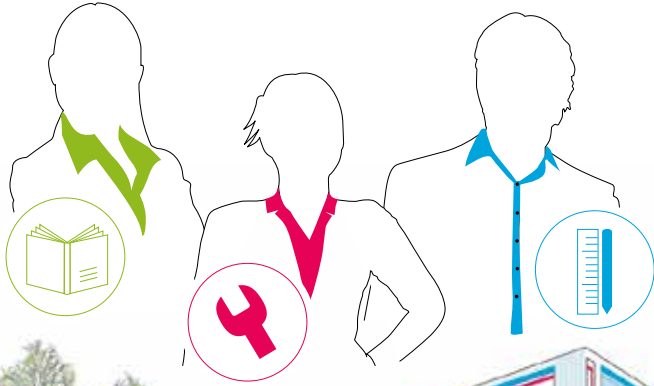




**Passivhaus-Schulen
werden aktiv**



PRAXISHANDBUCH - SCHULGEBÄUDE IN PASSIVHAUSBAUWEISE

Herausforderungen und Chancen bei Planung, Betrieb und Nutzung



PRAXISHANDBUCH - SCHULGEBÄUDE IN PASSIVHAUSBAUWEISE

Herausforderungen und Chancen bei Planung, Betrieb und Nutzung

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
---------	---

Über dieses Praxishandbuch 6

Nutzungshinweise	7
Symbolerläuterung	7
Wegweiser Problemlösung für Nutzer*innen und Techniker*innen	8

Teil A Praxistipps für Nutzer*innen 15

1. Die Raumluft wird als schlecht empfunden	16
2. Durch die Anlage verursachte Geräusche stören	23
3. Türen lassen sich schlecht öffnen	26
4. Im Sommer ist es zu warm	29
5. Im Winter ist es zu kalt	39
6. Im Winter ist die Luft zu trocken	47
7. Energieverbrauch ist höher als erwartet	50
8. Verzerrte Erwartungen im Vorfeld	56
9. Mangelnde Identifikation Passivhaus ist kein Thema	58

Teil B Praxistipps für Techniker*innen 60

1. Die Raumluft wird als schlecht empfunden	61
2. Durch die Anlage verursachte Geräusche stören	70
3. Türen lassen sich schlecht öffnen	73
4. Im Sommer ist es zu warm	76
5. Im Winter ist es zu kalt	86
6. Im Winter ist die Luft zu trocken	94
7. Energieverbrauch ist höher als erwartet	97
8. Verzerrte Erwartungen im Vorfeld	104
9. Mangelnde Identifikation Passivhaus ist kein Thema	106

Teil C Praxistipps für Planer*innen 108

1. Hohe Raumluftqualität	110
1.1 Aktive Lüftung / RLT	111
1.2 Passive Lüftung (manuell und automatisch)	112
1.3 Hybride Lüftung (Kombinationen)	113
2. Außentüren leichtgängiger planen	114

3. Sommerlicher Wärmeschutz	116
3.1 Vermeidung äußerer Wärmeeinträge	117
3.1.1 Raumlufttechnische Anlage (RLT) & Regelung	117
3.1.2 Verschattung & Außenjalousiensteuerung	118
3.2 Minderung innerer Wärmeeinträge	120
3.2.1 Beleuchtung	120
3.2.2 Elektrische Verbraucher	122
3.2.3 Raumbelagung	123
3.3 Optimierung der Wärmeabfuhr RLT, freie Nachtkühlung, passive Lüftung	124
4. Winter effiziente Wärme und hohe Raumluftqualität	125
4.1 Nutzung äußerer und innerer Wärmequellen	126
4.2 Trockene Luft vermeiden	130
5. Niedriger Energieverbrauch	132
5.1 Heizenergieverbrauch senken Nutzung äußerer und innerer Wärmequellen	133
5.2 Stromverbrauch senken Nutzung passiver Wärmeabfuhr	134
6. Kommunikation, Beteiligung und Öffentlichkeitsarbeit verbessern	135
6.1 Einbeziehung von Nutzer*innen und Techniker*innen	136
6.2 Öffentlichkeitsarbeit betreiben	137

Anhang 138

I. Checkliste Messung der Luftqualität: CO ₂ , Temperatur, Luftmengen, Luftfeuchte	138
II. Checkliste Außenjalousiensteuerung	140
III. Checkliste Kontrolle der RLT / Regelung	144
IV. Checkliste Optimierung in Sporthallen	147
Glossar	150
Literaturhinweise	152

Vorwort

Energieeffiziente Gebäude als wichtiger Bestandteil der Energiewende und des Klimaschutzes sind komplexe, technische Systeme und stellen an Nutzer*innen, Verwaltungen und Betreuer*innen hohe Anforderungen. Insbesondere in Schulen ist das Zusammenspiel der technisch-baulichen Komponenten mit dem Verhalten der Nutzer*innen wegen seiner Komplexität und den besonderen Nutzungsbedingungen mit großen Herausforderungen verbunden. Sie müssen einerseits den Zielvorgaben und Erfordernissen des Klimaschutzes und der Energieeffizienz Rechnung tragen und sich gleichzeitig an den Bedürfnissen von Nutzer*innen ausrichten.

Innerhalb des Projektes „*Passivhaus-Schulen werden aktiv*“ (2015-2017) wurden etwa 30 in Passivhausbauweise gebaute Schulen hinsichtlich der Herausforderungen und Stärken in Betrieb und Nutzung untersucht. Die Struktur des Praxishandbuchs ist eng an der Vorgehensweise des Projekts „*Probleme und deren Ursachen identifizieren, Lösungen entwickeln, Handlungsansätze herausarbeiten*“ angelegt.

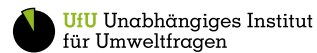
Um die Zufriedenheit zu steigern, müssen Nutzer*innen informiert und ihre Bedürfnisse ernst genommen werden. Ein optimaler Betrieb von Energieeffizienzschulen setzt neben technischen und baulichen Erfordernissen auch das Verständnis von Hausmeister*innen und Lehrkräften über die Funktionsweise der Gebäudetechnik sowie das Bewusstsein der Schüler*innen über die energie- und klimapolitischen Hintergründe voraus. Der lösungsorientierte Ansatz des Praxishandbuchs für die vorausschauende Vermeidung und zügige Behebung von Störungen ist wichtige Grundlage für den nutzerfreundlichen und energieeffizienten Betrieb eines Schulgebäudes in Passivhausbauweise.

Dieses Projekt wurde vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



IMPRESSUM:

Autor*innen: Oliver Ritter und Marlies Bock | www.ufu.de

unter Mitarbeit von Uwe ter Vehn (Werk-statt-Schule e.V.) und Michael Brieden-Segler (e&u energiebüro gmbh)

Gestaltung und Layout: Karo3, Jules Weigel | www.karo3.de

Projektpartner: Unabhängiges Institut für Umweltfragen (Ufu) e.V., Werk-statt-Schule e.V. und e&u energiebüro gmbh

1. Auflage: 500 Stück, Berlin 2018

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

Druckerei: SOLID EARTH Berlin

Über dieses Praxishandbuch

Dieses Praxishandbuch stellt kein Grundlagenwerk für den Passivhausbau dar. Vielmehr wurden aus den Ergebnissen der Nutzerbefragungen und technischen Untersuchungen der Projektschulen Erkenntnisse über die häufigsten Störungen und deren Lösungen gewonnen und hier lösungsorientiert präsentiert. Dieser lösungsorientierte Ansatz bedeutet: Wurde eine Störung der Nutzung beobachtet, kann diese im Handbuch nachgeschlagen werden. Es finden sich dann zu der gesuchten Störung Erläuterungen der möglichen Hintergründe sowie Hinweise, welche Lösungsmöglichkeiten bestehen.

Möglicherweise treten im Gebäude während der Nutzung Schwierigkeiten auf oder die Funktionsweise einzelner Bestand- oder Bauteile ist nicht bekannt. Damit können oft auch die Ursachen für Störungen nicht erkannt und behoben werden.

Das vorliegende Handbuch soll daher Menschen, die sich mit Schulgebäuden in Passivhausbauweise oder anderer sehr energieeffizienter bzw. hochtechnisierter Bauweise beschäftigen oder sich dort regelmäßig aufhalten, unterstützen.

Es gibt durch kurze und einfache Erläuterungen der jeweiligen Hintergründe und möglichen Ursachen Tipps und Hinweise, wie der Umgang mit dem Gebäude optimiert werden kann.

Die ersten beiden Teile des Handbuchs sind für die Lösung auftretender Schwierigkeiten oder für Erläuterungen zum Umgang mit dem Gebäude – insbesondere für Nutzer*innen und technische Betreuer*innen von Schulgebäuden in Passivhausbauweise – vorgesehen.

Der dritte Teil soll Planer*innen von Schulgebäuden in Passivhausbauweise Hinweise geben, worauf bereits bei der Planung geachtet werden sollte, um einen zufriedenstellenden Betrieb des Gebäudes zu erzielen.

Folgende Fragestellungen sollen in diesem Handbuch beantwortet werden:

- Wie kann die Zufriedenheit der Nutzer*innen gesteigert werden?
- Wie kann der technische Betrieb optimiert werden?
- Welche technischen und informativen Maßnahmen sind nötig, um die Nutzerfreundlichkeit und Effizienz des Anlagebetriebs sicherzustellen?
- Wie können Skepsis und Unzufriedenheit gegenüber energiesparenden Neubau- und Sanierungsprojekten vermieden werden?

Nutzungshinweise zum Aufbau dieses Praxishandbuchs

Zielgruppe: das Praxishandbuch ist in die drei Teile Nutzer*innen, Techniker*innen, Planer*innen zusätzlich des Anhangs gegliedert

„Störung“: bezeichnet die jeweiligen Abschnittsüberschriften und betrifft somit die häufigsten Störungen, die bei Nutzung, Betrieb und Planung von Passivhausschulen auftreten können

„Möglicher Grund“: grenzt die wichtigsten Hintergründe für Störungen in einzelnen Kapiteln ein und leistet so eine Hinführung zu den Störungsursachen und Lösungen

„Mögliche Ursache und Lösung“: bezeichnet Unterkapitel und präsentiert dem lösungsorientierten Ansatz dieses Praxishandbuchs gemäß zu jedem Störungshintergrund Ursachen und deren Lösungen

„Checkliste“: ist eine Hilfestellung für die jeweilige Zielgruppe zur Lösung von Störungen

„An Techniker*in“: unterstützt die Nutzer*innen in der Kommunikation mit den Techniker*innen durch vorformulierte, technische Hinweise für mögliche Störungsursachen

„Technische Erläuterungen der Ursachen“: bietet den jeweiligen Zielgruppen vertiefte Hintergrundinformationen der Ursachen

„Wegweiser“: ist ein intuitives Schnellfindewerkzeug für die direkte Hinführung zur Störungslösung

Zielgruppe = Teil

↳ Störung = Abschnitt


↳ Möglicher Grund = Kapitel


↳ Mögliche Ursache und Lösung = Unterkapitel

Symbolerläuterung


 Hier Jahreszeit beachten!


 Checkliste

 Mögliche Ursache

 Technische Erläuterungen

 Lösung

 Literaturhinweise

 Anmerkung an Techniker*innen

Wegweiser

Abschnitt = Störung	Kapitel = Mögliche Gründe	Mögliche Ursache	Maßnahmencheckliste & Lösung	Seite	
1. Die Raumluft wird als schlecht empfunden	1.1 Es findet real ein zu geringer Luftwechsel statt	Die Luftmengen (Volumenströme) der Lüftungsanlage (RLT) sind zu niedrig eingestellt	Volumenströme höher einstellen	17	62
		Die Regelzeiten der Lüftungsanlage (RLT) sind falsch konfiguriert bzw. die Präsenzerfassung funktioniert nicht	Regelzeiten neu konfigurieren bzw. Präsenzerfassung reparieren	17	62
		Die Regelung für die Volumenströme der Lüftungsanlage ist defekt	Regelung für Volumenströme reparieren	17	62
		Die Lüftungsauslässe sind zugestellt oder verdeckt.	Lüftungsauslässe freimachen	17	62
		Der Raum ist überbelegt	Raumnutzung anpassen	18	63
			Zusätzliche Lüftung über Fenster prüfen	18	63
			Ggf. dezentrale Lüftungsanlage nachrüsten	n.a.	63
		Nutzungs- und Lüftungszeiten stimmen nicht überein	Einstellung der Lüftungszeiten anpassen	18	63
	1.2 Es treten Zugluferscheinungen auf	Die Luftmengen (Volumenströme) der Lüftungsanlage (RLT) sind zu hoch eingestellt	Volumenströme niedriger einstellen	19	64
		Die Regelzeiten der Lüftungsanlage sind falsch konfiguriert bzw. die Präsenzerfassung funktioniert nicht	Regelzeiten neu konfigurieren bzw. Präsenzerfassung reparieren!	19	64
		Die Regelung für die Volumenströme der Lüftungsanlage (RLT) ist defekt	Regelung für Volumenströme reparieren	19	64
		Die Zulufttemperatur ist zu niedrig eingestellt	An der Wärmerückgewinnung (WRG) bzw. Nacherhitzung höhere Zulufttemperaturen einstellen	20	65

Abschnitt = Störung	Kapitel = Mögliche Gründe	Mögliche Ursache	Maßnahmencheckliste & Lösung	Seite		
	1.3 Die Luft ist zu warm und fühlt sich deshalb schlecht an	Die Luftführung oder Lüftungsauslässe sind an der falschen Stelle platziert oder die Sitzordnung hat sich geändert	Lüftungsauslässe nachjustieren bzw. Sitzordnung ändern	21	66	
		Die Zulufttemperatur ist zu hoch eingestellt	An der Wärmerückgewinnung bzw. Nacherhitzung niedrigere Zulufttemperaturen einstellen	22	67	
		Die Raumtemperatur ist zu hoch eingestellt	An der Heizungsregelung niedrigere Temperaturen einstellen	22	67	
		Die Anlage läuft noch im Winterbetrieb, obwohl die Außentemperaturen in der Übergangszeit phasenweise bereits über dem Sollwert liegen	Sommer/Winter (SoWi)-Umschaltung einrichten und auslösen!	n.a.	68	
		Zuluft erwärmt sich im Lüftungssystem	Zuluftkanäle richtig isolieren!	22	69	
		Geräte und Personen strahlen Wärme ab"	Fensterlüftung durchführen			
		2. Durch die Anlage verursachte Geräusche stören	2.1 Es tritt ein erhöhter Geräuschpegel durch technische Mängel der Anlage auf	Die Luftverteilung in der Lüftungsanlage (RLT) ist nicht richtig geregelt	Luftverteilung optimieren	24
	Lose Teile und scharfe Kanten ragen in den den Lüftungskanal.			Technische Mängel beheben	24	71
	Die Filter der Lüftungsanlage (RLT) sind verstopft.				24	71
	Luftwechselraten bzw. Luftmengen (Volumenströme) sind zu hoch eingestellt			Luftwechselrate bzw. Volumenströme während Nutzungszeiten (Unterrichtszeiten) senken	24	71

Abschnitt = Störung	Kapitel = Mögliche Gründe	Mögliche Ursache	Maßnahmencheckliste & Lösung	Seite	
	2.2 Die Lüftungsanlage (RLT) erzeugt technisch übliche aber für Nutzer*innen ungewohnte Geräusche	Nutzer*innen fühlen sich von Lüftungsgeräuschen gestört, weil sie diese nicht gewohnt sind	Nutzerschulung durchführen	25	72
3. Türen lassen sich schlecht öffnen	3.1 Druckverhältnisse sind nicht ausgewogen	Bei Druckunterschieden lassen sich Türen schwerer öffnen	Korrekturen an der Lüftungsregelung (Regelung der RLT) in den betroffenen Bereichen vornehmen	27	74
	3.2 Türen sind (zu) schwer	Außentüren sind für die Nutzer*innen zu schwer bzw. zu groß	Elektrische Türöffner nachrüsten	28	75
4. Im Sommer ist es zu warm	4.1 Es gibt hohe äußere Wärmeeinträge in das Gebäude	Fenster und Außentüren stehen offen	Fenster und Außentüren geschlossen halten	30	77
			Nachtlüftung einrichten	30	77
	Fehlende Verschattung der Fensterflächen	Außenjalousien, Raffstoren oder Markisen für Verschattung nutzen	31	78	
		Erhalt oder Neupflanzung von Laubbäumen als ergänzende Maßnahme	31	78	
	Verschattungssteuerung ist nicht wirksam	Bei Automatikbetrieb Verschattungssteuerung korrigieren	31	78	
	Die Lüftungsanlage (RLT) ist keine Klimaanlage	Sommerschaltung der Lüftungsanlage (RLT) einrichten	32	79	
Nur zu Beginn der Hitzeperiode "Kälterückgewinnung" der Lüftungsanlage (RLT) tagsüber zuschalten		32	79		

Abschnitt = Störung	Kapitel = Mögliche Gründe	Mögliche Ursache	Maßnahmencheckliste & Lösung	Seite		
		Die Nachtkühlung ist nicht optimal eingestellt und bringt zu hohe Temperaturen ein	Wärmerückgewinnung der Lüftungsanlage (RLT) nachts abschalten	33	80	
			Ggf. Nachtkühlung über Lüftungsanlage (RLT) ganz abschalten	33	80	
			Nachts zusätzlich über offene Fenster kühlen	33	80	
		Mindest-/Sollwert der Zulufttemperatur der Lüftungsanlage (RLT) ist zu hoch eingestellt		Mindest-/ Sollwert der Zulufttemperatur absenken	34	81
				Fensterlüftung durchführen	34	81
	4.2 Es gibt hohe innere Wärmelasten		Die Zuluft erwärmt sich auf ihrem langen Weg durch das Lüftungskanalsystem im Gebäude	Zuluftkanäle richtig isolieren! Siehe Abschnitt 1 - Kapitel 1.3 Die Luft ist zu warm und fühlt sich deshalb schlecht an!	22	69
Überdimensionierte Beleuchtung heizt Räume auf				Beleuchtung optimieren	35	82
Elektrische Verbraucher erzeugen Wärme				Nutzungsverhalten bei elektrischen Verbrauchern anpassen	36	83
Der Raum ist überbelegt				Siehe Abschnitt 1 - Kapitel 1.1 Es findet real ein zu geringer Luftwechsel statt!	18	63
4.3 Es wird zu wenig Wärme abtransportiert						Dachluken können nicht für Lüftung geöffnet werden
	Freie Nachtkühlung der Lüftungsanlage (RLT) ist nicht aktiviert	Lüftungsanlage für Nachtbetrieb mit Bedacht einsetzen (freie Nachtkühlung)	38			85
	Es wird nachts keine Fensterlüftung durchgeführt	Nachts Fensterlüftung durchführen	38			85

Abschnitt = Störung	Kapitel = Mögliche Gründe	Mögliche Ursache	Maßnahmencheckliste & Lösung	Seite		
5. Im Winter ist es zu kalt	5.1 Kalte Luft gelangt in das Gebäude bzw. in die Klassenräume	Fenster und Außentüren stehen offen	Fenster und Außentüren geschlossen halten	40	87	
		Die Zulufttemperatur der Lüftungsanlage (RLT) ist zu niedrig	Zulufttemperatur anheben	41	88	
		Zu hohe Luftwechselraten erzeugen trockene Luft, die als kalt empfunden wird	Luftwechselrate während der Nutzungszeiten (Unterrichtszeit) senken	42	89	
	5.2 Wärmequellen werden nicht ausreichend oder falsch genutzt	Thermostatventile sind auf zu geringe Temperaturen eingestellt	Einstellungen der Thermostatventile anpassen	43	90	
		Einzelraumregelung (mit Zonenventilen) ist auf zu geringe Temperaturen eingestellt	Sollwerte der Einzelraumregelung anpassen	43	90	
		Zu geringe Vorlauftemperaturen	Heizungsregelung überprüfen und ggf. reparieren	43	90	
		Hydraulische Probleme		43	90	
		Zuheizung beginnt zu spät	Heizzeiten optimieren	44	91	
		Außenjalousien werden zur Verdunkelung heruntergelassen oder fahren bei Sonneneinstrahlung automatisch herunter und verhindern dadurch solare Wärmeerträge	Innenliegende Vorhänge oder Rollos zur Verdunkelung nutzen		45	92
			Außenjalousiensteuerung optimieren		45	92
		Räume sind nicht mit der vorgesehenen Zahl von Personen belegt (Unterbelegung)	Raumbelegung anpassen	46	93	
	Nutzungs- und Heizzeiten stimmen nicht überein	Einstellungen der Heizungsregelung anpassen	46	93		

Abschnitt = Störung	Kapitel = Mögliche Gründe	Mögliche Ursache	Maßnahmencheckliste & Lösung	Seite		
6. Im Winter ist die Luft zu trocken	6.1 Es wird zu viel gelüftet	Durch häufige Luftwechsel sinkt die relative Luftfeuchte	Luftwechselrate während Nutzungszeiten (Unterrichtszeit) senken	48	95	
			Zusätzliches Lüften über die Fenster im Winter vermeiden	48	95	
	6.2 Die Luft ist zu warm	Die Zulufttemperaturen der Lüftungsanlage (RLT) sind zu hoch eingestellt	An der Wärmerückgewinnung bzw. Nacherhitzung niedrigere Zulufttemperaturen einstellen	49	96	
			Die Raumtemperatur ist zu hoch eingestellt	An der Heizungsregelung niedrigere Temperaturen einstellen	49	96
	7. Energieverbrauch ist höher als erwartet	7.1 Heizerverbrauch ist höher als notwendig	Verschiedene, oben genannte Fehler und Mängel bzw. falsche Nutzung führen zu hohem Heizerverbrauch	Siehe Abschnitt 5 'Im Winter ist es zu kalt'	51	98
				Die Heizzeiten und -temperaturen sind nicht auf Passivhausniveau abgestimmt	Heizungsregelung auf Passivhausniveau anpassen	52
Das Temperaturniveau im Gebäude ist höher als in der Berechnung angenommen			Realitäts-Check: Berechnung vs. tatsächliche Nutzung	53	100	
7.2 Stromverbrauch ist höher als notwendig			Verschiedene, oben genannte Fehler und Mängel bzw. falsche Nutzung führen zu hohem Stromverbrauch	Siehe Kapitel 4.2 Es gibt hohe innere Wärmelasten	54	101
		Lüftungsanlagen (RLT) laufen länger als nötig		Nutzungszeiten der Lüftungsanlagen (RLT) regelmäßig anpassen Siehe weiterhin Kapitel 1.2 Zuglufterscheinungen 6.2 Es wird zu viel gelüftet	55	102
		Die Lüftungsanlage (RLT) wird nachts zum Abtransport von Wärme verwendet (freie Nachtkühlung) anstatt passive Möglichkeiten auszuschöpfen	Nachts passive Möglichkeiten zur Wärmeabfuhr nutzen	55	102	
		Ein voller Filter führt zu höheren Verlustleistungen der Ventilatoren	Regelmäßige Filterkontrollen und -wechsel durchführen	n.a.	103	

Abschnitt = Störung	Kapitel = Mögliche Gründe	Mögliche Ursache	Maßnahmencheckliste & Lösung	Seite	
8. Verzerrte Erwartungen im Vorfeld	Zu hohe oder zu geringe Erwartungen an Gebrauchsgüte des Gebäudes	Sehr positive Kommunikation im Vorfeld erzeugt überhöhte Erwartungen	Transparente Kommunikation für realistische Erwartungen	57	105
		Befürchtungen und teilweise schlechte Erfahrungen erzeugen im Vorfeld negative Erwartungen		57	105
9. Mangelnde Identifikation - Passivhaus ist kein Thema	Mangelnde Kommunikation von Leistungen, Erfolgen und Fehlern	Schulleitung und HausmeisterInnen werden nach der Übergabe allein gelassen	Schulträger für Unterstützung anfragen	59	107
			Öffentlichkeitsarbeit betreiben	59	107
		Daten und Informationen werden nicht herausgegeben	Transparenz bezüglich Daten und Informationen schaffen	59	107

Teil A: Nutzer*innen

Wer gehört zur Zielgruppe der Nutzer*innen?

- Lehrkräfte und weiteres pädagogisches Personal
- Schüler*innen
- Schulleitung
- Sonstiges Schulpersonal (aus den Bereichen Verwaltung, Küche, Reinigung)
- Drittnutzer*innen wie Volkshochschulen, Vereine etc.

Was macht die Zielgruppe aus?

Nutzer*innen sind in Passivhausgebäuden unmittelbar betroffen von den bedienungs- und verhaltenstechnischen Veränderungen, die sich aus dem Neubau oder der Sanierung eines Gebäudes in Niedrigenergiebauweise ergeben. Gleichzeitig sind sie ein sehr wichtiger Bestandteil zur Erreichung der Energie- und Klimaschutzziele sowie der Erwartungen, die an ein solches Gebäude geknüpft sind.

Anders als in herkömmlichen Gebäuden ist es umso mehr erforderlich, dass sich die Nutzer*innen mit den Funktionsweisen ihres Gebäudes auseinander setzen. Sie müssen lernen, wo Automatisierung den manuellen Betrieb ersetzt und welche individuellen Einflussmöglichkeiten sie nutzen können.

Gleichzeitig müssen Planer*innen und Techniker*innen die Nutzer*innen in der Planungs- und Eingulierungsphase frühzeitig einbinden, um auf spezielle Bedürfnisse und Wünsche reagieren zu können.

Wichtiges Merkmal in der Gruppe der Nutzer*innen ist die hohe Fluktuationsrate unter den Schüler*innen und Lehrkräften. Aufgrund des jährlichen Turnus von Einschulung, Versetzung und Abschluss müssen stets von Neuem bedienungs- und verhaltenstechnische Kenntnisse vermittelt und erlernt werden bzw. gehen Erfahrungen mit dem Ausscheiden aus dem Schulbetrieb verloren. Hierauf proaktiv einzugehen, ist die besondere Herausforderung im Betrieb der Passivhaus-Schule.

Störung:

1. Die Raumluft wird als schlecht empfunden

Mögliche Gründe:

- 1.1 Es findet real ein zu geringer Luftwechsel statt
- 1.2 Es treten Zuglufterscheinungen auf
- 1.3 Die Luft ist zu warm und fühlt sich deshalb schlecht an

Bitte beachten sie:



Hier Jahreszeit beachten!



Checkliste



Mögliche Ursache



Technische Erläuterungen



Lösung



Anmerkung an Techniker

1.1 Es findet real ein zu geringer Luftwechsel statt



Mögliche Ursachen

- Die Luftmengen (Volumenströme) der Lüftungsanlage sind zu niedrig eingestellt.
- Die Regelzeiten der Lüftungsanlage sind falsch konfiguriert bzw. die Präsenzerfassung funktioniert nicht.
- Die Regelung für die Volumenströme der Lüftungsanlage ist defekt.
- Die Lüftungsauslässe sind zugestellt oder verdeckt.



Jahreszeit: Ganzjährig



Lösungen

- Regelung für Volumenströme der Lüftungsanlage neu konfigurieren oder reparieren:
 - Volumenströme höher einstellen!
 - Regelzeiten neu konfigurieren bzw. Präsenzerfassung reparieren!
 - Regelung für Volumenströme reparieren!
- Lüftungsauslässe freimachen!



Checkliste für Nutzer*innen:

1. Überprüfen, ob Luftauslässe zugestellt oder verdeckt sind und ggf. freimachen
2. Mit einer CO₂-Ampel oder -Messgerät den CO₂-Gehalt der Luft überprüfen
3. Siehe *Checkliste Messung der Raumluftqualität (Anhang I)*
4. Liegen weiterhin konstant zu hohe CO₂-Werte (> 1500 ppm) vor: Techniker*in informieren



An Techniker*in:

Regelung für Volumenströme der Lüftungsanlage neu konfigurieren oder reparieren



Technische Erläuterung der Ursachen

Ist die Volumenstromregelung falsch eingestellt oder gar defekt, findet real ein zu geringer Luftwechsel im Raum statt, d.h. die Luftwechselrate ist zu gering und damit die Luft im Raum tatsächlich nicht ausreichend gut.

Die Folge ist ein Anstieg des CO₂-Gehalts in der Luft. Während frische Außenluft einen CO₂-Wert von 400 ppm aufweist, gilt die Raumluft als verbraucht ab CO₂-Werten von etwa 1.500 ppm.

1.1 Es findet real ein zu geringer Luftwechsel statt



Mögliche Ursachen

- Der Raum ist überbelegt.
- Nutzungs- und Lüftungszeiten stimmen nicht überein.



Jahreszeit: Ganzjährig



Lösungen

- Raumnutzung anpassen!
- Zusätzliche Lüftung über Fenster prüfen!
- Einstellung der Lüftungszeiten anpassen!



Checkliste für Nutzer*innen:

1. Mit einer CO₂-Ampel oder -Messgerät den CO₂-Gehalt der Luft überprüfen. → *Checkliste Messung der Raumluftqualität (Anhang I)*
2. Liegen konstant zu hohe CO₂-Werte (> 1500 ppm) vor, muss ggf. zusätzlich über Fenster gelüftet werden, idealerweise durch Stoß- und Querlüftung.
3. Weitere Nutzer*innen des Raums müssen über die eigentlich vorgesehene Raumnutzung informiert werden. Die Hintergründe müssen kommuniziert werden.
4. Falls möglich, sollte die Raumbelastung neu geplant und an die vorgesehene Nutzung und Personenzahl angepasst werden, z. B. für große Gruppen große Räume wählen.
5. Wenn es im Sommer draußen kühler als drinnen ist, sollte zusätzlich über Fenster gelüftet werden.
6. Sonderveranstaltungen bei Techniker*in anmelden



An Techniker*in:

- Manuelle Änderungen an Einstellungen des Lüftungsprogramms vornehmen
- Lüftungszeiten an Nutzungszeiten anpassen



Technische Erläuterung der Ursachen

Es kommt häufig vor, dass Räume nicht mit der vorgesehenen Zahl von Personen belegt sind bzw. zu anderen Nutzungszeiten als ursprünglich geplant. Gründe sind z. B. eine wachsende Schülerzahl oder wenn kurzfristig eine Klasse aufgrund von außerordentlichen Veranstaltungen in einen zu kleinen Raum ausweichen muss.

In diesem Fall verbrauchen die Personen im Raum mehr Luft, als durch die fest installierte Lüftungsanlage ausgetauscht werden kann. Da eine Lüftungsanlage nachträglich nicht nachgerüstet werden kann, kann das Problem nur durch zusätzliche Fensterlüftung, manuelle Änderung an der Programmeneinstellung (kurzfristig) und Neuplanung der Raumbelastung (mittelfristig) behoben werden.

1.2 Es treten Zuglufterscheinungen auf



Mögliche Ursachen

- Die Luftmengen (Volumenströme) der Lüftungsanlage sind zu hoch eingestellt.
- Die Regelzeiten der Lüftungsanlage sind falsch konfiguriert bzw. die Präsenzerfassung funktioniert nicht.
- Die Regelung für die Volumenströme der Lüftungsanlage ist defekt.



Jahreszeit: Ganzjährig



Lösungen

- Regelung für Volumenströme der Lüftungsanlage neu konfigurieren oder reparieren:
 - Volumenströme niedriger einstellen!
 - Regelzeiten neu konfigurieren bzw. Präsenzerfassung reparieren!
 - Regelung für Volumenströme reparieren!



Checkliste für Nutzer*innen:

1. Mit einer CO₂-Ampel oder -Messgerät den CO₂-Gehalt der Luft überprüfen. → *Checkliste Messung der Raumluftqualität (Anhang I)*
2. Liegen konstant niedrige CO₂-Werte (< 900 ppm) vor, ist dies ein Hinweis auf zu hohe Luftmengen. In diesem Fall: Techniker*in informieren



An Techniker*in:

- Regelung für die Volumenströme neu konfigurieren oder reparieren
- Die Richtung des Luftzugs kann durch eine an einem Stab befestigte Feder oder Faden leicht lokalisiert werden.



Technische Erläuterung der Ursachen

Ist die Volumenstromregelung zu hoch eingestellt, findet ein hoher Luftwechsel statt, der in diesem Umfang gar nicht notwendig ist. Die Folge ist ein permanenter, starker und ggf. kalter Luftzug.

Ein wichtiger Hinweis auf zu hoch eingestellte Luftmengen oder Luftwechsel ist ein konstant niedriger CO₂-Gehalt (<900 ppm).

1.2 Es treten Zuglufterscheinungen auf



Mögliche Ursache

- Die Zulufttemperatur ist zu niedrig eingestellt.



Jahreszeit: Winter / Heizperiode



Lösung

- An der Wärmerückgewinnung bzw. Nacherhitzung höhere Zulufttemperaturen einstellen!



Checkliste für Nutzer*innen:

- Messung der Temperatur der Luft, die aus der Lüftungsanlage in den Raum strömt.
→ *Checkliste Messung der Raumluftqualität (Anhang I)*
- Liegt die Temperatur unter 18 °C: Techniker*in informieren



An Techniker*in:

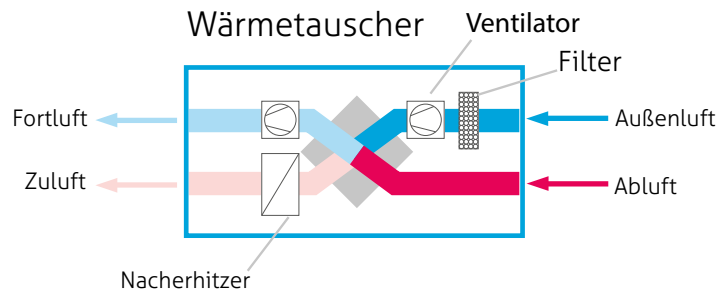
Wärmerückgewinnung bzw. Nacherhitzung überprüfen und ggf. neu konfigurieren oder reparieren



Technische Erläuterung der Ursache

Die Wärmerückgewinnung hat die Aufgabe, die in der Abluft enthaltene Raumwärme an die frische Außenluft abzugeben und dadurch die Zulufttemperatur der Lüftungsanlage zu erhöhen.

Reicht die Raumwärme nicht aus, um die frische Außenluft ausreichend aufzuwärmen, wird automatisch eine Nacherhitzung eingeschaltet. Ist die einströmende Zuluft zu kalt, wird der Luftstrom als Zugluft wahrgenommen.



Schematische Darstellung eines Kreuzwärmetauschers

1.2 Es treten Zuglufterscheinungen auf



Mögliche Ursache

- Die Luftführung oder Lüftungsauslässe sind an der falschen Stelle platziert oder die Sitzordnung hat sich geändert.



Jahreszeit: Ganzjährig



Lösungen

- Lüftungsauslässe nachjustieren bzw. Sitzordnung ändern!



Checkliste für Nutzer*innen:

- Die Luftquelle und eingestellte Blasrichtung z. B. mittels einer an einem Stab befestigten Feder lokalisieren (*siehe Bild unten*)
- Aufstellung der Tische bzw. Sitzordnung anpassen
- Techniker*in informieren



An Techniker*in:

Prüfen, ob eine Nachjustierung der Lüftungsauslässe möglich ist



Technische Erläuterung der Ursachen

Die wichtigste Aufgabe der Lüftungsauslässe ist die gleichmäßige Verteilung der frischen Luft (Zuluft) im Klassenraum. Dies kann z. B. über die Drallauslässe, Gitter oder Düsen geschehen. Die Lüftungsauslässe sollen so platziert sein, dass sich niemand durch die Luftbewegung gestört fühlt. Ändert sich der Sitzplan, kann es an manchen Stellen zu Störungen kommen.



Die Quelle des Luftzugs kann durch eine an einem Stab befestigte Feder oder Faden leicht lokalisiert werden.

1.3 Die Luft ist zu warm und fühlt sich deshalb schlecht an



Mögliche Ursachen

- a) Die Zulufttemperatur ist zu hoch eingestellt.
- b) Die Raumtemperatur ist zu hoch eingestellt.
- c) Die Zuluft erwärmt sich auf ihrem langen Weg durch das Lüftungskanalsystem im Gebäude.



Jahreszeit

- Winter / Heizperiode (Fälle a und b)
- Ganzjährig (Fall c)



Lösungen

- An der Wärmerückgewinnung bzw. Nacherhitzung niedrigere Zulufttemperaturen einstellen!
- An der Heizungsregelung und zentralen Heizungssteuerung niedrigere Temperaturen einstellen!
- Zuluftkanäle richtig isolieren!



Checkliste für Nutzer*innen:

1. Messung der Raumtemperatur → Checkliste Messung der Raumluftqualität (Anhang I)
 - Ist die Raumtemperatur > 20 °C → **Schritt 2**
2. Messung der Zulufttemperatur
 - Ist die Zulufttemperatur > Raumtemperatur → **An Techniker*in**
 - Ist die Zulufttemperatur < Raumtemperatur → **Schritt 3**
3. Heizungsregelung des Raums (Thermostatventile, Raumregelung) überprüfen, anpassen
 - Wenn die Regelungen im Raum nicht zu einer Behebung des Problems beitragen kann → **An Techniker*in**



An Techniker*in:

Wärmerückgewinnung bzw. Nacherhitzung überprüfen und ggf. neu kalibrieren (Zulufttemperatur absenken)



Technische Erläuterung der Ursachen

Warme Luft wird im Gegensatz zu kalter Luft als verbraucht und nicht frisch empfunden. Ist die Zulufttemperatur zu hoch, wird angenommen, dass kein ausreichender Luftwechsel stattfindet. Im Winter sollte die Raumtemperatur während der Unterrichtszeit daher max. 22 °C betragen. Idealerweise liegt die Raumtemperatur zwischen 20 und 22 °C. Dann ist für Behaglichkeit gesorgt und gleichzeitig wird zu häufiges, energieintensives Lüften vermieden.

Sind die Zuluftkanäle unzureichend isoliert, wärmt sich die Zuluft über lange Strecken im Gebäude auf. Je weiter die Räume im Lüftungssystem vom zentralen Lüftungsgerät entfernt liegen, desto höher kann ggf. deren Zulufttemperatur sein. Die Zulufttemperatur sollte aber nicht pauschal abgesenkt werden, weil dann die Räume im vorderen Bereich entsprechend kältere Zuluft erhalten und die Nutzer*innen ggf. frieren. Schließlich hilft nur die fachgerechte Isolierung der Zuluftkanäle.

Störung:

2. Durch die Anlage verursachte Geräusche stören

Mögliche Gründe:

- 2.1 Es tritt ein erhöhter Geräuschpegel durch technische Mängel der Anlage auf
- 2.2 Die Lüftungsanlage erzeugt technisch übliche aber für Nutzer*innen ungewohnte Geräusche

Bitte beachten sie:



Mögliche Ursache



Checkliste



Lösung



Technische Erläuterungen



Anmerkung an Techniker

2.1 Es tritt ein erhöhter Geräuschpegel durch technische Mängel der Anlage auf



Mögliche Ursachen

- Die Luftverteilung in der Lüftungsanlage ist nicht richtig geregelt.
- Lose Teile (wie z.B. lockere Schrauben oder Verkleidungen) und scharfe Kanten ragen in den Lüftungskanal.
- Die Filter der Lüftungsanlage sind verstopft.
- Luftwechselraten bzw. Luftmengen (Volumenströme) sind zu hoch eingestellt.



Lösungen

- Luftverteilung optimieren!
- Technische Mängel beheben!
- Luftwechselrate bzw. Volumenströme während Nutzungszeiten (Unterrichtszeiten) senken!



Checkliste für Nutzer*innen:

1. Mit einer CO₂-Ampel oder einem -Messgerät den CO₂-Gehalt der Luft überprüfen.
→ *Checkliste Messung der Raumluftqualität (Anhang I)*
2. Liegen konstant niedrige CO₂-Werte (< 900 ppm) vor: Techniker*in informieren
3. Falls vorhanden, können unterschiedliche Einstellungen für Pausen- und Unterrichtsbetrieb mittels eines Schalters im Raum gewählt werden.



An Techniker*in:

- Regelung für die Volumenströme der Lüftungsanlage niedriger einstellen
- Unterschiedliche Einstellungen für Pausen- und Unterrichtsbetrieb einrichten



Technische Erläuterung der Ursachen

Schlechte Luftverteilung verursacht Strömungsgeräusche, z.B. durch den Abbau von Druck an stark gedrosselten Volumenstromreglern.

Ebenso erhöhen zu hohe Luftwechselraten den Geräuschpegel. Letztlich können auch lose Teile und scharfe Kanten, die in den Luftstrom ragen, unangenehme Geräusche verursachen.

2.2 Die Lüftungsanlage erzeugt technisch übliche aber für Nutzer*innen ungewohnte Geräusche



Mögliche Ursache

- Nutzer*innen fühlen sich von Lüftungsgeräuschen gestört, weil sie diese nicht gewohnt sind.



Lösungen

- Nutzerschulung durchführen!



Checkliste für Nutzer*innen:

1. Nutzerschulung bei der Schulleitung anregen
2. Die Nutzer*innen müssen darin über den Sinn und Zweck der Lüftungsanlage im Passivhaus informiert werden, damit sie deren Vorhandensein und die damit einhergehenden Geräusche akzeptieren können.



Technische Erläuterung der Ursache

Nutzer*innen fühlen sich von Lüftungsgeräuschen gestört. Diese müssen nicht notwendigerweise die vorgeschriebenen Richtwerte von 35 dB gemäß DIN 1409 überschreiten. Oftmals sind Lüftungsgeräusche neu und ungewohnt oder führen zu Verunsicherungen, weil ihre Herkunft unbekannt ist.



Lüftungsdüsen erzeugen Strömungsgeräusche, die nicht zwangsläufig durch technische Mängel verursacht sein müssen



Lehrerfortbildung zur Raumluftqualität

Störung:

3. Türen lassen sich schlecht öffnen

Mögliche Gründe:

- 3.1 Druckverhältnisse sind nicht ausgewogen
- 3.2 Türen sind (zu) schwer

Bitte beachten sie:



Mögliche Ursache



Checkliste



Lösung



Technische Erläuterungen



Anmerkung an Techniker

3.1 Druckverhältnisse sind nicht ausgewogen



Mögliche Ursache

- Bei Druckunterschieden lassen sich Türen schwerer öffnen.



Lösung

- Korrekturen an der Lüftungsregelung in den betroffenen Bereichen vornehmen!



Checkliste für Nutzer*innen:

Techniker*in informieren



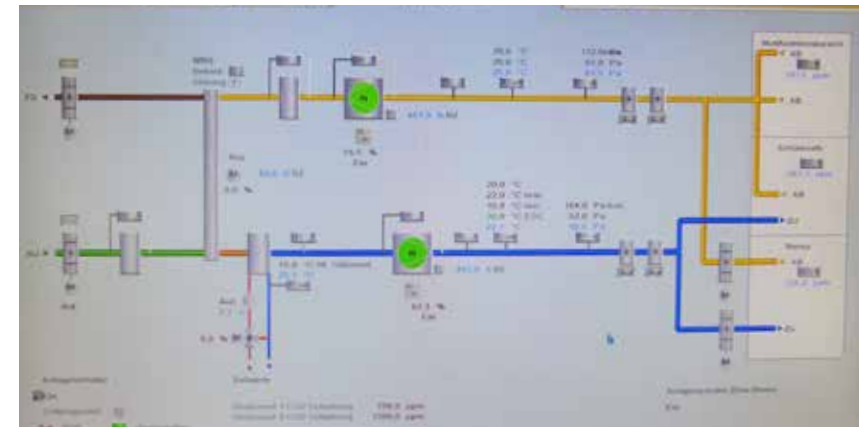
An Techniker*in:

Lüftungsregelung überprüfen und ggf. neu kalibrieren



Technische Erläuterung der Ursache

Es kann vorkommen, dass die Lüftungsanlage so eingestellt ist, dass sie in den Klassenräumen einen anderen Druck erzeugt als auf dem Flur. Herrschen zwischen Klassenraum und Flur oder auch zwischen außen und innen Druckunterschiede, lassen sich Türen schwerer öffnen. Die Lüftungsanlage muss dann korrigiert werden, damit sie innen und außen gleichmäßigen Druck erzeugt.



Mithilfe moderner Software können Druckunterschiede in den einzelnen Gebäudebereichen durch Korrekturen an der Lüftungsregelung erkannt und ausgeglichen werden.

3.2 Türen sind (zu) schwer



Mögliche Ursache

- Außentüren sind für die Nutzer*innen zu schwer bzw. zu groß.



Lösung

- Elektrische Türöffner nachrüsten!



Checkliste für Nutzer*innen:

Techniker*in informieren



An Techniker*in:

Elektrische Türöffner nachrüsten



Technische Erläuterung der Ursache

Zu Zwecken des Brandschutzes und der Wärmeisolierung müssen die Schließanlagen mit schweren und massiven Türen ausgestattet werden.

Für Kinder, Menschen mit Handicap sowie für Personen mit Kinderwagen oder schwerem Gepäck sind diese aber oft zu schwer oder zu groß.

Im Alltag werden dann solche Türen oft dauerhaft mit einem Keil aufgesperrt. Durch dauerhaft offen stehende Türen gelangt im Winter kalte und im Sommer warme Luft ins Gebäude und es entstehen Effizienzverluste im Wärmehaushalt des Gebäudes.



Siehe hierzu auch *Kapitel 4.1 Es gibt hohe äußere Wärmeeinträge in das Gebäude* sowie *Kapitel 5.1 ‚Kalte Luft gelangt in das Gebäude‘*!

Störung:

4. Im Sommer ist es zu warm

Mögliche Gründe:

- 4.1 Es gibt hohe äußere Wärmeeinträge in das Gebäude
- 4.2 Es gibt hohe innere Wärmelasten
- 4.3 Es wird zu wenig Wärme abtransportiert

Bitte beachten sie:



Mögliche Ursache



Checkliste



Lösung



Technische Erläuterungen



Anmerkung an Techniker

4.1 Es gibt hohe äußere Wärmeeinträge in das Gebäude



Mögliche Ursachen

- Fenster und Außentüren stehen offen.



Lösungen

- Fenster und Außentüren geschlossen halten!
- Nachtlüftung einrichten!



Checkliste für Nutzer*innen:

1. Wenn es draußen wärmer ist als drinnen, müssen Fenster und Außentüren geschlossen bleiben.
2. Bei Bedarf Klassentüren zu den Gängen hin öffnen
3. Nutzerschulung bei der Schulleitung anregen/beantragen, um für Problematik zu sensibilisieren.
4. Verantwortliche Schüler*innen ernennen ("Türendienst")
5. An häufig offen stehenden Türen Hinweisschilder anbringen
6. Techniker*in informieren



An Techniker*in:

Für schwergängige Türen ggf. elektrische Türöffner nachrüsten. → Kapitel 3.2 „Türen sind (zu) schwer“



Technische Erläuterung der Ursachen

Durch geöffnete Fenster und Türen wird an Sommertagen die warme Luft in das Gebäude gelassen. Diese wieder aus dem Gebäude zu bekommen, ist für die Lüftungsanlage nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem Energieaufwand zu erreichen.



Geöffnetes Fenster an einem warmen Sommertag

4.1 Es gibt hohe äußere Wärmeeinträge in das Gebäude



Mögliche Ursachen

- Fehlende Verschattung der Fensterflächen.
- Verschattungssteuerung ist nicht wirksam.



Lösungen

- Außenjalousien, Raffstoren oder Markisen für Verschattung nutzen!*
- Bei Automatikbetrieb Verschattungssteuerung korrigieren!
- Erhalt oder Neupflanzung von Laubbäumen als ergänzende Maßnahme!



Checkliste für Nutzer*innen:

1. Überprüfen, ob Räume mit direkter Sonneneinstrahlung mit außenliegenden Jalousien ausgestattet sind.
2. Bei manueller Jalousiensteuerung Außenjalousien bei Sonnenschein herunter fahren bzw. unten lassen
3. Darauf achten, dass nach außen gesehen werden kann („Außenbezug“) und genügend Sonnenlicht einfällt.
Hierfür die Lamellen mit einer Neigung von ca. 38-45° einstellen
4. Künstliche Beleuchtung unbedingt vermeiden, wenn ausreichend Licht durch Sonne geliefert wird
5. Im Automatikbetrieb sollten Außenjalousien automatisch herunterfahren und in den richtigen Einstellwinkel kippen.
6. Neupflanzung von Bäumen auf der Ost-, West- und Südseite des Gebäudes als Schulprojekt anregen
7. Wenn Verschattung mit Außenjalousien nicht oder nur eingeschränkt möglich ist oder bei Fragen zur Jalousiensteuerung: Techniker*in informieren



Technische Erläuterung der Ursachen

Durch Glasflächen gibt es in Passivhausgebäuden solare Wärmeeinträge in hohem Maß. Außenliegende Jalousien („Außenjalousien“) halten die Wärme aus dem Gebäude fern. Innenliegende Vorhänge oder Rollos halten nur das Sonnenlicht fern, wohingegen die Wärme ungehindert durch das Fenster in den Raum gelangt.

Die Neigung der Lamellen muss dabei in einem solchen Winkel eingestellt werden, dass ein Blick nach außen weiterhin möglich ist („Außenbezug“) und außerdem genügend Licht in den Raum gelangt. Das Einschalten künstlicher Beleuchtung bei gleichzeitig starkem Sonnenlicht muss aus Effizienzgründen unbedingt vermieden werden!

* Außenjalousien und Raffstoren nutzen Lamellen zur Verschattung. Raffstoren haben breitere und robustere Lamellen und nutzen oft Führungsschienen. Bei Markisen wird ein an einem Gestell gespanntes Tuch zur Verschattung genutzt.

4.1 Es gibt hohe äußere Wärmeeinträge in das Gebäude



Mögliche Ursache

- Die Lüftungsanlage ist keine Klimaanlage!



Lösungen

- Sommerschaltung der Lüftungsanlage einrichten!
- Nur zu Beginn der Hitzeperiode „Kälterückgewinnung“ der Lüftungsanlage tagsüber zuschalten!



Checkliste für Nutzer*innen:

1. Messung der Temperatur der aus der Lüftungsanlage austretenden Luft. → *Checkliste Messung der Raumluftqualität (Anhang I)*
2. Messung der Außentemperaturen zu Beginn der Hitzeperiode
3. Wenn es außen wärmer ist als innen, sollte die Kälterückgewinnung eingeschaltet werden. Damit wird der Anstieg der Innentemperaturen im Vergleich zu den Außentemperaturen verzögert. Dies ist jedoch nur für etwa 2 Wochen möglich.
4. Wenn anschließend Innen- und Außentemperaturen etwa gleich hoch sind, ist ein Zuschalten der Kälterückgewinnung nicht mehr nötig.
5. Bei Verdacht: Techniker*in informieren



An Techniker*in:

- Zusätzliche Einstellung der Lüftungsanlage für den Sommerbetrieb einrichten
- Lüftungsanlage für den Nachtbetrieb einschalten (freie Nachtkühlung)
- Zu Beginn der Hitzeperiode Kältegewinnung der Lüftungsanlage einschalten



Technische Erläuterung der Ursache

Eine Lüftungsanlage – oder auch „*raumlufttechnische Anlage (RLT)*“ genannt – kann nicht als Klimaanlage eingesetzt werden, da sie die zugeführte Luft nicht aktiv abkühlen kann.

Zu Beginn der Sommerperiode steigen die Außentemperaturen sehr schnell an. Ohne Zuschaltung der „*Kälterückgewinnung*“ (es handelt sich hierbei um die Wärmerückgewinnung, die dann die Funktion der Rückgewinnung der kühleren Innentemperaturen übernimmt) würden die Innentemperaturen ebenfalls schnell ansteigen.

Die Zuschaltung der Kälterückgewinnung sorgt zumindest dafür, dass die verbrauchte aber etwas kühlere Abluft die wärmere Außenluft abkühlt und dadurch die Raumlufttemperatur auf dem niedrigeren Niveau halten kann. Dies ist nur für etwa 2 Wochen möglich, da die Innentemperaturen sich allmählich (auch aufgrund innerer Wärmelasten) an die höheren Außentemperaturen anpassen. Für eine Abbildung der ‚*Wärmerückgewinnung*‘ siehe, *RLT & Regelung (Anhang II)*.

4.1 Es gibt hohe äußere Wärmeeinträge in das Gebäude



Mögliche Ursache

- Die Nachtkühlung ist nicht optimal eingestellt und bringt zu hohe Temperaturen ein.



Lösungen

- Wärmerückgewinnung der Lüftungsanlage nachts abschalten!
- Ggf. Nachtkühlung über Lüftungsanlage ganz abschalten!
- Nachts zusätzlich über offene Fenster kühlen!



Checkliste für Nutzer*innen:

1. Messung der Raumtemperaturen am Morgen vor Schulbeginn. → *Checkliste Messung der Raumluftqualität (Anhang I)*
2. Wenn bereits vor Schulbeginn die Temperaturen drinnen höher sind als draußen, konnten die Räume über Nacht nicht ausreichend abkühlen.
3. Bei Verdacht: Techniker*in informieren



An Techniker*in:

- Nachts die Wärmerückgewinnung der Lüftungsanlage abschalten
- Prüfen, ob nachts zusätzlich über offene Fenster gelüftet werden kann. Dabei unbedingt Einbruchschutz beachten.



Technische Erläuterung der Ursache

Nachts sind die Außentemperaturen üblicherweise niedriger als tagsüber. Die Lüftungsanlage sollte dann in der Lage sein, die kühlere Außenluft in das Gebäude zu bringen und es so bis zum Morgen abzukühlen. Ist jedoch die Wärmerückgewinnung eingeschaltet, wärmt die Abluft die frische Außenluft immer wieder auf, sodass die Zuluft die gleiche Temperatur aufweist wie die Abluft. Die Wärmerückgewinnung sollte daher für den Nachtbetrieb abgeschaltet werden.

Sind nachts die Temperaturunterschiede zwischen Gebäude und Außenbereich zu gering, ist die Lüftungsanlage nicht in der Lage, das Gebäude abzukühlen. Möglicherweise heizt sie das Gebäude sogar noch zusätzlich auf. Der erhöhte Stromverbrauch durch aktive Lüftung wäre so nicht zu rechtfertigen!

4.2 Es gibt hohe innere Wärmelasten



Mögliche Ursache

- Mindest-/Sollwert der Zulufttemperatur der Lüftungsanlage ist zu hoch eingestellt.



Lösungen

- Mindest-/Sollwert der Zulufttemperatur absenken!
- Fensterlüftung durchführen!



Checkliste für Nutzer*innen:

1. Messung der Temperatur der aus der Lüftungsanlage austretenden Luft. → *Checkliste Messung der Raumluftqualität (Anhang I)*
2. Diese sollte nicht wärmer als die Raumtemperatur sein.
3. Bei Verdacht: Techniker*in informieren



An Techniker*in:

- Mindest-/Sollwerttemperatur der Zuluft absenken
- Soll die Raumtemperatur mit der frischen Außenluft abgekühlt werden, muss Stoßlüftung über die Fenster durchgeführt werden (hierfür vorzugsweise Lüftungsanlage abschalten).



Technische Erläuterung der Ursache

An kühlen Tagen wird das Problem besonders deutlich: Ist es draußen angenehm kühl und drinnen deutlich zu warm, sollte kühle Luft über die Lüftungsanlage zugeführt werden. Liegt die Zulufttemperatur jedoch unterhalb der Mindest-/Sollwerttemperatur der Regelung, wird die Zuluft automatisch vorgeheizt (Schutz vor Kondenswasserbildung).

Hier ist es dann von Vorteil, die Lüftungsanlage auszuschalten und frische Luft über die Fenster herein zu lassen.



Durch den Messfühler am Luftauslass wird die Zulufttemperatur gemessen

4.2 Es gibt hohe innere Wärmelasten



Mögliche Ursache

- Überdimensionierte Beleuchtung heizt Räume auf.



Lösung

- Beleuchtung optimieren!



Checkliste für Nutzer*innen:

1. Im Sommer die künstliche Beleuchtung so wenig wie möglich nutzen/zuschalten und Tageslicht ausnutzen. → hierzu auch *Checkliste Verschattung (Anhang III)*
2. Bei nicht vorhandener direkter Sonneneinstrahlung können die Jalousien wieder komplett hochgefahren werden, um Tageslicht herein zu lassen.
3. Messung der Außen- und Innentemperaturen
4. Sind die Temperaturen außen niedriger als innen, kann die Wärme über Fensteröffnung herausgelassen werden (in Turnhallen z. B. öffnbare Deckenluken nutzen).



Technische Erläuterung der Ursache

Die gesamte, zur Beleuchtung eingesetzte elektrische Energie wird schließlich in Wärme umgesetzt. Auch der Teil der Energie, der zunächst als Licht genutzt wird, wandelt sich anschließend in Wärme um. Nach dem gleichen Prinzip werden Sonnenstrahlen, die wir als Licht wahrnehmen, in Wärme umgewandelt, sobald sie auf einen Gegenstand treffen.

Ein Grund für zu hohen Wärmeeintrag sind oftmals überdimensioniert gebaute Beleuchtungsanlagen. Ein weiterer Grund ist die häufig bevorzugte indirekte Beleuchtung. Diese erfordert mehr Leistung als eine direkte Beleuchtung und dadurch ist die elektrische Anschlussleistung in W/m^2 oft recht hoch. Viel Licht bedeutet also viel Wärme im Raum. In dem Fall sollte Beleuchtung reduziert oder ausgeschaltet werden.



Überdimensionierte Beleuchtung für die Turnhalle

4.2 Es gibt hohe innere Wärmelasten



Mögliche Ursache

- Elektrische Verbraucher erzeugen Wärme.



Lösung

- Nutzungsverhalten bei elektrischen Verbrauchern anpassen!



Checkliste für Nutzer*innen:

1. Nutzung elektrischer Geräte, z. B. interaktive Whiteboards, Computer, Monitore und Beamer im Sommer mit Bedacht!
2. Stand-By und scheinbares 'AUS' vermeiden: Geräte nach Nutzung immer ganz ausschalten
3. Sind die Temperaturen außen niedriger als innen, kann die Wärme über Fensteröffnung herausgelassen werden.



Technische Erläuterung der Ursache

Die Nutzung innerer Wärme (z. B. durch Menschen und elektrische Geräte) ist eine besondere und wichtige Eigenschaft von Passivhäusern. Im Sommer kann dies jedoch zu unerwünschten, sehr hohen Wärmelasten führen.

Elektrische Energie wird nahezu vollständig in Wärme umgesetzt. Von der elektrischen Leistungsaufnahme kann somit auf die Wärmeleistung geschlossen werden:

Gerät	Leistungsaufnahme - Wärmeleistung
Monitor (LCD)	100 W
Beamer (Halogen/LED)	400 / 50 W
Interaktives Whiteboard	350 W
PC*	640 W
Laserdrucker (Druck/Bereitschaft)**	350 / 60 W
Zum Vergleich: Der menschliche Körper	60 bis 100 W

* Die Leistungsangabe des PC-Netzteils bezieht sich auf die Leistung, mit der alle Einzelverbraucher (wie z. B. CPU, Lüfter, Laufwerke) im PC versorgt werden (Leistungsabgabe). Der tatsächliche Verbrauch des Netzteils (Leistungsaufnahme) liegt aber mehr als 10 % über dem jeweiligen Wert der Leistungsabgabe.

** Im Druckprozess des Laserdruckers wird das mit Tonerpartikeln beschichtete Papier auf 200 °C erhitzt. Dadurch benötigt der Drucker im Druckprozess sehr viel elektrische Energie und erzeugt sehr viel Wärmeenergie.

4.3 Es wird zu wenig Wärme abtransportiert



Mögliche Ursache

- Dachluken können nicht für Lüftung geöffnet werden.



Lösung

- Lukenöffnung ermöglichen!



Checkliste für Nutzer*innen:

1. Überprüfen, ob Dachluken geöffnet werden können
2. Wenn Dachluken nicht geöffnet werden können: Techniker*in informieren



Technische Erläuterung der Ursache

Dachluken im Passivhaus sind so konstruiert, dass sie möglichst viel Wärme aus dem Sonnenlicht durchlassen, um im Winter die Heizkosten gering zu halten. Im Sommer sollten aber zur Abkühlung zu öffnende Dachluken installiert sein, die die warme Luft abziehen lassen. Hierbei sollte unbedingt der Einbruchschutz gewährleistet werden.



Dachluken werden zum Abtransport der Wärme genutzt

4.3 Es wird zu wenig Wärme abtransportiert



Mögliche Ursachen

- Freie Nachtkühlung der Lüftungsanlage ist nicht aktiviert.
- Es wird nachts keine Fensterlüftung durchgeführt.



Lösungen

- Lüftungsanlage für den Nachtbetrieb mit Bedacht einsetzen (freie Nachtkühlung)!
- Nachts Fensterlüftung durchführen!



Checkliste für Nutzer*innen:

1. Sind bereits morgens vor Unterrichtsbeginn die Temperaturen im Gebäude sehr hoch bzw. höher als die Außentemperaturen, wurde nachts nicht oder nicht ausreichend gelüftet.
2. In diesem Fall Techniker*in informieren



An Techniker*in:

- Nachts über die Fenster kühle Luft ins Gebäude bringen, wenn die Außentemperaturen deutlich niedriger sind als die Temperaturen im Gebäude
- Morgens vor Unterrichtsbeginn querlüften
- Nachts über Lüftungsanlage freie Nachtkühlung einrichten
 - Einbruchsicherung sowie Schutz vor Wetter und Tieren beachten



Technische Erläuterung der Ursachen

Nachts sinken die Außentemperaturen verglichen zu den Tagestemperaturen deutlich ab.

Die Lüftungsanlage kann durch Zuführung der frischen, kühleren Außenluft die Raumtemperaturen bis zum Unterrichtsbeginn des nächsten Tages senken. Aus Gründen der Energieeffizienz darf die Lüftungsanlage aber nur eingesetzt werden, wenn die Temperaturunterschiede zwischen innen und außen besonders groß sind. Die energiesparende Variante ist die Lüftung über Fenster und Deckenluken (auch passive Lüftung genannt).



Fenster mit Wetterschutzgitter für Nachlüftung

Liegen die Raumtemperaturen morgens noch auf dem Niveau des Vortages, ist das ein Hinweis darauf, dass die freie Nachtkühlung nicht eingestellt und keine Fensterlüftung durchgeführt wurde.

Störung:

5. Im Winter ist es zu kalt

Mögliche Gründe:

- 5.1 Kalte Luft gelangt in das Gebäude bzw. in die Klassenräume
- 5.2 Wärmequellen werden nicht ausreichend oder falsch genutzt

Bitte beachten sie:



Mögliche Ursache



Checkliste



Lösung



Technische Erläuterungen



Anmerkung an Techniker

5.1 Kalte Luft gelangt in das Gebäude bzw. in die Klassenräume



Mögliche Ursachen

- Fenster und Außentüren stehen offen.



Lösungen

- Fenster und Außentüren geschlossen halten!



Checkliste für Nutzer*innen:

1. Im Winter müssen Fenster und Außentüren geschlossen bleiben.
2. Nutzerschulung bei der Schulleitung anregen/beantragen, um für Problematik zu sensibilisieren.
3. Verantwortliche Schüler*innen ernennen ("Türendienst")
4. Hinweisschilder an häufig offen stehende Türen anbringen
5. Für schwergängige Türen siehe Kapitel 3.2 'Türen sind (zu) schwer'



Technische Erläuterung der Ursachen

Durch geöffnete Fenster und Türen kühlen an Wintertagen Raumluft und Bauteile wie Wände, Decken und Fußboden aus. Diese wieder mit der Wärmerückgewinnung bzw. zusätzlichen Heizquellen aufzuheizen, ist mit einem hohen Energieaufwand verbunden.

5.1 Kalte Luft gelangt in das Gebäude bzw. in die Klassenräume



Mögliche Ursache

- Die Zulufttemperatur der Lüftungsanlage ist zu niedrig.



Lösung

- Zulufttemperatur anheben!



Checkliste für Nutzer*innen:

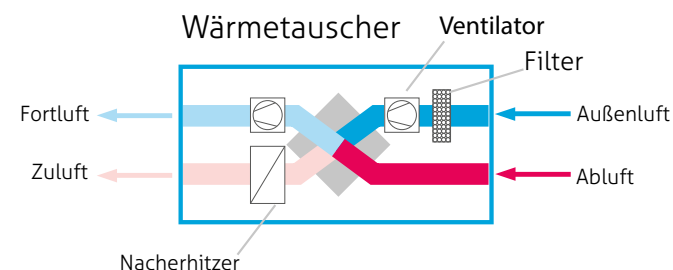
1. Messung der Temperatur der Luft, die aus der Lüftungsanlage in den Raum strömt.
→ *Checkliste Messung der Raumluftqualität (Anhang I)*
2. Liegt die Temperatur unter 20 °C, muss die Wärmerückgewinnung bzw. Nacherhitzung der Lüftungsanlage überprüft und ggf. neu konfiguriert oder repariert werden.
3. In diesem Fall Techniker*in informieren



Technische Erläuterung der Ursache

Die Höhe der Zulufttemperatur wird von den Einstellungen für die Wärmerückgewinnung der Lüftungsanlage bestimmt. Falsche Einstellungen, technische Defekte oder Planungsfehler können dafür sorgen, dass die Zuluft nicht ausreichend erwärmt wird. Dadurch strömt dann dauerhaft zu kalte Luft in die Räume.

Im Winter sollte die Raumtemperatur idealerweise zwischen 20 und 22 °C liegen. Dies bringt Behaglichkeit und hält gleichzeitig den Heizenergieverbrauch im zulässigen Rahmen.



Schematische Darstellung eines Kreuzwärmetauschers

5.1 Kalte Luft gelangt in das Gebäude bzw. in die Klassenräume



Mögliche Ursache

- Zu hohe Luftwechselraten erzeugen trockene Luft, die als kalt empfunden wird.



Lösung

- Luftwechselrate während der Nutzungszeiten (Unterrichtszeit) senken!



Checkliste für Nutzer*innen:

1. Mit einer CO₂-Ampel oder -Messgerät den CO₂-Gehalt der Luft überprüfen. → *Checkliste Messung der Raumluftqualität (Anhang I)*
2. Liegen konstant niedrige CO₂-Werte (< 900 ppm) vor, ist dies ein Hinweis, dass die Regelung für die Volumenströme neu konfiguriert werden sollte.
3. In diesem Fall Techniker*in informieren
4. Die Quelle des Luftzugs kann durch eine an einem Stab befestigte Feder oder Faden leicht lokalisiert werden.

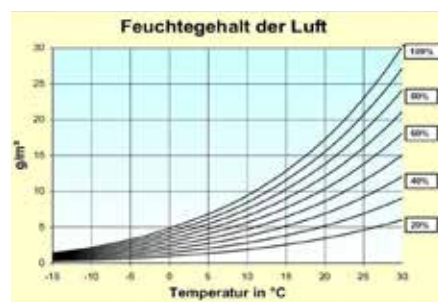


Technische Erläuterung der Ursache

Im Winter wird kalte Luft mit geringer absoluter Luftfeuchte (in g/m³) ins Gebäude gebracht. Durch die Erwärmung im Gebäude sinkt der Gehalt an relativer Feuchte (in %), da warme Luft viel mehr Feuchte aufnehmen kann. Ein zu großer Luftaustausch führt also zu niedriger Luftfeuchte. Trockene bewegte Luft entzieht der Haut mehr Feuchtigkeit, was abkühlend wirkt.

Siehe hierfür auch *Abschnitt 6, 'Im Winter ist die Luft zu trocken'* sowie *Abbildung, 'Magisches Dreieck'* in *Kapitel 6.2 'Die Luft ist zu warm'*.

Bei hohen Luftwechselraten sinkt der CO₂-Gehalt der Luft. Dies ist dann ein Hinweis darauf, dass zu viel gelüftet wurde.



Das Temperatur-Luftfeuchte-Diagramm stellt den Zusammenhang von Wasserdampf (absolute Luftfeuchte in g/m³), Temperatur (in °C) und relative Luftfeuchte (in %) dar. Es zeigt, wieviel Wasserdampf die Luft bei einer bestimmten Temperatur aufnehmen kann. Über 100 % relativer Luftfeuchte kommt es zu Kondensation oder Nebel. Wahrnehmbar ist nur die relative Luftfeuchte. Unabhängig, wie hoch die absolute Luftfeuchte ist, werden 20 % als trocken, 80 % als feucht wahrgenommen.

5.2 Wärmequellen werden nicht ausreichend oder falsch genutzt



Mögliche Ursachen

- Thermostatventile sind auf zu geringe Temperaturen eingestellt.
- Einzelraumregelung ist auf zu geringe Temperaturen eingestellt.
- Zu geringe Vorlauftemperaturen und hydraulische Probleme.



Lösungen

- Einstellungen der Thermostatventile anpassen!
- Sollwerte der Einzelraumregelung anpassen!
- Heizungsregelung überprüfen und ggf. reparieren!



Checkliste für Nutzer*innen:

1. Messung der Raumtemperatur
2. Liegt die Raumtemperatur unter 20 °C, müssen die Möglichkeiten der Heizungsregelung im Raum überprüft und ggf. angepasst werden (z. B. Thermostatventile hochstellen, Sollwerte der Raumregelung anheben).
3. Können die Regelungen im Raum nicht zu einer Behebung des Problems beitragen, muss ggf. eine Anpassung an der Heizungssteuerung erfolgen.
4. In diesem Fall Techniker*in informieren



An Techniker*in:

Einstellungen der Heizungsregelung anpassen bzw. Heizungsregelung reparieren



Technische Erläuterung der Ursachen

Auch viele Passivhäuser werden mit Heizkörpern ausgestattet. Anders als in herkömmlichen Gebäuden sollen die meist kleineren Heizkörper die eigentlichen Wärmequellen (innere Erträge durch Personen und elektrische Verbraucher sowie solare Erträge) jedoch nur ergänzen. An besonders kalten Tagen, nach längerer Nutzungspause oder nach Fehlnutzungen wie geöffnete Fenster und Türen im Winter kann dies notwendig sein.

Bei mittlerer Stellung (meist Stufe 3 der Thermostatventile) stellen die Heizkörper selbstständig 20 °C im Raum her. Dies erfolgt jedoch mit größerem Zeitaufwand (als über die Lüftungsanlage). Funktioniert die Raumheizung nicht, liegt allerdings ein Problem vor.

Im Winter sollte die Raumtemperatur idealerweise zwischen 20 und 22 °C liegen. Dies bringt Behaglichkeit und hält gleichzeitig den Heizenergieverbrauch im zulässigen Rahmen. Vor Unterrichtsbeginn sollte die Raumtemperatur aus energetischen Gründen allerdings nicht mehr als 19 °C betragen.

5.2 Wärmequellen werden nicht ausreichend oder falsch genutzt



Mögliche Ursache

- Zuheizung beginnt zu spät.



Lösung

- Heizzeiten optimieren!



Checkliste für Nutzer*innen:

1. Messung der Raumtemperatur vor Unterrichtsbeginn
2. Liegt die Raumtemperatur bei Unterrichtsbeginn unter 17 °C, müssen die Einstellungen an der Heizungsregelung überprüft und optimiert werden.
3. In diesem Fall Techniker*in informieren



An Techniker*in:

Einstellungen der Heizungsregelung korrigieren



Technische Erläuterung der Ursache

Räume müssen über Nacht nicht voll beheizt werden. Zu Unterrichtsbeginn sollte die Raumtemperatur jedoch bei etwa 17 – 19 °C liegen. Sind die Raumtemperaturen zu diesem Zeitpunkt noch niedriger, kann dies bedeuten, dass die Startzeit für die Beheizung zu spät angesetzt ist. Liegen die Temperaturen vor Unterrichtsbeginn bereits über 19 °C, setzt die Heizung zu früh ein und es wird im Laufe des Tages durch die anwesenden Personen vermutlich zu warm im Raum.



Leere Räume sollten vor Beginn der Nutzung maximal auf 19 °C vorgeheizt werden

5.2 Wärmequellen werden nicht ausreichend oder falsch genutzt



Mögliche Ursachen

- Außenjalousien werden zur Verdunkelung herunter gelassen oder fahren bei Sonneneinstrahlung automatisch herunter und verhindern dadurch solare Wärmeträge.



Lösungen

- Innenliegende Vorhänge oder Rollos zur Verdunkelung nutzen!
- Außenjalousiensteuerung optimieren!



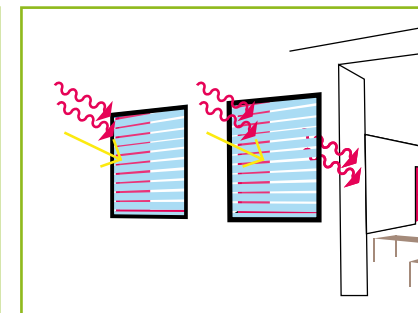
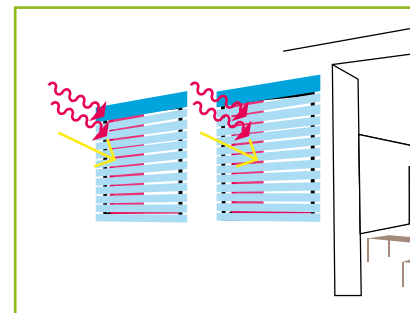
Checkliste für Nutzer*innen:

1. Zur Verdunkelung der Klassenräume, z. B. bei Benutzung von interaktiven Whiteboards oder Beamern, nur innenliegende Rollos oder Vorhänge nutzen, damit weiterhin Sonnenwärme in den Raum gelangen kann (solare Wärmeträge).
2. Für die Außenjalousiensteuerung muss eine Einstellung für den Winterbetrieb eingerichtet werden, die das automatische Herunterfahren der Außenjalousien bei Sonneneinstrahlung verhindert.
3. Techniker*in informieren



Technische Erläuterung der Ursachen

Außenjalousien halten nicht nur den Lichtanteil der Sonnenstrahlung aus dem Raum fern, sondern auch den Wärmeanteil. Im Winter geht bei geschlossenen Jalousien so ein wichtiger Wärmeeintrag verloren (linkes Bild). Innenliegende Rollos oder Vorhänge halten dagegen nur das Sonnenlicht draußen und lassen gleichzeitig die Wärmestrahlung in den Raum (rechtes Bild).



5.2 Wärmequellen werden nicht ausreichend oder falsch genutzt



Mögliche Ursachen

- Räume sind nicht mit der vorgesehenen Zahl von Personen belegt (Unterbelegung).
- Nutzungs- und Heizzeiten stimmen nicht überein.



Lösungen

- Raumbelastung anpassen!
- Einstellungen der Heizungsregelung anpassen!



Checkliste für Nutzer*innen:

1. Die Schulleitung sollte die von der Bauplanung her vorgesehene Raumbelastung bei der Raumplanung nach Möglichkeit berücksichtigen.
2. Unterschreitet die Klassengröße die vorgesehene Sollzahl deutlich, sollte überlegt werden, ob ggf. Raumnutzungen mit anderen Schülergruppen getauscht werden können.
3. Werden die Räume zu anderen Zeiten genutzt als ursprünglich vorgesehen: Techniker*innen informieren



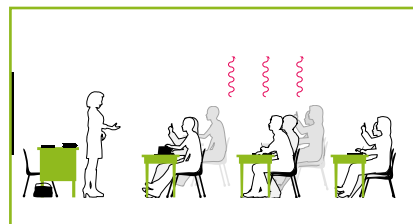
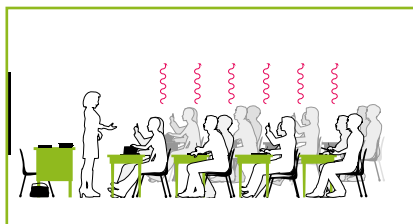
An Techniker*in:

Heizzeiten an veränderte Nutzung anpassen



Technische Erläuterung der Ursachen

Für den energieeffizienten Wärmehaushalt in Passivhausgebäuden werden u.a. die sogenannten inneren Wärmeeinträge genutzt. Neben elektrischen Wärmequellen strahlen auch Menschen Wärmeenergie in Höhe von ca. 60 bis 100 W pro Person ab. In der Bauplanung werden dafür die geplanten Klassengrößen für die jeweiligen Räume zugrunde gelegt (linkes Bild). Unterschreitet anschließend die tatsächliche Klassengröße die geplante, kann es zu Unterbelegung der Räume kommen. Die inneren Wärmequellen reichen dann nicht mehr aus, einen ausreichenden Wärmeeintrag zu leisten und es muss zugeheizt werden (rechtes Bild).



Störung:

6. Im Winter ist die Luft zu trocken

Mögliche Gründe:

- 6.1 Es wird zu viel gelüftet
- 6.2 Die Luft ist zu warm

Bitte beachten sie:



Mögliche Ursache



Checkliste



Lösung



Technische Erläuterungen



Anmerkung an Techniker

6.1 Es wird zu viel gelüftet



Mögliche Ursache

- Durch häufige Luftwechsel sinkt die relative Luftfeuchte.



Lösungen

- Luftwechselrate während Nutzungszeiten (Unterrichtszeit) senken!
- Zusätzliches Lüften über die Fenster im Winter vermeiden!



Checkliste für Nutzer*innen:

1. Mit einer CO₂-Ampel oder -Messgerät den CO₂-Gehalt der Luft überprüfen. → *Checkliste Messung Raumluftqualität (Anhang I)*
2. Mit einem Hygrometer die relative Luftfeuchtigkeit messen! → *Checkliste Messung Raumluftqualität (Anhang I)*
3. Liegen konstant niedrige CO₂-Werte (< 900 ppm) bzw. zu niedrige Werte der relativen Luftfeuchtigkeit vor (< 40 %), sind dies Hinweise darauf, dass die Regelung für die Volumenströme neu konfiguriert werden sollte.
4. In diesen Fällen Techniker*in informieren



An Techniker*in:

- Luftwechselrate an der Volumenstromregelung senken
- Lüftung außerhalb der Nutzungszeiten abschalten



Technische Erläuterung der Ursache

Verbrauchte Atemluft enthält mehr relative Feuchte als frische Außenluft. Insbesondere im Winter ist die Außenluft besonders trocken. Durch häufiges Lüften sinkt daher auch in den Klassenräumen die relative Feuchte. Trockene Luft wird als kälter empfunden und reizt außerdem die Atemwege, wodurch die Häufigkeit von Erkältungen ansteigt.

Die Raumluftqualität kann auch mit einem geringeren Luftwechsel in einen akzeptablen Bereich gebracht werden. CO₂-Werte bis 1.500 ppm sind akzeptabel. Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 40 und 60 % und einer Lufttemperatur von 20 bis 22 °C ist das menschliche Wohlbefinden am größten. Niedrige CO₂-Werte und geringe Luftfeuchte der Raumluft sind Hinweise darauf, dass zu viel gelüftet wurde.

Siehe *Abbildung „Magisches Dreieck“* nächste Seite im *Kapitel 6.2 „Die Luft ist zu warm“*.

6.2 Die Luft ist zu warm



Mögliche Ursachen

- Die Zulufttemperaturen der Lüftungsanlage sind zu hoch eingestellt.
- Die Raumtemperatur der Heizungsregelung ist zu hoch eingestellt.



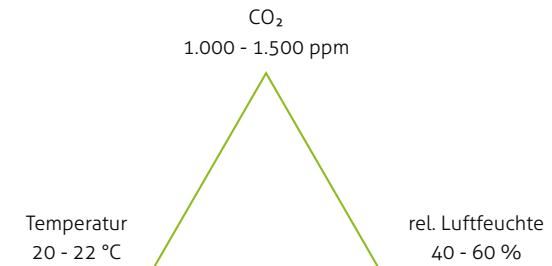
Lösungen

- An der Wärmerückgewinnung bzw. Nacherhitzung niedrigere Zulufttemperaturen einstellen!
- An der Heizungsregelung niedrigere Temperaturen einstellen!



Checkliste für Nutzer*innen:

Siehe *Kapitel 1.3 „Die Luft ist zu warm und fühlt sich deshalb schlecht an“*



Das „*Magische Dreieck der Raumluft*“ zeigt exemplarisch, welche Zielkonflikte bei der Herstellung guter Raumluftqualität entstehen können. Wird z.B. stark geheizt, senkt dies die relative Luftfeuchte herab, weil warme Luft mehr Luftfeuchte aufnehmen kann.

Wird beispielsweise gelüftet (wie im *Kapitel 6.1 „Es wird zu viel gelüftet“*) gelangt kalte, trockene Zuluft in den warmen Raum und senkt so die relative Luftfeuchte herab.

Wird die Luft erwärmt, sinkt bei sonst gleichen Bedingungen die relative Luftfeuchte, die Luft wird trockener. Eine Temperaturerhöhung von 3K senkt die relative Luftfeuchte um 10 %. Wird beispielsweise die Temperatur im Raum von den maximal empfohlenen 22 auf 25 °C erwärmt, sinkt die relative Luftfeuchte von beispielsweise 50 auf 40 %.

Für eine ausführliche Erläuterung des „*Magischen Dreiecks*“ siehe *Teil C „Planer*innen“ Kapitel 4.2 „Trockene Luft vermeiden“*.

Für eine Darstellung des Zusammenhangs von Temperatur und Luftfeuchte siehe *Kapitel 5.1 „Kalte Luft gelangt in das Gebäude“*.

Störung:

7. Energieverbrauch ist höher als erwartet

Mögliche Gründe:

- 7.1 Heizenergieverbrauch ist höher als notwendig
- 7.2 Stromverbrauch ist höher als notwendig

Bitte beachten sie:



Mögliche Ursache



Checkliste



Lösung



Technische Erläuterungen



Anmerkung an Techniker

7.1 Heizenergieverbrauch ist höher als notwendig



Mögliche Ursachen

- Verschiedene, oben genannte Fehler und Mängel bzw. falsche Nutzung führen zu hohem Heizenergieverbrauch.



Lösungen

- Siehe Abschnitt 5 „Im Winter ist es zu kalt!“



Technische Erläuterung der Ursachen

Die Gründe für einen höher als erwarteten Heizenergieverbrauch sind vielfältig:

- Die Räume werden durch die Heizung oder die Nacherhitzung der Lüftungsanlage auf über 20 °C erhitzt.
- Offene Fenster und Türen sind im Winter ein Problem für Passivhäuser, da sie zu einer Auskühlung des Gebäudes führen. Solche Verluste sind nach Möglichkeit zu vermeiden.
- Im Winter sollten die Jalousien immer offen bleiben. Solare Erträge sind zur Beheizung des Gebäudes fest eingeplant und sollten nicht durch „Verdunkelung“ verhindert werden: als Blendschutz im Unterricht stets Innenjalousien nutzen.

Teilweise weist die Technik Mängel auf oder wurde fehlerhaft eingebaut.

Oft finden sich die Nutzer*innen mit der für sie neuen und komplexen Gebäudetechnik nicht zurecht. Teils ist auch die Einregulierungsphase noch nicht abgeschlossen, die für jedes hochtechnisierte Gebäude notwendig ist.

In den häufigsten Fällen ist es jedoch ein Zusammenspiel aus mehreren Ursachen. Wichtig ist es, den Heizenergieverbrauch im Blick zu behalten und seine Entwicklung zu verfolgen. Nur so kann kontrolliert werden, ob es Fehler oder Schwierigkeiten bei der Nutzung gibt.

7.1 Heizenergieverbrauch ist höher als notwendig



Mögliche Ursachen

- Die Heizzeiten und -temperaturen sind nicht auf Passivhausniveau abgestimmt.



Lösung

- Heizungsregelung auf Passivhausniveau anpassen!



Checkliste für Nutzer*innen:

1. Regelmäßige Messungen der Raumtemperatur vornehmen
2. Empfohlene Raumtemperatur von 20 -22 °C beachten
3. Bei Abweichungen: Techniker*in informieren
4. Nutzerschulungen anregen



Technische Erläuterung der Ursachen

Sind die Heizzeiten- und -temperaturen nicht explizit auf die Gegebenheiten eines Passivhauses eingestellt (sondern so programmiert, wie in jedem herkömmlichen Gebäude), entstehen Verschiebungen bezüglich der zu erzielenden Raumtemperaturen. Diese bewirken ggf. einen erheblichen Mehrverbrauch.



Passivhausgebäude erfordern eine angepasste Heizungsregelung verglichen zu konventionellen Bauarten.

7.1 Heizenergieverbrauch ist höher als notwendig



Mögliche Ursache

- Das Temperaturniveau im Gebäude ist höher als in der Berechnung angenommen.



Lösung

- Realitäts-Check: Berechnung vs. tatsächliche Nutzung!



Checkliste für Nutzer*innen:

1. Regelmäßige Messungen der Raumtemperaturen und des CO₂-Gehalts vornehmen
2. Empfohlene Raumtemperatur von 20 -22 °C beachten
3. Belegung des Raumes überdenken (Raumplanung, Raumbelegung), z. B für kleine Gruppen kleinere Räume wählen.
4. Nutzerschulungen anregen



Technische Erläuterung der Ursache

Die Berechnung der Energieverbräuche von Gebäuden bei der Planung erfolgt auf Basis theoretischer, in Normen und Verordnungen festgelegter Werte. Liegt das Temperaturniveau im Gebäude (unter Umständen aus berechtigten Gründen) höher, als in der Berechnung angenommen wurde, ist der Wärmeenergieverbrauch folglich auch höher.



„Lernlandschaft“ wird unterschiedlich stark genutzt. Raum- und Temperaturplanung wird dadurch schwierig.

7.2 Stromverbrauch ist höher als notwendig



Mögliche Ursachen

- Verschiedene, oben genannte Fehler und Mängel bzw. falsche Nutzung führen zu hohem Stromverbrauch.



Für Lösungen siehe Kapitel

- 4.2 ‚Es gibt hohe innere Wärmelasten: Elektrische Verbraucher erzeugen Wärme‘
- 4.2 ‚Es gibt hohe innere Wärmelasten: Überdimensionierte Beleuchtung heizt Räume auf‘



Technische Erläuterung der Ursachen

Die Gründe für einen höher als erwarteten Stromverbrauch sind vielfältig: Teilweise weist die Technik Mängel auf oder wurde fehlerhaft eingebaut. In mancher Hinsicht finden sich die Nutzer*innen mit der Gebäudetechnik nicht zurecht. Teils ist auch die Einregulierungsphase noch nicht abgeschlossen, die für jedes hochtechnisierte Gebäude notwendig ist.

In den meisten Fällen ist es jedoch ein Zusammenspiel aus mehreren Ursachen. Wichtig ist, den Stromverbrauch im Blick zu behalten und seine Entwicklung zu verfolgen. Nur so kann kontrolliert werden, ob es Fehler oder Schwierigkeiten bei der Nutzung gibt.



Drehschalter für Abschalten der Lüftung



Präsenzmelder für Beleuchtung

7.2 Stromverbrauch ist höher als notwendig



Mögliche Ursachen

- Lüftungsanlagen laufen länger als nötig.
- Die Lüftungsanlage wird nachts zum Abtransport von Wärme verwendet (freie Nachtkühlung) anstatt passive Möglichkeiten auszuschöpfen.



Lösungen

- Nutzungszeiten der raumlufttechnischen Anlage regelmäßig anpassen!
- Siehe weiterhin Kapitel
 - 1.2 ‚Es treten Zuglufterscheinungen auf: Die Luftmengen sind zu hoch eingestellt‘
 - 6.2 ‚Es wird zu viel gelüftet‘
- Nachts passive Möglichkeiten zur Wärmeabfuhr nutzen!



Checkliste für Nutzer*innen:

1. An Techniker*in Nutzungszeiten / Raumnutzungsplanung zur Einrichtung bedarfsgerechter Lüftungszeiten übermitteln. → Kapitel 1.2 und 6.2
2. Nachts kann ggf. über die Fenster und Deckenluken kühle Luft in das Gebäude gebracht werden.
3. Hierbei müssen aber sicherheitstechnische Aspekte beachtet werden, z. B. Witterungsschutz, Einbruchsicherung und Schutz vor Tieren.
4. Techniker*in bitten, nachts passive Lüftung durchzuführen



Technische Erläuterung der Ursachen

Lüftungsanlagen sind die technischen Einrichtungen in energieeffizienten Gebäuden, die den Nutzer*innen und auch den betreuenden Techniker*innen am wenigsten vertraut sind. Die Anforderungen der Nutzer*innen an die Raumluftqualität sind hoch und die Planer*innen sind daher oft versucht, sehr hohe Luftwechselraten einzustellen. Häufig gilt jedoch in dieser Hinsicht: weniger ist mehr.

Lüftungsanlagen müssen nicht dauerhaft laufen und die Luftwechselrate ist so zu wählen, dass ein ausreichender Luftaustausch gewährleistet wird.

Störung:

8. Verzernte Erwartungen im Vorfeld

Mögliche Gründe:

Zu hohe oder zu geringe Erwartungen an Gebrauchsgüte des Gebäudes

Bitte beachten sie:



Mögliche Ursache



Checkliste



Lösung



Technische Erläuterungen

8. Zu hohe oder zu geringe Erwartungen an Gebrauchsgüte des Gebäudes



Mögliche Ursachen

- Sehr positive Kommunikation im Vorfeld erzeugt überhöhte Erwartungen.
- Befürchtungen und teilweise schlechte Erfahrungen erzeugen im Vorfeld negative Erwartungen.



Lösung

- Transparente Kommunikation für realistische Erwartungen!



Checkliste für Nutzer*innen:

1. Vor der Inbetriebnahme und während der Einregulierungsphase regelmäßig mit Techniker*innen kommunizieren, damit Ausstattung und Systemeinstellungen optimal an Nutzerwünsche angepasst werden können;
2. Vor der Inbetriebnahme und während der Einregulierungsphase bei Schulleitung und Planer*innen eine Infoveranstaltung und Schulbegehung anregen und daran teilnehmen.
3. Auf der Infoveranstaltung sollen alle Betroffenen (Nutzer*innen, Techniker*innen, Planer*innen) gemeinsam über Erwartungen und Befürchtungen sowie über Nutzermitwirkung/ Nutzerverantwortung sprechen und gemeinsam Lösungen ausarbeiten.



Technische Erläuterung der Ursachen

Durch die einseitige - sehr positive oder sehr negativ kritische - Kommunikation im Vorfeld werden überhöhte Erwartungen oder Befürchtungen der Nutzer*innen bzgl. Behaglichkeit, Komfort und Technik erzeugt. Nutzer*innen gehen dann im ersten Fall davon aus, dass das Gebäude ohne weiteres Zutun automatisch im Optimalbetrieb läuft. Im Betrieb können die zu hohen Erwartungen dann schnell enttäuscht werden.

Im anderen Fall glauben Sie, dass das Gebäude in keiner Weise ihren Anforderungen gerecht wird und sehen sich dann durch erste kleinere Probleme und Schwierigkeiten in ihren Vorahnungen bestätigt. Dieses Misstrauen zu beseitigen, erfordert sehr viel Aufklärungs- und Vertrauensarbeit durch Schulträger und externe Techniker*innen.

Störung:

9. Mangelnde Identifikation – Passivhaus ist kein Thema

Möglicher Grund:

Mangelnde Kommunikation von Leistungen, Erfolgen und Fehlern

Bitte beachten sie:



Mögliche Ursache



Checkliste



Lösung



Technische Erläuterungen

9. Mangelnde Kommunikation von Leistungen, Erfolgen und Fehlern



Mögliche Ursachen

- Schulleitung und Hausmeister*innen werden nach der Übergabe allein gelassen.
- Daten und Informationen werden nicht herausgegeben.



Lösungen

- Schulträger für Unterstützung anfragen!
- Öffentlichkeitsarbeit betreiben!
- Transparenz bezüglich Daten und Informationen schaffen!



Checkliste für Nutzer*innen:

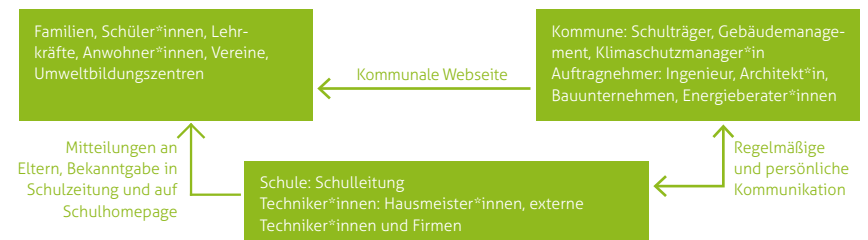
1. Im Rahmen von Projektwochen/Projekttagen Plakate und Tafeln erstellen, die auf die Klimaschutzwirkung, Energieeinsparung und richtige Nutzung des Gebäudes aufmerksam machen, und im Schulgebäude aufhängen/aufstellen.
2. Am Tag der offenen Tür mit Plakaten, Führungen durch das Schulgebäude und Wissensquiz die Besucher*innen auf das Thema aufmerksam machen
3. Einrichtung einer Schul-Homepage mit Hinweis auf Sanierungs-/Neubaumaßnahmen und deren Klimaschutzwirkung sowie auf weitere Klimaschutzaktivitäten an der Schule.
4. Schulleitung und Lehrkräfte müssen proaktiv beim Schulträger Informationen zu Funktionsweise, Nutzen und Energie- und Treibhausgaseinsparung erfragen.
5. Ggf. kann auch bei betreuenden (Wartungs-)Firmen nach Zahlen gefragt werden



Technische Erläuterung der Ursachen

Oft werden Schulleitungen und Hausmeister*innen nach der Übergabe mit dem Gebäude allein gelassen. Nach der Inbetriebnahme findet keine Öffentlichkeitsarbeit statt und das Gebäude wird nicht mehr als Vorzeigeprojekt beworben. Öffentlichkeitsarbeit ist in diesem Fall sehr hilfreich, um das öffentliche Interesse am Klimaschutz im Schulgebäude zu wecken. Eine Unterstützung durch den Schulträger hierbei ist eine hinreichende Voraussetzung.

Aufgrund von Unsicherheiten auf Verwaltungs- und Planungsebene, Zielvorgaben eventuell nicht einhalten zu können, werden Daten und Informationen teilweise nicht an Nutzer*innen herausgegeben. Dadurch fehlt es den Nutzer*innen jedoch an Transparenz. Eine offene Kommunikation von Herausforderungen im Betrieb kann hingegen zu größerem Verständnis bei den Nutzer*innen und einer besserer Nutzung beitragen.



Wer gehört zur Zielgruppe der Techniker*innen?

- Interne Techniker*innen
 - Hausmeister*innen bzw. technisch zuständige Personen
- Externe Techniker*innen und externe Firmen
 - Installateure und Zulieferer: Elektro-, Sanitär-, Klima- & Lüftungstechnik
 - Energieberatung und Energietechnik
 - Dienstleistung und Lieferanten: Wartung und Reparatur, Garantieleistungen, Ersatzteile, Ferndiagnose

Was macht die Zielgruppe aus?

Techniker*innen sind eine besonders heterogene Gruppe. Sie vertreten unterschiedliche Gewerke und Sektoren, arbeiten für externe Auftragnehmer oder sind fest in den Schulbetrieb eingebunden und können viel oder wenig Nutzerkontakt haben.

Sie sind die Grundlage für das reibungslose Funktionieren des Passivhaus-Gebäudes im täglichen Betrieb. Planungstechnische Fehler oder Mängel müssen sie möglichst frühzeitig erkennen, melden und beheben, um größere Schäden, Verzögerungen oder Effizienzverluste zu verhindern. Sie müssen einerseits die strengen klima- und energietechnischen Vorgaben erfüllen und andererseits die Wünsche und Bedürfnisse der Nutzer*innen berücksichtigen. Sie sind verantwortlich für den sparsamen Betrieb und die möglichst schnelle Meldung von Mängeln und Beseitigung von Störungen.

In der Gruppe der Techniker*innen sind besonders die Hausmeister*innen von den (gefühlten) Unzulänglichkeiten im Gebäudebetrieb direkt betroffen. Treten Schwierigkeiten auf, bekommen sie den Unmut der Nutzer*innen unmittelbar zu spüren. Läuft der Betrieb reibungslos, wird dagegen selten Lob geäußert. Die Arbeit der Techniker*innen erfordert also auch ein hohes Maß an regelmäßiger und transparenter Kommunikation in alle Richtungen (andere Techniker*innen, Nutzer*innen sowie Planer*innen).

Weiterhin ist es dringend erforderlich, dass die Hausmeister*innen bereits vor Inbetriebnahme und während der Einregulierungsphase in ständigem Kontakt mit den externen Firmen stehen und von diesen in alle Bereiche der Gebäudetechnik ausführlich eingewiesen werden. Sie müssen sich mit den Funktionsweisen des Gebäudes auseinandersetzen und lernen, inwieweit Automatisierung den manuellen Betrieb ersetzt und welche individuellen Einflussmöglichkeiten sie nutzen können.

Externe Techniker*innen müssen bereits während der Planungs-, Bau- und Einregulierungsphase mit Planer*innen in ständigem Kontakt stehen, um mit allen notwendigen Informationen und Einflussmöglichkeiten ausgestattet zu werden.

Störung:

1. Die Raumluft wird als schlecht empfunden

Mögliche Gründe:

- 1.1 Es findet real ein zu geringer Luftwechsel statt
- 1.2 Es treten Zuglufterscheinungen auf
- 1.3 Die Luft ist zu warm und fühlt sich deshalb schlecht an

Bitte beachten sie:



Hier Jahreszeit beachten!



Checkliste



Mögliche Ursache



Technische Erläuterungen



Lösung

1.1 Es findet real ein zu geringer Luftwechsel statt



Mögliche Ursachen

- Die Luftmengen (Volumenströme) der raumlufttechnischen Anlage (RLT) sind zu niedrig eingestellt.
- Die Regelzeiten der RLT sind falsch konfiguriert bzw. die Präsenzerfassung funktioniert nicht.
- Die Regelung für die Volumenströme der RLT ist defekt.
- Die Lüftungsauslässe sind zugestellt oder verdeckt.



Jahreszeit: Ganzjährig



Lösungen

- Regelung für Volumenströme der RLT neu konfigurieren oder reparieren:
 - Volumenströme höher einstellen!
 - Regelzeiten neu konfigurieren bzw. Präsenzerfassung reparieren!
 - Regelung für Volumenströme reparieren!
- Lüftungsauslässe freimachen!



Checkliste für Techniker*innen:

1. Siehe *Checkliste RLT & Regelung (Anhang II)*.
2. Messung unter „realen“ Bedingungen mit leerem Raum und simuliertem Lüftungsbedarf. Siehe *Checkliste Messung der Luftqualität (Anhang I)*.
3. Korrektur der Luftwechselrate bzw. Volumenstromregelung neu konfigurieren



Technische Erläuterung der Ursache

Die Folge von zu niedrig eingestellten Luftmengen ist ein Anstieg des CO₂-Gehalts in der Luft. Während frische Außenluft einen CO₂-Wert von 400 ppm aufweist, gilt die ab CO₂-Werten von etwa 1.500 ppm Raumlufte als verbraucht. Als Richtwerte sind gemäß Best-Practice aus dem Projekt Volumenströme von 15-20 m³ Zuluft pro Stunde und Person sinnvoll. Das entspricht einer Luftwechselrate von ca. zweimal pro Stunde.

Oftmals werden aber höhere Richtwerte (z. B. in der DIN) angegeben. Dies liegt daran, dass bei der Bauabnahme die Luftmengen an den Lüftungsgittern und Auslässen normalerweise unter Vollast – also auf maximaler Leistung – der RLT gemessen werden. Die Ergebnisse sind aber wenig hilfreich für die tatsächliche Belegungsdichte im Betrieb. Entscheidend ist daher die tatsächliche Luftmenge von Zu- und Abluft im Raum unter realistischen Bedingungen. Im Alltag sind die benötigten Luftmengen nämlich geringer.

1.1 Es findet real ein zu geringer Luftwechsel statt



Mögliche Ursachen

- Der Raum ist überbelegt.
- Nutzungs- und Lüftungszeiten stimmen nicht überein.



Jahreszeit: Ganzjährig



Lösungen

- Raumnutzung anpassen!
- Zusätzliche Lüftung über Fenster prüfen!
- Ggf. dezentrale Lüftungsanlage nachrüsten!*
- Einstellung der Lüftungszeiten anpassen!



Checkliste für Techniker*innen:

1. CO₂-Ampel oder -Messgerät nachrüsten, um Werte regelmäßig überprüfen zu können; für Langzeitmessungen Datenlogger installieren.
2. Insbesondere im Winter sollten bei der Raumbelugung die technischen Kapazitäten der Lüftungsanlage / Volumenstromwerte beachtet werden.
3. Ggf. muss zusätzliches Lüften über Fenster ermöglicht werden.
4. Lehrkräfte bei optimaler Raumbelugung unterstützen!
5. Ggf. kann eine dezentrale Lüftungsanlage nachgerüstet werden.*
6. Einstellungen für die Nutzzeiten an der RLT an tatsächliche Nutzungszeiten anpassen



Technische Erläuterung der Ursache

Ist der Klassenraum überbelegt, verbrauchen die Personen im Raum mehr Luft, als durch die fest installierte Lüftungsanlage ausgetauscht werden kann. Abhilfe können dann nur noch zusätzliche Fensterlüftung (kurzfristig), Neuplanung der Raumbelugung (mittelfristig) sowie das Nachrüsten einer dezentralen Lüftungsanlage (mittel- bis langfristig) schaffen.

Als Richtwerte für die maximale Belegungsdichte von Klassenräume sollten wenigstens 2,5 m² pro Person, optimalerweise aber 3 m² pro Person eingehalten werden.

* Das Nachrüsten dezentraler Lüftungsanlagen ist mit einem hohen zusätzlichen Kostenaufwand verbunden und daher oft eine sehr unsichere Option.

1.2 Es treten Zuglufterscheinungen auf



Mögliche Ursachen

- Die Luftmengen (Volumenströme) der raumluftechnischen Anlage (RLT) sind zu hoch eingestellt.
- Die Regelzeiten der RLT sind falsch konfiguriert bzw. die Präsenzerfassung funktioniert nicht.
- Die Regelung für die Volumenströme der RLT ist defekt.



Jahreszeit: Ganzjährig



Lösungen

- Regelung für Volumenströme der RLT neu konfigurieren oder reparieren:
 - Volumenströme niedriger einstellen!
 - Regelzeiten neu konfigurieren bzw. Präsenzerfassung reparieren!
 - Regelung für Volumenströme reparieren!



Checkliste für Techniker*innen:

1. Siehe *Checkliste RLT & Regelung (Anhang II)*
2. Messung unter „realen“ Bedingungen mit leerem Raum und simuliertem Lüftungsbedarf (siehe Checkliste Messung der Luftqualität (Anhang I))
3. Korrektur der Luftwechselrate bzw. Volumenstromregelung neu konfigurieren



Technische Erläuterung der Ursache

Wird ein CO₂-Gehalt in der Luft von unter 900 ppm gemessen, ist dies ein Hinweis darauf, dass die Volumenströme zu hoch eingestellt sind.

Außerdem senken hohe Zuluftmengen die relative Luftfeuchte im Raum, wodurch die Luft als kalt und die Luftwechsel als Zugluft wahrgenommen werden.*

Als Richtwerte sind Volumenströme von 15-20 m³ Zuluft pro Stunde und Person sinnvoll (Best-Practice aus dem Projekt). Das entspricht einer Luftwechselrate von ca. zweimal pro Stunde.

*Dies ist der Fall, wenn die Luftfeuchte der Außenluft geringer ist als im Gebäude bzw. Klassenraum.



Defekte Volumenstromregler können häufig Ursache von Störungen sein.

1.2 Es treten Zuglufterscheinungen auf



Mögliche Ursache

- Die Zulufttemperatur ist zu niedrig eingestellt.



Jahreszeit: Winter / Heizperiode



Lösungen

- An der Wärmerückgewinnung (WRG) bzw. Nacherhitzung höhere Zulufttemperaturen einstellen!



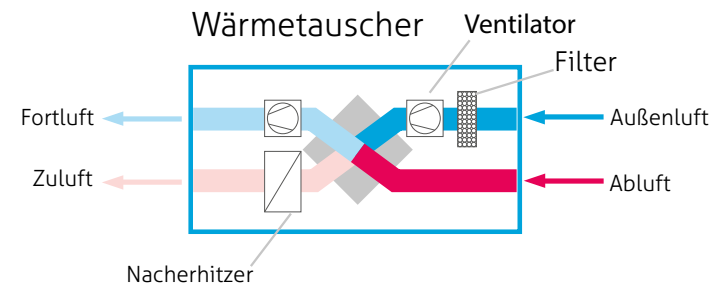
Checkliste für Techniker*innen:

1. Liegt die Zulufttemperatur unter 18 °C, müssen WRG und Nacherhitzung überprüft und ggf. höhere Zulufttemperaturen eingestellt werden.
2. Siehe *Checkliste RLT & Regelung (Anhang II)*



Technische Erläuterung der Ursache

Ist die einströmende Zuluft zu kalt, wird der Luftstrom als Zugluft wahrgenommen. Reicht bei zu niedrigen Außentemperaturen die Raumwärme nicht aus, um die kalte Außenluft mithilfe der WRG ausreichend aufzuwärmen, sollte automatisch eine Nacherhitzung eingeschaltet werden.



Schematische Darstellung eines Kreuzwärmetauschers mit nachgeschaltetem Nacherhitzer.

1.2 Es treten Zuglufterscheinungen auf



Mögliche Ursachen

- Die Luftführung oder Lüftungsauslässe sind an der falschen Stelle platziert oder die Sitzordnung hat sich geändert.



Jahreszeit: Ganzjährig



Lösungen

- Lüftungsauslässe nachjustieren bzw. Sitzordnung ändern!



Checkliste für Techniker*innen:

1. Luftführung an den Lüftungsauslässen (Drallauslässen oder Lüftungsgittern) prüfen und ggf. nachjustieren
2. Luftmenge einzelner Auslässe bauseitig reduzieren
3. Dafür ggf. bei anderen Auslässen Volumenstrom erhöhen
4. Lüftungsauslässe auf keinen Fall abkleben
5. Nach den Maßnahmen Luftqualität mit Messgerät überprüfen → *Checkliste Messung der Luftqualität (Anhang I)*
6. Lehrkräfte dabei unterstützen, die Sitzordnung leicht zu verändern



Technische Erläuterung der Ursache

Die wichtigste Aufgabe der Lüftungsauslässe ist die gleichmäßige Verteilung der frischen Luft (Zuluft) im Klassenraum. Dies kann z.B. über die Drallauslässe, Gitter oder Düsen geschehen. Die Lüftungsauslässe sollen so platziert sein, dass sich niemand durch die Luftbewegung gestört fühlt. Ändert sich der Sitzplan, kann es an manchen Stellen zu Störungen kommen.



Prüfung der Luftströmung mit Feder.

1.3 Die Luft ist zu warm und fühlt sich deshalb schlecht an



Mögliche Ursachen

- a) Die Zulufttemperatur ist zu hoch eingestellt.
- b) Die Raumtemperatur ist zu hoch eingestellt.



Jahreszeit: Winter / Heizperiode



Lösungen

- zu a) An der Wärmerückgewinnung bzw. Nacherhitzung niedrigere Zulufttemperaturen einstellen!
- zu b) An der Heizungsregelung/Raumregelung niedrigere Temperaturen einstellen!



Checkliste für Techniker*innen:

1. Zuluft- und Raumtemperatur mit Messgerät überprüfen
2. Weiter siehe Checkliste *RLT & Regelung (Anhang II)*

1.3 Die Luft ist zu warm und fühlt sich deshalb schlecht an



Mögliche Ursachen

- Die Anlage läuft im Winterbetrieb, obwohl die Außentemperatur in der Übergangszeit phasenweise bereits über dem Sollwert liegen..



Jahreszeit: Übergangszeit



Lösungen

- Sommer/Winter (SoWi)-Umschaltung einrichten und auslösen!



Checkliste für Techniker*innen:

1. Programm für Sommer sowie Winter, insbesondere Sollwerte der Temperatur, in der Regelung der RLT einrichten
2. Umschaltung sollte per einfachen Knopfdruck ausgelöst werden können
3. Tagsüber Außentemperaturen mit Messgerät prüfen bzw. Wetterbericht verfolgen.
4. Sobald tagsüber die Außentemperaturen die Sollwerte (des Winterprogramms) überschreiten, manuell auf Sommerprogramm umschalten

1.3 Die Luft ist zu warm und fühlt sich deshalb schlecht an



Mögliche Ursachen

- a) Die Zuluft erwärmt sich auf ihrem langen Weg durch das Lüftungskanalsystem im Gebäude.
- b) Elektrische Geräte und Personen strahlen Wärme ab.



Jahreszeit: Ganzjährig



Lösungen

- zu a) Zuluftkanäle richtig isolieren!
- zu b) Elektrische Geräte und Personen strahlen Wärme ab. Siehe hierfür *Kapitel 4.2 „Es gibt hohe innere Wärmelasten“!*



Checkliste für Techniker*innen zu a:

1. Messung der Zulufttemperatur am Lüftungsauslass der im Lüftungssystem am weitesten hinten gelegenen Räume
2. Erfassung der Temperatur am Sensor des Lüftungsgerätes
3. Ist der Unterschiedbetrag der Temperatur zwischen Lüftungsgerät und Lüftungsauslass > 1 K, sind die Lüftungskanäle wahrscheinlich unzureichend isoliert.
4. In diesem Fall nachträgliche Isolierung der Lüftungskanäle beantragen

Störung:

2. Durch die Anlage verursachte Geräusche stören

Mögliche Gründe:

- 2.1 Es tritt ein erhöhter Geräuschpegel durch technische Mängel der Anlage auf
- 2.2 Die raumluftechnische Anlage (RLT) erzeugt technisch übliche aber für Nutzer*innen ungewohnte Geräusche

Bitte beachten sie:



Mögliche Ursache



Checkliste



Lösung



Technische Erläuterungen

2.1 Es tritt ein erhöhter Geräuschpegel durch technische Mängel der Anlage auf



Mögliche Ursachen

- Die Luftverteilung in der raumluftechnischen Anlage (RLT) ist nicht richtig geregelt.
- Lose Teile (wie z.B. lockere Schrauben oder Verkleidungen) und scharfe Kanten ragen in den Lüftungskanal.
- Die Filter der RLT sind verstopft.
- Luftwechselraten bzw. Luftmengen (Volumenströme) sind zu hoch eingestellt.



Lösungen

- Luftverteilung optimieren!
- Technische Mängel beheben!
- Luftwechselrate bzw. Volumenströme während Nutzungszeiten (Unterrichtszeiten) senken!



Checkliste für Techniker*innen:

1. Siehe *Checkliste RLT & Regelung (Anhang II)*
2. Ursache der Geräusche suchen und beseitigen
3. Einstellungsprofile Pausenbetrieb / Unterrichtsbetrieb einrichten



Technische Erläuterung der Ursachen

Schlechte Luftverteilung verursacht Strömungsgeräusche, z.B. durch den Abbau von Druck an stark gedrosselten Volumenstromreglern. Ebenso erhöhen zu hohe Luftwechselraten den Geräuschpegel. Letztlich können auch lose Teile und scharfe Kanten, die in den Luftstrom ragen, unangenehme Geräusche verursachen.



Druckmessung zur Volumstromberechnung an der RLT.

2.2 Die raumlufttechnische Anlage (RLT) erzeugt technisch übliche aber für Nutzer*innen ungewohnte Geräusche



Mögliche Ursache

- Nutzer*innen fühlen sich von Lüftungsgeräuschen gestört, weil sie diese nicht gewohnt sind.



Lösung

- Nutzerschulung durchführen!



Checkliste für Techniker*innen:

1. Messung der Luftwechsel unter realen Bedingungen. → *Checkliste Messung der Luftqualität (Anhang I)*
2. Veröffentlichung der Ergebnisse von Messungen im Lehrerkollegium
3. Mitarbeit bei Nutzerschulung



Technische Erläuterung der Ursache

Nutzer*innen fühlen sich von Lüftungsgeräuschen gestört. Diese müssen nicht notwendigerweise die vorgeschriebenen Richtwerte von 35 dB gemäß DIN 1409 überschreiten. Oftmals sind Lüftungsgeräusche neu und ungewohnt oder führen zu Verunsicherungen, weil ihre Herkunft unbekannt ist und die Nutzer*innen mit der Funktionsweise der RLT nicht vertraut sind.

Lehrerfortbildungen bieten dem Lehrpersonal aber auch Hausmeister*innen den Raum, Erfahrungen auszutauschen sowie Verständnis für die neuartige Gebäudetechnik und eventuelle Interessenskonflikte zu entwickeln.

Hausmeister*innen wird daher empfohlen, auch an solchen Schulungen teilzunehmen, weil sie dort einerseits Argumente für manchmal unpopuläre Energiesparmaßnahmen mitgegeben bekommen und andererseits Unterstützung durch externe, technische Sachverständige für ihre (teilweise schwierige) Position erhalten.

Störung:

3. Türen lassen sich schlecht öffnen

Mögliche Gründe:

- 3.1 Druckverhältnisse sind nicht ausgewogen
- 3.2 Türen sind (zu) schwer

Bitte beachten sie:



Mögliche Ursache



Checkliste



Lösung



Technische Erläuterungen

3.1 Druckverhältnisse sind nicht ausgewogen



Mögliche Ursache

- Bei Druckunterschieden lassen sich Türen schwerer öffnen.



Lösung

- Korrekturen an der Regelung der raumlufttechnischen Anlage (RLT) in den betroffenen Bereichen vornehmen!



Checkliste für Techniker*innen:

1. Siehe *Checkliste RLT & Regelung (Anhang II)*
2. Volumenstromregelung kontrollieren
3. Raum-, Brandabschnitts- und Außentüren auf Druckunterschiede prüfen
4. Ursachen für Druckunterschiede suchen (Volumenströme bei Räumen und Anlagen kontrollieren).
5. Optimierung der Regelung



Technische Erläuterung der Ursache

Es kann vorkommen, dass die RLT so eingestellt ist, dass sie in den Klassenräumen einen geringeren Druck erzeugt als auf dem Flur. Herrschen zwischen Klassenraum und Flur oder auch zwischen außerhalb und innerhalb des Gebäudes Druckunterschiede, lassen sich Türen schwerer öffnen. Auch zwischen verschiedenen Gebäudeteilen (Brandabschnitte mit eigenen RLTs) können starke Druckunterschiede vorkommen. Die RLTs müssen dementsprechend korrigiert werden, damit sie innen und außen gleichmäßigen Druck erzeugen.

Es gibt Sonderfälle, die dieses Problem auslösen: In Schulen mit dezentraler Lüftung ohne Nacherhitzung kann das Abluftvolumen verringert werden, wenn die Außenluft nicht genügend vorgeheizt werden kann.



Mithilfe von Gebäudeleittechnik (GLT)-Programmen können Druckunterschiede in den einzelnen Gebäudeteilen durch Korrekturen an der RLT ausgeglichen werden.

3.2 Türen sind (zu) schwer



Mögliche Ursache

- Außentüren sind für die Nutzer*innen zu schwer bzw. zu groß.



Lösung

- Elektrische Türöffner nachrüsten!



Checkliste für Techniker*innen:

Bei Beschwerden über zu schwergängige Außentüren sollten elektrische Türöffner nachgerüstet werden



Technische Erläuterung der Ursache

Da die massiven Außentüren für Kinder, Menschen mit Handicap sowie für Personen mit Kinderwagen oder schwerem Gepäck zu schwer zu bedienen sind, werden diese im Alltag oft dauerhaft mit einem Keil aufgesperrt. Dadurch gelangt im Winter kalte und im Sommer warme Luft ins Gebäude und es entstehen Effizienzverluste im Wärmehaushalt des Gebäudes bzw. das Gebäude heizt sich im Sommer zu stark auf.

Hier lohnt sich deshalb der Einbau elektrischer Türöffner oder -unterstützer. Bei der Anschaffung sollte aufgrund der hohen Belastung vor allem darauf geachtet werden, dass diese robust und mit einer Service-Garantie ausgestattet sind.



Geöffnete Außentür an einem warmen Sommertag.

Störung:

4. Im Sommer ist es zu warm

Mögliche Gründe:

- 4.1 Es gibt hohe äußere Wärmeeinträge in das Gebäude
- 4.2 Es gibt hohe innere Wärmelasten
- 4.3 Es wird zu wenig Wärme abtransportiert

Bitte beachten sie:



Mögliche Ursache



Checkliste



Lösung



Technische Erläuterungen

4.1 Es gibt hohe äußere Wärmeeinträge in das Gebäude



Mögliche Ursachen

- Fenster und Außentüren stehen offen.



Lösungen

- Fenster und Türen geschlossen halten!
- Nachtlüftung einrichten!



Checkliste für Techniker*innen:

1. An häufig offen stehenden Türen Hinweisschilder anbringen
2. Lehrkräfte auf offene Fenster und Türen und die Notwendigkeit, diese geschlossen zu halten, hinweisen
3. Nachts - wenn möglich - Fensterlüftung durchführen / stoß- oder bestenfalls quer lüften (hierbei Einbruchschutz beachten)
4. Nicht (nur) generelle Verbote wie z.B. „Fenster dürfen nicht geöffnet werden, wenn die Lüftung läuft“ erteilen, sondern erklären, warum: gute Kommunikation der Hintergründe ist wichtig



Technische Erläuterung der Ursache

Sollen sich die gewünschten Verhaltensänderungen bei den Nutzer*innen einstellen, dürfen keine generellen Verbote erteilt werden. Es ist vielmehr erforderlich, die technischen Hintergründe zu erläutern:

Passivhäuser haben eine dichte Gebäudehülle, die im optimalen Betrieb Temperaturleckagen verhindert. Offene Fenster oder Außentüren heizen im Sommer das Gebäude unnötig auf. Die raumlufttechnische Anlage (RLT) ist allerdings so dimensioniert, dass sie nur die inneren Wärmelasten abtransportieren kann. Zusätzliche äußere Wärmeeinträge können bei hohen Außentemperaturen aufgrund der Funktionsweise des Wärmetauschers nur schwer wieder abtransportiert werden.



Geöffnetes Fenster an einem warmen Sommertag.

4.1 Es gibt hohe äußere Wärmeeinträge in das Gebäude



Erste Ursachen

- Fehlende Verschattung der Fensterflächen.
- Verschattungssteuerung ist nicht wirksam.



Lösungen

- Außenjalousien, Raffstoren oder Markisen für Verschattung nutzen!
- Bei Automatikbetrieb Verschattungssteuerung korrigieren!
- Erhalt oder Neupflanzung von Laubbäumen als ergänzende Maßnahme!



Checkliste für Techniker*innen:

1. Siehe *Checkliste Verschattung (Anhang III)*
2. Außenjalousien bei Sonnenschein im Sommer unten lassen bzw. herunter fahren
3. Künstliche Beleuchtung unbedingt vermeiden, wenn ausreichend Licht durch Sonne geliefert wird
4. Automatikbetrieb im Sommer aktivieren
5. Wenn möglich, im Automatikbetrieb Außenjalousien bereits im richtigen Einstellwinkel (38 bis 45°) herunterfahren. Außenbezug herstellen
6. Ausreichend lange Haltezeiten in der Automatik einrichten → unten ‚Technische Erläuterungen‘
7. Lehrkräfte ggf. unterstützen und informieren
8. Ggf. Hausmeisterschulung einfordern
9. Bei fehlender oder dysfunktionaler Ausstattung mit einem außenliegenden Wärmeschutz (wird z. B. an der Ostfassade oft vergessen) Nachrüstung mit für Schulen geeigneten Systemen einfordern



Technische Erläuterung der Ursachen

Durch Glasflächen gibt es solare Wärmeeinträge in hohem Maß (ca. 20 kWh/Raum und Tag). Außenliegende Verschattung (für verschiedene Arten siehe Checkliste (*Verschattung Anhang III*)) hält Sonnenwärme aus dem Gebäude fern. Innen liegende Vorhänge oder Rollos halten dagegen nur das Sonnenlicht fern, wobei die Wärme ungehindert durch das Fenster in den Raum gelangt.

Da besonders das Hoch- und Herunterfahren der Außenjalousien den Schulbetrieb stört, wird die Automatik häufig ausgeschaltet. Das störungsfreie Funktionieren der Außenjalousiensteuerung ist der wichtigste Garant für Wärmeschutz im Sommer. Hierfür sollte die Automatik den Sonnenschutz im Sommer auf der entsprechenden Fassadenseite komplett herunterfahren, wenn für länger als 1 Minute Beleuchtungsstärken ab 35 kLux gemessen werden. Der Sonnenschutz sollte erst wieder hochfahren, wenn für länger als 15 Minuten weniger als 12,5 kLux gemessen wurden. Für die fehlerfreie Messung der Beleuchtungsstärke ist die Wetterstation zuständig, die an einem exponierten und nicht verschatteten Platz positioniert sein muss. Die Neigung der Lamellen muss dabei in einem solchen Winkel (38-45°) eingestellt werden, dass ein Blick nach außen weiterhin möglich ist („Außenbezug“) und außerdem genügend Licht in den Raum gelangt. Das Einschalten künstlicher Beleuchtung bei gleichzeitig starkem Sonnenlicht sollte aus Effizienzgründen unbedingt vermieden werden! Durch Schulungen kann das Verständnis und die Akzeptanz der Nutzer*innen für die Sonnenschutzautomatik gefördert werden.

4.1 Es gibt hohe äußere Wärmeeinträge in das Gebäude



Mögliche Ursache

- Die raumluftechnische Anlage (RLT) ist keine Klimaanlage.



Lösungen

- Sommerschaltung der RLT einrichten!
- Nur zu Beginn der Hitzeperiode „Kälterückgewinnung“ der RLT tagsüber zuschalten!



Checkliste für Techniker*innen:

1. Siehe *Checkliste RLT & Regelung (Anhang II)*; dazu zählen:
 - Kalibrierung der Temperatursensoren kontrollieren
 - Wirkung der WRG kontrollieren
 - Sollwert der Zuluft für den Sommer deutlich reduzieren (z. B. auf 18 °C) und Sommerschaltung aktivieren
 - Mindestzulfttemperatur absenken
2. Ursachen für hohe Zulfttemperaturen suchen (die Zulft darf max. 1 K wärmer sein als die Außenluft)
3. Wenn es draußen wärmer ist als drinnen, muss bei laufender RLT die WRG eingeschaltet werden, damit angemessene Temperaturen im Gebäude gehalten werden.
4. Tagsüber sollte die RLT an sehr heißen Tagen ganz abgeschaltet werden.



Technische Erläuterung der Ursache

Eine Lüftungsanlage – oder auch „*raumluftechnische Anlage (RLT)*“ genannt – kann nicht als Klimaanlage eingesetzt werden, da sie die zugeführte Luft nicht aktiv abkühlen kann. Zu Beginn der Hitzeperiode steigen die Außentemperaturen sehr schnell an. Ohne Zuschaltung der „*Kälterückgewinnung*“ (es handelt sich hierbei um die Wärmerückgewinnung, die dann die Funktion der Rückgewinnung der kühleren Innentemperaturen übernimmt) würden die Innentemperaturen ebenfalls schnell ansteigen.

Die Zuschaltung der Kälterückgewinnung sorgt zumindest dafür, dass die verbrauchte aber etwas kühlere Abluft die wärmere Außenluft abkühlt und dadurch die Raumlufthtemperatur auf dem niedrigeren Niveau halten kann. Dies ist nur für etwa zwei Wochen möglich, da die Innentemperaturen sich allmählich (auch aufgrund innerer Wärmelasten) an die höheren Außentemperaturen anpassen. Siehe hierzu Abbildung „*Wärmerückgewinnung*“ in der Checkliste *RLT & Regelung (Anhang II)*.

Fehler in der Messung der Sensoren - 2 K Abweichung sind bereits zu viel! - aber auch starre Sollwerte in der Regelung können dazu führen, dass die RLT deutlich wärmere Luft transportiert als nötig. Gerade in der Übergangszeit führen hohe Mindestwerte für die Zuluft (zum Zwecke des Kondenswasserschutzes*) zu starker Überhitzung der Räume.

* Durch zu geringe Mindestwerte für die Zuluft kann sich an kalten Sommertagen Kondenswasser bilden.

4.1 Es gibt hohe äußere Wärmeeinträge in das Gebäude



Mögliche Ursache

- Die Nachtkühlung ist nicht optimal eingestellt und bringt zu hohe Temperaturen ein.



Lösungen

- Wärmerückgewinnung (WRG) der raumlufttechnischen Anlage (RLT) nachts abschalten!
- Ggf. freie Nachtkühlung über RLT ganz abschalten!
- Nachts zusätzlich über offene Fenster kühlen!



Checkliste für Techniker*innen:

1. WRG nachts abschalten, wenn es draußen kühler ist als drinnen
2. Parameter der RLT an unterschiedliche saisonale Nutzungsmuster anpassen
 - Sollwerte festlegen; z. B. Lüften erst ab $> 20\text{ °C}$ Raumtemperatur und $> 2\text{ K}^*$ Temperaturdifferenz zwischen innen und außen
3. Bei anhaltend zu hohen Temperaturwerten sollte die Nachtkühlung der RLT deaktiviert werden.



Technische Erläuterung der Ursache

Nachts sind die Außentemperaturen üblicherweise niedriger als tagsüber. Die RLT sollte dann in der Lage sein, die kühlere Außenluft in das Gebäude zu bringen und es so bis zum Morgen abzukühlen. Ist jedoch die Wärmerückgewinnung eingeschaltet (was tagsüber manchmal durchaus Sinn macht, siehe vorherige Seite), wärmt die Abluft die frische Außenluft immer wieder auf, sodass die Zuluft die gleiche Temperatur aufweist wie die Abluft. Die Wärmerückgewinnung sollte daher für den Nachtbetrieb abgeschaltet werden. Hierfür sollte eine Automateinstellung eingerichtet werden.



Klappensteuerung auf Bypass, WRG geschlossen.

Sind nachts die Temperaturunterschiede zwischen Gebäude und Außenbereich zu gering, ist die RLT nicht in der Lage, das Gebäude abzukühlen. Möglicherweise heizt sie das Gebäude sogar noch zusätzlich auf (siehe oben). Der erhöhte Stromverbrauch durch aktive Lüftung wäre so nicht zu rechtfertigen!

* abh. vom baulichen Zustand der RLT. Bei schlecht isolierten Lüftungskanälen wärmt sich die Zuluft über lange Strecken im Gebäude auf. Eine freie Nachtkühlung würde dann bei zu niedrig eingestellten Temperaturdifferenzen das Gebäude sogar noch zusätzlich aufheizen.

4.2 Es gibt hohe innere Wärmelasten



Mögliche Ursache

- Mindest-/Sollwert der Zulufttemperatur der raumlufttechnischen Anlage (RLT) ist zu hoch eingestellt.



Lösungen

- Mindest-/ Sollwert der Zulufttemperatur absenken!
- Fensterlüftung durchführen



Checkliste für Techniker*innen:

1. Mindestdollwert der Zuluft auf 16 °C absenken
2. Maßgeblich ist die Zulufttemperatur am ersten Auslass im Gebäude.
3. Bei Temperaturen unterhalb von 16 °C im Sommer sollte die raumlufttechnische Anlage RLT ausgeschaltet und über die Fenster gelüftet werden.
 - Kondenswasserbildung vermeiden



Technische Erläuterung der Ursache

An kühlen Tagen wird das Problem besonders deutlich: Ist es draußen angenehm kühl und drinnen deutlich zu warm, sollte eigentlich kühle Luft über die Lüftungsanlage zugeführt werden. Liegt die Zulufttemperatur jedoch unterhalb der Mindest-/Sollwerttemperatur der Regelung, wird die Zuluft automatisch vorgeheizt.

Diese Regelung ist sinnvoll, wenn im Sommer die Außentemperaturen unter 16 °C liegen, da sich sonst Kondenswasser bilden kann (Gefahr von Wasserflecken).

Die Zuluft sollte jedoch maximal auf ca. $16\text{--}18\text{ °C}$ vorgeheizt werden. Daher ist es von Vorteil, die RLT auszuschalten und frische Luft über die Fenster herein zu lassen.



Durch den am Luftauslass befestigten Messfühler können Zulufttemperaturen erfasst und ausgewertet werden.

4.2 Es gibt hohe innere Wärmelasten



Mögliche Ursache

- Überdimensionierte Beleuchtung heizt Räume auf.



Lösung

- Beleuchtung optimieren!



Checkliste für Techniker*innen:

1. Beleuchtung nur bei tatsächlichem Bedarf zuschalten!
2. Siehe *Checkliste Optimierung in Sporthallen (Anhang IV)*; z. B. Schüsselschalter für Teilbeleuchtung nachrüsten
3. Präsenzmelder mit Dämmerungsschalter nachrüsten
4. LED-Lampen einsetzen
5. Automatik der Jalousiensteuerung optimieren, sodass bei indirekter Sonneneinstrahlung Tageslicht statt künstlicher Beleuchtung genutzt werden kann.



Technische Erläuterung der Ursache

Die gesamte, zur Beleuchtung eingesetzte elektrische Energie wird schließlich in Wärme umgesetzt. Auch der Teil der Energie, der zunächst als Licht genutzt wird, wandelt sich anschließend in Wärme um. Vorgeschrieben sind Beleuchtungsstärken von 200 - 300 Lux für den allgemeinen Schulsport. Nur für Wettkämpfe werden 500 Lux benötigt.

Da Anlagen oftmals überdimensioniert gebaut sind bzw. indirekte Beleuchtung bevorzugt wird, die mehr Leistung erfordert als direkte, ist die elektrische Anschlussleistung in W/m^2 oft zu hoch.

Für Klassenzimmer gilt* $5 W/m^2$
Für Turnhallen gilt* $8 W/m^2$

* Erfahrungswerte. Für ausführlichen Erfahrungsbericht zur energiesparenden, nutzerfreundlichen Beleuchtung der Stadt Frankfurt siehe *Literaturverzeichnis im Anhang*.



Sporthalle mit 30 kW installierter Anschlussleistung

4.2 Es gibt hohe innere Wärmelasten



Mögliche Ursache

- Elektrische Verbraucher erzeugen Wärme.



Lösung

- Nutzungsverhalten bei elektrischen Verbrauchern anpassen!



Checkliste für Techniker*innen:

1. Nutzung elektrischer Geräte, z. B. interaktive Whiteboards, Computer, Monitore, Beamer, im Sommer minimieren
2. Geräte außerhalb der Nutzungszeiten nicht im Stand-By-Modus laufen lassen, sondern ganz ausschalten
3. Kontrolle des Lastganges außerhalb der Unterrichtszeiten; der Leistungswert sollte sehr niedrig sein (Pausenbetrieb)
4. Abzugshauben und Deckenluken aktivieren und ggf. nachrüsten, um Wärme am Entstehungsort abzutransportieren



Technische Erläuterung der Ursache

Die Nutzung innerer Wärme (z. B. durch Menschen und elektrische Geräte) ist eine besondere und wichtige Eigenschaft von Passivhäusern. Im Sommer kann dies jedoch zu sehr hohen Wärmelasten führen.

Elektrische Energie wird nahezu vollständig in Wärme umgesetzt. Von der elektrischen Leistungsaufnahme kann somit auf die Wärmeleistung geschlossen werden:

Gerät	Leistungsaufnahme ~ Wärmeleistung*
Monitor (LCD)	100 W
Beamer (Halogen/LED)	400 / 50 W
Interaktives Whiteboard	350 W
PC	640 W
Laserdrucker (Druck/Bereitschaft)	350 / 60 W
Konvektomat	5.000 - 35.000 W
Tiefkühlschrank	700 W
Zum Vergleich: Der menschliche Körper	60 bis 100 W

* alle Angaben sind Schätzwerte und können abhängig vom Hersteller, Modell und Nutzung stark variieren.

4.3 Es wird zu wenig Wärme abtransportiert



Mögliche Ursache

- Dachluken können nicht für Lüftung geöffnet werden.



Lösung

- Lukenöffnung ermöglichen!



Checkliste für Techniker*innen:

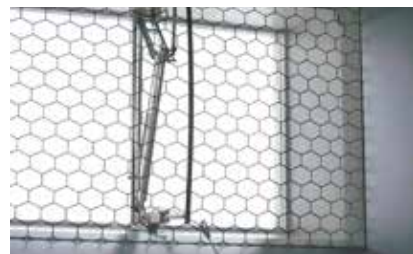
1. Passive Lüftung (z. B. Deckenluken mit Motorsteuerung) ermöglichen
2. Motorsteuerung und Steuerung mit Wetterstation (als Schutz gegen Wetterschäden) nachrüsten
3. Einbruchsicherung und Schutz vor Tieren nachrüsten (Schutzgitter)



Technische Erläuterung der Ursache

Das Dach im Passivhaus ist so konstruiert, dass es möglichst viel Wärme aus dem Sonnenlicht aufnimmt, um im Winter Heizkosten zu sparen. Für den Sommerfall müssen aber zur Abkühlung zu öffnende Dachluken installiert sein. Diese sind zudem eine sehr energieeffiziente Form der Lüftung, da die Wärme ohnehin nach oben steigt.

Bei versicherungstechnischen Bedenken wegen Wetter, Einbruch oder eindringender Tiere kann dadurch Abhilfe geschaffen werden, dass die Öffnungen mit einem Schutzgitter und die Dachluken mit einer Motorsteuerung ausgestattet werden, die an eine Wetterstation gekoppelt ist.



Dachluken sollten sich in jedem Fall öffnen lassen und außerdem vorzugsweise mit Motorsteuerung und Schutzgittern ausgestattet werden.

4.3 Es wird zu wenig Wärme abtransportiert



Mögliche Ursachen

- Freie Nachtkühlung der raumluftechnischen Anlage (RLT) ist nicht aktiviert.
- Es wird nachts keine Fensterlüftung durchgeführt.



Lösungen

- RLT für den Nachtbetrieb mit Bedacht einsetzen (freie Nachtkühlung)!
- Nachts Fensterlüftung durchführen!



Checkliste für Techniker*innen:

1. Nachts über RLT freie Nachtkühlung einrichten.
 - Nur bei Raumtemperaturen $> 20\text{ °C}$ und großen Temperaturunterschieden $> 2\text{ K}^*$ sinnvoll, da sonst unnötiger Stromverbrauch stattfindet.
2. Siehe *Checkliste RLT & Regelung (Anhang II)*
3. Morgens vor Unterrichtsbeginn querlüften
4. Nachts über die Fenster kühle Luft ins Gebäude bringen
5. Hierbei Witterungsschutz, Einbruchsicherung und Schutz vor Tieren beachten



Technische Erläuterung der Ursachen

Nachts sind die Außentemperaturen üblicherweise niedriger als tagsüber. In der Regelung der RLT kann dafür die Funktion „*Freie Nachtkühlung*“ aktiviert werden. Die Parameter (Einschalt- und Ausschaltbedingungen) sollten so gesetzt sein, dass sich der zusätzliche Energieverbrauch auch lohnt, also im Verhältnis zur Abkühlung steht. Bei einer Abkühlung von weniger als 2 K^* ist der hohe zusätzliche Stromverbrauch nicht gerechtfertigt.

Oft reicht die freie Nachtkühlung jedoch nicht aus bzw. ist aus energetischen Gründen nicht sinnvoll, um die Räume genügend abzukühlen. In diesen Fällen sollte die Möglichkeit einer Fensterlüftung über Nacht geprüft werden.

* abh. vom baulichen Zustand der RLT. Bei schlecht isolierten Lüftungskanälen wärmt sich die Zuluft über lange Strecken im Gebäude auf. Eine freie Nachtkühlung würde dann bei zu niedrig eingestellten Temperaturdifferenzen das Gebäude sogar noch zusätzlich aufheizen.



Fenster mit Wetterschutzgitter für Nachlüftung.

Störung:

5. Im Winter ist es zu kalt

Mögliche Gründe:

- 5.1 Kalte Luft gelangt in das Gebäude bzw. in die Klassenräume
- 5.2 Wärmequellen werden nicht ausreichend oder falsch genutzt

Bitte beachten sie:



Mögliche Ursache



Checkliste



Lösung



Technische Erläuterungen

5.1 Kalte Luft gelangt in das Gebäude bzw. in die Klassenräume



Mögliche Ursachen

- Fenster und Außentüren stehen offen.



Lösungen

- Fenster und Außentüren geschlossen halten!



Checkliste für Techniker*innen:

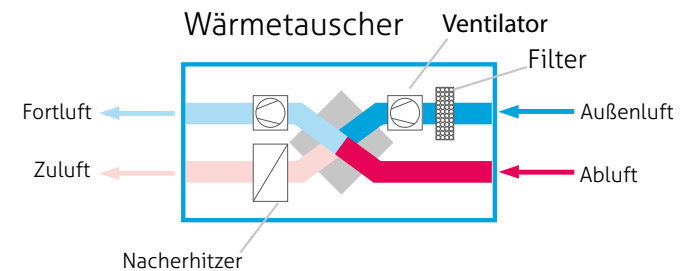
1. Im Winter müssen Fenster und Außentüren geschlossen bleiben
2. An häufig offen stehenden Türen Hinweisschilder anbringen.
3. Bei Nutzerschulung mitarbeiten, um für Problematik zu sensibilisieren
4. Für schwergängige Türen siehe *Kapitel 3.2 ‚Türen sind (zu) schwer‘*



Technische Erläuterung der Ursachen

Im Passivhaus sollte der Luftaustausch während der Heizperiode (max. Oktober bis April) idealerweise nur über die raumlufttechnische Anlage (RLT) mit Wärmerückgewinnung geschehen. Fensterlüftung und offene Außentüren führen zu hohen Verlusten. Daher sollten die Gründe für das Öffnen der Fenster und Türen (wie z. B. „schlechte Luft“, „schwergängige Türen“) gefunden und beseitigt werden, anstatt die Wärmezufuhr zu erhöhen. Nutzer*innen, die im Winter häufig über Fenster lüften, sollten über die energie- und lüftungstechnischen Hintergründe aufgeklärt werden.

Sind im Winter z. B. die Fenster dauerhaft auf Kipplüftung gestellt, kühlen die Bauteile im Raum aus und halten diesen dauerhaft kühl. Wände, Decke und Fußboden sind Temperaturspeicher auch für niedrige Temperaturen. Selbst durch eine richtig eingestellte Heizungsregelung können Wärmeverluste aufgrund von Fensteröffnung nicht ausgeglichen werden.



Auch eine effiziente Wärmerückgewinnung kann die Wärmeverluste durch offen stehende Außentüren und Fenster nicht ausgleichen.

5.1 Kalte Luft gelangt in das Gebäude bzw. in die Klassenräume



Mögliche Ursache

- Die Zulufttemperatur der raumlufttechnischen Anlage (RLT) ist zu niedrig.



Lösung

- Zulufttemperatur anheben!



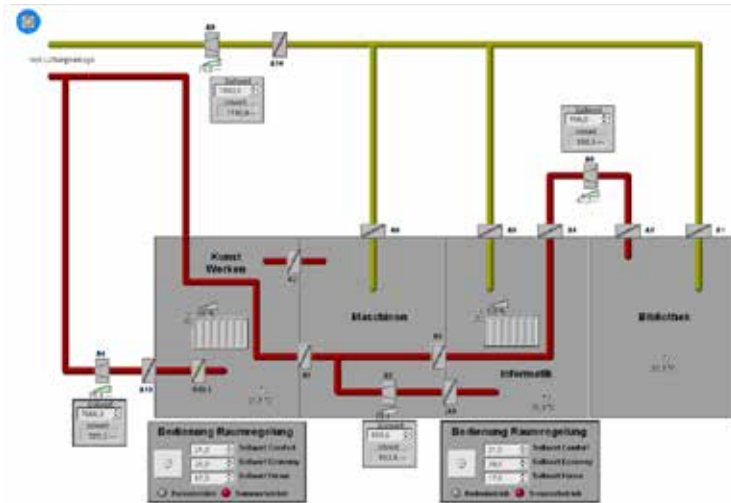
Checkliste für Techniker*innen:

- Siehe *Checkliste RLT & Regelung (Anhang II)*
- Auch die Wärmerückgewinnung (WRG) sollte überprüft werden.
- Liegt die Temperatur unter 20 °C, muss die WRG bzw. Nacherhitzung an der RLT überprüft und ggf. neu konfiguriert oder repariert werden.
- Anhebung der Zulufttemperatur (idealerweise auf 20 °C)



Technische Erläuterung der Ursache

Reicht bei zu niedrigen Außentemperaturen die Raumwärme nicht aus, um mithilfe der WRG die kalte Außenluft ausreichend aufzuwärmen, sollte automatisch eine Nacherhitzung eingeschaltet werden. In den Prioritäten der Regelung gilt: erst WRG bis zu 100 %, dann Nacherhitzung. Zusammen sollte wieder eine Solltemperatur der Zuluft von min. 20 °C erreicht werden.



Mithilfe der Gebäudeleittechnik können Zulufttemperaturen in Abstimmung mit der Heizungsregelung reguliert werden.

5.1 Kalte Luft gelangt in das Gebäude bzw. in die Klassenräume



Mögliche Ursache

- Zu hohe Luftwechselraten erzeugen trockene Luft, die als kalt empfunden wird.



Lösung

- Luftwechselrate während der Nutzungszeiten senken!



Checkliste für Techniker*innen:

Siehe *Abschnitt 6, 'Im Winter ist die Luft zu trocken'*



Technische Erläuterung der Ursache

Ist die Volumenstromregelung zu hoch eingestellt, findet ein hoher Luftwechsel statt, der in diesem Umfang gar nicht notwendig ist. Die Folge ist ein permanenter, starker Luftzug. Werden dauerhaft CO₂-Werte unterhalb von 900 ppm gemessen, ist dies ein Hinweis darauf, dass die Luftwechselraten zu hoch sind.



Einstellung der Lüftungsparameter bei Einzelraumregelung. Häufig arbeiten Systeme mit einer zentralen Steuerung mittels Gebäudeleittechnik. Siehe hierfür Bild auf vorheriger Seite.

5.2 Wärmequellen werden nicht ausreichend oder falsch genutzt mögliche Ursachen



Mögliche Ursachen

- Thermostatventile sind auf zu geringe Temperaturen eingestellt.
- Einzelraumregelung (mit Zonenventilen) ist auf zu geringen Temperaturen eingestellt.
- Zu geringe Vorlauftemperaturen.
- Hydraulische Probleme.



Lösungen

- Einstellungen der Thermostatventile anpassen!
- Sollwerte der Einzelraumregelung anheben!
- Heizungsregelung überprüfen und ggf. reparieren!



Checkliste für Techniker*innen:

1. Für richtige Einstellungen siehe *Checkliste RLT & Regelung (Anhang II)*
2. Einstellungen der Thermostatventile bzw. Sollwerte der Einzelraumregelung anpassen (empfehlenswert sind 20 °C, meist Stufe 3)
3. Können die Regelungen im Raum nicht zu einer Behebung des Problems beitragen, muss ggf. eine Korrektur an der Heizungsregelung (z. B. Heizkurve anheben) erfolgen.



Technische Erläuterung der Ursachen

Passivhäuser sind in den meisten Fällen mit einer außentemperaturgeführten Heizungsregelung in Kombination mit einer Raumregelung mit Thermostatventilen ausgestattet. Hierbei sind die richtigen Sollwerte für Außentemperatur, Vorlauftemperatur sowie für die Raumtemperatur zu beachten (siehe *Checkliste RLT & Regelung (Anhang II)*).

Ist das Passivhausgebäude mit zusätzlichen Heizkörpern ausgestattet, kann darüber zusätzlich geheizt werden. Doch zunächst sollten alle anderen Wärmequellen ausgeschöpft werden! Daher ist es wichtig, dass die Sollwerte für die „Zusatz“-Heizungen nicht zu hoch eingestellt sind, damit sie nicht als Hauptwärmequelle agieren.

Bei mittlerer Stellung (meist Stufe 3 der Thermostatventile) stellen die Heizkörper selbstständig etwa 20 °C im Raum her. Die richtige Einstellung sollte mit einem Raumthermometer ermittelt werden. Die Temperaturen der statischen Heizflächen und der Zulufttemperatur müssen aufeinander abgestimmt sein. In Passivhäusern reicht oft eine Grundtemperatur von 19 - 20 °C. Funktioniert die Raumheizung nicht, liegt allerdings ein Problem vor. Als Ursache kommen hydraulische Fehler oder die Einstellungen in der Heizungsregelung (z. B. Niveau der Heizkurve oder Absenkung) in Betracht.

5.2 Wärmequellen werden nicht ausreichend oder falsch genutzt



Mögliche Ursache

- Zuheizung beginnt zu spät.



Lösung

- Heizzeiten optimieren!



Checkliste für Techniker*innen:

1. Liegt die Raumtemperatur bei Unterrichtsbeginn unter der 17 °C, müssen die Einstellungen an der Heizungsregelung überprüft und optimiert werden.
2. Die Zuheizung muss früher einsetzen
3. Einstellungen der Nachtabsenkung anpassen



Technische Erläuterung der Ursache

Aus Effizienzgründen müssen in einem Niedrigenergiegebäude ungenutzte Räume nicht dauerhaft beheizt werden. Vor Unterrichtsbeginn sollte daher die empfohlene Raumtemperatur bei 17 – 19 °C liegen. Liegen die Raumtemperaturen jedoch unter 17 °C, kann dies bedeuten, dass die Startzeit für die Heizung zu spät angesetzt ist. Liegen dagegen die Temperaturen bereits vor Unterrichtsbeginn über 19 °C, setzt die Heizung zu früh ein und es ergeben sich Effizienzverluste.



Leere Räume sollten vor Beginn der Nutzung maximal auf 19 °C vorgeheizt werden.

5.2 Wärmequellen werden nicht ausreichend oder falsch genutzt



Mögliche Ursachen

- Außenjalousien werden zur Verdunkelung herunter gelassen oder fahren bei Sonneneinstrahlung automatisch herunter und verhindern dadurch solare Wärmeerträge.



Lösungen

- Innenliegende Vorhänge oder Rollos zur Verdunkelung nutzen!
- Außenjalousiensteuerung optimieren!



Checkliste für Techniker*innen:

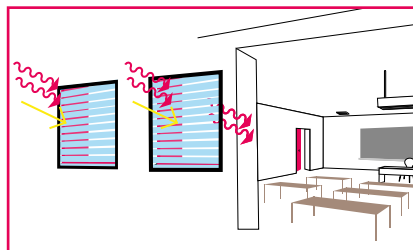
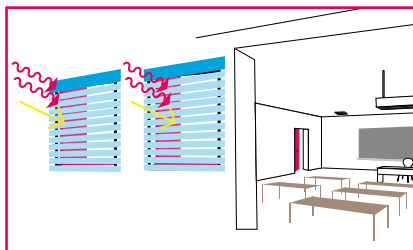
1. Zur Verdunkelung der Klassenräume innenliegende Jalousien oder Vorhänge nutzen, damit weiterhin Sonnenwärme in den Raum gelangen kann (solare Wärmeerträge).
2. Falls keine innenliegenden Rollos oder Vorhänge installiert sind, sollten diese nachgerüstet werden.
3. Siehe *Checkliste Außenjalousiensteuerung (Anhang II)*



Technische Erläuterung der Ursachen

Außenjalousien halten nicht nur den Lichtanteil der Sonnenstrahlung aus dem Raum fern, sondern auch den Wärmeanteil. Im Winter geht so ein wichtiger passiver Wärmeeintrag verloren (linkes Bild). Innenliegende Rollos oder Vorhänge halten dagegen nur das Sonnenlicht draußen und lassen gleichzeitig die Wärmestrahlung in den Raum (rechtes Bild).

Die Steuerung der Außenjalousien erfolgt über die Helligkeitssensoren der Wetterstation. In der Regel ist die Steuerung nicht in der Lage, zwischen der Funktion „*Wärmeschutz*“ im Sommer und „*Heizen durch solare Wärmeerträge*“ im Winter umzuschalten. In diesem Fall sollte der automatische Sonnenschutz im Winter abgeschaltet werden.



5.2 Wärmequellen werden nicht ausreichend oder falsch genutzt



Mögliche Ursachen

- Räume sind nicht mit der vorgesehenen Zahl von Personen belegt (Unterbelegung).
- Nutzungs- und Heizzeiten stimmen nicht überein.



Lösungen

- Raumbellegung anpassen!
- Einstellungen der Heizungsregelung anpassen!



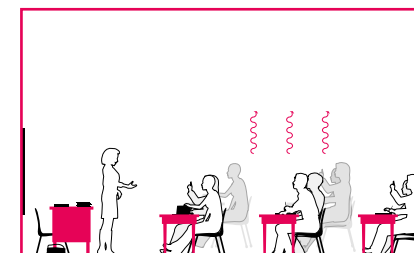
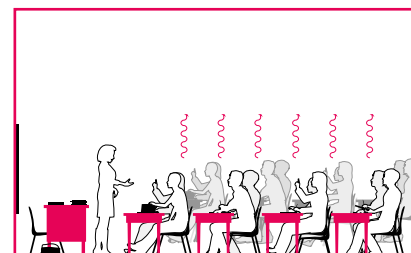
Checkliste für Techniker*innen:

1. Im Winter müssen bei der Raumbellegung die technischen Kapazitäten der Wärmerückgewinnung der raumluftechnischen Anlage (RLT) beachtet werden.
2. Siehe *Checkliste RLT & Regelung (Anhang II)*
3. Nutzerschulung für Lehrkräfte mit der Thematik Raumbellegung und innere Wärmeerträge anbieten
4. Gemeinsam mit Schulleitung und Lehrkräften versuchen, die Raumbellegung zu optimieren.
5. Einstellungen für die Heizzeiten an der Heizungsregelung an veränderte Nutzungszeiten anpassen



Technische Erläuterung der Ursachen

Für den energieeffizienten Wärmehaushalt in Passivhausgebäuden werden u.a. passive, innere Wärmeerträge genutzt. Neben elektrischen Wärmequellen strahlen auch Menschen Wärmeenergie in Höhe von ca. 60 bis 100 W pro Person ab. In der Bauplanung werden dafür die geplanten Klassengrößen für die jeweiligen Räume zugrunde gelegt (linkes Bild). Bei der Nutzung durch kleinere Gruppen reichen die inneren Wärmequellen dann nicht mehr aus (rechtes Bild).



Störung:

6. Im Winter ist die Luft zu trocken

Mögliche Gründe:

- 6.1 Es wird zu viel gelüftet
- 6.2 Die Luft ist zu warm

Bitte beachten sie:



Mögliche Ursache



Checkliste



Lösung



Technische Erläuterungen

6.1 Es wird zu viel gelüftet



Mögliche Ursache

- Durch häufige Luftwechsel sinkt die relative Luftfeuchte.



Lösungen

- Luftwechselrate während der Nutzungszeiten (Unterrichtszeit) senken!
- Zusätzliches Lüften über die Fenster im Winter vermeiden!



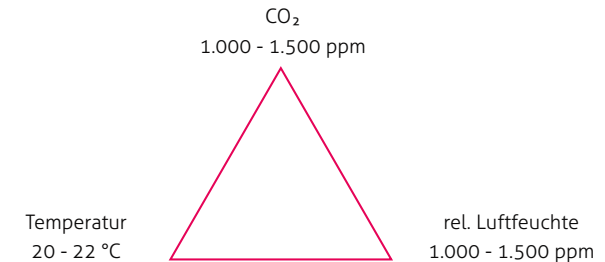
Checkliste für Techniker*innen:

1. Bedarfsabhängige Volumenstromregelung insbesondere für den Winterbetrieb nutzen
2. Lüftungsparameter (Feuchte, CO₂) so einstellen, dass die Luftwechselrate nicht zu hoch ist.
3. Bei sehr kalten Außentemperaturen höhere CO₂-Werte in Kauf nehmen
4. Siehe *Checkliste RLT & Regelung (Anhang II)*
5. Lüftung außerhalb der Nutzungszeit abschalten
6. Fensterlüftung vermeiden



Technische Erläuterung der Ursache

Für Hinweise zu dem Zusammenhang zwischen Luftfeuchte und Temperatur siehe auf der nächsten Seite *Kapitel 6.2 ,Die Luft ist zu warm!*



Für eine gute Raumluftqualität sollten nicht nur die CO₂-Werte betrachtet werden. Allgemein gelten Werte bis 1.500 ppm CO₂, 40 bis 60 % relative Luftfeuchte und Lufttemperaturen von 20 - 22 °C als akzeptabel. Mit einer geringeren Luftwechselrate können Techniker*innen im Winter einen gesunden Ausgleich zwischen der Temperatur, der Luftfeuchte und dem CO₂-Gehalt herstellen. Für eine ausführliche Erläuterung des „Magischen Dreiecks“ siehe *Teil C ,Planer*innen` Kapitel 4.2, Trockene Luft vermeiden!*

6.2 Die Luft ist zu warm



Mögliche Ursachen

- Die Zulufttemperaturen in der Regelung der raumluftechnischen Anlage (RLT) sind zu hoch eingestellt.
- Die Raumtemperatur an der Heizungsregelung ist zu hoch eingestellt.



Lösungen

- An der Wärmerückgewinnung bzw. Nacherhitzung niedrigere Zulufttemperaturen einstellen!
- An der Heizungsregelung und zentralen Heizungssteuerung niedrigere Temperaturen einstellen!



Checkliste für Techniker*innen:

Siehe Kapitel 1.3 „Die Luft ist zu warm und fühlt sich deshalb schlecht an“

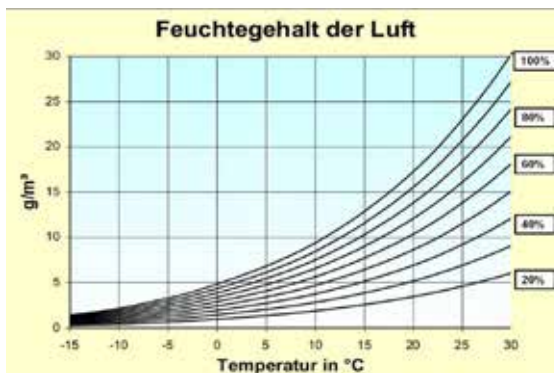


Technische Erläuterung der Ursachen

Bei laufender RLT verschlimmern hohe Raumtemperaturen den Trockeneffekt. Im Winter wird meist trockene, kalte Außenluft angesaugt und im Raum aufgewärmt, wodurch die relative Feuchte sinkt.

Beispiele (siehe hierzu Abbildung):

1. Beträgt beispielsweise die absolute Luftfeuchte der Außenluft im Winter 6 g/m^3 , dann sinkt die relative Luftfeuchte der Zuluft von 80 auf 30 %, sobald sie in der WRG bzw. im Raum auf 20 °C aufgeheizt wird. Dadurch senkt sie den relativen Feuchtegehalt der gesamten Raumlufte.
2. Eine Temperaturerhöhung von 3 K bringt eine Absenkung der relativen Luftfeuchtigkeit von fast 10 % mit sich! Wird der Raum also von den maximal empfohlenen 22 °C auf 25 °C erwärmt, dann sinkt die relative Luftfeuchte beispielsweise von 50 auf 40 %.



Das Temperatur-Luftfeuchte-Diagramm stellt den Zusammenhang von Wasserdampf (absolute Luftfeuchte in g/m^3), Temperatur (in $^{\circ}\text{C}$) und relative Luftfeuchte (in %) dar. Es zeigt, wieviel Wasserdampf die Luft bei einer bestimmten Temperatur aufnehmen kann. Über 100 % relativer Luftfeuchte kommt es zu Kondensation oder Nebel. Wahrnehmbar ist nur die relative Luftfeuchte. Unabhängig wie hoch die absolute Luftfeuchte ist, werden 20 % als trocken, 80 % als feucht wahrgenommen.

Störung:

7. Energieverbrauch ist höher als erwartet

Mögliche Gründe:

- 7.1 Heizenergieverbrauch ist höher als notwendig
- 7.2 Stromverbrauch ist höher als notwendig

Bitte beachten sie:



Mögliche Ursache



Checkliste



Lösung



Technische Erläuterungen

7.1 Heizenergieverbrauch ist höher als notwendig



Mögliche Ursachen

- Verschiedene, oben genannte Fehler und Mängel bzw. falsche Nutzung führen zu hohem Heizenergieverbrauch.



Für Lösungen

- Siehe Abschnitt 5 ‚Im Winter ist es zu kalt!‘



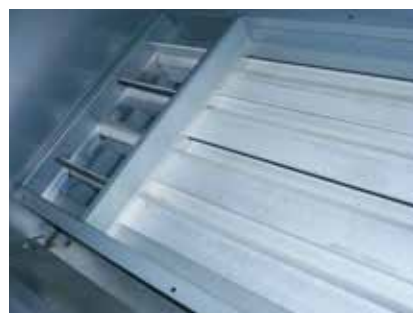
Checkliste für Techniker*innen:

Techniker*innen sind verantwortlich für:

- den sparsamen Betrieb
- die schnelle Beseitigung der Mängel
- die schnelle Meldung der Mängel



Der Drehsinn für die Klappenstellung der Wärmerückgewinnung ist falsch herum. Dadurch ist der Bypass im Winter unabsichtlich geöffnet.



Durch die im Winter geöffnete Bypass-Klappe strömt kalte Außenluft unter Umgehung der Wärmerückgewinnung ins Gebäude. Nacherhitzung und Raumregelung verbrauchen damit unnötig viel Heizenergie und sind außerdem de facto ineffektiv.

7.1 Heizenergieverbrauch ist höher als notwendig



Mögliche Ursache

- Die Heizzeiten und -temperaturen sind nicht auf Passivhausniveau abgestimmt.



Lösung

- Heizungsregelung auf Passivhausniveau anpassen!



Checkliste für Techniker*innen:

1. Hausmeister*innen bzw. technisch zuständige Personen sind für den sparsamen Betrieb verantwortlich.
2. Nutzerschulung im richtigen Umgang und der Funktionsweise der Heizung im Passivhaus durchführen
3. Heizungsregelung auf Passivhaus-Niveau anpassen, z. B.:
 - Abschaltung der Zuheizung bereits bei 12 °C Außentemperatur
 - Kalenderfunktion einrichten
 - ➔ Sommerschaltung bereits ab März o.ä.
 - Das Niveau der Heizkurve muss so tief eingestellt sein, dass nur nach vollständiger Ausschöpfung aller inneren Wärmequellen zugeheizt wird.
 - Siehe weiterhin Abschnitt 5 ‚Im Winter ist es zu kalt!‘



Technische Erläuterung der Ursache

Passivhäuser sind so konzipiert, dass keine statischen Heizflächen für den Ausgleich der Wärmeverluste über die Außenflächen nötig sind, da innere Wärmeerträge und solare Gewinne rechnerisch zur Wärmeversorgung ausreichen sollten. Dennoch kann es in bestimmten Fällen sinnvoll sein, über die Heizkörper zusätzlich Wärme einzubringen:

- morgens bei Unterrichtsbeginn
- bei geringer Raumbelastung
- nach mehreren dunklen und kalten Tagen
- bei starkem Winddruck
- nach Fehlnutzung (offene Fenster/Außentüren)

Hausmeister*innen bzw. technisch zuständige Personen müssen sicherstellen, dass die zusätzlichen (konventionellen) Heizungen nur ergänzend und nicht zur Grundversorgung genutzt werden, da es sonst zu einer Verdrängung der (kostenlosen) passiven Wärmenutzung durch die konventionelle Wärmeerzeugung kommen würde. Die Wärmerückgewinnung der RLT würde in diesem Fall nur noch wenig genutzt werden.

7.1 Heizenergieverbrauch ist höher als notwendig



Mögliche Ursache

- Das Temperaturniveau im Gebäude ist höher als in der Berechnung angenommen.



Lösung

- Realitäts-Check: Berechnung vs. tatsächliche Nutzung!



Checkliste für Techniker*innen:

1. Anzahl und Größe von Zonen mit wärmerer Nutzung begrenzen
2. Einzelne Heizkreise bzw. Zulufttemperatursollwerte jeder Anlage individuell regeln
3. Raumebelegung optimieren
4. Nutzerschulungen durchführen



Technische Erläuterung der Ursache

Eine Ursache für das Verfehlen der errechneten Zielwerte in einem Passivhaus kann das Nutzerverhalten sein. Durch Gewohnheit und unzureichende Informationen werden Fehler gemacht (wie z. B. Fensteröffnung im Winter), die Wärmeverluste erzeugen. Als Konsequenz werden dann häufig einfach die Raumtemperaturen erhöht, anstatt energiesparende Lösungen zu nutzen. Hier sollten die genauen Ursachen geklärt und die Nutzer*innen gezielt geschult werden.



Bei falschen Verbrauchsannahmen entstehen Bereitstellungsverluste.

7.2 Stromverbrauch ist höher als notwendig



Mögliche Ursache

- Verschiedene, oben genannte Fehler und Mängel bzw. falsche Nutzung führen zu hohem Stromverbrauch.



Für Lösungen siehe Kapitel

- 4.2 ‚Es gibt hohe innere Wärmelasten: Elektrische Verbraucher erzeugen Wärme‘
- 4.2 ‚Es gibt hohe innere Wärmelasten: Überdimensionierte Beleuchtung heizt Räume auf‘



Checkliste für Techniker*innen:

Hausmeister*innen sind verantwortlich für:

- den sparsamen Betrieb
- die schnelle Beseitigung der Mängel
- die schnelle Meldung der Mängel



Technische Erläuterung der Ursache

Die Gründe für einen höher als erwarteten Stromverbrauch sind vielfältig:

- Teilweise weist die Technik Mängel auf oder wurde fehlerhaft eingebaut.
- In mancher Hinsicht finden sich die Nutzer*innen mit der Gebäudetechnik nicht zurecht.
- Teils ist auch die Einregulierungsphase noch nicht abgeschlossen, die für jedes hochtechnisierte Gebäude notwendig ist.
- In den meisten Fällen ist es jedoch ein Zusammenspiel aus mehreren Ursachen.

Wichtig ist, den Stromverbrauch im Blick zu behalten und seine Entwicklung zu verfolgen. Nur so kann kontrolliert werden, ob es Fehler oder Schwierigkeiten bei der Nutzung gibt.



Ein interaktives Whiteboard läuft vor einem leeren Klassenraum.

7.2 Stromverbrauch ist höher als notwendig



Mögliche Ursachen

- Raumlufttechnische Anlagen (RLT) laufen länger als nötig.
- Die RLT wird nachts zum Abtransport von Wärme verwendet (freie Nachtkühlung), anstatt passive Möglichkeiten auszuschöpfen.



Lösungen

- Nutzungszeiten der RLT regelmäßig anpassen!
- Siehe weiterhin *Kapitel*
 - 1.2 ‚Es treten Zuglufterscheinungen auf: Die Luftmengen sind zu hoch eingestellt‘
 - 6.2 ‚Es wird zu viel gelüftet‘
- Nachts passive Möglichkeiten zur Wärmeabfuhr nutzen!



Checkliste für Techniker*innen:

1. Nutzungszeiten / Raumnutzungsplanung zur Einrichtung bedarfsgerechter Lüftungszeiten heranziehen
2. Für weitere Hinweise siehe *Checklisten in den Kapiteln 1.2 und 6.2*
3. Wirksamkeit der passiven Nachtlüftung erhöhen, z. B. Deckenluken/Fensterklappen öffnen
4. Freie Nachtkühlung nur bei besonders hohen Temperaturdifferenzen laufen lassen (Parameter entsprechend einrichten)



Technische Erläuterung der Ursachen

Schon im Regelbetrieb gibt es viele Möglichkeiten, den Stromverbrauch niedrig zu halten. Durch eine ständige Anpassung der Laufzeiten der RLTs an die Nutzungszeiten haben Techniker*innen den größten Einfluss auf den Stromverbrauch. Dafür sollten Nutzungskalender für alle Klassen, die Verwaltung und die für Sonderveranstaltungen genutzten Räume (Aula, Mensa, Sporthalle) stets aktuell geführt und die Zeiten der Lüftungsgeräte regelmäßig angepasst werden.

Auch sollte geprüft werden, ob besondere Laufzeiten nach einer gewissen Zeit überhaupt noch notwendig sind (z. B. „Vorspülen vor Unterrichtsbeginn“ für den Abtransport von störenden Gerüchen von neuen Bodenbelägen und Möbeln).

Die Funktion der „Freien Nachtkühlung“ bei Lüftungsanlagen verursacht hohe Stromverbräuche. Baulich bedingt, ist die Wirkung zur Abkühlung des Gebäudes häufig sehr gering und kann oftmals nur 1 K pro Nacht betragen. Es ist daher stets zu prüfen, ob das Gebäude auch passiv gekühlt werden kann (über Deckenluken, Fenster in den Obergeschossen auf Kippstellung, Lüftungsklappen mit Einbruchs- und Wetterschutz, morgendliche Stoßlüftung oder bestenfalls Querlüftung aller Räume).

Soll die RLT zusätzlich nachts lüften, sollten die Parameter der nächtlichen Lüftung (Außentemperatur, Raumtemperatur) so eingestellt werden, dass sie nur in besonders heißen Phasen wirksam ist (z. B. Raumtemperatur > 25 °C und Außentemperatur mind. 5 K niedriger als Raumtemperatur).

7.2 Stromverbrauch ist höher als notwendig



Mögliche Ursache

- Ein voller Filter führt zu höheren Verlustleistungen der Ventilatoren



Lösung

- Regelmäßige Filterkontrollen und -wechsel durchführen!



Checkliste für Techniker*innen:

1. Volle Filter rechtzeitig erkennen; z. B. durch Druckwertevergleich vor und hinter dem Filter
2. Für schnellen Austausch sorgen



Technische Erläuterung der Ursache

RLTs sind mit sparsamen Ventilatorsteuerungen ausgestattet. Zur Veränderung der Drehzahl, z. B. bei veränderlicher Nutzung (Volumenstromregelung für Klassenräume), wird zumeist der Druck im Kanalsystem konstant gehalten. Jedes Lüftungsgerät hat dabei seinen optimalen Arbeitspunkt, an dem die geringste Leistung pro beförderter Luftmenge (in $W/(m^3/h)$) verbraucht wird. Höhere Drehzahlen führen zu exponentiell größeren Verbräuchen.

Sind die Filter verstopft, müssen die Ventilatoren deutlich mehr arbeiten und verbrauchen dafür besonders viel Energie.



Links: Ein voller Filter behindert den Luftstrom und macht dadurch eine höhere Lüftungsleistung erforderlich. Rechts: Eigenkontrolle der Filter der RLT.

Störung:

8. Verzernte Erwartungen im Vorfeld

Mögliche Gründe:

Zu hohe oder zu geringe Erwartungen an Gebrauchsqualität des Gebäudes

Bitte beachten sie:



Mögliche Ursache



Checkliste



Lösung



Technische Erläuterungen

8. Zu hohe oder zu geringe Erwartungen an Gebrauchsqualität des Gebäudes



Mögliche Ursachen

- Sehr positive Kommunikation im Vorfeld erzeugt überhöhte Erwartungen.
- Befürchtungen und teilweise schlechte Erfahrungen erzeugen im Vorfeld negative Erwartungen.



Lösung

- Transparente Kommunikation für realistische Erwartungen!



Checkliste für Techniker*innen:

1. Am Bau beteiligte Fachfirmen müssen vor der Inbetriebnahme und während der Einregulierungsphase mit einem Beratungsservice den Nutzer*innen und Techniker*innen zur Verfügung stehen bzw. ansprechbar sein.
2. Dabei sollten sie gegenüber Nutzer*innen und hausinternen Techniker*innen positive Erwartungen hoch halten und gleichzeitig realistisch bleiben.
3. Gegenüber Nutzer*innen und hausinternen Techniker*innen sollten sie schlechten Erfahrungen ehrlich begegnen und versuchen, Gründe herauszufinden sowie für künftige Projekte bessere Lösungen anbieten.
4. Vor Inbetriebnahme und während Einregulierungsphase bei Schulleitung und Planer*innen Infoveranstaltung und Schulbegehung anregen und daran teilnehmen bzw. mitarbeiten:
 - gemeinsame Ausarbeitung von Lösungen mit Nutzer*innen und Hausmeister*innen
 - Wissensvermittlung zur Funktionsweise des neuen Gebäudes
 - Kommunikation der Möglichkeiten, Bereich und Erfordernisse von Nutzermitwirkung und -verantwortung gemeinsam ausloten und definieren



Technische Erläuterung der Ursache

Durch die sehr positive Kommunikation im Vorfeld werden überhöhte Erwartungen der Nutzer*innen bzgl. Behaglichkeit, Komfort und Technik erzeugt. Nutzer*innen gehen davon aus, dass das Gebäude ohne weiteres Zutun automatisch im Optimalbetrieb läuft. Im Betrieb werden die zu hohen Erwartungen dann schnell enttäuscht.



Störung:

9. Mangelnde Identifikation – Passivhaus ist kein Thema

Möglicher Grund:

Mangelnde Kommunikation von Leistungen, Erfolgen und Fehlern

Bitte beachten sie:



Mögliche Ursache



Checkliste



Lösung



Technische Erläuterungen

9. Mangelnde Kommunikation von Leistungen, Erfolgen und Fehlern



Mögliche Ursachen

- Schulleitung und Hausmeister*innen werden nach Übergabe allein gelassen.
- Daten/Informationen werden nicht herausgegeben.



Lösungen

- Schulträger für Unterstützung anfragen!
- Öffentlichkeitsarbeit betreiben!
- Transparenz bezüglich Daten und Informationen schaffen!



Checkliste für Techniker*innen:

1. Nutzer*innen Auskunft geben über Funktionsweise und Leistungen des Gebäudes
2. Externe Fachfirmen sollten dafür mit Beratungsservice den Hausmeister*innen zur Verfügung stehen bzw. ansprechbar sein.
3. Externe Fachfirmen sollten auf ihren Webseiten auf die von ihnen betreuten Schulen/ Schulprojekte aufmerksam machen.
4. Externe Fachfirmen, Hausmeister*innen bzw. technisches Schulpersonal sollten Lehrkräften und Schüler*innen zur Verwendung an Projekttagen oder dem Tag der offenen Tür Informationen über Leistungen und Erfolge der effizienten Gebäudeenergie-technik der Schule zur Verfügung stellen.
5. Hausmeister*innen bzw. technisches Schulpersonal sollten bei der Schulleitung die Aufstellung einer elektronischen Energiebilanztafel anregen.
6. Regelmäßige Kontrolle der Wärmemengenzähler durchführen, um längerfristige Ausfälle der Datengrundlagen zu verhindern.
7. Daten/Informationen über die Gebäudeleistung müssen regelmäßig an die Verwaltung weitergegeben werden, um Lern- und Synergieeffekte, Vertrauen und Verständnis herzustellen.



Technische Erläuterung der Ursache

In diesem Abschnitt ist innerhalb der Zielgruppe der Techniker*innen zwischen externen (Fachfirmen und Fachleuten) einerseits und schulinternen Techniker*innen (Hausmeister*innen bzw. technischen Schulpersonal) andererseits zu unterscheiden. Externe Techniker*innen verfügen oft über mehr Informationen, Erfahrungen und Know-How über die eigenen Technologien und Produkte als schulinterne Techniker*innen, für die die neuartige, effiziente Gebäudeenergie-technik oft noch unbekannt ist. Daher sind Kommunikation und Informationsfluss zwischen externen und schulinternen Techniker*innen genauso wichtig wie zwischen schulinternen Techniker*innen und der Gruppe der Nutzer*innen.

Aufgrund von Unsicherheiten auf Verwaltungs- und Planungsebene werden teilweise Daten und Informationen nicht herausgegeben. Möglicherweise aus Angst, gesetzte Zielvorgaben nicht einhalten zu können. Dadurch fehlt jedoch Transparenz für die Nutzer*innen. Für eine Darstellung der Kommunikationswege siehe Abschnitt 8, *Verzerrte Erwartungen im Vorfeld!*

Teil C: Planer*innen

Vorwort zu Teil C

Dieses Handbuch erhebt nicht den Anspruch, Ihnen auf wissenschaftlichem Niveau Planungsgrundlagen zu erklären, die Auswahl der technischen Komponenten zu ermöglichen oder zu beurteilen, was im Einzelfall richtig oder falsch ist. Wir wollen Ihnen nicht Ihren Job erklären.

Im Rahmen des Projektes „*Passivhausschulen werden aktiv*“ und in der Betreuung diverser Nichtwohngebäude in Passivhausbauweise in den letzten 6 Jahren sind uns eine Reihe von Problemen aufgefallen, die man zukünftig besser vermeiden sollte. Es geht darum, aus Fehlern oder Schwachstellen der Vergangenheit zu lernen. Gute Beispiele sollen zum Nachmachen animieren.

Das Handbuch enthält eine Ansammlung von Empfehlungen und Anregungen, die wir als Berater*innen und Gutachter*innen von Schulen in Passivhausbauweise zusammengetragen haben. Dabei werden Fragen der grundsätzlichen Konzeption (z. B. Lüftungssystem) ebenso erörtert wie die Vermeidung von sommerlicher Überhitzung und die Steigerung der Nutzerzufriedenheit im Gebäude.

Für Planer*innen lohnt sich auch der Blick in *Teil A: Nutzer*innen* und *Teil B: Techniker*innen*, um einen Einblick in die Herausforderungen für diese Zielgruppen im Umgang mit Schulgebäuden in Passivhausbauweise zu bekommen.

Wer gehört zur Zielgruppe der Planer*innen?

- Schulträger
 - Schulamt
 - Kommune
 - Private Schulträger
- Gebäudemanagement und Hochbauamt
- Planungsbüros
 - Ingenieure
 - Architekt*innen
- Am Bau beteiligte Auftragnehmer

Wie ist die Zielgruppe betroffen?

Für die Gruppe der Planer*innen ist vor allem die Planungs- und Einregulierungsphase relevant. Hier muss sichergestellt werden, dass Probleme in Betrieb und Nutzung von Passivhausschulen erst gar nicht auftreten. In der Planungsphase besteht häufig noch eine recht große Distanz zwischen Planer*innen und Nutzer*innen. Dies führt manchmal dazu, dass sich Komponenten, die in der Planung gut gemeint waren, wie beispielsweise Präsenzmelder für die Beleuchtung in Klassenräumen, in der späteren Nutzung als wenig nutzerfreundlich herausstellen. Auch zu strenges Festhalten an bestimmten Normen, wie beispielsweise sehr hoch eingestellte Luftwechselraten, kann großen Unmut hervorrufen. Stattdessen sollten gute Praxis und Erfahrungswerte genutzt werden.

Bauherren und Auftraggeber*innen müssen bei der Entscheidung zum Neubau oder Sanierung von Schulgebäuden auch oder vor allem die Klimaschutzziele der Bundesregierung sowie der Landesregierungen und evtl. der Kommunen mit einbeziehen. Hierbei wird also an der Schnittstelle von Bildungspolitik, Klimapolitik und Verwaltung öffentlicher Liegenschaften gearbeitet. Gleichzeitig stellen Passivhäuser mancherorts Prestigeprojekte dar, andernorts werden sie argwöhnisch bis ablehnend betrachtet. Kommunale Schulträger bewegen sich daher häufig im Spannungsfeld, Klimaschutzziele einhalten und gleichzeitig einer gewissen Scheu vor der Entscheidung pro Passivhaus (oder energieeffizientes Gebäude) begegnen zu müssen, weil sie die eventuell auftretenden Probleme fürchten oder vermeiden wollen.

Die Position der Planer*innen ist häufig nicht sehr dankbar: wird gute Arbeit geleistet, die gutes Raumklima, geringe Ausfallraten, Energieeinsparung etc. herstellt, wird dies von Nutzer*innen kaum von sich aus wahrgenommen, sondern als selbstverständlich empfunden. Dagegen können kleinste Fehler oder Probleme schnell großen Unmut erzeugen und bestätigen so das eh schon kritische Bild von Passivhausprojekten.

Um einen effizienten Betrieb bei gleichzeitig hohem Nutzerkomfort herzustellen, müssen bereits bei der Beschaffung und Auftragsvergabe wichtige Punkte beachtet werden, die die Praktikabilität von Steuerungsinstrumenten für das technische Personal, die Haltbarkeit von Materialien und Verschleißteilen sowie den Komfort und den intuitiven Gebrauch für die Nutzer*innen betreffen.

Beispielsweise müssen Voreinstellungen für Saison-, Tageszeit-, Witterungs- und Nutzerprofile in Regelung und Steuerung vorgesehen werden.

Häufig werden neben den einmaligen technischen und investiven Maßnahmen der nachhaltige und dauerhafte Betrieb im Budget gar nicht vorgesehen. Dadurch kommt es vor, dass ein Schulgebäude mit High-End-Technologie ausgestattet ist, das technische Personal jedoch nicht über die notwendigen Kenntnisse im Umgang mit dieser verfügt.

Energiesparpotenziale können so nicht im möglichen Maße ausgeschöpft werden. Daher müssen Schulungen für Techniker*innen, insbesondere der schulinternen Hausmeister*innen, zwingend auch in der Budgetplanung vorgesehen werden.

Schulleitung, Lehrkräfte und Schüler*innen sind unmittelbar von der Situation vor Ort betroffen. Für ein Gelingen des Neubau- oder Sanierungsprojekts ist die Einbeziehung der Nutzer*innen in den Planungsprozess daher erforderlich.

Zielsetzung:

1. Hohe Raumluftqualität

Mittel / Komponente:

- 1.1 Aktive Lüftung / RLT
- 1.2 Passive Lüftung (manuell und automatisch)
- 1.3 Hybride Lüftung (Kombinationen)

Bitte beachten sie:



Hintergrund



Checkliste



Häufige Fehlerursachen

1.1 Aktive Lüftung / RLT



Hintergrund

- Eine hohe Luftwechselrate erzeugt in der Heizperiode unangenehm trockene Luft
→ Teil A und Teil B jeweils Kapitel 6.1 ‚Im Winter ist die Luft zu trocken: Es wird zu viel gelüftet‘
- Ganzjährig kann eine zu hohe Luftwechselrate Zuglufterscheinungen bewirken → Teil A und Teil B jeweils Kapitel 1.2 ‚Es treten Zuglufterscheinungen auf‘
- Siehe weiterhin ‚Magisches Dreieck der Raumluftqualität‘ in Kapitel 4.2 ‚Trockene Luft vermeiden!‘
- Neben dem Ziel der Herstellung guter Luftqualität durch den Einsatz aktiver Lüftung mit raumlufttechnischen Anlagen (RLT) muss auch eine effiziente Nutzung von Energie, sprich ein geringer Energieverbrauch berücksichtigt werden → Kapitel 5 ‚Niedriger Energieverbrauch‘
- Alle Faktoren zur Raumluftqualität über die raumlufttechnische Anlage (RLT) in Einklang zu bringen, ist mit sehr hohem planerischem Geschick, aber auch mit hohem Aufwand bei der Umsetzung und in der Einregulierungsphase verbunden.
- Als Richtwerte sind gemäß Best-Practice aus dem Projekt **Volumenströme von 15-20 m³ Zuluft pro Stunde und Person** sinnvoll. Das entspricht einer Luftwechselrate von ca. zweimal pro Stunde. Oftmals werden aber höhere Richtwerte (z. B. in der DIN) angegeben. Dies liegt daran, dass bei der Bauabnahme die Luftmengen an den Lüftungsgittern und Auslässen normalerweise unter Volllast – also auf maximaler Leistung – der RLT gemessen werden. Die Ergebnisse sind aber wenig hilfreich für die tatsächliche Belegungsichte im Betrieb. Entscheidend ist daher die tatsächliche Luftmenge von Zu- und Abluft im Raum unter realistischen Bedingungen. Im Alltag sind die benötigten Luftmengen nämlich geringer.



Checkliste für Planung und Einregulierung:

1. Energieverbrauch in W/(m³/h) berücksichtigen
2. Laufzeiten und Lüftungsbedarf an tatsächliche Nutzungszeiten und Belegung anpassen!
RLTs sollten für unterschiedliche Nutzungszeiten einfach zu bedienende Programmstellungen ermöglichen und leicht anzupassen sein.
3. Bedarfe können durch unterschiedliche „Sensoren“ ermittelt werden:
 - CO₂-/VOC-Sensoren
 - Feuchtesensor
 - Präsenzmelder
 - Taster mit mehreren Stufen
 - im Zeitschaltkatalog der Gebäudeleittechnik GLT individuell pro Raum
 - oder Kombination verschiedener Sensoren
 - beachten:
 - jeder technische Baustein ist anfällig und darf nicht die Stabilität des Ganzen gefährden
 - Summenbausteine sollen dringend vermieden werden
 - Kontrollierbarkeit der Funktion der Bausteine muss erleichtert werden, z. B. Revisionsklappen direkt unter Volumenstromregler installieren.
 - Für weitere Informationen zu den Einsatzgebieten der Sensoren siehe Checkliste RLT & Regelung (Anhang II)
4. Nutzungsebene in der GLT für Hausmeister*innen einrichten

5. Keine Vorspülzeiten vorsehen: nach kurzer Einregulierungsphase von 1 Jahr sollten bauchemische Gerüche nicht mehr stören
6. Zielwert von 1.500 ppm CO₂ während des Unterrichtes nicht überschreiten!
7. Zielkonflikt zwischen Temperaturniveau, CO₂-Niveau und Luftfeuchte beachten → ‚Magisches Dreieck der Raumluftqualität‘ in Kapitel 4.2 ‚Trockene Luft vermeiden‘
8. Techniker*innen müssen im sparsamen Betrieb sowie im Umgang mit der Lüftungsanlage geschult werden
 - Hierfür Budget einplanen

1.2 Passive Lüftung (manuell und automatisch)



Hintergrund

- Eine energiesparende und gleichwohl effektive Art der Lüftung erfolgt über Fenster und Türen. In vielen Passivhausschulen wurde eine solche Lösung von vornherein ausgeschlossen, in dem Fensteröffnungen bauseitig nur sehr begrenzt ermöglicht wurden (z. B. durch Fangscheren). Oftmals besteht von Planerseite her nämlich die Befürchtung, die Nutzer*innen würden durch unsachgemäße Fensterlüftung dem effizienten Energiehaushalt und damit den Energieeinsparzielen schaden. Tatsächlich werden regelmäßig Fenster „auf Kipp“ bei gleichzeitig laufender Heizung (im Winter) oder Lüftung (ganzjährig) beobachtet. Dies ist jedoch weniger ein spezielles Problem von Passivhausgebäuden, als vielmehr fehlendes generelles Wissen/Bewusstsein. Schulungen können hier Abhilfe schaffen.
- Von Nutzer*innen wird häufig gemeldet, dass die fehlende Möglichkeit zur manuellen, passiven Fensterlüftung Frustration und Unmut erzeugt, weil sie dann wie „gefangen“ und der Technik „ausgeliefert“ fühlen. Mit der Möglichkeit manueller, passiver Lüftung kann solchen Problemen vorgebeugt werden.



Checkliste für Planung und Einregulierung:

1. Bauweise ist entscheidend. Große, schwere Passivhausfenster können nur gekippt werden oder müssen durch Fangscheren bei seitlicher Öffnung gesichert werden.
 - Schmale Fenster (zusätzlich) vorsehen, um manuelle, passive Lüftung zu ermöglichen
 - Kletterschutz und ausreichend hohe Brüstung beachten
2. Lüftungsklappen mit Wetterschutzgitter vorsehen
 - Feststehende Außenjalousie
 - Einbruchsgesichert
 - Evtl. mit Insekten/Fledermausschutz
3. Automatische Fensteröffnung bei Oberlichtern sinnvoll (z. B. System WINDOWMaster®)

1.3 Hybride Lüftung (Kombinationen)

Sinnvoll ist die Kombination aus aktiver Lüftung für den Grundbedarf (z. B. Klassenraum bis 300 m³/h) und einer passiven Lüftung durch Möglichkeit einer kompletten Fensteröffnung (nicht nur Kippstellung!).



Checkliste für Planung und Einregulierung:

1. Luftqualität für Nutzer*innen sichtbar machen
 - Gut sichtbar im Raum eine CO₂-Ampel anbringen
2. Für Nutzer*innen sichtbar machen, wann RLT läuft bzw. abgeschaltet ist
 - An Lüftungsauslässen „Verkllicker“ (Windfahne) anbringen
 - z. B. Federn oder leichte Tuchstreifen
 - Hinweis-LED gut sichtbar im Raum anbringen
3. Aktive Lüftung im Winter aktivieren
 - Spart Wärme durch Einsatz der Wärmerückgewinnung (WRG)
4. Aktive Lüftung im Sommer abschalten; stattdessen passiv über Fenster lüften!
 - Spart Strom, da RLT nicht läuft
 - Schmale Fenster bzw. Lüftungsklappen einbauen, um manuelle Bedienbarkeit durch Nutzer*innen zu ermöglichen.
 - Techniker*innen müssen im sparsamen Betrieb der Lüftungsanlage und der passiven Fensterlüftung geschult werden.
 - Hierfür Budget einplanen

Zielsetzung:

2. Außentüren leichtgängiger planen

Bitte beachten sie:



Hintergrund



Checkliste

2. Außentüren leichtgängiger planen



Hintergrund

- Die Planung von Zugängen folgt häufig Energieeffizienz- und Brandschutzrichtlinien. Daraus resultiert bei energieeffizienten Gebäuden der Einbau massiver, schwerer Außentüren, die insbesondere für die Nutzer*innen wie kleine Kinder, Menschen mit Gehbehinderungen, Kinderwagen schiebende Personen oder Personen mit schwerem Gepäck zu schwer oder zu groß sind. In der Folge werden die Türen im Alltag oft mit einem Keil blockiert und stehen dann offen – im Sommer wie im Winter. Dies verursacht erhebliche Probleme durch Wärmeeintrag im Sommer bzw. Wärmeverlust im Winter, weshalb dann in der Heizperiode zugeheizt werden muss, um den Wärmeverlust wieder auszugleichen. Die Ursache für die hohe Heizlast wird aber oft erst sehr spät entdeckt. Auf Verwaltungsebene wundern sich die zuständigen Personen dann über den hohen Heizenergieaufwand in den als „energieeffizient“ angepriesenen Gebäuden. Schnell stellt sich Ernüchterung ein und Schulträger und andere kommunale Bauabteilungen nehmen Abstand von neuen Passivhausprojekten
- Ein weiterer Aspekt neben energietechnischen Erwägungen ist der Anspruch, moderne Schulgebäude barrierefrei zu gestalten. Soll die Schule ein inklusiver Ort des Lernens und Erfahrens sein, dürfen nicht bereits am Eingang Menschen aufgrund von Handicaps ausgeschlossen werden.
- Um sowohl den energieeffizienten Betrieb zu gewährleisten, als auch den Anspruch auf barrierefreie Mobilität im Schulgebäude zu erfüllen, sollten Planer*innen Türen leichtgängig und energieeffizient planen. Dabei macht die DIN unterschiedliche, sich teils widersprechende Vorgaben. Einerseits erfordert DIN 18040 barrierefreie Zugänge zu öffentlichen Gebäuden, andererseits macht DIN 18195 Vorgaben zur Schlagregendichtigkeit und auch Anforderungen an Winddichtigkeit müssen eingehalten werden. Planer*innen sollten daher versuchen, beiden Erfordernissen Rechnung zu tragen.



Checkliste für Planung und Einregulierung:

1. Außentüren sollten automatisch zu öffnen sein
 - Die Öffnung sollte per Elektroantrieb erfolgen.
 - Die Schließung sollte kontrolliert mit Federschließkraft oder Schließzeitverzögerung erfolgen.
 - Die Öffnung sollte per Türdrücker (Schalter an der Wand), Bewegungssensor oder horizontale Betätigungsstange ausgelöst werden können.
 - Türdrücker und Bewegungssensoren sollten für die Auslösung so positioniert werden, dass Personen mit Handicap dabei nicht in den Schwenkbereich der Tür geraten.
2. Bodenschwellen dürfen – wenn Schlagregendichtigkeit anders nicht zu gewährleisten ist – maximal 2cm hoch sein.
3. Windschutz (Windstopper) sollte berücksichtigt werden.
4. Windfang in ausreichendem Maß vorsehen
 - Dann sind die Dichtigkeitsanforderungen an die Außentüren geringer und die Türen können leichtgängiger geplant werden.

Zielsetzung:

3. Sommerlicher Wärmeschutz

Mittel / Komponente:

- 3.1 Vermeidung äußerer Wärmeeinträge
 - 3.1.1 Raumluftechnische Anlage (RLT) & Regelung
 - 3.1.2 Verschattung & Außenjalousiensteuerung
- 3.2 Minderung innerer Wärmeerträge
 - 3.2.1 Beleuchtung
 - 3.2.2 Elektrische Verbraucher
 - 3.2.3 Raumbelastung
- 3.3 Optimierung der Wärmeabfuhr - RLT, Freie Nachtkühlung, passive Lüftung

Bitte beachten sie:



Hintergrund



Checkliste



Häufige Fehlerursachen



Literaturhinweis

3.1 Vermeidung äußerer Wärmeeinträge

3.1.1 Raumluftechnische Anlage (RLT) & Regelung



Hintergrund

- Ein Passivhaus nutzt innere und äußere Wärmeeinträge, speichert Wärmeenergie und reduziert dadurch den Bedarf an zusätzlicher Heizlast. Dies ist im Winter wichtig, kann jedoch im Sommer zu unerwünscht hohen Raumtemperaturen führen. Gerade im Sommer ist es für die Nutzer*innen nicht nachvollziehbar und sehr unangenehm, wenn sie morgens von sommerlich kühlen Außentemperaturen in ein Gebäude mit eher tropischen Temperaturen kommen.
- Eine Ursache für die Erwärmung sind häufig Zuluft-Temperaturen, die deutlich höher sind, als die Außenlufttemperatur. Dies kann unter anderem daher kommen, dass die Nachtlütfunktion über die raumluftechnische Anlage (RLT) die Wärmemenge nicht ausreichend abtransportieren kann und die kühle Außenluft innerhalb der warmen RLT selbst erwärmt wird. Diese Störung ist für die Nutzer*innen sehr ärgerlich und wäre leicht vermeidbar.



Häufige Fehlerursachen

- Wurde die Mindest-/Sollwerttemperatur der Zuluft für den Sommerbetrieb zu hoch eingestellt, wird die Zuluft automatisch vorgeheizt, sobald die frische Außenluft den Sollwert unterschreitet. Diese Automatik ist aber nur zur Vermeidung von Kondenswasserbildung bei Außentemperaturen von unter 16 °C sinnvoll.
- Die RLT wurde mit einer festen Zulufttemperatur für das ganze Jahr geregelt (Festwertregelung). Damit die fest eingestellte – für den Sommerbetrieb zu hohe – Zulufttemperatur erreicht wird, muss die Zuluft entsprechend vorgeheizt werden.
- Die frische Außenluft wird unter Umständen über lange Wege durch die zentrale Lüftungsanlage und das Gebäude zu den Auslässen geleitet und heizt sich dadurch auf.
- Die Nachtlüftung kann die Wärme mithilfe der RLT nicht abtransportieren.
- Der Drehsinn für die Klappenstellung der Wärmerückgewinnung ist falsch herum eingestellt und dadurch ist der Bypass im Sommer geschlossen.
- Andere Fehler an der RLT und der Regelung



Checkliste für Planung und Einregulierung:

1. Die Mindest-/Sollwerttemperatur der Zuluft muss für den Sommerbetrieb abgesenkt werden.
 - Hierfür sollten bereits in der Planungsphase sowie in der Einregulierungsphase Voreinstellungen vorgenommen werden und Techniker*innen entsprechend geschult werden.
 - Festwertregelung für die Zuluft vermeiden. Falls doch mit einer Festwertregelung für die Zuluft geplant wird, sollte eine Sommer-/Winterumschaltung eingeplant werden.
2. Bei der Planung Lüftungsklappen (nachts öffnbare Fenster in Räumen) berücksichtigen, um eine passive statt aktive Nachtlüftung zu ermöglichen
3. Siehe außerdem in Teil B ‚Techniker*innen‘: Kapitel 4.1 ‚Es gibt zu hohe äußere Wärmeeinträge in das Gebäude‘ sowie 4.3 ‚Es wird zu wenig Wärme abtransportiert‘
4. Techniker*innen müssen im Umgang mit der Lüftungsanlage geschult werden.
 - Hierfür Budget einplanen

3.1.2 Verschattung & Außenjalousiensteuerung



Hintergrund und häufige Fehlerursachen

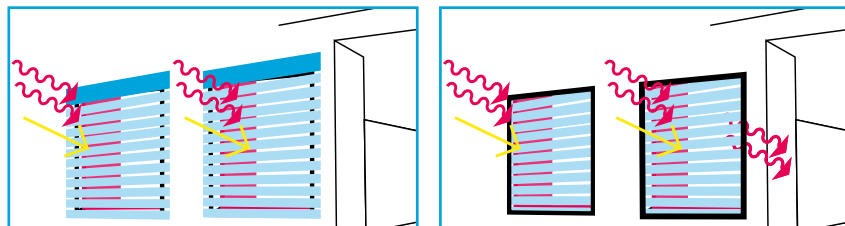
- Durch Deckenluken und Fensterflächen wird Wärme eingetragen, die im Winter genutzt wird, um das Gebäude energieeffizient und ressourcenschonend zu beheizen. Im Sommer muss dagegen mithilfe äußerlicher Verschattung der Fenster und Deckenluken ein Wärmeeintrag vermieden werden, um eine Überhitzung der Räume zu verhindern.
- Auch eine fehlerhafte Steuerungsautomatik oder falsche manuelle Bedienung der Außenjalousien kann ursächlich für übermäßige solare Wärmeeinträge sein. Ist der automatische Sonnenschutz deaktiviert, mit falschen Parametern programmiert oder die Wetterstation falsch positioniert, fahren die Außenjalousien oder Raffstoren bei Sonneneinstrahlung nicht automatisch herunter.
- Da am Wochenende niemand vor Ort ist, der den Sonnenschutz manuell herunterfahren kann, heizt sich das Gebäude über das Wochenende auf und speichert die Wärme.
- Bleiben die Lamellen nach dem Herunterfahren geschlossen, fehlt der Außenbezug, d.h. es kann nicht nach außen gesehen werden und der Unterricht wird gestört. Dies erzeugt außerdem Unbehagen und führt letztlich zu einer Ablehnung des automatischen Sonnenschutzes.
- Auch ein häufiges Hoch- und Herunterfahren der Außenjalousien (durch kurze Haltezeiten) wirkt sich aufgrund der Lautstärke und der vorübergehenden Verdunkelung und Sichteinschränkung störend auf den Unterricht aus und erzeugt Ablehnung.



Was sollten Planer*innen für die Optimierung von Verschattung und Außenjalousiensteuerung tun?

Um ein Aufheizen des Gebäudes im Sommer zu vermeiden, müssen Planer*innen für die richtige Verschattung von Fenstern durch Außenjalousien, Markisen oder Raffstore sorgen. Markisen sind nutzerfreundliche Lösungen, da die Sichteinschränkung und Lautstärke beim Hoch- und Herunterfahren viel geringer ausfallen als bei Außenjalousien und dadurch den Unterricht nicht stören.

Natürliche Lösungen wie das Anpflanzen von Fassadenbegrünung oder von Laubbäumen an Ost-, Süd- und Westseite des Gebäudes sind eine sinnvolle und nachhaltige Ergänzung zu technischen Lösungen. Laubbäume und Fassadengrün bieten im Sommer Schatten und sorgen für Verdunstungskälte. Im Winter werfen sie ihr Laub ab und gewährleisten solare Wärmeeinträge im Gebäude. Außerdem steigern Bäume und Fassadengrün die Lebensqualität durch ihren Anblick und den Bezug zu Natur.



Links: Außenjalousien verhindern Licht- und Wärmeeinträge.

Rechts: Innenliegende Lösungen lassen solare Wärmeeinträge jedoch in den Raum.



Checkliste für Planung und Einregulierung:

1. Verschattung der Fenster an allen von der Sonne beschienenen Fassadenseiten durch Außenjalousien, Raffstoren, Markisen einplanen
2. Eine Sonnenschutzsteuerung mit einer Sommer/Winter- Funktion einplanen
3. Es sollte eine nutzerfreundliche (insbesondere intuitive) Steuerung mit entsprechender Beschriftung eingesetzt werden.
4. In der Einregulierungsphase muss die automatische Sonnenschutzsteuerung auf den Bedarf und die Nutzung abgestimmt und optimiert werden.
5. Die Wetterstation an einem geeigneten Ort installieren; d.h. der Helligkeitssensor darf nicht durch Bäume oder Hausdach etc. verschattet werden; der Windsensor darf nicht an einer windgeschützten Stelle stehen.
6. Die Automatik muss mit den richtigen, auf den Bedarf abgestimmten Parametern eingerichtet werden. Dazu gehören insbesondere:
 - Resetfunktion
 - Sperrzeitenregelung für Unterrichtszeiten
 - Ausreichend lange Haltezeiten (siehe Checkliste Verschattung (Anhang III)).
7. Die automatische Steuerung muss so eingerichtet werden, dass ein Außenbezug gegeben ist (siehe Checkliste Verschattung (Anhang III)).
8. Techniker*innen müssen im Umgang mit der Lüftungsanlage geschult werden.
 - Hierfür Budget einplanen
9. Nutzerschulung vorsehen und durchführen, insbesondere für Lehrkräfte
10. Für weitere Hinweise siehe Checkliste Verschattung (Anhang III)



Bild links: Manche Planungsfehler zeigen sich erst in der Praxis. Dieses Fenster liegt in der Flucht von Fußballtor und Basketballkorb. Die Außenjalousie wurde hier in kürzester Zeit demoliert. In der Nähe von Sportanlagen sollten ballwurf-sichere Außenjalousien oder Schutzgitter installiert werden.

Bild rechts: Hier ist ein sog. Doppelbehang installiert worden. Im oberen Bereich haben die Lamellen einen anderen Winkel, als im unteren Bereich. Trotzdem können nur alle Lamellen gleichzeitig eingestellt werden. Nur wenn im unteren Teil die Lamellen ganz geschlossen werden, ist der Sonnenschutz gegeben. Durch die geschlossenen Lamellen fehlt der Blick nach draußen („Außenbezug“). Werden die unteren Lamellen geöffnet, dringt im oberen Bereich Wärmestrahlung in den Raum. Diese Art des Sonnenschutzes ist für Bildungsgebäude ungeeignet.



Literaturhinweis

- ITRS Richtlinien für Raffstoren / Jalousien 2012

3.2 Minderung innerer Wärmeerträge

3.2.1 Beleuchtung



Hintergrund

- Ein häufiger Fehler bei der Planung der Innenausstattung von Schulgebäuden ist die überdimensionierte Beleuchtung der Klassenräume, Sporthallen und weiterer Räume. Was anfangs vielleicht gut gemeint war – großzügiges Ausleuchten der Räume und indirekte Beleuchtung sollen für besseren Komfort und höhere Sicherheit sorgen – verkehrt sich im Sommer schnell in sein Gegenteil. Hohe innere Wärmelasten sind das Ergebnis.
- Zusätzlich sorgt auch die Wahl der Leuchtstoffe ggf. für erhöhte Wärmezeugung. Grundsätzlich gilt, je höher die elektrische Anschlussleistung ist, desto höher die Wärmelast. Hierbei ist zu beachten: Die Energie für die Beleuchtung wird vollständig in Wärme umgesetzt.



Häufige Fehlerursachen

- Die Beleuchtung ist nicht an die Nutzungszeiten angepasst.
- Die Beleuchtungsstärke kann nicht reguliert werden.
- Partielle Abschaltung ist nicht möglich.
- Techniker*innen wurden nicht eingewiesen.
- Die elektrische Anschlussleistung für die jeweiligen Räume ist zu hoch.
 - Die Beleuchtung ist für die Räume überdimensioniert geplant bzw. ausgelegt.
 - Die falschen Leuchtstoffe (z. B. Leuchtstoffröhren, Halogenlampen) werden verwendet.
 - Indirekte Beleuchtung kommt zu Einsatz.



Checkliste für Planung und Einregulierung:

1. Die Anschlussleistung für die Beleuchtung der Räume sollte sich in Abhängigkeit der Vorgaben für Beleuchtungsstärken an Erfahrungswerten guter Praxis orientieren, z. B.:
 - Klassenzimmer: 5 W/m², 300 lx bis 500 lx
 - Turnhallen: 8 W/m² (8m Deckenhöhe) bzw. 9 W/m² (9 m), 300 lx (für Schulsport, Wettkampfbeleuchtung kann höher ausfallen)
 - Verkehrsflächen (z. B. Flur): 100 lx
2. LED-Lampen verwenden. Hierbei ist jedoch zu beachten:
 - LEDs haben auch 70-80 % Verlustleistung in Wärme.
 - die Energieersparnis zu aktuellen Leuchtstoffröhren liegt im einstelligen Prozentbereich.
 - die Investitionskosten liegen oft beim doppelten von Leuchtstoffröhren.
 - Ein Austausch von bereits installierten modernen und funktionstüchtigen Leuchtstoffröhren durch LEDs ist daher nicht nötig.
 - Wird von vornherein auf LED-Technik gesetzt, dann sollte auch hier der sparsame Einsatz vorgesehen werden.
3. Die Strahlungscharakteristik muss so ausgewählt werden, dass eine gleichmäßige Beleuchtung der Fläche gewährleistet ist.
4. Der Anteil indirekter Beleuchtung sollte bei ca. 10 % liegen.*

5. Es gilt zu beachten, dass die gemessene, also tatsächliche Beleuchtungsstärke bei Neuinstallationen üblicherweise über der berechneten liegt **
6. Bedarfstaster einbauen zur partiellen Zu- oder Abschaltung von Bereichen; auf intuitive Beschriftung achten
7. Beleuchtungsstufen (z. B. Training, Schulsport, Vereinssport, Wettkampfbeleuchtung) ermöglichen und auf intuitive Beschriftung achten
8. Bewegungs- oder Präsenzmelder installieren
 - Bewegungsmelder sollten vorrangig in den Fluren installiert werden, da dort phasenweise Bewegung stattfindet.
 - In Klassenräumen sollten dagegen Präsenzmelder installiert werden.
 - Hier können Bewegungsmelder nämlich den Unterricht stören, wenn beispielsweise bei Klassenarbeiten aufgrund der fehlenden Bewegung häufig das Licht ausgeht.
 - Auf nutzerfreundliche Haltezeiten bei der Kalibrierung achten!
9. Alternativ Schlüsselschalter für die Trainingsbeleuchtung in jedem Feld installieren, damit im Schulbetrieb nur die verringerte Beleuchtung eingeschaltet werden kann.
10. Techniker*innen müssen im effizienten Umgang mit der Beleuchtung geschult werden.
 - Hierfür Budget einplanen
11. Für weitere Hinweise siehe *Checkliste ‚Optimierung von Sporthallen‘ (Anhang IV)*



Literaturhinweis

* Ausführlicher Erfahrungsbericht zur energiesparenden, nutzerfreundlichen Beleuchtung der Stadt Frankfurt/M. sowie Empfehlungen zu Beleuchtungssystemen an Schulen, Scharkon Lichtkonzepte®

** Ursache dafür ist der Wartungsfaktor. Das ist die durchschnittliche Abnahme des Lichtstroms durch Verschmutzung und Degradation über die Zeit. Die Degradation kann bei LEDs durchaus im Bereich von 10-20 % liegen. Bei Leuchtstofflampen etwa bei 5 -10 % Um diesen Faktor ist die Beleuchtung am Anfang heller und könnte auch soweit heruntergeregelt werden.

3.2.2 Elektrische Verbraucher



Hintergrund

- Wie bei der Beleuchtung wandeln auch elektrische Verbraucher wie z. B. Computer, Drucker, Beamer etc. die aufgenommene elektrische Energie schließlich in Wärmeenergie um. Je größer die Leistungsaufnahme, desto höher ist am Ende auch die Wärmeabgabe. Dies müssen Planer*innen bei der Ausstattung von Räumen und der Dimensionierung der RLTS berücksichtigen. Bei der Anschaffung von elektronischen Geräten sollte daher genau auf die Leistungsbeschreibung geachtet werden.
- Auch die Betriebsdauer der Geräte spielt eine wichtige Rolle. Laufen die Geräte permanent, auch außerhalb der Unterrichtszeiten sowie über Nacht, erzeugen sie unnötig viel Wärme, die von der RLT erst wieder abtransportiert werden muss.



Häufige Fehlerursachen

- Elektronische Geräte mit zu hoher Leistungsaufnahme bzw. Geräte mit schlechter Leistungsausbeute (niedrigem Wirkungsgrad) wurden angeschafft.
- Geräte laufen dauernd, teilweise auch außerhalb der Unterrichtszeiten, in Vollbetrieb, auch wenn sie gar nicht genutzt werden. Nach vermeintlicher Abschaltung laufen sie weiterhin im Stand-By-Betrieb oder im Schein-Aus



Checkliste für Planung und Einregulierung:

1. Elektrische Verbraucher mit hohem Wirkungsgrad und niedrigen Wärmeemissionen anschaffen.
2. In der Einregulierungsphase Schulungen für Techniker*innen und Lehrkräfte durchführen, um für den sparsamen Gebrauch elektronischer Geräte zu sensibilisieren.
3. Bei der Ausschreibung die bedarfsgerechte Abschaltung der Geräte und eine einfache Bedienung der Abschaltung mit einfordern, z. B. automatische Abschaltung mit Tastendruck, oder Schüsselschalter für die Raumelektrik.



Interaktives Whiteboard ist vor leerem Klassenraum im Betrieb und erzeugt bis zu 350 W Wärmeleistung.

3.2.3 Raumbelegung



Hintergrund

- Es kann passieren, dass aufgrund demographischer Entwicklungen die tatsächliche Zahl der Schüler*innen anders ist als geplant. Auch finden gelegentlich Umnutzungen von Räumen (z. B. durch Drittnutzer*innen) statt. Technische Einbauten wie die raumlufttechnische Anlage (RLT) können häufig einen signifikanten Anstieg der Schülerzahlen nicht auffangen, da ihre Kapazität technisch begrenzt ist. Die Folge sind überbelegte Räume, in denen die RLT nicht mehr für ein gutes Raumklima sorgen kann.
- Der menschliche Körper strahlt im Schnitt zwischen 60 und 100 W Wärmeleistung ab und benötigt zwischen 20 bis 30 m³ Frischluft pro Stunde. Die RLT muss daher in Leistung (m³/h) und Raumluftvolumen (m³) so dimensioniert sein, dass ggf. eine Erhöhung der Schülerzahlen durch Reservekapazitäten aufgefangen werden kann. Unter Umständen verbrauchen größer dimensionierte Anlagen, die im Teillastbetrieb laufen, auch weniger Energie, als kleinere Anlagen, die auf Vollast laufen. Eine Neuinvestition in eine größere Anlage oder die Anschaffung von zusätzlichen dezentralen Lüftungsanlagen ist in jedem Fall mit wesentlich höheren Kosten verbunden, als von vornherein eine größer dimensionierte RLT einzuplanen.



Häufige Fehlerursachen

- Schülerzahlen und demographische Entwicklung werden bei der Planung nicht ausreichend antizipiert.
- Die tatsächliche Nutzung und Funktion verschiedener Räume weicht von der Planung ab (z. B. Drittnutzer*innen).
- Leistungsfähigkeit und Kapazität der RLTS reichen nicht dafür aus, den erhöhten Lüftungsbedarf aufzufangen.



Checkliste für Planung und Einregulierung:

1. Genauere Einschätzung der Entwicklung der Einschulungszahlen. Daten hierfür können von den statistischen Landesämtern, dem statistischen Bundesamt und anderen Demographieforschungs-Einrichtungen eingeholt werden.
2. Raum- und Personalkapazitäten müssen besser an den Bedarfen ausgerichtet werden
3. RLTS müssen mit größeren Kapazitäten (Reservekapazitäten) geplant werden. Ein späterer Umbau und Neueinbau größerer Anlagen sollte vermieden werden.

3.3 Optimierung der Wärmeabfuhr – RLT, Freie Nachtkühlung, passive Lüftung



Hintergrund

- Wärmeeffizienz ist der wichtigste Vorteil von Passivhäusern und kann zu einer erheblichen Kosteneinsparung im Betrieb beitragen. Im Sommerbetrieb kann sich dieser Trumpf ohne ausreichende Wärmeabfuhr aber schnell in sein Gegenteil verkehren. Die Wärme staut sich im Gebäude und so ist es möglich, dass innen höhere Temperaturen herrschen als außen. Dies führt schnell und nachhaltig zu großem Unmut der Nutzer*innen, der sich häufig an den Hausmeister*innen entlädt und rasch nach außen getragen wird.



Häufige Fehlerursachen

- RLTs sind meistens auf eine ausreichende Frischluftfrate ausgelegt, jedoch nicht für den Transport von Wärmeenergie geeignet und können demnach die Wärmemengen im Sommer nicht in ausreichendem Maße aus dem Gebäude transportieren.
- Das Konzept der Nachtkühlung ist nicht vorgesehen, die Funktion ist in der Regelung nicht freigeschaltet bzw. die Parameter sind falsch eingestellt.
- Passive Nachtlüftung über die Fenster oder Deckenluken ist nicht möglich, weil
 - die Fenster und/oder Deckenluken nicht mit Witterungsschutz ausgestattet bzw. nicht gegen Einbruch und Tiere gesichert sind und sich dadurch versicherungstechnische Hindernisse ergeben.
 - es keine offenbaren Fenster oder Deckenluken gibt, die sich für eine passive Lüftung eignen.
 - die Techniker*innen nicht auf die Möglichkeiten zur passiven Lüftung hingewiesen worden sind.
 - das Konzept nicht Teil der Planung war und nachträglich nicht realisiert werden kann.



Checkliste für Planung und Einregulierung:

Die Möglichkeiten des Absenkens der Temperaturen in der Nacht und den Morgenstunden vor Unterrichtsbeginn müssen für die Kühlung des Gebäudes voll ausgeschöpft werden. Hierfür müssen die Grundlagen aber bereits in der Planung geschaffen werden.

1. Leistungsfähige Lüftungsanlage einplanen
2. Besser: passive, freie Nachtkühlung in Lüftungskonzept einplanen
 - Fenster und Deckenluken einplanen, die zum Lüften geöffnet werden können.
 - Diese müssen mit Witterungsschutz, Einbruchschutz und Schutz gegen das Eindringen von Vögeln und Kleintieren gesichert sein.
 - Motorsteuerung für Deckenluken mit Wetterstation als Schutz gegen Wetterschäden
 - Verwendung von automatischen Steuerungen prüfen (z.B. Window Master)

Zielsetzung:

4. Winter – effiziente Wärme und hohe Raumluftqualität

Mittel / Komponente:

- 4.1 Nutzung äußerer und innerer Wärmequellen
- 4.2 Trockene Luft vermeiden

Bitte beachten sie:



Hintergrund



Checkliste



Häufige Fehlerursachen



Weblink

4.1 Nutzung äußerer und innerer Wärmequellen



Hintergrund

Grundlegendes Prinzip des Passivhauses

Dem Passivhaus muss im Prinzip keine zusätzliche Wärme von außen zugeführt werden. Die notwendige Wärmeenergie wird durch Sonneneinstrahlung und innere Wärmequellen bereitgestellt. Dafür sorgen in erster Linie Personen und technische Geräte. Die thermische Hülle eines Passivhauses sorgt dafür, dass äußere und innere Wärmeerträge möglichst lange gespeichert werden. In vielen Passivhäusern gibt es daher tatsächlich keine oder nur eine kleine Heizungsanlage als Zuheizung zu bestimmten Zeiten, wenn es vorübergehend kälter ist als gewöhnlich. Siehe hierzu auch Abbildung ‚Grundprinzipien des Passivhauses‘ auf dem Buchrücken!

Passivhaus-Schule nicht gleich Passivhaus-Wohngebäude: Nutzungszeiten beachten

Im Gegensatz zu Wohngebäuden werden Passivhaus-Schulen vor allem tagsüber und nur werktags genutzt. Das bedeutet, dass innere Wärmeerträge im Schulgebäude nur tagsüber anfallen. Nachts, am Wochenende und in den Ferien muss aber ggf. zugeheizt werden, damit das Schulgebäude bis zum Unterrichtsbeginn nicht zu sehr auskühlt.

Nutzungsarten, Raumtypen und Temperaturniveaus

Auch die Nutzungsarten unterscheiden sich innerhalb des Gebäudes. Da in den Klassenräumen oder Personalräumen (wie z. B. Sekretariat) Unterricht und Arbeit überwiegend sitzend durchgeführt werden und die Nutzer*innen nur verhältnismäßig wenig Wärme erzeugen, muss ein Temperaturniveau von 20 bis 22 °C eingehalten werden. Demgegenüber können in Freizeiträumen oder vor allem in der Sporthalle niedrigere Temperaturniveaus von 15-18 °C eingestellt werden. Achtung: weniger bewegungsreiche Sportarten, wie z. B. Yoga- und Meditationsunterricht erfordern höhere Temperaturniveaus.

Psychologie der Nutzer*innen und heizungstechnische Aspekte

Ganz entscheidend für das Wohlbefinden der Nutzer*innen ist eine psychologische Komponente. Das Fehlen von Heizkörpern sorgt bei Nutzer*innen automatisch für empfundene Kälte. Ebenfalls können nicht vorhandene oder manuell nicht regulierbare Thermostatventile dafür sorgen, dass Nutzer*innen frieren. Hier lässt sich bereits in der Planung vorbeugen, indem Klassen- und Personalräume mit kleinen Heizkörpern ausgestattet werden.

Diese sollten dann vorzugsweise mit Thermostatventilen mit einem einstellbaren Maximalwert von 20 °C ausgestattet werden. Den Nutzer*innen ist es dann möglich, die Raumtemperatur bis zu einem Maximalwert von 20 °C selbst zu regulieren, ohne dabei Heizenergie zu „verschwenden“. Alternativ können auch Zonenventile für die Steuerung verwendet werden.*



Häufige Fehlerursachen

Fehler 1: Solare Gewinne werden im Winter nicht im möglichen Maße genutzt

Ursache 1: Automatik der Verschattungssteuerung ohne SoWi-Umschaltung

Ein häufiger Fehler bei der Verschattungssteuerung ist eine fehlende Sommer-/Winterumschaltung (SoWi-Umschaltung). Beispielsweise fährt der Sonnenschutz in der Heizperiode bei

Sonneneinstrahlung aufgrund der noch eingestellten Sommereinstellung automatisch herunter und verhindert so den im Winter notwendigen solaren Wärmeeintrag. Die Funktion zum Umschalten zwischen Sommer- und Winterbetrieb ist in diesem Fall in der Steuerung entweder nicht vorhanden, nicht eingerichtet oder falsch programmiert.

Ursache 2: Falsche Nutzung des Sonnenschutzes durch Nutzer*innen

Nutzer*innen und Techniker*innen müssen zum Umgang und dem Zweck des Sonnenschutzes geschult werden. Sind die prinzipiellen Unterschiede zwischen äußerer Verschattung (Wärmeschutz) und innenliegendem Blendschutz nicht bewusst, kann es vorkommen, dass der äußere Sonnenschutz im Winter genutzt wird, um den Raum zu verdunkeln. Dadurch werden solare Wärmeeinträge verhindert.

Ursache 3: Innenliegender Blendschutz ist nicht vorhanden

Ist bei der Planung kein innenliegender Blendschutz vorgesehen worden, müssen die Nutzer*innen zur Verdunkelung der Räume auch im Winter den außenliegenden Sonnenschutz verwenden. Dadurch werden solare Wärmeeinträge verhindert.

Fehler 2: Zusätzlicher Heizbedarf wird nicht berücksichtigt

Ursache 1: Raumplanung und geplante Raumbelagung weichen von tatsächlichem Bedarf ab

Auch bei optimaler Ausnutzung der solaren Erträge und der inneren Wärmegewinne hat ein Bildungsgebäude manchmal einen zusätzlichen Heizbedarf. Der Heizbedarf entsteht, weil die berechnete Personenzahl in den Räumen unterschritten wird oder die Nutzungszeiten in einigen Räumen nur kurz sind. Dazu kommen Ferienzeiten und die Wochenenden, in denen keine Personen im Gebäude anwesend sind. Dieser zusätzliche Heizbedarf muss mit einer Nacherhitzung der Zuluft oder besser mit statischen Heizflächen gedeckt werden. RLts können dann außerhalb der Nutzungszeiten abgestellt werden.

Ursache 2: Fenster und Außentüren stehen offen. Windfang fehlt

Außentüren sind oft nicht kindgerecht dimensioniert. In der Folge werden Außentüren verkeilt und kalte Luft gelangt in das Gebäude. Auch Windfänge in den Eingangsbereichen fehlen häufig. Heizenergie wird so verschwendet und muss durch zusätzliches Heizen ausgeglichen werden. Siehe hierzu ‚Abschnitt 2: Außentüren leichtgängiger planen‘



Was sollten Planer*innen zur Bereitstellung energieeffizienter Wärme im Winter tun?

Planer*innen sollten eine SoWi-Umschaltung in der Außenverschattungssteuerung in der Planung berücksichtigen und in der Ausschreibung einfordern. Für die SoWi-Umschaltung sollte möglichst eine Kalenderfunktion genutzt werden. Eine Steuerung nach Außen- und Innentemperaturen ist möglich, aber in der Praxis hat sich gezeigt, dass diese Steuerung auch fehlerbehaftet sein kann. In der Winterphase darf die Außenverschattung nur in Ausnahmefällen heruntergefahren werden. Stattdessen müssen innenliegende Vorhänge als Blendschutz und zur Verdunkelung genutzt werden.

Unterschreiten die Personenzahlen das Minimum der Planung, muss der Verlust innerer Wärmequellen ausgeglichen werden können. Dies kann durch eine Nacherhitzung der Zuluft erfolgen, besser ist jedoch die Bereitstellung statischer Heizflächen. Statische Heizflächen werden dabei als Auskühlschutz und Grundwärmelast eingesetzt, um ein Absinken der Raumtemperatur auf unter 19 °C zu verhindern.

Besondere Bedeutung kommt außerdem der Effizienz der Wärmerückgewinnung (WRG) zu. An kalten Tagen mit geringer Raumauslastung ist ein hoher Wärmerückgewinnungsgrad wichtig, um den zusätzlichen Energieaufwand und damit Zusatzkosten durch Nacherhitzung und Zuheizung zu minimieren. Die Mindestanforderung für Passivhäuser von 75 % Rückgewinnungsgrad sollte nicht als Maximalrichtwert herangezogen werden. Je besser die Wärmerückgewinnung ist, umso weniger zusätzliche Heizenergie ist im Betrieb notwendig. Bei hoher Belegung muss allerdings darauf geachtet werden, dass die Zulufttemperatur durch die WRG nicht zu hoch wird.

Die Einstellung der Zulufttemperatur stellt hohe Anforderungen an die Komplexität und Benutzerfreundlichkeit der Regelung. Simple Festwertregelungen führen nicht zu den gewünschten Ergebnissen. Zu beachten ist, dass aufgrund von Verdunstungskälte (durch trockene Luft) Luftwechsel als Zugluft empfunden werden. Siehe hierzu *Kapitel 4.2, Trockene Luft vermeiden*. Dadurch muss der Sollwert der Zulufttemperatur im Winter höher sein als im Sommer. Hierdurch wird außerdem das Potential der WRG voll genutzt und Heizenergie gespart. Erst bei sehr niedrigen Außentemperaturen muss dann zugeheizt werden. Ebenfalls sollte die Regelung Optionen zur Kalenderfunktion oder Außentemperatursteuerung vorweisen. All diese Anforderungen an die Regelungstechnik sollten in der Ausschreibung explizit definiert werden.



Checkliste für Planung und Einregulierung:

1. Richtige Verschattung
 - Planung einer Verschattungssteuerung mit einer SoWi-Umschaltung.
 - Innere Erträge nutzen (z. B. Mensawärme: Konvektomaten, Spülgeräte, TK-Abwärme)
 - Solare Erträge nutzbar machen
 - Im Winter keine Verwendung des äußeren Sonnenschutzes sondern inneren Blendenschutz vorsehen
 - Die Steuerung der Außenjalousien muss für den Winter automatisch den Sonnenschutz abschalten (Kalenderfunktion oder mit Außentemperatur).
 - Solare Erträge müssen im Winter genutzt werden, um energieintensives Zuheizen zu reduzieren oder ganz zu vermeiden.
2. RLT und WRG
 - Wärmerückgewinnung mit hohem Rückgewinnungsgrad (> 75 %) einbauen.
 - Neben höherem Nutzerkomfort senkt dies auch den Bedarf und Kosten zusätzlicher Heizenergie.
 - Keine simple Festwertregelung der Zulufttemperatur vornehmen!
 - Sollwerte im Winter höher als im Sommer
 - WRG-Potential voll ausnutzen
 - Regelungstechnik mit Kalenderfunktion und Außentemperatursteuerung

3. Heizwärmebedarf richtig planen

- Raumbelegung
 - Möglichst genaue Einschätzung der Entwicklung der Einschulungszahlen vornehmen; Daten hierfür können von den statistischen Landesämtern, dem Bundesamt und anderen Demographieforschungseinrichtungen eingeholt werden.
 - Raum- und Personalkapazitäten müssen besser an den Bedarfen ausgerichtet werden können.
- Projektplanung und Energieberechnung
 - Zur Berechnung des Heizwärmebedarfs, der Energiebilanz u.v.m. können Architekt*innen und Fachplaner*innen auf das Energieeffizienzplanungs-Tool Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP)[®] des Passivhaus Instituts zurückgreifen.**
- Nutzungskonzepte beachten
 - Eine Schule ist kein Wohngebäude: Nutzungszeiten beachten
 - Nutzungsarten und Temperaturniveaus beachten
 - ◆ Z. B. Klassen- und Personalräume ≠ Sporthalle
 - ◆ Z. B. Sportunterricht ≠ Yoga und Meditation
 - Alle Räume, die stark unterschiedlich genutzt werden (Gruppenräume, Sporthalle, Aula, Mensa) sollten schnell erwärmt werden können, aber auch mit reduzierter Nutzung funktionieren (Reduzierschalter für die Yogagruppe/Meditation/Theater vorsehen).

4. Zuheizung vorsehen

- Psychologie der Nutzer*innen beachten (ohne Heizung geht es nicht)
 - Klassenräume mit kleinen Heizflächen vorsehen
 - Evtl. mit Zonenventil oder einstellbarem Maximalwert (20 °C) am Thermostatventil
 - Personalräume berücksichtigen
 - Verwaltung, Sekretariat, Besprechungszimmer, Schulleitung, Lehrerzimmer
 - Sichtbare, selbst verstellbare Heizflächen vorsehen (bei niedrigen Heizkörpertemperaturen)
 - Heizkurven allgemein tief halten
5. Warmwasserbereitstellung
 - Bedarf häufig niedriger als genormt; Beispiel Grundschule benötigt: nur 6 % des geplanten Warmwasserverbrauchs, auch im Sporthallenbereich. Gleichzeitig entstehenhohe Verteilungs- und Bereitstellungsverluste
 - Über dezentrale Lösung nachdenken
 6. Schulung und Sensibilisierung
 - Techniker*innen und Nutzer*innen müssen für den effizienten Betrieb der Heizungsanlage und den richtigen Umgang mit dem Sonnenschutz geschult und sensibilisiert werden.
 - Hierfür Budget einplanen

* Der Einbau (und die Nutzung) von Zonenventilen ist nicht unumstritten, aber möglich bei Einzelraumregelung.



Webseiten-Link

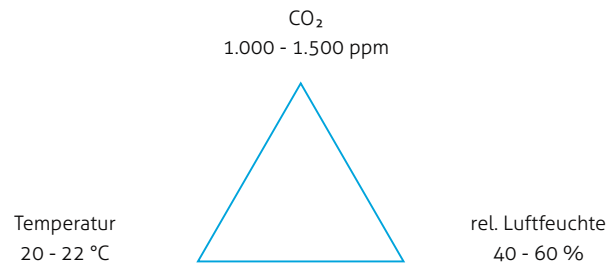
** http://www.passiv.de/de/04_phpp/04_phpp.htm

4.2 Trockene Luft vermeiden



Hintergrund

- Die Befragung der Nutzer*innen im Projekt „Passivhaus-Schulen werden aktiv“ hat ergeben, dass warme Luft eher als verbraucht wahrgenommen wird als kalte. Die Folge ist, dass bei hoher Raumlufttemperatur tendenziell häufiger gelüftet wird. Durch häufige Luftwechsel sinkt allerdings die relative Feuchte. Kalte Außenluft enthält wenig Wasser und führt beim Aufwärmen zu geringer relativer Luftfeuchtigkeit.
- Techniker*innen und Planer*innen stehen hierbei mehreren Zielkonflikten gegenüber. Diese werden im „magischen Dreieck“ des Raumluftklimas im Winter verdeutlicht:



Das magische Dreieck der Raumluftqualität sagt:

- Die Optimierung auf einen einzigen Raumluftparameter führt zu ungesunder bzw. unangenehmer Luft.
- Eine angemessene, relative Luftfeuchte (rH) im Raum von über 30 % ist wesentlich für die subjektive Beurteilung der Raumluftqualität.
- Eine relative Luftfeuchte unter 30 % kann zu trockenen Schleimhäuten, Augenreizungen und Hautproblemen führen.
- Trockene Luft wird häufig kühler als die tatsächliche Lufttemperatur und damit als unangenehm empfunden.
- Die 3 Raumluftparameter können nicht gleichzeitig zu optimalen Werten gebracht werden. Stattdessen muss ein Kompromiss nach individuellen Bedürfnissen angestrebt werden.
- Die Luftwechselrate sollte so eingestellt werden, dass der maximale CO₂-Wert nicht über 1.500-1.700 ppm liegt. Liegt der Wert deutlich unter 1.500 ppm kann die Lüftungsrate verringert werden. Dadurch trocknet die Luft im Winter weniger aus.
- Die Raumlufttemperatur sollte bei 20 bis 22 °C eingeregelt werden. Eine höhere Raumlufttemperatur bedingt ein Absinken der relativen Luftfeuchte.
- Die Lüftungsanlage muss darauf ausgelegt sein, diese Anforderungen auch zu erfüllen.



Checkliste für Planung und Einregulierung:

1. Bedarfsabhängige Lüftungsregelung einplanen
 - Sensoren in den Räumen: CO₂, rH, Temperatur
 - variable Volumenstromregelung der Räume
 - zugängliche und veränderbare Darstellung der verschiedenen Parameter an der Regelung
 - bedarfsabhängige Nachregelung durch die Regelung der RLT
 - In der Einregulierungsphase sollten die Parameter in der Regelung auf den Bedarf und die Nutzung abgestimmt und optimiert werden.
2. Einstellungen der Parameter optimieren
3. CO₂-Infotafeln auf den Fluren und in den Klassenräumen anbringen
 - Diese erhöhen die Akzeptanz von Lüftungsanlagen.
4. Überhitzung und Überlüftung vermeiden
 - Luftwechselrate angemessen niedrig halten
 - Raumtemperatur angemessen niedrig halten

Zielsetzung:

5. Niedriger Energieverbrauch

Mittel / Komponente:

- 5.1 Heizenergieverbrauch senken – Nutzung äußerer und innerer Wärmequellen
- 5.2 Stromverbrauch senken – Nutzung passiver Wärmeabfuhr

Bitte beachten sie:



Hintergrund



Checkliste



Häufige Fehlerursachen



Literaturhinweis

5.1 Heizenergieverbrauch senken – Nutzung äußerer und innerer Wärmequellen



Hintergrund

- Die Nutzung äußerer und innerer Wärmeerträge gehört zu den Grundprinzipien der Wärmeerzeugung in Passivhäusern. Siehe hierzu im *Abschnitt 4 ‚Winter‘*- Kapitel 4.1 *‚Nutzung innerer und äußerer Wärmequellen!‘*
- Es gibt Situationen und Tage, an denen die solaren und inneren Erträge nicht ausreichen um die Temperatur im Gebäude ausreichend hoch zu halten. An kalten Tagen mit Bewölkung, in den Ferien und an Wochenenden, wenn die inneren Wärmeerträge nicht ausreichen oder nicht effizient genutzt werden, kann es vorkommen, dass mit Nacherhitzung durch die raumlufttechnische Anlage (RLT) und statischen Heizflächen zugeheizt werden muss.



Häufige Fehlerursachen

Eine ineffiziente oder gar fehlende Nutzung innerer Wärmeerträge liegt dann vor, wenn

- eine Zuluft-Festwert-Regelung auf zu geringe Zulufttemperaturen eingestellt ist und die Wärmerückgewinnung (WRG) nicht das volle Potential der abgeführten Wärme ausnutzt.
- die WRG nur einen zu geringen Rückgewinnungsgrad aufweist, weil
 - der Wärmetauscher defekt ist,
 - falsch eingestellt ist oder
 - Verarbeitungsfehler aufweist.
- der Drehsinn für die Klappenstellung der WRG falsch herum eingestellt und dadurch der Bypass im Winter geöffnet ist.



Checkliste für Planung und Einregulierung:

1. Energieverbrauch in $W/(m^3/h)$ berechnen
2. In der zentralen Heizungsregelung sowie in der Raumregelung die Möglichkeit zur flexiblen Anpassung von Nutzungszeiten vorsehen
3. In der Gebäudeleittechnik (GLT) eine Bearbeitungsebene für Hausmeister*innen vorsehen, die einfach und intuitiv zu bedienen ist.
4. Keine Vorspülzeiten vorsehen
5. In der Planungsphase und während der Einregulierungsphase eine angemessene Zulufttemperatur planen bzw. einregeln; SoWi-Umschaltung bei Festwertregelungen beachten
6. Bei der Auswahl der RLTs auf hohe Qualität und hohen Wirkungsgrad der WRG achten (Es werden bereits Geräte mit einem Wirkungsgrad von bis zu 96 % angeboten*)
7. Das Lüftungsgerät und der Wärmetauscher dürfen keine Verarbeitungsfehler aufweisen. Die Ausschreibung muss dringend die Verpflichtung der Auftragnehmer beinhalten, bei Verarbeitungsfehlern am Lüftungsgerät oder Wärmetauscher umgehend Ersatz zu beschaffen
8. Beim Einbau des Wärmetauschers auf den richtigen Drehsinn der Klappensteuerung achten
 - Fehlende Erfahrung oder Ausbildung kann hier zu fatalen Fehlern führen (z.B. es findet keine Wärmerückgewinnung statt)
 - Für die Installation der RLTs sollten nur Fachfirmen beauftragt werden, die Erfahrung in der Arbeit mit dieser komplexen Technik haben.

- 9. Techniker*innen müssen während der Einregulierungsphase im sparsamen Betrieb sowie im Umgang mit der Wärmerückgewinnung geschult werden.
 - Für Schulungsmaßnahmen Budget einplanen



Literaturhinweis

* Sommer, Passivhäuser, 2. Auflage, Müller-Verlag

5.2 Stromverbrauch senken – Nutzung passiver Wärmeabfuhr



Hintergrund

- Wenn im Sommer die RLts über Stunden mit der Nachtlüftung zur Wärmeabfuhr aus dem Gebäude betrieben werden, ist das verbunden mit einem hohen Stromverbrauch. Gleichzeitig ist das Ergebnis der Nachtlüftung marginal. In vielen Messungen zeigt sich, dass nur eine geringe Absenkung der Lufttemperatur im Gebäude erreicht werden kann. Diese 1-2 Kelvin sind teuer erkauft.



Was sollten Planer*innen zur Nutzung passiver Wärmeabfuhr tun?

Um die Wärme im Sommer aus dem Gebäude zu leiten, sind passive Lüftungsklappen eine gute Lösung. Gegenüber der klassischen Nachtlüftung mit der RLts kann man mit passiven Lüftungsklappen einen wesentlich höheren Luftaustausch und eine deutlich bessere Wärmeabfuhr realisieren. Zusätzlich senkt es den Stromverbrauch, da die RLts nicht über Stunden mit hoher Last betrieben werden müssen. In Klassen – und Gruppenräumen können Lüftungsklappen mit einbruchsicherem Wetterschutzgitter installiert werden, die auch in der Nacht geöffnet bleiben können. Dachfenster, Lichtkuppeln und/oder Entrauchungsklappen sind mit geringem Aufwand auch als Lüftungsöffnungen zu verwenden. Sie müssen hierfür mit elektrischen Stellmotoren, mit denen eine wiederholte Öffnung und Schließung möglich ist, einem Schutz gegen Vögel und Kleintiere und einer Wetterstation ausgerüstet werden.

Auch hybride Lösungen (Kombination aus Lüftungsklappen und Abluftventilator) sind denkbar. Der Stromverbrauch für die Lüftungsanlage sollte 0,45 Wh/m³a nicht überschreiten.*



Literaturhinweis

* Sommer, Passivhäuser, 2. Auflage, Müller-Verlag

Zielsetzung:

6. Kommunikation, Beteiligung und Öffentlichkeitsarbeit verbessern

Mittel / Komponente:

- 6.1 Einbeziehung von Nutzer*innen und Techniker*innen
- 6.2 Öffentlichkeitsarbeit betreiben

Bitte beachten sie:



Hintergrund



Checkliste



Häufige Fehlerursachen



Literaturhinweis

6.1 Einbeziehung von Nutzer*innen und Techniker*innen



Hintergrund

Zu hohe Erwartungen an Gebrauchsqualität des Gebäudes

Durch die sehr positive Kommunikation durch Schulträger und Planungsbüros im Vorfeld werden häufig überhöhte Erwartungen der Nutzer*innen bzgl. Behaglichkeit, Komfort und Technik erzeugt. Nutzer*innen gehen davon aus, dass das Gebäude ohne weiteres Zutun automatisch im Optimalbetrieb läuft. Im Betrieb werden die zu hohen Erwartungen dann schnell enttäuscht.

Zu geringe Erwartungen an Gebrauchsqualität des Gebäudes bzw. Befürchtungen im Vorfeld

Auf der anderen Seite gibt es auch das gegenteilige Phänomen, dass im Vorfeld Befürchtungen darüber bestehen, dass es im Winter im Gebäude zu kalt sein könnte. Teilweise werden auch schlechte Erfahrungen durch Nutzer*innen anderer Gebäude ausgetauscht, wodurch die Erwartungen von vornherein schlecht sind. Auch in den Medien wurde ggf. negativ über die „*unausgereifte Technologie*“ berichtet. Nutzer*innen haben dann von vornherein Vorurteile gegenüber der Technik, dem Komfort und der Sinnhaftigkeit energieeffizienter Schulgebäude. Selbst kleinste Unstimmigkeiten werden in diesem Fall schnell als Bestätigung der ohnehin schlechten Meinung über das Passivhaus aufgegriffen.



Was sollten Planer*innen tun, um Akzeptanz für das Neubauprojekt und den Betrieb einer Passivhaus-Schule zu erreichen?

Wollen sich Planer*innen die Zustimmung und das Wohlwollen der Nutzer*innen und anderer Stakeholder einholen, ist die „*ortsübliche Bekanntmachung*“ von Bauvorhaben (im „versteckten Kämmerlein“) keine zufriedenstellende Lösung.

Stattdessen sollte ein modernes und transparentes Beteiligungsverfahren entwickelt und abgehalten werden. Planer*innen sollten schon in der Planungsphase Nutzer*innen und Techniker*innen in die Planungen einbeziehen, an Ideenwettbewerben beteiligen und ihnen so eine Teilhabe und Identifikation mit dem Gebäude ermöglichen.

Um Erwartungen oder Befürchtungen zu begegnen, auszuräumen und Fragen zu beantworten, sollten bereits in der Planungsphase aber auch in der Einregulierungsphase Informationsveranstaltungen für Schulleitung, Hausmeister*innen, Lehrkräfte und evtl. auch die Eltern der Schüler*innen durchgeführt werden. Hierbei können gemeinsam Ideen und Lösungen ausgearbeitet werden, Wissensvermittlung zur Funktionsweise des neuen Gebäudes stattfinden sowie die Möglichkeiten, Bereiche und Erfordernisse von Nutzermitwirkung und Nutzerverantwortung kommuniziert werden.

Auch der Einsatz von Informationstafeln während der Planungs-, Bau- und Einregulierungsphase hilft, Befürchtungen auszuräumen und realistische Erwartungen zu erzeugen.



Checkliste für Planung und Einregulierung:

1. Beteiligungsverfahren durchführen, welches Nutzer*innen und Hausmeister*innen mit einbezieht
2. Informationsveranstaltungen durchführen, in denen Fragen und Befürchtungen von Nutzer*innen und Hausmeister*innen geklärt und ausgeräumt werden können!
3. Informationstafeln mit Echtzeitdaten aufstellen
4. Für Darstellung der Kommunikationskanäle und Partner siehe Abbildung in Kapitel 6.2.

6.2 Öffentlichkeitsarbeit betreiben



Hintergrund

- Oft werden Schulleitung und Hausmeister*innen nach der Übergabe allein gelassen. Nach der Inbetriebnahme findet keine Öffentlichkeitsarbeit statt und das Gebäude wird nicht mehr als Vorzeigeprojekt beworben.
- Aufgrund von Unsicherheiten auf Verwaltungs- und Planungsebene werden teilweise Daten und Informationen nicht herausgegeben - die Kommunikation von Leistungen, Erfolgen und Fehlern ist unzureichend. Eventuell besteht die Angst, Zielvorgaben nicht einhalten zu können. Dadurch fehlt es jedoch an Transparenz für die Nutzer*innen.



Checkliste für Planung und Einregulierung:

1. Öffentlichkeitsarbeit betreiben
2. Erstellen von Handreichungen für Öffentlichkeitsarbeit
3. Elektronische Infotafeln öffentlichkeitswirksam im oder vor dem Gebäude aufstellen, die in Echtzeit die verringerten THG-Emissionen aufzeigen.
4. Schulträger müssen auf ihren Webseiten auf schulische Leuchtturmprojekte aufmerksam machen.
5. Transparenz bezüglich (Verbrauchs-)Daten und Informationen
6. Daten/Informationen über die Gebäudeleistung müssen regelmäßig/routinemäßig veröffentlicht werden bzw. an Hausmeister*innen herausgegeben werden.



Schematische Darstellung für notwendige Kommunikationskanäle und der Partner

Anhang I: Checkliste Messung der Raumluftqualität



Checkliste Temperaturmessung:

1. Wenn vorhanden, Sekundenthermometer oder anderes Thermometer mit kurzer Messzeit verwenden.
2. Zur Erfassung einer möglichst exakten, durchschnittlichen Raumtemperatur sollte die Messung in der Mitte des Raumes auf etwa 0,75 m Höhe (etwa Bauchhöhe) erfolgen.
3. Das Messgerät vom Körper fern halten, damit die Körpertemperatur nicht die Messung beeinflusst.
 - 20-22 °C ist eine angemessene Raumtemperatur für Büros, Klassen- und Fachräume
 - 12-15 °C sollten in Fluren, Treppenhäusern und Toilettenräumen erreicht werden
 - 15-17 °C in Sporthallen.



Checkliste CO₂-Messung:

1. CO₂-Messgerät verwenden (dieses misst die CO₂-Konzentration in der Luft in ppm (parts per million = Teilchen pro Million))
2. Die Messung sollte innerhalb des Raumes an einer Stelle erfolgen, die weder zu sehr abgeschirmt ist (in einer Ecke neben dem Schrank), noch direkt neben dem Fenster oder der Tür liegt oder sich in unmittelbarer Nähe zu einer (atmenden) Person befindet. Es soll die durchschnittliche, durchmischte Luftqualität des Raumes wiedergespiegelt werden.
3. Frische Außenluft hat einen CO₂-Gehalt von etwa 400 ppm. In kleinen Räumen, in denen sich viele Personen befinden (wie z.B. Klassenräumen), sind Werte bis zu 1.500 ppm als „normal“ zu bezeichnen. Liegt der CO₂-Gehalt der Raumluft über 2000 ppm, sollte eine Stoß-Lüftung durchgeführt werden.
4. Wenn möglich, ist eine längere Anwendung des CO₂-Messgerätes empfehlenswert, um im Schulalltag ein besseres Gefühl für gute Luftqualität zu bekommen.
5. Durch die Anwendung des Messgerätes wird insbesondere auch die Notwendigkeit einer regelmäßigen Stoßlüftung und die Ineffektivität gekippter Fenster deutlich.



Wichtiger Hinweis zur Messung der Raumluftqualität bei der baulichen Abnahme von Lüftungsanlagen

1. "Normale" Luftmengenmessungen bei der Abnahme einer Lüftungsanlage laufen fast immer unter unrealistischen Bedingungen.
2. Empfehlenswert ist eine realistische Raumluftmessung bei normal laufender Anlage.
3. Die Anlage muss im leeren Raum agieren, als wenn der Raum belegt und die Luft schlecht ist
 - Hierfür Präsenzmelder auslösen oder die CO₂-Sollwerte für die Messung ganz tief einstellen.



Checkliste: Datenlogger-Messungen zur Langzeit Erfassung von Messdaten:

1. Mit den entsprechenden Messgeräten können Langzeitmessungen von Temperaturen und CO₂-Gehalt der Luft an der raumlufttechnischen Anlage (RLT), der Nacherhitzung, im Klassenraum sowie an der stationären Heizung durchgeführt werden.
 - Temperaturen/CO₂-Werte werden dabei über längere Zeiträume in definierten Zeitabständen gemessen und gespeichert.
2. Der Messzeitraum sollte dabei eine Woche einschließlich Wochenende nicht unterschreiten. Auch Messungen an Feiertagen und in den Ferien sind häufig sehr aufschlussreich.
3. Die Daten können anschließend am Computer ausgewertet werden.
4. Durch die erhobenen Daten kann nachvollzogen werden, wann die Anlagen in Betrieb sind, ob Temperatur-Absenkungen in der Nacht, an Wochenenden oder in Ferienzeiten stattgefunden haben und wann welche Temperaturen und Luftqualitäten erreicht werden.
5. Dadurch werden Energieeinsparpotentiale aufgezeigt.



Welche Hersteller werden empfohlen?

Während des Projektes wurde unter anderem mit Messgeräten der Firmen Greisinger®, testo®, Wöhler® und Hobo® gearbeitet. Diese und vergleichbare Messgeräte können wir empfehlen.

Anhang II: Checkliste Kontrolle der RLT & Regelung – Bedarfsgerechte Lüftung



Checkliste:

1. Temperatursensoren
 - Messwerte der ZU/AB/FO/AU*-Sensoren mit Sekundenthermometer einem Realitäts-Check unterziehen
 - Bei Abweichungen von mehr als 0,5 K Sensoren neu kalibrieren (Offset in der Regelung)
2. Drucksensoren
 - Bei falschen Angaben kommt es zu falschen Rückschlüssen über die Verschmutzung der Filter.
 - Verstopfte Filter kosten Ventilatorenergie.
 - Daher Sensoren für Differenzdruck am Filter kontrollieren
3. CO₂-Sensor
 - Für Messung der Raumluftqualität einsetzen
 - Zu niedrig eingestellte CO₂-Werte in der Steuerung sorgen für hohen Energieverbrauch, trockene Luft und Zuglufterscheinungen.
 - In der Regelung großzügige Soll-Werte für CO₂ in Kauf nehmen (1.500 bis 2.000 ppm)
 - CO₂-Sensoren vor allem für Klassenräume nutzen
4. VOC-Sensor
 - VOC (engl. Volatile Organic Compound = flüchtige Organische Verbindungen)-Quellen sind insbesondere bauchemische Rückstände, Kunststoffe, Bodenbeläge, Möbel, Löse- und Reinigungsmittel.
 - VOC-Sensoren daher besonders in Neubauten oder frisch sanierten Gebäuden nützlich
 - CO₂-Konzentration kann mit VOC-Sensoren aber nicht erfasst werden.
 - Daher vor allem in großen Räumen einsetzen, in denen CO₂-Gehalt keine Rolle spielt (z. B. Aula).
5. Feuchtesensoren
 - Kommen im Sanitärbereich zum Einsatz, wo viel Feuchte anfällt.
 - In Duschräumen von Turnhallen sowie Toiletten und Küchen nutzen
6. Präsenzmelder vs. Bewegungsmelder
 - Präsenzmelder sind deutlich empfindlicher als Bewegungsmelder und registrieren kleinste Veränderungen.
 - Sie können daher problemlos in Klassenräumen als Alternative zu CO₂-Meldern eingesetzt werden.
 - Bewegungsmelder für die Lüftung können überall dort eingesetzt werden, wo viel Bewegung herrscht.
 - Auf Fluren, in Treppenhäusern oder in Freizeiträumen verwenden
7. Taster für Lüftung
 - Durch Tastendruck gesteuerte/aktivierte Regelung
 - Mehrstufige Lösung verwenden
 - In Kombination mit variabler Volumenstromregelung einsetzen

- Überall dort einsetzbar, wo wechselnder Bedarf durch unterschiedliche Nutzergruppen besteht.
 - Turnhalle: z. B. Yoga nicht gleich Fußball
 - Klassenraum: Im Sommer bei offenem Fenster besteht kein Bedarf
 - Unterricht: Bei Stillarbeit ist Lüftung oft zu laut. Hier reichen 50 % völlig aus
8. Zeitschaltkataloge
 - Eingebettet in Gebäudeleittechnik (GLT)
 - Bei Anschaffung der GLT auf Zeitschaltfunktion achten
 - Richtig eingesetzt, ein sehr hilfreiches Werkzeug.
 - Aber: Insbesondere bei wechselnder Nutzung können oftmals nicht alle Nutzungsformen und Zeiten vorher gesehen werden.
 - Zeitschaltkataloge müssen dann regelmäßig überprüft und angepasst werden.
 - Techniker*innen müssen hierfür geschult werden.
 9. Kombination verschiedener, oben genannter Lösungen
 - Abhängig vom Budget des Bauprojekts
 - Erfordert Knowhow bei Programmierung und Rekalibrierung durch Techniker*innen
 - Beispiel aus einer Projekt-Schule:
 - bei Freigabe durch den Zeitschaltkatalog (abhängig von der Uhrzeit) wird die Luftmengenregelung durch den CO₂-Sensor gesteuert.
 - zusätzlich wird die Heizung nur über den Präsenzmelder freigegeben, abhängig vom Zustand der Fensterschalter und der Raumtemperatur.
 - über den Taster kann die Nutzungszeit verlängert werden.
 10. Variable Volumenstromregelung
 - Für bedarfsgerechte Lüftung möglich
 - z. B. mit Zeitschaltkatalog, Präsenzmelder, Taster, CO₂-Sensor, Feuchtesensor
 - Aber es bringt Probleme mit sich, z. B.:
 - Taster werden selten gedrückt!
 - Bauteile und Bedienmodule fallen aus
 - Präsenzmelder störungsanfällig
 - Sehr wartungsintensiv besonders bei Abluft

* Zuluft, Abluft, Fortluft, Außenluft

Anhang II: Checkliste Kontrolle der RLT & Regelung – Volumenstromregelung



Checkliste:

1. Stichprobeweise Kontrolle an den Zu- und Abluftöffnungen der Klassen und in der Verwaltung
 - Messung mit Anemometer
 - Volumenstrom-Fibel (der Firma testo®) wird empfohlen
2. Kontrolle in den Räumen mit Beschwerden
 - Einzelne Volumenstromregler könnten defekt sein.
 - Prüfen, ob die Regelzeiten der Lüftungsanlage stimmen oder ob die Präsenzerfassung funktioniert.
3. Kontrolle am Frequenzumrichter
 - Laufzeiten der Ventilatoren vergleichen
4. Variable Volumenstromregler (VVSR): Kontrolle an der GLT
 - Vergleich der Soll- und Ist-Werte
 - Bei stark schwankenden Werten oder großen Abweichungen:
 - Sichtung der auffälligen VVSR an Revisionsklappen
 - VVSR ohne Erreichung ihres Sollwertes blinken meist.
5. Einstellung der Luftmenge und Luftwechselrate
 - Wird üblicherweise in der Grafikoberfläche der computergestützten GLT eingestellt
 - Nur selten kann man direkt einen Wert verändern (Möglichkeit besteht z. B. bei dezentralen Anlagen, Einzelraumregelung).
 - Manchmal werden Luftwechselraten in m^3/h , manchmal in % des Sollwertes, manchmal in % der Ventilatorleistung verändert.

Anhang II: Checkliste Kontrolle der RLT & Regelung – Wärmerückgewinnung, Nacherhitzung & Kühlung



Checkliste:

1. Wärmerückgewinnung (WRG)
 - Bei Verdrehung des Wirksinns von Stellantrieben für Bypass-Klappen arbeitet die WRG falsch herum – Wärmen im Sommer und Kühlen im Winter.
 - Daher Stellung der Bypass-Klappen kontrollieren
2. Nacherhitzung
 - Wird die Nacherhitzung nicht bzw. nur bei Anforderung warm, prüfen ob
 - Stellventile defekt (z. B. abgebrochen) sind;
 - Luft im System ist.
3. Hierarchie der Temperierung in der Regelung
 - Richtige Eingabe der Regelparameter kontrollieren
 - Prüfen, ob Stellventile der Nacherhitzung defekt sind
 - Heizen erst durch WRG bis diese ausgeschöpft ist, dann erst Nacherhitzung.
4. Außentemperaturgesteuerte Heizungsregelung
 - Als Parameter für die außentemperaturgesteuerte Heizungsregelung dienen die Sollwerte für:
 - Außentemperatur
 - Vorlauftemperatur
 - Raumtemperatur
5. Freie Nachtkühlung
 - Überprüfen, ob die Parameter (AT, RT/AB)* und der Zeitkatalog korrekt sind, ob alle Verknüpfungen gesetzt sind und die Funktion aktiviert ist.
 - Über Historienfunktion der GLT, Laufzeiten oder eigene Messungen Wirksamkeit der Nachtkühlung überprüfen.
6. Sollwerte der Temperaturregelung
 - Gibt es einen festen Sollwert der Zulufttemperatur und ist dieser witterungsbeeinflusst?
 - Bei festen ZU-Temperaturregelungen (z. B. 20 °C) wird es im Sommer meistens zu warm, im Winter (z. B. bei 18 °C) dagegen unnötig kalt.
 - Daher Vorsicht bei festen Temperatur-Sollwerten

* Außentemperatur (AT), Raumtemperatur (RT) / Ablufttemperatur (AB)

Anhang III: Checkliste Verschattung – Wetterstation



Checkliste:

1. Positionierung der Wetterstation
 - Muss an passender Stelle aufgebaut werden
 - Auf dem Dach frei von möglicher Verschattung sowie mit Stange montieren
2. Photosensoren
 - Entsprechend der Fassadenausrichtung ausrichten
 - Drei Sensoren verwenden
 - Jeweils eine für Ost, Süd und West bzw. Teilrichtungen Süd-Ost.
 - Auf die richtige Zuordnung der Sensoren zu den jeweiligen Fassaden in der Steuerung achten
3. Windsensor
 - Parameter in der Verschattungssteuerung richtig einstellen
 - Häufig wird fälschlicherweise ein zu kleiner Windwert verwendet.
 - Daher Kontrolle des Windschutzgrenzwertes nach Herstellerangaben (z. B. 12 m/s)
4. Regensensor
 - Muss beheizt werden
 - Verhindert dadurch Verfälschung durch Tau
 - Kontrolle der Frostschutzparameter sowie Kopplung von Frost und Regen
5. Außentemperatursensor
 - Wichtiges Instrument für den Frostschutz
 - Hilfreiches Instrument für Sommer-/Winterumschaltung
 - Daher vor Strahlungswärme schützen
 - An der Nordfassade anbringen

Anhang III: Checkliste Verschattung – Steuerung



Checkliste:

1. Parametrierung und Ausrichtung
 - Bei Systemen zur Gebäudeautomation mit KNX®-Standard muss die Parametrierung genau nach Vorgaben je Fassade vorgenommen werden.
 - Kopie als CD/DVD anfordern
 - Auf richtige Zuordnung der Räume zur Fassadenausrichtung in der Steuerung achten
2. Im Sommer: Funktion Wärmeschutz
 - Automatik einrichten auf „Sonnenschutz“
 - Umschaltung nach Kalenderdatum (z. B. ab 1.5)
3. Automatikbetrieb im Sommer
 - Lange Haltezeiten und tiefe Grenzwerte einrichten
 - Bedingung für komplettes Herunterfahren: $t > 1 \text{ min}$ & Beleuchtungsstärke $> 35 \text{ kLux}$
 - Bedingung für komplettes Hochfahren: $t > 15 \text{ min}$ & Beleuchtungsstärke $< 12,5 \text{ kLux}$
4. Im Winter: Funktion Heizen mit Sonne
 - Automatik einrichten auf „kein Sonnenschutz“
 - Umschaltung nach Kalenderdatum (z. B. 31.10.)
 - Als Blendschutz innenliegende Vorrichtungen (z. B. Vorhänge) nutzen
5. Sommer-/Winterumschaltung
 - Nur Steuerungen mit Umschaltmöglichkeit für Sommer- und Winterbetrieb einsetzen
 - Vorzugsweise mit Kalenderfunktion und Außentemperatursteuerung
 - Mindestanforderung ist Außentemperatursteuerung.
 - Optimale Sommer-/Winterumschaltung einrichten
 - Hierbei flexibel auf veränderte Jahreszeitenmuster reagieren (nicht jedes Jahr ist gleich)
6. Reset-Funktion
 - In der Automatik einrichten
 - An Nutzeranforderungen anpassen
 - Resetfunktion für mindestens drei Fälle pro Schultag vorsehen:
 - z. B. In den großen Pausen und zum Schulschluss
7. Manueller Betrieb vs. Automatik
 - Auch manueller Betrieb ist zeitweise möglich, solange die Automatik (oder einzelne Komponenten der Steuerung) noch nicht voll einsatzfähig oder richtig kalibriert sind.
 - Langfristig sollten Techniker*innen aber eine voll funktionsfähige Automatik anstreben.
8. Steuerungstypen
 - Handelsübliche Steuerungen (Warema®, Somfy® oder vergleichbar) sind ausreichend.
 - Aber darauf achten, dass die Steuerung min. 4 Kanäle (1 pro Fassadenrichtung) anbietet.

Anhang III: Checkliste Verschattung – Außen- vs. Innenliegender Sonnenschutz



Checkliste:

1. Außenliegender Sonnenschutz
 - Dient als Wärme- und Blendschutz
 - Verwendung im Sommer
2. Raffstoren/Außenjalousien
 - Müssen in „Arbeitsstellung“ herunterfahren können
 - Bei der Ausschreibung berücksichtigen
 - Sollten in geneigter Stellung immer Außenbezug ermöglichen
 - Hierfür Neigungswinkel der Lamellen auf 38 - 45° einstellen
 - Entweder einfache Behänge oder Doppelbehang mit zwei Stellmotoren verwenden
 - Aber auch, wenn lange Haltezeiten und Außenbezug gewährleistet sind, stört das Hoch- und Herunterfahren der Außenjalousien den Unterricht. Hierfür sind Alternativen denkbar, z.B.:
 - Markisen
 - Vorhangfassade
 - außenliegender Lammelvorhang
 - Vordächer
 - Sonnensegel
3. Innenliegender Sonnenschutz
 - Dient nur als Blendschutz
 - Verwendung in der Heizperiode empfohlen, um weiterhin Sonnenwärme in den Raum zu lassen.
 - Beispiele und Anwendungsfälle:
 - Jalousien im Fensterrahmen
 - Vorhänge
 - bei PC-Arbeitsplätzen
 - im Bereich von interaktiven Whiteboards
 - Brandschutz beachten

Anhang IV: Checkliste Sporthallen – Wärmequellen und Wärmeabfuhr



Wärmequellen identifizieren und quantifizieren!

1. Temperaturniveau
 - Zielwert sind 18 °C
 - In der Realität werden Sporthallen im Sommer oft viel zu warm (im Projekt wurden bis zu 28 °C gemessen).
 - Luftwechsel durch raumlufttechnische Anlagen (RLT) ist nur zur Abfuhr von CO₂ und Feuchte eingerichtet – nicht zur Abfuhr von Wärme (RLT kann nicht aktiv kühlen).
2. Deckenluken
 - Deckenluken lassen sich meist nicht beschatten und tragen stark zur Aufheizung bei (Wärmeeinträge von über 134 kWh/Tag sind möglich)
 - Deckenluken sollten daher zum Wärmeabzug geöffnet werden können.
 - Schutzgitter und Wettersteuerung berücksichtigen
 - Passive Lüftung einrichten, wenn Außentemperatur < Raumtemperatur.
 - Nachströmung ermöglichen
3. Fenster
 - Fenster sollten geöffnet werden können.
 - Fenster sollten beschattet werden können (siehe Checkliste Verschattung (Anhang III)).
 - Passive Lüftung einrichten, wenn Außentemperatur < Raumtemperatur.
 - Nachströmung ermöglichen
4. Beleuchtung
 - Licht (z. B. 15 W/m²) trägt viel Wärme in den Raum ein (im Projekt wurden bis zu 30 kW gemessen).
 - DIN EN 12193 kategorisiert die sportliche Nutzung nach Beleuchtungsklassen je nach Sportart:
 - I (750 lx), II (500 lx) und III (200 lx)
 - für Schulsport und Training Beleuchtungsklassen II und III ausreichend
 - entspricht den Good-Practice-Erfahrungen aus dem Projekt
 - Beleuchtungstableau
 - Sollte intuitiv bedienbar und gut zuzuordnen sein
 - Siehe Abbildungen für Good- und Bad-Practice Checkliste Sporthallen (Anhang IV)
 - Begrenzung von großen Beleuchtungsstufen (z. B. Turnierlicht) mit Schlüsselschalter ermöglichen



Gibt es Situationen mit geringerem Lüftungsbedarf?

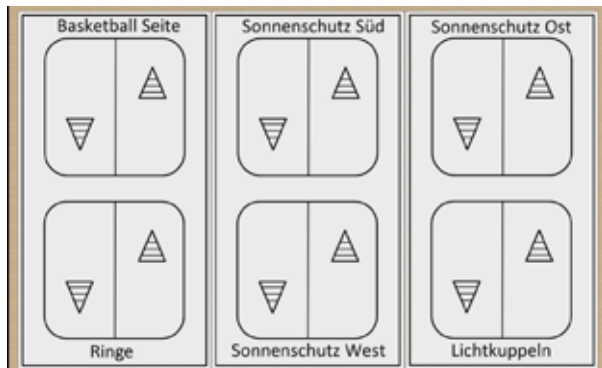
- Bedarfstaster mit Zeitschaltbefehl zur Reduzierung der Luftmenge einsetzen!
 - Denn bei Yoga, Meditation und Bodenübungen werden kalte Luftströmungen oft als unangenehm empfunden!

Alle Aufgaben ansonsten auch wie bei RLT/Regelung!

Anhang IV: Checkliste Sporthallen – Wärmeabfuhr und Wärmeschutz Good-Practice



Good-Practice, Deckenluke mit Motorsteuerung und Schutzgitter.



Good-Practice-Beispiel für individuelle Steuerung des Sonnenschutzes für Fenster und Deckenluken in einer Sporthalle.

Anhang IV: Checkliste Sporthallen – Beleuchtungssteuerung Good- und Bad-Practice



Bad-Practice-Beispiel für das Beleuchtungstableau in einer 3-Felder-Sporthalle. Die Tasten sind ungeordnet und nicht so dargestellt, wie die Halle tatsächlich aufgebaut ist. Außerdem ist dieses Tableau in Hüfthöhe hinter einem Tisch angeordnet und die Tasten mit sehr kleiner Schrift versehen. Eine intuitive Bedienung ist so nicht möglich.



Good-Practice-Beispiel für ein (modellhaftes) Beleuchtungstableau einer 3-Felder-Sporthalle mit Tribüne. Die Tasten sind nach den Hallenfeldern sortiert. Wird das Bedientableau in Sichthöhe und frei zugänglich installiert, ist eine intuitive Bedienung möglich.

Glossar der genutzten Abkürzungen und Begriffe

Außenbezug	es kann trotz Verschattung durch die Fenster nach außen gesehen werden
Datenlogger	Gerät zur Langzeitaufzeichnung von Messdaten, die am Computer ausgewertet und grafisch aufbereitet werden können
Einzelraumregelung	gezielte Regelung der Heizung und/oder Lüftung für einzelne Räume
GLT	Gebäudeleittechnik – zentrales, computergestütztes Steuerungswerkzeug insbesondere für Lüftung & Heizung und ggf. weitere Aufgaben
LK	Lehrkraft/Lehrkräfte
Lüftungsgerät	zentrales Gerät, welches das Gebäude mit frischer Luft versorgt und verbrauchte Luft abzieht – Teil der raumluftechnischen Anlage
Markise	Gestell mit Bespannung zur Außenverschattung
Nacherhitzung	zusätzliches Heizelement am zentralen Lüftungsgerät
ppm	Parts per Million, Einheit für die Menge von Teilchen pro 1 Million Teile
Raffstore	horizontale Lamellen zur Außenverschattung; Unterschiede zur Außenjalousie sind breitere Lamellen, teilw. dickeres Profil und teilw. Verwendung von Führungsschienen
rH	relative Luftfeuchte
RLT	raumluftechnische Anlage = Lüftungsanlage
Präsenzerfassung	erfolgt durch den Präsenzmelder (Sensor, der auf Veränderungen im Wärmebild reagiert)
SoWi-Umschaltung	Umschaltung von Sommer- und Winterbetrieb
Thermostatventil	unabhängig agierendes Regelteil zur Heizungsregulierung, z.B. am Heizkörper oder Raumthermostat, was zumeist von den Nutzer*innen selbst bedient werden kann und dann auf die voreingestellte Temperatur hin regelt

Volumenströme	geregelte Luftströme in der raumluftechnischen Anlage
WRG	Wärmerückgewinnung – Gerät zur Nutzung der Restwärme der Raumlufte
Zonenventil	Ein Zonenventil ist ein elektrisch einstellbares Regelventil für einen oder mehrere Heizkörper. Es ist also ein Teil der Regelungstechnik.
Zu-/Ab-/Fort-/Außenluft	verschiedene Luftströme in der raumluftechnischen Anlage – Siehe Grundprinzipien des Passivhauses auf dem Buchrücken!

Literaturhinweise

Dentel, Arno, Dietrich (2005): Dokumentation Primero – Komfort. Thermische Behaglichkeit - Komfort in Gebäuden. Rud. Otto Meyer-Umwelt-Stiftung. Abrufbar unter: http://rom-umwelt-stiftung.de/wp-content/uploads/2006/02/Dokumentation_Thermische_Behaglichkeit.pdf (Stand 18.12.2017)

Dirthauer, Franz (2013): Energiesparen macht Schule. 12 Modellprojekte. Hrsg. v. Bayerische Staatsregierung. Abrufbar unter: <http://energiesparenmachtschule.de/gruberpoppp.pdf> (Stand 19.12.2017)

Fraunhofer-Institut für Bauphysik (Hrsg.) et al (2010): Besseres Lernen in energieeffizienten Schulen. Leitfaden. Abrufbar unter: http://www.raumluf.org/fileadmin/raumluf.org/Klassenzimmer/Besser_Lernen_in__energieeffizienten__Schulen_1_-_2010-04-15.pdf (Stand 19.12.2017)

Groß, Carla (2012): Nutzerhandbuch Passivhausschule. Hrsg. v. Stadt Leipzig. Abrufbar unter: https://www.leipzig.de/fileadmin/mediendatenbank/leipzig-de/Stadt/02.6_Dez6_Stadtentwicklung_Bau/61_Stadtplanungsamt/Stadtentwicklungsprojekte/Passivhaus/Nutzerhandbuch_Erich-Kaestner-Schule.pdf (Stand 19.12.2017)

InWIS Forschung und Beratung GmbH (2016): Erfolgsfaktoren der energetischen Schulsanierung. Auswertung der Umfrageergebnisse 2015-2016 zum dena-Modellvorhaben für Nichtwohngebäude. Hrsg. v. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). Abrufbar unter: https://shop.dena.de/fileadmin/denashop/media/Downloads_Dateien/bau/9160_Erfolgsfaktoren_der_energetischen_Schulsanierung.pdf (Stand 19.12.2017)

Kah, Oliver et al, Passivhausinstitut (Hrsg.) (2010): Leitfaden für energieeffiziente Bildungsgebäude. Abrufbar unter: http://www.passiv.de/downloads/05_leitfaden-bildungsgebäude.pdf (Stand 19.12.2017)

Fachverband Gebäude-Klima (2012): FGK Status-Report 17. Bewertung des Innenraumklimas. Abrufbar unter: <http://www.fgk.de/index.php/literatur-shop/status-report> (Stand 18.12.2017)

Feist, Dr. Wolfgang, Passivhausinstitut (Hrsg.) (2006): Protokollband Nr. 33. Passivhaus-Schulen. Abrufbar unter: <http://shop.passiv.de/literaturbestellung/index.php/de/product/view/16/261> (Stand 18.12.2017)

Feist, Dr. Wolfgang, Passivhausinstitut (Hrsg.) (2012): Protokollband Nr. 41. Sommerverhalten von Nichtwohngebäuden im Passivhausstandard. Abrufbar unter: <http://shop.passiv.de/literaturbestellung/index.php/de/product/view/14/269> (Stand 18.12.2017)

Peper, Søren et al, Passivhaus Institut (Hrsg.) (2017): Protokollband Nr. 52. Inbetriebnahme und Betriebsoptimierung als Erfolgsfaktoren für energieeffiziente Gebäude. Abrufbar unter: <http://shop.passiv.de/literaturbestellung/index.php/de/product/view/15/1505> (Stand 18.12.2017)

Lüftung

Fachverband Gebäude-Klima (2004): FGK Status-Report 22. Lüftung von Schulen. Abrufbar unter: <http://www.fgk.de/index.php/literatur-shop/status-report> (Stand 18.12.2017)

Feist, Dr. Wolfgang, Passivhausinstitut (Hrsg.) (2013): Protokollband Nr. 44. Lüftung in Passivhaus-Nichtwohngebäuden. Abrufbar unter: <http://shop.passiv.de/literaturbestellung/index.php/de/product/view/14/272> (Stand 18.12.2017)

Händel, Claus: Lüftung im Vergleich. Zentral oder Dezentral. Fachverband Gebäude-Klima. Abrufbar unter: https://www.zukunftsraum-schule.de/pdf/information/energieeffiziente/11_HaendeLueftung-im-Vergleich.pdf (Stand 19.12.2017)

Müller, Prof. Dr. Birgit, et al. Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin (2014): Leitfaden zur Raumluftkonditionierung in Schulen bei Neubau und Sanierung unter Beachtung ökonomischer, ökologischer und soziokultureller Aspekte. Hrsg. v. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt. Abrufbar unter: http://www.stadtentwicklung.berlin.de/service/rundschreiben/de/download/rs/2014/RSZF_2014_01_leitfaden.pdf (Stand 19.12.2017)

Steiger, Simone et al, Fraunhofer-Institut für Bauphysik (2011): Hybride Lüftungssysteme für Schulen. Abschlussbericht. Abrufbar unter: http://www.downloads.fgk.de/183_Abschlussbericht_Hybride_Lueftungssysteme_fuer_Schulen.pdf (Stand 19.12.2017)

Außentüren

Benitz-Wildenburg, Jürgen / ITF Rosenheim (2014): Türen, Technik, Tücken. dds online. Abrufbar unter: <http://www.dds-online.de/technik/bauelemente/tueren-technik-tuecken/> (Stand 18.12.2017).

Beleuchtung

Bretzke, Axel / Stadt Frankfurt/M.: Beleuchtungssanierung in 10 Schulen (Standards, internes Contracting). Abrufbar unter: <http://www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de/Service/Dokumente/Beleuchtungssanierung-10-Schulen.pdf> (Stand 18.12.2017).

Scharschmidt, Frank / Scharkon Lichtkonzepte (2011): Beleuchtungssysteme in Schulen. Lösungen für besseres Lernen. Abrufbar unter: https://www.fh-muenster.de/fb4/downloads/seminar_symposium_workshop/2011/energetisches-symposium/7_Scharschmidt_-_Beleuchtungssysteme_in_Schulen.pdf (Stand 18.12.2017).

Verschattung

Industrieverband Technische Textilien-Rollladen-Sonnenschutz (2012): Richtlinie zur Beurteilung der Produkteigenschaften von Raffstoren / Außenjalousien. ITRS e.V. Abrufbar unter: <http://www.storen-vs-rch/files/filemanager/ITRS%20Raffstoren.pdf> (Stand 18.12.2017).

Download-Hinweise

Fraunhofer-Institut für Bauphysik: BMWi-Begleitforschung Energieeffiziente Schulen (EnEff: Schule). Abrufbar unter: <https://www.eneff-schule.de/index.php/Veroeffentlichungen/Veroeffentlichungen-Allgemein/veroeffentlichungen-allgemein.html> (Stand 19.12.2017)

Passivhausinstitut: Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP). Abrufbar unter: http://www.passiv.de/de/04_phpp/04_phpp.htm (Stand 19.12.2017)

Notizen

Notizen
