

Ausstattung von Klassenräumen mit Einrichtungen zum Temperieren, Lüften und Belichten

von

Dr.-Ing. Runa Tabea Hellwig

Dipl.-Ing. Matthias Kersken

Dipl.-Ing. Simon Schmidt

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

(Leitung: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser, Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Sedlbauer)

Postfach 80 04 69 – 70504 Stuttgart

Nobelstraße 12 – 70569 Stuttgart

Institutsteil Holzkirchen

Postfach 11 52 – 83601 Holzkirchen

Fraunhoferstraße 10 – 83626 Valley

Ausstattung von Klassenräumen mit Einrichtungen zum Temperieren, Lüften und Belichten

Fast alle Schulräume werden in Deutschland ausschließlich über Fenster mit Außenluft versorgt. Messungen haben gezeigt, dass die Belüftung der Schulräume vor allem in der kalten Jahreszeit unzureichend ist. Hybride Lüftungssysteme mit einer automatischen Unterstützung der Fensterlüftung könnten eine Möglichkeit bieten, die Häufigkeit schlechter Innenluftqualität in Schulen zu minimieren. Hierbei ist die Anordnung der dezentralen Zuluftöffnungen in den Fassaden eine der kritischsten Systemkomponenten, und es besteht gerade bei Schulgebäuden weiterer Untersuchungs- und Optimierungsbedarf. Im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten Verbundprojektes „Heizenergieeinsparung, thermische Behaglichkeit und gute Luftqualität in Schulgebäuden durch hybride Lüftungstechnik“ werden die Eigenschaften von Klassenräumen im Landkreis Miesbach bezüglich der Temperierung, Belüftung und Belichtung aufgenommen.

Die Begehung von 22 Schulen im Landkreis Miesbach ermöglicht für einen gesamten Landkreis die Bewertung der baulichen Gegebenheiten, welche die raumklimatischen Verhältnisse entscheidend beeinflussen. Die Belegungsdichte der Klassenräume im Landkreis Miesbach ist eher als normal bis gering einzustufen, da in ca. 80 % der Räume der Mindestwert von 2 m² je Schüler eingehalten wird. 88 % der untersuchten Räume weisen eine mittlere bis hohe thermische Masse auf. Die meisten Klassenräume im Landkreis haben einen Fensterflächenanteil von 30 bis 60 %. Etwa 50 % der Räume besitzen keinen Sonnenschutz. Der bauliche sommerliche Wärmeschutz muss überwiegend als unzureichend bewertet werden. Etwa zwei Drittel der Klassenräume weisen eine gute bis mittlere Tageslichtversorgung auf. Die Klassenräume werden über Fenster belüftet. Die Fassaden besitzen vielfältige Öffnungsmöglichkeiten, wobei Drehkipplügel und Schwinglügel am häufigsten angetroffen werden.

Equipment of classrooms with systems for maintaining temperature, for ventilation and for illumination. *Most German classrooms are not equipped with mechanical ventilation systems. Natural ventilation controlled by the occupants opening the windows is the main way to provide fresh air. Measurements in real classrooms showed that the ventilation especially in cold season is insufficient. Hybrid ventilation systems with automatically controlled windows might reduce the prevalence of high carbon dioxide concentration inside the classrooms. The position of the air supply opening in the façade is the most sensible design task. There is still a big potential for optimization. In the frame of the project "Energy saving, thermal comfort and good indoor air quality in schools using hybrid ventilation" supported by the German Federal Ministry for Economic Affairs and Technology the properties of classrooms in the county Miesbach/Germany regarding thermal comfort, ventilation and illumination were collected.*

In sum data of 106 classrooms in 22 schools were collected. The density of persons is normal to low. Approximately 80 % of the rooms offer at least 2 or more square meter per pupil. 88 % of the investigated classrooms are built with medium or high thermal mass. The glazed facade area is between 30 and 60 % for most of the classrooms. 50 % of the classrooms do not have any sun shading device. The summer overheating protection by passive means is insufficient. Two thirds of the classrooms offer a good to acceptable daylight condition. The classrooms are ventilated by opening the windows. There are different opening types of the windows and several combinations of the types in the façades. Tilt and turn windows and the horizontally pivot-hung type are the most prevalent types.

1 Einführung

Fast alle Schulräume werden in Deutschland ausschließlich über Fenster mit Außenluft versorgt. Messungen des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik Holzkirchen (IBP) an zwei Schulen haben gezeigt, dass die Belüftung der Schulräume vor allem in der kalten Jahreszeit unzureichend ist [1]. Hybride Lüftungssysteme mit einer automatischen Unterstützung der Fensterlüftung könnten eine Möglichkeit bieten, die Häufigkeit schlechter Innenluftqualität in Schulen zu minimieren. Hierbei ist die Anordnung der dezentralen Zuluftöffnungen in den Fassaden eine der kritischsten Systemkomponenten und es besteht gerade bei Schulgebäuden weiterer Untersuchungs- und Optimierungsbedarf.

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) geförderten Verbundprojektes „Heizenergieeinsparung, thermische Behaglichkeit und gute Luftqualität in Schulgebäuden durch hybride Lüftungstechnik“ werden nach einer Analyse der baulichen Gegebenheiten im Schulgebäudebestand in einem Freilandversuchsstand am IBP Holzkirchen die Auswirkungen verschiedener Anordnung der Zuluftöffnungen auf die thermische Behaglichkeit und die Luftqualität in Klassenräumen untersucht. Nach der Auswahl geeigneter Anordnungen der Zuluftöffnungen sollen Regelungskonzepte für die automatisch unterstützte Fensteröffnung entwickelt werden. Dies soll eine in Schulen praktikierbare, motorisch unterstützte freie Lüftung ermöglichen, die zudem Behaglichkeitseinschränkungen auf ein Minimum reduziert.

Zur Entwicklung eines Versuchsstandes, der eine typische Klassenraumsituation abbildet, ist es erforderlich zu wissen, welche Eigenschaften der typische Bestand an Schulgebäuden aufweist. Nur so kann gewährleistet werden, dass das entwickelte Konzept eine gewisse Allgemeingültigkeit hat und bei der Sanierung von Schulgebäuden angewendet werden kann. Zu diesem Zweck wurden die Eigenschaften der Klassenräume aller Schulen im Landkreis Miesbach in Bayern bezüglich der Temperierung, Belüftung und Belichtung aufgenommen, in einer Datenbank erfasst und statistisch ausgewertet. Die Ergebnisse der Begehungen werden in diesem Beitrag dargestellt.

2 Untersuchte Schulgebäude

Der Landkreis Miesbach liegt im Süden des bayerischen Regierungsbezirks Oberbayern, im bayerischen Alpenvorland. Nachbarlandkreise sind im Norden der Landkreis München, im Osten der Landkreis Rosenheim, im Süden das österreichische Bundesland Tirol und im Westen der Landkreis Bad Tölz-Wolfratshausen. Der Landkreis hat ca. 95.000 Einwohner. Zum Landkreis gehören 17 Gemeinden.

Es wurden insgesamt 22 Schulen untersucht. Eine Schule liegt im Nachbarlandkreis, wird jedoch auch von Schülern des Landkreises in Anspruch genommen. Tabelle 1 zeigt die Anzahl der aufgenommenen Schulen je Schulart.

Tabelle 1. Anzahl der aufgenommenen Schulen nach der Schulart

Table 1. Number and type of investigated school buildings

Schulart	Anzahl
Grundschulen (darunter 1 Kombination mit Realschule)	9
Volks- und Hauptschulen	5
Realschulen	2
Gymnasien	3
sonstige Schulen (z. B. Berufs- und Förderschulen)	4

Insgesamt wurden 106 Klassenraumtypen begangen. Da einige Klassenraumtypen mehrfach vorkommen, ergibt sich eine Gesamtzahl von ca. 340 Räumen, deren Ausstattung somit erfasst wurde. Enthalten sind Klassenzimmer und Fachräume wie zum Beispiel Werk- und Physikräume, jedoch nicht Schulküchen, Sporthallen und andere Schulräume, in denen kein typischer, sitzender Klassenbetrieb stattfindet.

Von den 22 untersuchten Schulen besitzen 13 Schulen Bauabschnitte aus unterschiedlichen Baujahren. Bis 1945 wurden sieben Bauabschnitte, zwischen 1946 und 1969 14 Bauabschnitte und darauffolgend bis 1983 12 Bauabschnitte erstellt. Nach der II. Wärmeschutzverordnung 1984 wurden neun und nach der Wärmeschutzverordnung 1995 ein Bauabschnitt gebaut. Vier Bauabschnitte wurden seit 2001 errichtet.

Die Fensterflächen der untersuchten Klassenräume besitzen unterschiedliche Orientierungen. Bild 1 zeigt, dass,

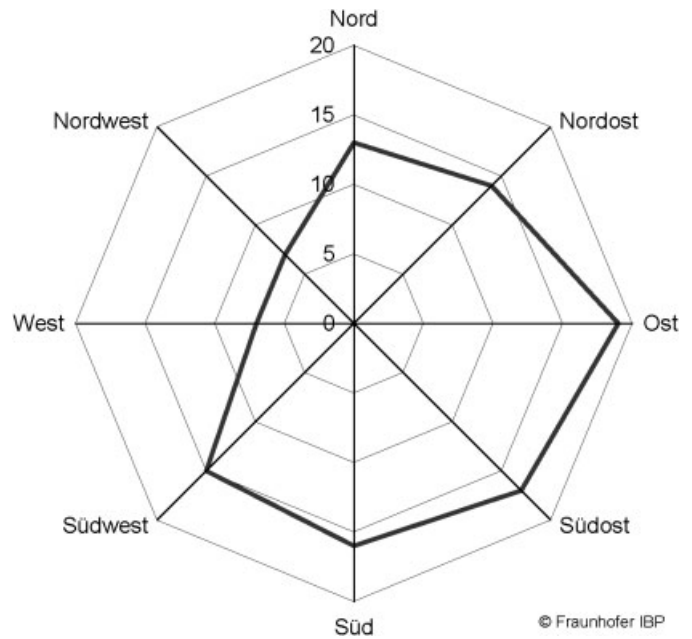


Bild 1. Orientierung der untersuchten Klassenräume (106 Räume)

Fig. 1. Orientation of the investigated classrooms (106 classrooms)

ausgenommen Orientierungen nach Nordwest und West, alle Orientierungen in ähnlichem Maße vertreten sind. Wenige Räume besitzen Fenster in zwei Fassaden.

3 Methoden

Bei den Begehungen werden folgende Größen erfasst:

- geometrische Daten zu den Klassenzimmern,
- Orientierung der Klassenzimmer,
- Beurteilung der Bauart,
- Sonnenschutz,
- Fensterfläche und öffnenbare Fensterfläche,
- Öffnungstypen,
- Lüftungssystem,
- Wärmeübergabeeinrichtungen,
- Anzahl der Stühle als Hinweis für die Klassengrößen.

Da eine genaue Aufnahme des Aufbaus der Bauteile im Rahmen des Projektes nicht erfolgen konnte, wird lediglich zwischen Trocken- und Massivbauweise unterschieden. Sind außer dem Fußboden mindestens vier von fünf Umschließungsflächen des Raumes von massiver Bauweise, wird die Bauweise als „schwer“ eingestuft. Bei zwei bzw. drei massiven Umschließungsflächen erfolgt die Einstufung der Bauweise als „mittelschwer“. Räume mit weniger als zwei massiven Umschließungsflächen werden als „leicht“ bewertet.

Aus den geometrischen Daten werden folgende Werte ermittelt:

- Grundfläche je Schüler als Maß für die Belegungsdichte,
- Tageslichtversorgung nach DIN V 18599 [2],
- zulässiger und vorhandener Sonneneintragskennwert nach DIN 4108-2 [3].

Die Festlegung der Abminderungsfaktoren für Sonnenschutzmaßnahmen erfolgte nach DIN 4108-2.

4 Ergebnisse

Raumgrößen und Belegungsdichte

Die bayerische Schulbauverordnung [4] fordert eine Mindestgrundfläche von 2 m² je Schüler und Raumvolumen von 6 m³ je Schüler. Daraus ergibt sich eine mittlere Mindestraumhöhe von 3 m.

Tabelle 2 zeigt, dass 80 % der Klassenräume eine Grundfläche zwischen 49 und 83 m² aufweisen. Der Median beträgt 70 m². Die mittlere Raumhöhe liegt für 80 % der Räume zwischen 2,8 und 3,7 m. Die Hälfte aller Klassenräume hat eine Höhe zwischen 3 und 3,2 m. Dies entspricht den Höhen, die in den meisten Bundesländern als Mindestanforderung an die Raumhöhe gestellt werden. 25 % der Klassenräume hat eine geringere als die Mindesthöhe. Nur 12 von 106 der untersuchten Klassenräume besitzen eine Grundfläche je Schüler, die kleiner ist als die erforderlichen 2 m²/Schüler und nur 8 Klassenräume unterschreiten den geforderten Wert von 6 m³/Schüler.

Bild 2 zeigt, dass die Hälfte der Klassenräume eine Grundfläche zwischen 2 und 3 m² je Schüler bereitstellt. Der Median und die Streuung der Raumhöhe ist für alle Baualtersklassen vergleichbar. Allerdings sollte an dieser Stelle angemerkt werden, dass diese Datenerhebung in einer eher ländlich geprägten Region durchgeführt wurde. In einer städtischen Lage wäre es denkbar, dass die Raumhöhen älterer Gebäude größer sind und dass auf Grund der höheren Grundpreise tendenziell kleinere Klassenzimmer gebaut werden.

Bauschwere

Bei den Begehungen war es nicht möglich, Bauteilaufbauten detailliert zu erfassen. Die Fußböden bestehen im Regelfall aus einem Estrich, der in den meisten Fällen mit einem Kunststoffbodenbelag ausgerüstet ist. In einigen Klassenräumen wurde Parkett vorgefunden. Aufgrund der Beurteilung der Bauart der verbleibenden Raumumschließungsflächen wird die Bauart von 12 Klassenräumen als leicht, von 57 als mittelschwer und von 37 Räumen als schwer eingestuft. Zu letzteren zählen vor allem Räume in alten Gebäuden. So befindet sich eine Schule in einem alten Klostergebäude.

Sonnenschutz

Einer der wichtigsten Einflüsse auf die sommerlichen Temperaturen ist sowohl das Vorhandensein, als auch Art und

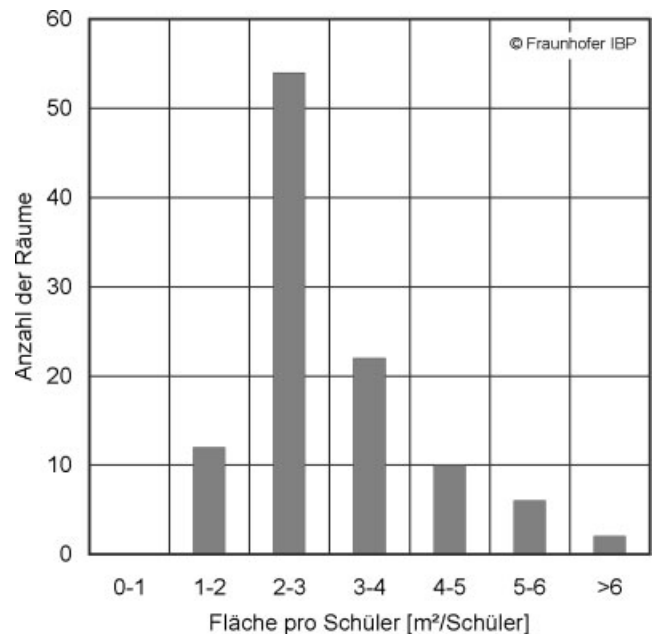


Bild 2. Verteilung der Grundfläche pro Schüler (106 Räume)
Fig. 2. Distribution of the area per pupil (106 classrooms)

Lage eines Sonnenschutzsystems. Tabelle 3 zeigt die Häufigkeiten der unterschiedlichen Sonnenschutzsysteme.

Innenliegende Vorhänge und Verdunkelungseinrichtungen werden nicht als Sonnenschutzsysteme betrachtet.

Tabelle 3. Häufigkeit der unterschiedlichen Sonnenschutzsysteme und deren unterschiedliche Lage, Mehrfachnennungen möglich (106 Räume)

Table 3. Frequency of the different sun shading systems and their position (106 classrooms)

Lage des Sonnenschutzes	Art	Anzahl
außen	–	54
	Lamellen-Raffstore	20
	Markisen	23
	Fenster- und Rollläden	11
innen	Auskragung	31
	Lamellen-Raffstore	3
	Markisen	3

Tabelle 2. Häufigkeiten von Grundfläche, Raumhöhe, Fläche je Schüler und Volumen je Schüler (106 Räume)
Table 2. Distribution of classroom area, room height, area per pupil and volume per pupil (106 classrooms)

Verteilung	Grundfläche [m ²]	Raumhöhe [m]	Fläche pro Schüler [m ² /Sch.]	Volumen pro Schüler [m ³ /Sch.]
Minimum	20,0	2,44	1,14	3,8
10 %	48,9	2,80	1,19	6,2
25 %	59,3	2,99	2,38	7,6
Median	69,7	3,06	2,83	9,0
75 %	73,1	3,19	2,53	11,2
90 %	82,7	3,68	4,61	14,6
Maximum	113,5	4,73	6,62	23,1

In einer Reihe von Klassenräumen waren nicht alle Fenster mit dem gleichen Verschattungssystem versehen bzw. Auskragungen und außenliegende Markisen oder Raffstores traten beispielsweise gleichzeitig auf. Dadurch ergibt sich eine Zahl der Sonnenschutzsysteme, die größer ist als die Zahl der untersuchten Räume.

In ca. 40 % der Fälle ist überhaupt kein Sonnenschutzsystem vorhanden. Weitere 40 % der Räume besitzen ein bewegliches außenliegendes Verschattungssystem. Davon sind 14 % Lamellen-Raffstores. Ca. 20 % der Räume werden durch feststehende Auskragungen, wie z. B. Dachüberstände, verschattet.

Bei den außenliegenden Sonnenschutzsystemen spielt die Größe des Hinterlüftungsspalt zwischen Sonnenschutz und Fassade eine wichtige Rolle nicht nur für die Wirksamkeit des Sonnenschutzes, sondern auch für die freie Belüftung des dahinterliegenden Raumes. Als Median für den Hinterlüftungsspalt ergibt sich ein Wert von 14,5 cm. 75 % der untersuchten beweglichen Sonnenschutzsysteme besitzen einen Hinterlüftungsspalt, der kleiner als 17 cm ist.

Bild 3 zeigt die Häufigkeit verschiedener Sonnenschutzsysteme in Abhängigkeit von der Orientierung. Zu erkennen ist, dass gerade bei Ost-Orientierung auch häufig Räume ohne Verschattungssystem anzutreffen sind. Das ist besonders ungünstig, da in den meisten Schulen der Unterricht vorwiegend am Vormittag gehalten wird. Dies bedeutet, dass neben den inneren Wärmelasten durch die Schüler, erhöhte externe Wärmelasten durch die Sonneneinstrahlung zu einer Aufheizung der Räume führen müssen.

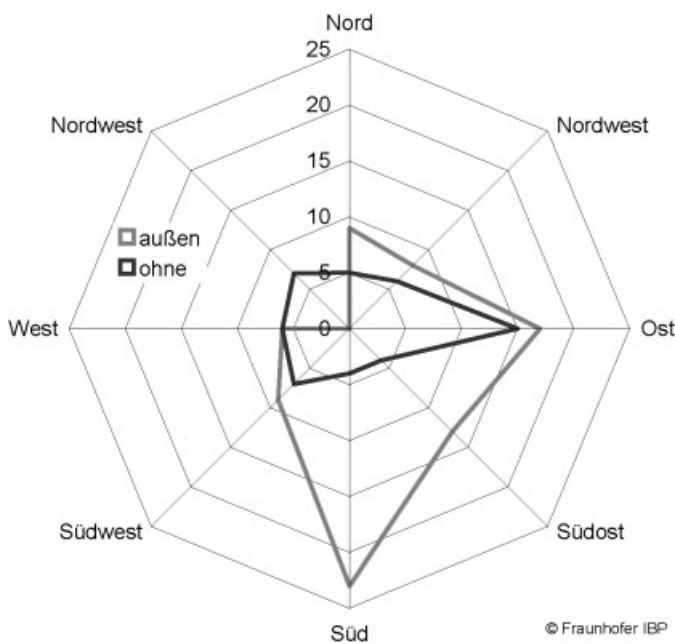


Bild 3. Anzahl der Sonnenschutzsysteme in Abhängigkeit von der Orientierung; innenliegende Sonnenschutzsysteme wurden aufgrund der geringen Anzahl nach Tabelle 3 nicht dargestellt

Fig. 3. Number of sun shading systems in dependence of the orientation of the classroom; inner shading devices are not shown because of their low number

Fensterflächenanteil in der Fassade

Die bayerische Schulbauverordnung [4] stellt keine eigenen Forderungen im Hinblick auf einzuhaltende Fenster-

flächenanteile. Die meisten Klassenräume im Landkreis haben einen Fensterflächenanteil von 30 bis 60 % (Bild 4). Es gibt nur wenige Klassenräume, deren gesamte Fassade verglast ist. Der Anteil von Klassenräumen mit sehr geringen Fensterflächenanteilen von unter 30 % ist erstaunlich hoch. Dabei handelt es sich meist um Räume in alten Gebäuden und um Räume, die ursprünglich nicht für Unterrichtszwecke vorgesehen waren, jetzt aber aus Platzmangel doch dazu verwendet werden.

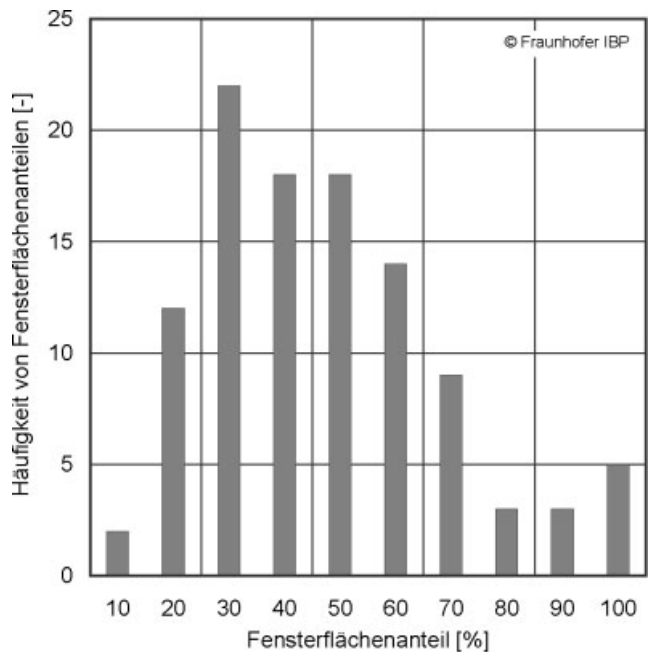


Bild 4. Häufigkeit von Fensterflächenanteilen (106 Räume)
Fig. 4. Frequency of the proportion of glazed façade area (106 classrooms)

Öffnungstypen von Fenstern

Die Fenstertypen, die am häufigsten vorgefunden wurden, sind Fenster mit Kipp- bzw. Drehkippflügeln und Fenster mit Schwingflügeln, siehe Bild 5. Auffällig ist auch ein relativ hoher Anteil an Festverglasung.

Während sowohl in Grund-, als auch in weiterführenden Schulen Festverglasungen etwa 20 % der transparenten Fläche ausmachen, gibt es bei der Art der öffentbaren Fensterflügel deutliche Unterschiede. In Grundschulgebäuden werden bevorzugt die aus dem Wohnungsbau bekannten Flügeltypen wie Dreh- und Drehkippflügel eingesetzt, während in weiterführenden Schularten oft eine Kombination aus Schwing- und Kippflügeln eingesetzt wird. Die Variabilität der Fassaden bezüglich der möglichen Öffnungskombinationen ist recht hoch. Häufig anzutreffen sind kippbare Oberlichter. Wendeflügel, Außen-türen und Dachfenster stellen zusammen lediglich 3 % der Verglasungsflächen und sind somit unerheblich, genau wie Lüftungsschlitze mit 0,3 %.

Belüftung

Die Klassenräume werden nahezu ausschließlich über Fenster belüftet. Es wurden lediglich drei Räume gefunden, die mit einer RLT-Anlage ausgestattet sind. Dabei handelt es sich neben einem Klassenraum, der neben einer Turnhalle liegt, um einen Biologiefachraum und einen Kunstfach-

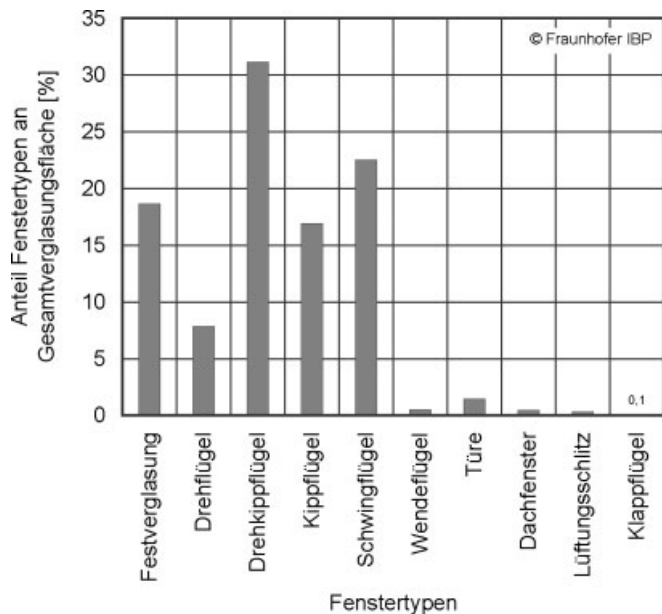


Bild 5. Fenstertypen in Klassenräumen
Fig. 5. Window opening types in classrooms

raum. In beiden letztgenannten Räumen dient die RLT-Anlage in Kombination mit beheizten Fassadenpfosten zur Beheizung. In einigen Klassenräumen befinden sich über den Fenstern Lüftungsschlitze, die für die Belüftung des Raumes vorgesehen sind. Eine Aussage zur Nutzung der Lüftungsschlitze durch die Hausmeister war nicht zu erhalten. Teilweise waren die Lüftungsschlitze recht schwergängig. Das deutet darauf hin, dass von dieser Art der Lüftungseinrichtungen kein Gebrauch gemacht wird. Die zur Lüftung theoretisch zur Verfügung stehende öffentbare Fensterfläche beträgt bezogen auf die gesamte Fensterfläche ca. 80 %. Gerade in Grundschulen sind aber oft die Öffnungsflügel durch Blumentöpfe oder durch Gestaltungselemente so verstellt, dass insbesondere eine Stoßlüftung in den Pausen oder eine intensive Lüftung an heißen Sommertagen nicht möglich ist.

Wärmeübergabeeinrichtungen

In der überwiegenden Zahl der Räume wird die Wärme durch Heizkörper an den Raum übergeben. In 64 % der Räume handelt es sich dabei um Radiatoren, in 22 % um Plattenheizkörper und in 9 % der Räume um Konvektoren. Die Heizkörper sind fast ausschließlich unter den Fenstern angeordnet und werden über Thermostatventile an den Heizkörpern geregelt. Zwei Räume werden in Kombination mit einer Luftheizung über beheizte Fassadenpfosten beheizt und in vier Räumen ist eine Fußbodenheizung installiert.

Tageslichtversorgung

Um die Versorgung der Klassenräume mit Tageslicht bewerten zu können, wird für jeden Raumtyp der vereinfachte Tageslichtquotient nach DIN V 18599-4 [2] ermittelt. Ebenfalls nach DIN V 18599-4 erfolgt die Einstufung der Qualität der Tageslichtversorgung. Bild 6 zeigt in Abhängigkeit vom Verhältnis Fensterfläche zu Raumgrundfläche die so ermittelte Qualität der Tageslichtversorgung.

Die meisten Klassenräume weisen ein Verhältnis von Fensterfläche zu Raumgrundfläche zwischen 10 und 30 %

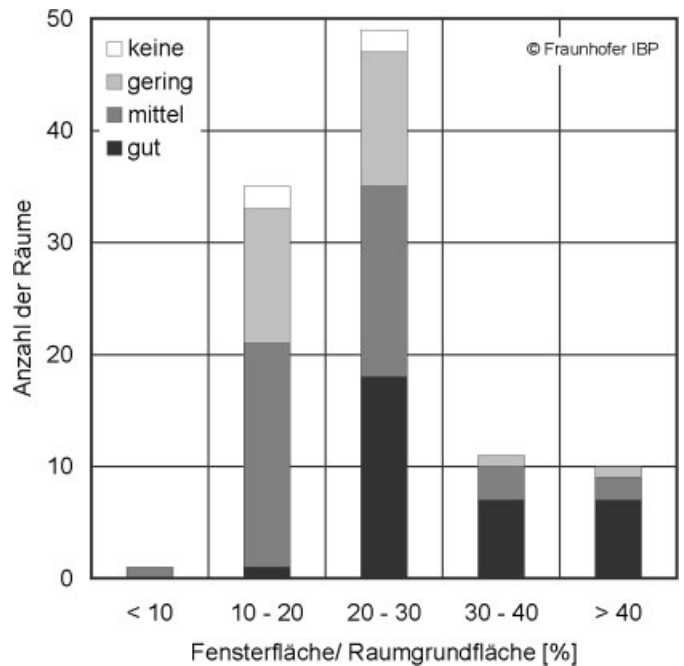


Bild 6. Qualität der Tageslichtversorgung nach DIN V 18599-4 [2] in Abhängigkeit vom Verhältnis Fensterfläche zu Raumgrundfläche
Fig. 6. Quality of daylight conditions according to DIN V 18599 [2] in dependence of the window area to floor area

auf. Bei höheren Verhältniswerten steigt auch der Anteil der mit „mittel“ und „gut“ bewerteten Räume. Bei einem Verhältnis von größer als 20 % sind drei Viertel der Räume bereits „gut“ bis „mittel“ mit Tageslicht versorgt. Für einen Raum mit einer Fläche von 60 m², einer Raumtiefe von 7 m und einer Raumhöhe von 3 m bedeutet ein Verhältnis von größer als 20 % einen Fensterflächenanteil in der Fassade von 50 % oder mehr.

Sommerlicher Wärmeschutz

Das Verfahren nach DIN 4108-2 [3] wurde aufgrund seiner Einfachheit ausgewählt. Der Anwendungsrahmen bezieht sich aber auf Wohngebäude und Bürogebäude. Aufgrund der wesentlich höheren inneren Wärmelasten in Schulgebäuden ist aber die Erfüllung des Nachweises des sommerlichen Wärmeschutzes kein hinreichendes Indiz für die Vermeidung von Überhitzung. Es bietet jedoch die Möglichkeit den sommerlichen baulichen Wärmeschutz der untersuchten Räume zu vergleichen.

Zuvor soll jedoch noch ein Vergleich der Ansätze für die inneren Wärmelasten erfolgen (Tabelle 4). Dabei wird für den Klassenraum nur die Wärmeabgabe durch Personen berücksichtigt und von 33 Schulstunden pro Woche von je 45 Minuten Länge ausgegangen. Der Betrag der täglichen inneren Wärmeabgabe ist in einem Klassenraum danach 1,3 mal höher als in einem Büroraum. Der Momentanwert der Last während einer Schulstunde liegt in Klassenräumen jedoch um den Faktor 2,6 höher als in Büroräumen. Dies unterstreicht deutlich, dass gerade ost- und südorientierte Räume mit einer sehr hohen Gleichzeitigkeit von äußerer und innerer Wärmelast einen besonders guten sommerlichen Wärmeschutz benötigen.

Für jeden Klassenraum wurde der vorhandene und der maximal zulässige Sonneneintragskennwert ermittelt

Tabelle 4. Vergleich von Nutzungszeit, innerer Wärmeabgabe und innerer Wärmelast nach dem Ansatz für Bürogebäude aus DIN 4108-2 und für einen Klassenraum
Table 4. Comparison of occupation time, internal heat gain and internal heat load according to DIN 4108-2 for office buildings and for a classroom

	Nutzungszeit [h/d]	Innere Wärmeabgabe [Wh/(m ² d)]	Innere Wärmelast [W/m ²]
DIN 4108-2 Bürogebäude	10	144	14,4
Schulgebäude 2 m ² /Person 75 W/Person	5	185	37,5

und das Verhältnis aus beiden berechnet. Ist das Verhältnis kleiner oder gleich eins, so gilt der Nachweis als erfüllt. Der Minimalwert liegt bei 0,23, der Median bei 1,0 und das Maximum bei 3,91. Das untere Quartil beträgt 0,59 und das obere Quartil 1,50. Von den nordorientierten Räumen erfüllen 19 Räume den Nachweis und 9 Räume nicht. Bei den anderen Orientierungen erfüllen 43 Räume den Nachweis und 35 Räume nicht. Der bauliche sommerliche Wärmeschutz ist insgesamt auch vor dem Hintergrund der erhöhten Wärmelasten in den meisten Klassenräumen als unzureichend zu bezeichnen.

5 Zusammenfassung

Die Begehung von 22 Schulen im Landkreis Miesbach ermöglicht für einen gesamten Landkreis die Bewertung der baulichen Gegebenheiten von 106 Klassenräumen, welche die raumklimatischen Verhältnisse entscheidend beeinflussen. Die Belegungsdichte der Klassenräume im Landkreis Miesbach ist eher als normal bis gering einzustufen, da in ca. 80 % der Räume der Mindestwert von 2 m² je Schüler eingehalten wird.

88 % der untersuchten Räume weisen eine mittlere bis hohe thermische Masse auf. Die meisten Klassenräume im Landkreis haben einen Fensterflächenanteil von 30 bis 60 %. Etwa 50 % der Räume besitzen keinen Sonnenschutz. Der bauliche sommerliche Wärmeschutz muss überwiegend als unzureichend bewertet werden. Etwa zwei Drittel der Klassenräume weisen eine gute bis mittlere Tageslichtversorgung auf. Die Klassenräume werden über

Fenster belüftet. Die Fassaden besitzen vielfältige Öffnungsmöglichkeiten, wobei Drehkipplügel und Schwinglügel am häufigsten angetroffen wurden.

Die erhobenen Daten bilden eine gute Grundlage für weitere Analysen und haben die Auswahl der untersuchten Fassadenvarianten im Rahmen des von Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten Verbundprojektes „Heizenergieeinsparung, thermische Behaglichkeit und gute Luftqualität in Schulgebäuden durch hybride Lüftungstechnik“ bestimmt.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei Herrn Schwanck, Architekt beim Hoch- und Tiefbauamt sowie bei den Gemeinden des Landkreises Miesbach für ihre Unterstützung bei der vorliegenden Untersuchung. Die Arbeiten wurden im Rahmen des Verbundprojektes „Heizenergieeinsparung, thermische Behaglichkeit und gute Luftqualität in Schulgebäuden durch hybride Lüftungstechnik“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter dem Aktenzeichen 0327387A gefördert.

Literatur

- [1] Hellwig, R. T., Antretter, F., Holm, A., Sedlbauer, K.: Untersuchungen zum Raumklima und zur Fensterlüftung in Schulen. Bauphysik 31 (2009), H. 2, S. 89–99.
- [2] DIN V 18599-4:2007-2 Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz- End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Lüftung, Kühlung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. – Teil 4: Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung. Berlin: Beuth-Verlag, 2007.
- [3] DIN 4108-2:2003-7 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. Berlin: Beuth-Verlag, 2003.
- [4] Bayerische Schulbauverordnung (SchulbauV) vom 30. Dezember 1994 mit allen Änderungen Stand 16.01. 2009. http://www.stmuk.bayern.de/imperia/md/content/pdf/schulen/schulbauverordnung_stand_16jan2009.pdf. vom 2. April 2009.

Autoren dieses Beitrages:

Dr.-Ing. Runa Tabea Hellwig, Gruppenleiterin Raumklimaqualität
 Dipl.-Ing. Matthias Kersken, Abt. Energiesysteme
 beide Fraunhofer Institut für Bauphysik Holzkirchen, Fraunhoferstraße 10,
 83626 Valley
 Dipl.-Ing. Simon Schmidt, Lehrstuhl für Bauphysik, Technische Universität
 München, Arcisstraße 21, 80333 München