



Stadt Leipzig

Nutzerhandbuch Passivhausschule



Foto: Stefan Nöbel-Heise

Am Beispiel des Wilhelm-Ostwald-Gymnasiums in Leipzig



2012 erarbeitet im EU-Projekt EnercitEE / Teilprojekt EEMTE

Dezernat Stadtentwicklung und Bau

Inhalt:

1	Vorwort	2
2	Warum ein Nutzerhandbuch?	3
2.1	Einordnung in das Energiemanagement	3
2.2	Nutzerhandbuch als Bestandteil von Monitoring	4
3	Grundsätze Bau- und Funktionsweise beim Passivhaus	5
3.1	Qualitätskriterien für Passivhäuser	5
3.2	Bedeutung der Innenraumluftqualität	8
3.2.1	Innenraumlufttemperatur	8
3.2.2	Reinheit der Innenraumluft	10
3.2.3	Innenraumluftfeuchte	11
3.2.4	Aufgaben und Vorteile einer Lüftungsanlage	13
3.2.5	Sommerlüftung	15
3.2.6	Beleuchtung und Innentemperatur	15
4	Spezielle Aspekte bei Bildungsbauten	17
5	Beispiel Ostwald-Schule Leipzig	19
6	Hinweise für die Nutzer/-innen im Gebäude	22
7	Hinweise für die Gebäudebetreiber und -verwalter	27
7.1	Hinweise zu elektrischen Verbrauchern im Gebäude	28
7.1.1	Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT)	28
7.1.2	Elektrogeräte und Lampen	28
8	Besonderheiten bei Inbetriebnahme und Monitoring	31
9	Praxiserfahrungen bundesweit	32
10	Nutzerhinweise - auf einen Blick	35
	Impressum	35

1 Vorwort

Die effiziente Nutzung von Energie ist eine entscheidende Voraussetzung für wirksamen Klimaschutz. Besonders großes Einsparungspotenzial besteht in Deutschland im Gebäudebereich, in dem ca. 40 % der Endenergie verbraucht wird. Die energetische Gebäudesanierung muss deshalb einen wesentlichen Beitrag zur Senkung des Energieverbrauchs leisten. Mit ihrem Energiekonzept hat die Bundesregierung im Jahr 2010 Ziele zur Reduktion der energiebedingten CO₂-Emissionen gesetzt. Demnach wird bis zum Jahr 2050 ein nahezu klimaneutraler Gebäudebestand angestrebt.

Die öffentliche Hand soll gemäß der 2012 verabschiedeten europäischen Energieeffizienz-Richtlinie mit gutem Beispiel vorangehen indem sie nur noch energieeffiziente Gebäude, Produkte und Dienstleistungen nutzt. Parallel dazu soll die öffentliche Hand den Energieverbrauch in ihren eigenen Räumlichkeiten schrittweise verringern.

Die 2011 beschlossene Novellierung der Europäischen Gebäuderichtlinie (EPBD) verpflichtet die öffentliche Hand bereits ab 2019 auch im Neubau zu höchsten Standards, wie sie schon heute und seit vielen Jahren bereits mit der Passivhausbauweise umgesetzt werden.

Die Stadt Leipzig trägt mit der 2011 nochmals verschärften Energieleitlinie den neuen gesetzlichen Anforderungen Rechnung. Die wesentlichen Zielvorgaben sind es, den Energieverbrauch der von der Stadtverwaltung genutzten Liegenschaften bis 2020 um 45 % und damit einhergehend die CO₂-Emissionen um 50 % zu reduzieren.

Vorrang für den Einsatz Erneuerbarer Energien bzw. Kraft-Wärme-Kopplung sowie die Verankerung des seit 2008 geltenden Passivhausbeschlusses (unter objekt konkreter Beachtung der erzielbaren Wirtschaftlichkeit) sind weitere wichtige Vorgaben in der Energieleitlinie.

Entscheidend für die hohe Energieeffizienz der Passivhausgebäude sind die konsequente Nutzung aller internen Energiegewinne des Gebäudes (durch Sonneneinstrahlung, Abwärme von Personen und technischen Geräten) - und der gleichzeitigen Minimierung des Wärmeverlustes durch eine hoch wärmedämmende, luftdichte Gebäudehülle mit optimierten Bauteilanschlüssen und Lüftungsanlagen mit hoher Wärmerückgewinnung.

Effiziente Elektrogeräte unterstützen diesen Prozess und eine intelligente Gebäudetechnik ermöglicht eine effiziente Steuerung der Energieflüsse.

Ziel der Passivhausbauweise ist die Senkung des zur Gebäudenutzung eingesetzten Energieverbrauchs bei gleichzeitiger Verbesserung des Nutzerkomforts sowohl im Winter als auch im Sommer.

Oft wird aber nicht bedacht, dass das nicht per se mit der Übergabe eines Gebäudes, insbesondere mit der Fertigstellung der technischen Voraussetzungen, schon automatisch der Fall sein wird.

Aus diesem Grund wurde im Dezember 2012 mit der begleitenden Evaluierung aller Leipziger Passivhausschulen, dem Wilhelm-Ostwald-Gymnasium als erstes Sanierungsbeispiel zusammen mit drei weiteren in Planung und Bau befindlichen Passivhausschulen begonnen. Diese Evaluierung bezieht sowohl technische als auch Parameter der sozialen Kommunikation ein.

Die Erstellung dieses Nutzerhandbuches am Beispiel des Leipziger Wilhelm-Ostwald-Gymnasiums ist somit schon ein erster und wichtiger Schritt für die begonnenen Evaluierungen.

Es werden im Nutzerhandbuch nicht nur konkrete Nutzerhinweise gegeben (Kapitel 6), sondern darüber hinaus soll damit auch allen in verschiedener Weise mit dem Gebäude Beschäftigten in Bau- und Gebäudeverwaltung grundlegendes Wissen über die Zusammenhänge und Besonderheiten im Passivhaus vermittelt werden. Nicht nur der Bau von Passivhäusern sondern auch die Inbetriebnahme und der dauerhaft erfolgreiche Betrieb erfordern eine Weiterentwicklung des bisherigen Herangehens.

2 Warum ein Nutzerhandbuch?

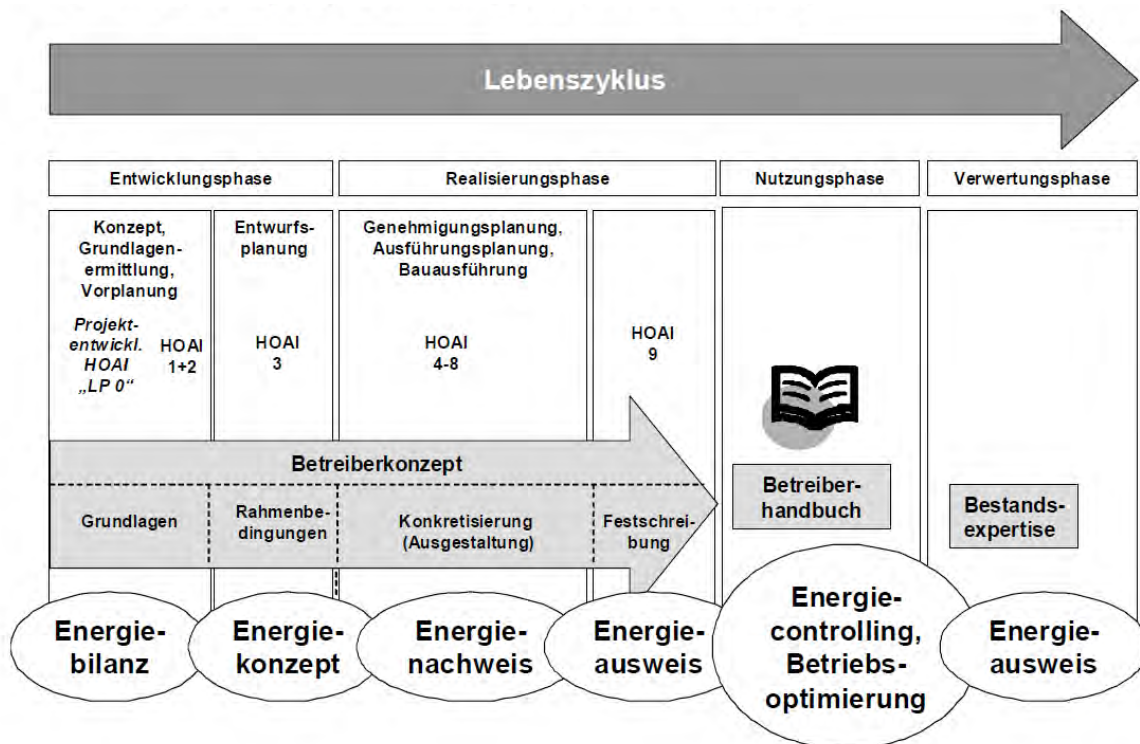
2.1 Einordnung in das Energiemanagement

Der Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV) gibt gemeinsam mit dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) in den Hinweisen zum Energiemanagement in öffentlichen Gebäuden einen Überblick über die Prozesse und erforderlichen Unterlagen in einzelnen Lebenszyklusphasen eines Gebäudes. In all diesen dargestellten Phasen wird bereits Einfluss genommen auf den späteren Energieverbrauch im Gebäude während der Nutzungsphase. Daher sind die Hinweise im Nutzerhandbuch auch nicht streng nur auf die Nutzer im eigentlichen Sinne (siehe Kapitel 6) eingeschränkt, sondern sprechen darüber hinaus auch alle Mitarbeiter/-innen in der Bau- und Gebäudeverwaltung an, die in sämtlichen Lebenszyklusphasen mit einer Passivhausschule zu tun haben.

Nur wenn beim Fachpersonal auf allen Ebenen ein bestimmtes Grundwissen hierzu vorhanden ist, werden auch die richtigen Entscheidungen getroffen werden können, um dem Ziel der Energieverbrauchsminimierung und damit einher gehend der Reduzierung von Klimaschadgasen wie natürlich auch der Betriebskosten in der Nutzungsphase gerecht zu werden.

Quel-

le:



AMEV, Energie 2010, Broschüre Nr. 104, Grafik 1: Lebenszyklusphasen (von BLB NRW / Herr Mengede)

Der Betreiber (Kommune, üblicherweise das für Gebäudemanagement zuständige Amt) verfolgt mit dem Energiemanagement (in der Nutzungsphase mittels Energiecontrolling und Betriebsoptimierung) genau dieses Ziel.

Energiemanagement ist der ganzheitliche Prozess zur Steuerung eines effizienten Energieeinsatzes. Die Sensibilisierung des Nutzerverhaltens ist dabei ein wichtiger Bestandteil, denn der Energieverbrauch wird durch die Planung eines Gebäudes ebenso beeinflusst wie durch den späteren Betrieb und das Nutzerverhalten (siehe auch AMEV, Energie 2010). AMEV stellt dabei fest und gibt die entsprechende Empfehlung:

“Auch optimal geplante und gebaute Gebäude können im Betrieb unzureichende Ergebnisse liefern wenn sie nicht angemessen betrieben werden. Es ist daher erforderlich, dass die Gebäude während der gesamten Nutzungsphase von Experten begleitet werden, die Verbräuche und Kosten überwachen und den Nutzer beraten und ggf. schulen. ...Durch das Energiemanagement sollte eine Beratung der Nutzer erfolgen, um mögliche technische und gebäudespezifische Aspekte optimal zu berücksichtigen. ... Letztlich hängt auch der Erfolg technischer Maßnahmen in hohem Maße vom Verhalten der Nutzer ab. Dabei geht es nicht nur um technische Fachfragen. Im Vordergrund steht Überzeugungsarbeit, um psychologische Barrieren zu überwinden.“

Die Notwendigkeit einer engen Kommunikation mit den Nutzern ist also keine neue Erkenntnis für Passivhäuser. In hoch effizient gebauten Gebäuden wie Passivhäusern gewinnen Betreiber und Nutzer daraus aber einen besonderen Vorteil, da es neue Aspekte zu beachten gibt, die aus konventionellen Gebäuden noch nicht bekannt sind und daher auch ein neues Verständnis erfordern.

Ein Nutzerhandbuch ist (neben dem Betreiberhandbuch für das technische Betriebspersonal) besonders geeignet, eine umfassende Erläuterung der Gebäudephilosophie und des darauf abgestimmten sinnvollen Nutzerverhaltens in einer für Nutzer jederzeit zugänglichen Form bereit zu stellen, damit gleichzeitig die Nutzermotivation zu stärken, um das Gesamt-Ziel einer Senkung des eingesetzten Energieverbrauchs bei gleichzeitig hohem Nutzerkomfort auch in der Realität zu sichern.

Im Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) für Büro- und Verwaltungsgebäude des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) wird die Erstellung eines Nutzerhandbuches als eine Voraussetzung für eine optimale Bewirtschaftung angesehen. Es heißt hier konkret: „Zweck eines Nutzerhandbuches ist die Erläuterung der technischen Zusammenhänge der Haustechnik sowie der Besonderheiten einzelner Bauteile und Komponenten. Der Nutzer soll in die Lage versetzt werden, alle ihn betreffenden Gebäudekomponenten sachgerecht zu bedienen. Zudem gibt das Nutzerhandbuch Hinweise für die nachhaltige Nutzung des Gebäudes. So sollen u. a. Hinweise für den Nutzer zur Verringerung des Stromverbrauchs im Handbuch enthalten sein.“

2.2 Nutzerhandbuch als Bestandteil von Monitoring

Ganzheitliches Gebäude-Monitoring ist momentan noch eher Theorie denn gängige Praxis. Daher werden im Folgenden auch Anmerkungen aus wichtigen Forschungs-Quellen zu diesem Thema aufgeführt. Zum gegenwärtigen Stand der Praxis wird auf Kapitel 9 verwiesen.

„Während zur ökologischen und ökonomischen Bewertung Methoden und Kenndaten zur Verfügung stehen (z.B. Monitoring des Energieverbrauchs, Lebenszyklusanalyse, Analyse der Baunutzungskosten) und in weiten Bereichen der Immobilienwirtschaft eingeführt sind, fehlt es momentan noch an erprobten Verfahren und anerkannten Kriterien zur Bewertung der sozialen Dimension der Nachhaltigkeit. Diese umfasst die Akzeptanz, das Wohlbefinden und damit letztlich auch die Leistungsfähigkeit der Gebäudenutzer an ihrem Arbeitsplatz. Da die Personalkosten alle anderen Gebäudekosten einschließlich der Kosten für den Gebäudebetrieb um mindestens das zweifache überschreiten, sind angemessene Arbeitsplatzbedingungen über gesundheitliche Aspekte hinaus auch in wirtschaftlicher Hinsicht von größter Relevanz (Brill, Weidemann & BOSTI ASSOCIATES, 2001).

Der im ‚Leitfaden Nachhaltiges Bauen‘ (BBR, 2001) formulierten Intention ‚Gebäude für Menschen zu bauen‘ würde mit der Einbindung der Nutzerperspektive gerade dem Kriterium der soziokulturellen Dimension entsprochen werden. ...

In Deutschland steht die Einführung eines umfassenden Zertifizierungssystems für Büro- und Verwaltungsgebäude, das auch die soziokulturelle Qualität berücksichtigt, erst am Anfang. ... Angewandt auf Baupolitik und Bauindustrie würde mit der Einbindung der realen Erfahrungen der Nutzer mit einem Gebäude in diesem Sinne dem Partizipationsgedanken Rechnung getragen werden. In Ergänzung zur Erfassung technischer Daten liegt der große Gewinn von Befragungen darin, detailliert Rückmeldungen zum Erleben und Verhalten der Nutzer als Basis für energetische Verbesserungen im laufenden Gebäudebetrieb zu erhalten. Erfahrungen zeigen beispielsweise, dass der in der Planung errechnete Energiebedarf und der tatsächliche Energieverbrauch aus verschiedenen Gründen deutlich voneinander abweichen können.“¹

„In der Planungsphase werden Büro- und Verwaltungsgebäude oft als „innovativ“, „intelligent“ oder „ökologisch“ etikettiert. Wenn die Gebäude gebaut und in Betrieb genommen sind, enden meist Berichterstattung und Dokumentation. Die von den Planern verabreichten Etiketten bleiben - unabhängig vom tatsächlichen Erfolg des Gebäudekonzepts im realen Nutzungsalltag. Verschiedene Untersuchungen haben deutlich gemacht: Die Performance von Gebäuden bleibt oft deutlich hinter den in der Planungsphase gesetzten Zielvorgaben zurück.“²

„Trotz oder wegen der anspruchsvollen Technik spielen die Nutzer eine entscheidende Rolle: Für ein Gebäude sind zufriedene Nutzer das A und O. Rein technisch gibt es heute zahlreiche Möglichkeiten, um den individuellen Komfort bei hoher Energieeffizienz zu optimieren. Doch ein Zuviel an Technik kann den Nutzer überfordern - oder er fühlt sich durch vorprogrammierte Regelungen bevormundet. Er sollte also in die wichtigsten, ihn betreffenden Funktionen der Gebäudetechnik eingreifen können, aber auch wissen, was er bewirkt. Denn sonst kann sein Verhalten leicht das Energie- und Komfortkonzept auf den Kopf stellen.“³

Quellen:

¹ Auszüge aus: Andreas Wagner, Karin Schakib-Ekbatan:

Nutzerzufriedenheit als ein Indikator für die Beschreibung und Beurteilung der sozialen Dimension der Nachhaltigkeit, Forschungsbericht F 2758 der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung

² BMWi-Forschungsinitiative EnOB, Bereich Energieeffiziente Betriebsoptimierung

³ bine-Themeninfo I/2010 „Gebäude energieeffizient betreiben“

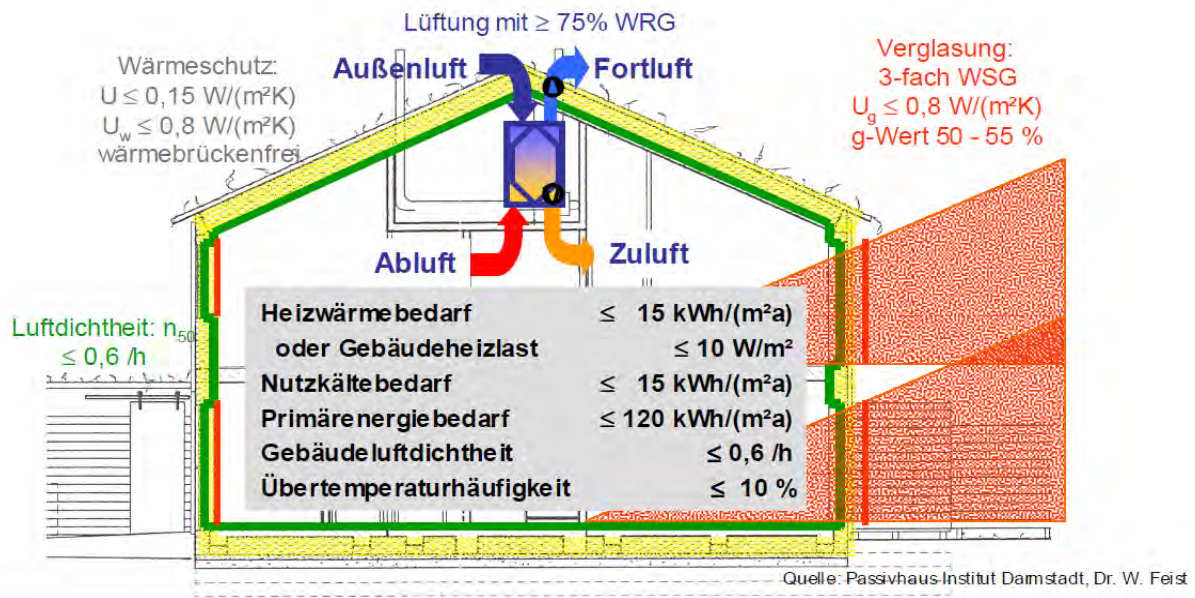
3 Grundsätze Bau- und Funktionsweise beim Passivhaus

3.1 Qualitätskriterien für Passivhäuser

In der Übersicht sind die Kriterien zur Bestimmung eines Passivhauses (grau hinterlegt) dargestellt.

Es sind Maximalwerte für den winterlichen (Heizwärmebedarf und Primärenergiebedarf - incl. Warmwasser und Gesamtstromanwendungen - pro Nutzfläche und Jahr) als auch den sommerlichen Wärmeeintrag (Übertemperaturhäufigkeit > 25° C Innentemperatur an max. 10% der Nutzungstage - die Ferien gehören bei Schulen entsprechend nicht dazu) sowie das Maß der Luftdichtheit der Gebäudehülle fest gelegt.

Außen an der Gebäudegrafik sind die energetischen Anforderungen aufgeführt, mit denen die Passivhauskriterien erreicht werden können.



Die Qualitätskriterien für Passivhäuser sind im Folgenden durch die IG Passivhaus für Wohngebäude zusammen gefasst. Einiges davon ist nicht unverändert auf Passivhaus-Schulen übertragbar. Es wurden die entsprechenden Passagen entfernt (...) bzw. „Bewohner“ durch „Nutzer“ ersetzt bzw. „Anmerkungen durch Verfasser“ ergänzt. Die nachfolgende Beschreibung gilt damit sowohl für alle Passivhäuser - Wohngebäude als auch Nichtwohngebäude. Die Texte sind in aktueller Version hier nachzulesen:

http://ig-passivhaus.de/index.php?page_id=150&level1_id=78 (Stand 29.08.2012)

Die Grafiken von ProKlima Der energycity-Fonds, Hannover wurden nachträglich zur Illustration eingefügt.

„Passivhäuser sind Gebäude, in denen eine **behagliche Temperatur** im Winter **ohne separates** (Anm. Verfasser: bzw. nur ergänzendem) **Heizsystem** und im Sommer **ohne Klimaanlage** mit extrem geringem Energieaufwand zu erreichen ist. Der Heizwärmebedarf wird auf 15 kWh/(m²a) und der Primärenergiebedarf einschließlich Warmwasser und Gesamtstrom auf 120 kWh/(m²a) begrenzt. Gerade durch die verwendeten Passivhaus-Komponenten bieten sie erhöhten Nutzerkomfort und eine Sicherung der Bausubstanz.

Die Realisierung von Passivhäusern stellt hohe Ansprüche an die verwendeten Komponenten.

- Behaglichkeit + Komfort ...

Eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung sorgt kontinuierlich für frische Luft, ohne dass Zugerscheinungen auftreten (Lufttrittstemperatur im Raum nicht unter 17°C) und ohne dass die Nutzer sich aktiv um die Lüftung kümmern müssen. Eine solche Anlage ist nicht mit einer Klimaanlage zu verwechseln, eine Befeuchtung der Luft innerhalb des Lüftungssystems ist aus hygienischen Gründen zu vermeiden.

Die Schallbelastung durch Lüftungstechnische Anlagen ist auf 25 dBa zu begrenzen. Hierzu sind Kanäle und Ventile angemessen auszulegen und Schalldämpfer einzusetzen.

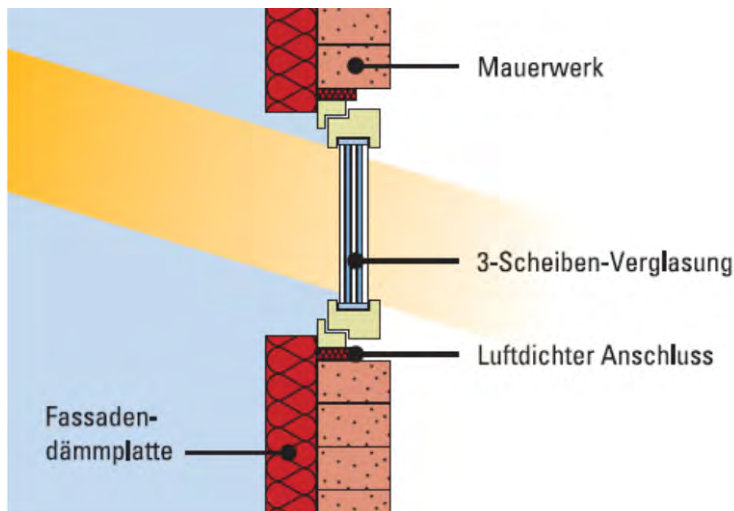
Für eine ausreichende Querlüftung im Sommer sind zu öffnende Fenster in jedem außen liegenden Raum erforderlich. Für den Sommerbetrieb der Lüftungsanlage muss ein Bypass am Wärmeübertrager vorhanden sein, der optionale Erdreichwärmetauscher kann zusätzlich für kühle Luft sorgen.

Um unnötiges Aufheizen des Gebäudes zu verhindern, sind vor größeren Fensterflächen nach Osten bzw. Westen geeignete Sonnenschutzmaßnahmen vorzusehen. Für südgerichtete Fensterflächen sind sie für ein optimales Klima empfehlenswert.

Der Einsatz stromsparender Haushaltsgeräte (Anm. Verfasser: sowie Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik siehe Kapitel 7.1.1) und Beleuchtung und der gute Wärmeschutz von Brauchwarmwasserspeicher und -leitungen reduzieren ebenfalls die Wärmelast im Haus und erleichtern so die sommerliche "passive Kühlung".

- Qualitätsstandard für Konstruktion und Technik

Zur Vermeidung von Bauteilfeuchte und Schimmelbildung sind eine kontinuierliche Belüftung mit einer mechanischen Lüftungsanlage sowie der hohe Wärmeschutz mit wärmebrückenfreier Ausführung aller Außenbauteile Voraussetzung.



Insbesondere im Bereich der Fenster und Türen müssen wärmegeämmte Profile, 3-fach-Wärmeschutzverglasungen und thermisch getrennte Abstandhalter im Glasrandverbund (kein Aluminium!) eingesetzt werden.

Quelle Grafik: proKlima, Der enercity-Fonds, Hannover

Zur Gewährleistung der Funktion von Lüftung und Heizung sowie zur Vermeidung von tauwasserbedingten Konstruktionsschäden ist eine ausgezeichnete Gebäude-Luftdichtheit erforderlich, die mit einem Drucktest nachgewiesen werden muss. Der Drucktestluftwechsel bei 50 Pascal Druckdifferenz muss auf das 0,6-fache des Raumluftvolumens pro Stunde begrenzt werden.

Quelle Grafik: proKlima Der enercity-Fonds, Hannover



Zur Gewährleistung einer gesunden, sauberen Frischluftzufuhr ist der Einsatz hochwertiger Filter (F7 an der Ansaugstelle) und von Kondensatabläufen in (Anm. Verfasser sofern vorgesehen) Erdreichwärmetauscher und Lüftungsgerät erforderlich.

Die Wärmerückgewinnung aus der Abluft muss ohne Vermischung mit der Frischluft erfolgen. Auf eine Luftbefeuchtung innerhalb des Lüftungssystems wird aus hygienischen Gründen verzichtet (Passivhäuser verfügen über Hygiene-Lüftungsanlagen, keine Klimaanlage!).

Quelle Grafik: proKlima Der enercity-Fonds, Hannover

- Energieeffizienz

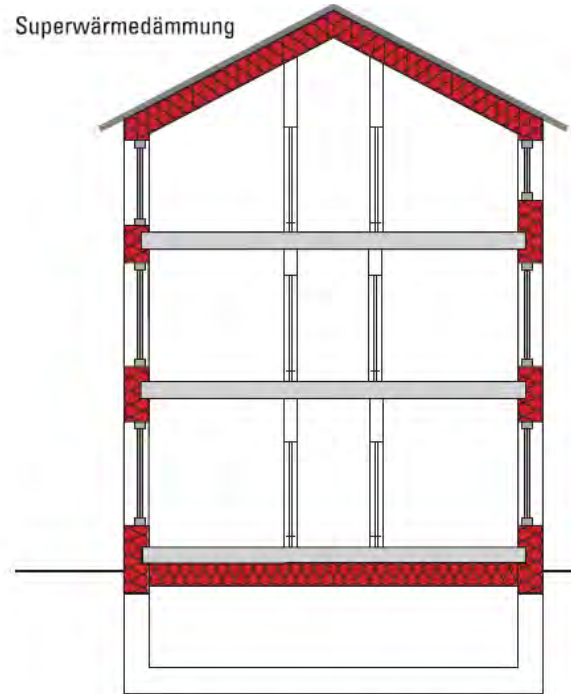
Die Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) opaker Bauteile liegen unter $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Es sind Verglasungen mit U_g -Werten unter $0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ und hohem Gesamtenergiedurchlassgrad (g^3 50 %) einzusetzen, damit auch im Winter Nettowärmegewinne möglich sind. ...

Die Fenstersysteme benötigen wärmegeämmte Rahmenprofile mit mehrfacher Lippendichtung. Der resultierende Wärmedurchgangskoeffizient von Fenstern (und Türen) ist zu begrenzen: U_w (U_d) kleiner $0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ unter Berücksichtigung von Rahmen (U_f), Verglasung (U_g), Randabstandhalter (Y-Glasrand) bzw. U_w (U_d) kleiner $0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ unter zusätzlicher Berücksichtigung der Einbausituation im gedämmten Bauteil (YEinbau).

Der Wärmebereitstellungsgrad der Lüftungsanlagen (hWRG) muss über 75 % liegen. Der Stromverbrauch für Ventilatoren und Steuerung ist auf $0,45 \text{ Wh}/\text{m}^3$ befördertem Luftvolumen zu begrenzen.

Die Wärmeverluste bei der Brauchwasserbereitung, -speicherung und -verteilung sind durch lückenlose Wärmedämmung auf ein Minimum zu reduzieren.



Quelle Grafik: proKlima Der energycity-Fonds, Hannover

Zur Reduzierung des Strombedarfs sind hocheffiziente Gebäudetechnik (Ventilatoren, Pumpen, Steuerung) sowie elektrische Haushaltsgeräte und Beleuchtung einzusetzen.“

Quelle: IG Passivhaus http://ig-passivhaus.de/index.php?page_id=150&level1_id=78 (Stand 29.08.2012)

Die nachfolgende Übersicht fasst wichtige der im vorigen Abschnitt gegebenen Mindestkriterien zur Realisierung eines Passivhauses zusammen:

Quelle: Schulze Darup, Architekt, Nürnberg

3.2 Bedeutung der Innenraumluftqualität

Nach einer neueren Untersuchung im Rahmen des Kinder- und Jugend-Survey des Umweltbundesamtes 2007 halten sich Kinder im Alter von 3-14 Jahren im Winter rund 90 % des Tages in Innenräumen auf. Auch im Sommer verbringen Heranwachsende einen Teil des Tages in geschlossenen Räumen. Innenräume sind dabei die Wohnung, die Schule, Kindergarten, Theater, Kinos, Bibliotheken, Sporthallen, Kaufhäuser, Diskotheken und Verkehrsmittel. Aus hygienischer Sicht ist daher die Untersuchung und Verminderung von Innenraumluftverunreinigungen von zentraler Bedeutung für das Wohlbefinden und die Gesundheit.

Quelle: Leitfaden für Innenraumhygiene in Schulgebäuden des Umweltbundesamtes, 2008

Es wird in diesem Nutzerhandbuch beispielhaft auf diejenigen Luftparameter eingegangen, die im direkten Zusammenhang mit Lüftung und den technischen Anlagen stehen: die Sättigung mit CO₂ als Indikator für die Luftqualität und die Luftfeuchte. Die Luftfeuchte wiederum steht im Zusammenhang mit der Lufttemperatur.

3.2.1 Innenraumlufttemperatur

Die Technischen Regeln für Arbeitsstätten (aktuell ASR A3.5 von Juni 2010) enthalten folgende Mindestwerte:

Überwiegende Körperhaltung	Arbeitsschwere		
	leicht	mittel	schwer
Sitzen	+ 20 °C	+ 19 °C	-
Stehen, Gehen	+ 19 °C	+ 17 °C	+ 12 °C

Daraus abgeleitet wird für Unterrichtsräume in Schulen üblicherweise eine Innentemperatur von 20°C fest gelegt. Eine Übersicht für empfohlene Innenraumtemperaturen des Deutschen Städtetages in Abhängigkeit von der Raumnutzung in kommunalen Gebäuden vom Juli 2002 findet sich am Ende des Kapitels 3.2.6. In der Stadt Leipzig gelten seit 1999, erneuert mit Dienstanweisung 21/2011 vom 04.10.2011 diese zulässigen Raumtemperaturen in Gebäuden der Stadt Leipzig, hier der Abschnitt für die Schulen:

Unterrichtsräume/Hörsäle	20 °C	Bereits eine Erhöhung der Innentemperatur um nur 1 Grad verursacht einen um 6 % höheren Energiebedarf für die Raumwärme - so die pauschale Regel.
Turnhallen	17 °C	
Umskleideräume	22 °C	Da ein Passivhaus aber einen deutlich geringeren Heizwärmebedarf als herkömmliche Gebäude aufweist, macht sich selbst eine geringe Abweichung beim Raumwärmebedarf (der zum Großteil aus der Abwärme von Personen und Elektrogeräten gespeist wird, siehe auch Kapitel 3.1) hier auf den verbleibenden Heizwärmebedarf (sozusagen Restwärmebedarf) sogar relativ viel stärker aus.
Wasch- und Duschräume	24 °C	
Gymnastikräume	17 °C	
medizinische Untersuchungsräume	24 °C	
Werkräume (z. B. Handwerken)	18 °C	
Werkstätten	17 °C	
Lehrküchen mit Unterricht (bei Nutzungsbeginn)	18 °C	

In Frankfurt am Main wurde durch eine Verbrauchsauswertung mehrerer kommunaler Passivhäuser (bei Betrachtung nach frühestens 2 Jahren „Einlaufzeit“) sogar ein Mehrverbrauch von 17,8 % bzw. von 15,7 % bei einer Erhöhung um 1 Grad bzw. um ein weiteres Grad festgestellt.

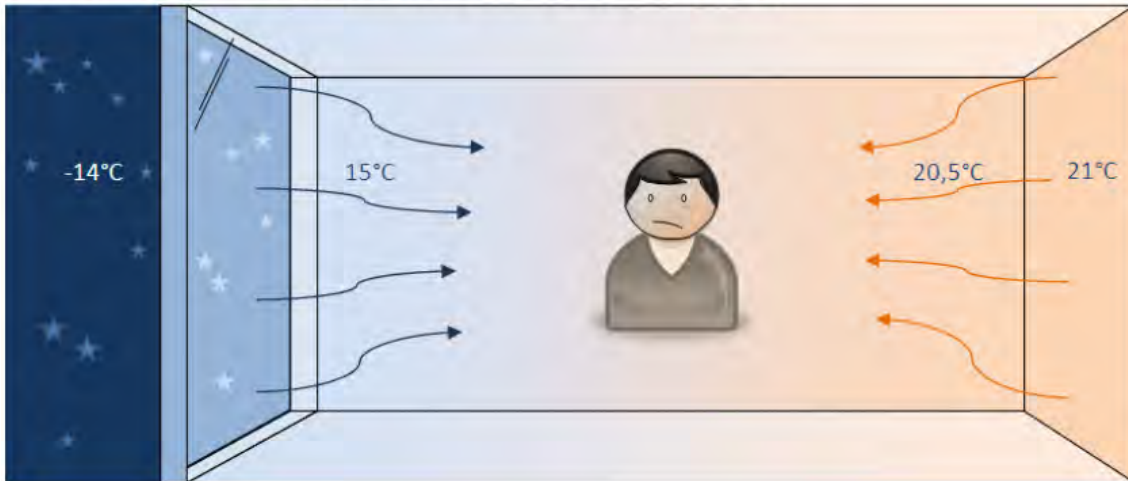
Quelle: Stadt Frankfurt a.M., Hochbauamt - Energiemanagement, Verbrauchsauswertung Heizenergie für Passivhausgebäude, Stand 06-2012

Die Einhaltung der empfohlenen Temperaturen ist in jedem beheizten Gebäude, aber besonders in einem Passivhaus sehr wichtig! Sonst kann der geringe noch verbleibende Heizwärmeverbrauch im Verhältnis zum berechneten Bedarf merklich ansteigen.

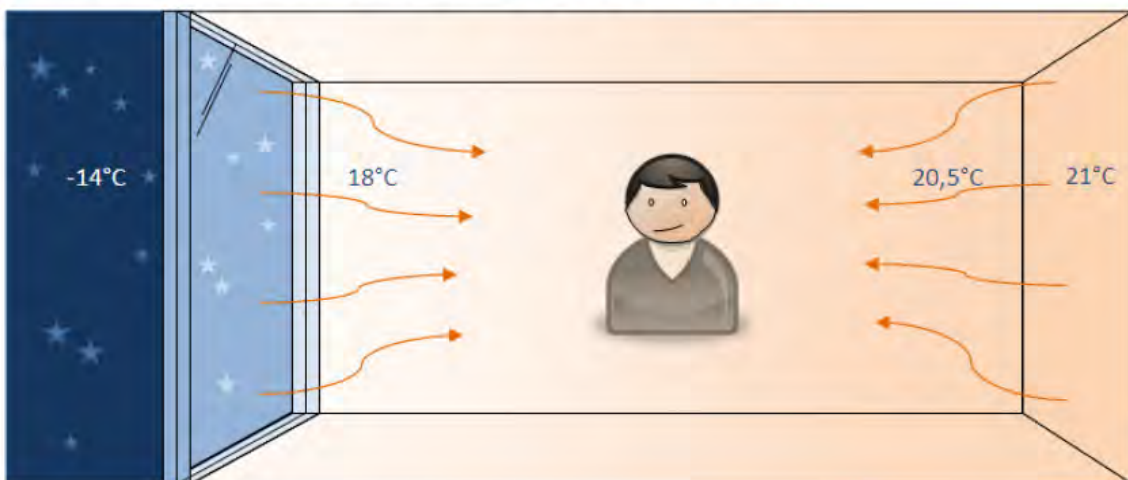
Hohe Innenoberflächen-Temperaturen aller Außenbauteile im Passivhaus, insbesondere der Fenster und Türen, sowie die minimierten Leckagen in der Gebäudehülle erhöhen Komfort und Behaglichkeit schon bei geringeren Temperaturen.

Neben der Raumtemperatur hat auch die Asymmetrie der Strahlungstemperatur der Umschließungsflächen einen Einfluss auf die Behaglichkeit. Weisen zwei raumbegrenzende Bauteile einen starken Temperaturunterschied auf, wird die resultierende Differenz des Strahlungsflusses für einen zwischen diesen Bauteilen befindlichen Menschen unangenehm empfunden. Laut Kurzanleitung für Nutzer von Passivhaus-Schulen und -Kindertagesstätten der Stadt Frankfurt am Main liegt die Strahlungstemperaturdifferenz erst bei Fenstern mit einem Gesamt-u-Wert von höchstens $0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$ unter 4 Kelvin (im Beispiel unteres Bild) und werden damit nicht mehr als störend empfunden.

Standardfenster, Wärmeschutzverglasung (2-fach), $U_w = 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



Passivhausfenster, Wärmeschutzverglasung (3-fach), $U_w = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



Quelle: Stadt Frankfurt a.M., Hochbauamt - Energiemanagement, Passivhausschulen und Kindergärten, Kurzanleitung für die Nutzer

Die vom Menschen empfundene Raumtemperatur (als operative Raumtemperatur bezeichnet) ist grundsätzlich abhängig von der Raumlufttemperatur (Raumluftfeuchte) und von der Temperatur der Raumbegrenzungsflächen. Der Grund dafür liegt darin, dass der Mensch seinen Wärmehaushalt über Wärmeleitung mit der ihn umgebenden Luft und über Strahlung, also Wärmeaustausch mit den umgebenden Flächen reguliert.

Bei Gebäuden mit geringen Unterschieden zwischen Raumlufttemperatur und der mittleren Strahlungstemperatur der Umschließungsflächen, wie es beim Passivhaus der Fall ist (Unterscheidung siehe voran gegangene Grafik), lässt sich die empfundene oder operative Temperatur nach der folgenden Formel berechnen:

$$T_O = \frac{T_A + T_R}{2}$$

T_O Operative Temperatur oder empfundene Temperatur

T_A Raumlufttemperatur

T_R Mittlere Strahlungstemperatur der Umschließungsflächen

nach: Evaluierung von mechanischen Klassenzimmerlüftungen in Österreich und Erstellung eines Planungsleitfadens - A. Greml, E. Blümel, A. Gössler, R. Kapferer, W. Leitzinger, J. Suschek-Berger, P. Tappler: Berichte aus Energie- und Umweltforschung 14/2008

Das bedeutet, dass im Passivhaus die realen Oberflächentemperaturen in gleichem Maße zur empfundenen Raumtemperatur beitragen wie die tatsächliche Raumlufttemperatur.

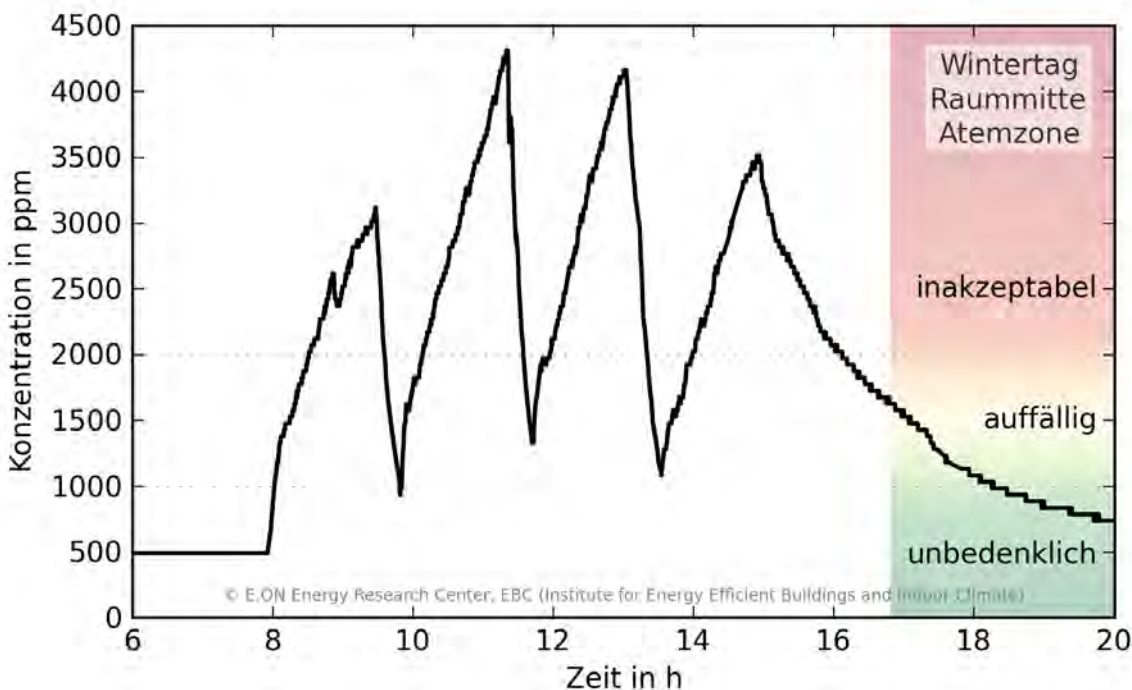
Im Passivhaus verleiten keine niedrigeren umschließenden Oberflächentemperaturen dazu, die Raumtemperatur höher zu regeln als die empfohlenen 20 °C, um ein Missempfinden auszugleichen.

Bei 20 °C Raumtemperatur wird diese Temperatur im Passivhaus auch so empfunden. Damit kann durch Einhaltung der Richttemperaturen Energie gespart werden, ohne am Wohlbefinden Abstriche zu machen.

3.2.2 Reinheit der Innenraumluft

Die CO₂-Konzentration in der Luft ist ein geeignetes Kriterium für die Qualität der Luft wenn Menschen die hauptsächlichen Quellen der Luftverunreinigungen sind. Luft enthält stets CO₂ (normal: ca. 0,040 Vol.-% in Luft; 400 ppm). Beim Atmen wird Sauerstoff in CO₂ umgewandelt. Je mehr Menschen sich in einem Raum ohne ausreichende Lüftung befinden, umso schneller steigt die Menge von CO₂ an. Gleichzeitig reduziert sich die Sauerstoffmenge (normal: ca. 19,0 Vol.-%), was schleichend eine gesundheitliche Beeinträchtigung hervor rufen kann. Die Empfindlichkeit dafür ist subjektiv unterschiedlich ausgeprägt. Der Wert der maximalen Arbeitsplatzkonzentration (MAK) ist mit 0,500 Vol.-% festgelegt.

Diese Grafik zeigt einen typischen Verlauf der CO₂-Konzentration in einer Schule mit Fensterlüftung:



Quelle: FGK-Fachkongress - Lüftung in Schulen - 27.03.2012, Referat Herr Peter Matthes, RWTH Aachen University, EBC - Institute for Energy Efficient Buildings and Indoor Climate

Bei natürlichem Luftwechsel über weit geöffnete Fenster beträgt die Luftwechselzahl etwa 10–20 /Stunde (gekippte Fenster ermöglichen davon nur einen Bruchteil!). Die in der Grafik durch die schnell abfallende Konzentration erkennbaren Phasen der Fensterlüftung reichen aber in vielen Fällen nicht aus, um die notwendige Luftqualität in Klassenräumen zu gewährleisten. Besonders im Winter sind starke Behaglichkeitseinschränkungen durch kalte Luft zu befürchten, weshalb die reine Fensterlüftung eingeschränkt werden muss und damit keine ausreichende Lüftung mehr sichergestellt werden kann. Ebenfalls ist bei Außenlärm mit einer Einschränkung der Fensterlüftung zu rechnen, aber auch aus Sicherheitsgründen kann die Fensteröffnung verboten sein. Im Sommer kann es aufgrund der geringen Temperaturdifferenzen zwischen Raumluft und Außenluft zu einer verminderten Lüftungsrate kommen, so dass die ausreichende Schadstoffabfuhr nicht gewährleistet werden kann.

„Das Landesgesundheitsamt Niedersachsen z.B., hat durch Messungen in Klassenzimmern festgestellt, dass die CO₂-Konzentration bei normaler Fensterlüftung den empfohlenen Grenzwert oft dramatisch überschreitet. Teilweise sind Werte von bis zu 11.000 ppm gemessen worden. Angesichts solcher Ergebnisse wird empfohlen, in Schulen grundsätzlich mechanische Lüftungssysteme vorzusehen, um eine ausreichende Luftqualität in den Klassen sicherzustellen. Die Ausrüstung mit Wärmerückgewinnung zur Energieeinsparung ist dabei selbstredend.“

Quelle: FGK-Fachkongress - Lüftung in Schulen - 27.03.2012, Skript zum Referat des Ingenieurbüros Neuplan, Gießen

Die Stadt Frankfurt als Vorreiter bei öffentlichen Passivhäusern hat im Februar 2012 eigene Vergleichsmessungen von konventionell belüfteten Schulen und Passivhausschulen mit Lüftungsanlage durchgeführt. Es wird dazu berichtet:

„Im Zeitraum von Januar - Februar 2012 wurden durch das Energiemanagement Luftqualitätsmessungen durchgeführt. Ziel dieser Untersuchung ist, durch eine Qualitätskontrolle nach Inbetriebnahme des Gebäudes, die Raumluftqualität zu bewerten. Für die Beurteilung der Raumluftqualität dient die CO₂-Konzentration als messbarer Indikator. Die Einhaltung eines CO₂-Richtwertes von 1.500 ppm (nach IDA 4) wird allgemein als Mindestanforderung an eine akzeptable Luftqualität angesehen.

Insgesamt wurden in 4 Schulen und 4 Kindertagesstätten Luftqualitätsmessungen durchgeführt. Die Durchführung erfolgte in ausgewählten Referenzräumen während der Unterrichtszeit über die Dauer von mindestens einer Woche. Es wird ein direkter Vergleich zwischen Bestandsgebäuden mit „motivierter Fensterlüftung“ und Neubauten im Passivhaus-Standard geführt. Hierzu wurden zur Vergleichbarkeit die untersuchten Referenzräume entsprechend Ihrer Nutzung (Kinder/Schüler je nach Alter, Größe des Unterrichtsraums und Personenbelegung) gewählt. Erfahrungsgemäß wird in der Heizperiode nicht so häufig über Fenster gelüftet wie dies für einen ausreichenden Luftwechsel notwendig wäre.

Der Vergleich zwischen Passivhaus-Gebäuden und Bestands-Gebäuden zeigt, dass im Durchschnitt, während der Nutzungszeit, die Werte im „hygienisch unbedenklichen“ Bereich liegen. Dies ist aber in den Bestandsgebäuden nur durch Dauerlüftung zu erreichen. Ganztägig gekippte Oberlichter oder Fenster führen zu hohen Lüftungswärmeverlusten und wirken sich signifikant auf den Heizwärmebedarf aus. In den mechanisch belüfteten Passivhaus-Gebäuden, mit einem hygienisch erforderlichen Mindestluftwechsel und Wärmerückgewinnung, werden wesentlich bessere Raumluftqualitäten erreicht und die Lüftungswärmeverluste in erheblichem Maße reduziert.

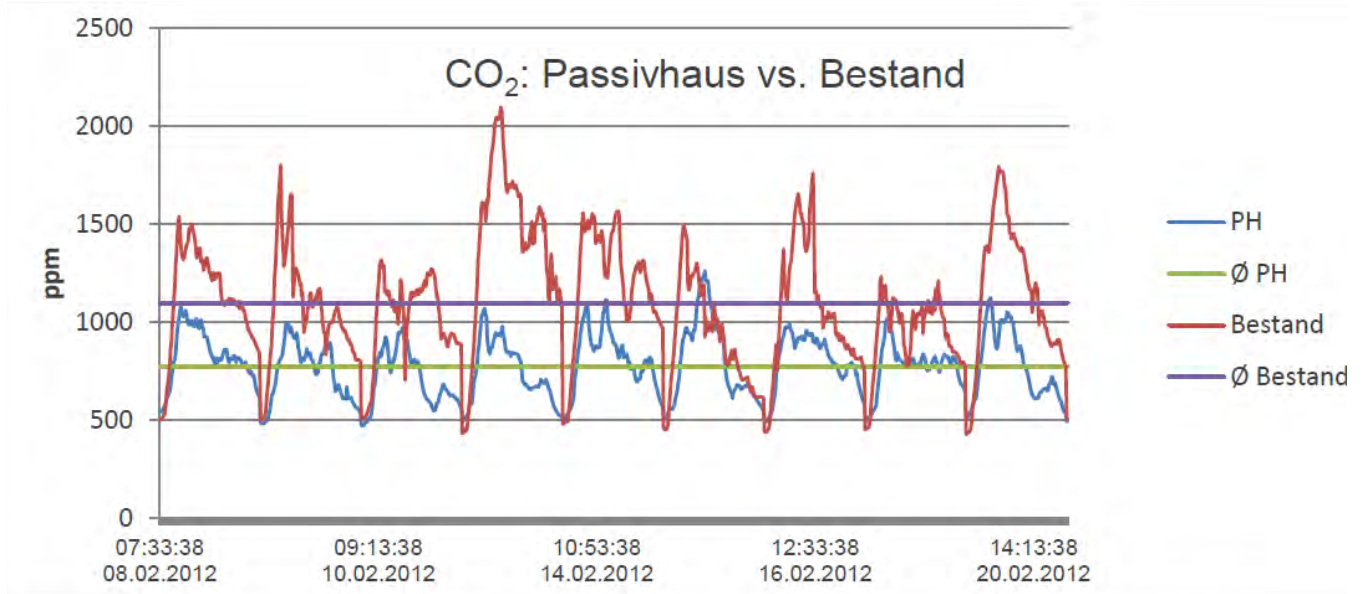


Abbildung 1: Vergleich der CO₂-Konzentrationen von Passivhaus- und Bestands-Gebäuden während der Nutzungszeit
Genauigkeit der Messgeräte (Wöhler CDL 210): 50 ppm +/- 5% des Messwertes (bei 1500 ppm max. +/- 125ppm)

Quelle Text und Grafik: Stadt Frankfurt a.M., Hochbauamt - Energiemanagement, Auswertungsbericht vom 07.05.2012

Die CO₂-Konzentration liegt im Mittel während der Nutzungszeit ca. 300 ppm unter den Werten der Bestands-Gebäude (1.100 ppm) trotz Dauerlüftung.“

3.2.3 Innenraumluftfeuchte

Viele Menschen spüren, dass ihre Schleimhäute austrocknen, wenn es im Winter innen sehr trocken ist. Bei trockener Luft können kleine Staubpartikel die Schleimhäute reizen. Sehr trockene Luft bindet weniger Staub in der Luft und erzeugt mehr statische Aufladung, was Menschen als unangenehm empfinden.

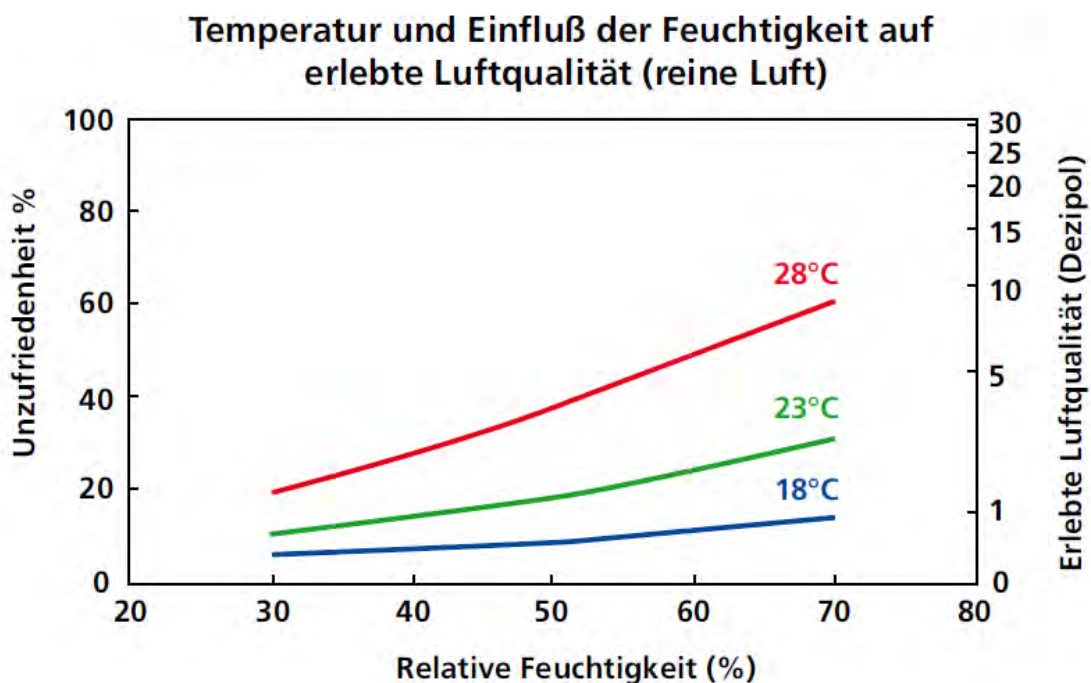
Aber auch sehr feuchte Luft ist unangenehm und kann bei Oberflächentemperaturen unter 12,6 °C ohne Lüftung sogar zu Schimmelbefall führen. Im Passivhaus ist das ausgeschlossen, da selbst das kälteste Außenbauteil, das Fenster, auch im Winter diese Oberflächentemperatur weit überschreitet.

Bei einem optimalen Innenklima sollte die relative Luftfeuchte zwischen 25 und 60 % liegen. Eine zeitweilige Unterschreitung bei besonders kalten Außentemperaturen ist dabei nicht als Problem anzusehen, da sie auch bei Fensterlüftung nicht zu verhindern wäre und kein spezielles Problem bei Passivhäusern darstellt.

Bei niedrigeren Außentemperaturen hat Außenluft unter den Klimarandbedingungen von Leipzig überwiegend eine geringe absolute Luftfeuchte. Das bedeutet trotzdem zugleich eine hohe relative Luftfeuchte, da die Luft mit Feuchte bereits gesättigt ist. Beim Lüften wird diese Luft in den Innenraum gebracht und dabei (bei der Lüftungsanlage mittels der Wärmerückgewinnung) erwärmt. Dabei sinkt die relative Luftfeuchte stark ab, da bei höheren Temperaturen sehr viel mehr Feuchte von der Luft aufgenommen werden könnte. So führt die Lüftung bei gleichzeitiger Erwärmung zu einer Innenluft, die als sehr trocken empfunden wird.

Bei reiner Fensterlüftung wurde das früher oft nicht wahr genommen, da im Winter durch den wahrnehmbaren Kälteeinfall auch automatisch weniger gelüftet wurde.

Die winterliche Austrocknung der Luft kann man theoretisch mindern, indem der Luftvolumenstrom im Winter etwas reduziert wird, was allerdings zu Lasten der Lufthygiene gehen würde. Eine Nachbefeuchtung ist technisch möglich, aber eine teure Lösung (vor allem im Betrieb durch hohen Energieverbrauch) - und hygienisch wiederum bedenklich. Einfluss kann genommen werden, indem die empfohlenen Temperaturen nicht überschritten werden.



Quelle Grafik: (nach Rechnagel et al. 2007/2008) Exhausto, Unterrichtsmaterialien www.exhausto.de/learning

Diese Grafik (nach Rechnagel et al. 2007/2008) bestätigt das, ebenso die nachfolgende Feststellung:

„Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass die empfundene Luftqualität stark beeinflusst wird durch Temperatur und Feuchte der eingeatmeten Luft, und zwar auch dann, wenn die chemische Zusammensetzung der Luft unverändert bleibt und das thermische Empfinden über den ganzen Körper neutral ist. Das folgende Bild zeigt, dass Personen eher trockene und kühle Luft bevorzugen, die ihnen im Respirationsbereich bei jedem Einatmungsvorgang ein Gefühl der Abkühlung vermittelt (vgl. Rechnagel et al. 2007/2008).“

Quelle: Evaluierung von mechanischen Klassenzimmerlüftungen in Österreich und Erstellung eines Planungsleitfadens - A. Gremel, E. Blümel, A. Gössler, R. Kapferer, W. Leitzinger, J. Suschek-Berger, P. Tappler: Berichte aus Energie- und Umweltforschung 14/2008 - Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien

An dieser Stelle noch die Aufklärung einer immer wieder vorgebrachten irrtümlichen Annahme: Können nicht die Wände atmen und zum Feuchte- und Luftaustausch beitragen?

NEIN - das Atmen wird in diesem Fall verwechselt mit der Fähigkeit von inneren Bauteilen wie Wänden, aber auch Einrichtungsgegenständen, in geringem Umfang Feuchte (wie auch Wärme) zu puffern. Feuchte aus der Luft kann aber nur durch Lüften nach draußen gelangen. Die Diffusion von Feuchte durch die Außenwände ist ein Vorgang, der im jahreszeitlichen Rhythmus, also viel langsamer erfolgt.

Auch Zimmerpflanzen tragen (neben den anwesenden Personen selbst) zur nachträglichen Befeuchtung der Innenraumluft bei, siehe auch: http://www.reiter-rentzsch.de/downloads/Pflanzen_im_Passivhaus.pdf.

3.2.4 Aufgaben und Vorteile einer Lüftungsanlage

„Vordringliche Aufgabe der Lüftung ist die Erneuerung der Raumluft durch Abführung gas- und staubförmiger Verunreinigungen sowie der durch den Menschen produzierten Stoffwechselprodukte (Gerüche, Kohlendioxid, Wasserdampf) und die Zufuhr von Frischluft von außen. Hinzu kommen physiologische Anforderungen: Erzielung möglichst behaglicher Raumlufttemperatur und Luftfeuchtigkeit sowie Ausgleich von Wärmelasten.“¹

Der Fachverband Gebäude-Klima e.V. (FGK) als Branchen- und Wirtschaftsverband der deutschen Klima- und Lüftungswirtschaft sorgt neben der Verfolgung der eigenen Interessen für fachliche Aufklärung in diesem Bereich, so in regelmäßigen öffentlichen Fachveranstaltungen, aus denen im Kapitel 3 mehrfach zitiert wird.

„Zusammen gefasst will man mit der Lüftungsanlage Gerüche, Schadstoffe, Schimmel, Lärm, Abgase, Insekten, Pollen und Staub reduzieren bzw. ausschließen. Lüftung ist primär kein energetisches sondern ein hygienisches Problem. Falsche Lüftung kann jedoch zum energetischen und teuren Problem werden.“²

Auf dem FGK-Lüftungskongress am 27.03.2012 wurden durch Herrn Peter Matthes (RWTH Aachen University, EBC - Institute for Energy Efficient Buildings and Indoor Climate) weitere Argumente für eine Lüftungsanlage an Stelle rein manueller Fensterlüftung aufgeführt, die sich ergeben aus:

...den Grenzen der freien Lüftung im Sommer:

- aufgrund der hohen Wärmelasten im Unterrichtsraum kann Überhitzung auftreten
- aufgrund zu geringer Temperaturdifferenz tritt ein geringerer Frischluft-Volumenstrom in den Raum ein

...den Grenzen der freien Lüftung im Winter:

- die niedrigen Außentemperaturen können bei zu großer Öffnungsfläche zu Unterkühlung der Innenraumluft im Fußbereich führen
- aufgrund der hohen Temperaturdifferenz kann ein hoher Volumenstrom in den Raum eintreten, dieser muss aber aufgrund der Unterkühlung eingeschränkt werden
→die Stofflasten können nicht beseitigt werden³

„Maßgebend für die Erneuerung der Luft in einem Raum ist die Luftwechselzahl. Diese ist der Quotient aus dem ausgetauschten Zuluftvolumenstrom in den Raum und dem Raumvolumen. Sie wird als dimensionslose Größe pro Zeiteinheit (meistens eine Stunde) definiert. Eine Luftwechselzahl von 1/h („Eins pro Stunde“) bedeutet, dass (rechnerisch) das gesamte Raumluftvolumen eines Raumes innerhalb von einer Stunde vollständig ausgetauscht wird. Man unterscheidet zwischen natürlicher Luftwechsel, der durch Winddruckdifferenz und thermischen Auftrieb entsteht, und dem mechanischen Luftwechsel mittels Lüftungsgeräten.“³

„Für die Bemessung der Lüftungsanlagen gibt es verschiedene Normen und Veröffentlichungen, die entsprechende Empfehlungen abgeben. Für Fachkabinette (z.B. Chemieraum, Turnhallen und Aulen - wie Veranstaltungsräume zu behandeln) gibt es abweichende Vorgaben. Seit 2007 wird eine (genauere) Bemessungsempfehlung durch DIN EN 15251 vorgegeben... Auch die Empfehlungen der spezifischen Frischluftfrate bei Passivhaus-Schulen, etwa seitens des Passivhausinstitutes PHI Darmstadt, decken sich mit den für EnEV-Standards üblichen Luftvolumenstromraten. Dies ist deswegen bei Passivhausbauart möglich, da man dort von noch höheren Anforderungen an den Wärmerückgewinnungsgrad ausgeht, als bei der EnEV*) (vgl. 60 % vs. 85 %).“⁴

* EnEV = geltende Energieeinsparverordnung

Quellen:

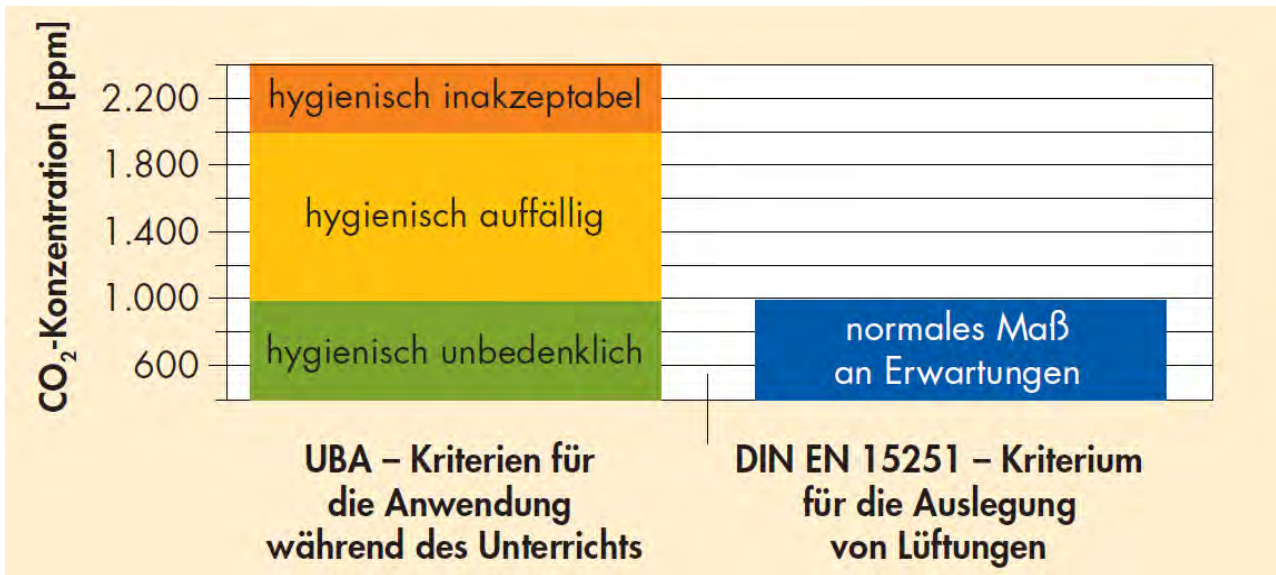
¹ Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden des Umweltbundesamtes, 2008

² FGK-Fachkongress - Lüftung in Schulen - 27.03.2012, Referent Herr Andreas Naumann

³ Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden des Umweltbundesamtes, 2008

⁴ FGK-Fachkongress - Lüftung in Schulen - 27.03.2012, Skript zum Referat des Ingenieurbüros Neuplan, Gießen

Hier die Beurteilung der Luftqualität durch das Umweltbundesamt im Vergleich zur Normung:



Grafik: Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP)

Ungeachtet der vorschriftsmäßigen Auslegung kann es bei höheren Lasten (z. B. bei Anwesenheit einer höheren Personenzahl als zu Grunde gelegt) zu Überschreitungen der Schadstoffkonzentration (äquivalent z.B. gemessen anhand der CO₂-Konzentration) in der Raumluft kommen. Das muss dann durch zusätzliche Fensterlüftung korrigiert werden.

Auch von Innenausstattung (auch Möbel oder Wand-/ Fußbodenbekleidungen) kann ein erhöhter Bedarf zur Abführung von damit einhergehenden Stoffen und Gerüchen ausgehen. Die Lüftungsanlage, zweckbestimmt genutzt kann in diesem Fall ein großer Vorteil sein. Diese genannten Probleme sind aber vom regulären Betrieb abzugrenzen, für den das Nutzerhandbuch Hilfe leisten möchte und haben nichts mit der Passivhaus-Spezifik zu tun.

Im FGK-Status-Report Nr. 22 „Lüftung von Schulen“, heraus gegeben vom Fachverband Gebäude-Klima e.V., werden alle in nachfolgender Tabelle aufgeführten Lüftungsvarianten ausführlich beschrieben und verglichen:

Fensteröffnung	Lüftungsplan
	Lüftungssampel
	Motorische Fensteröffnung
Abluftsysteme	Geregelte Abluftsysteme
Dezentrale raumweise Lüftungssysteme	Einzelgeräte / Brüstungsgeräte
	Fassadenlüftungsgeräte
	Wandgeräte
	Deckengeräte
(Semi)Zentrale Lüftungssysteme	Standgeräte
	Ein Lüftungsgerät für mehrere Räume
Hybride Lüftungssysteme	Lüftungssysteme können bei passenden Außenklimabedingungen mit einer Fensterlüftung kombiniert werden

Quelle Tabelle:

Hellwig, R.T. Randbedingungen für die Lüftung in Schulen - Der FGK Status-Report 22. Fachkongress des Fachverbandes Gebäude-Klima e.V. „Lüftung in Schulen“:

FGK-Vortragmanuskript. Fachkongress des Fachverbandes Gebäude-Klima e.v. "Lüftung in Schulen", Berlin 27. März 2012.

Die in dieser Tabelle grundsätzlicher Lüftungsvarianten erstgenannten Möglichkeiten (Fensteröffnung und reine Abluftsysteme) sind für Passivhäuser nicht ausreichend, siehe Kapitel 3.1..

3.2.5 Sommerlüftung

Nachtlüftung im Sommer ist unabdingbar für die nächtliche Auskühlung zum sommerlichen Wärmeschutz. Das ist aber immer nur dann nutzbar, wenn es eine ausreichende Temperaturdifferenz zwischen der (verbliebenen) Innenraumtemperatur und der aktuell gemessenen kühleren nächtlichen Außentemperatur gibt, die dann für eine Abkühlung der Innenraumtemperatur genutzt werden kann. Genügend Speichermasse im Raum ist eine weitere Voraussetzung dafür, damit die tagsüber gespeicherte Wärme über Nacht entladen werden kann.

Eine einfache Alternative zum Betrieb der Lüftungsanlage zur nächtlichen Auskühlung sind temperaturabhängig gesteuerte Lüftungskappen wie sie in den kommunalen Passivhäusern der Städte Frankfurt und Nürnberg standardmäßig eingesetzt werden:



Fotos: Stadt Frankfurt am Main a.M., Hochbauamt - Energiemanagement, Passivhausschulen und Kindergärten, Kurzanleitung für die Nutzer

Im Neubau gibt es weitere Möglichkeiten, sommerlicher Überhitzung entgegen zu wirken, z.B. das für eine Leipziger Passivhausschule bereits in Umsetzung befindliche Konzept der Bauteilaktivierung.

Es wird aber immer eine Abwägungsfrage in Abhängigkeit von den konkret vorliegenden Randbedingungen sein, ob eine mechanische sommerliche Taglüftung eingesetzt wird.

Verschiedene Großstädte mit Passivhausschulen bzw. -kindergärten wie die Städte Frankfurt a.M. und Nürnberg geben klare Anweisung, in der Nicht-Heizperiode (üblicherweise von Mai bis Oktober) tagsüber nur über die Fenster zu lüften. Dies soll auch im Leipziger Wilhelm-Ostwald-Gymnasium so gehandhabt werden.

3.2.6 Beleuchtung und Innentemperatur

Eine wichtige Komponente eines Passivhauses ist die energieeffiziente Beleuchtung.

Worauf kommt es neben der Energieeffizienz (siehe auch 7.1.2) bei der Beleuchtung an?

„Gutes Licht setzt voraus, dass eine Beleuchtungsanlage alle relevanten Gütemerkmale berücksichtigt und sich nicht nur auf ein Merkmal - etwa die Beleuchtungsstärke - beschränkt. Ein Buch lesen, diffizile Montageteile zusammenbauen oder Arbeit am Computer: Unterschiedliche Tätigkeiten in Freizeit oder Beruf bestimmen, welche Sehaufgaben die Augen bewältigen müssen. Daraus leiten sich die Anforderungen an die Qualität der Beleuchtung ab. Helligkeitsniveau und -verteilung, Blendungsbegrenzung, Lichtfarbe und -richtung sowie die Farbwiedergabe gehören zu den lichttechnischen Gütemerkmalen. Die europäische Norm DIN EN 12464-1 „Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen“ hat den Qualitätsbegriff erweitert. Seither werden die klassischen Gütemerkmale ergänzt durch die Aspekte der Tageslichtnutzung und der energieeffizienten Lichterzeugung.

Die Beleuchtungsstärke wird horizontal und vertikal in der Maßeinheit Lux (lx) gemessen und gibt den Lichtstrom an, der von der Lichtquelle auf eine bestimmte Fläche trifft: Bei Sonnenlicht etwa wird rund 100.000 Lux (lx) gemessen, im Schatten unter einem Baum ungefähr 10.000 lx, in einer mond hellen Nacht 0,2 lx und beim Sternenlicht noch weniger. In Innenräumen liegen die Beleuchtungsstärken zwischen 50 und 500 lx.

In den vergangenen Jahren konzentrierten sich Experten verstärkt auf die Beleuchtung in Schulgebäuden. Sie gilt inzwischen als ein wesentlicher Faktor zur Förderung von Gesundheit und Wohlbefinden und trägt zum Lernerfolg bei.“

Quelle: bine-Projektinfo 09/2012

Als ergänzende Übersicht in Abhängigkeit von der Raumnutzung hier die vom Deutschen Städtetag empfohlenen Nennbeleuchtungsstärken (und Innenraumtemperaturen):

Raumart / Funktion	Raumtemperatur	Nennbeleuchtungsstärke
ALLGEMEINE RÄUME (Arbeitsstätten)		
Aufenthaltsräume	20° C	200 Lux
Umkleieräume	22-24° C	100 Lux
Waschräume, Duschräume	22-24° C	100 Lux
Toilettenräume	15° C 1)	100 Lux
Sanitätsräume	21° C	500 Lux
BÜORÄUME UND BÜROÄHNLICHE RÄUME		
Büoräume mit tageslichtorientiertem Arbeitsplatz ausschließlich in unmittelbarer Fensternähe	20° C 2)	300 Lux
Sonstige Büoräume	20° C 2)	500 Lux
Großraumbüros mit hoher Reflexion	20° C 2)	750 Lux
Großraumbüros mit mittlerer Reflexion	20° C 2)	1000 Lux
Sitzungs- und Besprechungszimmer	20° C 2)	300 Lux
Räume mit Publikumsverkehr	20° C 2)	200 Lux
WERKSTÄTTEN		
Reparaturwerkstätten		
bei überwiegend schwerer körperlicher Tätigkeit	12° C	500 Lux 6)
bei überwiegend nicht sitzender Tätigkeit	17° C	500 Lux 6)
bei überwiegend sitzender Tätigkeit	20° C	500 Lux 6)
Fahrzeughallen	5° C 5)	30 - 100 Lux
GEMEINSCHAFTSRÄUME (Unterrichtsstätten)		
Flure, Treppenhäuser	12-15° C 1)	100 Lux
Aulen	20° C 3)	100 Lux
Leseräume	20° C 2)	500 Lux
Büchermagazine	15° C	200 Lux
ALLGEMEINE UNTERRICHTSRÄUME		
Vorschulräume	20° C 2)	300 Lux 4)
Unterrichtsräume	20° C 3)	300 Lux 4)
Unterrichtsräume mit einem Tageslichtquotienten D<1% am ungünstigsten Arbeitsplatz, sowie für vorwiegende Abendnutzung oder speziell für Erwachsenenbildung	20° C 3)	500 Lux 4)
SPEZIELLE UNTERRICHTSRÄUME		
Lehrküchen	18° C (Nutzungsbeginn)	500 Lux 4)
Werken	18° C	500 Lux 4)
Physik, Chemie, Biologie	20° C 3)	500 Lux 4)
HÖRSÄLE		
Hörsäle mit Fenster	20° C 3)	500 Lux 4)
Hörsäle ohne Fenster	20° C 3)	750 Lux 4)
SPORTSTÄTTEN / INNENANLAGEN		
Lokale bis internationale Wettbewerbe	15° C 5)	300 Lux 7)
Training bis regionale Wettbewerbe	15° C 5)	200 Lux 7)
Schulsport bis lokale Wettbewerbe	15-17° C 5)	200 Lux 7)
1) die Beheizung ist erst erforderlich, wenn die jeweils vorgegebene Raumtemperatur unterschritten wird, da in der Regel durch den Wärmegewinn der beheizten Nachbarräume ausreichende Raumtemperaturen erreicht werden; Flure und Treppenhäuser bei zeitweiligem Aufenthalt 15 °C 2) während der Nutzung (19 °C bei Nutzungsbeginn) 3) während der Nutzung (17-19 °C bei Nutzungsbeginn, je nach Belegung) 4) für Hauptwandtafel und Demonstrationstisch Zusatzbeleuchtung (DIN 5035/T4) 5) in Sonderfällen höhere Werte 6) die Angaben gelten für die Reparatur von Maschinen und Apparaten; je nach Tätigkeit reichen 200 oder 300 Lux (DIN 5035/T2) 7) Horizontalbeleuchtungsstärke Mindestanforderungen; je nach Sportart können höhere Werte erforderlich sein (EN 12193)		

Quelle: Deutscher Städtetag: Hinweise zum kommunalen Energiemanagement Raumtemperaturen und Innenraumbeleuchtung im Gebäudebestand, Juli 2002

4 Spezielle Aspekte bei Bildungsbauten

In den Ausführungen dieses Kapitels wird auf den „Leitfaden für energieeffiziente Bildungsgebäude“ des Passivhausinstitutes zurück gegriffen, der 2010 im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz mit Mitteln des EU-EFRE-Fonds erstellt wurde. Darin werden erstmals die besonderen Aspekte zur Realisierung energieeffizienter Gebäude für Bildungsbauten wie Schulen, Sporthallen und Kindergärten speziell untersucht und ausführlich analysiert. Die nachfolgend aus dem Leitfaden heraus genommenen Feststellungen haben für Passivhausschulen einen besonderen Stellenwert und bringen die wesentlichen der unter Kapitel 3 ausführlich erläuterten Grundsätze von Passivhäusern nochmals in den Zusammenhang mit der speziellen Nutzung als Passivhausschule.

Das wichtigste Thema bei Bildungsbauten ist die Raumluftqualität. Viele wissenschaftliche Untersuchungen beweisen die extrem schlechte Luftqualität in Schulen ohne Lüftungsanlagen. Aufgrund der hohen Belegungsdichte in den Klassenräumen ist ein ausreichendes Lüften über die Fenster schwer zu realisieren und durch die großen notwendigen Luftmengen kommt es schnell zu Zugerscheinungen in den Räumen. Kinder sind sehr empfindlich gegenüber schlechter Innenraumluft. Sie können sich in Räumen mit schlechter Luft nachweisbar deutlich schlechter konzentrieren.

Passivhausschulen haben gegenüber den meisten Schulen im Bestand durch den hohen Stellenwert der Luftqualität, umgesetzt durch eine Lüftungsanlage - eine Besonderheit, die zugleich für die Nutzer einen großen Vorteil darstellt. Bei einem ausreichenden kontinuierlichen Luftaustausch, wie es mechanische Lüftungen garantieren, wird auch die Feinstaubbelastung in der Innenluft verringert.

Auch durch den hohen Wärmeschutz wird die Behaglichkeit in den Räumen verbessert und gesündere Verhältnisse stellen sich ein. Dies schützt die Bausubstanz und führt zu einer Wertsteigerung des Objektes. So ist die Gefahr der Bildung von Schimmelpilz auch an kritischen Stellen endgültig gebannt.

Ein geringerer Energiebedarf macht die Betreiber der Schulen unabhängiger von zukünftigen Energiepreisentwicklungen und gibt Planungssicherheit hinsichtlich der zukünftigen Betriebskosten. Schulen sind häufig die Gebäude mit dem größten Energieverbrauch in der Kommune (Anm. Verfasser: derzeit beträgt z.B. der Wärmeverbrauch der Leipziger Schulen ca. 2/3 des Gesamtwärmeverbrauchs und der Stromverbrauch ca. die Hälfte vom Strom-Gesamtverbrauch aller kommunalen Gebäude). Gerade für Schulen ist daher die Umsetzung des Passivhauskonzept besonders lohnenswert.

Bildungsgebäude haben eine große Vorbildfunktion. Kinder sollen hier lernen, wie energieeffizientes Bauen funktioniert und wie man sich verhält, um Energie zu sparen. Und sie können erkennen, dass es sich in einem Passivhaus wunderbar lernen lässt.

Erhöhte Wärmedämmstärken und Fenster mit Dreischeiben-Wärmeschutzverglasungen sind auch ohne Förderung wirtschaftlich. Auch die leider heute noch häufig als zusätzlich empfundenen Investitionskosten für die kontrollierte Lüftung bleiben bei guter Planung im Rahmen und sind im Gesamtkonzept wirtschaftlich. Mehrinvestitionen von 6-9% der Baukosten können über die Betriebskosteneinsparung refinanziert werden.

Die Klassenräume benötigen eine gute Ausleuchtung durch Tageslicht über große Fensterflächen. Es ist deshalb im Sommer auch unbedingt ein außenliegender beweglicher Sonnenschutz notwendig. An den meisten Stunden im Sommer bietet die Außenluft ausreichendes Kühlpotenzial. Es muss daher so viel wie möglich gelüftet werden. Dafür ist eine ausreichende Zahl von Fenstern für eine natürliche Lüftung im Sommer sehr wichtig und von den Nutzern auch gewünscht. Lüftungsflügel mit mindestens 0,1 m² je Sitzplatz bei Querlüftung und mindestens 0,3 m² je Sitzplatz ohne Querlüftung sind vorzusehen. Fensterlüften ist also nicht nur gewünscht, sondern im Sommer absolut notwendig. Es sollte dazu auch eine einbruchsichere Nachtlüftung möglich sein. Zur Reduzierung der sommerlichen Temperaturspitzen im Raum ist eine hohe thermische Speicherkapazität erforderlich. Man braucht dafür dringend massive Bauteile wie Decken und Wände, die nicht mit Schallschutzdecken und Einbauschränken verkleidet werden, welche diese für die Wärmespeicherung unwirksam machen.

Die Wärmeverluste durch die häufige Benutzung des Haupteingangs der Schule sind gering. Der Energieverbrauch des Gesamtgebäudes erhöht sich damit nur um ca. 0,5 kWh/m²a. Am Haupteingang sollte ein Windfang mit Sauerlaufzone eingeordnet werden.

Der Vandalismusschutz an der Wärmedämmung der Fassade sollte besonders beachtet werden. Hier haben sich hinterlüftete Fassaden, karbonhaltige Wärmedämmfassadensystem und Sockelschutzplatten im Stoßbereich bewährt.

Zentrale Lüftungssysteme gewährleisten einen wirtschaftlichen Betrieb der Lüftungsanlage. Auch Verkehrsflächen, Nebenräume und Sanitäranlagen müssen einbezogen werden. Der Betrieb der Lüftungsanlagen muss an die Nutzungszeiten der Schule angepasst werden. Daher ist auch besonderen Wert auf Filterlüftung zu legen. Es hat sich die Zulufrückführung bewährt. Vor Beginn des Unterrichtes am Morgen sollte eine einstündige Vorspülung der

Räume erfolgen, um die in den Stillstandszeiten angereicherte Raumluftbelastung abzuführen. Im Fall von Veranstaltungen und Elternabenden sollte ein einfaches Einschalten der Lüftung möglich sein.

Unnötige Bau- und Wartungskosten können durch schlechte Abstimmung der Lüftungsanlage mit dem Brandschutz entstehen. Die Leitungsführung sollte sich an den Brandabschnitten orientieren.

Im Passivhaus wird nur ein einfaches Heizsystem benötigt, es können alle üblichen Wärmeübergabelösungen (einfache kleine Heizkörper sehr kostengünstig) gewählt werden. Es wird eine Heizung mit Temperaturabsenkungsbetrieb empfohlen. Zur Wiederaufheizung sollte die Vorspülphase vor Unterrichtsbeginn mit Nachheizregistern oder die vorhandenen statischen Heizflächen genutzt werden.

In Schulen werden durch die Umstellung auf Ganztagschulen häufig Küchen, beginnend von der Cateringküche bis zur Vollküche eingebaut. Beim Einbau von höherwertigen Küchen sind in der Regel separate Lüftungsanlagen erforderlich, um die größere Wärme- und Feuchtebelastung abzuführen.

Quelle: Auszüge aus: Prof. Dr. Feist, W. „Leitfaden für energieeffiziente Bildungsgebäude“, Passivhaus Institut Darmstadt, Darmstadt 2010

5 Beispiel Ostwald-Schule Leipzig

„Vergeude keine Energie - verwerte und veredle sie!“ - zu lesen hier am neu errichteten Verbindungsbau zwischen Haus 1 und 2 der Ostwaldschule. Diese Worte von Wilhelm Ostwald können als Leitspruch für das hohe Niveau der 2011 abgeschlossenen Sanierung und der damit ermöglichten energieeffizienten Nutzung der 1972 bzw. 1976 erbauten Plattenbauschule verstanden werden.



Foto: Verfasser

Der Gesamtgebäudekomplex verbindet 2 weitgehend identische Plattenbau-Typengebäude, hier Blick von Haus 1 zu Haus 2, das momentan noch in Fertigstellung ist, und zum Verbindungsbau beider Häuser (Mitte):



Foto: Verfasser

hier der Eingangs- und Flurbereich im Verbindungsbau:



Foto: Verfasser

Haus A und Haus B wurden gemäß den Passivhausanforderungen saniert, der Verbindungsbau (Neubau) genügt den Anforderungen an die zum Planungszeitpunkt gültige Energieeinsparverordnung EnEV 2007.

Weitere Angaben:

Fertigstellung der Sanierung:	Oktober 2011
▪ Primärenergiebedarf für realisierte Passivhausvariante:	59,26 kWh/m ² a*
▪ Primärenergiebedarf/ Anforderung nach EnEV:	213,92 kWh/m ² a*
▪ Nettogrundfläche gesamt mit Verbindungsbau:	7.296,54 m ²

* Planungsangaben

Es ist zu bedenken, dass eine Sanierung auf Passivhausniveau eine noch höhere Herausforderung darstellt als ein Neubau und insbesondere durch den nachträglichen Einbau einer Lüftungsanlage nicht ohne Weiteres wirtschaftlich zu realisieren ist.

Aber gerade die Lüftungsanlage bringt eine der entscheidenden Verbesserungen für die Nutzer in Bildungseinrichtungen wie Schulen und Kindergärten, nachzulesen unter 3.2.2.

Die Lüftungsanlage verursacht allerdings einen wesentlichen (bei einer Sanierung den größten) Anteil an den Mehrkosten der Passivhausbauweise gegenüber der gesetzlich vorgegebenen Variante nach EnEV.

Folgende Verbesserungen der energetischen Qualität wurden mit der Sanierung zum Passivhaus vorgenommen:

- Gebäudehülle:

Außenwanddämmung mit 25 cm (WLG 035)

Perimeterdämmung der Wände im erdberührten Bereich mit 25 cm (WLG 040)

Dachdämmung mit 33 cm bis 58 cm Gefälledämmung (WLG 035)

neue Bodenplatte (Unterbeton) auf 14 cm Perimeterdämmung (WLG 040)
+ 8 cm (WLG 040) Dämmung im Kellerfußboden

Austausch aller Fenster durch passivhaustaugliche Kunststofffenster mit $U_w=0,8 \text{ W/Km}^2$

- Ergänzungsheizung

Die Ergänzungsheizung basiert auf der schon vorher genutzten Fernwärmeversorgung

Nennwärmeleistung der neuen Übergabestation (für alle 3 Gebäudeteile): 291 KW, Vorlauf/ Rücklauf 70 °C/ 45°C
aktueller Primärenergiefaktor der Stadtwerke Leipzig: 0,31

- Warmwasser

Es gibt einzelne dezentrale Warmwasser-Entnahmestellen in den Fachunterrichtsräumen, die nur per Schlüsselschalter zugänglich sind.

- Lüftungsanlage

Es wurde eine zentrale Lüftungsanlage eingebaut: pro Haus 2 Lüftungskreise für die Unterrichts-, Verwaltungs-, Neben- und Spezialfachräume sowie 2 Lüftungskreise für Flure und Toilettenräume.

Präsenzmelder steuern die Volumenstromklappen. Der max. Volumenstrom ist pro Unterrichtsraum auf 450 m³/ Stunde und die Grundlüftung 150 m³/ Stunde (Aula abweichend mit 6000 m³/ Stunde) ausgelegt. Zu Grunde gelegt ist dafür eine Raumbelastung von 25 Personen und ein maximaler CO₂-Gehalt von 1.500 ppm (nach DIN 1946).

Die Lüftungsgeräte haben einen Spitzenwert der Wärmerückgewinnung von 90 %.

In den Unterrichts- und Verwaltungsräumen sorgen regenerative Energieaustauscher mit Feuchteübergang für hohen Komfort im Winterfall. Für die Küche wurden besondere Vorschriften umgesetzt.

Eine Splitanlage zur Kühlung ist nur zur Wärmeabfuhr für die Serverräume in beiden Häusern vorgesehen. Das ist nicht zu verwechseln mit Klimatisierung.

Die den Lüftungsanlagen zugeführte Außenluft unterliegt keiner zusätzlichen Kühlung.

- Beleuchtung

Die energiesparende Beleuchtung wurde entsprechend der Richtwerte der Arbeitsstätten-Richtlinie ausgelegt, siehe auch Kapitel 1. In den Klassenräumen (siehe Foto) erfolgt die Beleuchtungssteuerung über Präsenzmelder. Alle notwendigen Flure und Treppenräume, fensterlose Aufenthaltsräume, Fachkabinette und Technikräume sind darüber hinaus mit Sicherheitsbeleuchtung ausgerüstet, die bei Ausfall der Allgemeinbeleuchtung in Bereitschaft tritt und dann durch eine Zentralbatterieanlage gesteuert wird.



Foto: Verfasser

6 Hinweise für die Nutzer/-innen im Gebäude

Als Nutzer im Gebäude werden hier Schüler, Lehrer, Schulleitung und Sekretariat angesprochen.

Für die Nutzer ist sowohl im Sommer als auch im Winter ein behagliches Raumklima wichtig. Dazu müssen Aspekte des winterlichen wie auch des sommerlichen Wärmeschutzes und die Sicherstellung der Raumlufthygiene beachtet werden. In diesen Bereichen haben auch die Nutzer durch ihr Verhalten einen Einfluss.

Passivhäuser sind gutmütig und verzeihen Fehler durch Nutzer. Man kann sich daher grundsätzlich genauso verhalten wie in normalen Gebäuden, ohne dass sich das unmittelbar auswirkt. Allerdings können die Vorzüge des Passivhauses besser genutzt werden und insbesondere der niedrige Energieverbrauch nur erreicht werden, wenn die Nutzer sich auch im Sinne der Gebäudephilosophie verhalten. Das ist nicht schwer, wenn man die Hintergründe verstanden hat. Die grundsätzlichen Zusammenhänge sollen hier am Beispiel des Ostwald-Gymnasium erläutert werden. Für andere Passivhausschulen kann es im Detail Abweichungen geben, da für die Realisierung eines Passivhauses verschiedene technische Möglichkeiten und Konzepte zur Verfügung stehen. **Um die grundsätzlichen Zusammenhänge von den speziellen Gegebenheiten im Ostwald-Gymnasium abgrenzen zu können, wurden die konkreten Sachverhalte für das Ostwald-Gymnasium kursiv dargestellt.**



Foto: Verfasser

Der winterliche Wärmeschutz dient dazu, trotz kalter Außentemperaturen die erforderlichen Innentemperaturen sicher zu stellen.

Außerdem ist eine Heizung notwendig, die dem Raum zusätzliche Wärme zuführt. Wie schon im Vorwort (Kapitel 1) erwähnt, gewinnt das Passivhaus seine erforderliche Heizwärme vor allem über die Abwärme der anwesenden Personen und elektrischen Geräte sowie der Beleuchtung und die solaren Wärmegewinne durch die Fenster. Durch einen hohen Grad der **Wärmerückgewinnung** geht auch durch die Lüftungsanlage nur wenig Wärme verloren. Eine konventionelle Ergänzungsheizung ist in Schulen aber trotzdem notwendig, damit bereits vor Nutzungsbeginn (also wenn die erwartete Personenzahl noch nicht anwesend ist) die Mindesttemperatur sicher gestellt werden kann (siehe Kapitel 3.2.1). Das wäre in der kalten Jahreszeit nach Wochenenden oder nach Ferien sonst nicht möglich. Generell ist die Heizperiode durch den hohen Wärmeschutz der Gebäudehülle aber kürzer als in konventionellen Gebäuden, so dass im Normalfall nur eine geringe Auskühlung fest gestellt werden kann - selbst im ungünstigen Ausnahmefall nach den Winterferien. Die Wärmeübergabe der Ergänzungsheizung erfolgt über konventionelle Heizflächen. *Als Heizträger wird im Falle der Ostwaldschule Fernwärme genutzt.*

- Randbedingungen für den Betrieb der konventionellen **Ergänzungsheizung**:

Im Ostwald-Gymnasium wurde entsprechend der sich an den Empfehlungen des Deutschen Städtetages (siehe Kapitel 3.2.6) orientierenden Dienstanweisung (siehe Kapitel 3.2.1) eine SOLL-Temperatur von 20 °C für die Unterrichtsräume und von 15 °C für die Flure und Toiletten regelungstechnisch umgesetzt.

Die Temperatur-Raumfühler befinden sich in ca. 1,80 m - 2,00 m Höhe und dürfen auf keinen Fall manipuliert werden. Das würde das Regelungssystem empfindlich stören und kann den Temperaturfühler zerstören.

Die Gewährleistung der vorgegebenen Temperatur der Räume richtet sich nach dem in der Steuerung hinterlegten Stundenplanprogramm. Aber auch eine Präsenz von Personen im Raum von mindestens 5 Minuten signalisiert die erforderliche Beheizung.

Bereits vor geplantem Nutzungsbeginn wird die Raumtemperatur geprüft.

Die Grundeinstellung sieht ein Aufheizen schon ab 8 Stunden vor Nutzungsbeginn vor. Dieser Zeitvorlauf ist änderbar.

Nicht mehr nachgeheizt wird (= Absenkbetrieb), wenn keine Raumnutzung vorgegeben ist oder an Unterrichtstagen ab 17 Uhr (ebenso am letzten Schultag und vor Wochenenden/ Feiertagen) und wenn 30 Minuten lang keine Präsenz von Personen gemeldet wird, aber laut Stundenplan eine Nutzung vorgesehen ist.

Generell dürfen 14 °C Raumtemperatur nicht unterschritten werden, die im Normalfall wegen der guten Wärmeschutzes der Gebäudehülle gar nicht erreicht werden können.

Für die Büros und Sekretariate (im Haus 2) gilt generell eine minimale Absenktemperatur von 17 °C und eine Nutzungszeit an Schultagen von 7:00 bis 17:00. Darüber hinaus (z.B. auch in den Ferien) kann hier über ein Raum-Bedientableau eine Heizungsanforderung ausgelöst werden. Ab 20:00 wird regelmäßig wieder auf Automatikbetrieb zurück gesetzt.

- Randbedingung für das Schließen des Sonnenschutzes im Winter:

*Auch in der Heizperiode hat der auf der Südseite angebrachte **Sonnenschutz** eine Bedeutung für die Energiebilanz. Es muss im Gegensatz zum Sommer dafür gesorgt werden, dass die solaren Wärmegewinne durch die Fenster auch in ausreichendem Maße sicher gestellt werden.*

Deshalb erfolgt im Winter der Sonnenschutz nur als Blendschutz.

Bei Raumbellegung und einer Sonnenintensität > 64.000 lx (entspricht starker Sonneneinstrahlung) wird die Jalousie halb geschlossen.

- Randbedingung für das Schließen des Sonnenschutzes im Sommer:

Der sommerliche Wärmeschutz dient dazu, trotz aufheizender Sonneneinstrahlung (die nur in der Heizperiode gewünscht und dann sogar erforderlich ist) und hoher Außentemperaturen die gewünschten Innentemperaturen von 20 °C bis möglichst nicht mehr als 26 °C sicher zu stellen.

Nicht nur für die Südseite ist es erforderlich, durch eine äußere Verschattung die Intensität der Sonneneinstrahlung zu vermindern bzw. zu verhindern. Bei Ost- und Westausrichtung ist dies sogar besonders wichtig.

Fall I (Wärmeschutz bei Mindestlichteinfall)

bei Raumbellegung

und einer Sonnenintensität > 15.000 lx (entspricht gedecktem Himmel)

wird die Jalousie halb geschlossen

Fall II (Wärme- und Blendschutz)

bei Raumbellegung

und einer Sonnenintensität > 64.000 lx (entspricht starker Sonneneinstrahlung)

wird die Jalousie geschlossen

Fall III (maximaler Sonnenschutz)

Die Jalousie bleibt somit im Sommer nur nachts, bei Sturm/ Regen (durch Windwächter ermittelt), bei einer Raumtemperatur unter 22°C und generell bei betätigter Handschaltung offen.

Ein manuelles Betätigen ist jederzeit möglich (über einen Schlüsselschalter). Die automatische Betätigung des Sonnenschutzes erfolgt generell nur in den Pausen. Eine manuelle Bedienung der Jalousien kann, z.B. bei Abweichungen vom Stundenplan, auch zentral vorgenommen werden. Die Umschaltung von zwischen Sommer- und Winterfall wird zentral manuell vorgenommen.

Ein Passivhaus bietet durch den guten winterlichen Wärmeschutz der äußeren Hülle auch zugleich einen guten Schutz gegen das Eindringen der Hitze im Sommer. D. h., es wird sich im Vergleich mit konventionellen Gebäuden nicht so schnell aufheizen. Die Gefahr einer Übertemperierung wird schon bei der Planung begrenzt, siehe auch 3.1. Im Tagesverlauf wird aber Wärme in massiven Bauteilen (wie Wänden, Decken, Fußböden) gespeichert. Diese kann je nach Anteil von Speichermassen und Temperaturdifferenz wieder abgeführt werden, wenn es draußen wieder kühler ist, üblicherweise in der Nacht. Eine Nachtkühlung kann abhängig von den entladbaren vorhandenen Speichermassen aber nur bedingt einen spürbaren Erfolg bringen. An Decken und Wänden großflächig angebrachte Akustikplatten wirken dem z.B. entgegen, siehe auch 3.2.5.

- Randbedingung für die **aktive Nachtkühlung**:

Im Zeitraum von 01.05. - 30.09. 1x in der Zeit von 22⁰⁰ - 06⁰⁰,

wenn Außentemperatur < 20°C und Innentemperatur in mindestens 1 Raum > 26 °C (so lange bis alle Räume d 20 °C erreicht haben bzw. dies an der Abluft gemessen wird).

Im Nachtauskühlbetrieb sind die Volumenstromregler voll geöffnet, Heizregister und Pumpen an allen raumluftechnischen Anlagen, die Wärmerückgewinnung ist somit ausgeschaltet.

Die **Lüftungsanlage** sichert die Anforderung der Lufthygiene, siehe dazu auch 3.2.

Verwendet wird gerade so viel frische Luft, wie es die Behaglichkeit im Raum und die Gesundheit der Nutzer verlangen. Die Wärmerückgewinnung aus der Abluft hat den großen Vorteil, dass die Zuluft bereits vorgewärmt ist. In die Innenräume gelangt nur unbehandelte und auf Schadstoffe und Pollen gefilterte Außenluft - keine Umluft! Dadurch wird ein hohes Maß an Lufthygiene erreicht. In Kapitel 3.2.2 ist nachzulesen, welche maximalen Schwellwerte empfohlen werden und welche Wechselwirkungen zu anderen Parametern bestehen. *Zur Verringerung der nicht vermeidbaren Austrocknung der Luft durch die Lüftungsanlage (besonders bei kalten Außentemperaturen und bei hohem Luftwechselvolumen siehe auch Kapitel 3.2.3) wurden für das Ostwaldgymnasium Wärmetauscher mit anteiliger Feuchterückgewinnung eingesetzt.*

In jedem Klassenraum gibt es mindestens je eine Zuluft- und eine Abluftöffnung:



Foto: Verfasser

An den Zuluftöffnungen gibt es Einstellmöglichkeiten für die Ausrichtung des Lüftungsstromes

(hier im Foto über der Tafel an der Zimmerdecke, hinter der Leuchte)



Foto: Verfasser

Die Zu- und Abluftöffnungen dürfen auf keinen Fall verschlossen werden!

- Randbedingungen für den Betrieb der Lüftungsanlage:

Die Lüftungsanlage ist zu den Nutzungszeiten der Schule in Betrieb, generell nur an Schultagen und zwischen 6:00 (WC's und Flure ab 7:00, WC's Aula ab 8:00) und 17:00 eingeschaltet. Außerdem gibt es an Schultagen einen so genannten Vorspülbetrieb (montags 6:00 - 8:00, sonst 7:00 - 8:00), der auch zur Vorwärmung genutzt wird.

Orientiert an den Vorgaben und Erfahrungen anderer Kommunen mit Passivhäusern wie Frankfurt a.M. und Nürnberg wird von April bis Oktober mit Ausnahme der aktiven Nachtkühlung (siehe oben) die Lüftungsanlage abgeschaltet.

Generell gibt es 3 Lüftungsniveaus:

- Max. Luftmenge, wenn Raum laut Präsenzmelder belegt*
- Min. Luftmenge, wenn Raum nicht belegt (30 Minuten keine Person anwesend) und*
- Lüftung komplett abgeschaltet (z.B. tagsüber: April-Oktober, Ferienzeiträume).*

Die SOLL-Zulufttemperatur entspricht den Temperaturvorgaben der Räume, siehe auch 3.2.1..

Für Spezialfachkabinette werden wegen Sicherheitsvorschriften darüber hinaus noch umfangreichere Lüftungsvorgaben umgesetzt- ungeachtet der beschriebenen Abläufe. Die Abluft für die Chemieschränke läuft im Dauerbetrieb.

In den Werkräumen ist mittels Leuchttaster die zeitweilige manuelle Abschaltung (und wieder Zuschaltung) der Lüftung möglich - eine Rücksetzung auf Automatikbetrieb erfolgt 22:00.

Für den Verbindungsbau läuft die Lüftungsanlage an Schultagen ganzjährig automatisch während der Essensausgabe und bei Nutzung der Aula (laut Stundenplan). Ein Raum-Bedientableau ermöglicht die manuelle Zuschaltung der Lüftung in 2 Stufen. Um 0:00 erfolgt die automatische Rücksetzung dieser Einstellung. Mit der Lüftungsanlage für die Aula wird zugleich die Abluftanlage der dortigen WC's geschaltet. Die Lüftungsanlage der Küche wird manuell über Raum-Bedientableau gesteuert (mit 2 Stunden Laufzeit nach Einschaltung).

Es ist zu beachten, dass die Lüftungsgeräte immer eine integrierte Nachlaufzeit zum eigenen Feuchteschutz zur Vermeidung der Ansiedlung von Bakterien und Pilzen haben.

Natürlich kann in Situationen besonders hoher Belastung (z.B. wenn sich mehr als die kalkulierten 25 Personen im Klassenraum befinden) eine zusätzliche Fensteröffnung erfolgen. Auch über die Tür zum Flur kann der Luftaustausch bei Notwendigkeit etwas verbessert werden - eher aber eine kurzzeitige Notlösung, z.B. bei überfülltem Raum.

Fensterlüftung ist nicht notwendig, aber auch nicht verboten!

In der kalten Jahreszeit, sofern es einmal erforderlich ist, ist nur kurzzeitige Stoßlüftung erlaubt.

Es müssen bei Fensterlüftung einige Grundsätze beachtet werden - generell gilt:

Im Sommer zur Abkühlung ist bevorzugt auf der Nordseite bzw. dort zu lüften, wo Fenster verschattet sind.

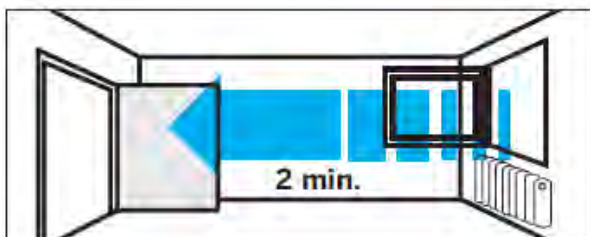
Sofern die Außentemperatur höher als die aktuelle Innentemperatur liegt, führt die Fensterlüftung schneller zu einer nicht gewünschten Erwärmung als die Lüftungsanlage.

Im Winter sind zur zusätzlichen Belüftung folgende Hinweise zu beachten:

- bevorzugt nur Fenster öffnen, unter denen keine Heizkörper angebracht sind (da im Falle eines von der Aufheizung noch erwärmten Heizkörpers die Lüftungswärmeverluste durch die höhere Temperaturdifferenz zur Außenluft dann dort höher sind)
- nur komplettes Öffnen - keine Kippstellung und nur solange, bis ausreichender Luftaustausch erfolgt ist. Nie länger als 15 Minuten öffnen

Die Menge des Luftaustausches kann unterstützt (und damit auch beschleunigt) werden durch Querlüftung, wo dies möglich ist!

Hier sinnbildlich die durchschnittliche Dauer des Luftwechsels je Öffnung an einem beispielhaften Raum, die den Sinn der Stoßlüftung/ Querlüftung aufzeigt



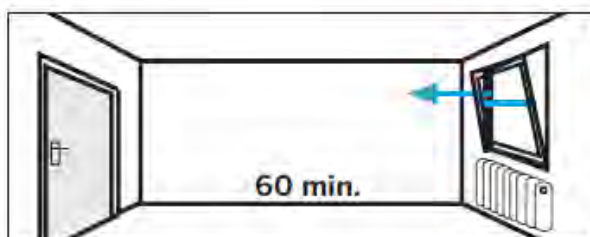
Querlüftung
(2-seitige Stoßlüftung)

(möglichst ohne Beteiligung von Fenstern, unter denen sich Heizkörper befinden, wie hier im Bild !)



Stoßlüftung einseitig

(möglichst ohne Beteiligung von Fenstern, unter denen sich Heizkörper befinden, wie hier im Bild !)



Kippstellung

(nur außerhalb der Heizzeit erlaubt)

Wegen der bei Fensterlüftung nicht möglichen Wärmerückgewinnung sollte selbst die kurzzeitig erlaubte Stoßlüftung bei Außentemperaturen deutlich geringer als 20 °C nicht zu oft erfolgen, da dies zu einer spürbaren Temperaturabsenkung im Innenraum führen kann. Um diesen wieder aufzuwärmen, würde es dann eine längere Zeit dauern. Daher ist in der kalten Jahreszeit besonders nach Nutzungsende auf geschlossene Fenster zu achten!

Wärmestau z. B. durch hinter der Scheibe angeordnete Gegenstände sind verboten (gilt z.B. auch für Fensterbilder). Dadurch verursachte erhöhte Spannungen können zum Glasbruch führen!

Hier noch eine zusammenfassende Übersicht für dem Passivhausgedanken gerecht werdendes Nutzerverhalten - unabhängig vom jeweils aktuellen Status der automatischen Steuerung:

Im Sommerfall:

- rechtzeitige Betätigung der Sonneneinrichtungen in den Morgenstunden (Schließen des Sonnenschutzes um Überhitzungen zu vermeiden)
- Vermeidung ständiges Öffnen der Fenster und Türen an heißen Tagen
- Öffnen der Fenster nur zur Frischluftversorgung, wenn die Lüftungsanlage im Sommer abgeschaltet bleibt
- freie Lüftung (Stoßlüftung) durch die Fenster an kühlen Tageszeiten (morgens, abends)
- Nachtlüftung (ständig) wenn möglich über kippbare Fenster
- Überprüfung der Rauminnentemperaturen (max. 25°C) (einzelne Spitzen im Sommer dürfen auftreten)
- sparsamer Umgang mit Licht und technischen Geräten (neben der Energieverbrauchssenkung auch zur Reduzierung der Wärmeabgabe)

Übergangszeit (Herbst und Frühling):

- Öffnen der Fenster an warmen Tagen vermeiden
- Öffnen der Fenster bei betriebener Lüftungsanlage nicht unbedingt notwendig
- Öffnen der Fenster bei abgeschalteter Lüftungsanlage für zusätzlichen Frischluftbedarf möglich
- Austausch der Luftfilter (Hausmeister, geschultes Personal)
- bei zu warmen Raumtemperaturen ist eine freie Lüftung (wie Sommerfall) möglich
- Dosierung der solaren Wärmeeinträge über die Sonnenschutzeinrichtungen
- sparsamer Umgang mit Licht und technischen Geräten

Im Winterfall:

- Fenster und Türen geschlossen halten um Wärmeverluste gering zu halten
- Überprüfung der Rauminnentemperaturen (mind. 19°C in der Heizperiode)
- solare Wärmeeinträge durch die Fenster nicht verhindern (Verschattung vermeiden)
- sparsamer Umgang mit Licht und technischen Geräten (zur Senkung des Gesamt-Energieverbrauchs im Gebäude)

weitere Hinweise: <http://www.saena.de/>

Quelle: SAENA - Sächsische Energieagentur, Hinweise zum Nutzerverhalten bei neu errichteten Grundschulen und Kinderbetreuungseinrichtungen in Passivhausbauweise

7 Hinweise für die Gebäudebetreiber und -verwalter

Als Nutzer im Gebäude sind hier das verwaltende kommunale Amt, das Betreiberamt sowie Techniker und Hausmeister angesprochen. Auch sie müssen über die grundsätzliche Funktionsweise eines Passivhauses (siehe Kapitel 3) informiert sein und auch die Hinweise für die Nutzer/-innen im Gebäude kennen. Gerade bei Wartungs- und Reparaturarbeiten ist größtmögliche Sorgfalt zu wahren, um nicht grundsätzliche Funktionsmechanismen des Passivhauses zu beeinträchtigen (wie z.B. die luftdichte Hülle).

Die uneingeschränkte funktionelle Nutzung aller baulichen und technischen Anlagen ist sicher zu stellen. Dies wird zum Teil mit eigenem Personal organisiert, zum Teil - insbesondere für die technischen Anlagen - werden Wartungsverträge abgeschlossen.

Dafür sind im Amt für Gebäudemanagement/ Bereich Technisches Gebäudemanagement die Sachgebiete „Betriebsführung und Technik“ sowie „Werterhaltung“ zuständig. Für die Energiebewirtschaftung, d.h. für das kaufmännische und für das technische Energiemanagement, ist das Sachgebiet Energie verantwortlich.

Die Aufgabenaufteilung innerhalb des technischen Gebäudemanagements ist in der aktuell gültigen Ämtervereinbarung von 2005 zwischen Hochbauamt und Schulverwaltungsamt fest gelegt. Diese beinhalten auch die Prüf- und Kontrollzyklen für die Hausmeister.

Ein Teil der Gebäude wird über Leittechnik gesteuert und kontrolliert. Dies ist i. d. R. bei Neubauten und nach komplexen Sanierungen wie im Wilhelm Ostwald-Gymnasium der Fall. Damit können schnell Abweichungen von den normalen Betriebsparametern fest gestellt werden.

Gesetzliche Prüfvorschriften geben die Zyklen für Prüfungen und Wartungen vor.

Am Ostwald-Gymnasium bestehen für die unter 5. beschriebenen Anlagen (und weitere) u.a. folgende Wartungsverträge (Aufzählung nicht vollständig, nur beispielhaft!):

- *Wärmeversorgung (Heizungsanlage)*
- *Lüftungsanlage (Raumlufttechnik und Brandschutzklappen)*
- *Rauchwärmeabzugsanlage*
- *Sonnenschutzanlage*
- *Gebäudeautomation (MSR)*
- *Sicherheitsbeleuchtung*

Ein Passivhaus stellt durch komplexere technische Zusammenhänge auch höhere Anforderung an das Betriebspersonal bis hin zum Hausmeister.

Das technische Personal muss in der Lage sein, schnell Fehler zu erkennen - sowohl aus technischen Anzeigen vor Ort, aus dem Abbild der Leittechnik als auch aus Abweichungen vom Normalbetrieb, die sich z.B. in den Raumluftparametern (wie Luftgüte und Temperatur) ausdrücken. Es muss sicher stellen, dass die erforderlichen Wartungszyklen für die technischen Anlagen eingehalten werden (Lüftungsanlage empfohlen: halbjährlich, Filterwechsel incl.) und darüber hinaus auch Komponenten der Gebäudehülle einbezogen werden. So erfordert die hohe Dichtheit des Gebäudes, dass auch mögliche Schwachstellen wie Fenster regelmäßig nachgeprüft und ggf. nachgestellt werden. Es kann hierzu auch sinnvoll sein, den zur Bauabnahme erfolgten Luftdichtheitstest („BlowerDoor-Test“) auch in der Betriebsphase zu wiederholen, ebenso wie eine nachträgliche Kontrolle mittels Infrarotthermografie.

Der Hausmeister gilt im kommunalen Energiemanagement als Schlüsselfigur. ...

Den Hausmeister zeichnet an erster Stelle seine Gebäudekenntnis aus. Aus der Betriebserfahrung sind ihm meistens Stärken und Mängel der Gebäude bekannt.

Weniger gute Kenntnisse liegen dagegen im Bereich der Anlagentechnik vor, für deren Überwachung der Hausmeister in den meisten Fällen ebenfalls verantwortlich ist.

Da die Wartungsintervalle oft über Fremdfirmen abgewickelt werden, wird der Hausmeister auf der anlagentechnischen Seite meistens erst bei Störungsmeldungen aktiv.

Hinsichtlich der Betriebskosten, den Medienverbräuchen und möglicher Einsparpotentiale liegt die Verantwortung in den meisten Kommunen nicht beim Hausmeister, so dass dessen gebäude- und anlagentechnisches Wissen hier kaum genutzt wird. ...

Recherchen und Erfahrungen zeigen, dass motivierte und engagierte Hausmeister den Energieverbrauch "ihres" Gebäudes um bis zu 20 %, in Einzelfällen um bis zu 50 % vermindern können. Diese Ressource sollte unbedingt genutzt werden.

Mehr unter: <http://www.een-sachsen.de/content/view/30/127/>

7.1 Hinweise zu elektrischen Verbrauchern im Gebäude

Für den energieeffizienten Betrieb von elektrischen Verbrauchern ist entscheidend, dass schon bei der Anschaffung Energieeffizienzkriterien eine Rolle spielen.

Dafür sollen hier grundlegende Hinweise gegeben werden.

Weiterführende Hinweise findet man z.B. in den aufgeführten Leitfäden, siehe auch: www.keds-online.de/keds-Themen/Energieeffiziente-Kommune/Beschaffung/Leitfaeden

- Beschaffungsleitfaden der Deutschen Energie-Agentur

Die Deutsche Energie-Agentur GmbH erarbeitete im Rahmen der Initiative EnergieEffizienz den Beschaffungsleitfaden "**Energieeffiziente Bürogeräte professionell beschaffen**". Darin wird die Möglichkeit der Integration von Energieeffizienzkriterien in den Beschaffungsprozess am Beispiel der Beschaffung von Bürogeräten Schritt für Schritt erläutert.

Der Leitfaden kombiniert fachliche Informationen mit anschaulichen Beispielen. Die Struktur folgt den bei Beschaffungsvorgängen zu durchlaufenden Schritten von der Aufstellung der Leistungskriterien über eine Bewertung bis zur Ermittlung des wirtschaftlichsten Angebots. Zur Unterstützung enthalten Mustervorlagen praxisnahe Formulierungsempfehlungen für die Ausschreibung.

Der Download des Leitfadens ist hier möglich:

www.stromeffizienz.de/dienstleister-oeffentliche-hand/green-it/beschaffung.html

- Beschaffungsleitfäden der Berliner Energieagentur

Die Berliner Energieagentur GmbH hat mehrere Beschaffungsleitfäden "**Beschaffung und Klimaschutz**" erstellt. Ein allgemeiner Teil informiert über die grundsätzlichen wettbewerbs- und vergaberechtlichen Rahmenbedingungen. Daneben existieren einzelne Beschaffungshilfen für folgende Produktgruppen:

Bürogeräte/Informationstechnik, Haushaltsgeräte, Beleuchtung, Grüner Strom, Fahrzeuge.

Darin werden die technischen Hintergründe sowie spezifische Kriterien der jeweiligen Produktgruppe dargestellt und das Vorgehen bei der Beschaffung beschrieben.

Die Leitfäden enthalten außerdem Leistungsblätter mit umweltrelevanten Kriterien. Aufgrund der Downloadmöglichkeit als Word-Dokumente können sie direkt bei der Ausschreibung benutzt werden.

- Handbuch der Europäischen Kommission

Die Europäische Kommission bietet im Rahmen der Informationen zum Europäischen Umweltzeichen ein "**Handbuch für ein umweltorientiertes öffentliches Beschaffungswesen**" an. Das Handbuch behandelt das Thema der umweltfreundlichen Beschaffung in sechs Kapiteln von den allgemeinen Strategien über die Organisation des öffentlichen Beschaffungswesens bis zu speziellen Themen, die sich direkt auf den Beschaffungsalltag anwenden lassen. Jeder Schwerpunkt wird mit konkreten Beispielen aus den einzelnen europäischen Ländern unteretzt.

Das Handbuch kann in allen EU-Sprachen im Internet heruntergeladen oder bestellt werden.

7.1.1 Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT)

Das Bundesumweltministerium vergibt das Umweltzeichen Blauer Engel jetzt mit dem Zusatz „schützt das Klima“. Mit diesem Zeichen können die Hersteller von Arbeitsplatzcomputern, Laptops oder Monitoren besonders energieeffiziente und

umweltfreundliche Geräte auszeichnen lassen.

Mit dem Umweltzeichen ausgezeichnete Desktop PCs verbrauchen zwischen 50 und 75 Prozent weniger Energie als marktübliche Computer. Effektivere Computerbildschirme brauchen rund 40 Prozent weniger Energie.

Auch wenn sie immer effizienter werden, brauchen moderne IKT über 10 Prozent des deutschen Gesamtstrombedarfs, Tendenz steigend.

7.1.2 Elektrogeräte und Lampen

Für den Einsatz von Elektrogeräten, insbesondere als Kriterium für die Beschaffung soll ein kurzer Überblick zum aktuellen Stand der Kennzeichnung für die Energieeffizienz der relevanten Geräte gegeben werden. Hierzu wird eine Präsentation aus dem EU-Projekt come-on-labels im IEE-Programm des deutschen Teilnehmerinstitution Öko-Institut e. V. genutzt. Mehr Informationen unter www.come-on-labels.eu.

Überblick über die Energielabel:



➤ Produkte mit „alten“ Labels:
Elektrobacköfen, Raumklimageräte,
Trockner, Lichtquellen

➤ Produkte mit „neuen“ Labels:
Kühlgeräte (inkl. Weinlagerschränke),
Waschmaschinen, Geschirrspüler,
Fernseher

➤ Verwendung der neuen Labels
vorgesehen für:
Raumklimageräte (von Januar 2013 an)
Haushaltslampen (von September 2013 an)

➤ Produkte mit „neuen“ Labels in
Vorbereitung*:
Warmwasserbereiter, Heizkessel und
Trockner

* (Dieses Dokument wurde im März 2012 erstellt.)

Welche Energieeffizienzklassen findet man am Markt vor? Einfluss der Ökodesign-Richtlinie.

Klasse A ist die Mindestanforderung für:

- Kühl- und Gefriergeräte sowie entsprechende
Kombinationsgeräte* (ab Juli 2012 nur A+)
- Waschmaschinen (ab Dezember 2013 nur A+)
- Geschirrspüler (für 60 cm ab Dezember 2013 nur A+)

* Mit Ausnahme der Absorptionskühltechnologie, die einen besonders hohen
Energieverbrauch hat

Was bedeutet das „+“-Zeichen?

➤ **Kühlgeräte:**

Ein A+++-Gerät ist 60% effizienter als ein Produkt der Klasse A.

➤ **Waschmaschinen:**

Ein A+++-Gerät ist 32% effizienter als ein Gerät der Klasse A.

➤ **Geschirrspüler:**

Ein A+++-Gerät ist 30% effizienter als ein Gerät der Klasse A.

Anmerkung: Die meisten Energielabel werden eine Einstufung in nur 7 Klassen aufweisen, so wird es beispielsweise eine Skala von A bis G bzw. A+++ bis D geben.

Vor der Neuausschreibung für Informationstechnik an Schulen empfiehlt es sich, die Hinweise dieser Publikation der Geschäftsstelle PRO Klima Hannover (2009) zu nutzen:

“Energieeffizienter IT-Einsatz an Schulen, Thin Clients und Kompaktcomputer als neue Optionen“ (Autor: Dr. Jens Clausen, Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit, Hausmannstr. 9-10, 30159 Hannover).

Es soll noch ein weiterer Literaturhinweis für ein Fachbuch gegeben werden:

Klaus Willenbruch, Raphael Nullmeier: „Energieeffizienz bei öffentlichen Aufträgen“

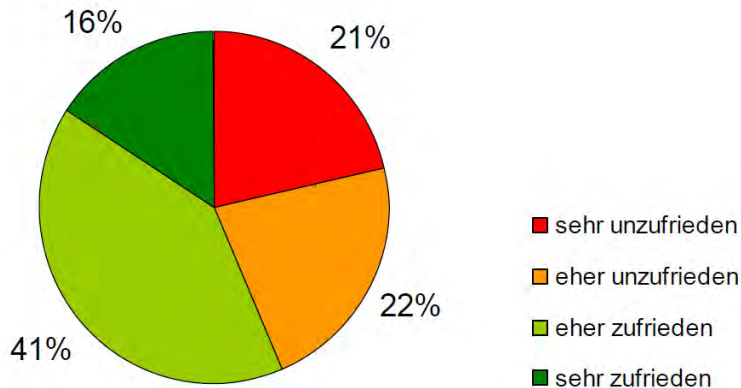
68 Seiten, 2012

ISBN 978-3-8462-0086-5

Bundesanzeiger Verlag: <http://www.bundesanzeiger-verlag.de>

8 Besonderheiten bei Inbetriebnahme und Monitoring

Akzeptanzprobleme sind für noch neue Technologien normal und müssen eingeplant werden. Eine Befragung von Lehrern zur Zufriedenheit mit Lüftungsanlagen bzw. -geräten im Rahmen der Evaluierung von mechanischen Klassenzimmerlüftungen in Österreich (Datenquelle siehe unten) lieferte 2008 z.B. folgendes Ergebnis:



Grafik: Hellwig, R.T. Randbedingungen für die Lüftung in Schulen - Der FGK Status-Report 22. Fachkongress des Fachverbandes Gebäude-Klima e.V. „Lüftung in Schulen“:

FGK-Vortragmanuskript. Fachkongress des Fachverbandes Gebäude-Klima e.v. "Lüftung in Schulen", Berlin 27. März 2012.

Daten: Greml, A.; Blümel, E.; Gössler, A.; Kapferer, W.; Leitzinger, W.; Suschekberger, J.; Tappler, P.: Evaluierung von mechanischen Klassenzimmerlüftungen in Österreich und Erstellung eines Planungsleitfadens. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (Hrsg.) Berichte aus Energie- und Umweltforschung 14/2008. Wien 2008

Folgendes ohne Einschränkung auf Passivhäuser übertragbares Fazit wird durch Prof. Dr.-Ing. Runa T. Hellwig gezogen:

- Notwendigkeit einer intensiven Kommunikationsstrategie mit den Lehrkräften und Schülern zur Vermeidung von Missverständnissen und falschen Erwartungen
- Fehlende Information und Kommunikation verursachen Akzeptanzprobleme und führen, insbesondere bei Störungen der Anlage in der Einführungsphase, zu falschen Reaktionen und unzufriedenen Nutzern

Nicht all das kann dabei das vorliegende Nutzerhandbuch leisten. Es ist angestrebt, einen großen Teil der Akzeptanzprobleme zu lösen.

Dabei ist DRINGEND abzugrenzen von Problemen, die nicht aus der grundsätzlichen Akzeptanz, sondern aus der ggf. noch nicht abgeschlossen Optimierung der Einregelung für die Anlagentechnik oder aus tatsächlich festgestellten technischen Mängeln während der Gewährleistungsphase resultieren. Beide Fälle werden mit Sicherheit während der Inbetriebnahmephase auftreten, die für Gebäude mit einem hohen Technikanteil bis zu 3 Jahre betragen kann. Dabei erfordern alle Jahreszeiten eine eigene Betrachtung und Einregulierung. Nicht nur hilfreich sondern erforderlich ist daher eine Monitoringphase über ca. 3 Jahre, wie sie z. B. die Stadt Nürnberg für ihre Passivhausprojekte obligatorisch praktiziert

Quelle: eigener Erfahrungsaustausch vor Ort im 1. kommunalen Passivhaus von Nürnberg „Südpunkt“ vom 21.11.2011

Das Monitoring hilft, rechtzeitig Abweichungen vom normalen Betriebsablauf des Gebäudes zu erkennen und in Folge Mängel schneller beheben zu können. Das ist eine wichtige Voraussetzung für zufriedene Nutzer und deren Motivation zur Mitwirkung am Monitoring und grundsätzlich für ein sinnvolles Verhalten. Die Einbeziehung der Nutzer in das Monitoring, d.h. eine enge Nutzerkommunikation auch nach der Übergabe des neuen oder sanierten Gebäudes trägt damit wesentlich zum schnellen Eintreffen der prognostizierten geringen Energieverbrauchswerte bei. Die Nutzer brauchen klar definierte Ansprechpartner während der Monitoringphase.

Parameter, die eine Einregulierung erfordern, sind z.B. die Temperatur vor Beginn des Unterrichtes und der Luftzug (Zugluftempfinden).

9 Praxiserfahrungen bundesweit

Eine umfassende Auswahl an Demonstrations- und Erfahrungsberichten sind im Rahmen des BMWi-Förderprojektes Energieeffiziente Schule (**EnEff:Schule**) einsehbar.

Das Begleitprojekt zum Forschungsvorhaben "Energieeffiziente Schule (EnEff:Schule)", das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie im Rahmen des Förderkonzeptes "Energieoptimiertes Bauen (EnOB)" gefördert wird, hat zum Ziel, sämtliche Aktivitäten auf dem Gebiet der Energieeffizienten Schulsanierung zusammenzuführen und darzustellen. Einen weiteren Schwerpunkt stellt die wissenschaftliche Begleitung der im Rahmen von EnEff:Schule durchgeführten Demonstrationsprojekte dar.

- Projekt EnEff:Schule:

<http://www.eneff-schule.de/>

- Demonstrationsschulen EnEff:Schule:

Plusenergieschulen werden im Forschungsvorhaben EnEff:Schule als Leuchttürme bezeichnet. Sie erzeugen über das Jahr betrachtet mehr Primärenergie als sie für Beheizung, Lüftung, Trinkwarmwassererwärmung und Beleuchtung und die dafür notwendige Hilfsenergie benötigen. Um dieses ehrgeizige Ziel zu erreichen, müssen in einem ersten Schritt die Verluste durch Transmission und Lüftung drastisch reduziert werden. Dies wird durch einen hohen Wärmeschutz der Hüllflächenbauteile, der weitgehenden Eliminierung der Wärmebrücken sowie durch eine effiziente Lüftung erreicht. Im zweiten Schritt ist die noch benötigte Restenergie mit geringen Verlusten - möglichst mit erneuerbaren Energien - zu erzeugen. Ein Plusenergiegebäude wird durch die Sanierung erreicht, wenn der noch benötigte fossile Restenergieanteil durch das Gebäude selbst erzeugt wird, indem beispielsweise aus Sonnenenergie mittels Photovoltaikmodulen Strom für die eigene Nutzung oder zur Einspeisung ins öffentliche Netz erzeugt wird. Die energetische Bewertung der Schulen erfolgt gemäß dem in DIN V 18599 angegebenen Rechenverfahren.

Plusenergieschule in Stuttgart-Rot, "Uhlandschule":

<http://www.eneff-schule.de/index.php/Demonstrationsobjekte/Plusenergieschulen/plusenergieschule-in-stuttgart-rot.html>

"Low-Tech" und "Low-Cost" Plusenergie - Grundschule Hohen Neuendorf:

<http://www.eneff-schule.de/index.php/Demonstrationsobjekte/Plusenergieschulen/low-tech-und-low-cost-plusenergie-grundschule-hohen-neuendorf.html>

Plusenergieschule Reutershagen, Rostock:

<http://www.eneff-schule.de/index.php/Demonstrationsobjekte/Plusenergieschulen/plusenergieschule-reutershagen-rostock.html>

3-Liter-Haus-Schulen werden im Forschungsvorhaben EnEff:Schule als Leuchtfeuer bezeichnet. Sie benötigen für die Beheizung, Lüftung und die dafür notwendige Hilfsenergie lediglich 34 kWh/m²a Primärenergie. Dies entspricht dem Primärenergieinhalt von 3 Litern Heizöl oder 3 m³ Erdgas. Die energetische Bewertung der Schulen erfolgt gemäß dem in DIN V 18599 angegebenen Rechenverfahren.

Energie-Spar-Schule Max-Steenbeck-Gymnasium Cottbus

<http://www.eneff-schule.de/index.php/Demonstrationsobjekte/3-Liter-Haus-Schulen/energie-spar-schule-max-steenbeck-gymnasium-cottbus.html>

3-Liter-Haus-Schule in Olbersdorf

<http://www.eneff-schule.de/index.php/Demonstrationsobjekte/3-Liter-Haus-Schulen/3-liter-haus-schule-in-olbersdorf-landkreis-loebauzittau.html>

Science College Overbach in Jülich-Barmen

<http://www.eneff-schule.de/index.php/Demonstrationsobjekte/3-Liter-Haus-Schulen/science-college-overbach-in-juelich-barmen.html>

Gymnasium Marktoberdorf

<http://www.eneff-schule.de/index.php/Demonstrationsobjekte/3-Liter-Haus-Schulen/nachhaltige-heizungssanierung-durch-erfolgscontracting-naerco-am-gymnasium-marktoberdorf.html>

Weitere Best-Practice Beispiele

Während der letzten Jahre wurden mehrfach Schulen energetisch erfolgreich saniert. Es handelt sich dabei zum einen um Vorhaben, die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert wurden, aber zum anderen auch um Projekte, die ihre Förderung von anderen Institutionen erhalten haben. Darüber hinaus werden auch derzeit beispielhafte Schulsanierungen durchgeführt. All diese Vorhaben werden als „Best-Practice Beispiele“ bezeichnet und dargestellt, da sie meist ein ausgewogenes Verhältnis zwischen energetischer Effizienz und Wirtschaftlichkeit aufweisen. Die energetische Bewertung der bereits fertig gestellten Schulen erfolgte nach dem Rechenverfahren, das vor Inkrafttreten der DIN V 18599 Gültigkeit hatte.

Passivhausschule - Berufliche Oberschule Erding

<http://www.eneff-schule.de/index.php/Demonstrationsobjekte/Best-Practice-Beispiele/nachhaltiges-passivhauskonzept-in-niedrigenergiebauweise-berufliche-oberschule-erding.html>

Passivhausschule - Musikhauptschule und Polytechnische Schule in Schwanenstadt, Österreich

<http://www.eneff-schule.de/index.php/Demonstrationsobjekte/Best-Practice-Beispiele/sanierung-zum-passivhaus-standard-mit-vorgefertigten-holzwandelementen-musikhauptschule-und-polytechnische-schule-in-schwanenstadt.html>

Passivhausschule - Grundschule Riedberg, Frankfurt am Main

<http://www.eneff-schule.de/index.php/Demonstrationsobjekte/Best-Practice-Beispiele/passivhausschule-grundschule-riedberg-frankfurt-am-main.html>

- empfehlenswerte Links zu weiteren mit EnEff:Schule verbundenen Projekten bzw. Institutionen:

[Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie \(www.bmwi.de\)](http://www.bmwi.de)

[Projektträger Jülich \(www.ptj.de\)](http://www.ptj.de)

[Fraunhofer-Institut für Bauphysik / Abteilung Wärmetechnik \(www.ibp.fraunhofer.de/wt/\)](http://www.ibp.fraunhofer.de/wt/)

[Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung \(www.isi.fraunhofer.de\)](http://www.isi.fraunhofer.de)

[Fachhochschule München \(www.fh-muenchen.de\)](http://www.fh-muenchen.de)

[IREES GmbH Karlsruhe \(www.irees.de\)](http://www.irees.de)

[Energieoptimiertes Bauen \(www.enob.de\)](http://www.enob.de)

[Energetische Sanierung der Bausubstanz \(archiv.ensan.de\)](http://archiv.ensan.de)

[IEA ECBCS Annex 36 - Energetische Sanierung von Bildungsgebäuden \(www.annex36.de\)](http://www.annex36.de)

[EU - BUILD UP - Schulportal \(www.buildup.eu/communities/schoolfuture\)](http://www.buildup.eu/communities/schoolfuture)

Die in Sachsen erste Passivhausschule (Waldschule Grimma) wurde nach einjähriger Sanierung 2007 wieder dem Schulbetrieb übergeben. Es handelt sich wie beim Wilhelm-Ostwald-Gymnasium um eine 1988 errichtete Plattenbausschule.

Die Waldschule Grimma ist eine Schule für geistig behinderte Kinder in Trägerschaft des Landkreises Leipzig. Für die Sanierung wurden Fördermittel des Landes Sachsen (Ganztagsschulprogramm und Passivhausförderung des damaligen Energieeffizienzentrums) genutzt. Weitere Informationen zur Sanierung:

<http://kettner-haus.de/static/kettner-haus.de/indexcd1a.html?id=161> sowie

http://www.ib-hofmann.de/00_download/passivhausschule-grimma.pdf

Hier noch der Hinweis auf ein weiteres aktuelles EU-Projekt mit dem Schwerpunkt auf Passivhaus, insbesondere mit Empfehlungen für die Umsetzung im öffentlichen Sektor:

<http://www.passreg.eu/>

sowie auf eine Plattform, auf der die Region Hannover die Umsetzung von Passivhäusern und den Einsatz von Passivhauskomponenten bei Modernisierungen dokumentiert:

<http://www.passivhaus-plattform.de/>

Auch öffentliche und Bürogebäude werden mit Baukonstruktionen, Gebäudetechnik und Energiekennwerten im Detail vorgestellt.

- empfehlenswerte Links zum Einfluss auf das Nutzerverhalten in der Schule

Neben baulichen Sanierungsmaßnahmen ist das energiebewusste Verhalten der Nutzer ein wichtiger Schritt zu effizienter Energieverwendung und Klimaschutz. Energiebezogene Projekte bieten Schülern eine hervorragende Gelegenheit, das Thema im Alltag zu erleben und auszuprobieren, und sich so neues Wissen mit viel Spaß anzueignen.

Die folgenden Projekte sind eine Sammlung von Best-Practice Beispielen für energiebezogene pädagogische Projekte in der Schule, mit erreichbar unter der Rubrik Best Practice.

[Energiebudgetierung](#)

[proKlima](#)

[PowerPakt](#)

[Klimaschutzinitiative](#)

[Umweltentlastungsprogramm](#)

[U4Energy](#)

[Umweltbildungszentrum](#)

[GRADWANDERUNG](#)

[EnergieJobs.NRW](#)

[Keep Cool Online](#)

[Powerado](#)

[Unterrichtsprojekt Energiepolitik](#)

[EnergieAgentur](#)

[Aktion Klima](#)

[Miefampel](#)

[Hausmeisterschulungen](#)

[Energiesparpartnerschaften](#)

[Klima Schulen](#)

[KlimaNet](#)

[3/4 plus](#)

[Energiesparen macht Schule](#)

[Zero Emission](#)

[Pädagogisches Prämiensystem](#)

[Prämienmodell](#)

[Energiesparmeister](#)

[Umweltschule in Europa](#)

Ein Hinweis zum Einsatz eines Nutzerhandbuches findet sich hier:

<http://www.enob.info/de/neubau/projekt/details/ppp-modell-fuer-neues-regionshaus-hannover/>

siehe Abschnitt Optimierungsmaßnahmen und -möglichkeiten

Nutzerhinweise - auf einen Blick

Wird nach Endredaktion fertig gestellt.

Impressum

Stadt Leipzig, Dezernat Stadtentwicklung und Bau, Amt für Gebäudemanagement

Redaktion: Carla Groß, Projektleiterin EnerCitEE (Teilprojekt EEMTE), V.i.S.d.P.

Externe Mitwirkende: Irmela von Nordheim / DNR Daab Nordheim Reutler, Partnerschaft Architekten, Stadt- und Umweltplaner, Leipzig / Olaf Reiter, Reiter Architekten, Dresden

Druck: Hausdruckerei Stadt Leipzig

Redaktionsschluss: 28.02.2013



