



# INTEGRALE SANIERUNG VON SCHULEN





# INTEGRALE SANIERUNG VON SCHULEN



### Zielsetzung und Anlass

Landkreise und Kommunen leisten einen erheblichen Aufwand zum Abbau des Sanierungsstaus bei Schulen. Erfahrungen zeigen, dass sich ein wesentlicher Anteil von Sanierungsmaßnahmen auf die Erneuerung lediglich einzelner Komponenten beschränkt. Integrale Konzepte zur Planung und Umsetzung einer ganzheitlichen Sanierung - auch über mehrere zeitlich aufeinander folgende Abschnitte - sind die Ausnahme.

Optimale Lehr- und Lernbedingungen an Schulen sollen mit dem „**dritten Pädagogen**“, der Architektur unter Einbeziehung innovativer Ansätze garantiert werden.

Der Kreis Steinfurt strebt bei der Sanierung seiner Schulen umfassende Ansätze bei der Planung und Durchführung an. Hierbei werden auch unkonventionelle gebäudetechnische Lösungen mit in die Planung einbezogen, im Objekt getestet und baulich verwirklicht. Ebenso kommt die numerische Simulation der Gebäude als Werkzeug zur Optimierung des Energieverbrauchs zur Anwendung.

Die Sanierungen der Wirtschaftsschulen und der Technischen Schulen des Kreises Steinfurt bilden die Grundlage für den „**Leitfaden zur integralen Sanierung von Schulen**“.

In das Sanierungskonzept fließen die Aspekte folgender Teilgebiete ein:  
Lebenszyklusbetrachtung, Pädagogisches Konzept und Architektur, Planungsmethodik, Gebäudesimulation, Energiekonzept und -versorgung, Gebäudehülle, Raumluftqualität und Lüftung, Temperierung des Klassenraumes, Akustik, Beleuchtung und Sonnenschutz, Sanitärtechnik, Thin Clients und Gebäudeleittechnik

Die Wechselwirkungen der Einzelmaßnahmen untereinander werden untersucht und dargestellt. Diese Ergebnisse bilden die Grundlage für den erstellten Leitfaden.

Neben dem Ziel der Energieeinsparung ist die Optimierung der Lehr- und Lernbedingungen an Schulen ein qualitativer Anspruch an die Planung.

Der Leitfaden soll letztlich Schulträgern als Orientierungs- und Entscheidungshilfe dienen.

Thomas Kubendorff  
Landrat des Kreises Steinfurt  
Präsident des Landkreistages NRW





## Inhalt

# Integrale Sanierung von Schulen

Strategische und konzeptionelle Orientierungshilfe in den Bereichen

1	Lebenszyklusbetrachtung	8
2	Pädagogisches Konzept und Architektur	10
3	Planungsmethodik	14
4	Gebäudesimulation	16
5	Energiekonzept	22
6	Gebäudehülle	24
7	Raumluftqualität und Lüftung	28
8	Temperierung des Klassenraumes	36
9	Akustik	40
10	Beleuchtung und Sonnenschutz	44
11	Sanitärtechnik	50
12	Thin Clients	54
13	Gebäudeleittechnik	56



## 1 Lebenszyklusbetrachtung

Im Sinne der Generationengerechtigkeit besteht die Pflicht, Schulgebäude im Wert zu erhalten. Bewirtschaftungsstrategien sind unter ökologischen, ökonomischen, sozialen und kulturellen Schutzziele zu entwickeln und müssen der Generationengerechtigkeit entsprechen.

Bei weiter abnehmendem Investitionsvolumen in der Bestandserhaltung wird es zwangsläufig zu Substanzverlust bei den Schulgebäuden kommen.

Werden Sanierungsmaßnahmen zu lange hinausgeschoben, besteht die Gefahr von Folgeschäden, deren Behebung zu höheren Ausgaben führen wird.

Nach demographischen Prognosen soll die Anzahl der Schüler nach einem kurzen Anstieg mittel- und langfristig zurückgehen.

Veränderte Anforderungen an Schulen resultieren immer auch aus pädagogischen Vorgaben, wie z.B.

- offene Lernformen
- kooperatives Arbeiten und Lernen
- eigenverantwortliches Arbeiten in Selbstlernphasen
- Projektarbeit als regelmäßige Unterrichtsvorhaben
- berufspraktische Lernräume
- Teamarbeit der Lehrenden
- IT-Unterstützung für den Regelunterricht
- intensive Beratungsarbeit
- Ganztagsbetrieb

Diese Stichworte verdeutlichen die Forderung nach gutem und ausreichendem Schulraum.



Von besonderer Bedeutung sind bei einem Neubau und bei der Sanierung von Schulgebäuden die Planungsschritte zur Bedarfsermittlung, Vorplanung, Planung, Ausschreibung, Ausführung zu den Betriebskosten.

Schulgebäude durchlaufen während ihrer Lebensdauer verschiedene Phasen der Instandhaltung sowie Teil- und Gesamterneuerung, die zur Verlängerung der Lebensdauer führen. Änderungen pädagogischer Konzepte und die damit verbundenen baulichen Auswirkungen müssen mit geringem Aufwand umgesetzt werden können.







## Ausführung

Bauaufgaben erfordern die Betrachtung einzelner Bauausführungen, da es zu unterschiedlichen Interventionszyklen kommen wird. Je nach Ausführung haben die konstruktiven Teile eines Bauwerks einschließlich Gebäudehülle wesentlich größere Erneuerungsintervalle als zum Beispiel Teile des technischen Ausbaus. Häufig stehen jedoch umfangreiche Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle und der technischen Ausrüstung in unmittelbarem baulichem Zusammenhang.

Schule unterliegt einem ständigen Wandel. Dies bedingt, dass Schulraum anpassungsfähig sein muss. Hieraus ergibt sich, dass Einbauten leicht Veränderungen unterzogen werden können.

Bei der Lebenszyklusbetrachtung wird die Prognose und Steuerung des in Zukunft zu erwartenden Erneuerungsbedarfs der Schulgebäude ein zentrales Instrument der Gebäudeunterhaltung.

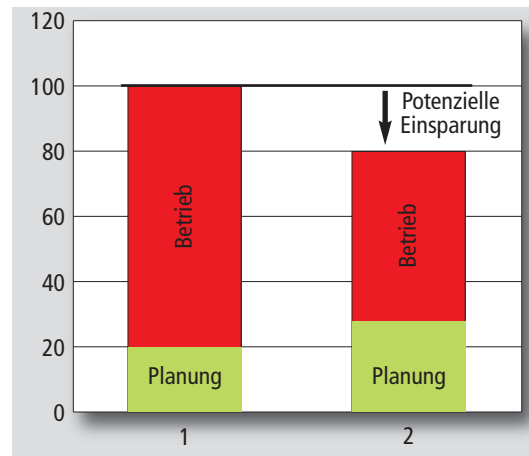
## Einfluss auf die Lebenszykluskosten nehmen

Zu Beginn der Planung ist die Möglichkeit der Beeinflussung der gesamten Kosten am größten, da hier die spätere Nutzungsfunktion definiert und Kosten- und Qualitätsentscheidungen getroffen werden.

Von Anfang an müssen die Planer und Fachplaner die Konzepte aufeinander abstimmen.

Bei der Betrachtung der Lebenszykluskosten in Diagramm 1-1 ist festzustellen, dass die Baukosten lediglich 20 % der Baunutzungskosten im Lebenszyklus eines Gebäudes betragen. Dabei werden die künftigen Baunutzungskosten überwiegend im Entwurf und in der Planung festgelegt.

Diagramm 1-1:  
Betrachtung der Lebenszykluskosten mit den Anteilen aus Planung und Betrieb



Für veränderte Anforderungen müssen Schulgebäude wandelbar sein. Starre architektonische Konzepte sind ein Hindernis und führen bei Veränderungen zu hohen finanziellen Investitionen.

Auch eine strategische Betrachtungsweise der Schulgebäude über die Verwaltungseinheiten hinaus wäre erstrebenswert. Hier könnten Standards für die Bestandsbewirtschaftung festgelegt werden. Hinterlegt mit einem schulspezifischen Lebenszyklusmodell böte sie eine verlässliche Grundlage des Investitionsbedarfs der Kommunen für eine mittelfristige Finanzplanung.

Auf der Grundlage einer gemeinsamen Datenerfassung könnten die Voraussetzungen für die Bewältigung der Anforderungen des künftigen Schulbaus geschaffen werden.



## 2 Pädagogisches Konzept und Architektur

# „Mit allen Sinnen lernen ...“

Bildung ist Grundvoraussetzung  
einer kulturellen Entwicklung.

Seit etwa dem 18. Jh. nahm der Staat zunehmend das Schulwesen unter seine Regie. Etliche vor dem ersten Weltkrieg errichtete Schulen waren Bildungstempel der Neugotik oder des Jugendstils.



In den 1960er Jahren erfolgte neben tief greifenden Änderungen in der Schulstruktur ein Umbruch in der Unterrichtsgestaltung. Die Schulgebäude waren nüchtern und „keimfrei“. Während Grundschulen noch meist liebevoll mit den Bildern der Kinder ausgeschmückt wurden, verlor sich die Ästhetik der Raumgestaltung in den weiterführenden Schulen derart, dass man annehmen möchte, dass die Abiturienten für die heruntergekommenen und verwahrlosten Uni-

versitätsgebäude der sechziger und siebziger Jahre desensibilisiert werden müssten.

An die Stelle der individuellen Entfaltung und Vervollkommnung (Bildung) trat die gezielte Ausrichtung und Anpassung an die künftigen Lebensverhältnisse (Qualifizierung). In bisher nicht gekanntem Ausmaß zog Technik in den Unterricht ein. „Sprachlabore“ und Multimedia-Systeme wurden von großen pädagogischen Hoffnungen begleitet.

Unterrichtsdifferenzierungen in Form von Wahl-, Fachleistungs-, Wahlpflicht-, etc. Kursen wurden eingeführt. Reform- und experimentelle Pädagogik zieht in den Alltag ein. Bis heute steht der Projektunterricht im Zentrum des methodischen Interesses.

**Multifunktionsräume, pädagogische Zentren, Selbstlernzentren, Schülerbüros, Bistros, Mensen, Beratungsräume, EDV-Zentren, etc. ergänzen heute den klassischen Unterrichtsraum und sind Bestandteil der Schule geworden.**

### Arbeitsumgebung

Das räumliche Umfeld [Klassen-, Seminar-, Pausenraum, ...] sollte den Unterrichtsprozess fördern und unterstützen und keinesfalls ein Hindernis darstellen.

Untersuchungen machen deutlich, dass es, ungeachtet noch so sorgfältig gestalteter landesweiter Lehrpläne, unsere Schulgebäude sind, die diktieren, wie gut die Schüler im Unterricht wahrnehmen und sich konzentrieren können.



Eine gute Arbeitsumgebung und ein funktionierendes Raumklima gehören zu den bestmöglichen Investitionen im Bildungssektor. Eine ganzheitliche Betrachtung der Lernumgebung erfasst

- die akustische Ergonomie
- die Temperatur
- die Luftqualität
- die Körperhaltung
- das Licht
- die Beleuchtung
- eine durchdachte Architektur,

die das Zusammenspiel von Material, Farbe, Gestaltung, Proportionen, Einrichtung und Licht einbezieht.

Lernende und Lehrende fühlen sich wohler und arbeiten wesentlich effizienter, wenn sie sich in einer gesunden, funktionalen und stimulierenden Arbeitsumgebung aufhalten.

Aktuelle Untersuchungen von Dr. M. Klante der Universität Kaiserslautern belegen beispielsweise gravierende Auswirkungen einer schlechten Raumakustik bei jungen Schülern bzw. bei ADS-Kindern.



*“Liebevoll & gemütlich -  
eine positive Stimmung!”  
... (s. Seite 13)  
das wünschen sich auch Schüler der  
Mittel- und Oberstufe.*



**Kinder brauchen Ordnung!** Es wurde festgestellt, dass die räumlichen Gegebenheiten massiven Einfluss auf die Emotionen und das Verhalten der Kinder haben.

„In Deutschland unterrichten Lehrer Deutsch und Geschichte, in Finnland die Kinder.“

(Silvia Löhrmann, Bildungsexpertin und Fraktionsvorsitzende der Grünen im Landtag NRW)

**Schüler nach ihrer Meinung gefragt sagen, sie vermissen Lebendigkeit und Farbe, Wohnlichkeit und Wärme.**



Diese Sehnsucht, die kein Ruf nach wärmerer Kuschelpädagogik ist, senkt den Krankenstand bei Lehrern, wehrt Vandalismus gegen das Gebäude ab. Dass Wohlbefinden die Arbeits- und Lernleistungen steigert, gehört zum kleinen Einmaleins der Psychologie.

- offener Unterricht keine frontale Belehrung
- Lehrer, die sie ernst nehmen
- schönere Schulen
- lernfreundlichere Klassenzimmer
- Lernwerkstätten
- selbst organisiertes Arbeiten
- Gruppenarbeit
- Betriebspraktika

sowie die Abschaffung der Lernpläne prägen in den Augen von befragten Schülern deren Traumschule.

Pädagogik und Architektur sind untrennbar miteinander verbunden.

Zunächst benötigt der Schüler einen geschützten Arbeitsplatz, eine Lesenische oder einen PC-Platz. Genauso wichtig sind Arbeitsplätze für Zweier- oder Dreiergruppen innerhalb und außerhalb des Klassenzimmers, so dass der Flächenbedarf pro Schüler höher ist als in der üblichen Kirchenbestuhlung für die Frontalpredigt.

Moderne Schulen bieten heute darüber hinaus Projektarbeitsmöglichkeiten, Aufbewahrungsmöglichkeiten und auch Ausstellungsflächen für die Präsentation der Ergebnisse der Schülerarbeit an. Räume für Einführungen, Vorträge und Präsentationen, Aufführungen, Feste und Ansprachen stellen heute pädagogische Notwendigkeiten dar.



Die Gliederung auch großer Schulen in kleinere überschaubare Einheiten wirkt einer Anonymisierung entgegen und weckt ein Gefühl der Mitverantwortung für die eigene Schule.

Die reformpädagogische Formel der „Pädagogik vom Kinde aus“ ist geeignet eine reform-architektonische Formel der „Schularchitektur vom Schüler aus“ zu inspirieren.

„Jeder Schüler hat drei Lehrer.

1. Der erste sind die anderen Kinder.
2. Der zweite ist der Lehrer.
3. Der dritte ist der Raum.“



*„Visionen planen,  
gestalten und  
realisieren!“*

*... das wünschen sich viele Schüler.*



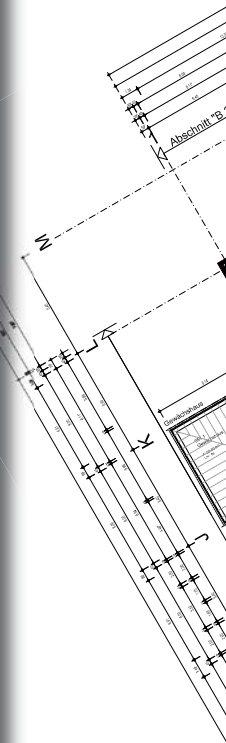
## 3 Planungsmethodik

Mit der Sanierung einer Schule stehen viele Entscheidungen an, die für einen langen Zeitraum Einfluss auf das Gebäude, die Nutzer und die Nutzung nehmen. In Tabelle 3-1 sind Schwerpunkte aufgelistet, die für

die Entwicklung einer Planungsmethodik für die Sanierung von Schulen zu beachten sind. Die einzelnen Schwerpunkte wurden um Kriterien ergänzt.

Tabelle 3-1: Schwerpunkte der Planungsmethodik mit den dazugehörigen Kriterien für die eigene Schule

Schwerpunkte der Planungsmethodik	Kriterien
a. Gebäudesimulation	Digitalisierung des Gebäudes, Simulation von Maßnahmenpaketen, Variantenrechnung, Vergleiche
b. Energiekonzept	Ziele ermitteln, EnEV <sup>1</sup> Mindeststandard, Energiebedarf, Messungen/Erfassung der Ist-Situation
c. Gebäudehülle	Verringerung der Transmissionswärme- und Lüftungswärmeverluste, Verhaltensweise der Nutzer bei dichten Gebäuden berücksichtigen, Mindeststandard EnEV <sup>1</sup>
d. Raumluft	Anforderungen an eine mechanische Lüftungsanlage definieren, Räume bestimmen, die mechanisch belüftet werden müssen, Zuluftströme definieren, Regelanlage, Wärmerückgewinnung
e. Raumtemperaturen	Beheizung, Kühlung, Wärmerückgewinnung
f. Raumakustik	Nachhallzeiten in Unterrichtsräumen ca. 0,5 s, Akustik in Lehrerzimmern, Verwaltung und Flure definieren, vorhandene Messergebnisse berücksichtigen
g. Beleuchtung und Sonnenschutz	Beleuchtungskonzepte, LED-Konzepte, Sonnenschutzkonzepte
h. Sanitärtechnik	Warmwasserbedarf kritisch prüfen, Stagnationen von wenig genutzten Sanitärgegenständen betrachten, Vandalismussicherheit, Reinigungskonzepte, Akzeptanz für Sanitärräume schaffen
i. EDV-Räume und IT-Systeme	Energieeffiziente Computertechnik, Thin Client-Lösungen
j. Gebäudeleittechnik	Effizienzsteigerung der Heiz- und Klimasysteme, zusätzliche Einbindung von Beleuchtung, Sonnenschutz, Lüftungsdaten usw., Erfassung, Zuordnung und Optimierung der Verbrauchsdaten



<sup>1</sup> EnEV: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden, kurz: Energieeinsparverordnung



290071 TSS Technische Schulen Steinfurt  
Grundriss Erdgeschoss  
VORABZUG 20.11.2009  
M 1:200





## 4 Gebäudesimulation

Um die größtmögliche Planungssicherheit zu erreichen, bedienen wir uns der Gebäudesimulation.

Ähnlich einem Flugsimulator lernen wir das Gebäude durch die Gebäudesimulation im Vorfeld kennen und können die Technische Gebäudeausrüstung und die Bauphysik zu einem harmonierenden Ganzen verschmelzen. Neben der Verringerung des Energiebedarfes steht dabei vor allem die Reduzierung der Investitionskosten im Vordergrund.

Größere Planungssicherheit durch die Gebäudesimulation führt zu dem Verzicht auf den "dicken" Daumen bei der Auslegung und spart somit in enormer Größenordnung Geld. Die Mehrkosten für eine Gebäudesimulation oder Anlagensimulation sind schnell amortisiert.



Die Gebäudesimulation wird während der Planung von Neubauten, Sanierungen und Modernisierungen von Wohnungsbauten, Verwaltungs- und Industriebauten aller Art eingesetzt. Die durch die Gebäudesimulation gewonnenen Erkenntnisse können als Basis für Wirtschaftlichkeitsanalysen und zur Optimierung von Gebäudestruktur, Materialeinsatz und Anlagentechnik dienen. Alternativen und Verbesserungsvorschläge können ohne großen Zeitverzug aufgezeigt werden.

Folgende Gebäudesimulationen können durchgeführt werden:

- **Thermische Gebäudesimulation und Anlagensimulation**  
zur Untersuchung des thermischen Verhaltens zu allen Jahreszeiten, Tageszeiten oder Sonnenständen
- **Strömungssimulation**  
zur Abbildung des Strömungsverhaltens von Luftströmungen in großen Räumen, wie Konferenzsälen, Hörsälen, Atrien etc.
- **Lichtsimation**  
zur Optimierung der Tageslichtausbeute und des Kunstlichteinsatzes

Die Gebäudesimulation ist ein dynamisches Verfahren, das jeden Raum einzeln betrachtet. Dabei werden die Räume aber in Abhängigkeit zueinander simuliert. Wenn also die Temperatur in einem Raum durch das Öffnen des Fensters sinkt, so wirkt sich dies auf die Nachbarräume aus. Die thermische Gebäudesimulation bildet dieses Verhalten realistisch ab.

Klimadaten, Nutzungsprofile, bauphysikalische Daten, Daten der Anlagentechnik und weitere Daten werden für die Gebäudesimulation benötigt. So wird zum Beispiel auch die Winkelabhängigkeit der Solarstrahlung auf ein Fenster exakt berechnet und simuliert.

Die dynamische Gebäudesimulation ist somit allen weiteren Berechnungsverfahren in der Vorhersage des Gebäudeverhaltens deutlich überlegen.



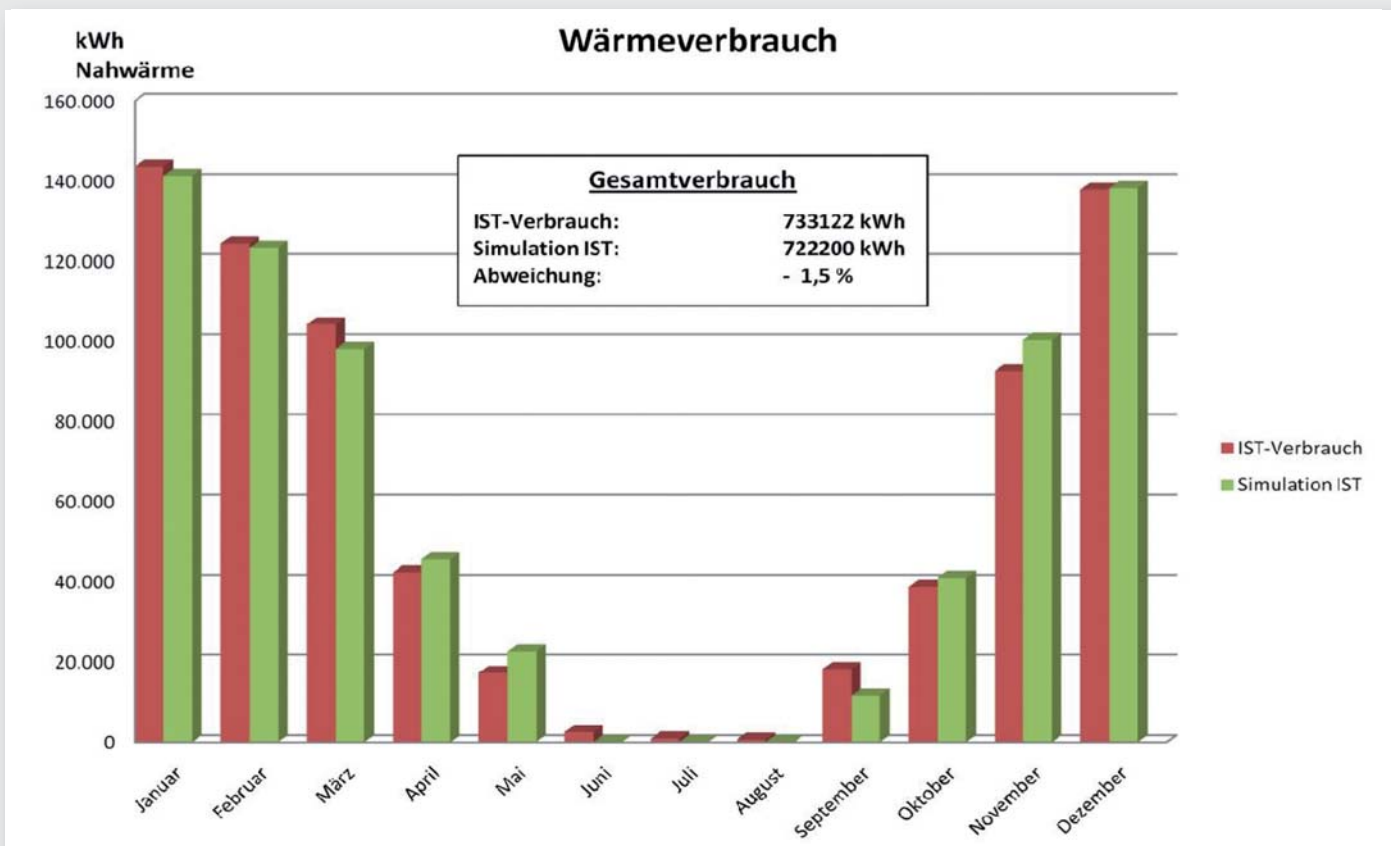


Im Rahmen einer Sanierung muss mit einer Gebäudesimulation zunächst der Ist-Zustand eines Gebäudes abgebildet werden und anhand der realen Verbrauchswerte überprüft werden. Dabei sollte der Nachweis erbracht werden, dass das energetische Verhalten (thermischer und elektrischer Bedarf/Verbrauch) des erstellten Modells bis auf ca.  $\pm 10\%$  den realen Abrechnungsdaten des bestehenden Gebäudes entspricht.

Ist das Gebäude erfasst, sind mit wenig Aufwand verschiedene Maßnahmen darstell- und bewertbar. So lässt sich bereits in der Planungsphase feststellen, ob die geplanten Baumaßnahmen den gewünschten Erfolg liefern oder nicht. Ob neue Außenfassaden oder neue architektonische Entwürfe, es ist prüfbar, was aus energetischer Sicht sinnvoll, behaglich und auch wirtschaftlich ist.

Auf diese Weise lassen sich im Vorfeld Planungsfehler vermeiden, die sonst nachträglich nur unter hohem Investitionsaufwand behoben werden können.

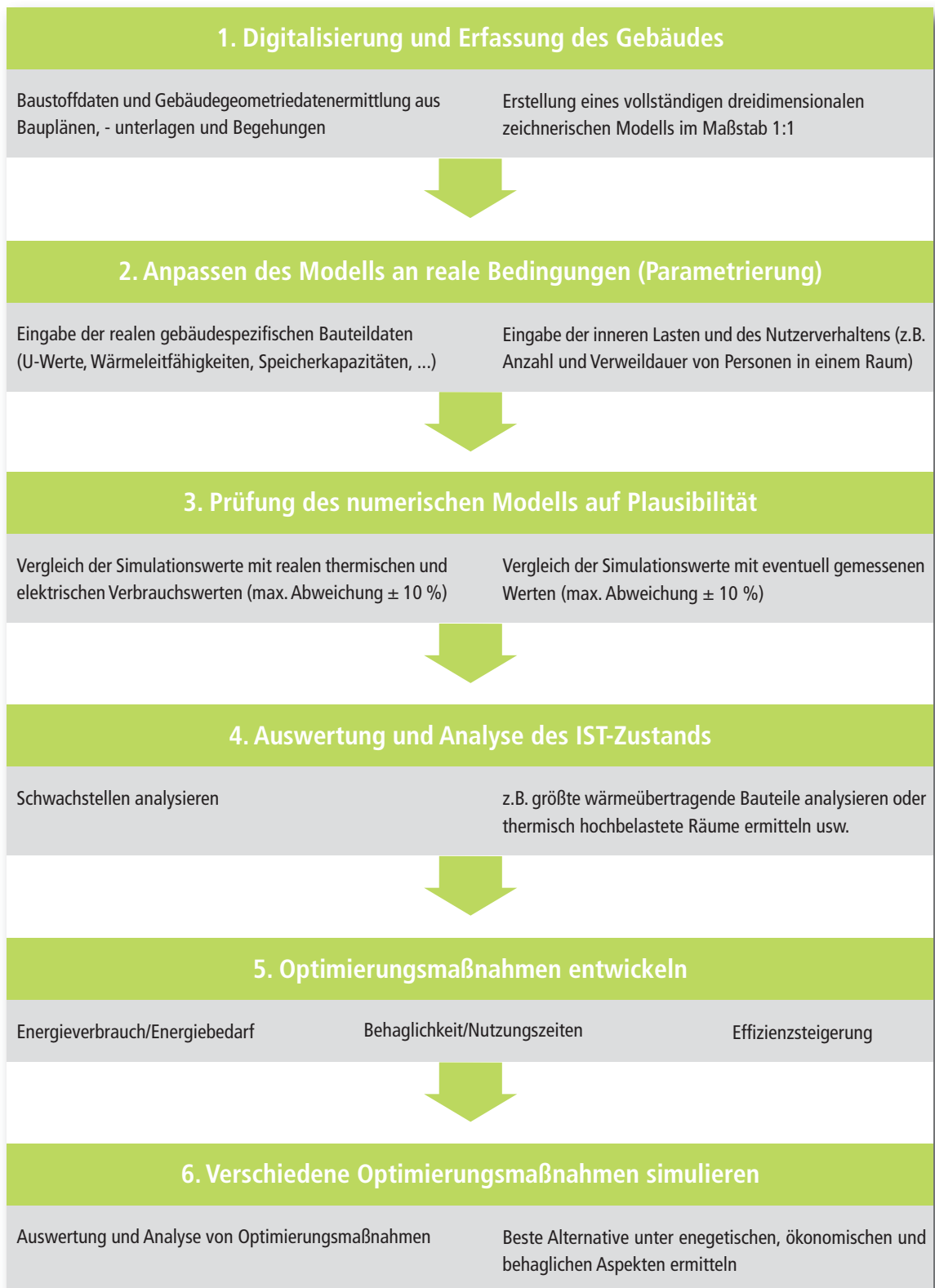
Abb. 4-1: Vergleich gemessener und simulierter Gesamtwärmeverbrauch der Technischen Schulen Steinfurt<sup>2</sup>



<sup>2</sup> Diplomarbeit Thomas Grothaus, Entwicklung von Sanierungsmaßnahmen für die Technischen Schulen des Kreises Steinfurt durch energetische Simulation, September 2008



## Wie funktioniert eine Simulation für ein zu sanierendes Gebäude?<sup>3</sup>



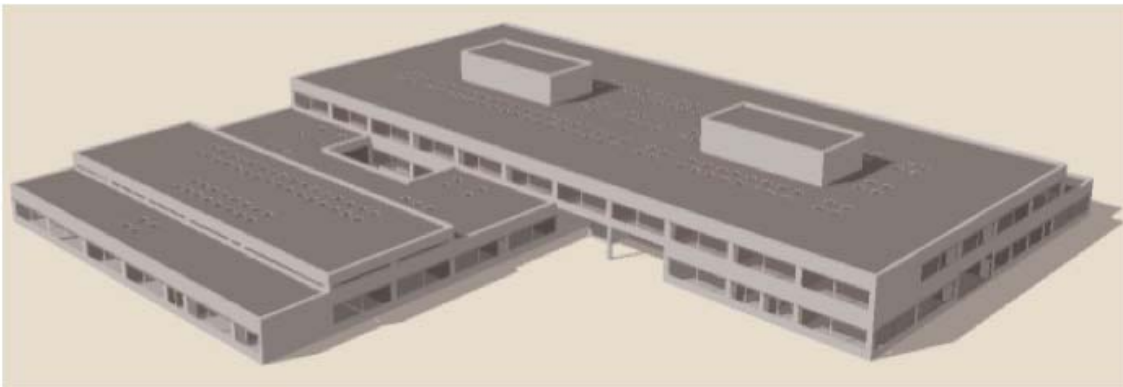
<sup>3</sup> Jens Willmes, Bewertung von Sanierungsmaßnahmen durch dynamische Simulation, Fachbereich Energie · Gebäude · Umwelt, FH Münster



## 1. Digitalisierung des Gebäudes

Grundlage für die Simulation eines Gebäudes bildet die vollständige Abbildung des zu untersuchenden Gebäudes. Dazu muss aufgrund von Unterlagen und Begehungen zeichnerisch ein dreidimensionales Modell im Maßstab 1:1 erstellt werden.

werte mit realen Verbrauchs- und/oder Messwerten. Abweichungen von  $\pm 10\%$  sind akzeptabel, bei größerer Abweichung muss die Modellanpassung noch einmal auf Plausibilität geprüft werden.



## 2. Anpassen des Modells an reale Bedingungen (Parametrierung)

Um wirklichkeitsnahe Ergebnisse zu erhalten, muss das Modell an die realen Bedingungen angepasst/parametriert werden. Dazu wird der Aufbau aller gebäudespezifischen Bauteile (unter anderem U-Werte, Wandaufbauten, Dachaufbauten usw.) erfasst. Ergänzt wird das numerische Modell durch die Eingabe der inneren Lasten und des Nutzerverhaltens. Das sind z.B. Angaben, wie viele Personen sich wie lange in einem Raum aufhalten und welche technischen Geräte (Beleuchtung, Rechner, Maschinen usw.) in Betrieb sind.

## 3. Prüfung auf Plausibilität

Nach der Modellanpassung kann simuliert werden. Die Ergebnisse sind auf die Realitätsnähe zu prüfen. Dies geschieht durch den Vergleich der Simulations-

## 4. Auswertung und Analyse des IST-Zustands

Liegt die Abweichung bei  $\pm 10\%$ , kann der Ist-Zustand ausgewertet und analysiert werden. Dazu sind die Schwachstellen des Gebäudes zu ermitteln und in einem Katalog nach Prioritäten aufzulisten. Gleichzeitig stellt dieses ermittelte Modell die Vergleichsbasis für weitere Optimierungsschritte dar.

## 5. Optimierungsmaßnahmen entwickeln

Ein Katalog ist hilfreich, um gezielt Optimierungsmaßnahmen für die Schwachstellen zu entwickeln. Dies betrifft unter anderem die bauphysikalischen Eigenschaften, die Behaglichkeit, die Effizienzsteigerung, die Regelungstechnik und weitere Aspekte.



## 6. Verschiedene Optimierungsmaßnahmen simulieren

Nachdem verschiedene Varianten der möglichen Sanierungsmaßnahmen erstellt wurden, werden diese simuliert, ausgewertet und im Bezug zum Ausgangsmodell analysiert. So lässt sich die beste Alternative unter energetischen, ökonomischen und behaglichen Aspekten ermitteln.

### Vorgaben

Lange Zeit konnte der Nutzer eines Simulationsprogramms die Simulationsergebnisse im Hinblick auf technisch korrekte Berechnung nicht prüfen. Aus diesem Grund legt die VDI 6020-1<sup>4</sup> Mindestanforderungen an Rechenverfahren zur thermischen und energetischen Bewertung von Gebäuden fest. So beinhaltet diese Richtlinie Beispiele mit Ergebnissen für den Vergleich mit dem eingesetzten Simulationsprogramm.

Außerdem *„definiert die Richtlinie die Mindestanforderungen an Rechenverfahren hinsichtlich der Algorithmen und Parameter, die ein Programmhersteller, wenn er Bezug auf die Richtlinie nimmt, gewährleisten muss.“*<sup>5</sup>

<sup>4</sup> VDI 6020-1, Anforderungen an Rechenverfahren zur Gebäude- und Anlagensimulation – Gebäudesimulation

<sup>5</sup> VDI 6020-1, Version Mai 2001, Seite 4, Abschnitt 1

<sup>6</sup> DIN 4710, Statistiken meteorologischer Daten zur Berechnung des Energiebedarfs von heiz- und raumluftechnischen Anlagen in Deutschland

<sup>7</sup> DIN EN 12831, Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast

<sup>8</sup> VDI 2078, Berechnung der Kühllast klimatisierter Räume (VDI-Kühllastregeln)

Da das thermische und energetische Verhalten bei einer Gebäudesimulation auch von meteorologischen Daten abhängt, sollten diese aus standardisierten Quellen entnommen werden:

- Wetterdaten nach DIN 4710<sup>6</sup>
- Testreferenzjahre  
(TRY = Test-Reference-Year)
- Sonstige Wetterdaten  
die mit einer Mindestauflösung von 8760 Stunden pro Jahr die entsprechend zur DIN 4710<sup>6</sup> relevanten Wetterdaten beinhalten
- Wetterdaten für Auslegungstage  
(Winterfall DIN EN 12381<sup>7</sup>, Sommerfall VDI 2078<sup>8</sup>)

Zu beachten ist, dass die jeweiligen Wetterdatensätze aufgrund einer Mittelung über einen längeren Zeitraum nicht dem realen Wetterverlauf der Zeitperiode entsprechen, aus dem heraus Verbrauchsdaten des Gebäudes vorliegen. Hierin begründet sich z.B. die  $\pm 10\%$  Abweichung zwischen Simulationsberechnung und realen Verbrauchsdaten.





## Hemmnisse

Um für die Gebäudesimulation ein brauchbares Modell zu erhalten, muss eine möglichst aussagekräftige Grundlage geschaffen werden. Dazu müssen Daten erhoben, ein Modell erstellt und an die realen Bedingungen angepasst werden. Das ist zeitintensiv und verlangt, dass sich jemand mit dem zu untersuchenden Gebäude und dem zur Simulation eingesetzten Programm beschäftigt.

Der Zeitfaktor reduziert sich nach mehrmaligem Arbeiten mit dem Programm. Was bleibt, ist die Beschaffung und Auseinandersetzung mit allen relevanten Daten.

Beim Arbeiten mit einem Simulationsprogramm sollte darauf geachtet werden, dass es den Anforderungen der VDI 6020-1<sup>4</sup> entspricht.

## Fazit

**Gebäudesimulation ist ein sinnvolles und oft das einzige Mittel, um Schwachstellen eines Gebäudes aufzudecken und um bereits im Vorfeld zu prüfen, wie sich geplante Maßnahmen auf das Gebäude aus thermischer und energetischer Sicht auswirken.**

**Es ist möglich, Varianten zu berechnen und zu beurteilen, um so das beste Ergebnis aus behaglicher, energetischer und finanzieller Sicht zu ermitteln.**

**Besonders effektiv lassen sich regelungstechnische Veränderungen am Gebäude (z.B. Tag/Nachtabenkung der Raumtemperaturen in den Klassenräumen im Winterfall) simulieren, die bei**

**niedrigen Investitionskosten hohe Einspar-effekte erzielen.**

**Gleichzeitig lassen sich die energetischen und kostenmäßigen Bedeutungen von Wärmerück-gewinnungssystemen aufzeigen, die in zu sanie-renden Schulgebäuden aufgrund der vorge-schriebenen Mindestaußenluftmengen zwin-gend zu berücksichtigen sind.**

<sup>4</sup> VDI 6020-1, Anforderungen an Rechenverfahren zur Gebäude- und Anlagensimulation – Gebäudesimulation



## 5 Energiekonzept

Ein **Energiekonzept** stellt die sinnvolle und durchdachte Versorgung mit Energie sicher. Den Kern bilden die Themen: **Energieeinsparung**, **effiziente Energienutzung** und **Einsatz von regenerativen Energien**. Dazu werden unterschiedliche Maßnahmen entwickelt, die Potenziale der Maßnahmen ermittelt und die Investitionen für einen bestimmten Zeitraum betrachtet. Es kann sich auf alle Formen der Energie beziehen oder auf unterschiedliche, wie z.B. Wärme oder Strom. Die Erarbeitung und Umsetzung eines Energiekonzeptes hilft in jedem Fall, Geld und CO<sub>2</sub>-Emissionen zu sparen. Dazu kann sich ein Energiekonzept auf ein einzelnes Gebäude beziehen, eine Stadt/Gemeinde oder ein Bundesland.

Die **Energieversorgung** bildet in dem Energiekonzept den Schwerpunkt. Oberste Priorität ist die Sicherstellung der Energieversorgung. Die Parameter

und Bedingungen der Energieversorgung nehmen Einfluss auf den Verbrauch und bestimmen die Investitions- und vor allem die Betriebskosten.

### Ausgangssituation

Die Energieversorgung in nicht konventioneller Weise nimmt einen immer wichtiger werdenden Stellenwert bei Heizungs- und Kühlsystemen und Einrichtungen ein, aus diesem Grund soll an dieser Stelle darauf eingegangen werden.

Standard an Schulen ist die Ausstattung mit rein konventionellen Heizungssystemen und ohne oder nur räumlich begrenzten Kühleinrichtungen. Im üblichen Sanierungsfall wird bei einem Heizungssystem der alte Kessel durch einen Niedertemperaturkessel oder bei entsprechend groß dimensionierten Heizkörpern bestenfalls durch einen Brennwertkessel ersetzt.





Ein grundsätzliches Problem all dieser klassischen Heizungssysteme ist, dass sie hohe Heizungsvorlauftemperaturen benötigen. Dadurch sinkt wiederum der Nutzungsgrad dieser Systeme, Folge sind erhöhte Energieverbräuche. Den gleichen Effekt hat das Fehlen von Puffern, ohne die, die Leistungsanforderung nicht konstant ist. So moduliert das Heizungssystem und muss sich immer wieder auf unterschiedliche Leistungen einstellen, was zu Lasten des Nutzungsgrades geht. Zu Kühlzwecken werden strombetriebene Kälteanlagen eingesetzt, bei denen die Betriebskosten in die Höhe schnellen.

## Lösung

Die Aufgabe neuer innovativer Heizungs- und Kühlsysteme besteht daher in der Vermeidung hoher Temperaturunterschiede beim Heizen und Kühlen bei gleichzeitiger Garantie der thermischen Behaglichkeit für die Schüler.

Menschen bevorzugen die Regulierung ihres thermischen Energiehaushaltes durch Strahlungsaustausch mit ihrer Umgebung, sowohl im Sommer zur Kühlung, als auch im Winter zur Wärmeaufnahme. Dabei werden große flächige Systeme, wie Fußbodenheizungen und Kühldecken, als sehr angenehm empfunden.

Kühl- bzw. Klimadecken stellen hierbei die optimale Lösung dar, da sie leicht nachzurüsten sind und die benötigten Heiz- und Kühlleistungen voll abdecken können. Befürchtungen von hohen thermischen Belastungen im Winter sind vollkommen auszuschließen, da der grundsätzliche Heizbedarf bei belegtem Klassenraum und sanierter Fassade gegen Null tendiert.



*„Mehr Lebensqualität im Schulalltag!“*



## 6 Gebäudehülle

Aufgabe der Gebäudehülle ist es, den Menschen vor äußeren Einflüssen, wie der Witterung, zu schützen. Herrschen draußen kalte Temperaturen, wird im Innern des Gebäudes ein angenehmes Raumklima zum Wohlfühlen geschaffen. Das erklärt auch, warum der Hauptenergieverbrauch von Gebäuden im nordeuropäischen Raum in erster Linie durch den Heizenergieverbrauch verursacht wird.

**Durch überlegtes Ertüchtigen der bestehenden Gebäudehülle lassen sich der Heizenergieverbrauch und die damit verbundenen Betriebskosten senken.**

Solche Maßnahmen umfassen unter anderem Fassade, Fenster, Dächer, Keller, Bodenplatte usw.

Die Konstruktion der Gebäudehülle trägt zur thermischen Behaglichkeit, der Raumluftqualität und der Ausleuchtung des Gebäudes bei. Außerdem prägt das Äußere eines Gebäudes die Nutzer und die Umgebung, in der es steht. Deshalb legen Architekten so viel Wert auf Farbgebung, Formen, Materialien usw. Diese Dinge sind wichtig, um den Charakter eines Gebäudes zu definieren.

Der Schwerpunkt in diesem Leitfaden liegt jedoch auf den energetischen Aspekten der Gebäudehülle. Eine durchdachte Sanierung der Gebäudehülle ist vor dem Hintergrund knapper werdender Ressourcen und steigender Energiekosten zwingend. Dabei sollte der minimal erforderliche Heizenergieverbrauch angestrebt werden.

Dies sollte zum Leitziel werden, da verfügbare und erschwingliche fossile Energiequellen in Zukunft fraglich sind und die mit der Nutzung der fossilen Energiequellen verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen unbedingt zu reduzieren sind.

### Was macht eine gute Gebäudehülle aus?

Eine gute Gebäudehülle hilft den Heiz- und Kühlenergieverbrauch gering zu halten. Dazu werden die thermischen Einflüsse der Umgebung minimiert, die durch solare Strahlung, Transmission und Undichtigkeiten entstehen. Transmissionswärmeverluste sind die Wärmemengen, die über die Außenbauteile der Gebäudehülle in der Heizperiode heraus dringen. Wie viel das ist, hängt vom Aufbau und den Materialien der einzelnen Bauteile ab.

Um bei einem Gebäude die Wärmeverluste in der Heizperiode möglichst gering zu halten, sollte die Gebäudehülle:

- wenig Wärme aus dem Gebäude heraus lassen und
- möglichst dicht sein.

Um dies zu erreichen, sind als Mindeststandard die Vorgaben der aktuellen Verordnungen (EnEV<sup>1</sup>) und technischen Regeln (DIN/VDI) einzuhalten.

Weitere Faktoren, die den Heizenergieverbrauch beeinflussen, sind die Lüftungswärmeverluste (die durchs Lüften entstehen) und das Nutzerverhalten.

Um den Kühlbedarf eines Gebäudes in der Sommerzeit möglichst gering zu halten, sollte die Gebäudehülle:

- zwingend Be- und Verschattungseinrichtungen besitzen
- einen der Nutzungsanforderung angepassten (niedrigen) Fensteranteil besitzen
- gegebenenfalls den Aspekt der Tageslichtlenkung zur unterstützenden Ausleuchtung des Gebäudes berücksichtigen

<sup>1</sup> EnEV: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden, kurz: Energieeinsparverordnung





- bei einer Belüftung des Gebäudes durch die Fassade, ein integraler Bestandteil der Klimaanlage sein.

## Vorgaben

Bei einer Sanierung der Gebäudehülle und den dazugehörigen Bauteilen sollte als Mindeststandard die jeweils aktuellen Vorgaben durch die EnEV<sup>1</sup> angestrebt werden. Die EnEV<sup>1</sup> enthält unter anderem Anforderungen an den Wärmeschutz, die Dichtigkeit und den Mindestluftwechsel eines Gebäudes. Da es sich bei einem Schulgebäude um ein Nichtwohngebäude handelt, muss bei einer energetischen Bilanzierung zusätzlich die DIN V 18599<sup>9</sup> herangezogen werden.



## Wenn die Sanierung nicht das gewünschte Ergebnis aufweist

Immer wieder gibt es Fälle, in denen die Gebäudehülle kostenintensiv ertüchtigt wurde mit dem Ziel, den Energieverbrauch und die Betriebskosten zu senken. Doch nach dem ersten Winter wurde mit Er-

schrecken festgestellt, dass der Verbrauch der Heizenergie nicht wie erwartet oder gar nicht gesunken ist. **Was ist passiert?**

Bei der Sanierung der Gebäudehülle wird der Lüftungsbedarf für die erhebliche Schülerzahl nicht bedacht. Die Vernachlässigung der erforderlichen Außenluftversorgung hat zur Folge, dass Fenster unkontrolliert geöffnet werden, um für Frischluft zu sorgen. So zieht die kostbar erwärmte Luft einfach zum Fenster heraus.

Weitere Ursachen können sein, dass die Sanierung der Gebäudehülle zum Umbau der Schule genutzt wurde, so dass jetzt mehr Fläche mit derselben Heizung beheizt werden muss. Außerdem sollte überprüft werden, ob der Kessel nach der Sanierung nicht überdimensioniert ist und somit einen schlechteren Nutzungsgrad aufweist.

## Lösung

Bei der Sanierung der Gebäudehülle eines Schulgebäudes ist zwingend der integrale Zusammenhang zwischen den Gewerken Heizung, Beleuchtung, Elektro, Lüftung, Fassade und Regelungstechnik zu berücksichtigen. Besonders hervorzuheben ist die ausreichende Belüftung der Schulklassen, die in keinem Fall ohne Wärmerückgewinnung erfolgen darf.

<sup>1</sup> EnEV: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden, kurz: Energieeinsparverordnung

<sup>9</sup> DIN V 18599, Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwasser und Beleuchtung, Teil 1 bis 10



## Wahl der passenden Sanierungsmaßnahmen

Sanierungen der Gebäudehülle sollten mindestens nach den Vorgaben der jeweils aktuellen EnEV<sup>1</sup> ausgeführt werden. Doch da jedes Gebäude anders ist, ist nicht jede Maßnahme sinnvoll. Was zum Beispiel bei einem Gebäude in Vollklinkerbauweise zum gewünschten Ergebnis führt, muss nicht bei einem Gebäude in Skelettbauweise sinnvoll sein, und umgekehrt.

Vor der Sanierung der Gebäudehülle muss für das zu sanierende Gebäude geprüft werden, wie sinnvoll einzelne Maßnahmen sind. Dazu ist eine Wirtschaftlichkeitsberechnung der einzelnen Maßnahmen durchzuführen. So lassen sich für die anstehende Sanierung Prioritäten festlegen. Eine Gebäudesimulation ist dabei oft das einzig ausreichende Werkzeug, um Prioritäten festzulegen.

## Lüftungsbedarf sicherstellen

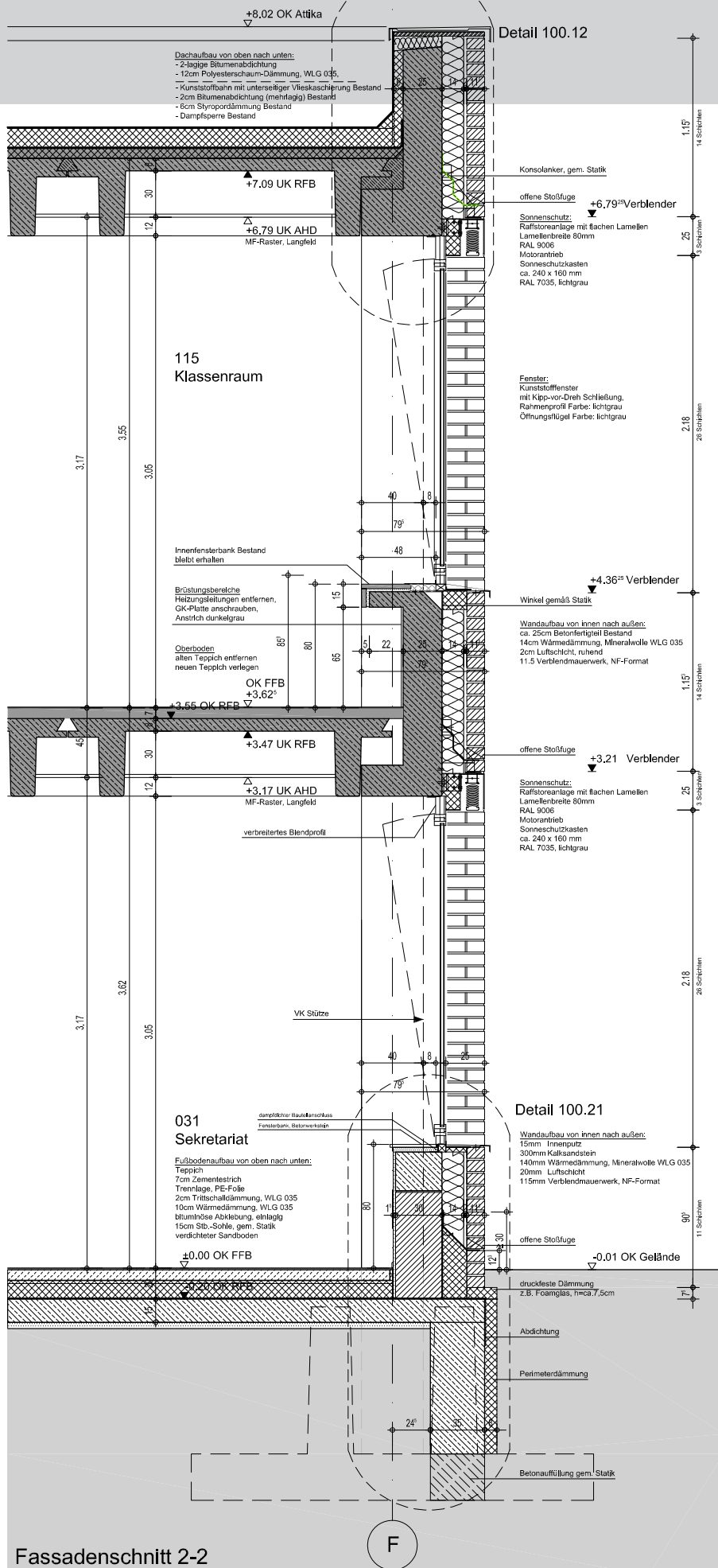
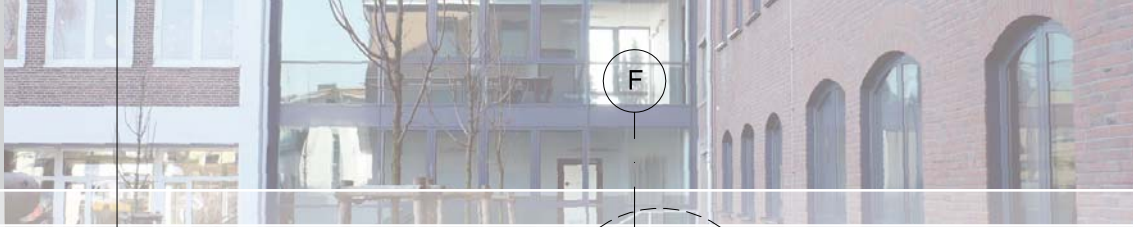
Es kann keine Lösung sein, den Schülern und Lehrern das Lüften vollständig zu verbieten. Eine Außenluftversorgung muss sichergestellt sein. Dazu gibt es einschlägige Richtlinien (DIN EN 13779<sup>10</sup> und DIN EN 15251<sup>11</sup>), in denen die Mindestluftmenge reglementiert ist.

Durch entsprechende Maßnahmen (Mess- und Regelungstechnik) und Einrichtungen (zum Be- und Entlüften mit Wärmerückgewinnung) wird die Mindestluftmenge eingehalten.

<sup>1</sup> EnEV: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden, kurz: Energieeinsparverordnung

<sup>10</sup> DIN EN 13779, Lüftung von Nichtwohngebäuden - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme

<sup>11</sup> DIN EN 15251, Eingangparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden - Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik





## 7 Raumlufqualität und Lüftung

Die Qualität der Raumluf ist ein wichtiges Kriterium für die Leistungs- und Konzentrationsfähigkeit. Gute Raumlufqualität ist eine wichtige Voraussetzung für Konzentration und gute Leistungen.

Bei schlechter Qualität der Raumluf nehmen die Fähigkeiten für Konzentration und Leistung merklich ab.

Schlechte Raumlufqualität entsteht, wenn viele Menschen auf begrenztem Raum bei unzureichender Lüftung zusammen sind. Dies ist vor allem bei Versammlungsräumen, Kindergärten und Schulen der Fall. Einfluss auf die Raumlufqualität nehmen die im Raum befindlichen Menschen vor allem durch den Verbrauch von Sauerstoff und die Freisetzung von Kohlendioxid.

Weitere Faktoren sind Luftwechselzahl und Volumen des Raumes.

Als Indikator zur Beurteilung der Raumlufqualität hat sich die Kohlenstoffdioxidkonzentration (CO<sub>2</sub>-Konzentration) etabliert. CO<sub>2</sub> ist ein guter Indikator für die Emission organischer Ausdünstungen durch Menschen.<sup>12</sup> Es ist ein Stoffwechselprodukt, das jeder Mensch beim Ausatmen freisetzt. Wie groß diese Menge ist, hängt vom Alter und Aktivitätsgrad ab. Tabelle 7-1 zeigt die CO<sub>2</sub>-Abgaberraten pro Person in Liter/Stunde.

Tabelle 7-1: CO<sub>2</sub>-Abgaberrate pro Person in Liter/Stunde<sup>13</sup>

CO <sub>2</sub> -Abgaberraten pro Person in Liter/Stunde*				
Alter [Jahre]	1 - 3	4 - 6	7 - 9	10 - 14
Ruhe	4,8	9,7	14	20
Leichte Aktivität	9,7	20	28	38
Mäßige Aktivität	20	38	58	77
Intensive Aktivität	33	67	102	135

\*Die ausgeatmete Luft enthält 4 Vol-% Kohlendioxid und die Abgaberrate resultiert aus dem Atemvolumen.

<sup>12</sup> DIN EN 13779, Seite 21, Abschnitt 6.2.5.4

<sup>13</sup> Handbuch zum QUIRL/CO<sub>2</sub>, Niedersächsisches Landesgesundheitsamt, QUIRL ist eine CO<sub>2</sub>-Modellsoftware, zu beziehen unter: [http://www.nlga.niedersachsen.de/live/live.php?navigation\\_id=6668&article\\_id=19316&\\_psmand=20](http://www.nlga.niedersachsen.de/live/live.php?navigation_id=6668&article_id=19316&_psmand=20)



## Vorgaben

Zur Bewertung der CO<sub>2</sub>-Konzentration bzw. der Raumluftqualität werden Grenzwerte herangezogen. Angaben zu den Anforderungen an die Raumluftqualität bzw. die CO<sub>2</sub>-Konzentration und den Grenzwerten enthalten die DIN EN 13779<sup>10</sup> und die DIN EN 15251<sup>11</sup>. Diese gelten für die Auslegung bedarfsgerechter Lüftungssysteme von Nichtwohngebäuden und Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden. Des Weiteren lässt sich die Empfehlung der Innenraumluftthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes (UBA) aus dem „Leitfaden für die Innenraumthygiene in Schulgebäuden“ heranziehen.<sup>14</sup>

Tabelle 7-2 zeigt die Klassifizierung der Raumluftqualität nach DIN EN 13779<sup>10</sup>. Abhängig von der CO<sub>2</sub>-Konzentration gibt es eine Unterteilung in vier Kategorien. Kategorie I hat die höchsten Anforderungen und Kategorie IV die niedrigsten. Für Klassenräume empfiehlt sich Kategorie II.

Neu ist, dass es sich bei der CO<sub>2</sub>-Konzentration nicht um absolute Werte handelt, sondern um die Konzentrationserhöhung gegenüber der Außenluft.

Die absolute Konzentration wurde zur besseren Darstellung in Tabelle 7-2 errechnet.

Tabelle 7-2: Klassifizierung der Raumluftqualität nach DIN EN 13779<sup>10</sup>

Kategorie	I	II	III	IV
Beschreibung	Hohe Raumluftqualität	Mittlere Raumluftqualität	Mäßige Raumluftqualität	Schlechte Raumluftqualität
CO <sub>2</sub> -Konzentrationserhöhung über dem Gehalt der Außenluft in ppm	< 400 ppm	400 - 600 ppm	600 - 1000 ppm	> 1000 ppm
Absolute CO <sub>2</sub> -Konzentration in ppm*	< 800 ppm	800 - 1000 ppm	1000 - 1400 ppm	> 1400 ppm
Lüftungsrate in L/(s·Person)	< 15 L/(s·Per.)	10 - 15 L/(s·Per.)	6 - 10 L/(s·Per.)	> 6 L/(s·Per.)

\*ausgehend von einer Außenluftkonzentration von 400 ppm (aufgerundeter Wert)

Die Innenraumluftthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes (UBA) gibt Leitwerte für die absolute CO<sub>2</sub>-Konzentration der Innenraumluft an.

Diese Werte werden unter dem hygienischen Punkt bewertet und erfordern, wenn nötig, Maßnahmen.

<sup>10</sup> DIN EN 13779, Lüftung von Nichtwohngebäuden - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme

<sup>11</sup> DIN EN 15251, Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden - Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik

<sup>14</sup> Bezugsquelle des UBA-Leitfadens: [http://www.umweltbundesamt.de/uba-infomedien/mysql\\_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3689](http://www.umweltbundesamt.de/uba-infomedien/mysql_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3689), Stand 2008



Tabelle 7-3: Leitwerte für die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Innenraumluft nach UBA<sup>15</sup>

CO <sub>2</sub> -Konzentration in ppm (absolut)	< 1000 ppm	1000 - 2000 ppm	> 2000 ppm
Hygienische Bewertung	Hygienisch unbedenklich	Hygienisch auffällig	Hygienisch inakzeptabel
Empfehlung	keine weiteren Maßnahmen	Lüftungsmaßnahmen intensivieren (Außenluftstrom bzw. Luftwechsel erhöhen)  Lüftungsverhalten überprüfen und verbessern	Belüftbarkeit des Raumes prüfen  Ggf. weitgehende Maßnahmen prüfen

Neben den Vorgaben für die Raumluftqualität gibt es noch Orientierungswerte für die Raumplanung der Klassenräume.

So stehen einem Schüler als Orientierungswert 2 m<sup>2</sup> Grundfläche und 6 m<sup>3</sup> Luftraum zu (einschließlich des Lehrerarbeitsplatzes und des Tafelbereichs)<sup>16</sup>. Ein Klassenraum mit 60 m<sup>2</sup> bietet damit Platz für 30 Schüler. Dies ist in vielen Schulen gängige Klassengröße.

### Einhaltung der Grenzwerte in der Praxis schwierig

In der Praxis erweist sich die Einhaltung der oben genannten Grenzwerte häufig als schwierig. Dies belegen Messungen der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Technischen Schulen Steinfurt, der Wirtschaftsschulen Steinfurt und der Peter-Pan-Schule Rheine. In insgesamt 12 Klassenräumen wurden im Rahmen des Projektes Messungen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass die CO<sub>2</sub>-Konzentration mehrheitlich über 1000 ppm liegt. Auch Werte über 2000 ppm sind keine Seltenheit. In einigen Fällen steigt die CO<sub>2</sub>-Konzentration auf 4000 ppm. Die messtechnischen Untersu-

chungen bestätigen die Ende 2002 abgeschlossenen Messungen des niedersächsischen Landesgesundheitsamtes, dass die geforderten Werte in den meisten Fällen innerhalb kürzester Zeit nach Unterrichtsbeginn überschritten werden.

Das Ergebnis einer Beispielmessung in einem Klassenraum zeigt Abbildung 7-1.

Es handelt sich um einen Klassenraum mit einem Raumvolumen von 211 m<sup>3</sup>, bei dem die Fenster während der ganzen Unterrichtsdauer geschlossen waren. Bei den im Raum befindlichen Personen handelt es sich um erwachsene Personen. Der blaue Verlauf zeigt den Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration, der rote die Anzahl der Personen. Die grüne Gerade stellt zur Orientierung die 1000 ppm-Grenze dar. Nach dem Eintreffen der Schüler steigt die CO<sub>2</sub>-Konzentration an. In der Pause stagniert die CO<sub>2</sub>-Konzentration, um mit dem Beginn der nächsten Unterrichtseinheit weiter zu steigen. In der zweiten Unterrichtseinheit befinden sich 19 Personen im Raum.

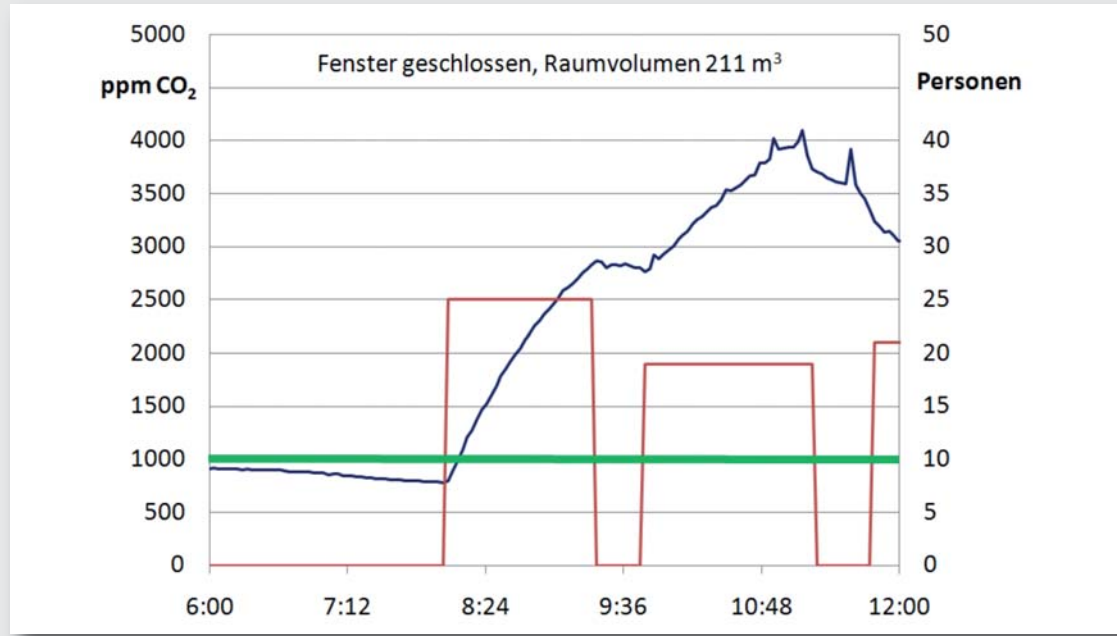
Bei einem Raumvolumen von 211 m<sup>3</sup> stehen jeder Person 11 m<sup>3</sup> zur Verfügung, fast doppelt so viel wie vorgesehen. Die CO<sub>2</sub>-Konzentration steigt während des Unterrichts weiter um mehr als 1000 ppm an.

<sup>15</sup> UBA-Leitfaden, Seite 38, Tabelle 2, 2008

<sup>16</sup> SchulbauV - Schulbauverordnung -Bayern- vom 30. Dez. 1994, Bezugsquelle: <http://www.umwelt-online.de/recht/bau/laender/bay/ schbrl.htm>



Abb. 7-1: Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration in einem Klassenraum bei geschlossenen Fenstern



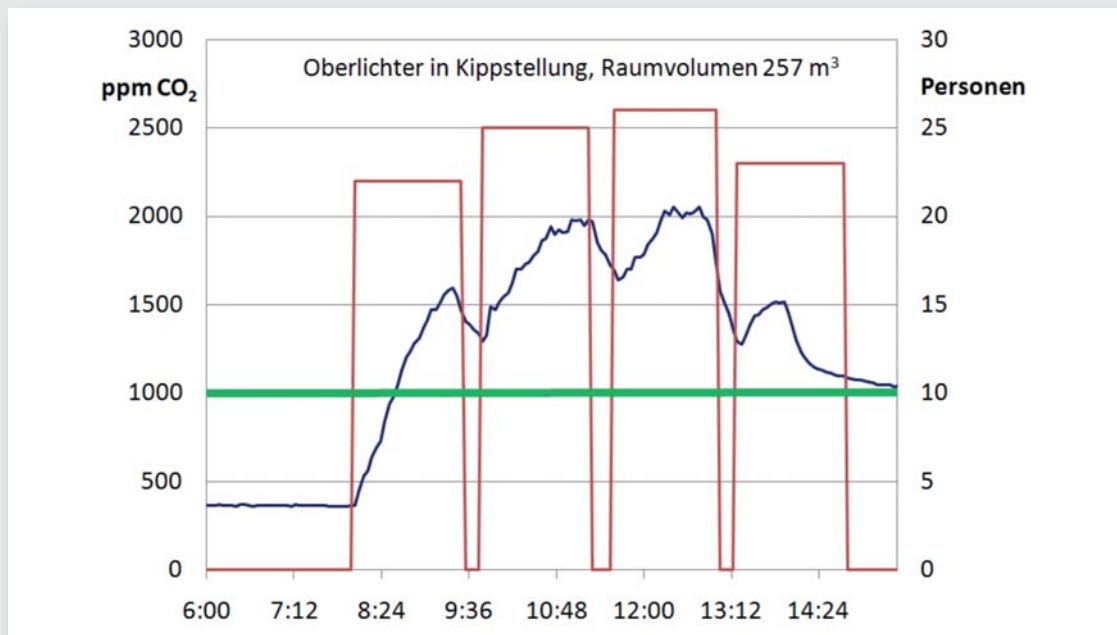
rot = Anzahl der Personen  
 blau = CO<sub>2</sub>-Konzentration  
 grün = Orientierungswert

Das Öffnen von Oberlichtern bringt eine Linderung aber keine Lösung des Problems.

Abbildung 7-2 zeigt einen Klassenraum mit einem Raumvolumen von 257 m<sup>3</sup>, in dem die Oberlichter

während der gesamten Unterrichtsdauer in Kippstellung waren. Der Wert von 1000 ppm wird dennoch innerhalb kürzester Zeit überschritten.

Abb. 7-2: Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration in einem Klassenraum bei geöffneten Oberlichtern



rot = Anzahl der Personen  
 blau = CO<sub>2</sub>-Konzentration  
 grün = Orientierungswert



Bei parallel zu den Messungen durchgeführten Fragebogenaktionen bewerteten mehr als 2/3 der Schüler und Lehrer die Raumluftqualität als schlecht.

Dieses Ergebnis war unabhängig davon, ob die Fenster geschlossen oder gekippt waren.

Die Zusammenführung der Fragebogenaktion und der Untersuchungen zeigt deutlich, dass Klagen und Beschwerden von Schülern und Lehrern ernst zu nehmen sind und von ihnen realistisch eingeschätzt werden können.

### Was beeinflusst die Raumluftqualität?

Die Raumluftqualität wird besonders von den Menschen im Raum und der Luftwechselzahl beeinflusst. Die entscheidende Größe, die geändert werden kann, ist die Luftwechselzahl.

### Wofür steht die Luftwechselzahl?

Die Luftwechselzahl beschreibt den Austausch der Raumluft mit Außenluft in einer Stunde (Einheit:  $h^{-1}$ ).

Ein Beispiel:

Bei einer Luftwechselzahl von  $1,5 h^{-1}$  wird das 1,5-fache des Raumvolumens in einer Stunde ausgetauscht. Bei einem Raumvolumen von  $500 m^3$  sind das  $750 m^3$  ausgetauschte Luft.

Das bedeutet, die  $CO_2$ -haltige Raumluft wird durch  $CO_2$ -arme Außenluft ausgetauscht. Ein ausreichend großer Luftwechsel wirkt dem Anstieg der  $CO_2$ -Konzentration entgegen und sich somit positiv auf die Raumluftqualität aus.

Bei den meisten Gebäuden ist der Luftwechsel unregelt. Die Luft tauscht sich über Undichtigkeiten in der Gebäudehülle oder über geöffnete Fenster aus. Unter diesen Umständen ist die Luftwechselzahl abhängig vom Zustand der Gebäudehülle/Bausubstanz, dem Wetter und dem Lüftungsverhalten der Nutzer. Der Luftaustausch wird durch die Winddruckdifferenz an der Gebäudehülle und dem thermischen Auftrieb im Gebäude angetrieben.

Abbildung 7-3 zeigt die Luftwechselzahl in Abhängigkeit von der Lüftungsart bzw. den eingebauten Fenstern. Es ist erkennbar, dass wenn die Fenster weit geöffnet sind, kann der Luftwechsel das 10 bis 20-fache des Raumvolumens erreichen kann. Es ist auch erkennbar, dass moderne Fenster dichter sind und damit einen niedrigeren Luftwechsel zur Folge haben.


Abb. 7-3: Luftwechselzahl in Abhängigkeit von der Lüftungsart <sup>13</sup>

Lüftungsart	Luftwechselzahl [ $h^{-1}$ ]
Isolierfenster geschlossen	0,2 - 0,4
Einfache Fenster geschlossen	0,5 - 0,8
Oberlichter geöffnet	1,0 - 2,0
Kipplüftung	3 - 10
Fenster weit geöffnet	10 - 20

In naher Zukunft werden viele Schulen energetisch saniert, auch durch den Einbau dichter Fenster. Durch diese Sanierungen entstehen dichte Gebäude, welche nur noch eine minimale Luftwechselzahl besitzen. So sinnvoll diese Sanierung aus energetischer Sicht auf

<sup>13</sup> Handbuch zum QUIRL/CO<sub>2</sub>, Niedersächsisches Landesgesundheitsamt, QUIRL ist eine CO<sub>2</sub>-Modellsoftware, zu beziehen unter: [http://www.nlga.niedersachsen.de/live/live.php?navigation\\_id=6668&article\\_id=19316&psmand=20](http://www.nlga.niedersachsen.de/live/live.php?navigation_id=6668&article_id=19316&psmand=20)





den ersten Blick ist, so dramatisch wirkt sich ein dichtes Gebäude auf die Raumluftqualität aus.

Die Folge ist, die Raumluftqualität in sanierten Gebäuden wird sich noch weiter verschlechtern.

So startet der Unterricht schon in der 1. Stunde unter leistungsmindernden Bedingungen.

### Möglichkeiten der Lüftung

**Was kann für eine gute Raumluftqualität getan werden?** Um an dieser Stelle weiter zu kommen, ist ein Umdenken nötig. Es zeigt sich, dass die Lüftung über Fenster in vielen Fällen an ihre Grenzen stößt. Das Rad, an dem hier gedreht werden muss, ist die Luftwechselzahl. Erhöht sich diese, verbessert sich auch die Raumluftqualität.

Die Alternativen für eine akzeptable Raumluftqualität wären, die Personenzahl in einem Klassenraum in erheblichem Maße zu reduzieren bzw. das Raumvolumen eines Klassenraumes zu vergrößern. Realistisch und durchführbar sind diese Maßnahmen jedoch nicht.

### Natürliche Lüftung/Fensterlüftung

Wie schon angesprochen, reicht es in vielen Fällen nicht, die Fenster zu öffnen, um eine akzeptable Raumluftqualität sicherzustellen. Auch aus energetischer Sicht kann es keine Lösung sein, die Fenster ununterbrochen geöffnet zu lassen.

Vor allem bei kalten Außentemperaturen wäre das Energieverschwendung, auch von behaglichen Raumtemperaturen kann dann keine Rede mehr sein. Bei Schulen, die sich in einer lauten Umgebung befinden, kommt das Öffnen der Fenster während des Unterrichts sowieso nicht in Frage.

### Mechanische Lüftung

Gute Raumluftqualität lässt sich mit mechanischer Lüftung sicherstellen, denn die Luftwechselzahl bzw. der Volumenstrom der Frischluft lässt sich kontrolliert an die Bedürfnisse im Raum anpassen. In Verbindung mit einem Wärmerückgewinner lässt sich zusätzlich der Energieverbrauch deutlich reduzieren.

Bei der mechanischen Lüftung lassen sich grundsätzlich drei Typen unterscheiden: zentrale, dezentrale und semi-zentrale Lüftung. Die Frage, welcher Typ der richtige ist, lässt sich nicht pauschal beantworten, sondern muss erarbeitet werden, vom Planer, Bauherrn und Nutzer. Aus diesem Grund gibt es an dieser Stelle nur einen kurzen Überblick über die zentrale und dezentrale Lüftung. Von der semi-zentralen Lüftung gibt es unterschiedliche Ausführungen, diese hier aufzuführen würde zu weit gehen.



*“Ich sitze immer direkt am Fenster, dann bekomme ich nicht so schnell Kopfschmerzen!”*



## I Zentrale Lüftung

Bei der zentralen Lüftung wird das ganze Gebäude oder ein Gebäudeabschnitt mit Luft versorgt. Dazu wird Außenluft an einer zentralen Stelle angesaugt und in einem Lüftungsgerät in der Technikzentrale aufbereitet. Diese aufbereitete Luft, Zuluft genannt, wird über Luftleitungen verteilt.

Nun gelangt die Zuluft entweder direkt in die zu versorgenden Räume oder es ist vor jedem Raum (oder einer Zone) ein Gerät zur dezentralen Luftkonditionierung vorgeschaltet, welches die bedarfsgerechte Lüftung (z.B. in Abhängigkeit der Raumluftqualität und/oder der Raumtemperatur) ermöglicht.

Die verbrauchte Luft, Abluft, wird im Raum selbst abgesaugt und gelangt über die Abluftkanäle wieder in das zentrale Gerät. Alternativ gelangt die verbrauchte Luft durch Überströmöffnungen in den Flur und wird zum Beispiel über ein Atrium abgesaugt und gelangt auch wieder ins zentrale Gerät.

In dem zentralen Gerät befindet sich ein Wärmerückgewinner (WRG). Dieser nutzt die Wärmeenergie der Abluft, um die Zuluft vorzuwärmen bzw. vorzukühlen.

Tabelle 7-4 enthält die Vor- und Nachteile der zentralen Lüftung.

Tabelle 7-4: Vor- und Nachteile der zentralen Lüftung

Vorteile	Nachteile
Kontinuierliche Frischluftzufuhr ➔ konstante Luftqualität	Schwierige Nachrüstung, aufgrund der Kanalführung für Zu- und Abluft
Während der Heizperiode kann über das Lüftungssystem geheizt werden ➔ Heizflächen entfallen bzw. können kleiner ausgelegt werden	Eventuell schwer einzuhaltender Brandschutz
Einfache Wartung	Gebäudeleittechnik erforderlich
Leise	



## II Dezentrale Lüftung

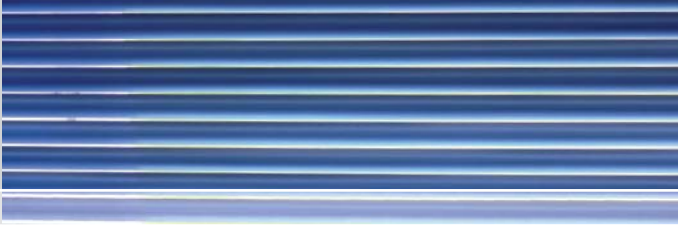
Bei der dezentralen Lüftung wird jeder Raum über ein eigenes Gerät mit Luft versorgt. Für die Zu- und Abluft werden Leitungen durch die Außenwand ins Freie geführt. Die Außenluft wird angesaugt, aufbereitet (filtern, nachheizen bzw. nachkühlen usw.) und im Raum verteilt. Die verbrauchte Luft wird im Raum abgesaugt und gelangt wieder ins Gerät.

In dem Gerät befindet sich ein Wärmerückgewinner, der die Zuluft mit der Abluft vorwärmt bzw. vorkühlt.

Tabelle 7-5 enthält die Vor- und Nachteile der dezentralen Lüftung.

Tabelle 7-5: Vor- und Nachteile der dezentralen Lüftung

Vorteile	Nachteile
Einfach nachzurüsten, auch in einzelnen Räumen	Erhöhter Wartungsaufwand bei vielen Geräten
Brandschutz leicht einzuhalten	Eventuell laut, da sich Ventilatoren direkt im Gerät befinden
Gebäudeleittechnik nicht erforderlich	Technisch ist der Volumenstrom begrenzt



## 8 Temperierung des Klassenraumes

Temperaturen, denen der Mensch ausgesetzt ist, beeinflussen seine Behaglichkeit. Dem Menschen ist es behaglich, wenn er sich nicht entscheiden kann, ob die Umgebungstemperatur niedriger oder höher sein soll. Ist sie zu hoch oder zu niedrig, ist der Körper damit beschäftigt seine innere Temperatur zu halten. Bei zu niedrigen Temperaturen benötigt der Körper seine Energie für das Warmhalten des Körpers. Bei zu hohen Temperaturen weitet der Körper die Blutgefäße, um sich abzukühlen, dadurch „versackt“ das Blut. Beschwerden wie Schwindel, Müdigkeit, Konzentrationsstörungen und Kopfschmerzen können auftreten.

*„Bei einem Anstieg der Temperatur über 22° C muss bereits mit einem Abfall der geistigen Leistungsfähigkeit gerechnet werden.“<sup>17</sup>*

Ein Faktor, der die Behaglichkeit in Innenräumen beeinflusst, ist die empfundene Raumtemperatur, auch operative Temperatur genannt. Diese ergibt sich aus dem Mittelwert der Strahlungstemperatur der Umgebungsflächen und der Raumlufttemperatur. Weitere Faktoren sind Kleidung, Art der Tätigkeit (Aktivität), Luftgeschwindigkeit und Feuchtigkeit der Luft.

Die Festlegung der Raumtemperaturen bestimmt neben einer optimalen Gebäudehülle, den Energiebedarf zum Heizen und zum Kühlen. Der Energiebedarf zum Heizen und Kühlen lässt sich durch die Wahl des richtigen Heiz/Kühlsystems spürbar reduzieren bei gleichbleibender Behaglichkeit und Komfort. Bis heute wurden standardmäßig Radiatoren eingesetzt, doch wenn der Wasserinhalt des Heizungssystems nicht

klein gehalten wurde, führte das zu einer hohen Trägheit, was wiederum keinen dynamischen Betrieb der Anlage ermöglicht.

### Vorgaben

Die Nutzung eines Raumes und die dazu gehörigen Betriebsparameter bestimmen den Energiebedarf eines Schulraumes ursächlich. Die regelmäßig überarbeitete EnEV<sup>1</sup> spiegelt dies konkret wider und fordert daher neben einer thermisch optimalen Gebäudehülle, mit jeweils aktualisierten Berechnungsvorschriften (DIN V 18599<sup>9</sup>), eine exakte (Voraus-)Berechnung des Energiebedarfs auf Basis dieser Betriebsparameter.

Eigens dazu wurden die DIN EN 15251<sup>11</sup> und DIN EN 13779<sup>10</sup> erarbeitet, die die operativen (empfundene) Raumtemperaturen für die Energieberechnung in Verbindung mit Qualitätsstufen definieren.

Es wird grundsätzlich empfohlen, in Schulen die Qualitätsstufe II zu wählen, wodurch die operative Raumtemperatur für klimatisierte Räume

im Winter auf 20° C und für den Sommer auf 26° C festgelegt wird.

### Alternative Systeme zum Heizen und Kühlen

In diesem Leitfaden wird empfohlen, über ein flächiges System zu heizen und auch zu kühlen. Vorteile eines flächigen Systems sind die einfache Nachrüstbarkeit und es kann mit einem System geheizt und gekühlt werden. Im Heizfall ergibt sich durch ein flächiges System eine höhere Strahlungstemperatur der

<sup>1</sup> EnEV: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden, kurz: Energieeinsparverordnung

<sup>9</sup> DIN V 18599, Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwasser und Beleuchtung, Teil 1 bis 10

<sup>10</sup> DIN EN 13779, Lüftung von Nichtwohngebäuden - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme

<sup>11</sup> DIN EN 15251, Eingangparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden - Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik

<sup>17</sup> Nach Recknagel, Sprenger, Schramek, Taschenbuch für Heizung + Klima Technik, 74. Auflage, München, 2009



Umgebung, wodurch bei gleicher empfundener operativer Temperatur die Raumlufttemperatur im Winter gesenkt und analog bei gleichem Komfort im Sommer (Kühlfall) erhöht werden darf. Beides hat deutliche Senkungen des Energiebedarfs bei gleichem Komfort zur Folge.

Ein anderes System ist das Schwerekräftsystem. Vorteile hier sind auch die einfache Nachrüstbarkeit und das mit einem System geheizt und gekühlt werden kann.

## I Deckenstrahlplatten

Die Deckenstrahlplatte wird von kaltem Wasser durchströmt ( $\approx 16^\circ\text{C}$ ). Im Heizfall durchströmt die Decke warmes Wasser ( $\approx 27^\circ\text{C}$ ).

Die entstehende kalte bzw. warme Oberfläche nimmt die Strahlungswärme der Menschen auf (Kühlfall) bzw. der Mensch nimmt die Strahlungswärme der Decke auf (Heizfall). Kühlen bzw. Heizen über Strahlung wird von dem Menschen als sehr angenehm empfunden. Wie Strahlungswärme wirkt, kennt jeder, der schon einmal vor einem Lagerfeuer oder einem Kamin gesessen hat.

Abb. 8-1: Deckenstrahlplatten



<sup>18</sup> 1.emco Bau- und Klimatechnik GmbH & Co. KG, Lingen

## II Schwerekräftsystem

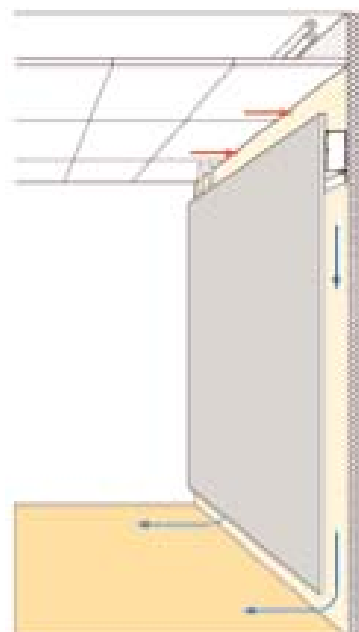
Abbildung 8-2 zeigt den schematischen Aufbau des Funktionsprinzips des Schwerekräftsystems für den Kühlfall im Sommer.

Die warme Luft im Raum steigt nach oben an die Decke und gelangt im Wandschacht über die Konvektoren, die mit kaltem Wasser ( $\approx 16^\circ\text{C}$ ; wahlweise auch niedriger, dann muss jedoch das Kondensat aufgefangen werden) durchflossen werden. Dadurch kühlt sich die warme Luft ab und sinkt zu Boden. Dort bildet die kalte Luft einen Kaltluftsee.

Diese Art der Kühlung wird vom Menschen auch als sehr angenehm empfunden, da es zu keinen Zugscheinungen kommt.

Dieses System funktioniert auch zum Heizen, dazu durchfließt warmes Wasser ( $\approx 40^\circ\text{C}$ , wahlweise auch höher) den Konvektor und die Luft steigt von unten nach oben. Sowohl im Heiz- wie auch im Kühlfall sollte geprüft werden, ob die Regelung es erlaubt, die Temperaturen einzelner Räume bei Nichtbelegung kurzzeitig abzusenken und anzuheben.

Abb. 8-2: Funktionsprinzip des Schwerekräftsystems für den Kühlfall<sup>18</sup>





## Beispiele aus der Praxis

### I Kühlen mit Kühldecken und Schwerkraftkühlsystem

Der Einsatz von Kühldecken und eines Schwerkraftkühlsystems wurden im Rahmen des DBU-Projektes an der Wirtschaftsschule Steinfurt erfolgreich getestet. Besonders in Räumen mit entsprechender Ausrichtung, hohem Glasanteil oder die über hohe interne Lasten verfügen, z.B. EDV-Klassenräumen profitieren Schüler und Lehrer von den angenehmen Raumtemperaturen bereits in der Übergangszeit und erst recht im Sommer. Vorteilhaft ist, dass für den Betrieb beider Systeme Grundwasser ausreicht, um die benötigten Kühltemperaturen zu erreichen.

### II Heizen mit Deckenstrahlplatten

Der Einsatz von Deckenstrahlplatten zu Heizzwecken wurde im Rahmen der Sanierung der Kaufmännischen Schulen des Kreises Steinfurt in Ibbenbüren erfolgreich getestet und danach im gesamten Schulgebäude umgesetzt. Die landläufigen Befürchtungen, dass die Deckenstrahlplatten zu Unbehaglichkeiten führen, haben sich nicht bestätigt. Im Gegensatz zur Unzufriedenheit der Schüler und Lehrer über die schlechte Beheizung mittels elektrischer Fußbodenheizung vor der Sanierung, sind alle Beteiligten mit dem neuen System hoch zufrieden. Zudem hat sich gezeigt, dass es in vielen Fällen ausreicht, mit den Deckenstrahlplatten den Raum bis vor Unterrichtsbeginn zu heizen. Während des Unterrichts muss nicht mehr geheizt werden, da durch die große Anzahl von Schülern genug Wärmeleistung in dem Raum zur Verfügung steht.

### III Kühlen und Heizen mit einem Wandsystem

Im Rahmen der Sanierung der Technischen Schulen Steinfurt wird eine Klimawand eingebaut, worüber gekühlt, geheizt und Luft zur Einhaltung der CO<sub>2</sub>-Konzentration zugeführt wird. Bei der Wand handelt es sich um sieben Schächte, wovon jeder zu allen Seiten geschlossen ist, und es nur oben und unten eine Öffnung gibt. Im Innern befindet sich ein Wärmeübertrager, der von warmem bzw. kaltem Wasser (z.B. Geothermie) durchströmt wird. Oben gelangt Zuluft in den Schacht, diese wird über den Wärmeübertrager geführt und gelangt im unteren Bereich des Schachtes über eine Öffnung in den Klassenraum. Abbildung 8-3 zeigt die Klimawand im Rohbau



Abb. 8-3: Klimawand im Rohbau

und Abbildung 8-4 die geschlossene Klimawand. Vorteilhaft sind auch hier die geringen Über- bzw. Untertemperaturen zur Energieeinsparung, die Möglichkeit der einfachen Nachrüstbarkeit und die Ergänzung um zentrale und dezentrale Belüftungssysteme.



Abb. 8-4: Fertiggestellte Klimawand



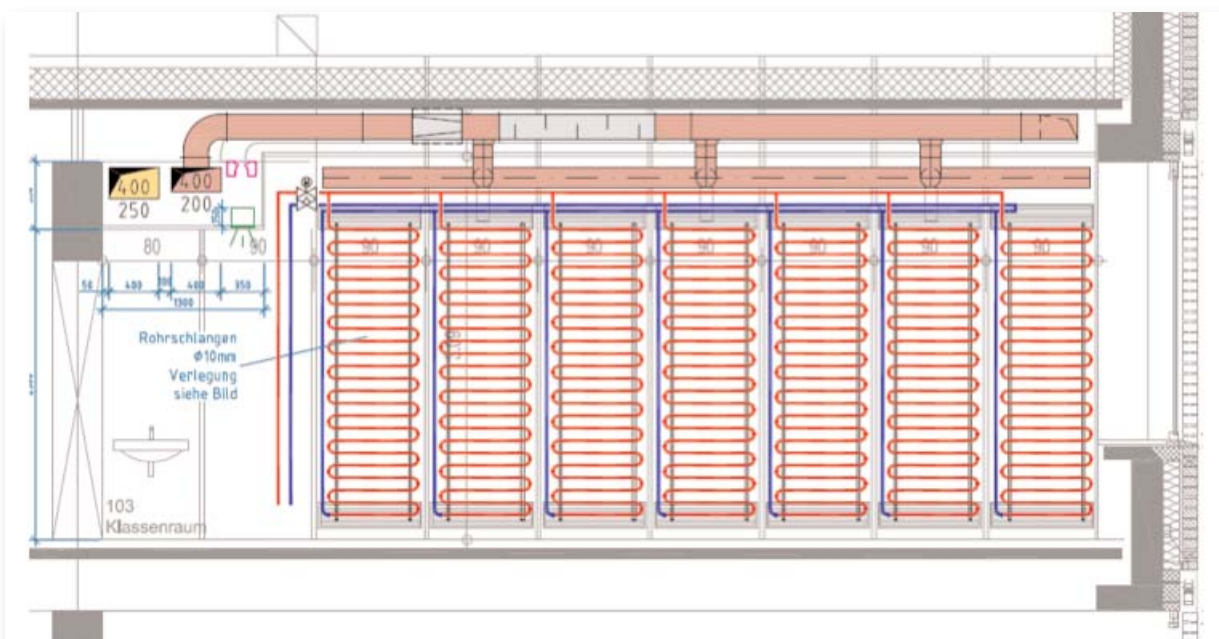
## Vorteile der alternativen Heiz- und Kühlsysteme

Werden alternative Heiz- und/oder Kühlsysteme als Decken- oder Wandsysteme ausgeführt, ergeben sich folgende Vorteile:

- Ein System zum Kühlen und zum Heizen
- Benötigen keine großen Über- bzw. Untertemperaturen bezogen auf die Raumtemperatur, z.B. Kühldecke:
  - Heizfall Vorlauftemperatur:  $\approx 27^{\circ}\text{C}$
  - Kühlfall Vorlauftemperatur:  $\approx 16^{\circ}\text{C}$
- Betrieb mit modernen und zukünftigen Energieumwandlern möglich, z.B.:
  - Brennwerttechnik
  - Wärmepumpe
  - geothermische Anlage
  - Kühlturmtechnik
  - Solarthermie
- Lassen sich im Sanierungsfall (auch während des laufenden Schulbetriebs) schnell und einfach nachrüsten
- Wartungsarm bzw. wartungsfrei
- Bieten Schülern keine Eingriffsmöglichkeiten und Schutz vor mutwilliger oder zufälliger Beschädigung
- Akustische Erfordernisse lassen sich leicht mit einbeziehen
- Keine Zugerscheinungen

Abbildung 8-5 zeigt die Klimawand als Zeichnung.

Abb. 8-5: Detailzeichnung der Klimawand





## 9 Akustik



*„Ich sitze ganz hinten und die Kinder, die ganz vorne sitzen, denen ist es ja egal. Die sind der Lehrerin ganz nah, die hören das ja. Und ich sitze ganz hinten. Manchmal liest sie ein Diktat und ich kann nicht gut hören, was sie gesagt hat. Und dann lasse ich viele Lücken und komme nicht mit und werde wütend (...)!“*

*Julian, Hauptschüler 5. Jg.*

Damit Schüler optimal hören, verstehen und lernen können, ist eine angemessene sprachliche Kommunikation unverzichtbar.

Bei Störungen durch Geräusche, Lärm oder eine falsche akustische Ausgestaltung des Klassenraumes, kann dies jedoch nicht stattfinden. Folge ist, die Schüler können dem Unterricht nicht folgen und die Leistung sinkt.

Hinzu kommt, Lärm führt zu Konzentrations- und Gedächtnisstörungen und ist ein Belastungs- und damit Stressfaktor.

Lärm umschreibt ein Geräusch, das Personen stört, belästigt oder gesundheitlich schädigt. Das ist wiederum abhängig von Stärke, Art oder Dauer.<sup>17</sup>

<sup>17</sup> Nach Recknagel, Sprenger, Schramek, Taschenbuch für Heizung + Klima Technik, 74. Auflage, München, 2009

<sup>19</sup> DIN 18041, Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen

### Was beeinflusst die Akustik?

Die Akustik eines Raumes wird besonders durch zwei Faktoren beeinflusst: die Nachhallzeit innerhalb des Raumes aufgrund seiner Absorptionsflächen und der im Raum freigesetzten Schalleistung.

Diese werden von folgenden Faktoren beeinflusst:

- Nachhallzeit des Raumes
  - Volumen des Raumes
  - Oberflächen innerhalb des Raumes
- Gesamtstörschallpegel<sup>19</sup>
  - Geräusche von außerhalb des Raumes
  - Geräusche von der Technik (Heizung, Lüftung, Beamer, Rechner usw.)
  - Geräusche vom „Publikum“ (Stühle rücken, Husten, Murmeln, Gehgeräusche usw.)





## Wofür steht die Nachhallzeit?

Die Nachhallzeit ist die wichtigste Größe, um die akustischen Eigenschaften eines Raumes zu bestimmen.

Mit ihr wird definiert, wie „hallig“ ein Raum ist bzw. wie lang das Echo eines Geräusches zu hören ist.

Die Nachhallzeit ist abhängig vom Raumvolumen und den schallabsorbierenden Oberflächen.

Je mehr Volumen ein Raum hat und je weniger schallabsorbierende Oberflächen sich in dem Raum befinden, desto größer ist die Nachhallzeit. Ein Raum in dem die Nachhallzeiten zu groß sind, erfordert vom Zuhörer höchste Konzentration, um Inhalten zu folgen und diese zu verstehen. Deutlich wird dies durch das mehrmalige und zeitversetzte Eintreffen z.B. des gesprochenen Wortes am Ohr. Untersuchungen zeigen, dass in Räume mit einer kleinen Nachhallzeit, der Geräuschpegel durch die Schüler im Verlauf eines Tages weniger ansteigt.<sup>20</sup>

Ein Extrembeispiel für große Nachhallzeiten ist eine Kirche. Klatscht man hier in die Hände, wird das Geräusch von den Umgebungsflächen reflektiert und ist noch lange und auch mehrmals zu hören.

Je länger dieser Zeitraum anhält, desto größer ist die Nachhallzeit.

<sup>20</sup> Ecophon, Mit allen Sinnen lernen. Akustische Ergonomie in Bildungsstätten, Lübeck, 2006, Seite 35

## Vorgaben

In der DIN 18041<sup>19</sup> sind die Sollwerte für die einzuhaltenden Nachhallzeiten angegeben.

Abbildung 9-1 zeigt ein Diagramm, aus dem sich die einzuhaltenden Nachhallzeit (in Sekunden) in Abhängigkeit vom Raumvolumen und der Nutzung ablesen lässt.

<sup>19</sup> DIN 18041, Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen

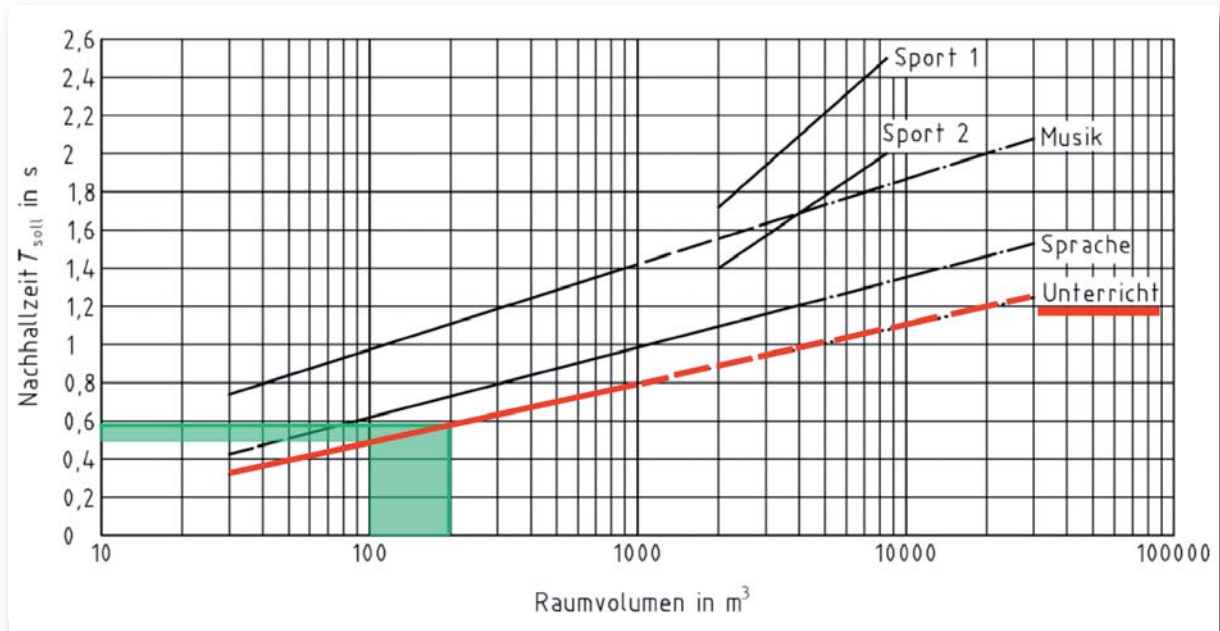


Abb. 9-1: Sollwert der Nachhallzeit für unterschiedliche Nutzungsarten<sup>21</sup>

Bei einem Klassenraum mit 200 m<sup>3</sup> Raumvolumen ergibt sich aus Abbildung 9-1 eine Nachhallzeit von ca. 0,6 Sekunden. Um eine gute Verständigung sicherzustellen, sollte dieser Wert für den Klassenraum nicht überschritten werden.

Finden Messungen der Nachhallzeiten statt, gibt DIN EN ISO 3382<sup>22</sup> an, wie daraus ein Einzahlwert (für das Spektrum 400 Hz bis 1250 Hz, in dem sich primär unsere menschliche Sprache ausbildet) errechnet wird.

Dieser entspricht der Nachhallzeit nach obiger Formel bzw. aus dem angeführten Diagramm.

## Veränderte Akustik nach einer Sanierung

Mit einer Sanierung ändert sich auch die Ausstattung der Räume. Bei der Entscheidung für die eingesetzten Materialien und Oberflächen überwiegt der hygienische Aspekt. Hier besteht der Anspruch der leichten Reinigung und der Unempfindlichkeit. So werden zum Beispiel Wände mit Farbe gestrichen, die abwaschbar ist oder Fußbodenbeläge gewählt, die leicht zu reinigen sind.

Diesem gemein ist, dass sie akustisch unvorteilhaft sind, denn sie reflektieren den Schall. Die Nachhallzeit wird so groß, dass auch betont deutlich sprechende Lehrer unter diesen Umständen nicht verstanden werden. Guter Unterricht ist unter solchen Umständen ausgeschlossen.

<sup>21</sup> DIN 18041, Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen, Seite 14, Bild 1 und eigene Ergänzungen

<sup>22</sup> DIN EN ISO 3382, Akustik - Messung von Parametern der Raumakustik



## Akustik verbessern

Sind die akustischen Schwierigkeiten auf eine zu hohe Nachhallzeit zurückzuführen, lässt sich diese durch Einbringen zusätzlich schallabsorbierender Flächen verbessern. Für das Einbringen solcher Flächen empfiehlt sich eine möglichst große freie Fläche, in der Regel ist das die Decke. Reicht die nicht aus oder kann nicht genutzt werden, kann auf die Wände ausgewichen werden. Akustisch wirksame Flächen, auch Absorber genannt, haben die Eigenschaft, die kinetische Energie der Schallwellen aufzunehmen, in Wärme umzuwandeln und damit zu absorbieren. Je mehr Schall absorbiert wird, desto weniger wird reflektiert und die Nachhallzeit wird reduziert. Das verbessert die akustische Situation in einem Raum merklich.

Bei akustischen Problemen durch Störgeräusche außerhalb des Raumes gibt es unterschiedliche Maßnahmen. Dringen Störgeräusche von außen ein, verbessert spezielle Schallschutzverglasung die

Schalldämmung. Gehen Störgeräusche von der Technik oder anderen Räumen bzw. Bauteilen aus, ist zu prüfen, ob diese schallentkoppelt sind und wie sich eine eventuelle Entkopplung gestalten kann.

## Beispiel aus der Praxis

Wie sich die Nachhallzeit durch Absorber reduziert, zeigt das Beispiel eines Klassenraums der untersuchten Wirtschaftsschule Steinfurt. Nach der Sanierung häuften sich die Beschwerden der Lehrer und Schüler, dass sich die Akustik in den sanierten Räumen dramatisch verschlechtert hat. Dies wurde zum Anlass genommen, die Nachhallzeit in einem repräsentativen Raum zu messen. Nach erfolgter Messung wurde die benötigte Fläche für Absorber mit bekanntem Absorptionsvermögen bestimmt, installiert und anschließend messtechnisch überprüft. Tabelle 9-1 enthält Angaben zu der Ausstattung des untersuchten Raumes, in dem die Messung durchgeführt wurde.

Tabelle 9-1: Ausstattung des untersuchten Raumes nach der Sanierung

Ausstattung	Ohne Absorber	Mit Absorber
Absorber	Keine	Wandabsorber mit einer Gesamtfläche von ca. 24 m <sup>2</sup>
Decke	Verkleidung mit nicht absorbierenden Holzplatten; teilweise Heiz- bzw. Kühlpaneele aus perforiertem Stahlblech mit akustisch wirksamer Auflage	
Wand	Tapete, unterer Bereich mit abwaschbarer Farbe, oberer Bereich mit einfacher Wandfarbe	
Fußboden	PVC	

Tabelle 9-2 vergleicht die gemessenen Nachhallzeiten mit und ohne Absorber. Es ist erkennbar, dass sich durch die Absorber die Nachhallzeit deutlich reduziert. Dadurch verbessert sich die akustische Situation im Raum merklich.

Tabelle 9-2: Vergleich der Nachhallzeiten mit und ohne Absorber nach der Sanierung des Raumes

Nachhallzeiten	Ohne Absorber	Mit Absorber
T <sub>soll</sub> (Soll-Nachhallzeit nach DIN 18041) in s		0,59
Tatsächliche Nachhallzeit in s	1,05	0,56*

\*Messung der Nachhallzeit im unbesetzten Raum, für den besetzten Raum ist die Nachhallzeit kleiner.



## 10 Beleuchtung und Sonnenschutz



Ohne die passende Beleuchtung stehen Schüler und Lehrer ganz schnell im Dunkeln.

Damit der Mensch in Räumen die an ihn gestellten Sehaufgaben effektiv und genau durchführen kann, ist eine angemessene und geeignete Beleuchtung nötig. Das kann durch Tageslicht, künstliche Beleuchtung oder eine Kombination aus beidem geschehen. Die Beleuchtung nimmt Einfluss auf das Wohlbefinden, die Behaglichkeit, die Produktivität und das Sicherheitsempfinden des Menschen und wirkt anregend.

Besonders Tageslicht fördert diese positiven Eigenschaften.

So belegen Studien, dass sich die Lernleistung von Schülern verbessert, wenn der Klassenraum mit ausreichend Tageslicht versorgt wird.

Schlecht beleuchtete Räume führen hingegen zu schneller Ermüdung, Kopfschmerzen und Unbehagen.

Da Tageslicht positive Effekte auf den Menschen hat, ist sinnvoll eingesetztes Tageslicht dem künstlichen Licht vorzuziehen. Doch auch der energetische Aspekt der Tageslichtnutzung ist nicht zu vernachlässigen. Ein durchdachtes Gesamtlichtkonzept beeinflusst den Menschen positiv und ist auch aus ökonomischer und ökologischer Sicht zu empfehlen.

*„Ziel einer integralen Planung sind eine wesentliche Reduktion der Energiekosten durch Gesamtoptimierung und Verbesserung des visuellen Komforts.“<sup>23</sup>*

Wenn auch in vielen Fällen die positiven Eigenschaften durch die Nutzung des Tageslichtes überwiegen, so ist übermäßige Sonneneinstrahlung störend. Zum einen führt es zu unerwünschten Blendungen und störenden Reflexionen, zum anderen zur Überhitzung des Raumes. Für beide Fälle ist der Einsatz von Sonnenschutz sinnvoll. So lassen sich Blendungen und der apparative und energetische Aufwand für die Kühlung vermeiden.



<sup>23</sup> VDI 6011-1, Optimierung von Tageslichtnutzung und künstlicher Beleuchtung – Grundlagen, Seite 3



## Vorgaben

### Beleuchtung

Für die Beurteilung der Beleuchtung enthalten DIN EN 12464-1<sup>24</sup> und DIN 5035-7<sup>25</sup> Angaben, was bei der Beleuchtung zu beachten ist. Dieser Text konzentriert sich auf Ausbildungsstätten und Bildschirmarbeitsplätze.

Da die Beleuchtungsstärke großen Einfluss darauf hat, wie gut eine Person die Sehaufgabe ausführt, listet Tabelle 10-1 die wichtigsten Werte für die Beleuchtungsstärke in Schulen auf. Diese muss auf die Sehaufgabe und Tätigkeit innerhalb des Raumes abgestimmt sein.

(In den Normen ist ein „Wartungswert der Beleuchtungsstärke“ ( $\check{E}_m$ ) definiert. Dieser gibt an, unter welchem Wert die mittlere Beleuchtungsstärke auf einer Fläche nicht sinken darf.

Die Beleuchtungsstärke E ist ein Maß für die Intensität des Lichtes mit der Einheit lux, kurz lx. Bei der mittleren Beleuchtungsstärke  $\check{E}_m$  handelt es sich um einen Mittelwert der Beleuchtungsstärke an unterschiedlichen Stellen eines Raumes.)

Tabelle 10-1: Wartungswerte der Beleuchtungsstärke für ausgewählte Räume, Aufgaben und Tätigkeiten innerhalb einer Schule <sup>24, 25</sup>

Art des Raumes, Aufgabe oder Tätigkeit	Wartungswert der Beleuchtungsstärke $\check{E}_m$
Unterrichtsräume in Grund- und weiterführenden Schulen	300 lx
Unterrichtsräume für Abendklassen und Erwachsenenbildung	500 lx
Wandtafel	500 lx
Übungsräume und Laboratorien	500 lx
Computerübungsräume	300 lx
Datenverarbeitungsschulungsräume	500 lx

<sup>24</sup> DIN EN 12464-1, Licht und Beleuchtung, Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräume

<sup>25</sup> DIN 5035-7, Beleuchtung mit künstlichem Licht – Beleuchtung von Räumen mit Bildschirmarbeitsplätzen



## Sonnenschutz

Der Sonnenschutz hat zwei Aufgaben, erstens Blendungen und zweitens Überhitzungen in einem Raum zu begrenzen.

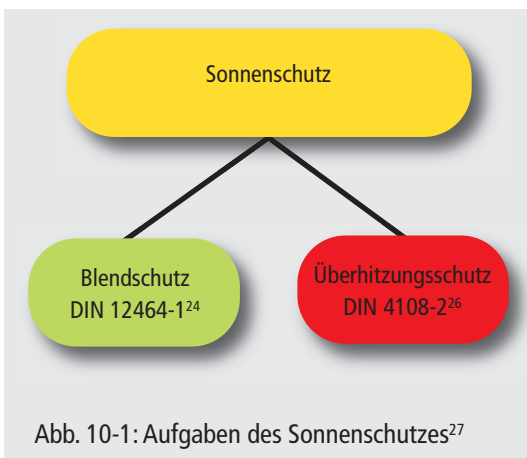


Abb. 10-1: Aufgaben des Sonnenschutzes<sup>27</sup>

Während DIN EN 12464-1<sup>24</sup> darauf hinweist, dass Blendungen, z.B. durch Abdunkelung der Fenster mit Jalousien zu begrenzen sind, enthält DIN 4108-2<sup>26</sup> Angaben zum sommerlichen Wärmeschutz von Gebäuden. Die EnEV<sup>1</sup> verweist bei den Anforderungen an Nichtwohngebäude explizit darauf hin, dass die Sonneneintragskennwerte der DIN 4108-2<sup>26</sup> im Zusammenhang mit dem sommerlichen Wärmeschutz einzuhalten sind. Danach ist für jede Gebäudezone der nicht zu überschreitende Sonneneintragskennwert zu bestimmen. Das ist besonders wichtig bei thermisch hochbelasteten Räumen und Räumen, die der Sonneneinstrahlung direkt ausgesetzt sind, z.B. an der Außenfassade oder unter der Dachfläche.

## Optimierung von Tageslichtnutzung und künstlicher Beleuchtung

Beleuchtung und Sonnenschutz lassen sich schwer getrennt voneinander betrachten. Die VDI 6011<sup>28</sup> bietet eine Hilfestellung für die Planung, Systemauswahl und Ausführung.

### Schwierigkeiten

#### I Beleuchtung

##### Schlechte Beleuchtung

Schlechte Beleuchtung kann viele Gründe haben: geringe Beleuchtungsstärke, kein Tageslicht – da keine Fenster, falsche bzw. alte Leuchtmittel usw. Untersuchungen im Rahmen des DBU-Projektes zeigten, dass die Beleuchtungsstärke in den meisten Fällen ausreicht. Doch es gab auch Ausnahmen. Alte Leuchten bzw. Leuchtmittel und eigenhändig entfernte Leuchtmittel führten dazu, dass die Beleuchtungsstärke nicht eingehalten wird.

Bei der Umrüstung eines einfachen Klassenraums zu einem EDV-Klassenraum wird häufig nicht bedacht, dass die Beleuchtung anzupassen ist. So führen die Schüler ihre neue Sehaufgabe bei der falschen Beleuchtung durch. Das wiederum strengt die Schüler bei ihrer Sehaufgabe unnötig an.

#### II Sonnenschutz

##### Innenliegender Sonnenschutz

Immer wieder wird innenliegender Sonnenschutz installiert, in Form von innenliegenden Jalousien, Rollläden oder schweren Vorhängen. Innenliegender

<sup>1</sup> EnEV: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden, kurz: Energieeinsparverordnung

<sup>24</sup> DIN EN 12464-1, Licht und Beleuchtung, Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen

<sup>26</sup> DIN 4108-2, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

<sup>27</sup> Anlehnung an VDI 6011-1, Optimierung von Tageslichtnutzung und künstlicher Beleuchtung – Grundlagen, Bild 9, Seite 31

<sup>28</sup> VDI 6011, Optimierung von Tageslichtnutzung und künstlicher Beleuchtung



Sonnenschutz reduziert zwar Blendungen und Reflexionen, klammert jedoch den wichtigen Schutz vor Überhitzung aus. Denn bei innenliegendem Sonnenschutz gelangt das Sonnenlicht über die Fenster trotzdem in den Raum und zwar bis zum innenliegenden Sonnenschutz, um sich dann in Wärme umzuwandeln.

### III Konflikt bei der Versorgung mit und dem Schutz vor Tageslicht

Die Versorgung mit und der Schutz vor Tageslicht führt zu Konflikten, z.B. wenn Sonnenschutz nötig ist und dann die künstliche Beleuchtung zugeschaltet wird. So wird der Klassenraum vor dem Überhitzen geschützt, aber durch den Betrieb der künstlichen Beleuchtung sinkt der Sehkomfort und der Energieverbrauch steigt. Bei kalten Außentemperaturen gehen durch den aktivierten Sonnenschutz solare Wärmegewinne für die Beheizung des Gebäudes verloren usw.

### IV Unkontrollierte Lichtsysteme

Lichtsystem bezieht sich in diesem Fall auf den Sonnenschutz und das System für die künstliche Beleuchtung.

Sind diese Systeme unkontrolliert, kann das zur Folge haben, dass z.B. das künstliche Licht in einem Raum an ist, sich aber keine Person im Raum befindet oder dass die Sonne den ganzen Vormittag einen unbesetzten Raum aufheizt, so dass der Unterricht am Mittag in einem überhitzten Raum stattfindet.

#### Lösung

Ein durchdachtes Konzept für die Beleuchtung hat zwei entscheidende Vorteile:

- Förderung des Wohlbefindens der Schüler und Lehrer

#### ▪ Einsparung von Energie

- Es ist weniger elektrische Energie für die Beleuchtung nötig
- Im Sommer ist keine Energie zum Kühlen nötig
- Im Winter ist weniger Energie zum Heizen nötig

### Tageslichtlenksysteme - Tageslicht mit sinnvollem Sonnenschutz nutzen

Tageslicht beeinflusst den Menschen positiv und trägt dazu bei, elektrische Energie zu sparen, deshalb sollte es bestmöglich genutzt werden. Dafür eignen sich Tageslichtlenksysteme, die das Tageslicht trotz Sonnenschutz im Raum verteilen bzw. den Tageslichtanteil im Raum erhöhen.

Dafür eignen sich spezielle Jalousien mit integriertem Lichtlenksystem. Das besondere daran, einzelne Lamellen besitzen eine spezielle Oberfläche und Ausrichtung, wodurch das Tageslicht in den Raum gelenkt wird. Erhältlich sind diese Jalousien in unterschiedlichen Ausführungen.

Wichtig ist, dass Sonnenschutz außen angebracht wird. Nur so kann eine Überhitzung vermieden werden.

### Kontrolle der Lichtsysteme

Kontrolle der Lichtsysteme (Sonnenschutz und künstliche Beleuchtung), in Form von Steuerung bzw. Regelung, hilft Energie zu sparen und den Komfort zu steigern. Das kann im Einzelnen sehr unterschiedlich aussehen, z.B. Präsenzmelder im Raum, der das Licht automatisch in Abhängigkeit von der Belegung und den Lichtverhältnissen ein- bzw. ausschaltet oder Jalousien die sich in Abhängigkeit des Sonnenstands selbsttätig aktivieren.



## Was macht eine gute Beleuchtung aus?

Eine gute Beleuchtung erfüllt folgende Kriterien<sup>24</sup> aus Tabelle 10-2. Eine besondere Beachtung kommt dabei der Beleuchtungsstärke und ihrer Verteilung zu. Sie beeinflussen, wie schnell und sicher eine Person die Sehaufgabe erfassen und ausführen kann<sup>2</sup>.

Tabelle 10-2: Kriterien und Maßnahmen für eine gute Beleuchtung<sup>24</sup>

Merkmale	Maßnahme										
1. <b>Tageslicht</b> übernimmt, wenn möglich, ganz oder teilweise die Bedeutung der Sehaufgabe.	Versorgung mit Tageslicht durch ein- oder mehrseitige Fenster bzw. Oberlichter, Außenfenster, Lichtkuppeln oder über benachbarte Gebäudebereiche.										
2. <b>Beleuchtungsstärke E</b> [lux] ist passend für die Sehaufgabe bzw. die zu verrichtende Arbeit gewählt.	<p><b>Art des Raumes, der Aufgabe oder Tätigkeit <math>\bar{E}_m</math></b></p> <table border="1"> <tr> <td>Unterrichtsräume in Grund- und weiterführenden Schulen</td> <td><b>300 lx</b></td> </tr> <tr> <td>Unterrichtsraum für Abendklassen und Erwachsenenbildung</td> <td><b>500 lx</b></td> </tr> <tr> <td>Übungsräume und Laboratorien</td> <td><b>500 lx</b></td> </tr> <tr> <td>Wandtafel</td> <td><b>500 lx</b></td> </tr> <tr> <td>Datenverarbeitungsschulungsräume [DIN 5035-7]<sup>25</sup></td> <td><b>500 lx</b></td> </tr> </table> <p>* <math>\bar{E}_m</math> = Wartungswert der Beleuchtungsstärke [DIN EN 12464-1]<sup>24</sup></p>	Unterrichtsräume in Grund- und weiterführenden Schulen	<b>300 lx</b>	Unterrichtsraum für Abendklassen und Erwachsenenbildung	<b>500 lx</b>	Übungsräume und Laboratorien	<b>500 lx</b>	Wandtafel	<b>500 lx</b>	Datenverarbeitungsschulungsräume [DIN 5035-7] <sup>25</sup>	<b>500 lx</b>
Unterrichtsräume in Grund- und weiterführenden Schulen	<b>300 lx</b>										
Unterrichtsraum für Abendklassen und Erwachsenenbildung	<b>500 lx</b>										
Übungsräume und Laboratorien	<b>500 lx</b>										
Wandtafel	<b>500 lx</b>										
Datenverarbeitungsschulungsräume [DIN 5035-7] <sup>25</sup>	<b>500 lx</b>										
3. <b>Verteilung der Leuchtdichte</b> ist ausgewogen. "Leuchtdichte ist das, was der Mensch als Helligkeit wahrnimmt."	Eine geeignete Anordnung von Beleuchtung und Arbeitsplätzen begünstigt eine ausgewogene Leuchtdichteverteilung.										
4. <b>Blendungen und Reflexionen</b> sind begrenzt.	Blendungen werden von hellen Flächen, zu helle Leuchten oder dem Fenster (Sonne) hervorgerufen und lassen sich durch die Wahl geeigneter (matter) Oberflächen, abgeschirmter Lampen und einem Sonnenschutz begrenzen.										
5. <b>Lichtrichtung</b> (direkt bzw. indirekt) ist der Aufgabe und Funktion angepasst.	Das Licht ist so zu richten, "das Form und Oberflächenstrukturen deutlich und auf angenehme Weise erkennbar sind." [DIN EN 12464-1] <sup>24</sup>										
6. <b>Lichtfarbe</b> ist passend gewählt und die Farbwiedergabe ist möglichst wirklichkeitstreu.	Bei der Lichtfarbe der Lampen werden in warmen Klimazonen höhere (Tageslichtweiß bzw. Neutralweiß) und in kalten eher niedrigere (Neutralweiß bzw. Warmweiß) Farbtemperaturen gewählt. Die Farbwiedergabe ist möglichst wirklichkeitsgetreu, der Farbwiedergabe-Index ( $R_a$ ) beträgt 80. Anhand $R_a$ lässt sich die Qualität der Farbwiedergabe darstellen.										
7. Das Beleuchtungssystem ist so ausgelegt, dass <b>Flimmern</b> vermieden wird.	Mit gleichspannungsversorgten Glühlampen oder dem Betrieb von Glüh- oder Entladungslampen mit hohen Frequenzen (ca. 30 kHz) werden diese Effekte vermieden.										

<sup>24</sup> DIN EN 12464-1, Licht und Beleuchtung, Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräume

<sup>25</sup> DIN 5035-7, Beleuchtung mit künstlichem Licht - Beleuchtung von Räumen mit Bildschirmarbeitsplätzen







## 11 Sanitärtechnik

Aufgabe der Sanitärtechnik ist es, für Hygiene und Gesundheit in privaten wie auch öffentlichen Gebäuden zu sorgen. Aus diesem Grund sind während des Betriebes, aber auch im Rahmen einer Sanierung des Schulgebäudes auf folgende drei Punkte zu achten:

### 1. Trinkwasserhygiene

### 2. Technische Installation der Trinkwasserversorgung

### 3. Sanitärräume

Wasser für den menschlichen Gebrauch muss frei von Krankheitserregern, genusstauglich und rein sein.

Trinkwasser ist Wasser im ursprünglichen Zustand oder das nach Aufbereitung,

- zum Kochen
- zur Zubereitung von Speisen und Getränken

- zur Körperpflege und Körperreinigung
- zur Reinigung von Gegenständen, die mit Lebensmitteln in Kontakt kommen
- zur Reinigung von Gegenständen, die bestimmungsgemäß nicht nur vorübergehend mit dem menschlichen Körper in Kontakt kommen bestimmt ist.

Dies gilt für alle Wasserentnahmestellen einer Schule, sowohl für die der Sanitärräume wie auch für die Waschbecken in den Klassenräumen oder im Lehrerzimmer. Das Wasser muss jederzeit rein, klar und genusstauglich bereitgestellt werden.

Ungünstige Bedingungen in einer Trinkwasserinstallation können das Wachstum von Mikroorganismen, zu denen auch Krankheitserreger gehören, begünstigen. Ordnungsgemäße und bestimmungsgemäße Planung und Errichtung einer Trinkwasserinstallation ist nötig, um die Trinkwasserhygiene einzuhalten und das Wachstum von Mikroorganismen zu verhindern.





## Vorgaben

Nach der ordnungsgemäßen und bestimmungsgemäßen Planung und Errichtung einer Trinkwasserinstallation ist der Betreiber bzw. Inhaber nach erfolgter Übergabe und Einweisung für den bestimmungsgemäßen Betrieb dieser Trinkwasseranlage verantwortlich. Dieser Verantwortungsbereich ist sowohl in der DIN 1988<sup>29</sup> als auch in der TrinkwV<sup>30</sup> genannt und geregelt.

Für die Planung, Errichtung und den Betrieb von Trinkwasserinstallationen sind die folgenden Verordnungen, technischen Regeln und Normen mit ihren korrespondierenden Arbeitsblättern zu beachten, um nur die wichtigsten zu nennen:

- TrinkwV<sup>30</sup>
- DIN EN 806<sup>31</sup>
- DIN 2000<sup>32</sup>
- DIN 2001<sup>33</sup>
- DIN 1988<sup>29</sup>
- VDI 6023<sup>34</sup>
- DVGW 551<sup>35</sup>
- DVGW 553<sup>36</sup>

<sup>29</sup> DIN 1988, Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen (TRWI)

<sup>30</sup> TrinkwV: Trinkwasserverordnung

<sup>31</sup> DIN EN 806: Technische Regeln für Trinkwasser

<sup>32</sup> DIN 2000, Zentrale Trinkwasserversorgung - Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Versorgungsanlagen - Technische Regel des DVGW

<sup>33</sup> DIN 2001, Trinkwasserversorgung aus Kleinanlagen und nicht ortsfesten Anlagen, Technische Regel des DVGW

<sup>34</sup> VDI 6023, Hygiene in Trinkwasser-Installationen - Anforderungen an Planung, Ausführung, Betrieb und Instandhaltung

<sup>35</sup> DVGW 551, Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen - Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums - Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installationen

<sup>36</sup> DVGW 553, Bemessung von Zirkulationssystemen in zentralen Trinkwassererwärmungsanlagen

Das für die Planung und Errichtung von Hausinstallationen zuständige deutsche Regelwerk DIN 1988<sup>29</sup> wird nach Erscheinen des vollständigen europäischen Regelwerks DIN EN 806<sup>31</sup> zurückgezogen. Mit Inkrafttreten der DIN EN 806<sup>31</sup> wird der deutsche nationale Anhang, der sich momentan in Vorbereitung befindet, in Kraft treten. Die nationale Ergänzung zur DIN EN 806<sup>31</sup> wird den Namen DIN 1988<sup>29</sup> tragen.

Mit der Erscheinung des neuen Regelwerkes für Trinkwasserinstallationen ist nicht vor 2011 zu rechnen.

Das neue Regelwerk für die Trinkwasserinstallationen wird nach heutigem Kenntnisstand die Bemessungsvolumenströme deutlich senken. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass eine fertiggestellte Anlage nach geltendem Regelwerk zu übergeben ist. Diesem Umstand ist bei der Planung Vorsorge zu tragen.





## Stagnation und Bildung von Mikroorganismen

Davon ausgehend, dass die Installation ordnungsgemäß und bestimmungsgemäß ausgeführt wurde, stellen die Bildung von Mikroorganismen und Stagnation bzw. die zu geringe Nutzung der Entnahmestelle Schwierigkeiten bei der Einhaltung der Trinkwasserhygiene dar.

Die technischen Regelwerke sehen an den Entnahmestellen eine maximale Kaltwassertemperatur von 25 °C vor. Bedingt durch Stagnationszeiten oder Verlegung der Kaltwasserleitung direkt neben warm gehenden Leitungen lässt sich diese Temperatur nicht immer einhalten.

**Darüber hinaus empfiehlt das Umweltbundesamt, Wasser mit einer Stagnationszeit von mehr als vier Stunden nicht mehr zur Zubereitung von Speisen und Getränken zu verwenden.** Diesem Aspekt sollte bei der Umwidmung zur Ganztagschule bzw. bei der Integration eines Schulküchenbetriebes in das Schulgebäude erhöhte Aufmerksamkeit gewidmet werden.

## Wie kann die Trinkwasserhygiene eingehalten werden?

Oberste Priorität zur Einhaltung der Trinkwasserhygiene ist es, die Vermehrung von Mikroorganismen in Trinkwasserinstallationen zu mindern.

Dies ist folgendermaßen möglich:

- Vermeidung von Überdimensionierung des Leitungssystems und der Anlagenkomponenten, um den Wasseraustausch zu verringern
- Vermeidung von Stagnation
- Bei vorhersehbaren Nutzungsunterbrechungen für periodischen Wasseraustausch

sorgen, z.B. durch ansteuerbare Zapfventile, integrierte Strömungsteiler nach dem Venturi-Prinzip oder Spülkasten-Spülungen

- Verwendung von Installationswerkstoffen, die möglichst wenig verwertbare Nährsubstrate abgeben
- Vermeidung von Temperaturbereichen, die das Wachstum von Mikroorganismen begünstigen, z.B. durch ausreichend Dämmung der Kaltwasser führenden Leitungen und ausreichende Entkoppelung zu warm gehenden Leitungen
- Rückbau nicht genutzter Anlagenteile
- Bestimmungsgemäße Nutzung der Trinkwasseranlage
- Prüfen, ob eine Warmwasserversorgung nötig ist und ob eine dezentrale Lösung ausreicht

## Sanitärräume

Sanitärräume in Schulen sind stark frequentierte Räume, deren Nutzung sich in der Regel auf die Pausenzeiten beschränkt. Im schulischen Alltagsbetrieb ergeben sich oft Probleme im Hinblick auf Hygiene und Nutzung.

Ablehnung der Sanitäranlagen ist die Folge.

Ursachen für die Ablehnung der Sanitäranlagen sind schlechte Raumluftqualität aufgrund mangelnder Lüftung und Reinigung, unzumutbare Sanitäreinrichtungen hinsichtlich mangelnder Pflege und Wartung sowie Zerstörung der Einrichtungen durch Vandalismus.



Mit der Bereitstellung einer besonders soliden Ausstattung wird der hohen Belastung der Einrichtungen Rechnung getragen.

Nutzerfreundliche und helle Räume leisten ihren Beitrag. Die Regelung der Raumluftqualität ist dabei unabdingbar.

Sauberkeit und Hygiene durch regelmäßige Reinigung sind die Grundvoraussetzung für eine hohe Akzeptanz.





## 12 Thin Clients

Thin Client bedeutet wörtlich übersetzt „dünnes dienstforderndes Gerät“.

In der heutigen Zeit sind das Lernen und der Umgang mit und an Rechnern und die Nutzung von unterschiedlichsten Softwarepaketen Bestandteil des Unterrichtsplans. Diese Ausbildung ist für die Schüler heute wichtig, damit sie für den weiteren Lebensweg entsprechend vorbereitet sind.

Diese Entwicklung führt zu einem anhaltenden Anstieg der EDV-Klassenräume.

Bis heute wird das Energiemanagement in und von Rechnern vernachlässigt. Die standardmäßig aufgestellten Desktop-Rechner in EDV-Klassenräumen besitzen im Innern viele Bauteile, die die eingesetzte Energie (Strom) fast vollständig als Wärme freisetzen. Das führt zu einem unverhältnismäßig hohen Anstieg

der inneren Wärmelasten in einem EDV-Klassenraum. Schon in der Übergangszeit steigt die Temperatur in einem vollbesetzten EDV-Klassenraum so an, dass die Leistungsfähigkeit eingeschränkt ist.

Bereits bei einem Anstieg der Raumtemperatur von 20° C auf 30° C, sinkt die Leistungsfähigkeit um 30 %<sup>37</sup>.

Im Sommer steigt die Raumtemperatur in einem EDV-Klassenraum ohne Klimatisierung um 10.00 Uhr morgens schon auf 40° C, da ist von effektivem Unterricht keine Rede mehr.

Bereits heute macht der Stromverbrauch der Schulen ca. 1/3 vom Gesamtstromverbrauch aller Gebäude einer Kommune aus und damit auch 1/3 der Stromkosten. Die steigende Zahl von Rechnern führt zu einem weiteren Anstieg des Stromverbrauchs und Stromkosten.

<sup>37</sup> "Thermal and air quality effects on the performance of schoolwork by children", David P. Wyon, Technical University of Denmark, April 2010





## Funktion des Thin Client

Thin Client bedeutet wörtlich übersetzt „dünnes dienststanforderndes Gerät“.

Dabei handelt es sich um ein Gerät, das nur auf die Ein- und Ausgabe beschränkt ist und die Schnittstelle zu einem zentralen, leistungsfähigen Serversystem bildet, auf dem die Verarbeitung und Verwaltung erfolgen. Somit nutzt der Anwender im Raum nur eine grafische Benutzeroberfläche, die eigentlichen Anwendungen werden auf dem Serversystem ausgeführt.

So lassen sich aus Hardwaresicht die Komponenten am Aufstellungsort des Rechners reduzieren.

Ein Thin Client ist in unterschiedlichen Größen erhältlich. Abbildung 12-1 zeigt den zurzeit kleinsten Thin Client.

Abb. 12-1: Der Thin Client



## Vorteile von Thin Clients

- Einsparung von Betriebskosten
  - Weniger Personalaufwand durch Wartung und Administration
  - Geringer Stromverbrauch eines Thin Client von 5 bis 40 W, ein herkömmlicher Desktop-Rechner verbraucht ca. 150 W
  - Stromverbrauch für das Gesamtsystem lässt sich um bis zu 80 % senken
- Klimatisierung der EDV-Klassenräume entfällt, da innere Wärmelasten deutlich reduziert werden (bei 30 Rechner-Arbeitsplätzen ca. 4 kW weniger)
- Einsatz von vergleichsweise preiswerten Endgeräte
- Wesentlich weniger und keine beweglichen Bauteile innerhalb eines Thin Client, dadurch weniger Reparaturanfälligkeit, lange Nutzungsdauer (> 5 Jahre) und lautloser Betrieb
- Kein Hardware-Upgrade erforderlich
- Kein Software-Update an jedem einzelnen Rechner nötig, alle benötigten Softwareapplikationen werden zentral auf einem Serversystem verwaltet
- Sinnvoller Einsatzbereich ab einer Anzahl von > 10 Thin Clients
- Einsparung von umweltschädlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den eingesparten Stromverbrauch



## 13 Gebäudeleittechnik

Um ein Gebäude alleine durch Personeneinsatz energieoptimiert betreiben zu können, ist mehr als ein Hausmeister nötig.

Ständig müssten unterschiedlichste Messwerte überwacht und eine Vielzahl von **Einstellungen an Lüftungsklappen, Ventilen, Pumpen, Beleuchtung, Sonnenschutz** usw. nachgeregelt werden.

Zusätzlich wären diese Vorgänge zu protokollieren und im Anschluss auszuwerten, um die technischen Anlagen, regelungstechnische Prozesse und deren Zusammenspiel zu optimieren.

**Auf diese Weise ließen sich viel Energie, CO<sub>2</sub>-Emissionen und Kosten einsparen, doch die Hausmeister hätten keine ruhige Minute mehr.**

An dieser Stelle ist der Einsatz von Gebäudeleittechnik (GLT) sinnvoll. Dort läuft zentral alles zusammen, um die Technik des Gebäudes zu überwachen, steuern, regeln und optimieren. Dadurch lassen sich die Technik und der Energieeinsatz eines Gebäudes von

einer Person managen, auch außerhalb des Gebäudes und mehrere Gebäude von einer Stelle aus.

Eine derartige Leittechnik nach dem Stand der Technik regelt und steuert nicht nur **Raumtemperaturen, Luftwechsel, Beschattung und Beleuchtung** sondern greift aktiv in das **Gebäude-Management** ein.

Voraussetzung ist ein vernetztes Gebäude, um alle relevanten Geräte, Systeme und Räume gezielt messen und regeln zu können.

Im Rahmen einer Sanierung können entsprechende Netzwerke, Funksysteme und Netzwerktechniken geplant und ausgeführt werden, die sich unter Umständen der bereits verlegten Netzspannungsleitungen bedienen.







## Vorteile der Gebäudeleittechnik

Merkmal	Beschreibung
<b>Zentral</b>	Alles wird zentral koordiniert.
<b>Visualisierung</b>	Technische Abläufe, Messwerte, Betriebszustände usw. lassen sich mit entsprechender Software nutzerfreundlich abbilden, bedienen und auswerten.
<b>Aktives Gebäude- und Energiemanagement</b>	<p>Parameter, die den Energieverbrauch beeinflussen, lassen sich erfassen, protokollieren und regeln.</p> <p>Darstellung und Auswertung des tatsächlichen Energieverbrauchs und dadurch Optimierung des Betriebes und Aufdeckung von unnötigen Verbrauchern möglich</p> <p>Vorausschauendes und intelligentes Management des Energieeinsatz</p> <p>Erstellung von Nutzungsprofilen (Sommer/Winter, Tag/Nacht, Unterricht/Ferien, Werktag/Feiertag, Stundenplan usw.)</p>
<b>Mögliche Parameter, die in die GLT eingebunden werden können</b>	<p>Heizungs- und Kühlsysteme</p> <p>Pumpen und Ventile der Heizungs- und Kühlungssysteme</p> <p>Kontrollierte Lichtsysteme, Tageslichtlenkung und Sonnenschutz</p> <p>Raumtemperaturerfassung und Regelung</p> <p>Erfassung der Raumluftqualität in allen Klassenräumen (vorzugsweise über die CO<sub>2</sub>-Konzentration)</p> <p>Erfassung und Regelung der Lüftungsanlagen</p> <p>Erfassung und Regelung weiterer projektspezifischer TGA-Systeme und Komponenten</p>
<b>Zusatzfunktionen</b>	z.B. Brandmeldeanlagen und Zugangskontrollsystem ergänzbar



## Impressum

**Herausgeber** Landrat des Kreises Steinfurt  
Baudezernat  
Tecklenburger Str. 10, 48565 Steinfurt

**Redaktion** Dipl.-Ing. Lorenz Rustige  
Dipl.-Ing. Heinz Heitmann  
Dipl.-Ing. Ralf Schmolke M.Sc.

**Fachredaktion** Fachhochschule Münster  
Fachbereich Energie · Gebäude · Umwelt  
Prof. Dr.-Ing. Bernhard Mundus  
Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Dipl.-Ing. Bernhard Osterholt  
Dipl.-Ing. Nicole Aben M.Eng.

**Gesamtplanung für die  
Wirtschaftsschule und die  
Technischen Schulen** agn, Ibbenbüren

**Layout** Ines Hahn Design, Steinfurt

**Fotos** Baudezernat, Kreis Steinfurt  
agn, Ibbenbüren  
[www.fotolia.de](http://www.fotolia.de)

**Druck** Druckerei

**Bezug** [www.kreis-steinfurt.de](http://www.kreis-steinfurt.de)

ISBN 978-3-938137-21-5 (Druckausgabe)

ISBN 978-3-938137-22-2 (Online-Version)

Die vollständige Dokumentation finden Sie im Internet:  
<http://www.hb.fh-muenster.de/opus/fhms/volltexte/2010/515/>

Ausgabe November 2010

