stehen.

Im Sekretariat oder besser in einem nahe gelegenen Bereich sollte eine kleine Kurzwartezone für Eltern u. a. eingerichtet werden. Auch aus Gründen der Diskretion und Vertraulichkeit im Umgang mit Personendaten ist es günstig, wenn hier ein gewisser Sichtschutz besteht, damit die wartenden Personen nicht durch den laufenden Sekretariatsbetrieb gestört werden und umgekehrt.

Die Bereitstellung von Getränken (Wasser, Kaffee) sollte hier möglich sein, ebenso wie die Bevorratung von (wenigen) Gläsern, Tassen usw. Es sollte genügend Platz dafür bleiben, dass z. B. Mütter mit Babys den Kinderwagen abstellen oder Rollstuhlfahrer sich ausreichend bewegen können.

Für Gästebewirtung sollte in der Verwaltung ein kleines Tee-/Kaffee-Küchenmodul mit kleinem Geschirrspüler eingeplant werden, so dass bei Bedarf Gäste mit heißen Getränken bewirtet werden können, ohne dass dazu Kaffee aus dem Lehrerzimmer geholt werden muss.

Das Kranken-/Schularztzimmer muss in der Nähe des Sekretariats sein, damit erkrankte Kinder von dort aus betreut werden können.

In der Nähe des Lehrerzimmers soll sich ein großzügiger Kopierraum befinden (s. 3.7.2). Da dieser zu Stoßzeiten (vor allem morgens) stark frequentiert sein dürfte, ist hier unbedingt auf ausreichende Größe zu achten.

Die Führungsstruktur an den bayerischen Gymnasien soll nach Planungen des Staatsministeriums künftig verändert werden: Die Fachbetreuungen sollen mittelfristig durch Mitarbeiter in der Schulleitung ersetzt werden. Es ist damit zu rechnen, dass die erweiterte Schulleitung an einem vierzügigen Gymnasium aus ca. 8 (mit den Oberstufenkoordinatoren 10) Personen besteht. Da diese Mitarbeiter auch Personalverantwortung übernehmen sollen, sind eigene Büroplätze vorzusehen. Der Schulleiter und der ständige Stellvertreter benötigen jeweils ein eigenes Büro, ansonsten können sich je zwei Personen einen Raum teilen.

Der Raum für die Oberstufenkoordinatoren sollte zwischen dem Verwaltungsbereich und dem Jahrgangsstufenbereich 11/12 eingeplant werden.

Die erforderlichen Büroräume und Besprechungszimmer sind im Detail mit der Schulleitung und den Mitarbeitern der Schulleitung zu besprechen. Verschiedene Vorschläge können gesondert erarbeitet werden.

Es entsteht folgender Raumbedarf:

Räume für Verwaltung	Anzahl	m <sup>2</sup>	gesamt
Sekretariat I	1	40 - 50	40 - 50
Sekretariat II	1	15 - 20	15 - 20
Schulleiter	1	20 - 25	20 - 25
Stellvertreter	1	15 - 20	15 - 20
Mitarbeiter	3	20	60
Oberstufenkoordinatoren	1	20	20
SMV	1	12	12
Schularzt / Krankenzimmer	1	15	15
Elternsprechzimmer	3	6 - 8	18 - 24
Schulsozialarbeit	1	12	12
Personalrat	1	12	12
Beratungslehrer	1	12	12
Schulpsychologe	1	12	12
		Summe m <sup>2</sup>	263 - 294

### 3.7.2 Lehrerbereich

Aufgrund der Lehrerstützpunkte in den Jahrgangsstufenbereichen müssen im zentralen Lehrerzimmer nur wenige klassische Arbeitsplätze zur Verfügung stehen.

**Zehn einzelne, abgetrennte Arbeitsplätze** (z. B. durch Glaswände oder Regale) mit je einem Schreibtisch und PC (oder Notebook) in einer Art „Silentiumbereich“ sollten genügen. Dieser Bereich sollte vom Lehrerzimmer aus einsehbar sein, damit schnelle Kontaktaufnahme möglich ist.

Nicht regelmäßig stattfindende **Konferenzen** des Gesamtkollegiums müssen im Lehrerzimmer **nicht** stattfinden können. Diese werden in der Mensa oder in einem der „Marktplätze“ durchgeführt.

Das Lehrerzimmer soll daher hauptsächlich **Pausen-, Kommunikations- und Begegnungsraum** für alle Kolleginnen und Kollegen sein. Das Mobiliar und die sonstige Raumausstattung des Lehrerzimmers (Pflanzen, Farbe, Licht) sollen eine angenehme Atmosphäre erzeugen und damit zu Gesprächen während der Unterrichtspausen oder in Zwischenstunden einladen.

Eine abgegrenzte **Teeküche** ist vorzusehen, außerdem ein nahe gelegener **Kopierraum** (s. 3.7.1).

Es ist geplant, die klassischen Informationsaushänge (überladenes „schwarzes Brett“) weitgehend durch elektronischen Informationsaustausch zu ersetzen. Daher ist lediglich **ein kleines Brett** (ca. 20 DIN A4-Blätter) für schnelle und dringende Aushänge (auch Vertretungsplan) vorzusehen. Neben den 10 Einzelarbeitsplätzen (s. o.) sind aber ca. **5 Bildschirme für den schnellen Informationsabruf** bereitzustellen.

In einem für Lehrer und Sekretärinnen gut zugänglichen Bereich sollen sich die **Postfächer der Lehrkräfte** befinden. Dieser Bereich muss entsprechende Bewegungsfreiheit in „Stauzeiten“ sichern. Eventuell bieten sich der Kopierraum, ein „Zwischenflur“ oder die Garderobe für die Postfächer an.

Das Lehrerzimmer soll sich in **kurzer Entfernung zum Verwaltungstrakt** befinden, so dass Lehrkräfte bei Bedarf schnell Eltern in Empfang nehmen und sich in den dort befindlichen Besprechungsräumen einfinden können. Die Nähe zum Sekretariat ist auch deshalb wichtig, weil die Sekretärinnen die Post in die Fächer der Lehrkräfte verteilen müssen (Ablagemöglichkeiten für das Sortieren der Post schaffen!). Zudem soll das Lehrerzimmer/Café auch für die Verwaltungsmitarbeiter als Pausen- und Erholungsraum dienen.

Es wäre denkbar, dass Lehrerzimmer im OG zu planen (kurze Wege zu den Lernlandschaften), während Sekretariat und Direktorat im Erdgeschoss angesiedelt werden. Die Lehrgarderobe und kleine Postfächer könnten ebenfalls im EG angesiedelt sein, sofern eine direkte Verbindung zum Lehrerbereich im OG gewährleistet ist.

**Garderoben** mit Kleiderbügel sind für alle Lehrer (ca. 80 Personen) vorzusehen. In vielen Lehrerzimmern werden Jacken und Mäntel (wie in den Klassenräumen) über die Stuhllehne gehängt. Flexible Raumnutzung ist dann kaum möglich.

Zusammengefasst besteht also folgender Raumbedarf:

Räume für Lehrkräfte	Anzahl	m <sup>2</sup>	gesamt
Begegnungs- und Informationsraum	1	90 - 110	90 - 110
Einzelarbeitsplätze	10	6 - 8	60 - 80
Teeküche	1	20 - 25	20 - 25
Kopierraum	1	15	15
Garderobe	1	15 - 20	15 - 20
		Summe m <sup>2</sup>	200 - 250

### 3.8 Schulbibliothek/Mediathek

Aufgrund der Jahrgangsbereiche, die die Schüler sehr stark in Altersgruppen organisieren und einen lebhaften kommunikativen Austausch mit sich bringen, sollte die Schulbibliothek und Mediathek als zentrales Bindeglied der unterschiedlichen Jahrgangsstufen, zugleich als eher ruhiger Arbeits- und Rückzugsraum geplant werden. Dort ist - an prominenter Stelle des Schulgebäudes, lichtdurchflutet - alters- und fachgemischte Begegnung möglich.

Die zentrale Funktion der Mediathek für Unterricht und Ganztagsbetreuung wird in den Nutzungsanforderungen deutlich: Sie ist für den Einzelnen, für kleinere Gruppen oder auch für eine ganze Klasse sowohl Ort zum selbständigen Studieren, Lernen und Arbeiten (offene Arbeitsformen, Erwerb von Kernkompetenzen, z. B. Lese-, Methoden-, Informations-, Fach-, Sozialkompetenz), als auch Ort zum Wohlfühlen, Lesen, Entspannen ("Chillen", selbstbestimmtes Schmökern, neue Kräfte sammeln, etc.) oder auch Raum für kleinere Veranstaltungen, wie z.B. Autorenlesungen, Diskussionsforen oder Lesenächte.

Die großzügige Raumgestaltung (zugrunde liegt die geplante Schüler-/Lehrerzahl, pro Schüler und Lehrer etwa 0,3 m<sup>2</sup>) erfolgt von 'laut nach leise', sodass sich die Nutzer der einzelnen Zonen (Verwaltungs- und Informations-, Regal-, Studien-, „Chillbereich“) nicht stören.

Somit sind hierfür **280 m<sup>2</sup> - 300 m<sup>2</sup>** notwendig.

Grundsätzlich ist neben Einzel- und Gruppenarbeitsplätzen für die Ausstattung der Mediathek gefordert, dass ein zentraler Drucker und ein Kopiergerät sowie mindestens 15 PC-Arbeitsplätze integriert werden. Dabei sollte eine Erweiterungsoption auf 30 Plätze vorgesehen werden. Der Arbeitsplatz der bibliothekarischen Verwaltungskraft (Theke) wird separat ausgestattet (3 PCs, Drucker usw.).

Da die Mediathek sehr vielseitig und flexibel genutzt werden soll, ist bei der Auswahl der Möbel darauf zu achten, dass diese bei Bedarf bewegt werden können. Auch die Platzierung der EDV-Zugänge sollte der Flexibilität nicht im Wege stehen.

Eine Anbindung dieses Bereiches an den Verwaltungs-/Lehrerbereich ist sinnvoll, da die Räume auch für ruhiges, ungestörtes Arbeiten oder für Rechercharbeiten der Lehrkräfte genutzt werden sollen. Es ist auch durchaus möglich, diesen Bereich über zwei Stockwerke zu verteilen, wenn eine interne Verbindung geschaffen wird. Der gesamte Bereich sollte von einer Person zu beaufsichtigen sein, d. h. es ist hohe Transparenz erforderlich.

### 3.9 Mensaküche mit Essbereich

Das Gymnasium in Diedorf lebt nicht nur im Unterricht neue Lernkultur, sondern legt auf dem Weg zur Ganztagschule ebenso großen Wert auf Esskultur – und zwar unter Berücksichtigung der altersbedingten unterschiedlichen Bedürfnisse der Schüler. So ist die Mensa so zu gestalten, dass das gemeinsame Essen für Schüler der Unterstufe ebenso attraktiv ist wie für die jungen Erwachsenen der Oberstufe.

Wünschenswert wäre eine Mensa mit Kochküche, die durch einen Pächter betrieben wird. Unabhängig von dieser Grundsatzentscheidung muss – egal ob Kochküche oder Ausgabeküche – die Bewirtung von Gästen bei schulischen Veranstaltungen in der Pausenhalle oder der angrenzenden Turnhalle möglich sein. Ein eigenständiges Schülercafé (evtl. in Form einer Schülerfirma) mit kleiner Kochküche für Veranstaltungen muss unabhängig von der voraussichtlich verpachteten Mensaküche gegeben sein, da davon ausgegangen wird, dass die Mensaküche ein abgeschlossener Bereich sein muss. Auch der Pausenverkauf muss bei der Mensa autark funktionieren.

Die Mensa sollte vormittags auch als Aufenthaltsraum/Café für die Jahrgangsstufen 11 und 12 zur Verfügung stehen.

Ein attraktiver, gut zugänglicher Bereich für Verkaufsautomaten sollte in der Pausenhalle (evtl. beim Schülercafé) eingeplant werden.

Wünschenswert wäre, dass die Funktionen Pausenhalle – Mensa – Schülercafé, Musiksäle und Bühne über gemeinsame Toilettenanlagen mit der Turnhalle verbunden werden. So stehen für Großveranstaltungen (ob in der Pausen- oder Turnhalle) ausreichend Toiletten zur Verfügung, ohne dass jeder Bereich eigene sanitäre Anlagen benötigt. (s. auch 3.5 und 3.6)

Da diese Bereiche evtl. auch für nicht-schulische Veranstaltungen zur Verfügung stehen müssen, ist eine autarke Nutzung ohne Betreten der eigentlichen Lernbereiche gesichert.

Folgender Raumbedarf besteht:

Räume für Mensa/ Pausenverpflegung	Anzahl	m <sup>2</sup>	gesamt
Mensa: Speiseraum	1	200 - 220	200 - 220
Mensaküche	1	60	60
Pausenverkauf	1	15 - 20	15 - 20
Schüler- /Veranstaltungscafé- Küchenbereich	1	50	50
		Summe m <sup>2</sup>	325 - 350

### 3.10 Räume für Gruppen einer offenen bzw. gebundenen Ganztagschule

Für die Nachmittagsbetreuung in einer (offenen oder gebundenen) Ganztagschule müssen mindestens zwei Gruppenräume zur Freizeitgestaltung zur Verfügung stehen, mit insgesamt **100 m<sup>2</sup> - 120 m<sup>2</sup>**. Der Schülercafé-Bereich mit 50 m<sup>2</sup> (s. 3.9) soll mitgenutzt werden.

In Bereich dieser Freizeiträume sollte auch Möglichkeiten für die Freizeitgestaltung anderer Schüler bestehen, z. B. mit Kicker und Billardtisch auf dem Flur oder einer Kegelbahn im Sportbereich.

### 3.11 Pausenhof

Die Außenanlagen sind nach Vorlage der Architektenmodelle entwurfsabhängig zu diskutieren und für differenzierte Nutzung zu entwickeln. So ist, wie unter 3.2, 3.4 und 3.6 beschrieben, für den Bereich Kunst-Werken-NaWi ein direkter Zugang nach außen erforderlich. Ein Teil des Pausenhofs muss in Verbindung mit der Bühne als Versammlungs-/Theaterplatz gestaltet werden. Auch der Mensa sollte Sitzbereich „im Grünen“ zugeordnet werden.

Im Pausengelände sollten didaktisch nutzbare Anschauungsobjekte platziert werden, z. B. Flächenabgrenzungen (1 m<sup>2</sup>, 1 Ar) oder dreidimensionale Kantenmodelle wie Würfel (1 m<sup>3</sup>) und Pyramide, Zylinder oder Schraube des Archimedes.

Für die Unterstufe sollte zusätzlich ein Spielplatzcharakter (Klettergerüste, Tischtennisplatten u. a.) geschaffen werden. Bei der Mittel- und Oberstufe steht die persönliche Begegnung im Mittelpunkt, hierfür sollten auch Sitzmöglichkeiten im Freien zur Verfügung stehen.

Für die „bewegte Pause“ sollten Spielgeräte und entsprechende Aufbewahrungsmöglichkeiten (Schuppen) zur Verfügung stehen.

Müllcontainer müssen an geeigneter Stelle (Abholmöglichkeiten!) eingeplant werden, ebenso Fahrradständer (ca. 500 Nutzer) und Lehrerparkplatz (ca. 100, incl. Eltern für Sprechstunden).

### 3.12 Hausmeister- und Raumpflegeräume

Für den Hausmeister ist ein Dienstraum (**22 m<sup>2</sup> - 26 m<sup>2</sup>**) mit modernen Kommunikationsmitteln (Telefon, PC, Internet) und integrierter Werkstatt mit entsprechender Ausstattung (im EG) vorgesehen.

Für Reinigungsgeräte mit Regalen und Lagermöglichkeiten für Verbrauchsmaterial (z. B. Toilettenpapier) ist ein Raum von **18 m<sup>2</sup> - 24 m<sup>2</sup>** (ggf. ohne Tageslicht) zu schaffen.

Wasserzu- und ablauf für Putzwasser sind einzuplanen.

### 3.13 Stauräume

Die Stauräume sind nach Vorlage der Architektenmodelle entwurfsabhängig zu diskutieren und den entsprechenden Fach-/Funktionsbereichen zuzuordnen.

Die Stauräume müssen für Palettenanlieferung geeignet sein.

Zentraler Lagerbedarf entsteht für

Stauräume	Anzahl	m <sup>2</sup>	gesamt
Archiv	1	50 - 60	50 - 60
Lager für Handwerk und Papier	1	25 - 30	25 - 30
Lagerraum (Gartentischgarnituren, Geräte des Elternbeirats für das Sommerfest, Requisite/Fundus, etc.)	1 - 2	35 - 40	35 - 40
Serverraum	1		10 - 12
		Summe m <sup>2</sup>	120 - 142

## 4 Zusammenfassung

Dieses Raumkonzept lässt sich im Rahmen des üblichen Flächenbedarfs (Haupt- und Nebennutzungsflächen) für ein Gymnasium mit ca. 1000 Schülern realisieren.

Alle Fach- und Funktionsräume sollten im Erdgeschoss eingeplant werden, die Lernbereiche der Jahrgangsstufen 5 - 10 und die Oberstufe im Obergeschoss.

Der Verwaltungsbereich und das Lehrerzimmer können über zwei Geschosse geplant werden, sofern eine interne Verbindung (Treppe) gesichert ist. Gleiches gilt für die Bibliothek/Mediathek.

Das zu bebauende Grundstück hat eine ökologisch herausragende Lage an einem FFH-Gebiet mit einmaliger Artenvielfalt. Die **Freiflächen** sollen deshalb sowohl als naturnaher Pausenbereich, als auch als „grünes Klassenzimmer“ (z. B. für Biologie- und Kunstunterricht) genutzt werden. Nicht zuletzt kann ein solches Konzept, das vielfältige Aufenthaltsbereiche (z. B. mit Schulteich, Schulgarten und Kleintierbereich), Vogel- und Amphibienschutz berücksichtigt, aggressionsvermeidend und verantwortungsfördernd wirken.

Der Neubau des Gymnasiums in Diedorf ermöglicht die Umsetzung moderner pädagogischer Ansprüche, wie sie der Lehrplan für das Gymnasium in Bayern fordert. Damit werden nicht nur die uns anvertrauten Kinder und Jugendlichen bestmöglich auf verantwortungsvolle Aufgaben in unserer Gesellschaft vorbereitet; überdies bietet eine solche Schule den Lehrkräften einen Arbeitsplatz, den man gerne aufsucht und nicht zuletzt den Schülerinnen und Schülern einen kind- und jugendgemäßen Lern- und Entwicklungsraum.

Diedorf, den 05.12.2011

LernLandSchaft



Karin Doberer

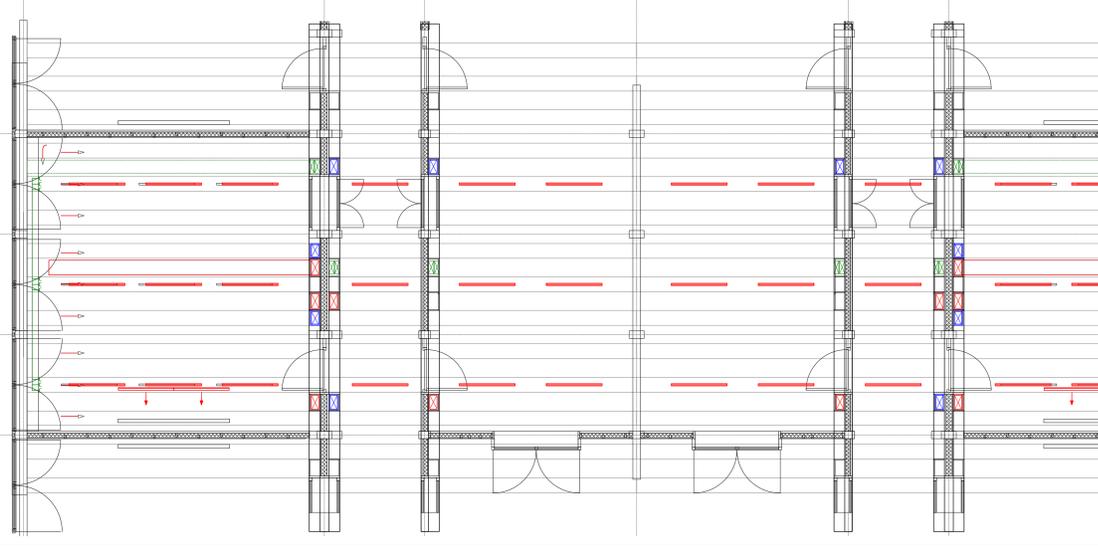
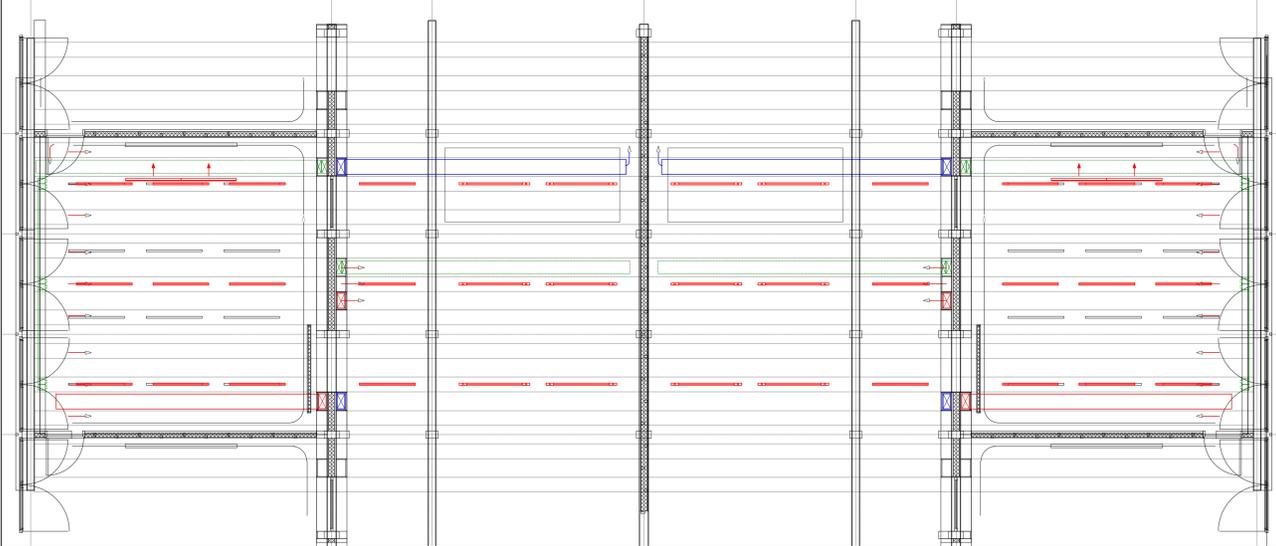
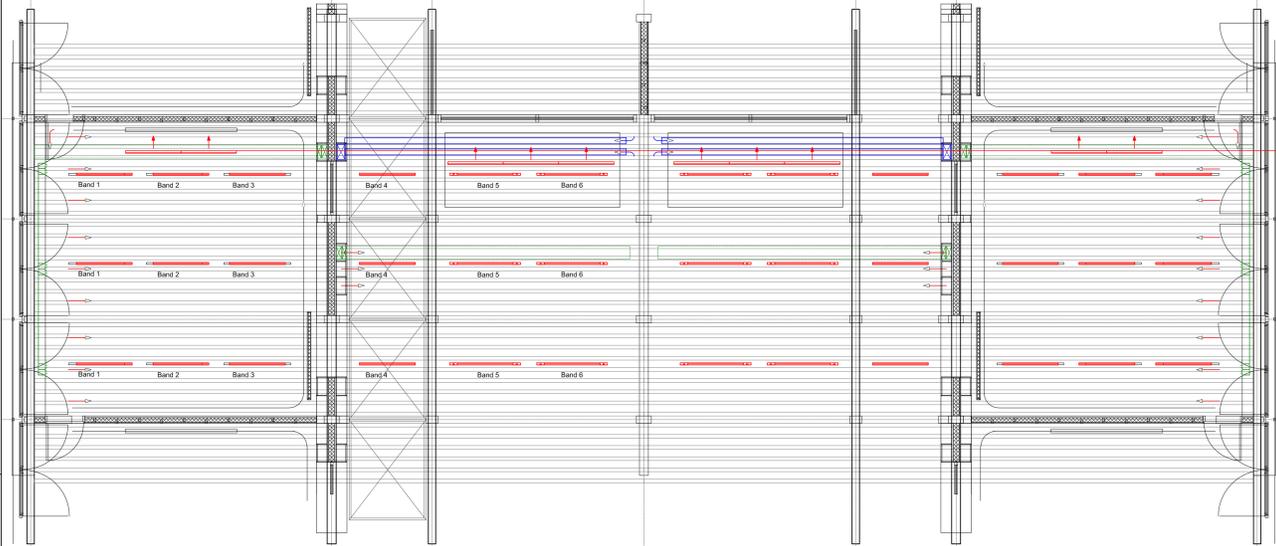
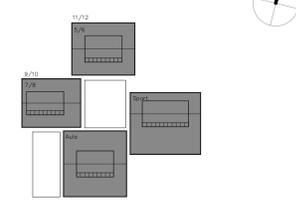
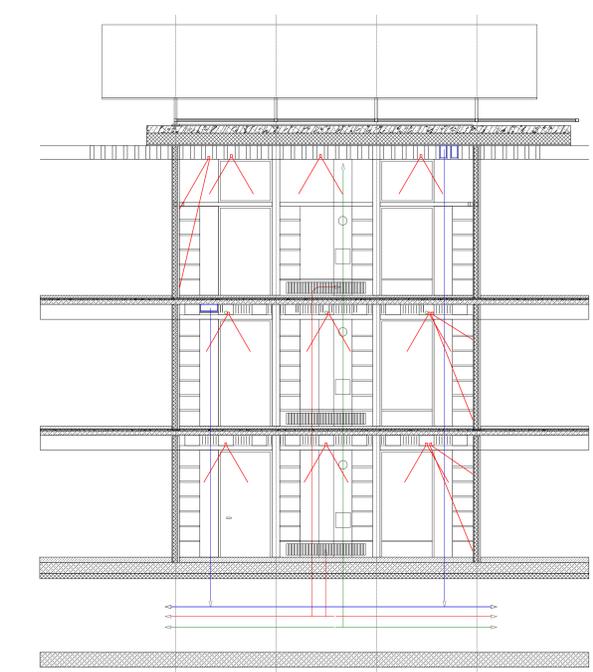
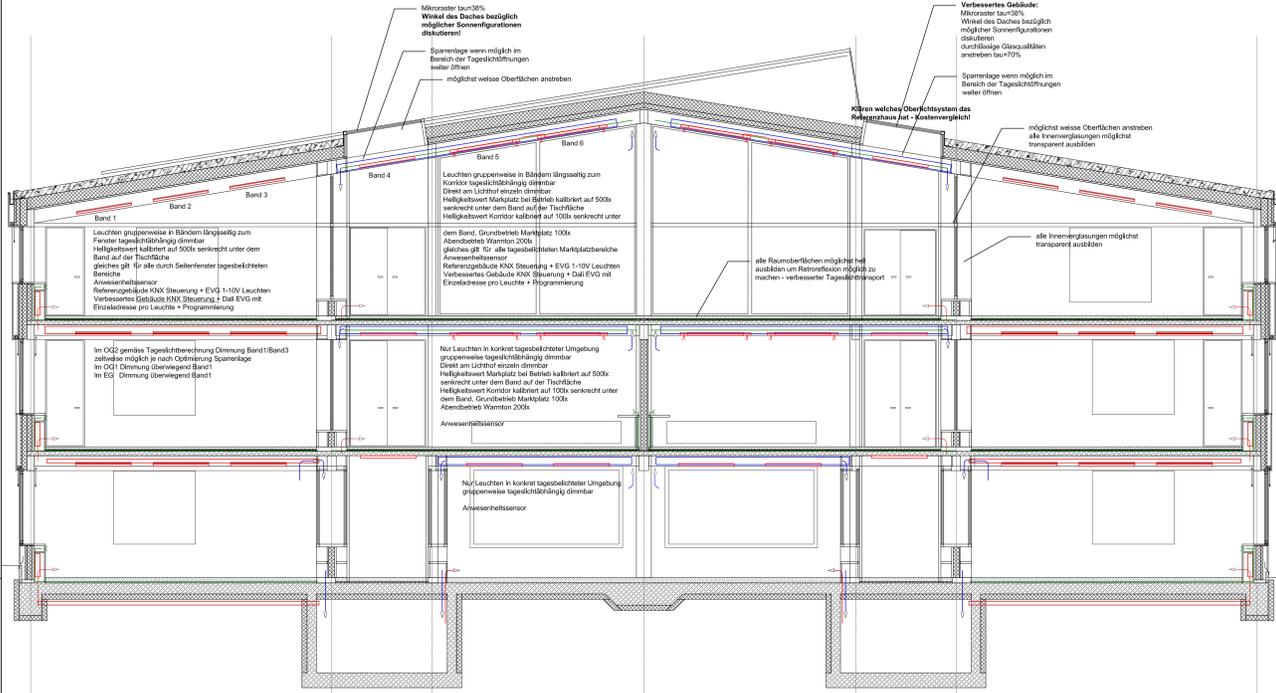
für die Schulgemeinschaft



Günter Manhardt, StD

# Gymnasium Diedorf Kunstlichtkonzept

Klassenraum - Detail  
Kunstlichtkonzept  
Detailangaben Tageslichtsysteme



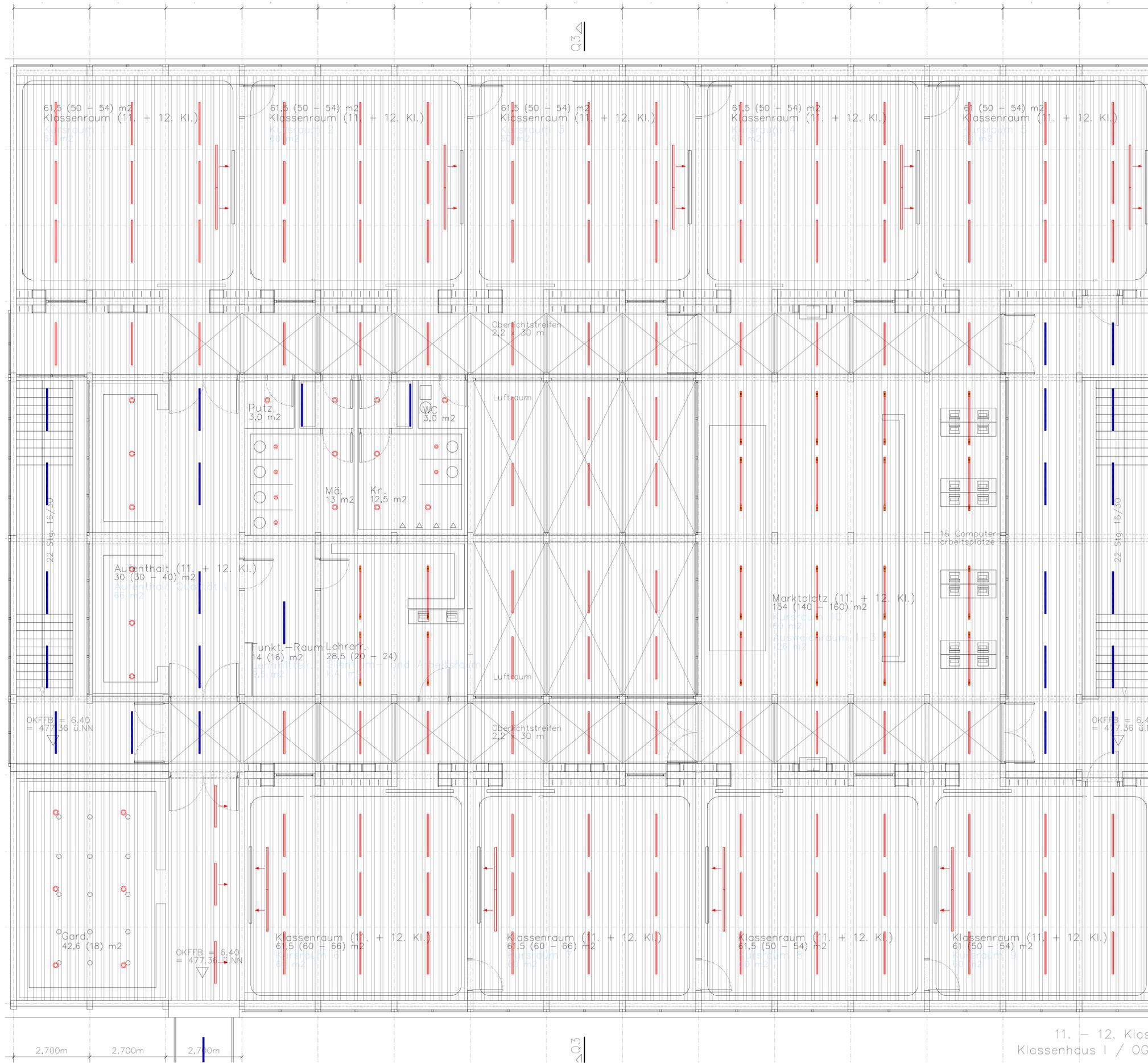
Symbol	Bezeichnung	Bestückung	Montage	Stk.	Pos.
	Spiegelrasterleuchte Klassenraum	Leuchtschlofplatte HC49w/840	Anbau / Einbau Decke	1,1	
	Spiegelrasterleuchte Marktplatz + 2 Spots	Leuchtschlofplatte HC49w/840 2x LED 1200mm	Anbau / Einbau Decke	1,3	
	Wälwischer Tafel asymmetrisch	Leuchtschlofplatte HC49w/840	Anbau / Einbau Decke	1,5	



Projekt		Detail	
Gymnasium Diedorf		Kunstlichtkonzept	
Architekt			
Architekten Kaufmann ZT GmbH		Florian Nagler Architekten GmbH	
Wohnstr.	Post-Nr.	Phone	
	101	Entwurf	
Datum 18.08.2012/rbm			
Anleitung		Rev	Dat
Anpassung auf Architekturstand 27.09.2012		Index A	02.10.2012
		rhm	
Sonstiges			

# Gymnasium Diedorf Kunstlichtkonzept

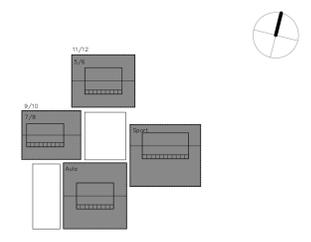
OG2 11.-12. Klasse  
Kunstlichtkonzept



L4

03/4

03/3



Symbol	Bezeichnung	Bestückung	Montage	Stk.	Pos.
	Spiegelrasterleuchte Klassenraum	Leuchtstofflampe HO49W/840	Anbau Decke	116	1.1
	Spiegelrasterleuchte Marktplatz + 1 Spot	Leuchtstofflampe HO49W/840 Zwei Halogen 50W/12V oder LED	Anbau Decke	0	1.2
	Spiegelrasterleuchte Marktplatz + 2 Spots	Leuchtstofflampe HO49W/840 Zwei Halogen 50W/12V oder LED	Anbau Decke	20	1.3
	Langfeldleuchte opale Abdeckung	Leuchtstofflampe HE35W/840	Anbau Decke	26	1.4
	Wahlwischer Tafel asymmetrisch	Leuchtstofflampe HO49W/840	Anbau Decke	21	1.5
	Büroarbeitsplatzleuchte Eddison	Leuchtstofflampe 2xHE35W/840	Abgesperrt	0	1.6
	LED-Spot 2200lm	LED 3000K LED13W/830	Anbau Decke	21	4.1
	LED-Spot 1000lm	LED 3000K LED13W/830	Anbau Decke	6	4.2
	LED-Spot IPS4 1000lm	LED 3000K LED13W/830	Anbau Decke	0	4.3



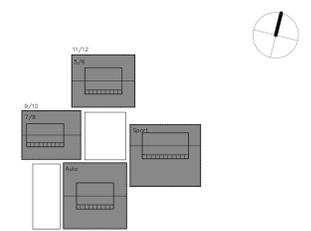
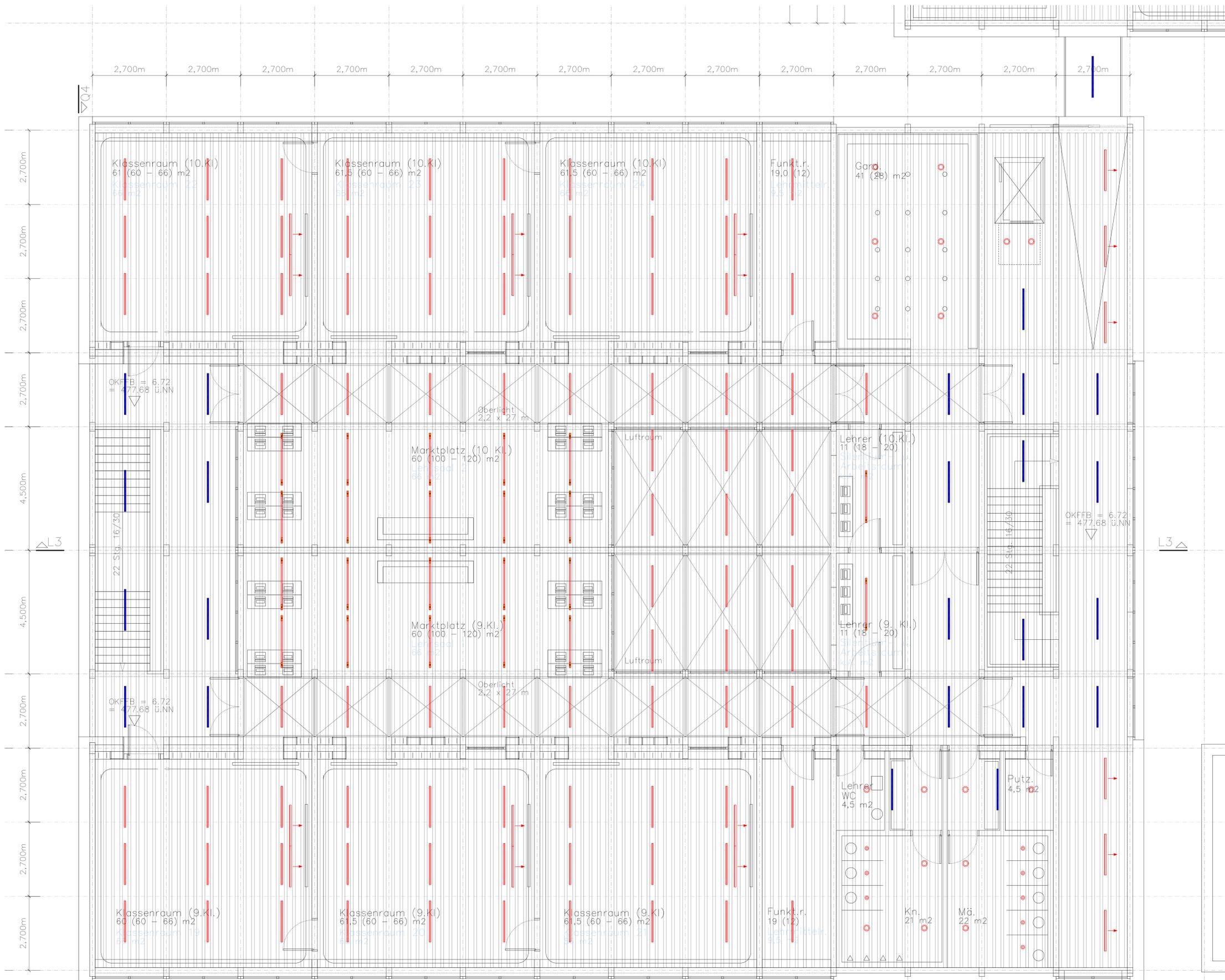
Projekt		Datum	
Gymnasium Diedorf		Kunstlichtkonzept	
Architekt			
Architekten Kaufmann ZT GmbH		Florian Nagler Architekten GmbH	
Maßstab	Plan-Nr.	Phase	
	102_OG2_11-12 Klasse	Entwurf	
Datum			
18.08.2012/rbm			
Anforderung	Rev.	Dat.	Geo.
Anpassung an Architekturstand 27.09.2012	Index A	02.10.2012	rbm
Sonstiges			

11. - 12. Klasse  
Klassenhaus I / OG 2

Lumens - die Kunst der Lichtplanung - Entwurfsbüro - 25 - 93541 München  
phone +49(0)89 24485-0 fax +49(0)89 24485-20 info@lumens.de

# Gymnasium Diedorf Kunstlichtkonzept

OG2 9-10. Klasse  
Kunstlichtkonzept



Symbol	Bezeichnung	Bestückung	Montage	Stk.	Pos.
	Spiegelrastrleuchte Klassenraum	Leuchtstofflampe HO49W/840	Anbau Decke	88	1.1
	Spiegelrastrleuchte Marktplatz + 1 Spot	Leuchtstofflampe HO49W/840 3x Halogen 50W/12V oder LED	Anbau Decke	0	1.2
	Spiegelrastrleuchte Marktplatz + 2 Spots	Leuchtstofflampe HO49W/840 2x Halogen 50W/12V oder LED	Anbau Decke	22	1.3
	Langleuchte opale Abdeckung	Leuchtstofflampe HE35W/840	Anbau Decke	24	1.4
	Wahlwischer Tafel symmetrisch	Leuchtstofflampe HO49W/840	Anbau Decke	18	1.5
	Büroarbeitsplatteleuchte Eldicon	Leuchtstofflampe 2x HE35W/840	Abgesenkt Decke	0	1.6
	LED-Spot 2200lm	LED 3000K LED13W/830	Anbau Decke	17	4.1
	LED-Spot 1000lm	LED 3000K LED13W/830	Anbau Decke	8	4.2
	LED-Spot IP54 1000lm	LED 3000K LED13W/830	Anbau Decke	0	4.3

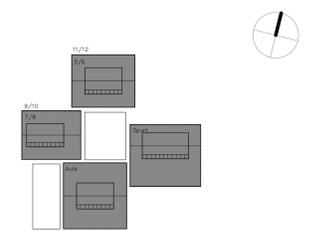
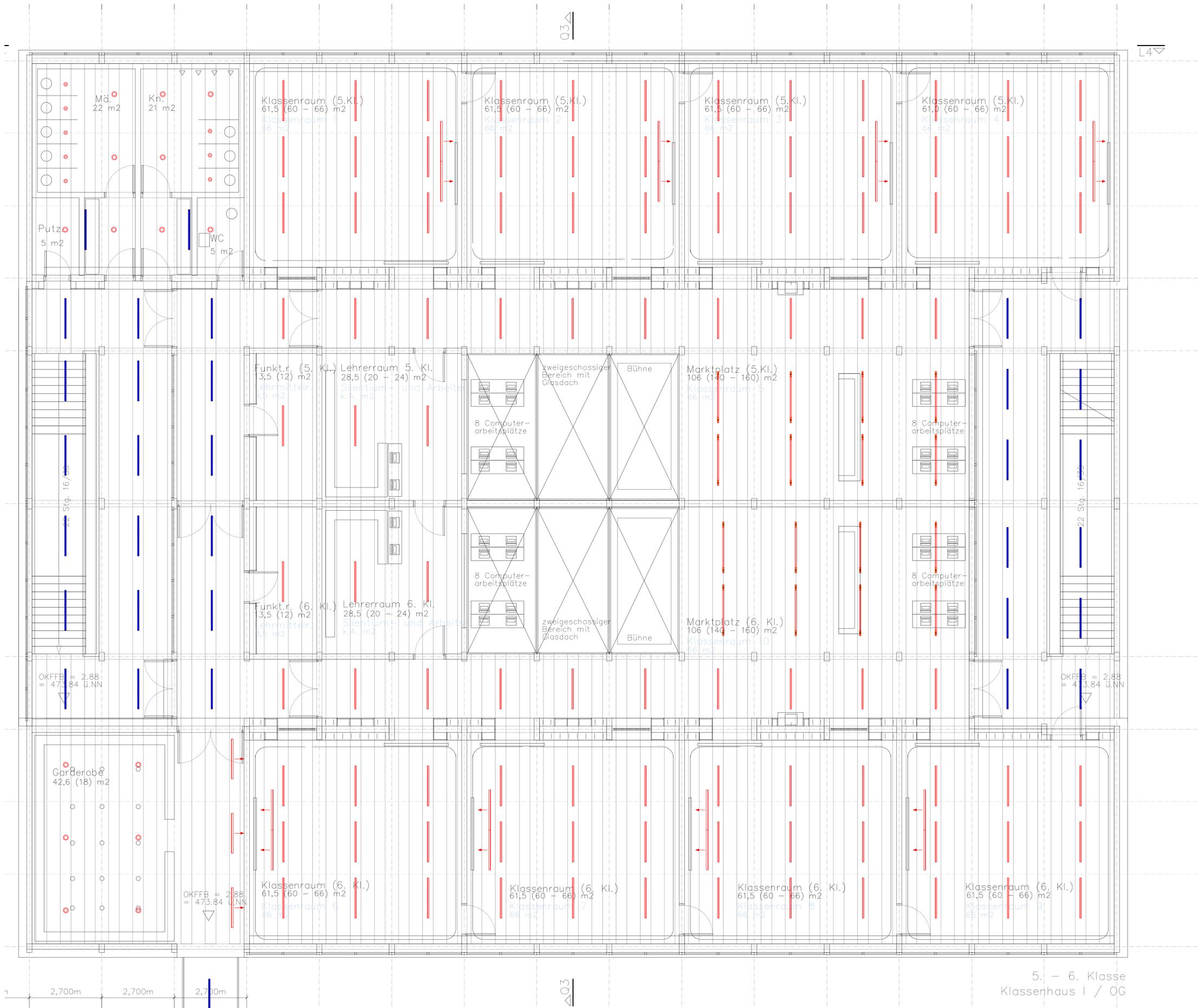


Projekt		Datum	
Gymnasium Diedorf		Kunstlichtkonzept	
Architekt			
Architekten Kaufmann ZT GmbH		Florian Nagler Architekten GmbH	
Maßstab	Plan-Nr.	Plan-Nr.	Phase
	103_OG2_9-10 Klasse		Entwurf
Datum: 18.08.2012/rbm			
Anleitung		Rev	Dat
Anpassung auf Architekturstand 27.09.2012		Index A	02.10.2012
18.08.2012/rbm			
Sonstiges			

9. - 10. Klasse  
Klassenhaus II / OG 2

# Gymnasium Diedorf Kunstlichtkonzept

OGI 5-6. Klasse  
Kunstlichtkonzept



Symbol	Bezeichnung	Bestückung	Montage	Stk.	Pos.
	Spiegelrasterleuchte Klassenraum	Leuchtstofflampe HO49W/840	Einbau Decke	98	1.1
	Spiegelrasterleuchte Marktplatz + 1 Spot	Leuchtstofflampe HO49W/840 3x Halogen 50W/12V oder LED	Einbau Decke	0	1.2
	Spiegelrasterleuchte Marktplatz + 2 Spots	Leuchtstofflampe HO49W/840 2x Halogen 50W/12V oder LED	Einbau Decke	16	1.3
	Langfilamentleuchte opale Abdeckung	Leuchtstofflampe HE35W/840	Einbau Decke	33	1.4
	Büroarbeitsplatzleuchte	Leuchtstofflampe 2x HE35W/840	Abgesperrt Decke	0	1.6
	LED-Spot 1000lm	LED 3000K LED2,8W/830	Einbau Decke	15	4.1
	LED-Spot 1000lm	LED 3000K LED1,3W/830	Einbau Decke	8	4.2
	LED-Spot IP54 1000lm	LED 3000K LED1,3W/830	Einbau Decke	0	4.3



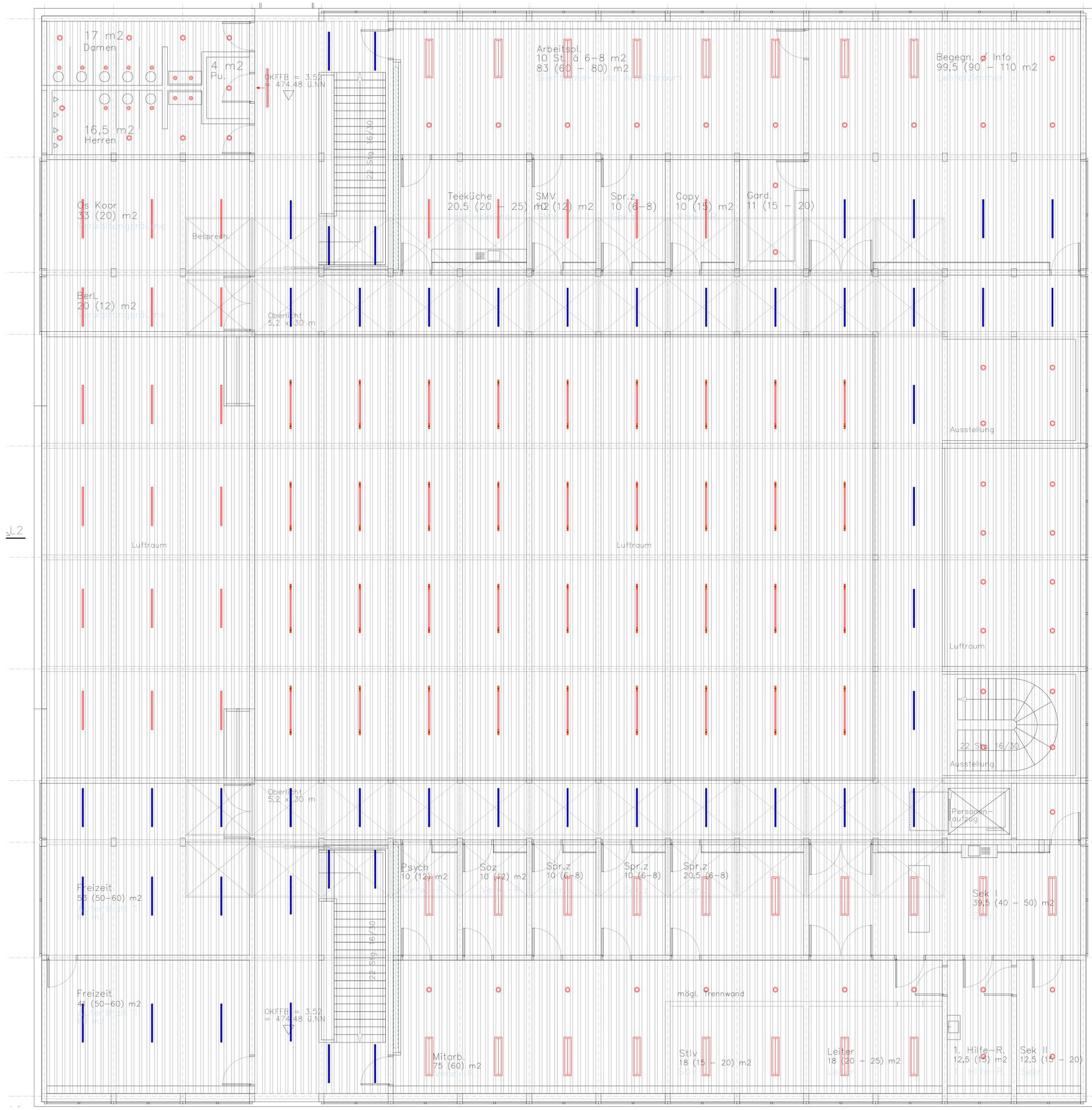
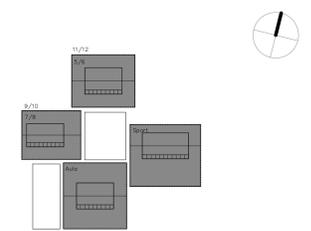
5. - 6. Klasse  
Klassenhaus I / OG

Projekt		Datum	
Gymnasium Diedorf		Kunstlichtkonzept	
Architekt			
Architekten Kaufmann ZT GmbH		Florian Nagler Architekten GmbH	
Maßstab	Plan-Nr.	Phase	
	104_OGI_5-6 Klasse	Entwurf	
Datum			
18.08.2012/rbm			
Anleitung		Rev	Dat
Anpassung an Architekturstand 27.09.2012		Index A	02.10.2012
			rbm
Sonstiges			



# Gymnasium Diedorf Kunstlichtkonzept

OGI Verwaltung + Aula Luftraum  
Kunstlichtkonzept



Symbol	Bezeichnung	Bestückung	Montage	Stk.	Pos.
	Spiegelrasterleuchte Klassenraum	Leuchstofflampe HO49W/840	Anbau Decke	23	1.1
	Spiegelrasterleuchte Marktplatz + 1 Spot	Leuchstofflampe HO49W/840 Zahlstrahlgen 50W/12V oder LED	Anbau Decke	0	1.2
	Spiegelrasterleuchte Marktplatz + 2 Spots	Leuchstofflampe HO49W/840 Zahlstrahlgen 50W/12V oder LED	Anbau Decke	36	1.3
	Langfeldleuchte opale Abdeckung	Leuchstofflampe HE35W/840	Anbau Decke	52	1.4
	Wahlwischer Tafel symmetrisch	Leuchstofflampe HO49W/840	Anbau Decke	1	1.5
	Büroarbeitsplatzleuchte Eldicon	Leuchstofflampe 2x HE35W/840	Abgesenkt	26	1.6
	LED-Spot 2200lm	LED 3000K LED13W/830	Anbau Decke	53	4.1
	LED-Spot 1000lm	LED 3000K LED13W/830	Anbau Decke	12	4.2
	LED-Spot 1000lm	LED 3000K LED13W/830	Anbau Decke	0	4.3

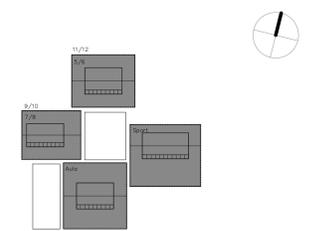
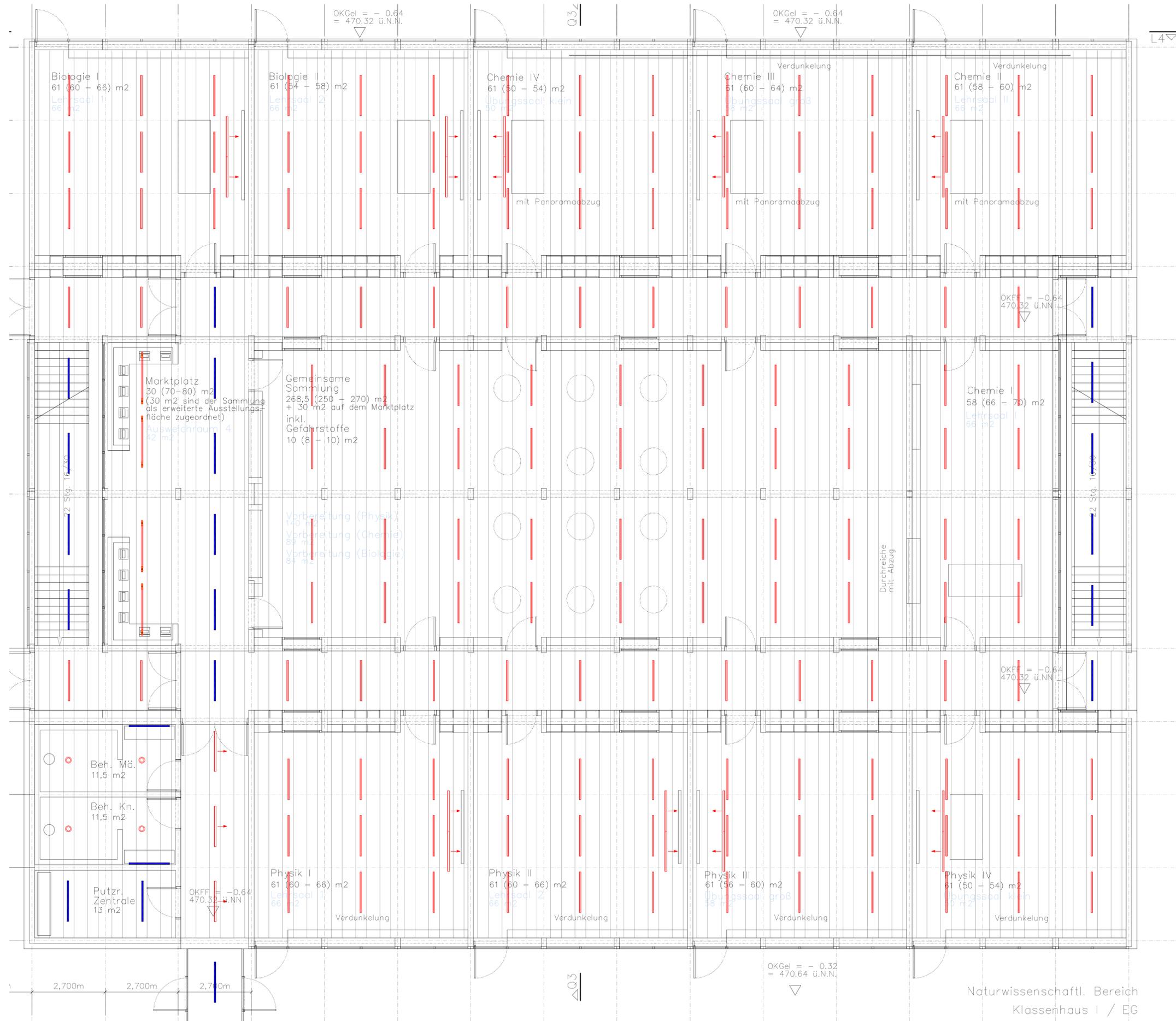


Projekt		Detail	
Gymnasium Diedorf		Kunstlichtkonzept	
Architekt			
Architekten Kaufmann ZT GmbH		Florian Nagler Architekten GmbH	
Maßstab	Plan-Nr.	Plan-Nr.	Phase
	106_OGI_Verwaltung		Entwurf
Datum			
19.08.2012/rbm			
Anmerkung			
Anpassung auf Architekturstand 27.09.2012		Rev	Dat
		Index A	02.10.2012
			rbm
Sonstiges			



# Gymnasium Diedorf Kunstlichtkonzept

EG Naturwissenschaften  
Kunstlichtkonzept



Symbol	Bezeichnung	Bestückung	Montage	Stk.	Pos.
	Spiegelreflektierte Klassenraum	Leuchtstofflampe HO49W/840	Einbau Decke	147	1.1
	Spiegelreflektierte Marktplatz + 1 Spot	Leuchtstofflampe HO49W/840 3x Halogen 50W/12V oder LED	Einbau Decke	0	1.2
	Spiegelreflektierte Marktplatz + 2 Spots	Leuchtstofflampe HO49W/840 2x Halogen 50W/12V oder LED	Einbau Decke	4	1.3
	Langfeldleuchte opale Abdeckung	Leuchtstofflampe HE35W/840	Einbau Decke	21	1.4
	Wahlweiser Tafel asymmetrisch	Leuchtstofflampe HO49W/840	Einbau Decke	21	1.5
	Büroarbeitsplatzleuchte Eldacon	Leuchtstofflampe 2x HE35W/840	Abgesperrt Decke	0	1.6
	LED-Spot 2200lm	LED 3000K LED28W/830	Einbau Decke	4	4.1
	LED-Spot 1000lm	LED 3000K LED13W/830	Einbau Decke	0	4.2
	LED-Spot IP54 1000lm	LED 3000K LED13W/830	Einbau Decke	0	4.3

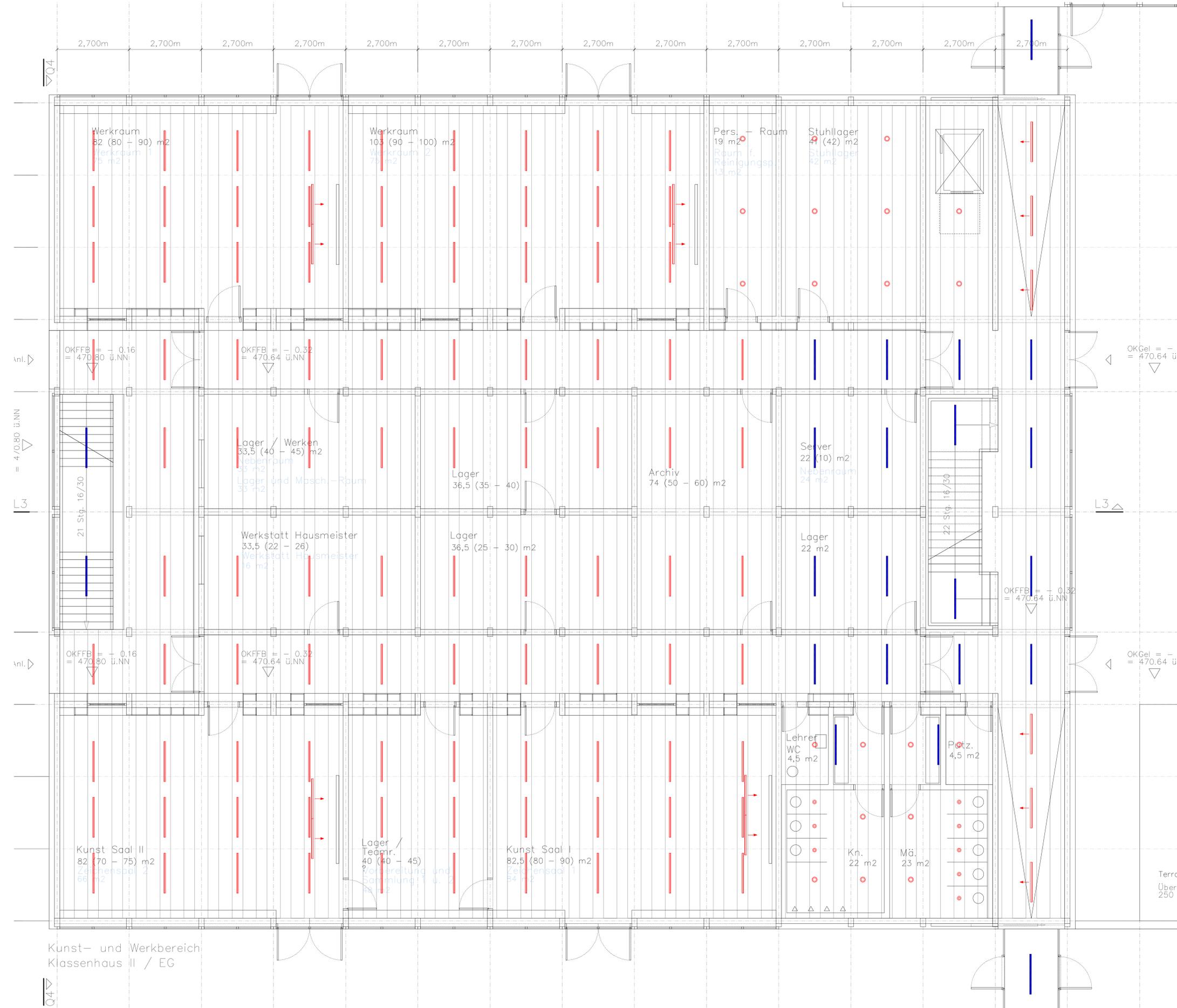
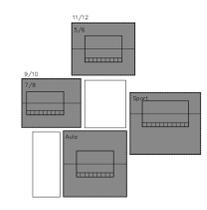


Projekt		Datum	
Gymnasium Diedorf		Kunstlichtkonzept	
Architekt			
Architekten Kaufmann ZT GmbH		Florian Nagler Architekten GmbH	
Mitarbeiter		Plan-Nr.	
		108_EG_Naturwissenschaften Entwurf	
Datum			
19.08.2012/rbm			
Anleitung		Rev	Dat
Anpassung auf Architekturstand 27.09.2012		Index A	02.10.2012
		rbm	
Sonstiges			

Lumen 3.de, James B. glö, 2012, EG, Gymnasium Diedorf, 3D-Plan, 02.10.2012, Lumen 3.de, Naturwissenschaftl. Bereich / EG

# Gymnasium Diedorf Kunstlichtkonzept

EG Kunstbereich  
Kunstlichtkonzept



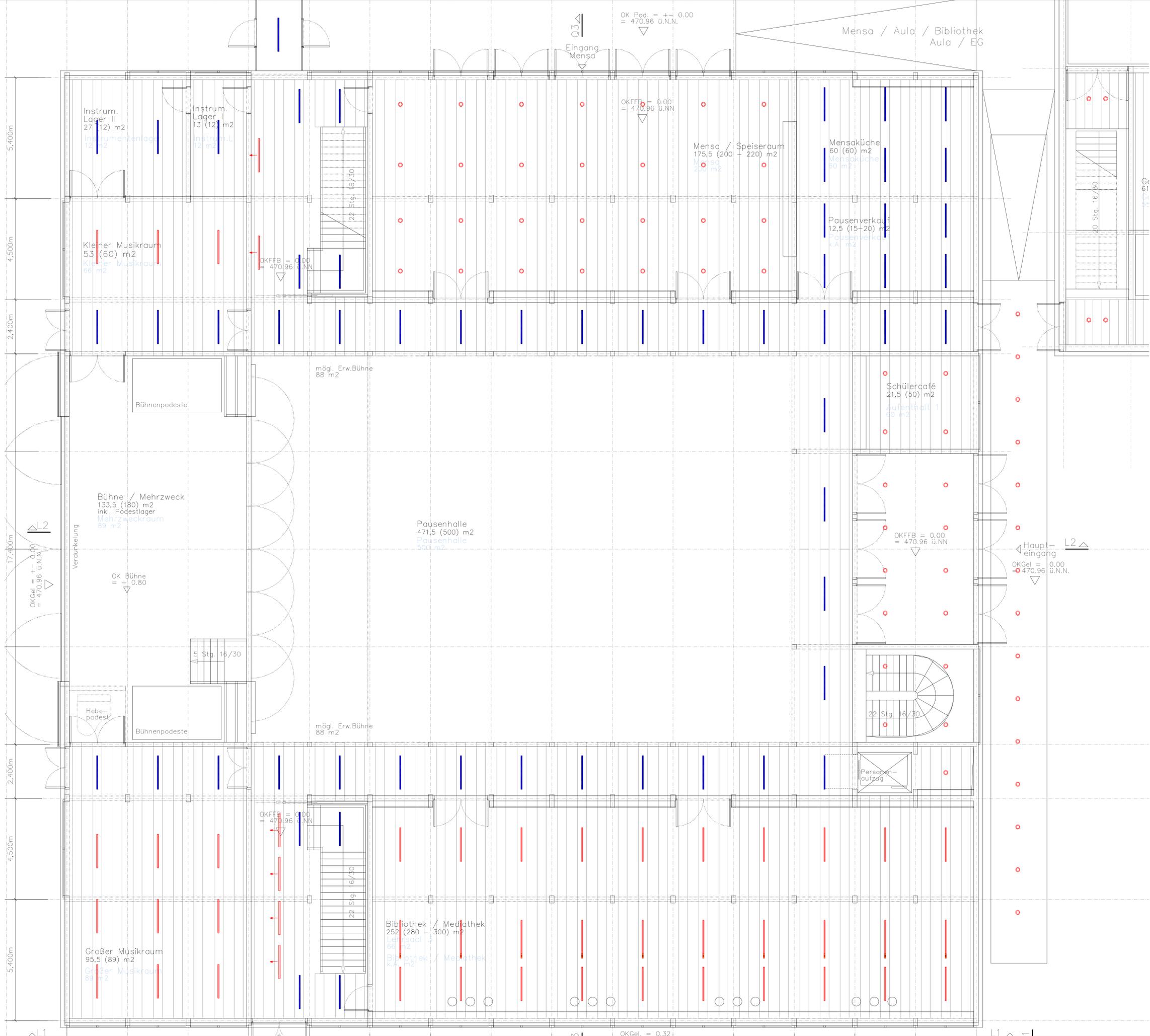
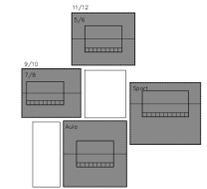
Symbol	Bezeichnung	Bestückung	Montage	Stk.	Pos.
[Red line]	Spiegelrasterleuchte Klassenraum	Leuchtstofflampe HO49W/840	Anbau / Einbau Decke	95	1.1
[Red line]	Spiegelrasterleuchte Marktplatz + 1 Spot	Leuchtstofflampe HO49W/840 Zahlstrahl 50W/12V oder LED	Anbau / Einbau Decke	0	1.2
[Red line]	Spiegelrasterleuchte Marktplatz + 2 Spots	Leuchtstofflampe HO49W/840 Zahlstrahl 50W/12V oder LED	Anbau / Einbau Decke	0	1.3
[Red line]	Langfeldleuchte opale Abdeckung	Leuchtstofflampe HE35W/840	Anbau / Einbau Decke	21	1.4
[Red line]	Wahlwischer Tafel asymmetrisch	Leuchtstofflampe HO49W/840	Anbau / Einbau Decke	14	1.5
[Red line]	Büroarbeitsplatzleuchte Eldacon	Leuchtstofflampe 2xHE35W/840	Abgesperrt Decke	0	1.6
[Red line]	Spiegelrasterleuchte ballwurfsicher	Leuchtstofflampe HO49W/840	Anbau Decke	0	1.7
[Red circle]	LED-Spot 2300lm	LED 3000K LED25W/830	Anbau / Einbau Decke	20	4.1
[Red circle]	LED-Spot 1000lm	LED 3000K LED13W/830	Anbau / Einbau Decke	8	4.2
[Red circle]	LED-Spot IPS4 1000lm	LED 3000K LED13W/830	Anbau / Einbau Decke	0	4.3



Projekt		Detail	
Gymnasium Diedorf		Kunstlichtkonzept	
Architekt			
Architekten Kaufmann ZT GmbH		Florian Nagler Architekten GmbH	
Projekt-Nr.	109_EG_Kunstbereich	Plan-Nr.	Entwurf
Datum	19.08.2012/rbm		
Anlass	Anpassung an Architekturstand 27.09.2012	Rev	02.10.2012
		Index A	rbm

# Gymnasium Diedorf Kunstlichtkonzept

EG Bibliothek  
Kunstlichtkonzept



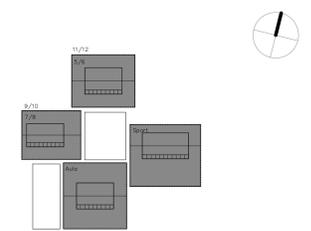
Symbol	Bezeichnung	Bestückung	Montage	Stk.	Pos.
	Spiegelfasterleuchte Klassenraum	Leuchtstofflampe HO49w/840	Einbau Decke	32	1.1
	Spiegelfasterleuchte Marktplatz + 1 Spot	Leuchtstofflampe HO49w/840 3x Halogen 50w/12V oder LED	Einbau Decke	10	1.2
	Spiegelfasterleuchte Marktplatz + 2 Spots	Leuchtstofflampe HO49w/840 2x Halogen 50w/12V oder LED	Einbau Decke	0	1.3
	Langfeldleuchte opale Abdeckung	Leuchtstofflampe HE35w/840	Einbau Decke	55	1.4
	Wahlweiser Tafel symmetrisch	Leuchtstofflampe HO49w/840	Einbau Decke	6	1.5
	Büroarbeitsplatzleuchte Eldacon	Leuchtstofflampe 2x HE35w/840	Abgesperrt Decke	0	1.6
	LED-Spot 1000lm	LED 3000K LED25w/830	Einbau Decke	60	4.1
	LED-Spot 1000lm	LED 3000K LED13w/830	Einbau Decke	0	4.2
	LED-Spot 1000lm	LED 3000K LED13w/830	Einbau Decke	0	4.3



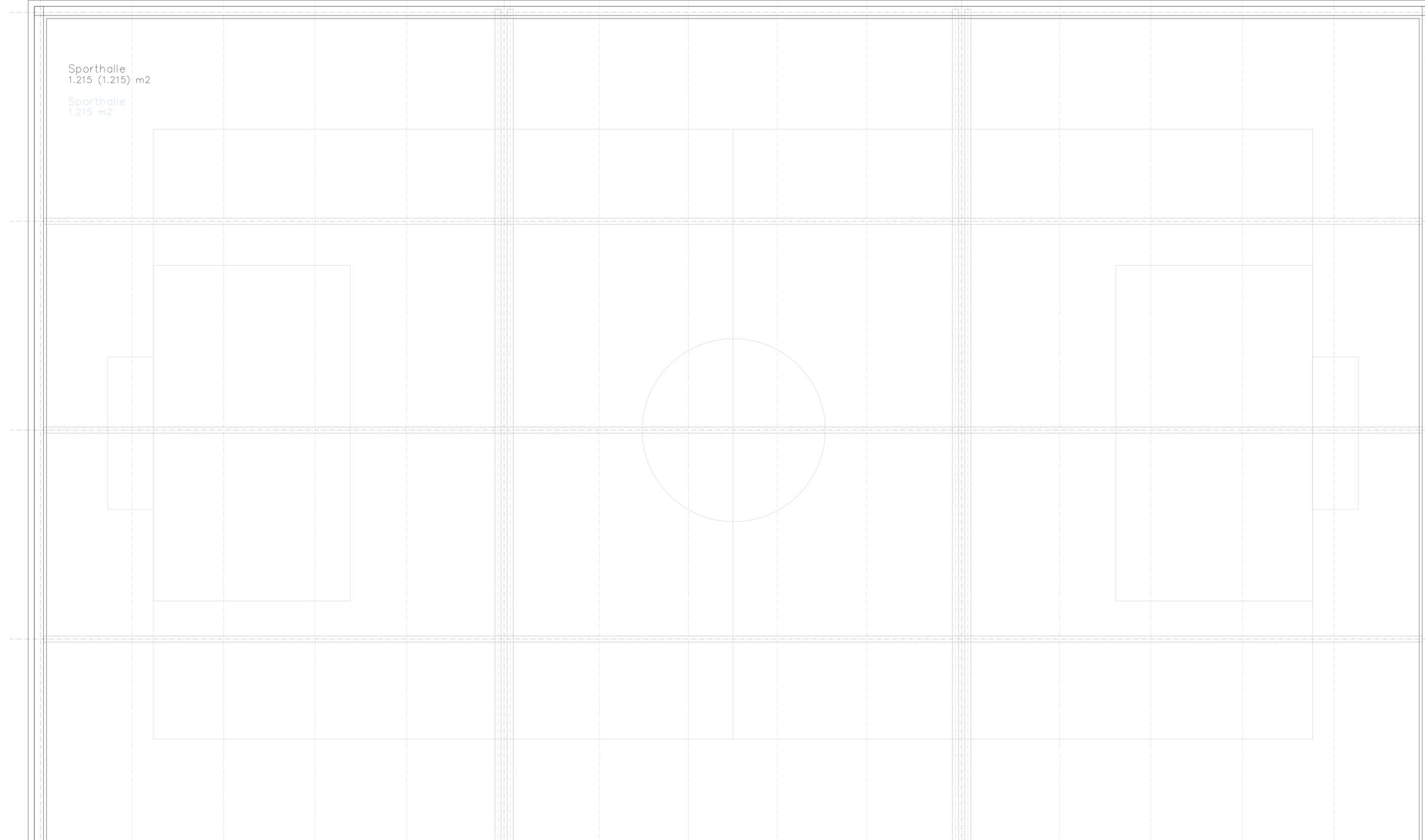
Projekt		Datum	
Gymnasium Diedorf		Kunstlichtkonzept	
Architekt			
Architekten Kaufmann ZT GmbH Florian Nagler Architekten GmbH			
Adresse	Post- Nr.	Phone	
	110_EG_Bibliothek	Entwurf	
Datum			
19.08.2012/rbm			
Anforderung	Rev	Dat	Geo
Anpassung auf Architekturstand 27.09.12	Index A	02.10.2012	rbm
Sonstiges			

# Gymnasium Diedorf Kunstlichtkonzept

EG Sport  
Kunstlichtkonzept



Sporthalle  
1.215 (1.215) m<sup>2</sup>  
Sporthalle  
1.215 m<sup>2</sup>



L3

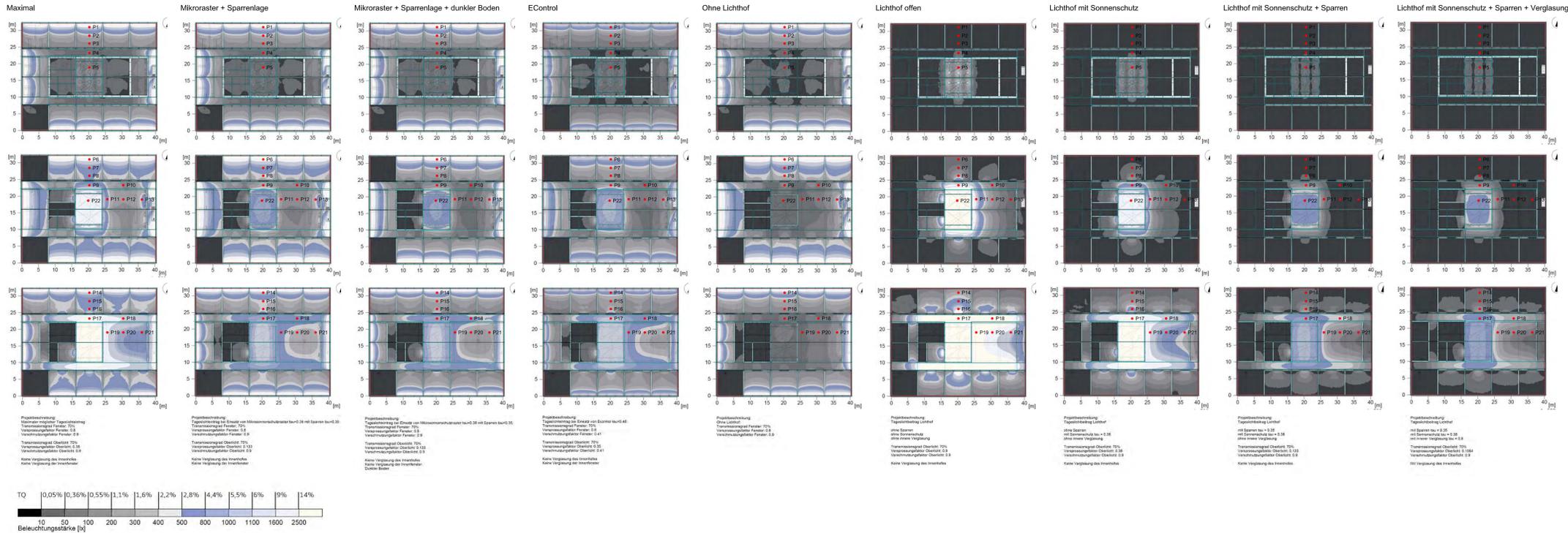
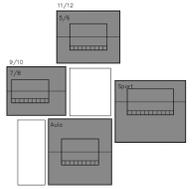
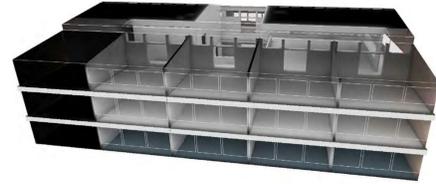
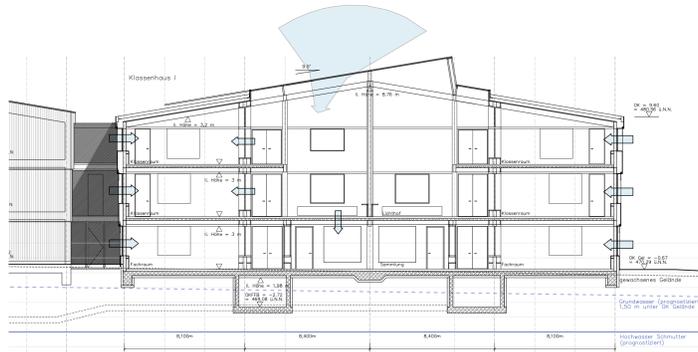
Symbol	Bezeichnung	Bestückung	Montage	Stk. Pos.
	Spiegelrastrleuchte Klassenraum	Leuchtstofflampe HO49W/840	Anbau Decke	0 1.1
	Spiegelrastrleuchte Marktplatz + 1 Spot	Leuchtstofflampe HO49W/840 Zahlstrahlger 50W/12V oder LED	Anbau Decke	0 1.2
	Spiegelrastrleuchte Marktplatz + 2 Spots	Leuchtstofflampe HO49W/840 Zahlstrahlger 50W/12V oder LED	Anbau Decke	0 1.3
	Langfeldleuchte opale Abdeckung	Leuchtstofflampe HE35W/840	Anbau Decke	9 1.4
	Wahlwischer Tafel symmetrisch	Leuchtstofflampe HO49W/840	Anbau Decke	0 1.5
	Büroarbeitsplatzleuchte Eldacon	Leuchtstofflampe 2xHE35W/840	Abgesperrt Decke	0 1.6
	LED-Spot 2200lm	LED 3000K LED13W/830	Anbau Decke	40 4.1
	LED-Spot 1000lm	LED 3000K LED13W/830	Anbau Decke	0 4.2
	LED-Spot 1000lm	LED 3000K LED13W/830	Anbau Decke	12 4.3



Projekt		Detail	
Gymnasium Diedorf		Kunstlichtkonzept	
Architekt			
Architekten Kaufmann ZT GmbH		Florian Nagler Architekten GmbH	
Adresse	Plan-Nr.	Phase	
	111_EG_Sport	Entwurf	
Datum 19.08.2012/rbm			
Anforderung		Rev	Dat
Anpassung auf Architekturstand 27.09.2012		Index A	02.10.2012
Anlagen			

Lumen 3 gis - Lichtplanung - Entwurfsst. 25 - 81241 München





Gymnasium Diedorf  
Tageslichtuntersuchung  
Lichttechnische Kennwerte  
Tageslichtautonomie  
01.10.2012

Tageslichtberechnungen Ergebnisse Varianten	Punkt 1 EG fensterlich 1,5m		Punkt 2 EG Raummitte 3m		Punkt 3 EG Raumdecke 4,5m		Punkt 4 EG Gangbereich		Punkt 5 EG Sammelung		Punkt 6 GG1 fensterlich 1,5m		Punkt 7 GG1 Raummitte 3m		Punkt 8 GG1 Raumdecke 4,5m		Punkt 9 GG1 Gangbereich am Lichtof		Punkt 10 GG1 Gangbereich		Punkt 11 GG1 Markplatz am Lichtof		Punkt 12 GG1 Markplatz Mitte		Punkt 13 GG1 Markplatz Tiefe		Punkt 14 GG2 fensterlich 1,5m		Punkt 15 GG2 Raummitte 3m		Punkt 16 GG2 Raumdecke 4,5m		Punkt 17 GG2 Gangbereich am Lichtof		Punkt 18 GG2 Gangbereich		Punkt 19 GG2 Markplatz am Lichtof		Punkt 20 GG2 Markplatz Mitte		Punkt 21 GG2 Markplatz Tiefe		Punkt 22 GG2 Mitte Hof		Punkt 23 EG Aula		Punkt 24 EG Sportfläche	
	TD-Wert (%)	Tapetallicht- autonomie (%)	TD-Wert (%)	Tapetallicht- autonomie (%)	TD-Wert (%)	Tapetallicht- autonomie (%)	TD-Wert (%)	Tapetallicht- autonomie (%)	TD-Wert (%)	Tapetallicht- autonomie (%)	TD-Wert (%)	Tapetallicht- autonomie (%)	TD-Wert (%)	Tapetallicht- autonomie (%)	TD-Wert (%)	Tapetallicht- autonomie (%)	TD-Wert (%)	Tapetallicht- autonomie (%)	TD-Wert (%)	Tapetallicht- autonomie (%)	TD-Wert (%)	Tapetallicht- autonomie (%)	TD-Wert (%)	Tapetallicht- autonomie (%)	TD-Wert (%)	Tapetallicht- autonomie (%)	TD-Wert (%)	Tapetallicht- autonomie (%)	TD-Wert (%)	Tapetallicht- autonomie (%)	TD-Wert (%)	Tapetallicht- autonomie (%)	TD-Wert (%)	Tapetallicht- autonomie (%)	TD-Wert (%)	Tapetallicht- autonomie (%)	TD-Wert (%)	Tapetallicht- autonomie (%)	TD-Wert (%)	Tapetallicht- autonomie (%)	TD-Wert (%)	Tapetallicht- autonomie (%)	TD-Wert (%)	Tapetallicht- autonomie (%)				
Maximal	9,0	77	2,2	0	1,0	0	0,4	0	0,6	0	14,0	88	4,4	45	3,0	13	5,0	95	3,6	73	5,0	52	1,8	0	2,8	7	9,0	77	5,0	52	4,4	45	14,0	100	9,0	99	10,0	81	6,0	62	4,4	44	14,0	88				
Mikroraster + Sparranlage	9,0	77	2,2	0	1,0	0	0,1	0	0,4	0	14,0	88	4,4	45	2,6	0	1,8	78	3,0	52	1,6	0	0,5	0	2,4	0	9,0	77	2,8	7	2,5	0	5,5	100	3,0	89	3,0	12	2,0	0	2,2	0	5,0	52				
Mikroraster + Sparranlage dunkler Boden	9,0	77	2,2	0	1,0	0	0,1	0	0,4	0	10,0	80	2,8	7	1,3	0	1,6	73	0,6	12	1,4	0	0,4	0	1,6	0	8,0	73	3,0	0	2,0	0	5,0	95	2,8	88	2,8	7	1,6	0	4,4	44	1,3	0	1,0	0		
Elektronisches Glas - EControl	4,4	44	1,1	0	0,5	0	0,1	0	0,4	0	5,5	38	2,2	0	1,2	0	1,7	75	0,6	12	1,7	0	0,6	0	1,2	0	4,4	44	1,8	0	1,8	0	8,0	100	3,0	89	4,0	37	2,2	0	1,7	0	4,5	45				
Ohne Lichtof	9,0	77	2,2	0	1,0	0	0,1	0	0,1	0	14,0	88	4,4	45	2,2	0	0,6	12	0,3	0	0,1	0	0,4	0	2,2	0	8,0	73	2,0	0	1,0	0	0,4	0	0,4	0	0,3	0	0,4	0	0,1	0	0,1	0				
Lichtof offen	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	1,6	0	0,3	0	0,9	0	1,6	0	9,0	100	3,0	52	9,0	77	1,1	0	0,3	0	1,6	0	3,0	12	9,0	77	18,0	100	14,0	100	16,0	90	12,0	84	8,0	73	16,0	90				
Lichtof + Mikroraster	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,1	0	0,6	0	0,0	0	0,0	0	0,5	0	2,8	88	0,4	0	1,2	0	0,5	0	0,0	0	0,5	0	1,1	0	3,0	12	14,0	100	7,0	98	9,0	77	4,4	44	2,8	7	11,0	82				
Lichtof + Mikroraster + Sparranlage	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,5	0	0,0	0	0,0	0	0,5	0	1,6	73	0,0	0	0,5	0	0,0	0	0,0	0	0,1	0	0,5	0	1,0	0	4,4	94	2,4	96	2,2	0	0,8	0	0,5	0	1,6	73				
Lichtof + Mikroraster + Sparranlage + Verglasung	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	1,2	62	0,0	0	0,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,1	0	0,3	0	0,8	0	3,8	93	2,0	80	1,9	0	0,6	0	0,4	0	3,8	94				

Projekt:  Inhalt:

Gymnasium Diedorf  
Bauherr:  Tageslichtuntersuchung

Landkreis Augsburg  
Architekt:

Architekten Kaufmann ZT GmbH Florian Nagler Architekten GmbH  
Mitarbeiter:  Post-Nr.:  Phone:

Dat/Ser:  113\_Berechnungsergebnisse Entwurf

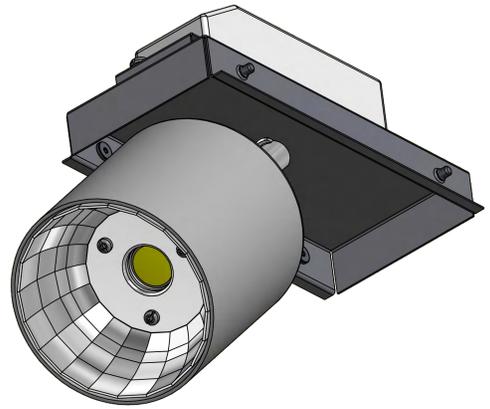
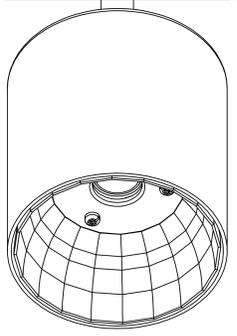
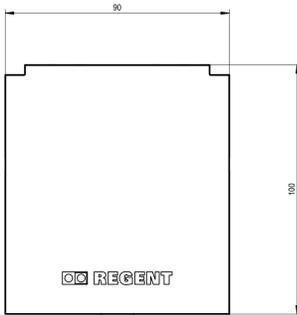
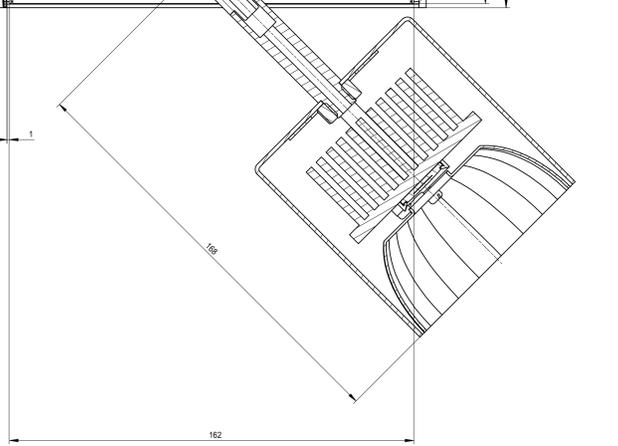
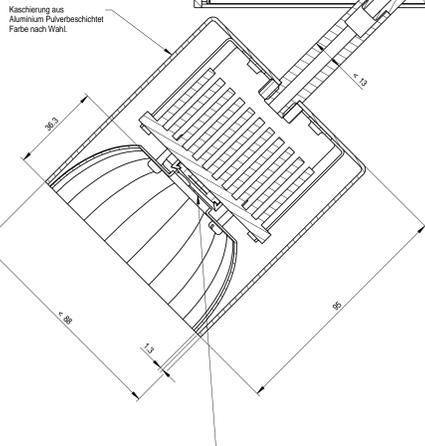
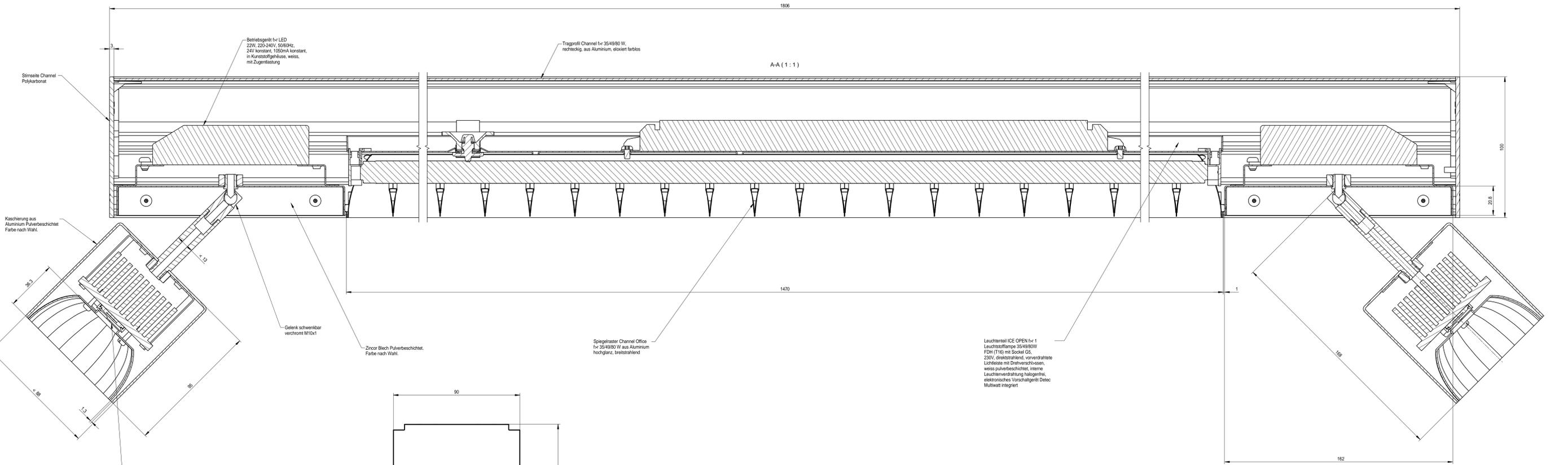
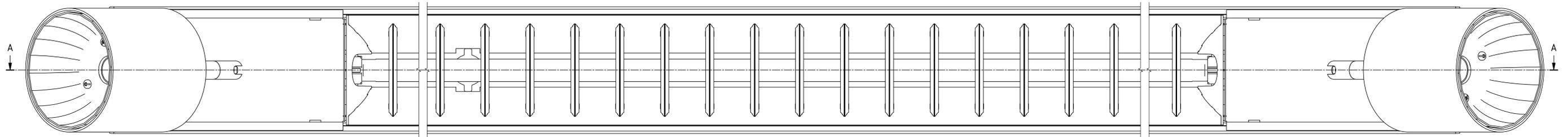
Dat/Ser:  19.08.2012/rbm

Anforderung:  Rev:  Dat:  Ges:

Tageslichtautonomien aktualisiert:  Index A  01.10.2012  rbm

Sonstiges:





Betriebsgerät für LED  
 22W, 220-240V, 50/60Hz,  
 24V konstant, 1650mA konstant,  
 in Kunststoffgehäuse, weiss,  
 mit Zugverfestung

Tragprofil Channel für 354/9/80 W,  
 rechteckig, aus Aluminium, eloxiert farblos

Spinnseite Channel  
 Polycarbonat

Kaschierung aus  
 Aluminium Pulverbeschichtet  
 Farbe nach Wahl

Gelenk schwenkbar  
 verchromt M10x4

Zinnor Blech Pulverbeschichtet,  
 Farbe nach Wahl

Spiegelreflektor Channel Office  
 für 354/9/80 W aus Aluminium  
 hochglanz, breitrauerend

Leuchtereil ICE OPEN für 1  
 Leuchtstofflampe 354/9/80W  
 F2H1 (T10) mit Spotteil GS,  
 230V, direktstrahlend, vorverdrahtete  
 Lichtleiste mit Drehverablosener,  
 weiss pulverbeschichtet, interne  
 Leuchterverdrahtung halogenfrei,  
 elektronisches Vorschaltgerät Deco,  
 MultiWatt integriert

LED Modul  
 1200mm

Stück	Gegenstand	Pos.	Material	Lager-Nr.
<b>Aufbauleuchte</b>				
<b>REGENT</b> Lighting		Allg. Toleranz A0	Zeichnungsnummer 00073706	Index
<small>Das Urheberrecht an dieser Zeichnung verbleibt jederzeit bei REGENT Beleuchtungsgeräte AG, Dorfstrasse 300, CH-4018 Basel. Ohne unsere Genehmigung darf sie nicht kopiert oder vervielfältigt, auch niemals Dritten Personen mitgeteilt oder zugänglich gemacht werden.</small>				

Projektname: Anlagenvariante  
 Variantenbezeichnung: Anlagenvariante

07.10.2012

## Wirtschaftlichkeitsberechnung

### Anlagendaten

PV-Leistung: 496,08 kWp  
 Inbetriebnahme der Anlage: 01.05.2014      Gesamt-Degradation: 10,00 %

### Stromeinspeisung

Einspeisekonzept:	Eigenverbrauch
Für die ersten 20 Jahre:	0,1656 €/kWh
Danach:	0,0000 €/kWh
Einsparungen durch Eigenverbrauch:	0,2200 €/kWh

### Allgemeine Wirtschaftlichkeitsparameter

Betrachtungszeitraum:	20 Jahre
Kapitalzins:	3,00 %
Alle Angaben ohne Umsatzsteuer	

### Kostenbilanz

Investitionen:	849.765,00 €
Betriebsgeb. Kosten:	5.948,36 €/a
Einspeisevergütung im ersten Jahr:	56.799,51 €/a
Einsparungen Strombezug:	36.828,99 €/a

### Finanzierung

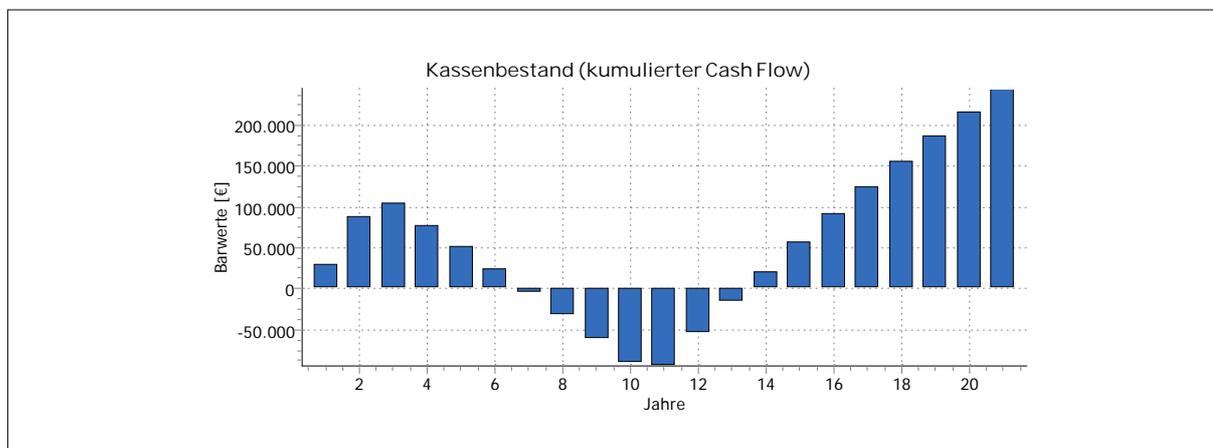
Solarstrom erzeugen Laufzeit 10 Jahre	
Zinsbindung 10 Jahre	
Kreditsumme:	849.765,00 €

### Steuern

Steuersatz:	30,0 %
Abschreibungsdauer:	10 Jahre
Art der Abschreibung:	Lineare Abschreibung
Abschreibungsrate:	10,00 %

### Ergebnisse nach der Kapitalwertmethode

Kapitalwert:	246.067,55 €
Mindestlaufzeit der Anlage	13,1 Jahre
Stromgestehungskosten:	0,13 €/kWh



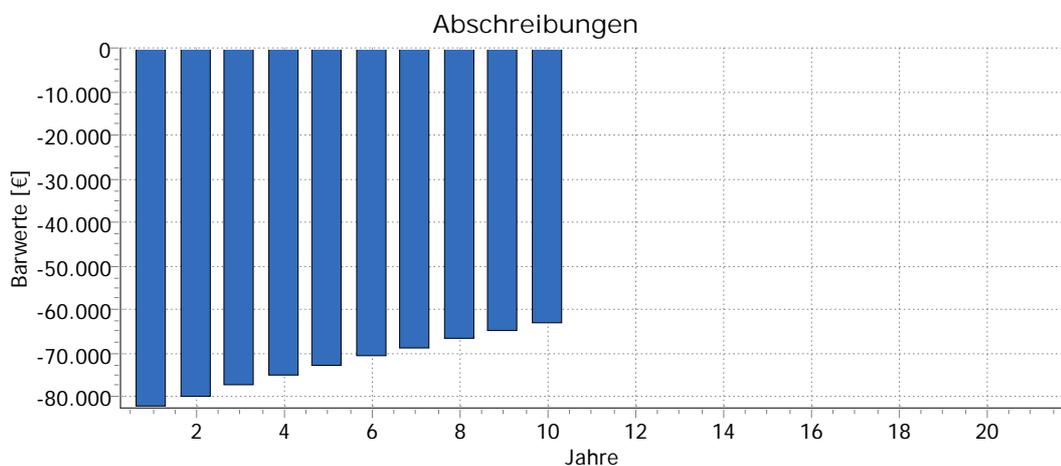
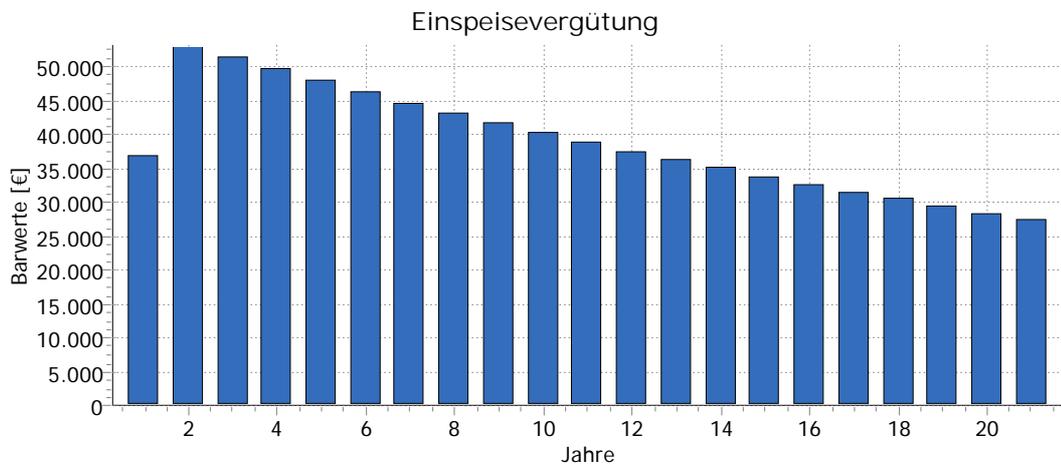
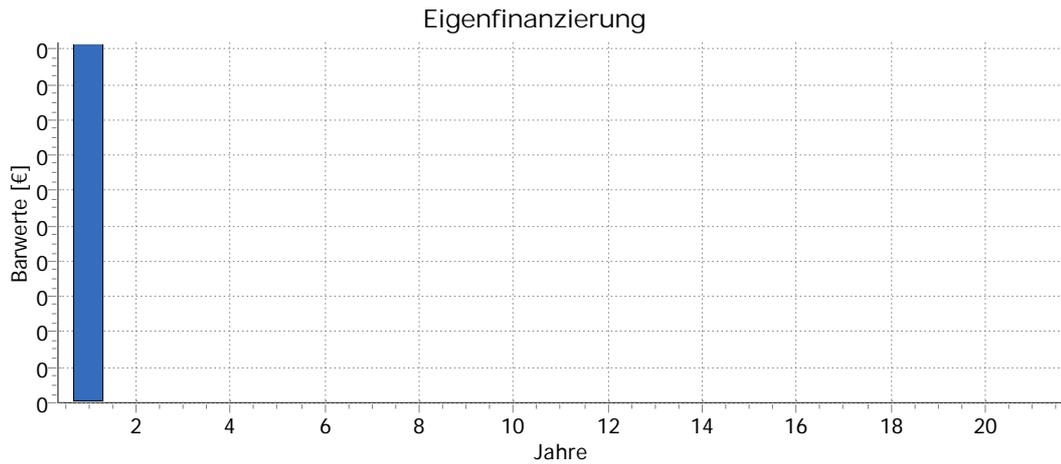
---

Projektname:	Anlagenvariante	07.10.2012
Variantenbezeichnung:	Anlagenvariante	

### Detaillierte Auflistung aller Ein-/Auszahlungen

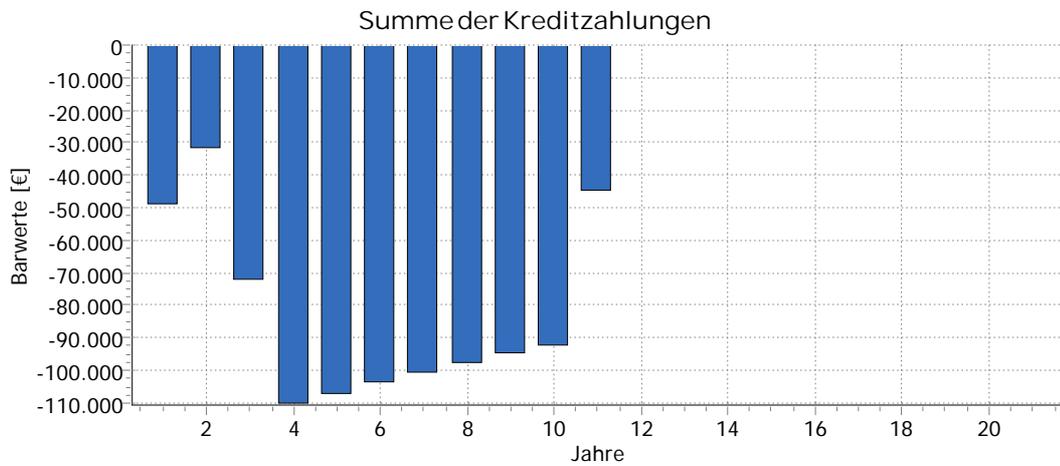
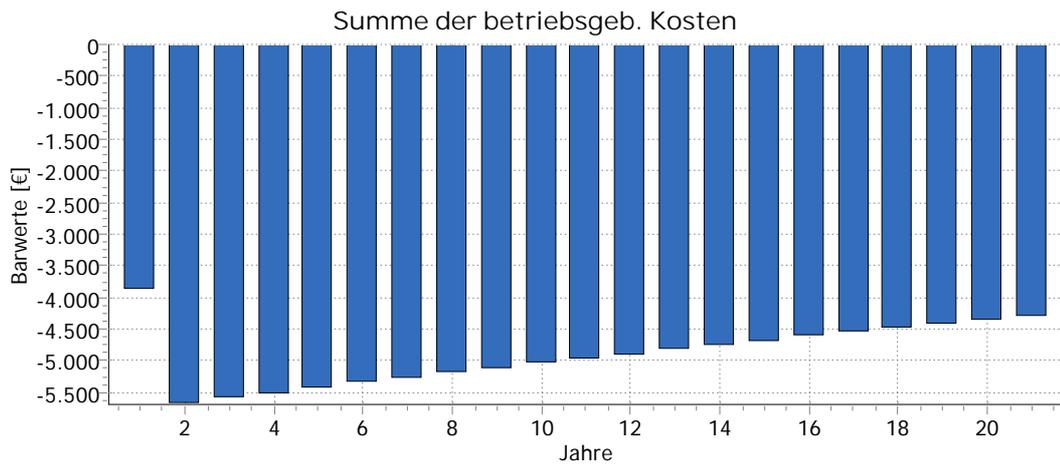
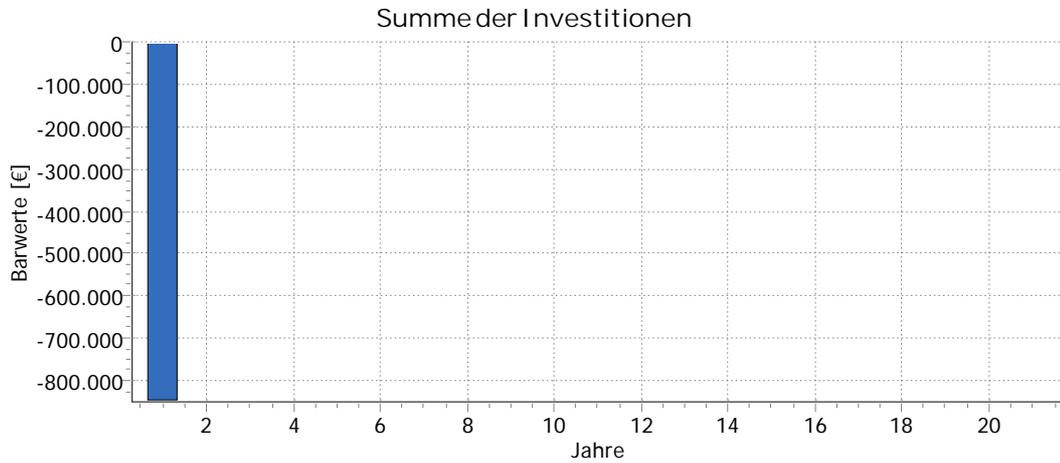
Investitionen			
Position	Nutzungsdauer [a]	Preisänd.faktor [%]	Betrag[€]
Investitionen	21	0,00	849.765,00
Betriebsgeb. Kosten			
Position			Betrag[€]/a
Betriebskosten		1,50	5.948,36
Einspeisevergütung			
Position			Betrag[€]/a
Einspeisevergütung		0,00	56.799,51
Einsparungen Strombezug			
Position			Betrag[€]/a
Einsparungen Strombezug		0,00	36.828,99
Finanzierung			
Solarstrom erzeugen Laufzeit 10 Jahre Zinsbindung 10 Jahre			
Kreditsumme:		849.765,00 €	
Auszahlungssumme:		815.774,40 €	
Laufzeit:		10 Jahre	
Kreditzins:		4,00 %	
tilgungsfreie Anlaufjahre:		2 Jahre	
Tilgungsfrist		vierteljährlich	

## Grafische Darstellung der Ergebnisse



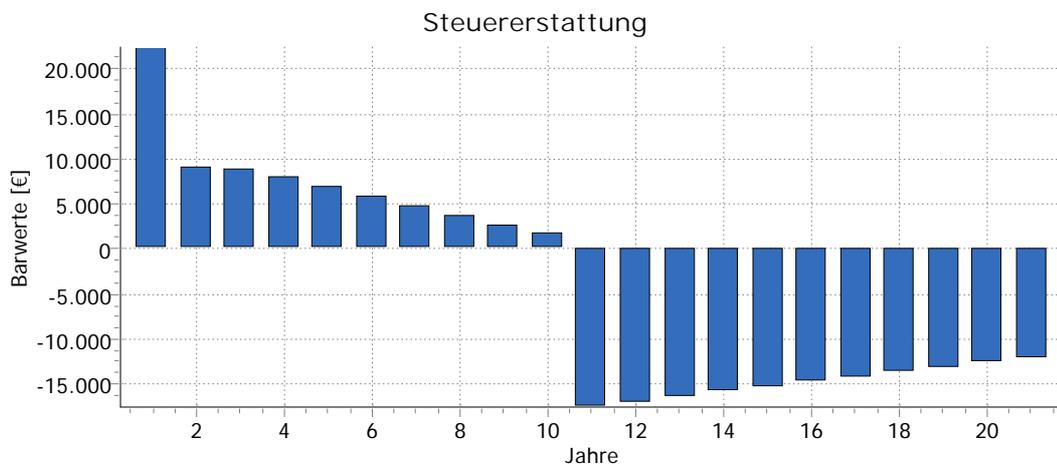
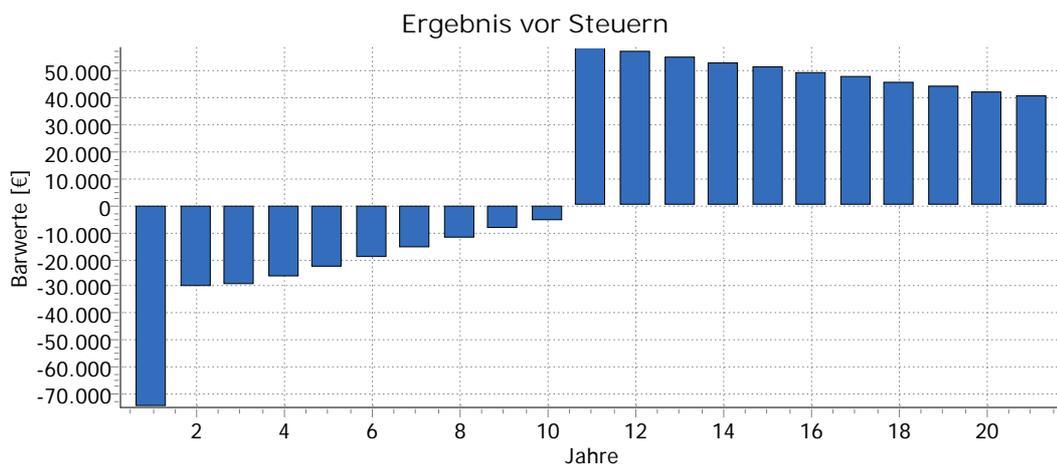
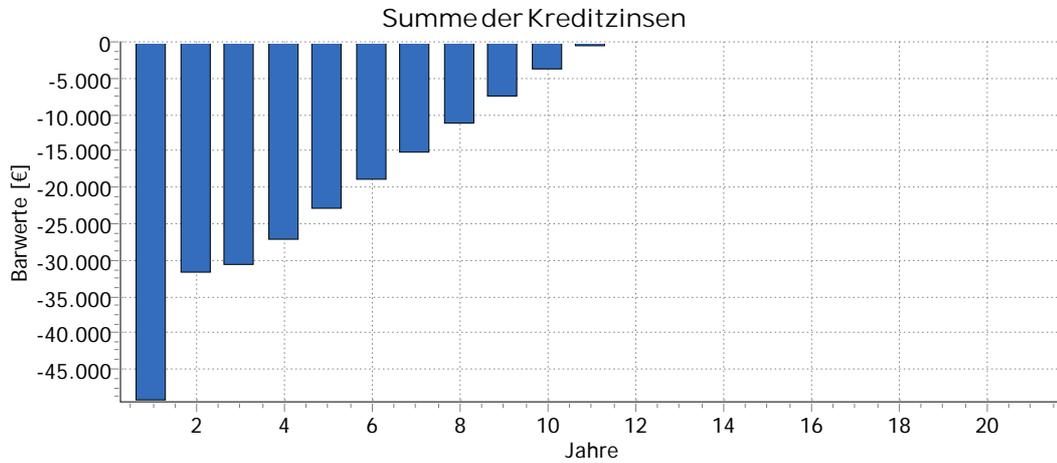
Projektname: Anlagenvariante  
Variantenbezeichnung: Anlagenvariante

07.10.2012



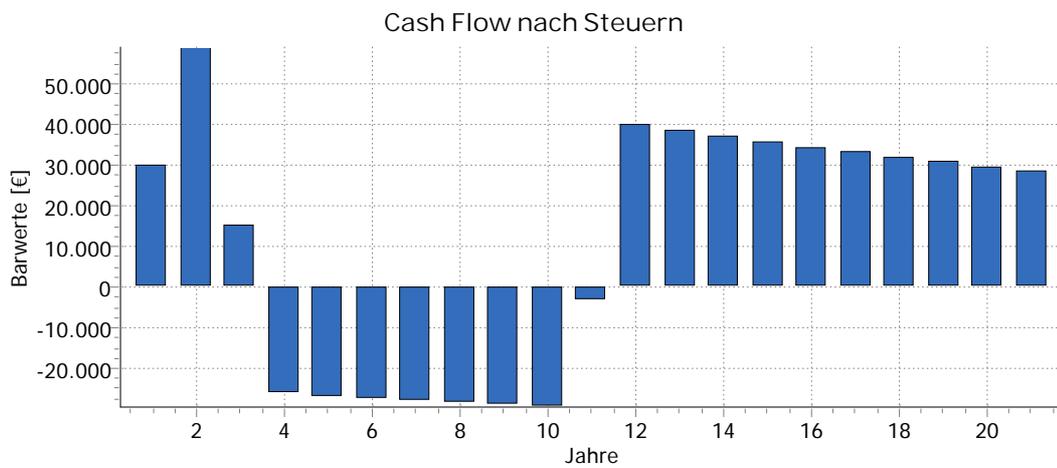
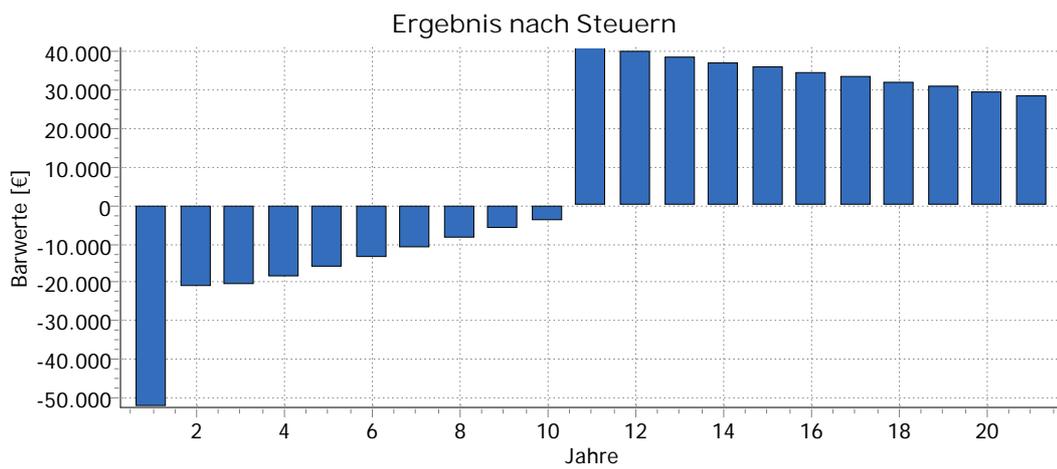
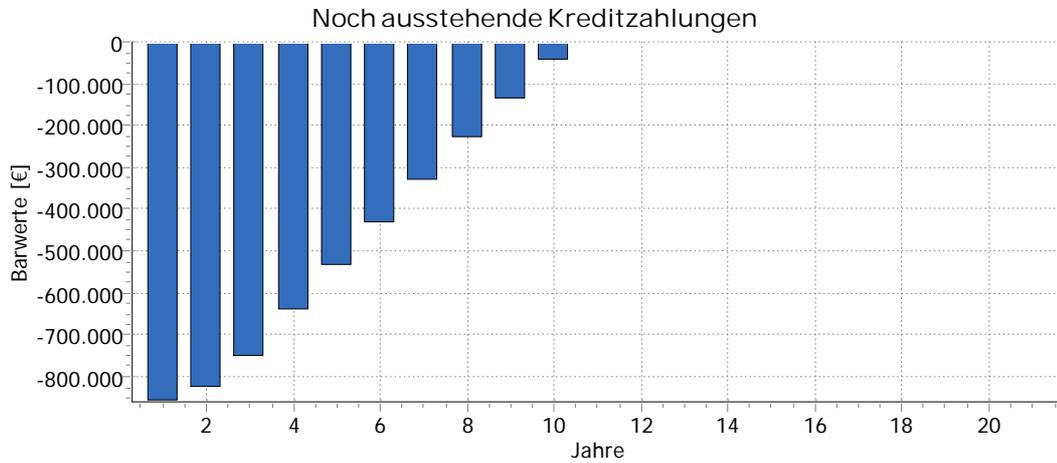
Projektname: Anlagenvariante  
 Variantenbezeichnung: Anlagenvariante

07.10.2012



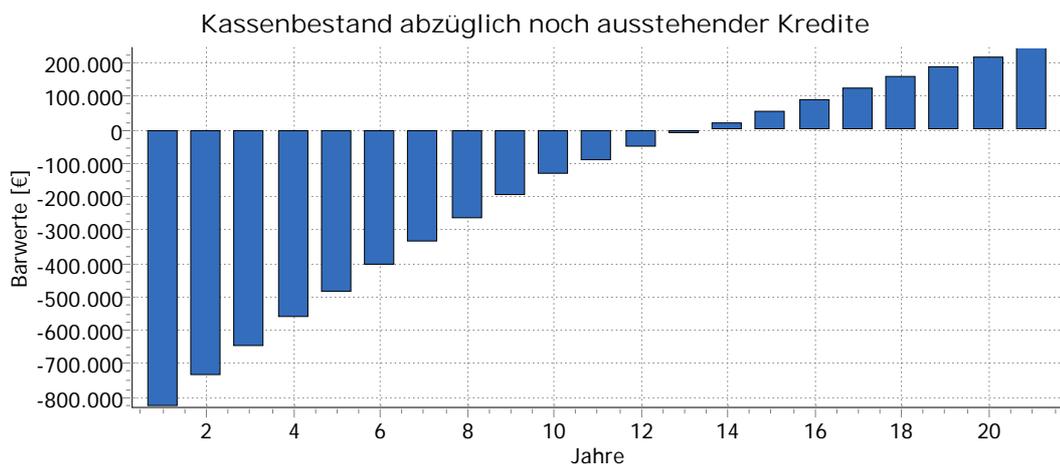
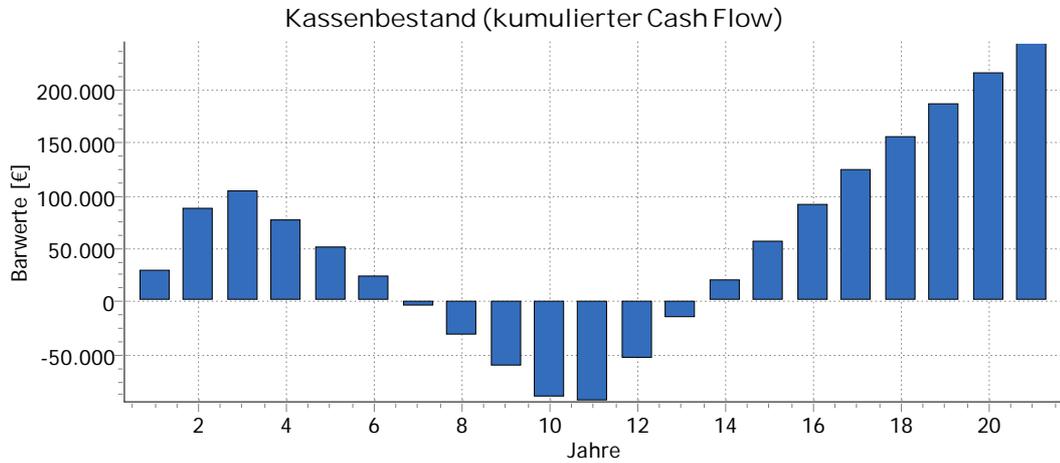
Projektname: Anlagenvariante  
 Variantenbezeichnung: Anlagenvariante

07.10.2012



Projektname: Anlagenvariante  
Variantenbezeichnung: Anlagenvariante

07.10.2012



Gymnasium Diedorf

Systemvergleich zur Wärme- und Kälteversorgung

Allgemeine Daten

Betrachtungszeitraum	15 a
Zinssatz	3 %
Annuität	0,0838
Temperaturmax. Abwasser-Hauptsammler (Sommer)	17 °C
Temperaturmin. Abwasser-Hauptsammler (Winter)	8 °C

Mittlere Energiepreise über einen Zeitraum von 15a

Erdgas	0,118 €/kWh
Bioerdgas	0,150 €/kWh
Holzpellet	0,058 €/kWh
Stromkosten	0,288 €/kWh
Mobile Wärme	0,090 €/kWh
Stromerlös	0,220 €/kWh

CO2-Emissionsfaktoren

Erdgas	250 g/kWh
Bioerdgas	90 g/kWh
Strom	535 g/kWh
Holzpellets	42 g/kWh
Mobile Wärme	5 g/kWh (Annahme)

Berechnungsgrundlage

Wärmeleistung Kesselanlage	200 kW
Jahreswärmebedarf	360.000 kWh
elektrischer Jahresverbrauch	200.000 kWh
Jahreskältebedarf nach Abzug adiab.	100.000 kWh
Kälteleistung Erzeugung	130 kW

Primärenergiefaktoren

Erdgas	1,1
Bioerdgas	0,2
Strom	2,8
Holzpellets	0,2
Wärmecont.	0,1

	Variante 0	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5						
	Gas - Brennwertkessel Wärme 200 kW	Indirekte adiabate Kühlung Kompressionskältemaschine Kälte 130 kW	2 x Pellets - Kessel Wärme 100 kW + 100 kW	Indirekte adiabate Kühlung Kompressionskältemaschine Kälte 130 kW	Reversible elektrische WP Gas Brennwertkessel Wärme 200 kW + 50 kW	Indirekte adiabate Kühlung Direktkühlung (Abwasser) Reversible elektrische WP Kälte 130 kW	Gas - Brennwertkessel Reversibler AKM Wärme 50 kW + 200 kW	Indirekte adiabate Kühlung Direktkühlung (Abwasser) Reversible gasbetr. WP Kälte 130 kW	Mobile Wärme AVA Gas - Brennwert Wärme 200 kW (AVA) + 100 kW	Indirekte adiabate Kühlung Kompressionskältemaschine Kälte 130 kW	Gas Brennwert + BHKW Wärme 214 kW	Indirekte adiabate Kühlung Kompressionskältemaschine Wärmebetriebene AKM Kälte 130 kW
Temperaturniveau max. Warmwasserbereitung	80/60 °C Warmwasserspeicher 300 ltr.	14/18 °C	80/60 °C Warmwasserspeicher 300 ltr.	14/18 °C	80/60 °C Warmwasserspeicher 300 ltr.	14/18 °C	40/30 °C	14/18 °C	40/30 °C	14/18 °C	80/60 °C Warmwasserspeicher 300 ltr.	14/18 °C
<b>Investitionskosten</b>												
Pelletkessel 200 kW+Lagerraum			150.000,00 €									
Gas - Brennwertkessel	70.000,00 €				50.000,00 € 70.000,00 €				60.000,00 €		50.000,00 €	
elektrisch betriebene Wärmepumpe				180.000,00 €						180.000,00 €		170.000,00 €
Gas - BHKW 5 kW <sub>el</sub> / 14 kW <sub>th</sub>											70.000,00 €	
Kompressionskältemaschine (KKM) mit adiabatischer Kühlung		180.000,00 €		180.000,00 €				150.000,00 €				
Gasbetriebene Absorptionskältemaschine (AKM)												
Wärmebetriebene Absorptionskältemaschine												
Rückkühlwerk		10.000,00 €		10.000,00 €						10.000,00 €		
Wärmetauscher Abwasserhauptsammler/Primärkreis					35.000,00 €	50.000,00 €						
Pufferspeicher Wärme und Kälte 10.000 ltr.			30.000,00 €			35.000,00 €						
Pufferspeicher Kälte 10.000 ltr.						30.000,00 €						
AVA - Container+Zuwegung									240.000,00 €			
<b>Summe Investitionskosten</b>		<b>260.000,00 €</b>		<b>370.000,00 €</b>		<b>270.000,00 €</b>		<b>300.000,00 €</b>		<b>490.000,00 €</b>		<b>460.000,00 €</b>
<b>Deckungsanteil Erzeugungsvarianten</b>												
Pelletkessel			100 %								80 %	
Gas - Brennwertkessel	100 %				30 %		30 %		20 %			20 %
Gasbetriebene AKM							70 %					
Gas - BHKW											20 %	
Mobile Wärme									80 %			
Wärmepumpenstrom		30 %		30 %	70 %					30 %		24 %
Umweltanteil Wärmepumpen		70 %		70 %						70 %		56 %
Wärmebetriebene AWP												1,5 fach
Strombetriebene WP												0,3 fach
<b>Nutzenergie ab Energiezentrale in kWh</b>	360.000 kWh	100.000 kWh	360.000 kWh	100.000 kWh	360.000 kWh	100.000 kWh	360.000 kWh	100.000 kWh	360.000 kWh	100.000 kWh	360.000 kWh	100.000 kWh
<b>Endenergie nach Energieträgern in kWh</b>												
Pelletkessel			423.529 kWh									
Gas - Brennwertkessel	360.000 kWh				108.000 kWh		108.000 kWh		72.000 kWh		288.000 kWh	13.333 kWh
Gasbetriebene AKM							193.846 kWh		120.000 kWh		185.455 kWh	30.000 kWh
Gas - BHKW												
Mobile Wärme									303.158 kWh			
Leistungszahl KKM luftgekühlt		25.000 kWh		25.000 kWh		72.000 kWh				25.000 kWh		20.000 kWh
Leistungszahl Wärmepumpe elektrisch Heizen												64.909 kWh
Leistungszahl Wärmepumpe elektrisch Kühlen Abwassergekühlt												
Umweltwärme ohne Maschine												0 kWh
Hilfsenergie für Abwasserkühlung, 3000h * 1,5 kW												
<b>Summe Endenergie Wärme und Kälte in kWh</b>		<b>385.000 kWh</b>		<b>448.529 kWh</b>		<b>200.500 kWh</b>		<b>426.346 kWh</b>		<b>400.158 kWh</b>		<b>571.697 kWh</b>
<b>Verbrauchsgebundene Kosten</b>												
Verbrauchsgebundene Kosten	41.896,80 €	7.192,85 €	24.683,29 €	7.192,85 €	33.284 €	5.898,14 €	35.128,86 €	15.260,31 €	35.664 €	7.193 €	55.100,64 €	5.754,28 €
Stromerlös BHKW												
<b>Gesamtsumme Verbrauchsgebundene Kosten</b>		<b>49.089,65 €</b>		<b>31.876,15 €</b>		<b>39.182,60 €</b>		<b>50.389,17 €</b>		<b>42.856 €</b>		<b>60.854,92 €</b>
<b>Wartung und Betrieb, 2 % der Invest. Kosten (BHKW 3%)</b>		<b>5.200,00 €</b>		<b>7.400,00 €</b>		<b>5.400,00 €</b>		<b>6.000,00 €</b>		<b>4.900 €</b>		<b>13.800,00 €</b>
<b>jährliche Investkosten (Annuität)</b>		21.779,31 €		30.993,63 €		22.616,98 €		25.129,97 €		41.045,62 €		38.532,63 €
<b>jährliche Verbrauchskosten</b>		49.089,65 €		31.876,15 €		39.182,60 €		50.389,17 €		42.856,43 €		60.854,92 €
<b>Wartung und Betrieb</b>		5.200,00 €		7.400,00 €		5.400,00 €		6.000,00 €		4.900,00 €		13.800,00 €
<b>Stromerlös BHKW</b>												-14.280,00 €
<b>Summe Vergleichskosten</b>		<b>76.068,97 €</b>		<b>70.269,78 €</b>		<b>67.199,58 €</b>		<b>81.519,14 €</b>		<b>88.802,05 €</b>		<b>98.907,55 €</b>
<b>CO 2 Emmissionen</b>												
Pellets			17,79 t/a									
Erdgas	90,00 t/a				38,52 t/a		75,46 t/a		18,00 t/a		118,36 t/a	10,70 t/a
Bioerdgas												
Strom		13,38 t/a		13,38 t/a		27,00 t/a				13,38 t/a		-38,95 t/a
AVA - Container									1,52 t/a			
<b>Summe CO 2 Emmissionen</b>		<b>103,38 t/a</b>		<b>31,16 t/a</b>		<b>74,08 t/a</b>		<b>107,87 t/a</b>		<b>32,89 t/a</b>		<b>90,12 t/a</b>
<b>Primärenergiebedarf</b>		<b>461.000,00 kWh</b>		<b>149.705,88 kWh</b>		<b>377.600 kWh</b>		<b>475.730,77 kWh</b>		<b>174.515,79 kWh</b>		<b>378.072,73 kWh</b>

## Anlage 4

### 4.1 Angenommene Randbedingungen der Simulationsrechnung für den untersuchten Klassenraum

#### Basisvariante, sofern nicht anders beschrieben

##### Geometrie des Raumes (Innenmaße!):

Grundfläche:	62,50 m <sup>2</sup> (davon 35,44/27,06 ohne/mit Sparren)
Raumvolumen:	238,50 m <sup>3</sup>
Ausrichtung der Fassade:	SSO (-12,5 °)
Fassadenfläche:	30,14 m <sup>2</sup>
Fensteranteil an Fassadenfläche:	17,03 m <sup>2</sup>
Annahme Konstruktionsanteil Fenster:	20 %
Dachfläche:	64,85 m <sup>2</sup> (davon 47,12/17,73 ohne/mit Sparren)
Trennwände:	92,46 m <sup>2</sup>

##### Bauphysik

- g-Wert/U-Wert Glas 50,1 % / 0,7 W/(m<sup>2</sup> K)
- Rahmen-U-Wert: 0,8 W/(m<sup>2</sup> K)
- Variabler außenliegender Sonnenschutz ( $F_c = 0,20$ ; schließt ab Einstrahlungs-Schwellwert von 200 W/m<sup>2</sup> auf die Fassade)
- Annahme: Umgebende Gebäudebereiche weisen die gleiche Temperatur auf (adiabate Näherung)
- Angenommene Infiltrations-Luftwechselrate: 0,05 h<sup>-1</sup>
- Es wird keine Eigen- und / oder Fremdverschattung des Gebäudes berücksichtigt.

**Bauteilaufbauten (Jeweils von innen her beginnend):**

Boden:

Material	Schichtdicke (cm)	$\lambda$ (W/m K)	c (kJ/kg K)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )
Teppich o. ä.	0,5	0,081	1,00	700
Zementestrich	9,0	1,40	1,00	2.000
Trittschalldämmung	3,0	0,040	0,90	80
Normalbeton	12,0	2,1	1,00	2.400
Holzsparren (nur teilweise, s. o.)	28,0	0,13	1,00	600

Dach:

Material	Schichtdicke (cm)	$\lambda$ (W/m K)	c (kJ/kg K)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )
Holzsparren (nur teilweise, s. o.)	30,0	0,13	1,00	600
Holzwole	0,04	0,15	0,015	570
Mineraleämmung	30,0	0,040	0,90	80
Holzsparren (nur teilweise)	28,0	0,13	1,00	600

Außenwand:

Material	Schichtdicke (cm)	$\lambda$ (W/m K)	c (kJ/kg K)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )
BSP	5,0	0,13	1,00	800
Mineraleämmung	25,0	0,040	0,90	80

Trennwand:

Material	Schichtdicke (cm)	$\lambda$ (W/m K)	c (kJ/kg K)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )
BSP	5,0	0,13	1,00	800
Mineraleämmung	12,3	0,040	0,90	80
BSP	2,7	0,13	1,00	800

## Nutzung/Lastprofile/Klima/Haustechnik

- Nutzungszeit des Raums Mo - Fr von 8 bis 12 und von 13 bis 18 Uhr durch 31 Personen
- Personen mit einer sensiblen und latenten Wärmeabgabe gemäß DIN ISO 7730, Aktivitätsgrad Nr. 4 angenommen (75 W sensibel, 100 W latent)
- Lasten durch Beleuchtung: 10 W/m<sup>2</sup>; eingeschaltet bei Belegung und Globalstrahlung horizontal  $I_{\text{glob;hor}} < 300 \text{ W/m}^2$
- Weitere interne Lasten: Smart Board mit 200 W/m<sup>2</sup> während Anwesenheit
- Belüftung des Raums bei Anwesenheit mit Außenluftvolumenstrom 20 m<sup>3</sup>/(h Pers.)
- Nachtlüftung, wo vorhanden, mit dreifachem Außenluftwechsel bei Abwesenheit und sofern die Außenlufttemperatur sich im Intervall [8 °C, ... 24 °C] befindet.
- Heizungs-Sollwert Lufttemperatur 20 °C, Nachtabsenkung auf 16 °C
- Klimatische Randbedingungen: Aktuelles Testreferenzjahr 13; Außenlufttemperatur pauschal um 2 K erhöht zur Berücksichtigung der Stadt(rand)lage des Objekts und der allgemeinen Klimaerwärmung

# 4.2 Berechnungsgrundlagen zur Kosteneffizienz von Maßnahmen

## 4.2.1 Bauphysikalisch verbesserte Fassade

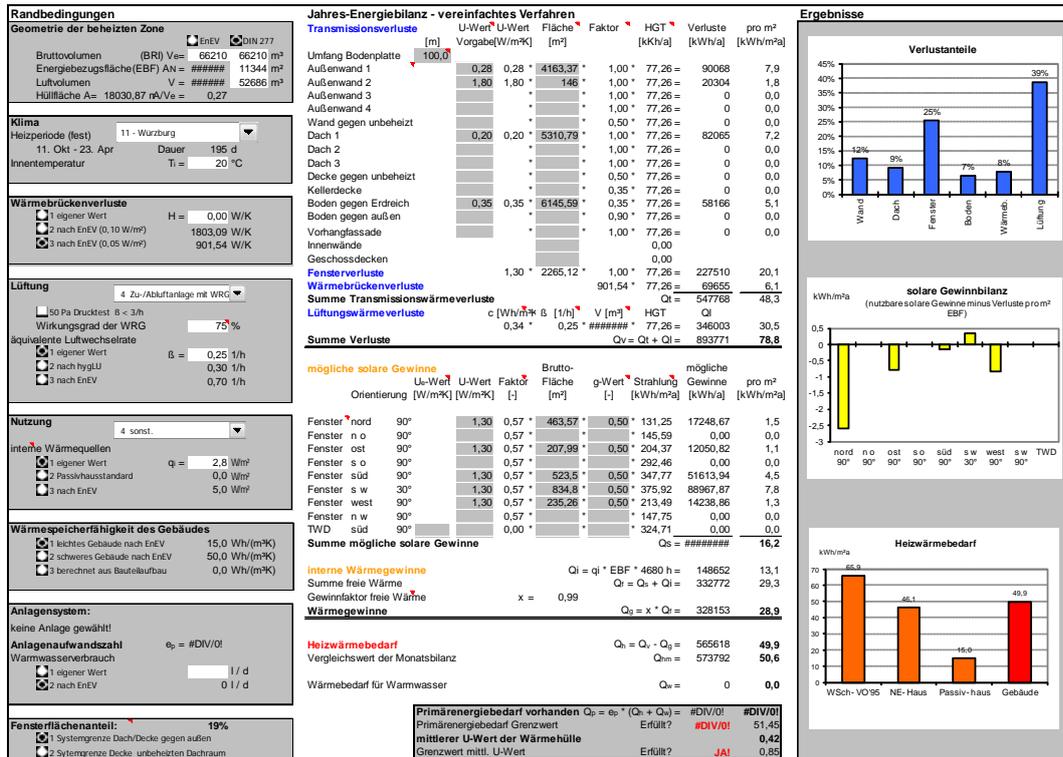


Abb. x: Wärmebedarfsberechnung; Fassade gemäß EnEV 2009

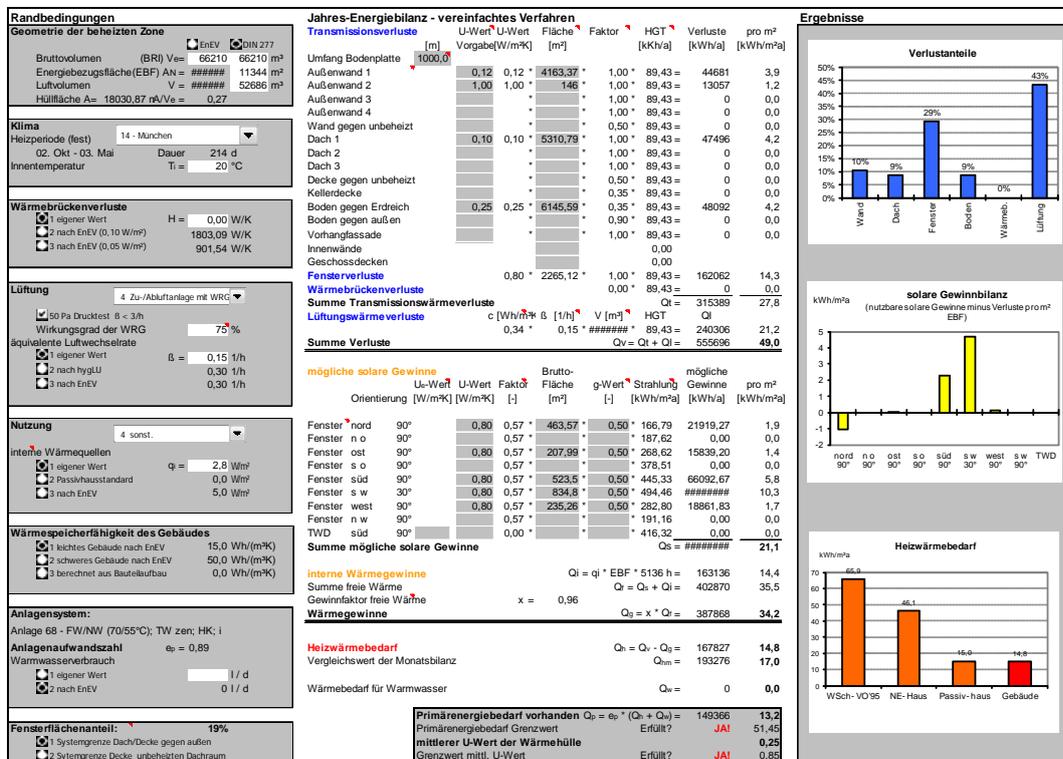


Abb. x: Wärmebedarfsberechnung; Fassade gemäß Planung

## 4.2.2 Verbesserte Wärmerückgewinnung der Lüftungsanlagen

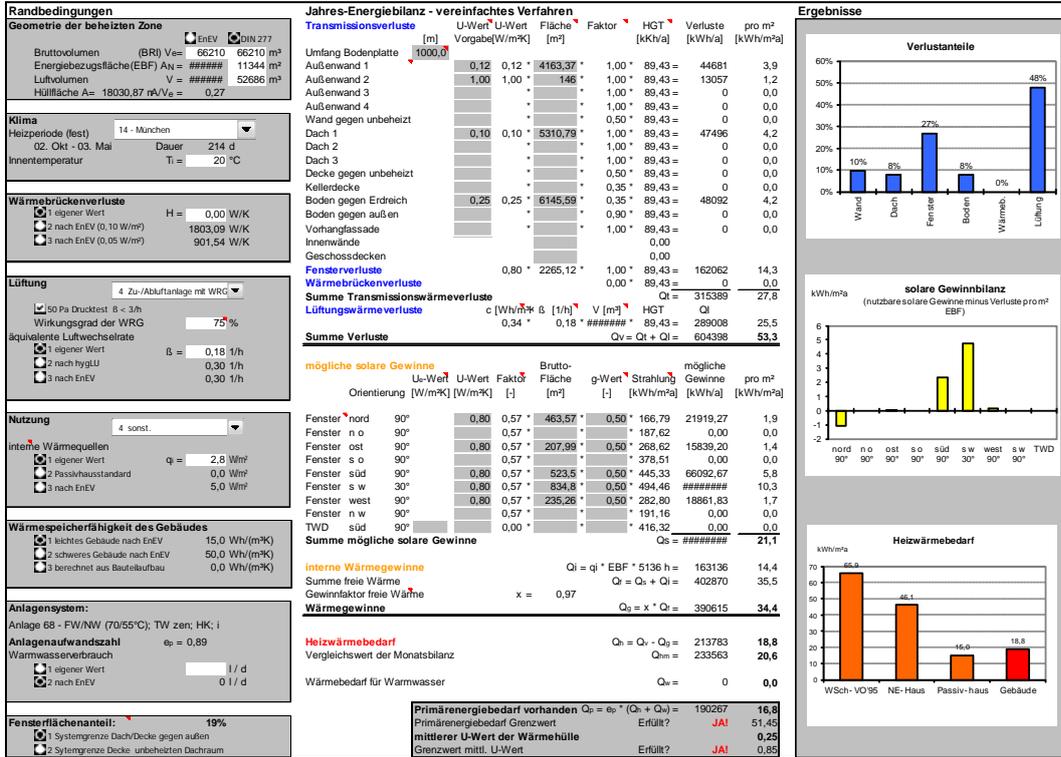


Abb. x: Wärmebedarfsberechnung; Wärmerückgewinnung 60 %

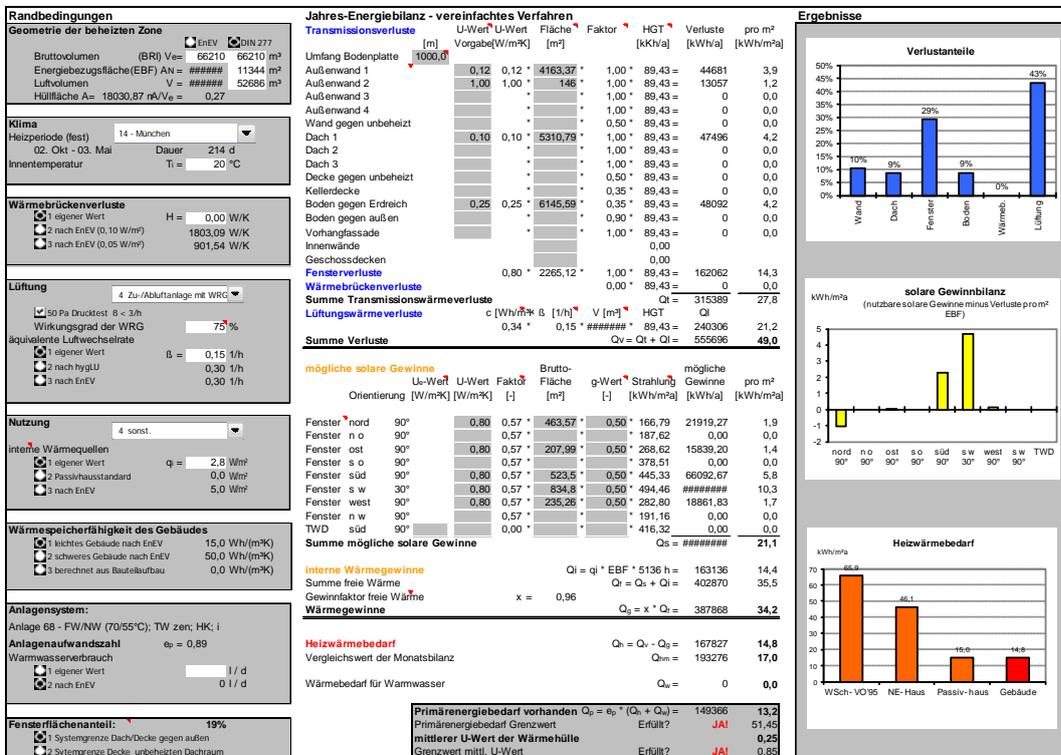


Abb. x: Wärmebedarfsberechnung; Wärmerückgewinnung 75 % gemäß Planung

### 4.2.3 Verringerter Druckverlust der Lüftungsanlagen

Anlagenbezeichnung	Klassenzim- mer	Bibliothek/Aufent- haltsr./Büros	Aula/Pausenhalle/ Speiseraum Mansa	Mensaküche	WCs,Lager	Sporthalle
Lüftungsanlage Nr.	1	2	3	4	5	6
Jahresverbrauchs-Meßwert Luftförderung vorhanden? Wenn ja, bitte Angabe Q <sub>el</sub> in kWh/a; Wenn Sie hier einen Wert eingeben, wird er verwendet und die Werte der acht darunterliegenden Zeilen werden auf diesem Blatt ignoriert! Bitte die Werte für die darunterliegenden Zellen in jedem Falle eintragen, das sie für das Blatt "Grob-schätzung Luftkond." benötigt werden!						
Betriebsstunden allg., h/a	1.680	2.750	1.680	1.380	2.750	1.680
Leistungsaufnahme Ventilator in kW, falls Wert bekannt und verlässlich (Angaben auf Typenschild sind i. d. R. zu ungenau!). Wenn Sie hier einen Wert eingeben, wird er verwendet und die Werte der vier darunterliegenden Zeilen werden ignoriert!						
Volumenstrom gemäß Messung; falls Messung nicht vorliegt: Nenn-Volumenstrom gemäß Planung/Typenschild, m <sup>3</sup> /h	28.350	12.561	4.996	1.913	5.477	9.720
Gesamt-Druckverlust gemäß Messung; falls Messung nicht vorliegt: Gesamt-Druckverlust gemäß Planung/Auslegung, Pa	1.120	1.120	1.120	1.120	1.120	1.120
Gesamtwirkungsgrad der Luftförderung als Produkt aus am Betriebspunkt genommenen Teilwirkungsgraden für Ventilator, Motor, Transmission und ggf. FU-Regelung, %	70	70	70	70	70	70
Angenommene Leistungsaufnahme Ventilator(en), kW	12,6	5,6	2,2	0,9	2,4	4,3
Energieäquivalenter Nutzungsfaktor zur Berücksichtigung nur temporärer Nutzung und verringerten Volumenstroms, bezogen auf Betriebsstunden allg. für diese Anlage	0,70	0,70	0,50	0,80	0,80	0,70
Energieäquivalente Volllaststunden pro Jahr (Bezogen auf Leistungsaufnahme der Ventilatoren; Teillast-Charakteristik der Lüftungsanlage berücksichtigen!); h/a	1.176	1.925	840	1.104	2.200	1.176
Jährlicher elektrischer Energiebedarf der Anlage, kWh/a	<b>14.818</b>	<b>10.747</b>	<b>1.865</b>	<b>938</b>	<b>5.355</b>	<b>5.080</b>
Abgeschätzter elektrischer Energiebedarf Luftförderung für alle "kleinen" Lüftungsanlagen, die in der ausführlichen Erfassungstabelle nicht berücksichtigt werden, kWh/a						
Gesamtsumme elektrischer Energiebedarf Luftförderung, kWh/a						
<b>38.804</b>						

Abb. x: Ermittlung Strombedarf Luftförderung: Erhöhter Druckverlust der Lüftungsanlagen

Anlagenbezeichnung	Klassenzim- mer	Bibliothek/Aufent- haltsr./Büros	Aula/Pausenhalle/ Speiseraum Mansa	Mensaküche	WCs,Lager	Sporthalle
Lüftungsanlage Nr.	1	2	3	4	5	6
Jahresverbrauchs-Meßwert Luftförderung vorhanden? Wenn ja, bitte Angabe Q <sub>el</sub> in kWh/a; Wenn Sie hier einen Wert eingeben, wird er verwendet und die Werte der acht darunterliegenden Zeilen werden auf diesem Blatt ignoriert! Bitte die Werte für die darunterliegenden Zellen in jedem Falle eintragen, das sie für das Blatt "Grob-schätzung Luftkond." benötigt werden!						
Betriebsstunden allg., h/a	1.680	2.750	1.680	1.380	2.750	1.680
Leistungsaufnahme Ventilator in kW, falls Wert bekannt und verlässlich (Angaben auf Typenschild sind i. d. R. zu ungenau!). Wenn Sie hier einen Wert eingeben, wird er verwendet und die Werte der vier darunterliegenden Zeilen werden ignoriert!						
Volumenstrom gemäß Messung; falls Messung nicht vorliegt: Nenn-Volumenstrom gemäß Planung/Typenschild, m <sup>3</sup> /h	28.350	12.561	4.996	1.913	5.477	9.720
Gesamt-Druckverlust gemäß Messung; falls Messung nicht vorliegt: Gesamt-Druckverlust gemäß Planung/Auslegung, Pa	900	900	900	900	900	900
Gesamtwirkungsgrad der Luftförderung als Produkt aus am Betriebspunkt genommenen Teilwirkungsgraden für Ventilator, Motor, Transmission und ggf. FU-Regelung, %	70	70	70	70	70	70
Angenommene Leistungsaufnahme Ventilator(en), kW	10,1	4,5	1,8	0,7	2,0	3,5
Energieäquivalenter Nutzungsfaktor zur Berücksichtigung nur temporärer Nutzung und verringerten Volumenstroms, bezogen auf Betriebsstunden allg. für diese Anlage	0,70	0,70	0,50	0,80	0,80	0,70
Energieäquivalente Volllaststunden pro Jahr (Bezogen auf Leistungsaufnahme der Ventilatoren; Teillast-Charakteristik der Lüftungsanlage berücksichtigen!); h/a	1.176	1.925	840	1.104	2.200	1.176
Jährlicher elektrischer Energiebedarf der Anlage, kWh/a	<b>11.907</b>	<b>8.636</b>	<b>1.499</b>	<b>754</b>	<b>4.304</b>	<b>4.082</b>
Abgeschätzter elektrischer Energiebedarf Luftförderung für alle "kleinen" Lüftungsanlagen, die in der ausführlichen Erfassungstabelle nicht berücksichtigt werden, kWh/a						
Gesamtsumme elektrischer Energiebedarf Luftförderung, kWh/a						
<b>31.181</b>						

Abb. x: Ermittlung Strombedarf Luftförderung gemäß Planung

## 4.2.4 Verbesserte Tageslichtnutzung; Beleuchtungsregelung

Zonenbezeichnung	Klassenzimmer	FachMassenzimmer	Bibliothek	Marktplatz	Lager	Toiletten/Duschen	Allg. Aufenthaltsraum	Aula/Pausenhalle	Mensa: Speiseraum	Mensaküche	Büro	VF	Technik	Sporthalle
Zonen-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Teiffläche (NGF) m²	1.740	1.095	260	727	215	631	1.209	453	172	77	625	2.728	200	1.215
Meßwert vorhanden? Wenn ja, bitte Angabe in kWh/a el.; Wenn Sie hier einen Wert eingeben, wird er verwendet und die Werte der sieben darunterliegenden Zeilen werden ignoriert!														
Betriebsstunden allg., h/a	1.680	1.680	2.750	1.680	2.750	1.680	1.680	1.680	1.680	1.380	2.750	2.750	2.750	1.680
Spez. installierte Leistung Beleuchtung incl. Netzteil(e) bzw. Vorschaltgerät(e), W/m²	9,0	9,0	7,0	11,0	6,0	6,0	8,0	11,0	9,0	11,0	11,0	4,0	11,0	7,0
Tageslichtautonomie der Zone, bezogen auf Betriebsstunden allg., %	29,0	25,7	20,0	0,0	0,0	0,0	20,0	0,0	15,0	0,0	15,0	7,5	0,0	0,0
Nutzungsfaktor zur Berücksichtigung nur temporärer Nutzung (GLZ), bezogen auf Betriebsstunden allg. für diese Zone	0,80	0,60	0,90	0,60	0,20	0,80	0,60	0,50	0,80	1,00	0,60	0,80	0,05	0,80
Nutzerverhalten: % Nutzung des Potentials der TL-Autonomie	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Nutzerverhalten: % Nutzung des Potentials der GLZ	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Nutzerverhalten: Prozentsatz Brenndauer außerhalb der Nutzungszeit	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Genutzte Tageslichtautonomie der Zone, bezogen auf Betriebsstunden allg., %	17,4	15,4	12,0	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	9,0	0,0	9,0	4,5	0,0	0,0
(Energetisch wirksamer) Nutzungsfaktor zur Berücksichtigung nur temporärer Nutzung, bezogen auf Betriebsstunden allg. für diese Zone	0,84	0,68	0,92	0,68	0,36	0,84	0,68	0,60	0,84	1,00	0,68	0,84	0,24	0,84
Verringerungsfaktor Strombedarf TL-abhängige Regelung ggü. Schwellwerterschaltung	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Vollbetriebszeitfaktor, bez. auf Betriebsstunden allg.; berücksichtigt Tageslichtnutzung, Nutzungsfaktor und Regelung	0,778	0,660	0,853	0,764	0,404	0,924	0,683	0,684	0,849	1,107	0,663	0,846	0,284	0,924
Energieäquivalente Vollaststunden Beleuchtung, h/a	1.307	1.108	2.347	1.284	1.110	1.553	1.147	1.150	1.426	1.528	1.822	2.326	780	1.553
Bedarf el., kWh/a	20.472	10.920	4.271	10.261	1.432	5.878	11.093	5.728	2.201	1.285	12.516	25.379	1.716	13.207
<b>Gesamtsumme Energiebedarf Beleuchtung, kWh/a</b>	<b>126.359</b>													

Abb. x: Ermittlung Strombedarf Beleuchtung: Manuelle Lichtsteuerung, keine verbesserte Tageslichtnutzung

Zonenbezeichnung	Klassenzimmer	FachMassenzimmer	Bibliothek	Marktplatz	Lager	Toiletten/Duschen	Allg. Aufenthaltsraum	Aula/Pausenhalle	Mensa: Speiseraum	Mensaküche	Büro	VF	Technik	Sporthalle
Zonen-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Teiffläche (NGF) m²	1.740	1.095	260	727	215	631	1.209	453	172	77	625	2.728	200	1.215
Meßwert vorhanden? Wenn ja, bitte Angabe in kWh/a el.; Wenn Sie hier einen Wert eingeben, wird er verwendet und die Werte der sieben darunterliegenden Zeilen werden ignoriert!														
Betriebsstunden allg., h/a	1.680	1.680	2.750	1.680	2.750	1.680	1.680	1.680	1.680	1.380	2.750	2.750	2.750	1.680
Spez. installierte Leistung Beleuchtung incl. Netzteil(e) bzw. Vorschaltgerät(e), W/m²	9,0	9,0	7,0	11,0	6,0	6,0	8,0	11,0	9,0	11,0	11,0	4,0	11,0	7,0
Tageslichtautonomie der Zone, bezogen auf Betriebsstunden allg., %	29,0	25,7	20,0	10,0	0,0	0,0	20,0	5,0	15,0	0,0	40,0	10,0	0,0	5,0
Nutzungsfaktor zur Berücksichtigung nur temporärer Nutzung (GLZ), bezogen auf Betriebsstunden allg. für diese Zone	0,80	0,60	0,90	0,60	0,20	0,80	0,60	0,50	0,80	1,00	0,60	0,80	0,05	0,80
Nutzerverhalten: % Nutzung des Potentials der TL-Autonomie	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Nutzerverhalten: % Nutzung des Potentials der GLZ	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Nutzerverhalten: Prozentsatz Brenndauer außerhalb der Nutzungszeit	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Genutzte Tageslichtautonomie der Zone, bezogen auf Betriebsstunden allg., %	17,4	15,4	12,0	6,0	0,0	0,0	12,0	3,0	9,0	0,0	24,0	6,0	0,0	3,0
(Energetisch wirksamer) Nutzungsfaktor zur Berücksichtigung nur temporärer Nutzung, bezogen auf Betriebsstunden allg. für diese Zone	0,84	0,68	0,92	0,68	0,36	0,84	0,68	0,60	0,84	1,00	0,68	0,84	0,24	0,84
Verringerungsfaktor Strombedarf TL-abhängige Regelung ggü. Schwellwerterschaltung	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Vollbetriebszeitfaktor, bez. auf Betriebsstunden allg.; berücksichtigt Tageslichtnutzung, Nutzungsfaktor und Regelung	0,778	0,660	0,853	0,723	0,404	0,924	0,683	0,666	0,849	1,107	0,561	0,833	0,284	0,899
Energieäquivalente Vollaststunden Beleuchtung, h/a	1.307	1.108	2.347	1.215	1.110	1.553	1.147	1.119	1.426	1.528	1.541	2.292	780	1.510
Bedarf el., kWh/a	20.472	10.920	4.271	9.713	1.432	5.878	11.093	5.578	2.201	1.285	10.589	25.001	1.716	12.846
<b>Gesamtsumme Energiebedarf Beleuchtung, kWh/a</b>	<b>122.996</b>													

Abb. x: Ermittlung Strombedarf Beleuchtung: Manuelle Lichtsteuerung, verbesserte Tageslichtnutzung

Zonenbezeichnung	Klassenzimmer	Fachklassenzimmer	Bibliothek	Marktplatz	Lager	Toiletten/Duschen	Allg. Aufenthaltsraum	Aula/Pausenhalle	Mensa: Speiseraum	Mensaküche	Büro	VF	Technik	Sporthalle
Zonen-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Teilfläche (NGF) m²	1.740	1.095	260	727	215	631	1.209	453	172	77	625	2.728	200	1.215
Meßwert vorhanden? Wenn ja, bitte Angabe in kWh/a el.; Wenn Sie hier einen Wert eingeben, wird er verwendet und die Werte der sieben darunterliegenden Zeilen werden ignoriert!														
Betriebsstunden allg., h/a	1.680	1.680	2.750	1.680	2.750	1.680	1.680	1.680	1.680	1.380	2.750	2.750	2.750	1.680
Spez. installierte Leistung Beleuchtung incl. Netzteil(e) bzw. Vorschaltgerät(e), W/m²	9,0	9,0	7,0	11,0	6,0	6,0	8,0	11,0	9,0	11,0	11,0	4,0	11,0	7,0
Tageslichtautonomie der Zone, bezogen auf Betriebsstunden allg., %	29,0	25,7	20,0	10,0	0,0	0,0	20,0	5,0	15,0	0,0	40,0	10,0	0,0	5,0
Nutzungsfaktor zur Berücksichtigung nur temporärer Nutzung (GLZ), bezogen auf Betriebsstunden allg. für diese Zone	0,80	0,60	0,90	0,60	0,20	0,80	0,60	0,50	0,80	1,00	0,60	0,80	0,05	0,80
Nutzerverhalten: % Nutzung des Potentials der TL-Autonomie	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Nutzerverhalten: % Nutzung des Potentials der GLZ	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Nutzerverhalten: Prozentsatz Brenndauer außerhalb der Nutzungszeit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Genutzte Tageslichtautonomie der Zone, bezogen auf Betriebsstunden allg., % (Energetisch wirksamer) Nutzungsfaktor zur Berücksichtigung nur temporärer Nutzung, bezogen auf Betriebsstunden allg. für diese Zone	29,0	25,7	20,0	10,0	0,0	0,0	20,0	5,0	15,0	0,0	40,0	10,0	0,0	5,0
Verringerungsfaktor Strombedarf TL-abhängige Regelung ggü. Schwellwertschaltung	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	1,00
Vollbetriebszeitfaktor, bez. auf Betriebsstunden allg.; berücksichtigt Tageslichtnutzung, Nutzungsfaktor und Regelung	0,426	0,335	0,720	0,540	0,200	0,800	0,480	0,475	0,680	1,000	0,270	0,720	0,050	0,760
Energieäquivalente Vollaststunden Beleuchtung, h/a	716	562	1.980	907	550	1.344	806	798	1.142	1.380	743	1.980	138	1.277
Bedarf el., kWh/a	11.208	5.538	3.604	7.250	710	5.088	7.800	3.976	1.763	1.161	5.101	21.602	303	10.859
<b>Gesamtsumme Energiebedarf Beleuchtung, kWh/a</b>	<b>85.961</b>													

Abb. x: Ermittlung Strombedarf Beleuchtung: Intelligente automatisierte Lichtsteuerung, verbesserte Tageslichtnutzung

## LITERATURVERZEICHNIS

- Kommentar BayBO Art.11
- Zuschnitt 43, Zuschnitt 47
- Mikado, 7/2012, 9/2012
- Bauen mit Holz, 07-08/2010, 01/2012
- Quadriga 5/2004, 6/2004, 6/2009, 5/2011
- „Flachdächer in Holzbauweise“, Informationsdienst Holz, Oktober 2008
- „Holzhäuser - Werthaltigkeit und Lebensdauer“, Informationsdienst Holz, Januar 2008
- „Verwendung von Holz im Aussenbereich“, DVA, Stefan Andritschke, Pliver Dünisch, Thomas Herres, 2012
- „Fassaden aus Holz“, pro:Holz, Holzforschung Austria
- „Holzbauatlas“, Birkhäuser Edition Detail, Herzog, Natterer, Schweizer, Volz, Winter

## DIN-NORMEN

- DIN 68800: „Holzschutz“
- DIN 4108: „Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden“, Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz; Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung, Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden - Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie Beispiele
- DIN 1052: „Herstellung und Ausführung von Holzbauwerken“
- DIN EN 15026: „Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen - Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation“
- DIN EN 1995: „Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten“, Teil 1-1: Allgemeines - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau
- DIN EN 460: „Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten - Natürliche Dauerhaftigkeit von Vollholz, Leitfaden für die Anforderungen an die Dauerhaftigkeit von Holz für die Anwendung in den Gefährdungsklassen“
- DIN EN 1990: „Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung“
- DIN EN 335: „Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten - Definition der Gefährdungsklassen für einen biologischen Befall“
- DIN EN 350 „Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten - Natürliche Dauerhaftigkeit von Vollholz“ Teil 1: Grundsätze für die Prüfung und Klassifikation der natürlichen Dauerhaftigkeit von Holz Teil 2: Leitfaden für die natürliche Dauerhaftigkeit und Tränkbarkeit von ausgewählten Holzarten von besonderer Bedeutung in Europa
- DIN EN 13986: „Holzwerkstoffe zur Verwendung im Bauwesen - Eigenschaften, Bewertung der Konformität und Kennzeichnung“