



energie

**Optimierungsansätze
für kostengünstiges und
energieeffizientes Bauen**

TEAM ENERGIEWENDE BAYERN

Impressum

Optimierungsansätze für kostengünstiges und energieeffizientes Bauen

Herausgeber:

Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie
Prinzregentenstraße 28, 80538 München
E-Mail: info@stmwi.bayern.de
Internet: www.stmwi.bayern.de

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071-0
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de/

Konzept/Text:

LfU, Ökoenergie-Institut Bayern

Redaktion:

LfU, Ökoenergie-Institut Bayern

Bildnachweis:

alle LfU außer:
Titelbild: © Studio Harmony / adobe stock;
Seite 44, Abb. 29: © wörner traxler richter, Frankfurt am Main

Stand:

September 2021

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die publizistische Verwertung der Veröffentlichung – auch von Teilen – wird jedoch ausdrücklich begrüßt. Bitte nehmen Sie Kontakt mit dem Herausgeber auf, der Sie – wenn möglich – mit digitalen Daten der Inhalte und bei der Beschaffung der Wiedergaberechte unterstützt.

Diese Publikation wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 0 89 12 22 20 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.

Inhaltsverzeichnis

1	Hintergrund	5
2	Technische Lösungen	6
2.1	Fenster	7
2.1.1	U-Wert-/g-Wert-Optimierung	7
2.1.2	Optimierung des Rahmenanteils	9
2.1.3	Optimierung der Fenstergröße und Ausrichtung	11
2.2	Fundament	14
2.2.1	Wärmebrückenfreie Gründung	14
2.2.2	Nutzung des Flächenfundaments zur Temperaturpufferung, Wärmespeicherung und Gebäudebeheizung	17
2.3	Dach	20
2.3.1	Dachaufbau mit Stegträgerkonstruktion	20
2.4	Wand	24
2.5	Brandschutz	24
2.6	Balkon	24
2.7	Betrieb	25
2.7.1	Bedarfsgerechte Anforderung von Warmwasser	25
3	Planerische Lösungen	28
3.1	Lüftung	29
3.1.1	Kaskadenlüftung	29
3.1.2	Optimierte Kaltluftleitungen	31
3.1.3	Nutzung der Flure als Abluftleitungen	33
3.1.4	Dezentrale Lüftung	35
3.2	Heizung	38
3.2.1	Verwendung und Platzierung von Heizkörpern	38
3.3	Sommerlicher Wärmeschutz / Kühlung	40
3.3.1	Klare und detaillierte Vorgaben zum sommerlichen Wärmeschutz	40
3.3.2	Teilflächenkühlung	44
3.4	Gesamtsystem	47
3.4.1	Durchführung thermischer Simulationen	47

3.4.2	Analyse von Nutzerprofilen und Gleichzeitigkeiten	50
3.5	Grundriss	52
3.6	Brandschutz	52
3.7	Betrieb	52
4	Organisatorische Lösungen	53
4.1	Qualitätsmanagement	54
4.1.1	Integrale Planung	54
4.1.2	Raumweise Einregulierung der Lüftung	57
4.1.3	Qualitätssicherung bei der Ausführung	59
4.2	Ausschreibung	62
4.2.1	Definition und Sicherung der Qualitätsanforderungen	62
4.3	Zeitmanagement	65
4.4	Marktanalyse	65
4.5	Vorfertigung	65
4.6	Betrieb	65
5	Literatur	66
5.1	Kostengünstiger und zukunftsfähiger Geschosswohnungsbau im Quartier (2019)	66
5.2	Modellvorhaben „KliNaWo“ – Klimagerechter Nachhaltiger Wohnbau (2017, 2019)	67
5.3	Nachhaltigkeit gestalten (2018)	67
6	Quellen/Ansprechpartner	68
7	Anhang	68
7.1	Fragebogen	68

1 Hintergrund

„Energieeffizient bauen – das können wir uns nicht leisten“, lautet eine gängige Meinung von Bauverantwortlichen sowohl in der kommunalen Planung als auch im privaten Bereich. Wenn die Kosten ansteigen, wird oft an der Energieeffizienz gespart: „Dann machen wir die Dämmung dünner oder verzichten auf die Wärmerückgewinnung bei der Lüftungsanlage“.

Dabei gibt es bereits Beispiele, wie kostengünstige und gleichzeitig energieeffiziente Bauten realisiert werden können. Die Viatisschule in Nürnberg ist ein hervorragendes Praxisbeispiel, das zeigt, dass hocheffiziente Gebäude bei guter Planung innerhalb des Kostenrahmens erstellt werden können und eine hohe Wirtschaftlichkeit aufweisen.

Häufig liegt es an der fehlenden Kenntnis, wie energieeffiziente Gebäude auch kostengünstig realisiert werden können. Diese Broschüre beschreibt kostengünstige Lösungen, die sich bereits in der Praxis bewährt haben. Die in vier Kapiteln dargestellten Lösungsansätze sollen Sie als Planende, Bauherrin und Bauherr inspirieren, kostengünstige Lösungen für Ihr energieeffizientes Gebäude zu finden.

Technische Lösungen

In diesem Kapitel finden Sie technische Detaillösungen zu verschiedenen Bauteilen, Bauelementen und Konstruktionen wie beispielsweise das Dach, Fundament oder die Fenster. Diese Lösungsansätze helfen Ihnen, nicht nur hocheffizient zu bauen, sondern auch Kosten gegenüber den Standardvarianten einzusparen.

Planerische Lösungen

Gerade in der Planungsphase haben Sie einen starken Kostenhebel. Die gewerkeübergreifende integrale Planung spielt dafür eine zentrale Rolle. Diese Rubrik zeigt verschiedene planerische Lösungen auf, wie Sie beispielsweise die Lüftungsanlage, Heizungstechnik oder die Grundrisse optimieren und dadurch Kosten einsparen können, ohne auf Effizienz verzichten zu müssen.

Organisatorische Lösungen

Damit möglichst alles Hand in Hand geht, müssen von Anfang an einige Aspekte beachtet werden. Nur so können effiziente Gebäude kostengünstig entstehen. In dieser Rubrik finden Sie verschiedene organisatorische Lösungsansätze, die Ihnen dabei helfen, Ihr Bauprojekt zeit-, kosten- und qualitätsoptimiert auszuschreiben und umzusetzen.

Literatur

Verschiedene Praxisbeispiele aus der Literatur, die Sie dabei unterstützen, hocheffiziente Gebäude möglichst kostengünstig zu realisieren, sind in diesem Kapitel aufgeführt.

Werden Sie Teil!

Sie haben praxiserprobte Lösungsansätze, wie hocheffiziente Gebäude kostengünstig umgesetzt werden können? Sie wollen diese bei Architekten und Planern bekannt machen, um die Energiewende in der Baubranche voranzubringen? Dann nehmen Sie mit uns Kontakt auf – wir freuen uns auf Ihren Anruf.

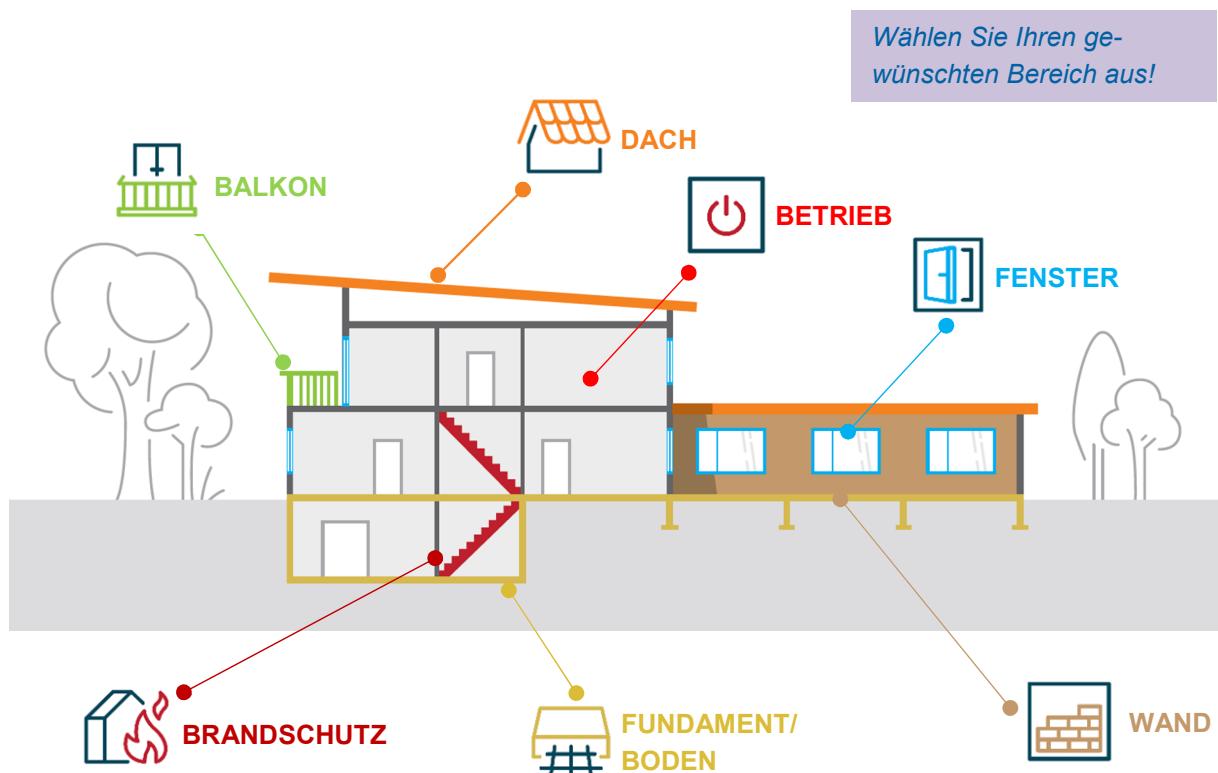
Ansprechpartner

Tobias Unger
Tel.: 0821 9071-5576
E-Mail: tobias.unger@ifu.bayern.de

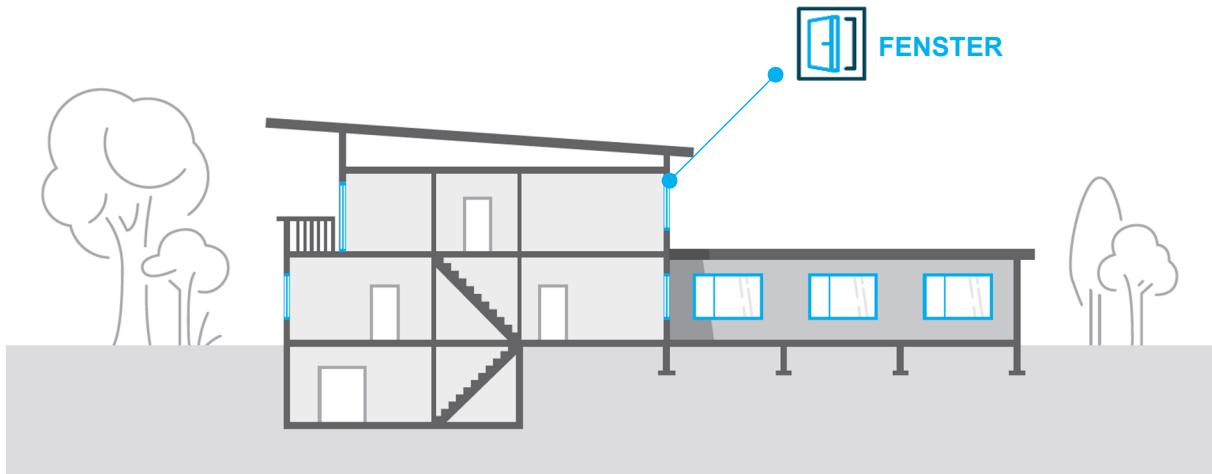
Stephan Leitschuh
Tel.: 0821 9071-5345
E-Mail: stephan.leitschuh@ifu.bayern.de

2 Technische Lösungen

In diesem Kapitel sind technische Detaillösungen aufgeführt, mit deren Hilfe Sie trotz eines hohen Effizienzstandards Kosten einsparen können. Bisher eingesetzte Standardlösungen haben oftmals Schwachstellen, die kaum bekannt sind. Hier stellen wir alternative Lösungen vor, die innovativen Charakter haben und selten angewandt werden. Die Ansätze sind nach verschiedenen Bauteilen wie zum Beispiel Fundament, Wand und Dach unterteilt.



2.1 Fenster



2.1.1 U-Wert-/g-Wert-Optimierung

Sie erreichen das Effizienzoptimum für Fenster, wenn Sie U-Wert und g-Wert aufeinander anpassen. Das ist in der Regel kostenneutral!



Fenster haben zwei für die Energiebilanz wesentliche Kennwerte. Der U-Wert bestimmt die Wärmeverluste und sollte immer möglichst niedrig sein ($< 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$). Der g-Wert bezeichnet den Energiedurchlassgrad und somit die solaren Gewinne. Der g-Wert sollte daher für den Winterfall eher hoch sein (~ 60 %). Eine sommerliche Überhitzung sollte hingegen durch eine geeignete Verschattung verhindert werden. U-Wert und g-Wert sollten somit beide optimiert werden.

Anwendbar bei:	
✓ Wohngebäude	✓ Neubau
✓ Nichtwohngebäude	✓ Sanierung

Vorteile und Kosteneinsparungen

- Eine Verschiebung zwischen U-Wert und g-Wert ist in der Regel kostenneutral. So kann das individuelle Optimum für das jeweilige Fenster angewendet werden.
- Die U-Wert-/g-Wert-Optimierung wirkt sich besonders stark bei Gebäuden mit hohem Glasanteil aus. Die winterlichen Energiegewinne werden verbessert, zudem können sommerliche Einträge reduziert werden. Das verbessert den sommerlichen Komfort und senkt die sommerliche Kühllast.

Tipps und Stolpersteine

- Ein niedriger U-Wert und ein hoher g-Wert verhalten sich in der Regel gegenläufig. Ein guter U-Wert wird oft mit einem geringen g-Wert erkauft oder anders herum. Suchen Sie nach Fenstern die beides können (U-Wert im Bereich $0,5\text{--}0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, g-Wert im Bereich $0,5\text{--}0,6$).
- Eine Sonnenschutzverglasung sollte vermieden werden. Diese hat einen sehr geringen Energiedurchlassgrad (g-Wert ~ 0,3) und soll so den sommerlichen Wärmeeintrag verringern. Besser wäre es, die Fensterfläche zu verringern (geringere Energieverluste) und Fenster mit einem höheren g-Wert einzusetzen (höhere Energiegewinne im Winter). Vermindern Sie den sommerlichen Wärmeeintrag lieber durch eine geeignete Verschattung der Fensterflächen.

- Bei Gebäuden mit hohem Verglasungsanteil sollte der U-Wert möglichst gut sein. Aufgrund der großen Fläche sind die solaren Energiegewinne sowieso groß, zudem steigt die Gefahr einer sommerlichen Überhitzung. Bei eher kleineren Südfenstern ist ein hoher g-Wert anzustreben, um die Gewinne im Winter zu verbessern.

Einzubindende Akteurinnen und Akteure

- Architektin oder Architekt
- Energieplanerin oder Energieplaner
- Fensterbauerin oder Fensterbauer

Beispiel

Bei der Viatisschule in Nürnberg wurden kostenneutral die Fenster auf ihren U- und g-Wert hin optimiert, wodurch der sommerliche Wärmeeintrag und dadurch die Kühllast verringert werden konnte. Im Gegenzug wurde die Energiebilanz im Winter verbessert. Statt einer Sonnenschutzverglasung wurde ein beweglicher Sonnenschutz mit Lichtlenkklamellen vorgesehen.

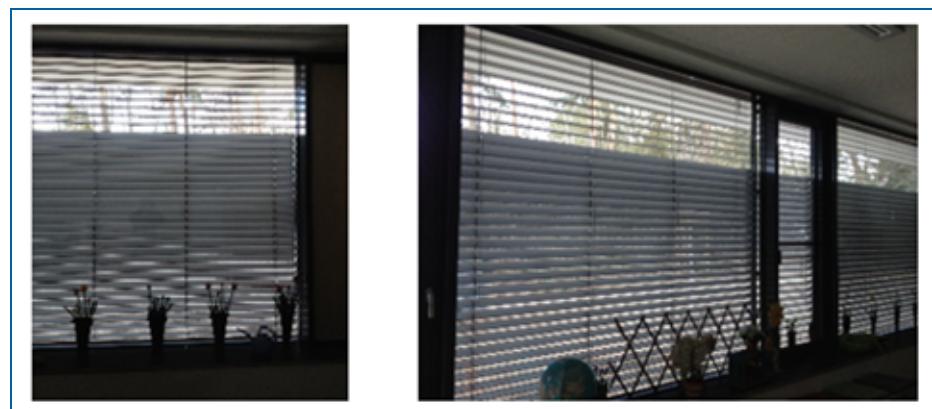


Abb. 1:
Fenster der Viatisschule in Nürnberg mit integrierten Lichtlenkklamellen

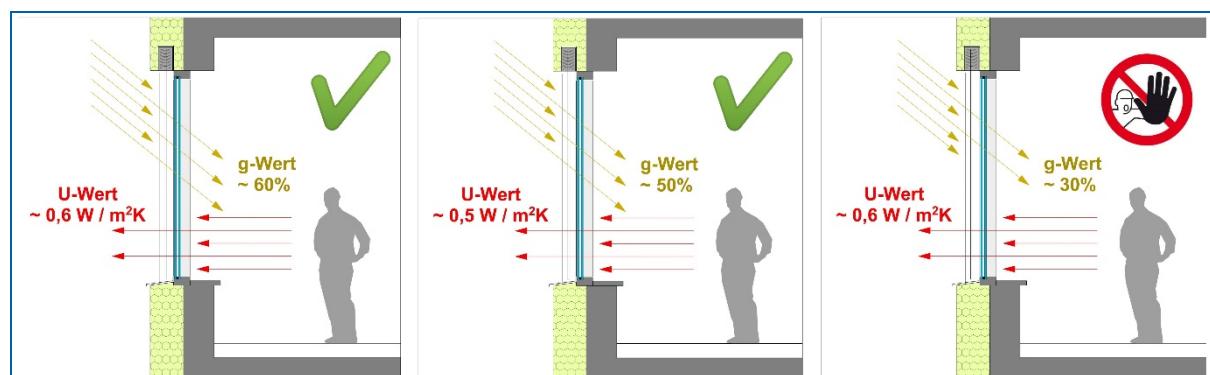


Abb. 2: Achten Sie trotz eines geringen U-Werts des Fensters von 0,5–0,6 W/m²K auf einen hohen g-Wert, um in den Wintermonaten höhere Energiegewinne zu erzielen.

[Zurück zum Überblick „Technische Lösungen“!](#)

2.1.2 Optimierung des Rahmenanteils

Wenn Sie den Rahmenanteil des Fensters reduzieren, erreichen Sie eine höhere Effizienz zu niedrigeren Kosten!



Fensterrahmen sind im Vergleich zur Verglasung teurer und haben höhere Wärmeverluste.

Daher sollte der Flächenanteil des Fensterrahmens an der gesamten Fenstergröße möglichst gering sein.

Anwendbar bei:	
✓ Wohngebäude	✓ Neubau
✓ Nichtwohngebäude	✓ Sanierung

Vorteile und Kosteneinsparungen

- Großflächige Fenster haben einen geringeren Rahmenanteil als kleinteilige Fenster. Es ist daher energetisch und finanziell vorteilhaft, lieber weniger große als viele kleine Fenster zu verbauen. So lassen sich Material- und Installationskosten einsparen.
- Fensterrahmen haben selten einen U-Wert von unter 0,9 W/(m²K), wohingegen die Verglasung einen U-Wert bis zu 0,5 W/(m²K) erreichen kann. Ein geringerer Rahmenanteil verringert daher die Wärmeverluste.
- Nicht alle Fenster müssen geöffnet werden können. Eine Festverglasung hat in der Regel einen schlanken Rahmen. Der geringere Rahmenanteil reduziert die Baukosten und die Energieverluste. Auch die Wartungskosten sinken, da keine Fensterscharniere vorhanden sind. Allerdings können bei höherliegenden Fenstern gegebenenfalls höhere Reinigungskosten anfallen.

Tipps und Stolpersteine

- Planen Sie eine Festverglasung ein, aber so, dass in den Räumen mindestens ein Fenster geöffnet werden kann. Erfahrungsgemäß schätzen es Bewohner, wenn sie trotz Lüftungsanlage gelegentlich ein Fenster öffnen können. Zudem kann das Fenster für die Notlüftung oder als Fluchttöffnung dienen.
- Fenster mit Absturzsicherung benötigen eventuell eine zusätzliche horizontale Unterteilung.
- Planen Sie einzelne Scheiben nicht zu groß. Ein Format über 2,5 m x 2,5 m benötigt zur Eigenstabilität dickere Gläser, wodurch Gewicht und Kosten wieder ansteigen.
- Berücksichtigen Sie nicht nur den U-Wert des Fensterrahmens, sondern auch die Rahmenbreite. Ein schlanker Rahmen mit etwas höherem U-Wert kann in Summe besser sein als ein breiter Rahmen mit niedrigerem U-Wert.
- Verwenden Sie im Denkmalschutz – wenn möglich – sogenannte Blindsprossen, die nur von außen auf das Glas aufgesetzt sind, statt tatsächlich geteilte Scheiben einzubauen.

Einzubindende Akteurinnen und Akteure

- Architektin oder Architekt
- ggf. Fensterbauerin oder Fensterbauer

Beispiel

Beim Anbau an die Adalbert-Stifter-Schule in Erlangen wurden die Fensterflächen nach dem genannten Prinzip optimiert. Im bestehenden Schulgebäude befanden sich viele schmale Fenster, teilweise mit getrenntem Oberlicht und Blindelement als Brüstung. Im neuen Anbau ist die Fensterbrüstung dagegen als massives Bauteil ausgeführt (geringere Kosten, besserer U-Wert). Darüber sind einzelne breite, fast deckenhohe Festverglasungen verbaut. Zwischen den breiten Fenstern sind schmale Fensterelemente mit Öffnungsflügel angeordnet.



Abb. 3:
Anbau der Adalbert-Stifter-Schule in Erlangen vor der Sanierung mit hohem Rahmenanteil



Abb. 4:
Anbau der Adalbert-Stifter-Schule in Erlangen nach der Sanierung mit geringem Rahmenanteil

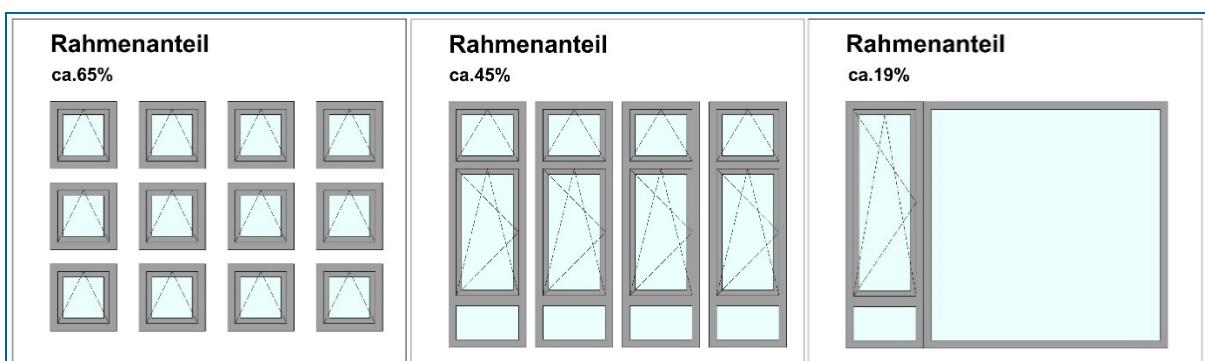


Abb. 5: Um den gesamten Rahmenanteil an der Verglasung zu reduzieren, sollten anstatt vieler kleiner Fenster wenige große verwendet werden.

[Zurück zum Überblick „Technische Lösungen“!](#)

2.1.3 Optimierung der Fenstergröße und Ausrichtung

Fenster lassen sich während der Planung am einfachsten in ihrer Größe und Ausrichtung verändern. Damit sparen Sie Kosten und steigern die Effizienz.

 Fenster sind aus energetischer Sicht das Bauteil mit den höchsten Wärmeverlusten im Winter und den höchsten Wärmeeinträgen im Sommer. Zugleich gehören Fenster zu den teuersten Bauteilen eines Gebäudes. Eine Optimierung der Fensterflächen kann also Baukosten und Energiekosten einsparen. Beachten Sie, dass die Ausrichtung eines Fensters maßgeblich dessen Energiebilanz bestimmt.

Anwendbar bei:	
✓ Wohngebäude	✓ Neubau
✓ Nichtwohngebäude	✓ Sanierung

Vorteile und Kosteneinsparungen

- Die Optimierung der Fensterflächen kann Energiekosten für Beheizung, Kühlung und künstliche Beleuchtung einsparen.
- Verzichten Sie bei Gebäuden mit sehr hohem Verglasungsanteil auf eine bodentiefe Verglasung und setzen sie hier lieber auf Fenster mit Brüstungen. Dies reduziert die Baukosten, die Wärmeverluste im Winter und zusätzlich den Wärmeeintrag im Sommer.
 - Der oberste Bereich der Fenster sorgt für gute Belichtung bis tief in die Räume hinein. Sie können künstliche Beleuchtung einsparen.
 - Der mittlere Teil des Fensters stellt die Sichtbeziehung nach außen dar und bringt Licht in den fensternahen Bereich.
 - Fensterteile in Bodennähe sind bei Gebäuden mit hohem Glasanteil energetisch meist ungünstig. Sie bringen zusätzliche Energieverluste, ohne einen Vorteil beim Tageslicht zu erzielen. Auch im Sommer sorgen sie für zusätzliche Überhitzung und lassen sich schlecht durch passive Elemente wie Dachüberstände verschatten.
- Großzügige Südfenster lassen im Winter viel Sonne und damit Energie ins Gebäude. Dies wirkt sich positiv auf die Energiebilanz aus.
- Ost- und Westfenster erhöhen den Wärmeeintrag im Sommer, im Winter jedoch nicht wesentlich. Sie sollten daher nicht zu groß werden und nach dem Tageslichtbedarf ausgelegt sein. Im Sommer sind diese Fenster unbedingt zu verschatten.
- Nordfenster verlieren im Winter Energie. Sie sollten daher eher klein gehalten werden und nur für notwendiges Tageslicht und Sichtbeziehungen ausgelegt sein.
- Dachflächenfenster sind in der Regel teuer und tragen im Sommer erheblich zur Überhitzung bei. Im Winter sind die Energieverluste höher als bei vertikalen Fenstern. Verzichten Sie daher, wenn möglich, auf Dachfenster oder versehen Sie diese mit außenliegenden Rollläden.

Tipps und Stolpersteine

- Die Optimierung der Fensterflächen ist in der Sanierung nur eingeschränkt möglich. Je nach Umfang der Sanierung können dennoch Verbesserungen durchgeführt werden. Fensteröffnungen lassen sich vergrößern oder verkleinern. Ebenso lässt sich eine Verschattung anbringen.
- Vollverglaste Fassaden sind vor allem bei Büro- und Verwaltungsgebäuden verbreitet, sollten aber auch in Wohngebäuden vermieden werden.
- Boden tiefe Verglasungen sollten möglichst auf wenige architektonische Akzente beschränkt werden.
- Brüstungen lassen sich als Sitzgelegenheiten ausbilden und ebenfalls gut in die Gestaltung integrieren.

Ein zu bindende Akteurinnen und Akteure

- Architektin oder Architekt
- Lichtplanerin oder Lichtplaner
- Bauphysikerin oder Bauphysiker für die Energiebilanz

Beispiel

Im Zuge einer Planungsoptimierung der Viatisschule in Nürnberg wurden die bodentiefen Verglasungen in Fensterbänder mit Brüstung umgewandelt. Durch diese Veränderung konnten Wärmeverluste reduziert, Baukosten verringert, sommerliche Wärmeeinträge vermieden und zugleich statische Herausforderungen gelöst werden.

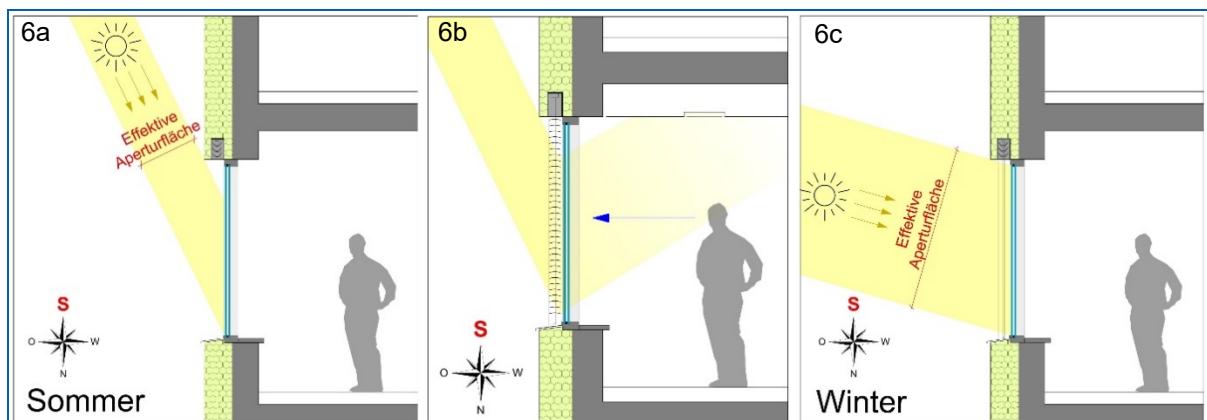


Abb. 6: Südfenster können im Sommer durch die hochstehende Sonne leicht (teil-)verschattet werden (6a, 6b). Im Winter fangen sie hingegen viel Sonnenenergie ein und sorgen insgesamt für eine bessere Energiebilanz (6c).

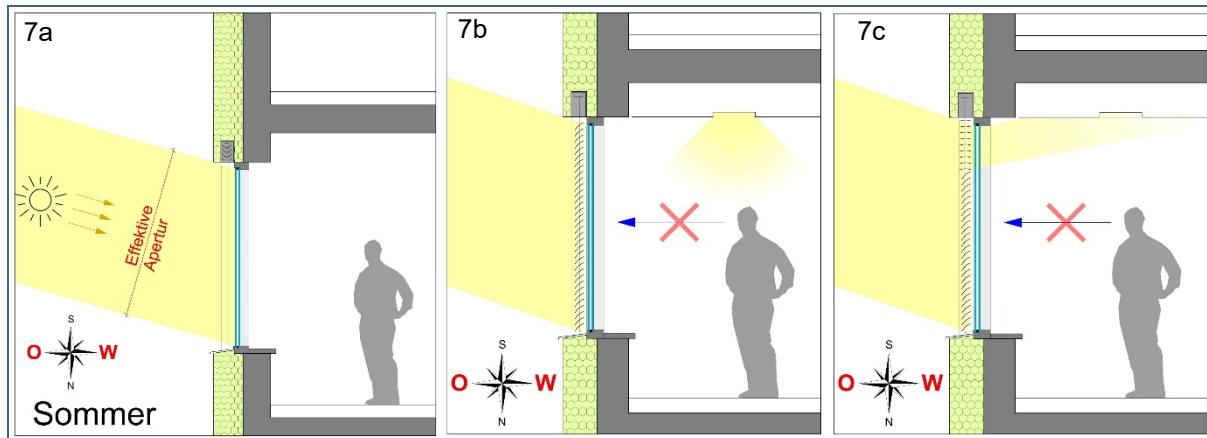


Abb. 7: Im Sommer scheint die Sonne im flachen Winkel direkt auf Ost-/Westfenster (7a). Dies sorgt für einen hohen Wärmeeintrag. Um den Wärmeeintrag zu begrenzen, müssen die Fenster vollflächig verdunkelt und künstliche Beleuchtung eingesetzt werden (7b). Mit Lichtlenkklamellen kann zumindest ein Teil des natürlichen Lichts zur Beleuchtung genutzt werden (7c).

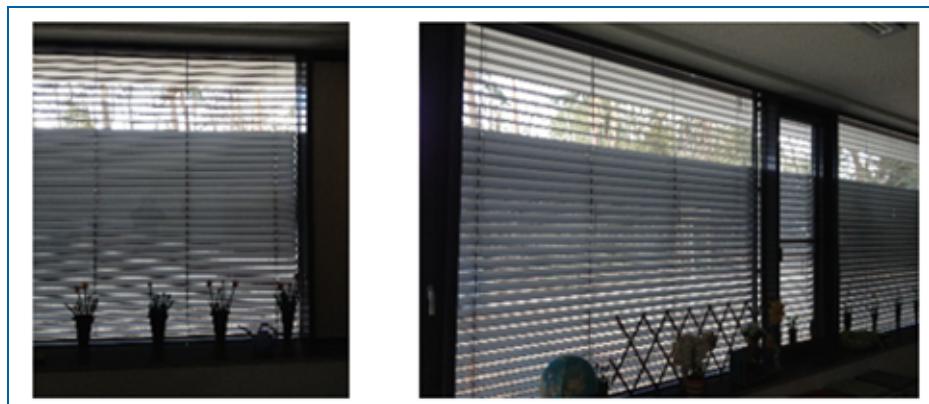
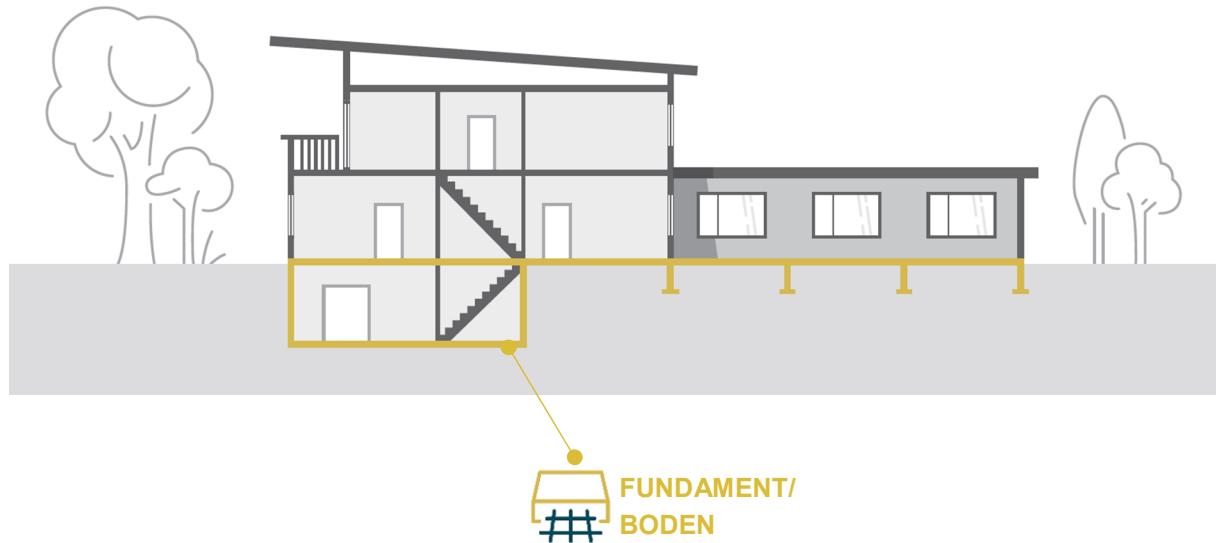


Abb. 8:
Lichtlenkklamellen nutzen einen Teil des natürlichen Lichts für die Raumausleuchtung, ohne dass zu viel Wärme in den Raum gelangt.

[Zurück zum Überblick „Technische Lösungen“!](#)

2.2 Fundament



2.2.1 Wärmebrückenfreie Gründung

Geringer Mehraufwand für eine wärmebrückenfreie Gründung ermöglicht es Ihnen, an anderer Stelle Kosten einzusparen – ohne auf einen hohen Effizienzstandard des Gebäudes zu verzichten.

 Punkt- und Streifenfundamente stellen eine energetische Schwachstelle in der Gebäudehülle dar, da unter ihnen keine Dämmung angebracht werden darf. Planen Sie daher möglichst ohne Stützen, sondern mit lastabtragenden Wänden und einem vollständig umdämmten Flächenfundament. Eventuell kann die Lastverteilung von Stützen über oberirdische Brüstungssteifen verteilt werden.

Anwendbar bei:	
✓ Wohngebäude	✓ Neubau
✓ Nichtwohngebäude	<input type="checkbox"/> Sanierung

Vorteile und Kosteneinsparungen

- Den geringen Mehraufwand für das Flächenfundament können Sie an anderer Stelle mit einem geringeren Wärmeschutz wieder einsparen, um hierdurch die Gesamtkosten zu reduzieren. Ein sehr hoher Effizienzstandard (z. B. Passivhausstandard) kann dennoch erreicht werden.
- Werden anstelle von bodentiefen Verglasungen lastabtragende Brüstungen unter den Fenstern eingezogen, reduzieren sich die Baukosten für die Fenster, da die Brüstung deutlich günstiger ist. Ebenso nehmen die Wärmeverluste über die Außenhülle ab, da diese besser dämmt als die Fenster. Auch im Sommer ist der verringerte Glasanteil von Vorteil, da die Sonne weniger Hitze einbringt.

Tipps und Stolpersteine

- Stützen und Pfeiler mit Punktlasten sollten nicht direkt auf der Bodenplatte aufgestellt werden. Daher sollten bereits beim Gebäudeentwurf anstelle von Stützen besser lastabtragende Wände eingeplant werden.
- Mit zunehmender Höhe eines Gebäudes (über 3–5 Etagen) ist die Lösung in der Regel nicht möglich. Hier werden Streifen- und Punktfundamente notwendig. Mit steigender Höhe des Gebäudes reduziert sich aber der Einfluss dieser Wärmebrücke auf die Energiebilanz.
- Die Wärmebrücke von Streifenfundamenten kann entscheidend sein, einen Passivhausstandard nicht zu erreichen. Dämmschürzen können diese Wärmeverluste nur zum Teil verhindern.

Einzubindende Akteurinnen und Akteure

- Architektin oder Architekt
- Tragwerksplanerin oder Tragwerksplaner (ab Vorentwurf)
- Bauphysikerin oder Bauphysiker für die Energiebilanz

Beispiel

Der ursprüngliche Plan in der Viatisschule in Nürnberg setzte auf bodentief verglaste Fenster und darunter angeordneten Streifenfundamente ohne Dämmung. Diese Wärmebrücke verhinderte, den vom Auftraggeber geforderten Passivhausstandard zu realisieren. Um diesen dennoch zu erreichen, wurde im Rahmen einer Umplanung der unterirdische Fundamentstreifen über die Erde geschoben und anstelle der bodentiefen Verglasung eine Fensterfront mit Brüstungsstreifen vorgesehen. Diese Brüstung übernimmt nun die Lastverteilung von den Stützen in die Bodenplatte. So konnte die Bodenplatte vollständig und wärmebrückenfrei von einer Dämmschicht umgeben werden. Die Baukosten für das Fundament sind zwar durch etwas höhere Stärken der Bodenplatte leicht gestiegen. Dagegen reduzierten sich die gesamten Baukosten, da die Brüstungsstreifen 2- bis 5-fach günstiger sind als Fensterflächen. Zudem müssen die Wärmeverluste eines Streifenfundamentes nicht an anderer Stelle (z. B. verbesserter Wärmeschutz der Fenster) ausgeglichen werden.

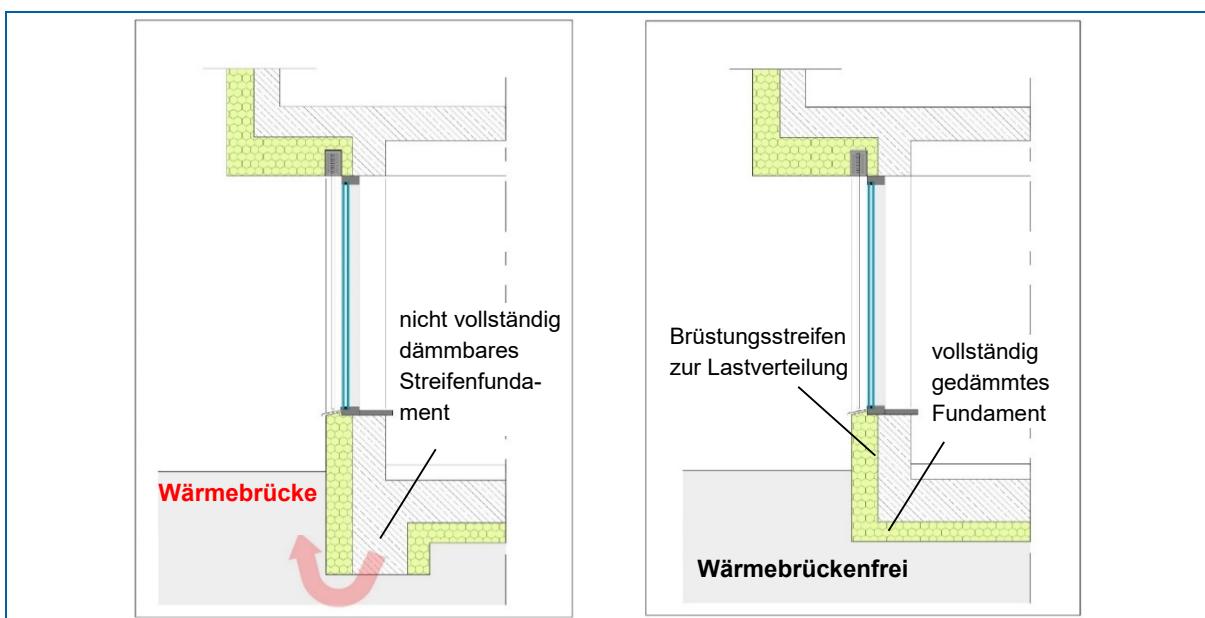


Abb. 9: Durch eine hohe punktuelle Lastverteilung kann das Streifenfundament nicht vollständig umdämmt werden, wodurch eine Wärmebrücke entsteht (s. linkes Bild). Wird ein Brüstungsstreifen zur Lastverteilung genutzt, kann das Fundament als Fläche ausgeführt und voll umdämmt werden (s. rechtes Bild).



Abb. 10: Innenansicht eines Klassenzimmers der Viatisschule in Nürnberg. Statt einer bodentiefen Verglasung wurde ein Brüstungsstreifen geplant, um die Last gleichmäßig abzutragen.

[Zurück zum Überblick „Technische Lösungen“!](#)

2.2.2 Nutzung des Flächenfundaments zur Temperaturpufferung, Wärmespeicherung und Gebäudebeheizung

Wird die hohe Masse des Fundaments vollständig mit in die thermische Hülle integriert, können neben Kosteneinsparungen weitere Vorteile durch die Wärmespeicherfähigkeit ausgenutzt werden.

 Üblicherweise wird eine Bodenplatte/Gründungsplatte im Keller oder in einem kellerlosen Erdgeschoss folgendermaßen ausgeführt: Auf der Betonfundamentplatte wird eine bis zu 10 cm starke Schicht Dämmstoff aufgebracht, obwohl das Fundament ohnehin von unten gedämmt wird. Auf diese Dämmschicht, die auch als Trittschalldämmung dienen soll, wird der Estrich aufgetragen. Eine innovative und kostengünstige Alternative besteht darin, die komplette Dämmung der Bodenplatte unterhalb des Betons anzubringen und den Beton ohne weitere Dämmschicht oder Trittschalldämmung als Basis des künftigen Fußbodens zu verwenden.

Anwendbar bei:	
✓ Wohngebäude	✓ Neubau
✓ Nichtwohngebäude	<input type="checkbox"/> Sanierung

Vorteile und Kosteneinsparungen

- Die komplette Dämmung unterhalb der Bodenplatte zu realisieren, spart Materialkosten ein. Zudem fällt ein Arbeitsschritt weg, was in der Folge Arbeitszeit und weitere Kosten einspart. Eine Trittschalldämmung ist bei einer Basisbetonplatte nicht erforderlich, da sie eine hohe Masse besitzt und es darunter keinen Wohnraum gibt.
- Die wasserführenden Rohre können wie bei einer Fußbodenheizung in Form von Heizkreisen direkt auf der Oberbewehrung des Betonstahls angebracht werden. Das ist in vielen Fällen günstiger als das Verlegen einer Fußbodenheizung.
- Wird ein Teil der Dämmung oberhalb der Bodenplatte angebracht, wird die große Menge Beton der Bodenplatte aus der thermischen Hülle ausgeschlossen, so dass diese nicht zum Speichern von Wärme und Kälte genutzt werden können. Die Einbindung der Bodenplatte hält das Gebäude im Sommer lange kühl und ermöglicht ggf. sogar eine aktive Kühlung des Fußbodens. In Folge dessen muss weniger Energie zum Heizen beziehungsweise Kühlung eingesetzt werden.
- Im Winter ermöglicht die Speichermasse ein sogenanntes Lastmanagement. Das heißt, die Wärme pumpen können künftig dann laufen, wenn es günstigen Strom gibt oder wenn die Luftwärmepumpe stundenweise wärmere Außentemperaturen nutzen kann.

Tipps und Stolpersteine

- Handelt es sich bei der Gründungsplatte um die Bodenplatte des Kellers, kann der Beton mit einem Flügelschleifer beim Abbinden geglättet werden und nach Aufbringen von Lack, Fliesen oder Ausgleichsmasse als fertiger Kellerboden dienen.
- Bei einem Haus ohne Keller kann das Flächenfundament die Basis für den Fußboden sein. Bringt man in den Beton der Basisplatte Heizrohre für eine Wasserzirkulation (Bauteilaktivierung analog Fußbodenheizung) ein, kann das System zum Heizen, Kühlen und Speichern von Wärme und Kälte genutzt werden. Wichtig ist, dass darauf keine Trittschalldämmung mehr aufgebracht wird, damit ein freier Wärmeaustausch zum Raum stattfinden kann.
- Der (ggf. vorgeglättete) Rohbeton kann mit einem Verbundestrich oder einer Ausgleichsmasse exakt geglättet werden. Beim Fußbodenbelag gibt es hier Einschränkungen, da der Beton noch

jahrelang Feuchtigkeit enthält, die empfindliche Böden (z. B. Holz) schädigen oder zur Ablösung bringen kann. Ideal geeignet sind aber Fliesen, Stein- und Keramikböden, die zusätzlich den Wärmeaustausch optimieren. Auch das direkte Schleifen des Betonbodens ist eine kostengünstige Möglichkeit.

- Für die Umsetzung ist eine gute Planung notwendig, da bestimmte Rohrleitungen (z. B. Abfluss) rechtzeitig integriert werden müssen. Empfehlenswert ist zudem, genügend Leerrohre für mögliche ungeplante spätere Kabelverlegungen vorzusehen.
- Das Heizsystem istträger als eine Fußbodenheizung, bei der die Heizungsrohre oberhalb der Bodenplatte eingebettet sind. Es eignet sich daher ideal in Kombination mit einem Gebäude im Passivhausstandard, da dort größere Temperaturschwankungen nicht erwünscht sind.

Einzubindende Akteurinnen und Akteure

- Architektin oder Architekt
- Tragwerksplanerin oder Tragwerksplaner (ab Vorentwurf)
- Energieberaterin oder Energieberater

Beispiel

Die Technik kam bei dem Neubau eines Passivhauses ohne Keller in Untergriesbach, Landkreis Passau, zum Einsatz (https://passivehouse-database.org/#d_5704). Die Familie wollte zunächst im Erdgeschoß einen Holz- oder Vinylboden verlegen. Zur Vermeidung der Feuchtigkeitsproblematik entschloss sie sich aber zu einem Fliesenboden aus Feinsteinzeug. Im Gegensatz zu einem herkömmlichen Fliesenboden fühlt dieser sich im Winter warm und im Sommer kühl an. Auch in der Praxis wird jeglicher Trittschall von der Bodenplatte absorbiert und nicht ins Haus übertragen.



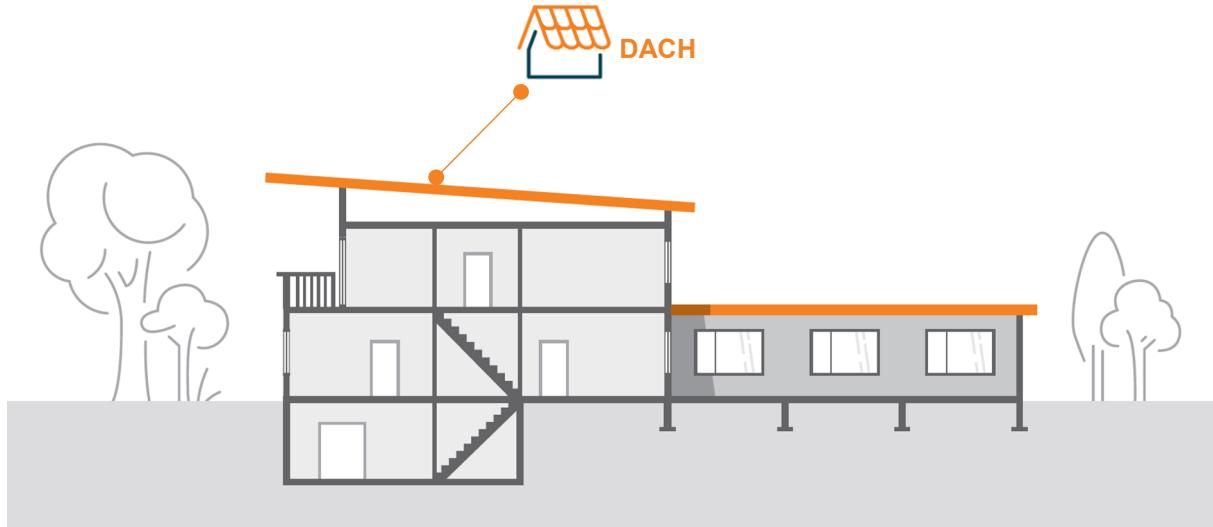
Abb. 11: Die Rohre für die spätere Fußbodenheizung können direkt auf der Oberbewehrung des Betonstahls aufgebracht werden, um die Betonplatte zu aktivieren.



Abb. 12: Fliesen als Bodenbelag ermöglichen einen guten Wärmeaustausch und können direkt ohne Trittschall-dämmung auf der geglätteten Bodenplatte verlegt werden."

[Zurück zum Überblick „Technische Lösungen“!](#)

2.3 Dach



2.3.1 Dachaufbau mit Stegträgerkonstruktion

Stegträger stellen eine einfache und kostengünstige Dachkonstruktion dar, die zudem Wärmebrücken minimiert.

 Bei herkömmlichen Dachaufbauten hocheffizienter Gebäude mit guter Dachdämmung kommt zusätzlich zur Zwischensparrendämmung oft eine weitere Auf- oder Untersparrendämmung zum Einsatz. Grund hierfür sind die nicht unerheblichen Wärmebrücken, die durch die herkömmlichen Dachsparren entstehen können. Eine Lösung ist der Ersatz der herkömmlichen Holzbalken durch Stegträger mit einem Ober- und Untergurt und einem schmalen Steg, der praktisch keine Wärmebrücke mehr darstellt.

Anwendbar bei:	
✓ Wohngebäude	✓ Neubau
✓ Nichtwohngebäude	✓ Sanierung

Vorteile und Kosteneinsparungen

- Eine Zwischensparrendämmung stellt in der Regel die einfachste und kostengünstigste Anbringung des Dämmstoffs dar. Im Vergleich zu einer zusätzlichen Auf- oder Untersparrendämmung können Sie hier somit Kosten einsparen.
- Die Stegträgerkonstruktion vermindert die konstruktiven Wärmebrücken. In der Folge erreichen Sie einen besseren Wärmeschutz bzw. sparen sich Kosten ein, um die Wärmebrücken zu minimieren.
- Wegen der großen Tragfähigkeit der Stegträger lassen sich große Spannweiten ohne zusätzliche Stützen überbrücken bzw. kann der Abstand zwischen den Sparren deutlich größer sein als bei herkömmlichen Sparren. Dies spart Material- und Verarbeitungskosten.
- Die Technik erlaubt eine breite Auswahl an Dämmstoffen. Die innenliegende Versteifung mit OSB-Platten bildet gleichzeitig die erforderliche Dampfsperre/Dampfbremse. Der Zwischenraum kann schnell und kostengünstig mit Mineralwolle, Holzfasern, Zellulosefasern oder sonstigem Dämmstoff gefüllt werden. Nach außen hin können diffusionsoffene imprägnierte Holzfaserplatten angebracht werden.

Tipps und Stolpersteine

- Ein möglicher Dachüberstand kann verkleidet werden oder es können herkömmliche Balkenköpfe als Sichtbalken angebracht werden (s. Abb. 16).
- Die innenliegenden OSB-Platten können bei Abdichtung der Stöße als fertige Deckenverkleidung verwendet werden. In diesem Fall bedarf es einer guten vorherigen Planung der Elektroinstallation, wenn Deckenleuchten angebracht werden. Ansonsten kann auf die OSB-Platten eine Lattenunterkonstruktion für die spätere Verkleidung mit Leichtbauplatten oder Holzprofilen angebracht werden, in der die Elektroleitungen laufen.
- Am Anschluss der OSB-Platten an das Mauerwerk ist eine fachgerechte Abdichtung anzubringen.

Einzubindende Akteurinnen und Akteure

- Architektin oder Architekt
- Dachdeckerin oder Dachdecker
- Bauphysikerin oder Bauphysiker für die Energiebilanz
- Erfahrener Zimmereibetrieb

Beispiel

Die Technik ist insbesondere in Nordamerika vielfach erprobt und kam unter anderen im Neubau eines Passivhauses in Stadtbergen, Landkreis Augsburg, zum Einsatz (https://passivehouse-database.org/#d_1939). Die in dieser Technik erfahrene Zimmerei aus der Region setzte hier den lichten Abstand der Träger auf 98 cm, damit die 100 cm breiten Dämmstoffbahnen straff und lückenlos in die Gefache eingerollt werden konnten. Zur Vermeidung von Lücken bzw. Hohlräumen wurden vorher links und rechts vom Trägersteg passende Polystyrolplatten eingeklemmt (s. Abb. 14). Heutige Träger sind oft schon mit eingelegter Dämmstoffplatte erhältlich, so dass diese zusätzliche Platte nicht mehr erforderlich ist. Im Gegensatz zur sonst oft zeitaufwändigen und unangenehmen Über-Kopf-Einbringung von Dämmstoffmatten zwischen den Sparren erfolgte hier die Einbringung des sehr kostengünstigen Dämmstoffs Mineralwolle von oben innerhalb weniger Stunden.



Abb. 13:
Schnittmodell des
Dachaufbaus



Abb. 14:
Zur Vermeidung von
Hohlräumen ist Dämm-
stoff in die Stegträger
eingelegt.



Abb. 15:
Bei guter Planung wer-
den die
Sparrenabstände so
gesetzt, dass sich die
Dämmstoffmatten
schnell und einfach,
ohne Hohlräume und
Über-Kopf-Arbeit von
außen einlegen lassen.



Abb. 16: Ein schlanker Dachüberstand kann durch separate Sparrenköpfe realisiert werden.

[Zurück zum Überblick „Technische Lösungen“!](#)

2.4 Wand

Hier könnte Ihr Beispiel stehen. Wir freuen uns auf Ihre Ideen.

2.5 Brandschutz

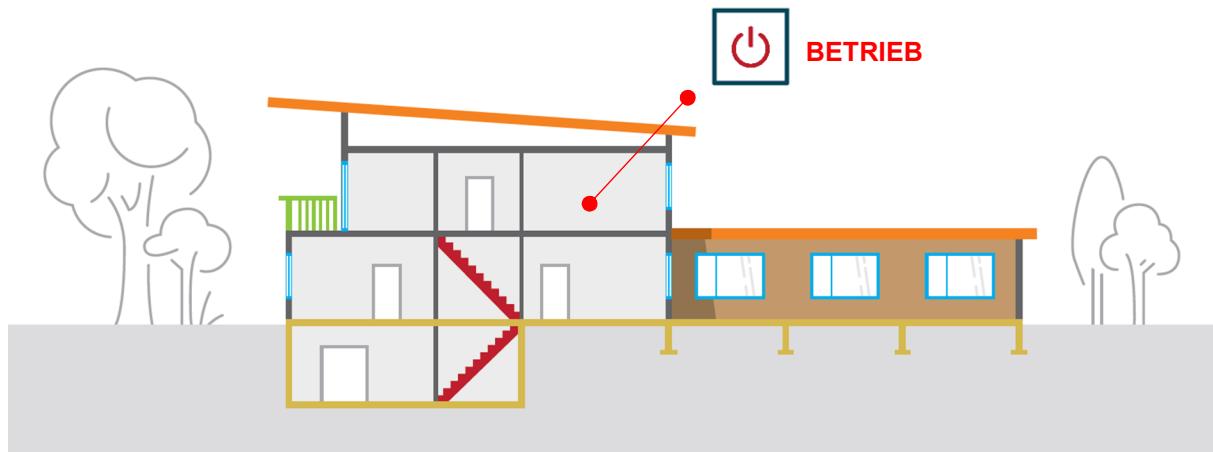
Hier könnte Ihr Beispiel stehen. Wir freuen uns auf Ihre Ideen.

2.6 Balkon

Hier könnte Ihr Beispiel stehen. Wir freuen uns auf Ihre Ideen.

[Zurück zum Überblick „Technische Lösungen“!](#)

2.7 Betrieb



2.7.1 Bedarfsgerechte Anforderung von Warmwasser

Das permanente oder häufige Zirkulieren von Warmwasser benötigt Strom und verursacht Wärmeverluste. Eine bedarfsgerechte Anforderung des warmen Wassers spart Energie und Kosten.

 Bei der üblichen Warmwasserinstallation wird eine Zirkulationspumpe eingebaut, die das warme Wasser permanent oder zeitgesteuert mehrere Stunden am Tag durch die Warmwasserleitungen befördert. So steht ohne lange Wartezeiten immer warmes Wasser am Wasserhahn zur Verfügung. Auch die Gefahr der Verkeimung des Wassers wird so verringert, da das Wasser in der Leitung regelmäßig bewegt wird und nicht stagniert.

Der häufige Betrieb der Zirkulationspumpe verursacht jedoch einen signifikanten Stromverbrauch. Zudem geben die Warmwasserrohre je nach Güte der Dämmung ungenutzt Wärme ab.

Beide Energieverbräuche – Strom und Wärme – können erheblich reduziert werden, wenn die Zirkulationspumpe nur dann gestartet wird, wenn Warmwasser benötigt wird. Dies kann mit einem Funksender (Fernbedienung), der ein Signal zu einem Funkschalter (Steckdose) schickt, realisiert werden. Damit eine Bewegung des Wassers sichergestellt ist, startet eine Zeitschaltuhr die Zirkulationspumpe einmal täglich selbsttätig für eine kurze Zeit.

Anwendbar bei:	
✓ Wohngebäude: Ein- und Zweifamilienhaus	✓ Neubau
□ Nichtwohngebäude	✓ Sanierung

Vorteile und Kosteneinsparungen

- Der Stromverbrauch sowie die Wärmeverluste bei häufiger Warmwasserzirkulation können signifikant reduziert werden, wenn die Zirkulationspumpe nur dann gestartet wird, wenn Warmwasser benötigt wird. Je nach Dämmzustand der Rohrleitungen sowie der Häufigkeit der Warmwasseranforderung können die Kosteneinsparungen erheblich sein.

Tipps und Stolpersteine

- Bei Ein- und Zweifamilienhäusern sowie bei Kleinanlagen, die ein Rohrvolumen von unter drei Litern vom maximal 400 l fassenden Warmwasserspeicher bis zur am weitesten entfernten Zapfstelle besitzen, ist keine Warmwasserzirkulation vorgeschrieben. Hier wird von einem verminderten Verkeimungsrisiko ausgegangen. Dennoch ist es immer sinnvoll, ein Legionellenwachstum zu verhindern, indem das Wasser in den Rohren regelmäßig bewegt wird. Auch aus Komfortgründen, werden in Ein- und Zweifamilienhäusern häufig Warmwasser-Zirkulationspumpen eingebaut.
- Der Funkschalter muss die Möglichkeit besitzen, den Stromfluss für ein gewünschtes Zeitintervall, z. B. drei Minuten, freizugeben. Ansonsten müsste die Zirkulationspumpe nach dieser Zeit immer wieder aktiv mit einem Druck auf der Funkfernbedienung ausgeschaltet werden.
- Probieren Sie vor der Installation des Funksystems aus, ob die Funkverbindung zwischen der Fernbedienung und dem Funkschalter (Empfänger) im Gebäude funktioniert.
- Kombinieren Sie die bedarfsorientierte Funklösung mit einer Zeitschaltuhr, die die Zirkulationspumpe täglich für eine kurze Zeit aktiviert. Damit gewährleisten Sie, dass sich das Warmwasser zuverlässig bewegt, auch wenn kein Funksignal ausgelöst wird. Damit ist die Anforderung des Gesetzgebers erfüllt, eine selbstständig wirkende Ein- und Ausschaltung der Zirkulationspumpe vorzusehen (§ 64 GEG). Neuere Funksteckdosen haben teilweise bereits beides integriert: Mithilfe einer App lassen sich die Steckdosen einerseits für spezielle Zeiten vorprogrammieren, ein physischer Taster lässt die Steckdose dennoch manuell auslösen. Alternativ ist beim Neubau auch ein Taster per Kabellösung möglich.
- Der Einbau einer modernen Heizungsregelung, die eine Impuls-gesteuerte Warmwasser-Zirkulation integriert hat, stellt ebenso eine Alternative dar.
- Die Verkeimungsgefahr können Sie auch folgendermaßen signifikant reduzieren: Verwenden Sie an Stelle eines Trinkwasserspeichers einen hoch gedämmten Pufferspeicher, an dem eine Frischwasserstation (außerhalb des Wasserspeichers liegender Wärmetauscher) angeschlossen ist.
- Hinweis: Bei „Großanlagen zur Trinkwassererwärmung“ (> 400 l Warmwasserspeicher, Gebäude mit mehr als zwei Parteien) sind spezielle Vorschriften der Trinkwasserverordnung und der VDI 2055 Blatt 1 zu beachten.

Einzubindende Akteurinnen und Akteure

- Heizungsinstallateurin oder Heizungsinstallateur
- Elektrikerin oder Elektriker

Beispiel

Die Zirkulationspumpe wird an einen Funkschalter angeschlossen (s. Abb. 17). Mit einer Fernbedienung, die an einer beliebigen Stelle im Haus installiert werden kann, aktiviert man den Funkschalter. (s. Abb. 18). Die Zirkulationspumpe startet dann beispielsweise für drei Minuten (Zeit variabel programmierbar) die Umwälzung des warmen Wassers zu den Zapfstellen (Waschbecken, Duschen, Badewannen). Das warme Wasser steht dann nach der programmierten Zeit zur Verfügung.

Der Stromverbrauch reduziert sich auf diese Weise im Vergleich zur dauerhaften Umwälzung oder zu einem Betrieb, bei dem die Zirkulationspumpe nur durch eine Zeitschaltuhr gesteuert wird. Darüber hinaus vermindern sich auch die Wärmeverluste der Warmwasserleitungen. Der Komfortverzicht ist minimal. Vor dem Duschen, Baden oder dem Abwasch in der Küche muss nur eine Taste gedrückt werden. Nach kurzer Zeit, je nach Leitungslänge ein bis drei Minuten, steht das Warmwasser zur Verfügung.



Abb. 17: Funkschalter/Funksteckdose mit eingestecktem Kabel einer Zirkulationspumpe im Technikraum



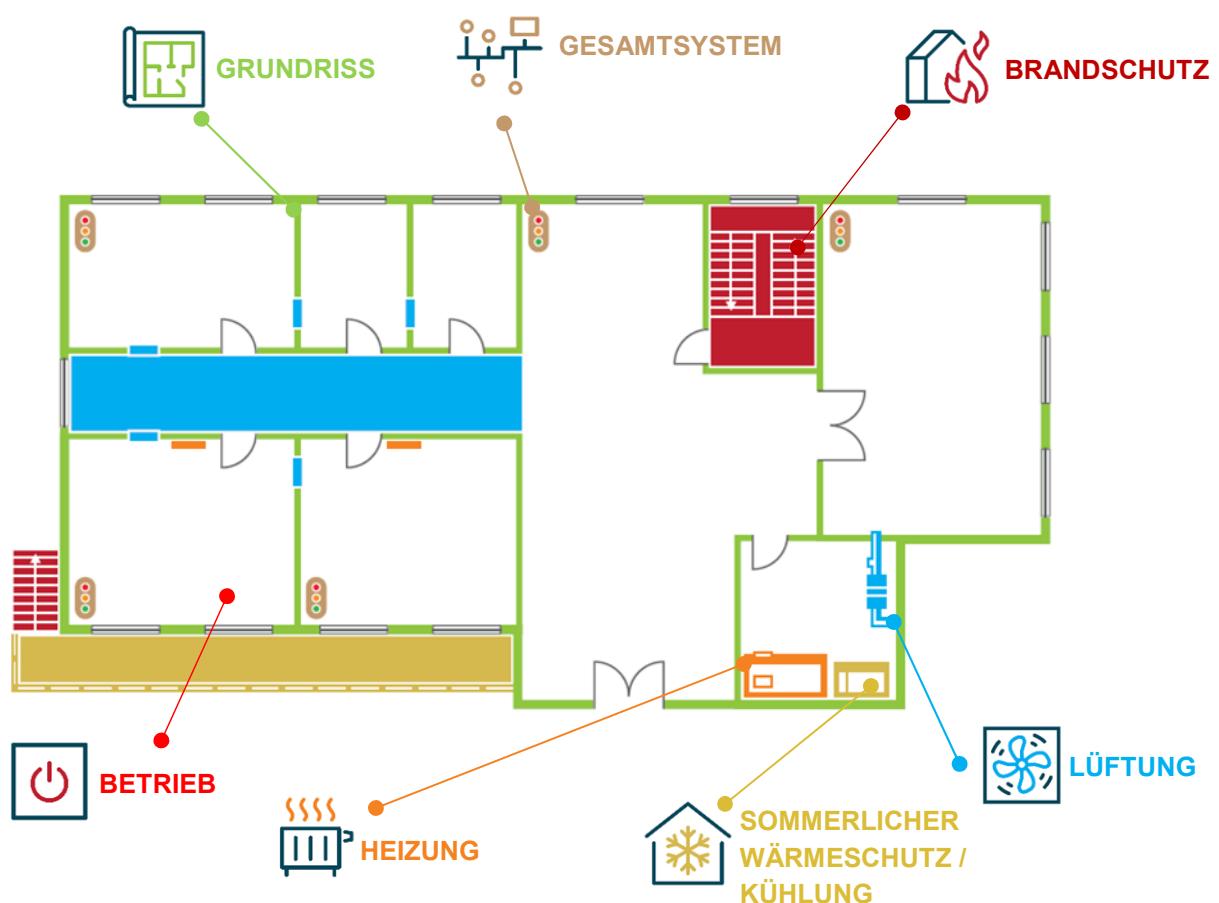
Abb. 18: Mit einer Fernbedienung wird der Funkschalter im Technikraum aktiviert.

[Zurück zum Überblick „Technische Lösungen“!](#)

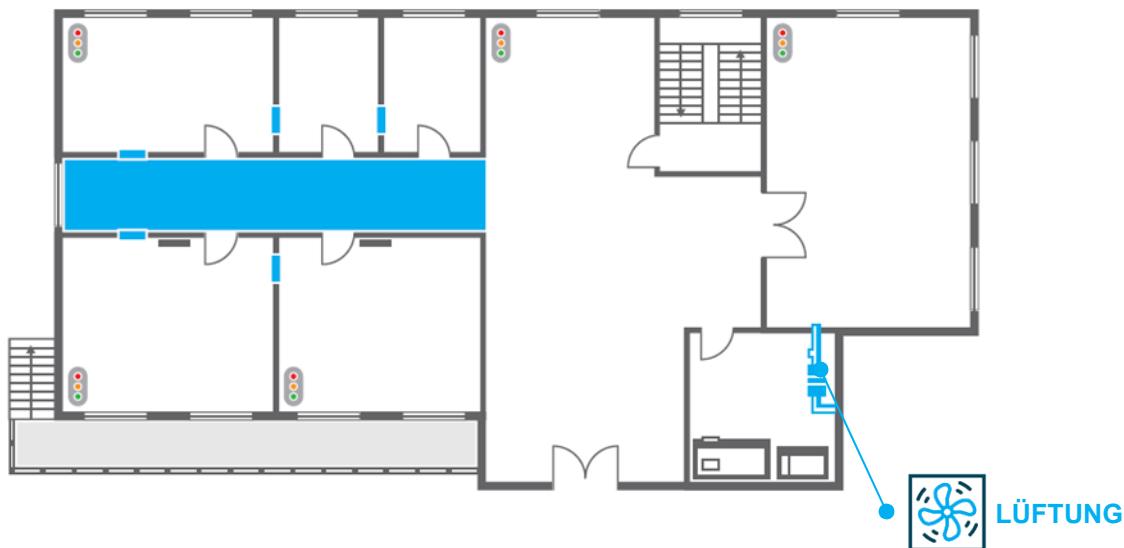
3 Planerische Lösungen

In der Planung wird nicht nur der Grundstein dafür gelegt, wie hoch die Kosten werden, sondern auch welchen Energiebedarf das Gebäude im Betrieb haben wird. In dieser Phase können am einfachsten und kostengünstigsten Änderungen vorgenommen werden. Nachträgliche Änderungen sind hingegen kaum möglich oder nur mit hohen Kosten verbunden. Thermische Simulationen können hier unterstützen, den Bedarf der Technik zu überprüfen und anzupassen. Aber auch weitere praxisbewährte planerische Lösungen können Sie dabei unterstützen, Gesamtkosten für Ihr Bauprojekt zu reduzieren, ohne an der Energieeffizienz zu sparen.

Wählen Sie Ihren gewünschten Bereich aus!



3.1 Lüftung



3.1.1 Kaskadenlüftung

Sorgen Sie dort für frische Luft, wo sie gebraucht wird! Dadurch sparen Sie sich Bau-, Installations- und Betriebskosten.



Häufig wird jeder Raum einzeln mit Zu- und Abluft versorgt. Die alternative Kaskadenlüftung ist ein bewährtes Konzept, um den Aufwand für die Lüftungsanlage zu reduzieren. Kaskadenlüftungen eignen sich für alle Raumgruppen, in denen sich immer eine gleichbleibende Nutzergruppe aufhält. In Wohnungen oder Einfamilienhäusern ist dies die Familie selbst, in Kitas Kindergruppen. Alle Räume einer Nutzergruppe werden zu einer Kaskade verbunden, die dann mit nur einer Zu- und einer Abluftleitung versorgt werden. In einer Wohnung sind dies je nach Grundriss: Schlafzimmer, Wohnzimmer und Küche/Bad. In Kitas sind es für einzelne Kindergruppen beispielsweise: Gruppenraum, Ruheraum, Spielflur und Nassbereich.

Anwendbar bei:	
✓ Wohngebäude	✓ Neubau
✓ Nichtwohngebäude	✓ Sanierung

Vorteile und Kosteneinsparungen

- Die Zusammenfassung von Raumgruppen zu einer Lüftungskaskade reduziert den Installationsaufwand von Lüftungsleitungen und -regelung. Oft kann dadurch die Größe des Lüftungsgerätes reduziert werden. Ein geringerer Komponenteneinsatz reduziert die Baukosten, eine kleiner dimensionierte Lüftungsanlage verringert die Betriebskosten.

Tipps und Stolpersteine

- Das angestrebte Lüftungskonzept ist stark abhängig vom Nutzungskonzept der Räume. Prüfen Sie bei Planungsfortschritt, ob diese noch zusammenpassen.
- Beachten Sie den Brandschutz: Gerade bei Nichtwohngebäuden sollten die Räume der Lüftungskaskade unbedingt im selben Brandabschnitt liegen, um zusätzlichen finanziellen und bautechnischen Aufwand zu verhindern.

- Die Auslegung von Lüftungsanlagen erfolgt in den Normen oft rein nach Raumflächen. Bei der Kaskadenlüftung ist jedoch die Anzahl der Personen in den jeweiligen Raumgruppen entscheidend und muss unbedingt bei Planung und Einregelung berücksichtigt werden.
- Bei der Sanierung kann der Grundriss verhindern, dass alle Räume in die Kaskade einbezogen werden können. Berücksichtigen Sie die Lüftungskaskade beim Neubau bereits in der Grundrissplanung. Wenn sie nicht von Haus aus möglich ist, kann die Kaskade manchmal mit nur kleinen Veränderungen ermöglicht werden.
- Beim Einsatz einer Luftheizung ist keine Kaskadenlüftung möglich.

Einzubindende Akteurinnen und Akteure

- Architektin oder Architekt
- Lüftungsplanerin oder Lüftungsplaner
- Brandschutzplanerin oder Brandschutzplaner
- Bauphysikerin oder Bauphysiker für den Schallschutz

Beispiel

In der Kita in der Düsseldorfer Straße in Nürnberg wurde eine Kaskadenlüftung umgesetzt. Damit konnte der Leitungsaufwand für Zu- und Abluft der Raumgruppen gegenüber dem Standardkonzept halbiert werden. Reduzierte Luftmengen und weniger Volumenstromregler verringerten die notwendigen Investitionen. Auch die Regelung wurde vereinfacht, indem nur noch mit einem CO₂-Fühler in der Abluftleitung geregelt wird.

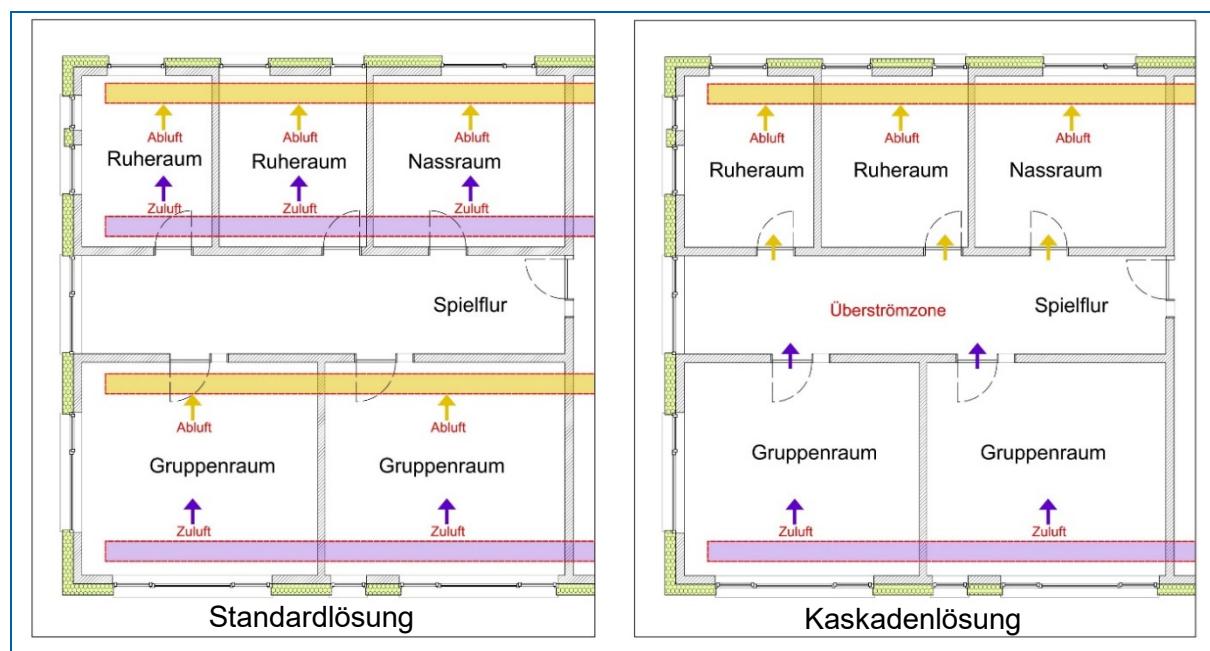


Abb. 19: Gegenüberstellung einer Kaskadenlüftung und einer Standardlösung im Falle der Kita in Nürnberg.
Mithilfe der Nutzung einer Kaskadenlüftung und einer Überstromzone können eine Zu- und Abluftleitung eingespart werden.

[Zurück zum Überblick „Planerische Lösungen“!](#)

3.1.2 Optimierte Kaltluftleitungen

Kalte Lüftungsleitungen im Gebäude sind teuer und sorgen für hohe Energieverluste. Planen Sie sie möglichst kurz, um Wärmeverluste zu vermindern und Kosten einzusparen.



Bei Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung muss die kalte Außenluft von außen zum Lüftungsgerät geführt werden. Gleichzeitig strömt die abgekühlte Fortluft durch Abluftleitungen nach draußen. Die dafür benötigten Leitungen sind genaugenommen nach innen gestülpte Außenwände des Gebäudes. Lüftungsgeräte sollten demnach möglichst nahe an der Außenwand positioniert werden.

Anwendbar bei:	
✓ Wohngebäude	✓ Neubau
✓ Nichtwohngebäude	✓ Sanierung

Vorteile und Kosteneinsparungen

- Kurze kalte Lüftungsleitungen sparen Investitionskosten. Gerade kalte Luftleitungen im Gebäude müssen ausreichend und dampfdicht gedämmt sein, was hohe Kosten verursacht.
- Kürzere Außenluftleitungen verringern die Wärmeverluste im Gebäude. Während die Dämmung von Außenwänden leicht 20 bis 30 cm beträgt, werden Lüftungsleitungen oftmals nur mit 2 bis 3 cm Dämmung versehen.
- Wenn Lüftungsleitungen entfallen, kann zusätzlicher Nutzraum entstehen.

Tipps und Stolpersteine

- Um Lüftungsgerät, Außenwanddurchlässe und Luftverteilung im Gebäude optimieren zu können, muss die Lüftung bereits in der Grundrissplanung bedacht werden. Hierfür ist eine Flexibilität in der Grundrissplanung nötig.
- Lüftungsanlagen werden oft so platziert, dass damit Restflächen im Gebäudegrundriss ausgenutzt werden. Hierbei wird auf eine Optimierung der Leitungslängen nicht geachtet. Die Planung der Lüftung sollte daher frühzeitig in die Abstimmung mit einfließen, um Grundrisse gegebenenfalls noch anpassen zu können. Diskutieren Sie die Platzierung des Lüftungsgerätes genauso wie die Ansaugstelle der Außenluft.
- Nicht nur der Platzbedarf für den Lüftungsraum sollte frühzeitig mit dem Lüftungsplaner abgesprochen werden, sondern auch die Lage und die Geometrie. So kann dies mit dem Gesamtkonzept abgestimmt werden.
- Die Außenwanddurchführung von kalten Lüftungsleitungen muss wärmebrückenfrei erfolgen. Das heißt, die Dämmung der Lüftungsleitung muss nahtlos durch die Wand bis zur Außenwanddämmung geführt werden.

Einzubindende Akteurinnen und Akteure

- Architektin oder Architekt
- Lüftungsplanerin oder Lüftungsplaner (bereits im Vorentwurf)
- Ggf. Bauphysikerin oder Bauphysiker

Beispiel

Im Projekt Viatisschule in Nürnberg konnte die Länge der Lüftungsleitungen um den Faktor 10 verringert werden. Die Länge aller kalten Lüftungskanäle wurde von 80 m auf 8 m reduziert. Die Kosteneinsparungen und der Platzgewinn waren entsprechend groß. Dabei wurde die ursprüngliche Oberfläche der kalten Lüftungsleitungen von 160 m² auf 16 m² reduziert, mit deutlicher Minimierung der Wärmeverluste.

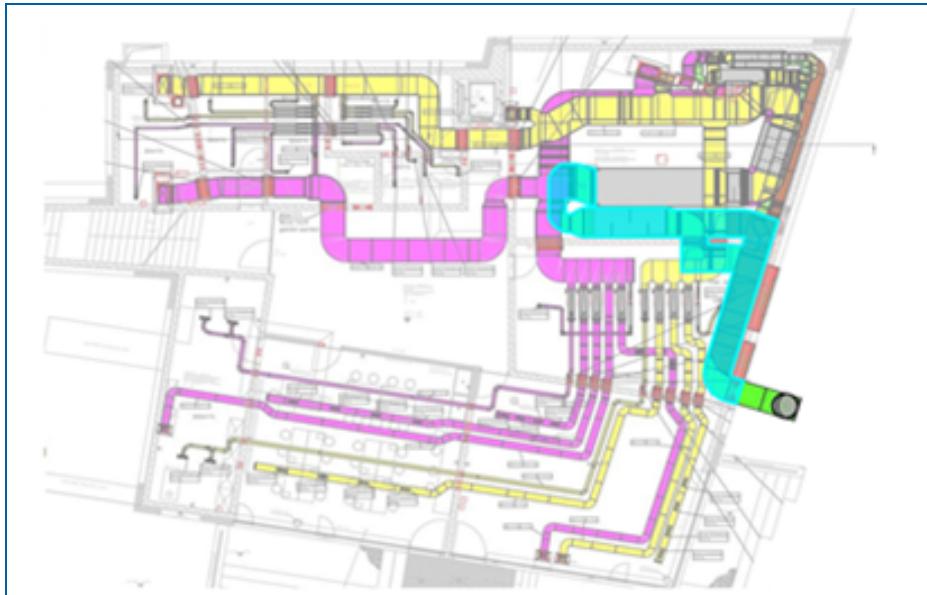


Abb. 20:
Leitungsplan der Lüftung der Viatisschule in Nürnberg vor der Umplanung. In blauer Farbe ist die relativ lange Kaltluftleitung dargestellt.



Abb. 21:
Leitungsplan der Lüftung der Viatisschule in Nürnberg nach der Umplanung. Die Kaltluftleitung ist nun um ein mehrfaches kürzer ausgeführt (siehe blaue Einfärbung).

[Zurück zum Überblick „Planerische Lösungen“!](#)

3.1.3 Nutzung der Flure als Abluftleitungen

Wieso nicht das nutzen, was sowieso vorhanden ist? Nutzen Sie den Flur als Abluftleitung. So sparen Sie sich neben den zusätzlichen Lüftungsleitungen auch die dazu nötigen Brandschutzeinrichtungen.



Für hocheffiziente Gebäude sind Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung notwendig. Dabei werden oft lange Lüftungsleitungen verlegt, um Zu- und Abluft zu führen. Eine günstige Alternative kann sein, die Flure selbst als Abluftkanal zu verwenden, um die Abluft dann an einer zentralen Sammelstelle (wie z. B. der Eingangshalle oder Aula) und den WCs abzusaugen und so Leitungen einzusparen.

Anwendbar bei:	
<input type="checkbox"/> Wohngebäude	✓ Neubau
✓ Nichtwohngebäude	✓ Sanierung

Vorteile und Kosteneinsparungen

- Die kurzen Abluftleitungen verringern deutlich die Kosten für das gesamte Leitungsnetz. Neben Materialkosteneinsparungen sinken Installations- und Planungskosten.
- In großen Gebäuden wie Schulen, Museen oder Büros sind für Kreuzungspunkte von Zu- und Abluftkanälen in der Regel hohe Bauhöhen in den abgehängten Decken notwendig. Wenn diese entfallen, reduziert sich die Geschoßhöhe und ein erheblicher Teil der Baukosten kann eingespart werden.
- Große Gebäude müssen meist in Brandabschnitte getrennt werden. Dafür werden in den Lüftungskanälen Brandschutzklappen oder –schotten eingebaut. Entfallen die Lüftungsleitungen, entfallen auch die Brandschutzeinrichtungen und deren Wartung. Diese Funktion übernehmen die sowieso notwendigen Rauch- und Brandschutztüren in den Fluren.

Tipps und Stolpersteine

- Die Überströmung zwischen den Räumen und den Fluren muss mit ausreichend dimensionierten Schalldämpfern versehen werden. Diese dämpfen die Geräusche der Nutzerinnen und Nutzer. Bei den Schalldämpfern ist zudem auf einen geringen Druckverlust zu achten.
- Der Brandschutz muss rechtzeitig bedacht werden. Die Rauch- und Brandschutztüren müssen im Betrieb dauerhaft offen gehalten werden, da sonst keine Lüftung möglich ist.
- Die Funktionalität des Gebäudes darf nicht eingeschränkt werden. Denken Sie auch an mögliche Nutzungsänderungen des Gebäudes.

Einzubindende Akteurinnen und Akteure

- Architektin oder Architekt
- Lüftungsplanerin oder Lüftungsplaner (bereits im Vorentwurf)
- Brandschutzplanerin oder Brandschutzplaner (bereits im Vorentwurf)
- Bauphysikerin oder Bauphysiker für den Schallschutz

Beispiel

In der Viatisschule in Nürnberg konnten die Leitungslängen für die Abluft deutlich reduziert werden. Durch die Maßnahme reduzierte sich zusätzlich die Höhe der drei Geschosse um jeweils 30 cm. Bei einer Gesamtnutzfläche von 3.000 m² entspricht das einer Einsparung von fast 1.000 m³ umbautem Raum.

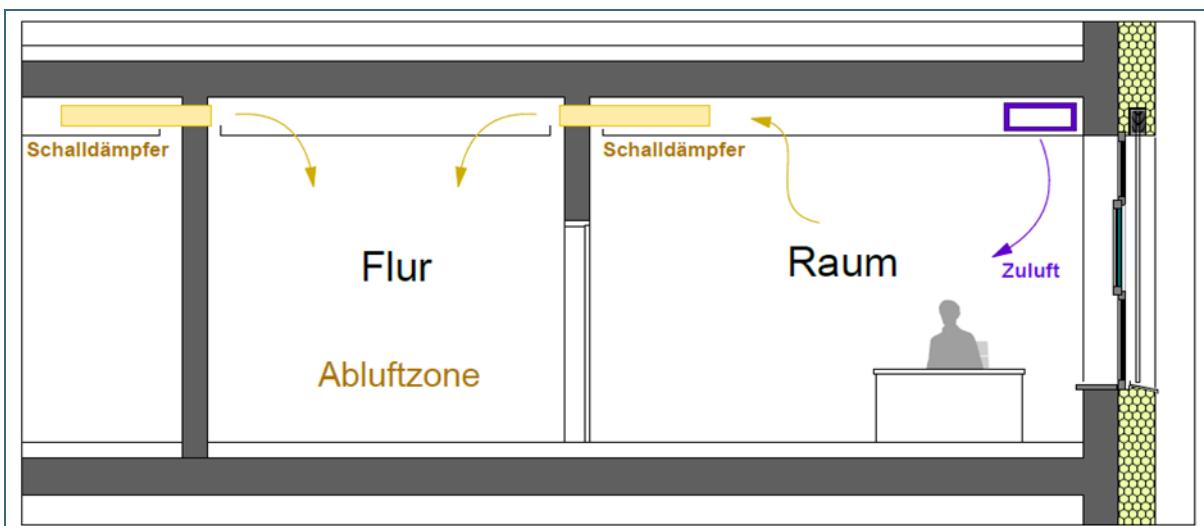


Abb. 22: Wird der Flur als Abluftzone genutzt, kann ein großer Teil der Abluftleitungen eingespart werden. Große Schalldämpfer in den Überströmern verhindern die Schallausbreitung der Raumnutzer und Raumnutzerinnen.

[Zurück zum Überblick „Planerische Lösungen“!](#)

3.1.4 Dezentrale Lüftung

Dezentrale Lüftungsgeräte sind einfach regelbar und können leicht gewartet werden. Wegfallende Leitungen und Brandschutzeinrichtungen im Vergleich zu zentralen Lösungen sparen Kosten ein.



Große Nichtwohngebäude wie Schulen werden beim Neubau meist mit großen zentralen Lüftungsgeräten versorgt. Neben langen Lüftungsleitungen und großen Schächten müssen hierfür viele Brandschutzklappen und ein entsprechend hoher Wartungsaufwand vorgesehen werden. Eine günstigere Alternative stellt eine Mischung der Systeme dar: Große Gemeinschaftsräume wie die Aula und Sporthalle werden zentral versorgt, die einzelnen Klassenzimmer hingegen dezentral.

Anwendbar bei:	
✓ Wohngebäude	✓ Neubau
✓ Nichtwohngebäude	✓ Sanierung

Vorteile und Kosteneinsparungen

- Im Vergleich zu einem großen zentralen Lüftungsgerät, das das gesamte Gebäude versorgt, sparen einzelne dezentrale Geräte einen Großteil der Lüftungsleitungen ein. Ebenso können die Lüftungsschächte kleiner realisiert werden.
- Der Einsatz dezentraler Lüftungsgeräte vereinfacht den Brandschutz. Er ist vor allem günstiger realisierbar, da bei Großgeräten die einzelnen Abschnitte der Lüftung durch Brandschutzklappen geteilt werden müssen. Entsprechende Wartungskosten entfallen ebenfalls.
- Durch mehrere dezentrale Lüftungsgeräte sind zwar mehrere Filter zu tauschen. Diese kleineren Wartungen sind jedoch meist selbst oder durch den Hausmeister oder die Hausmeisterin umsetzbar, wohingegen bei großen Anlagen ein Wartungsdienst beauftragt werden muss.
- Die einzelnen dezentralen Lüftungsgeräte können unabhängig voneinander geregelt werden und sind getrennt abschaltbar.

Tipps und Stolpersteine

- Achten Sie auf eine integrale Planung, da sich die Lüftungsplanung auch direkt auf weitere Bereiche wie Haustechnik, Elektrik, Trockenbau und Brandschutz auswirkt (s. auch 4.1.1 Integrale Planung).
- Die Lösung hängt vom individuellen Grundriss ab: sind viele kleine Räume oder Räume ohne Außenwände vorhanden, ist die Lösung nur schwer umsetzbar.

Einzubindende Akteurinnen und Akteure

- Vollständiges Planungsteam, spätestens ab der Entwurfsplanung, am besten schon in der Vorplanung.
- Energieplanerin oder Energieplaner in allen Leistungsphasen als Bindeglied zwischen den verschiedenen Planerinnen und Planern bzw. Fachplanerinnen und Fachplanern.

Beispiel

Beim Gymnasium in Buchloe versorgen dezentrale Lüftungsanlagen die einzelnen Klassenzimmer mit Frischluft. Die Aula und Sporthalle bekommen ihre Frischluft hingegen von einer größeren zentralen Lüftungsanlage. Durch das Wegfallen der Leitungen und Brandschutzeinrichtungen konnten nicht nur Kosten eingespart werden. Auch kleinere Wartungen und der Filtertausch können so durch den Hausmeister durchgeführt werden, der hierfür im Vorfeld geschult wurde.



Abb. 23:
Bild der zentralen Lüftungsanlage im Keller-
geschoss des Gymna-
siums in Buchloe, die
die Aula und Sporthalle
der Schule mit Frisch-
luft versorgt.

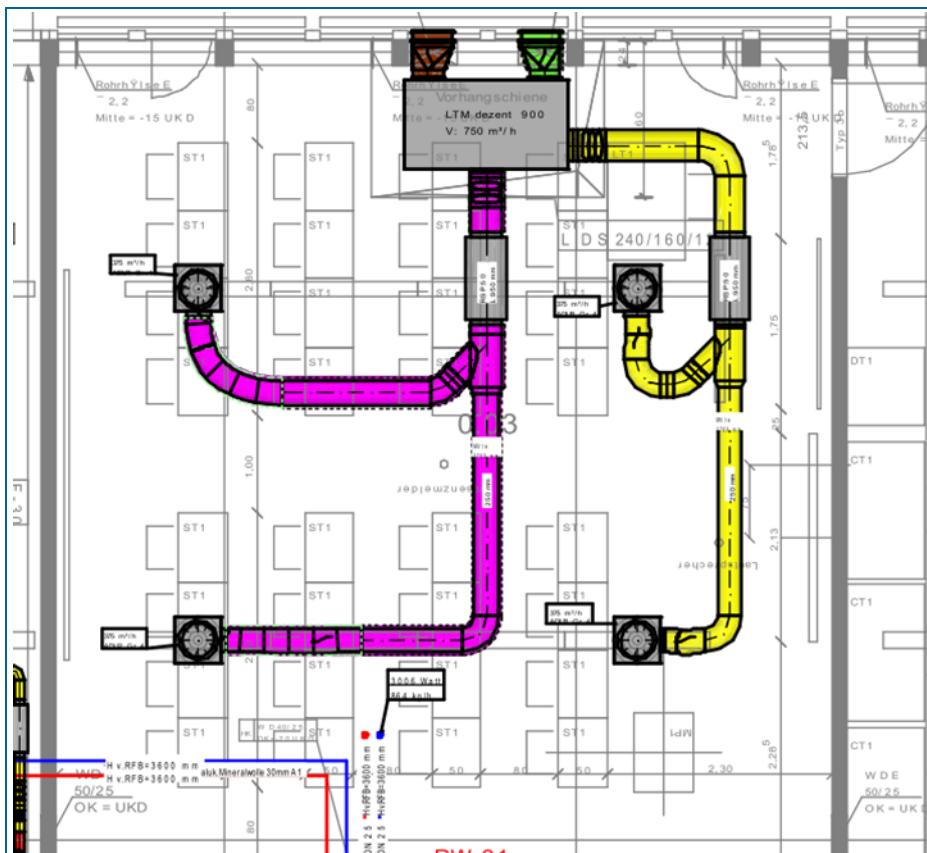


Abb. 24:
Ausschnitt aus dem
Grundriss: Jedes Klas-
senzimmer ist mit
einem dezentralen
Lüftungsgerät ausge-
stattet.



Abb. 25:
Das dezentrale Lüftungsgerät wurde in den Klassenzimmern des Gymnasiums in Buchloe in eine abgehängte Decke integriert. Die Verkleidung wird einfach nach unten wegeklappt, um die Filter zu wechseln.

[Zurück zum Überblick „Planerische Lösungen“!](#)

3.2 Heizung



3.2.1 Verwendung und Platzierung von Heizkörpern

Werden Heizkörper richtig geplant, können sie zu massiven Einsparungen in der Heizungstechnik führen – ohne Komfort- oder Effizienzverlust.

 Hocheffiziente Gebäude lassen sich kostengünstig mit konventionellen Heizkörpern beheizen. Üblich ist es, Heizkörper unter den Fenstern zu platzieren, um den Komfort trotz der Wärmeverluste der Fenster sicherzustellen. Bei hochwärmédämmenden Fenstern (U_w -Wert < 0,9 W/(m²K)) ist dies meist nicht notwendig. Sind Heizkörper abseits der Fenstern platziert, verringern sich Energieverluste und Investitionskosten. Zudem werden Nutzerinnen und Nutzer motiviert, im Winter schneller die Fenster wieder zu schließen.

Anwendbar bei:	
✓ Wohngebäude	✓ Neubau
✓ Nichtwohngebäude	✓ Sanierung

Vorteile und Kosteneinsparungen

- Ein einzelner Heizkörper pro Raum ist kostengünstiger als mehrere Konvektoren vor verschiedenen Fenstern. Ein einzelner Heizkörper lässt sich später im Betrieb schnell, einfach und kostengünstig (z. B. händisch) regeln.
- Heizkörper sind kostengünstiger als eine Flächenheizung im ganzen Raum. Zudem reagieren Heizkörper bei solaren oder inneren Wärmegewinnen schneller als estrichgebundene Flächenheizungen. So wird eine Überheizung vermieden und Energie eingespart.
- Platzieren Sie den Heizkörper abseits und möglichst gegenüber den Fenstern. So verringern Sie einerseits die Energieverluste, da der Heizkörper nicht mehr direkt zum offenen Fenster hinaus heizt. Andererseits spüren die Nutzerinnen und Nutzer die Abkühlung des Raumes schneller. Sie schließen gekippte Fenster frühzeitig und reduzieren so Lüftungswärmeverluste.

Tipps und Stolpersteine

- Vorsicht ist bei Räumen mit sehr großen Glasflächen geboten, beispielsweise bei Eckräumen mit zwei verglasten Seiten oder schmalen Räumen an langen Glasfronten. Hier können die Wärmeverluste der Fenster spürbar sein. Dann ist eine andere Lösung notwendig.
- Die Heizkörper müssen für geringe Vorlauftemperaturen großzügig ausgelegt sein, sollten aber nicht überdimensioniert werden.
- Diese Lösung kommt nicht in Frage, wenn eine Decken- oder Wandheizung mit Kühlfunktion eingesetzt werden soll.
- Sie sollten bei jedem Projekt zwischen Heizkörper und Flächenheizungen abwägen. Gerade bei Wärmepumpen kann eine Flächenheizung die effizientere Variante sein.

Einzubindende Akteurinnen und Akteure

- Architektin oder Architekt
- Fachplanerin oder Fachplaner für Heizung

Beispiel

In der Viatisschule in Nürnberg sind die Klassenräume mit großzügigen Fenstern ausgestattet. Für die Frischluft ist eine Lüftungsanlage zuständig, dennoch können Lüftungsflügel (Notlüftung) und Fenstertüren (Notausgänge) im Betrieb geöffnet werden. Die Heizkörper wurden auf der gegenüberliegenden Seite neben den Zimmertüren platziert. So wurden Installationskosten für Heizeitungen und Flächenheizungen gespart. Zudem reagieren die Thermostate nicht sofort auf offene Fenster. Schülerinnen und Schüler sowie die Lehrkraft schließen die Fenster im Winter schneller wieder, wenn es im Raum spürbar kalt wird.

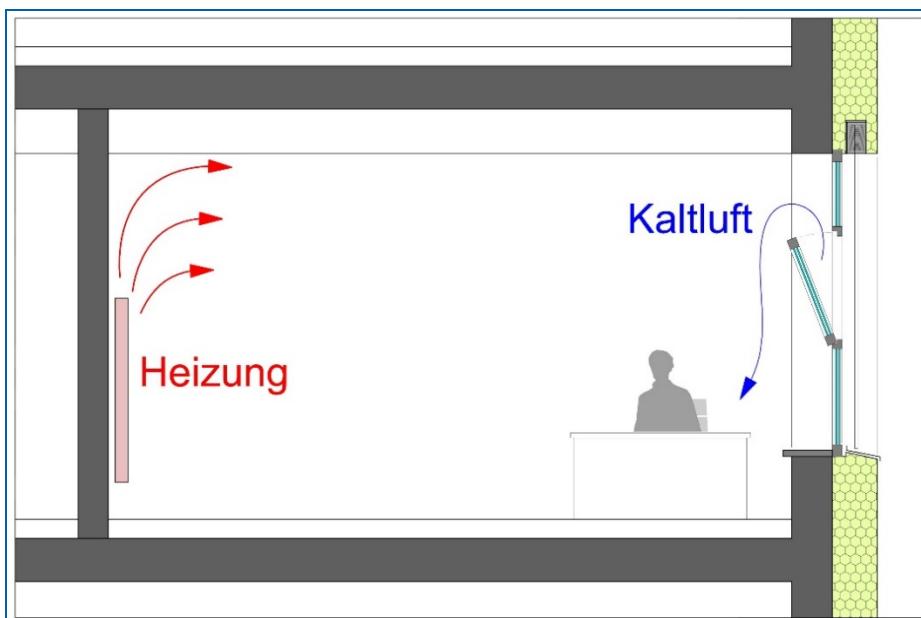
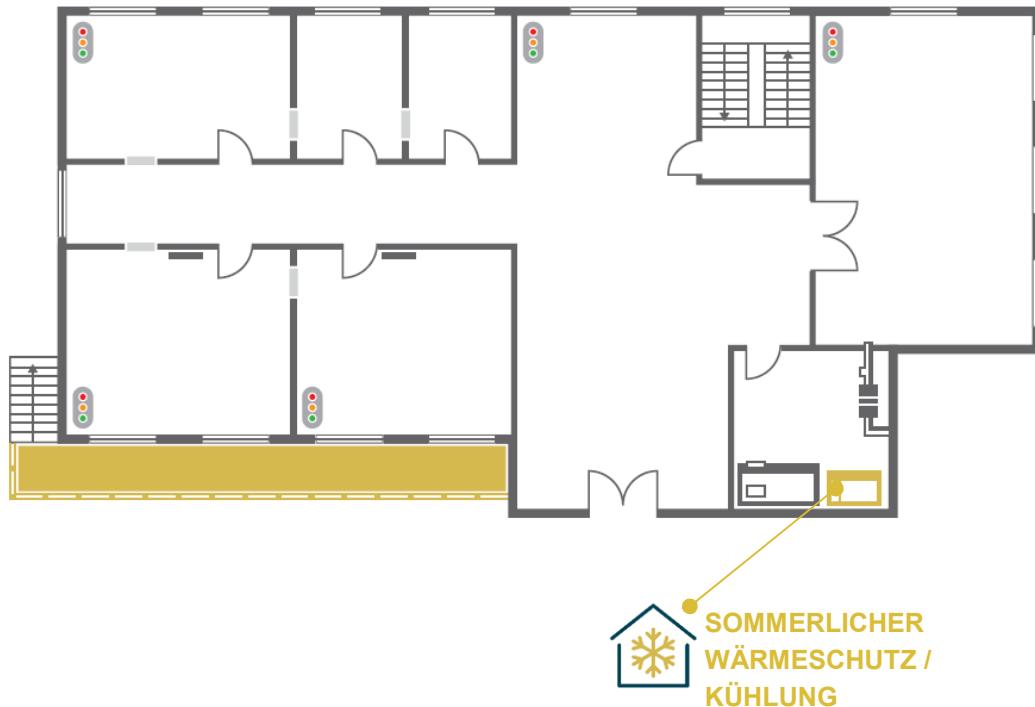


Abb. 26:
Durch die Platzierung des Heizkörpers gegenüber den Fenstern wird verhindert, dass Raumnutzer die Fenster zu lange gekippt lassen und die Heizwärme leicht aus dem geöffneten Fenster entweichen kann.

[Zurück zum Überblick „Planerische Lösungen“!](#)

3.3 Sommerlicher Wärmeschutz / Kühlung



3.3.1 Klare und detaillierte Vorgaben zum sommerlichen Wärmeschutz

Mithilfe klarer und detaillierter Vorgaben zum sommerlichen Wärmeschutz erreichen Sie ganzjährig einen hohen Wohnkomfort und können zukünftige Kosten vermeiden.



Mittlerweile führt eher der Sommer als der Winter zu Problemen bei der Behaglichkeit und zu einer hohen Unzufriedenheit bei der Gebäudenutzung. Laut Sonnenschutzhersteller wird die automatische Regelung von rund 90 % der Sonnenschutzanlagen mit Standardwerten voreingestellt. Machen Sie daher klare und detaillierte Vorgaben für die Installateure und Installateurinnen, damit die Sonnenschutzanlagen bei Inbetriebnahme auf ihre optimalen Parameter eingestellt werden.

Anwendbar bei:	
✓ Wohngebäude	✓ Neubau
✓ Nichtwohngebäude	✓ Sanierung

Vorteile und Kosteneinsparungen

- Ein guter sommerlicher Komfort mit kühlen Räumen erhöht die Behaglichkeit und die Nutzerzufriedenheit. Dadurch entfallen zukünftige Anpassungen, die nur schwer nachrüstbar und mit hohen Kosten verbunden wären oder teilweise gar nicht umsetzbar sind.
- Wird ergänzend eine Gebäudesimulation (s. 3.4.1 Durchführung thermischer Simulationen) durchgeführt, können sich weitere Kosteneinsparungen ergeben. Eine thermische Simulation inklusive Verschattungssimulation zeigt, welche Fassaden mit Sonnenschutz ausgestattet werden sollten und wo kein Sonnenschutz nötig ist sowie die relevanten Steuerungsparameter für die Verschattung.

Tipps und Stolpersteine

- Achten Sie auf eine integrale Planung und eine frühzeitige Untersuchung des sommerlichen Wärmeschutzes, da sich dieser direkt auf weitere Bereiche wie Architektur (Glasanteil, Sonnenschutz), Haustechnik und Elektrotechnik auswirkt (s. auch 4.1.1 Integrale Planung).
- Ermitteln Sie die Anforderungen an den Sonnenschutz, das heißt den Verschattungsfaktor, die Art der Regelung und den F_c -Wert (Abminderungsfaktor). Eine ergänzende Gebäudesimulation gibt Ihnen hierfür genaue Werte aus. Nutzen Sie diese Informationen auch als Vorgaben bei der Ausschreibung oder bei der Einweisung der Nutzerinnen und Nutzer.
- Oft ist nicht klar definiert, welches Gewerk sich um den sommerlichen Wärmeschutz kümmert (Architektur, Fachplanung, Elektrik, Hausinstallation). Nutzen Sie daher die integrale Planung, um Verantwortlichkeiten und Schnittstellen zwischen Planerinnen und Planern, den Facharbeiterinnen und Facharbeitern bei der Ausführung und den Herstellern zu klären (s. auch 4.1.1 Integrale Planung).
- Eine Steuerung nach der Strahlungsstärke (W/m^2) ist zwar etwas teurer, allerdings genauer als eine Regelung rein nach der Helligkeit (Lux).
- Achten Sie auf windstabile Systeme, damit der Sonnenschutz bei Wind nicht zu früh hochfahren muss. Klären Sie die unteren Grenzwerte gegebenenfalls mit dem Hersteller ab.
- Setzen Sie auf eine zentrale Steuerung: So kann trotz Abwesenheit eine zu späte Verschattung unterbunden werden. Die Automatik sollte öfter am Tag eingreifen und nachjustieren (Schulpausen, Mittagspausen). Achten Sie dennoch darauf, dass ein manueller Eingriff stets möglich ist.

Einzubindende Akteurinnen und Akteure

- Architektin oder Architekt
- HLS- und Energieplanerin oder HLS- und Energieplaner
- Fachplanerin oder Fachplaner für die Gebäudesimulation, die das Zusammenspiel zwischen Gebäudehülle und Technik beherrschen.

Beispiel

Beim Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit in Erlangen wurde mithilfe einer Gebäudesimulation der sommerliche Wärmeschutz optimiert. Hierfür wurde eine detaillierte Ermittlung der Sonneneinstrahlung auf die Fassade durchgeführt. Das Ergebnis zeigte, dass der geplante Sonnenschutz an der Nord-West-Fassade keinen Einfluss auf den sommerlichen Komfort des Gebäudes hat und eingespart werden kann. Stattdessen wurde eine Teilflächenkühlung vorgesehen, um die Überwärmungsstunden zu senken.



Abb. 27:
Außenansicht des Landesamts für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit in Erlangen.
Die senkrechten Lamellen dienen hauptsächlich der Ästhetik.
Als Sonnenschutz wurde eine Raffstore-Anlage installiert.

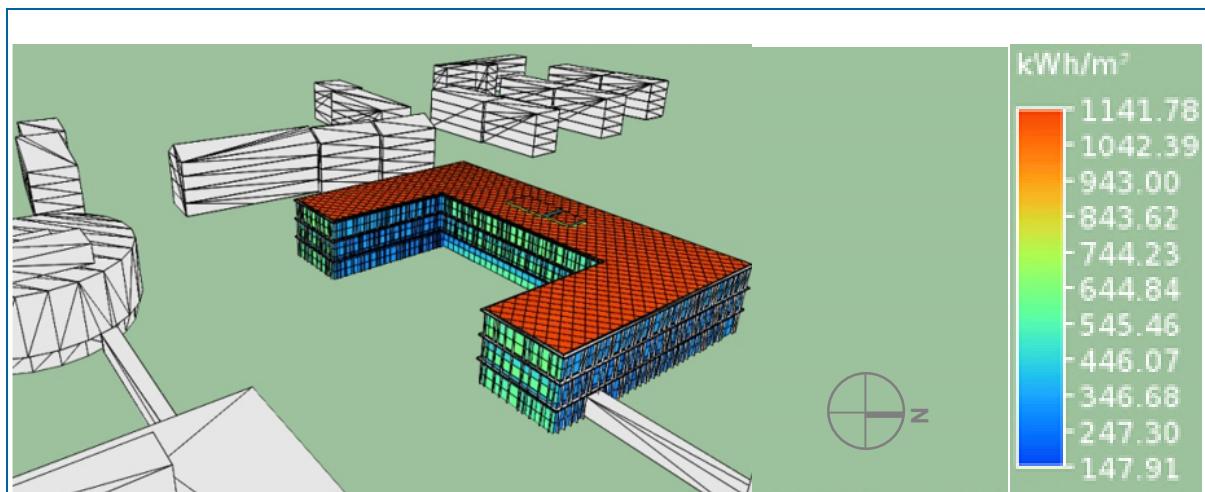


Abb. 28: Um den sommerlichen Wärmeschutz zu optimieren, wurde eine Gebäudesimulation durchgeführt. Hierfür wurde die Fassade auf ihre Sonneneinstrahlung hin überprüft und zu verschattende Fassadenteile ermittelt.

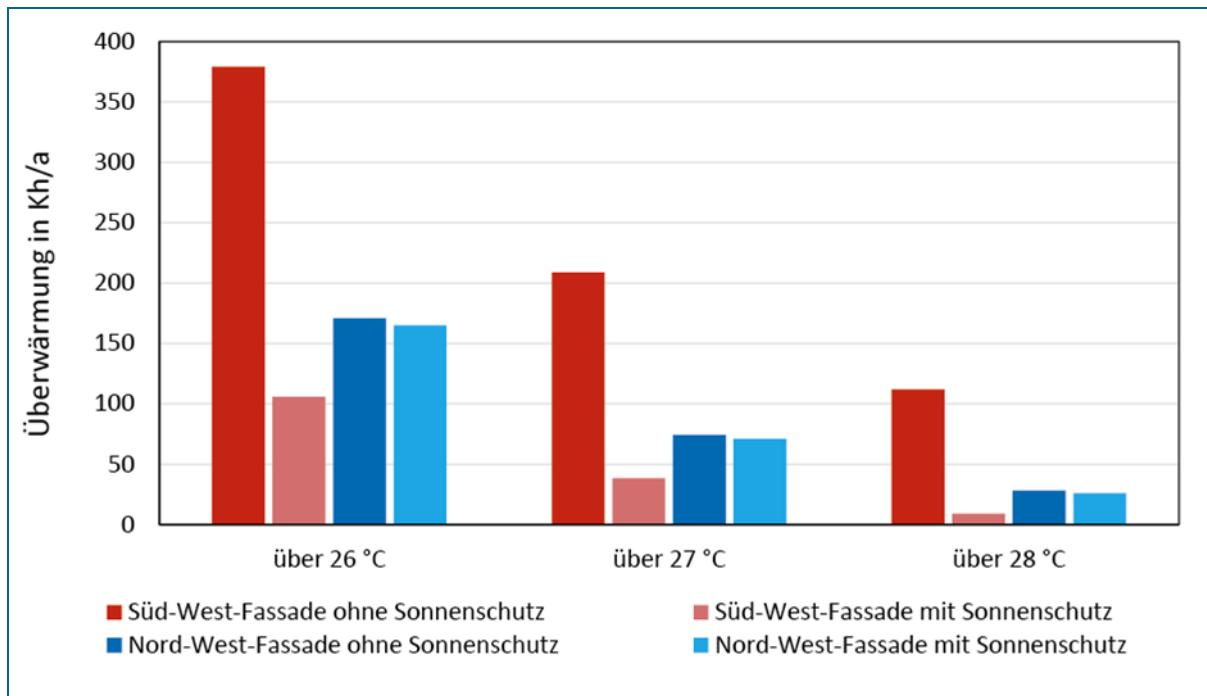


Abb. 29: Die Grafik zeigt die Übertemperaturgradstunden über 26 °C, 27 °C und 28 °C in Kelvinstunden (Kh)/Jahr des Landesamts für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit in Erlangen mit und ohne Sonnenschutz. Die Ergebnisse der Simulation zur Ermittlung der Strahlungswerte der Fassade ergaben, dass der Sonnenschutz an der Nord-West-Fassade keinen Einfluss auf den sommerlichen Wärmeschutz hat und eingespart werden kann (vgl. blauen Balken). Der Sonnenschutz an der Süd-West-Fassade hat hingegen einen hohen Einfluss auf die Überwärmungsstunden und sollte unbedingt vorgesehen werden (vgl. rote Balken).

[Zurück zum Überblick „Planerische Lösungen“!](#)

3.3.2 Teilflächenkühlung

Führen Sie die Kühlung nur teilflächig aus. Dann können Sie Kosten einsparen und dennoch im Sommer die Raumtemperatur positiv beeinflussen.



Soll auf einen hohen sommerlichen Komfort geachtet werden, werden Decken zur Kühlung meist vollflächig belegt und weitere Kühlelemente wie ein Umluftkühler ins System integriert.

Mit diesen Maßnahmen und der entsprechenden Auslegung der Systeme unterschreitet die Raumtemperatur im Sommer dauerhaft 26 °C. Damit können jedoch immense Kosten anfallen. Statt auf eine Kühlung komplett zu verzichten, können Sie auf eine Teilflächenkühlung zurückgreifen und so Kosten reduzieren und dennoch ein angenehmes Raumklima schaffen.

Anwendbar bei:	
✓ Wohngebäude	✓ Neubau
✓ Nichtwohngebäude	✓ Sanierung

Vorteile und Kosteneinsparungen

- Im Vergleich zum kompletten Verzicht auf Kühlung können die Raumtemperaturen auf einen angenehmen Temperaturbereich begrenzt (z. B. maximal 28 °C anstatt 32 °C) und dadurch ein höherer sommerlicher Komfort erreicht werden.
- Im Sinne des Low Tech-Gedankens kann mithilfe der Teilflächenkühlung Technik eingespart werden, wie Leitungen und Elemente zur Kühlung. Damit entfällt auch der weitere Installations- und Wartungsaufwand für diese Komponenten.

Tipps und Stolpersteine

- Achten Sie auf eine integrale Planung (s. auch 4.1.1 Integrale Planung)! Der sommerliche Wärmeschutz sollte zu Beginn der Planung mitberücksichtigt werden. Oftmals kann ein hoher sommerlicher Komfort nur durch weitere architektonische Änderung wie eine Reduzierung der Glasflächen erreicht werden.
- Sprechen Sie mit den Bauherrinnen und Bauherrn bzw. den Nutzerinnen und Nutzern des Bauvorhabens, welche Maximaltemperaturen akzeptabel sind und definieren Sie gemeinsam die Anforderungen an das Raumklima. Über eine dynamische Gebäudesimulation lassen sich exakte Prognosen zu den Temperaturen und der Dauer der Überschreitungen berechnen.
- Die Einhaltung der Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz der DIN 4108-2 sind verpflichtend. Die Einhaltung der Norm stellt jedoch keine Garantie dar, dass an allen Tagen ein angenehmes Raumklima herrscht. Auch die Arbeitsstättenverordnungen (ASR) sind verpflichtend einzuhalten.

Einzubindende Akteurinnen und Akteure

- Vollständiges Planungsteam, spätestens ab der Entwurfsplanung, am besten schon in der Vorplanung.
- Energieplanerin oder Energieplaner in allen Leistungsphasen als Bindeglied zwischen den verschiedenen Planerinnen und Planern bzw. Fachplanerinnen und Fachplanern.

Beispiel

Beim Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit wurde nur eine Teilflächenkühlung vorgenommen, anstatt die gesamte Deckenfläche zur Kühlung zu nutzen. Der aktivierte Teil zum Kühlen und Heizen entspricht einem Drittel der Gesamtfläche. Diese Fläche bot sich an, da dieser Teil groß genug ist, um das Gebäude im Winter ausreichend beheizen zu können. Somit konnten die Kosten für die Kühlung deutlich reduziert werden. Als weitere Maßnahme wurde die Glasfläche reduziert. Aufgrund der Teilflächenkühlung entstehen an wenigen Tagen Temperaturspitzen von maximal 28 °C. Ohne die Maßnahmen wären Temperaturen von mehr als 32 °C erreicht worden.



Abb. 30:
Belegung von Teilstücken der Bürodecken für die Heizung und Kühlung des Landesamts für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit in Erlangen

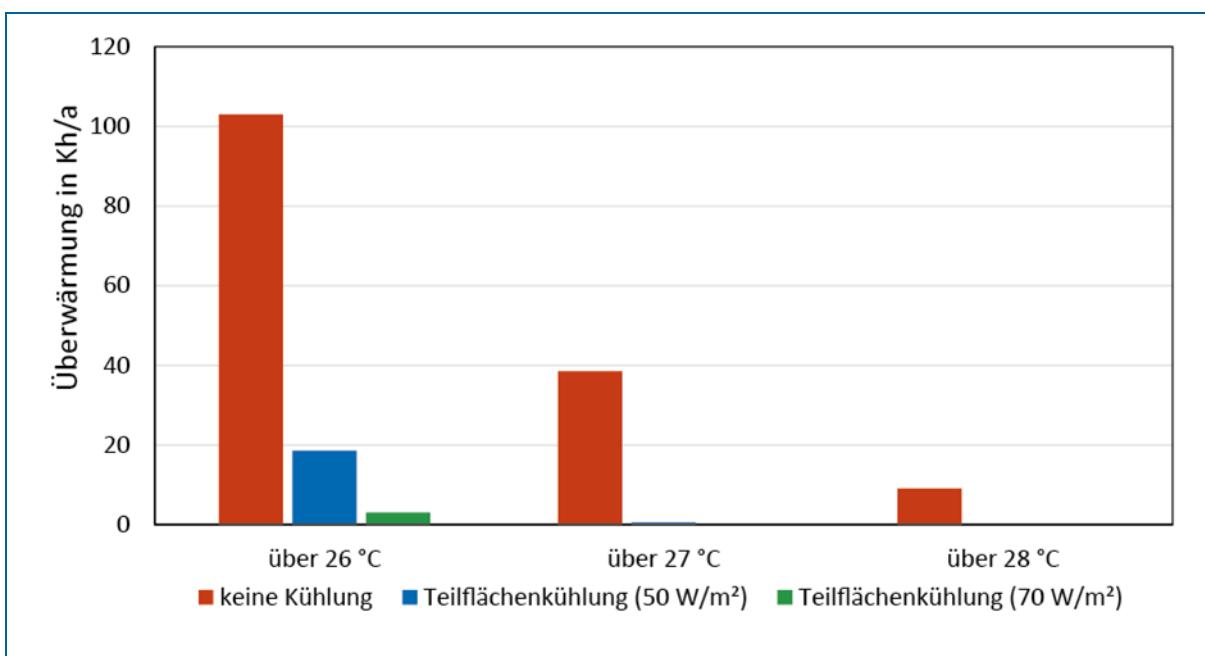


Abb. 31: Ergebnis einer thermischen Simulation verschiedener Varianten zur Kühlung des Landesamts für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit in Erlangen. Dargestellt sind jeweils die Übertemperaturgradstunden über 26 °C, 27 °C und 28 °C in Kelvinstunden (Kh)/Jahr. Der Grenzwert nach DIN 4108-02 von 500 Kh/a über 26 °C wird formell von allen drei Varianten eingehalten.

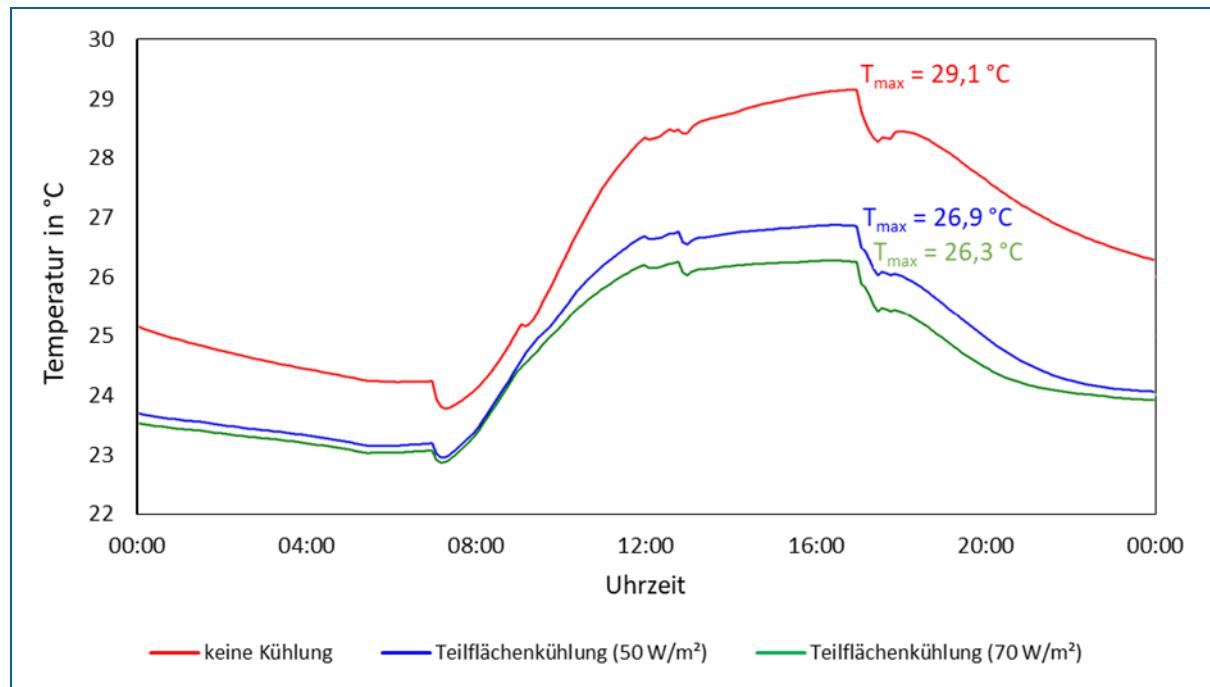
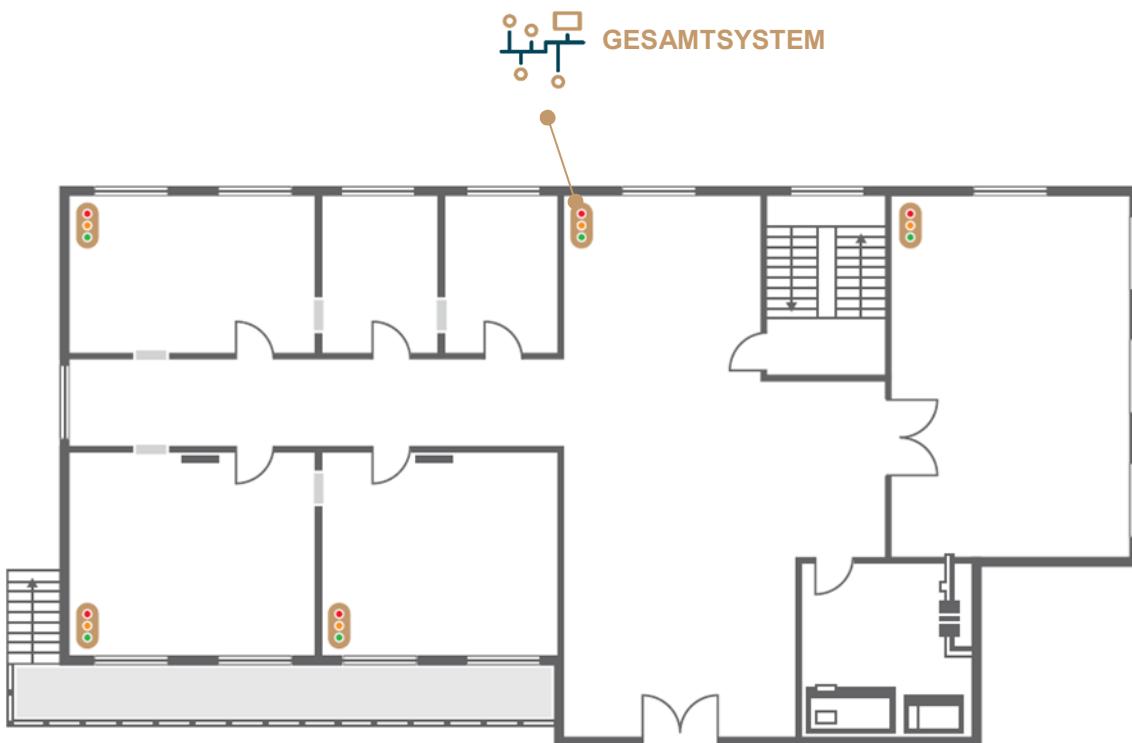


Abb. 32: Verschiedene Varianten zur Kühlung des Landesamts für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit in Erlangen, die durch eine thermische Simulation analysiert wurden. Angezeigt werden hier die maximalen Temperaturen der drei Varianten am heißesten Tag des Jahres.

[Zurück zum Überblick „Planerische Lösungen“!](#)

3.4 Gesamtsystem



3.4.1 Durchführung thermischer Simulationen

Thermische Simulationen helfen Ihnen, eine realitätsnahe Prognose zu erstellen, mit der Sie die kostengünstigste Lösungsvariante zur Beheizung, Kühlung oder Lüftung finden.

 Normativ werden Gebäude nachweise wie beispielsweise der sommerliche oder winterliche Wärmeschutz anhand statischer Berechnungsverfahren oder stark vereinfachter Simulationen durchgeführt. Dies liefert aber oft keine realitätsnahen Aussagen. In der Folge kommt es zu Überdimensionierung der Heiz-, Kühl- oder Lüftungstechnik und unbehaglichem Raumklima. Mit dynamischen Verfahren wie der thermisch-dynamischen Simulation sind hingegen exakte Prognosen mit realitätsnahen Werten zum Raumklima möglich. In der Folge können die Anlagentechnik und der Sonnenschutz in verschiedenen Varianten optimiert und knapper ausgelegt werden. So sparen Sie letztlich ohne Komfortverlust Kosten ein.

Anwendbar bei:	
✓ Wohngebäude	✓ Neubau
✓ Nichtwohngebäude	✓ Sanierung

Vorteile und Kosteneinsparungen

- Anhand thermischer Simulationen werden Gebäude realitätsnah abgebildet. Dadurch können exakte Prognosen zum Raumklima getroffen werden. Im Anschluss können verschiedene Maßnahmen untersucht und deren Auswirkungen miteinander verglichen werden. Einzelne Varianten können so mit minimalem Aufwand und Kosten getestet und die kostengünstigste Lösung zur Erreichung des angestrebten Raumklimas gefunden werden.

- Eine thermische Gebäudesimulation liefert detaillierte Aussagen zur Auslegung der Heiz- und Lüftungstechnik. Somit können Sie die Ergebnisse auch für die Einregelung des Systems und im Weiteren als Basis für ein Monitoring verwenden.
- Überwärmungsstunden des Gebäudes können in Höhe und Dauer erfasst und anhand verschiedener Varianten vermindert werden. Somit können Sie Ersatzmaßnahmen wie beispielsweise die Anschaffung eines Klima-/Splitgeräts vermeiden.
- Zukünftige Klimaentwicklungen können heute schon in der Auslegung berücksichtigt werden.
- Eine realitätsnahe Prognose führt zu einer hohen Nutzerzufriedenheit, was nachträgliche Maßnahmen und damit verbundene Kosten vermindert.
- Thermische Gebäudesimulationen können ebenso genutzt werden, um den Bauherren oder die Bauherrin über technisch notwendigen Maßnahmen zu informieren, da die zu erwartenden Folgen gut abgebildet werden können. Auch kann dem Planungsteam zur Optimierung beziehungsweise Reduzierung bestimmter Maßnahmen geraten werden.

Tipps und Stolpersteine

- Die Simulation sollte möglichst frühzeitig stattfinden, damit der Architekt oder die Architektin bald auf einen Änderungsbedarf reagieren kann, wie z. B. die Reduzierung des Glasanteils oder ob eine Konditionierung vorgesehen werden muss oder nicht.
- Nehmen Sie sich in der Planungsphase genügend Zeit für verschiedene Varianten und Alternativen. So gelangen Sie zum Kostenoptimum.
- Für realitätsnahe Ergebnisse der Gebäudesimulation sind eine Grundlagenermittlung, Nutzungsprofile und eine Analyse der technischen Ausstattung sehr wichtig.
- Insbesondere bei Gebäuden mit einer Sondernutzung und bei großen Gebäuden ist eine thermisch-dynamische Simulation zu empfehlen, um die Wirtschaftlichkeit und Gebrauchstauglichkeit zu optimieren.

Einzubindende Akteurinnen und Akteure

- Fachplanerin oder Fachplaner für Gebäudesimulation, die das Zusammenspiel zwischen Gebäudehülle und Technik beherrschen.

Beispiel

Museen haben sehr hohe klimatische Anforderungen. Zur Erhaltung der Exponate müssen einerseits strenge Vorgaben an die Temperatur und Luftfeuchtigkeit erfüllt werden. Andererseits bringen die Besucher Wärme und Feuchtigkeit in das Gebäude hinein. Während der Planung des Museums „Haus der Bayerischen Geschichte“ wurde die Gebäudesimulation als Ergänzungstool zur Optimierung der Gebäudetechnik und zur Gewährleistung des geforderten Raumklimas verwendet. Mit dem Tool gelang es auch, die optimale Position und Gewichtung der Sensoren zu finden und die Steuerung zu verbessern.

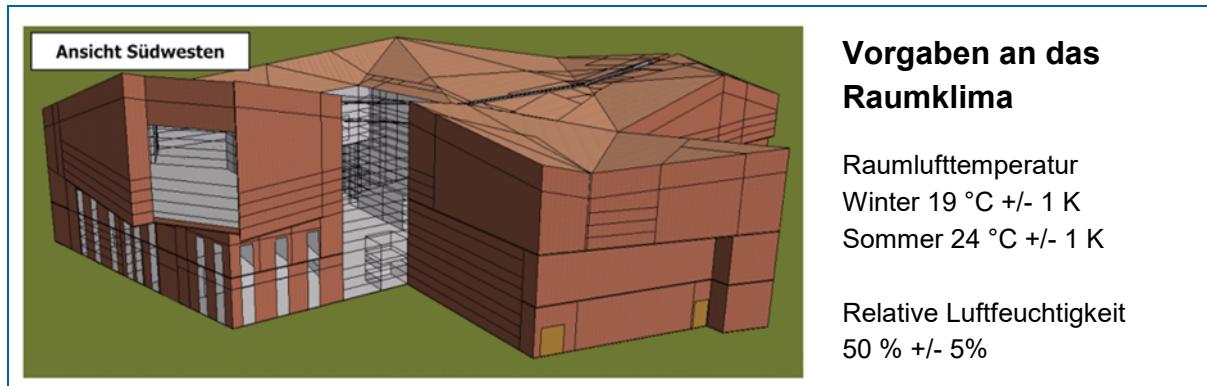


Abb. 33: Erzeugte Außenansicht des Museums „Haus der Bayerischen Geschichte“ in Regensburg.
Thermisch-dynamische Simulationen halfen dabei, die strengen Vorgaben an das Raumklima (Temperatur und Luftfeuchtigkeit) einzuhalten. So konnten beispielweise die optimalen Standorte für die Raumklima-Sensoren des Museums gefunden werden.

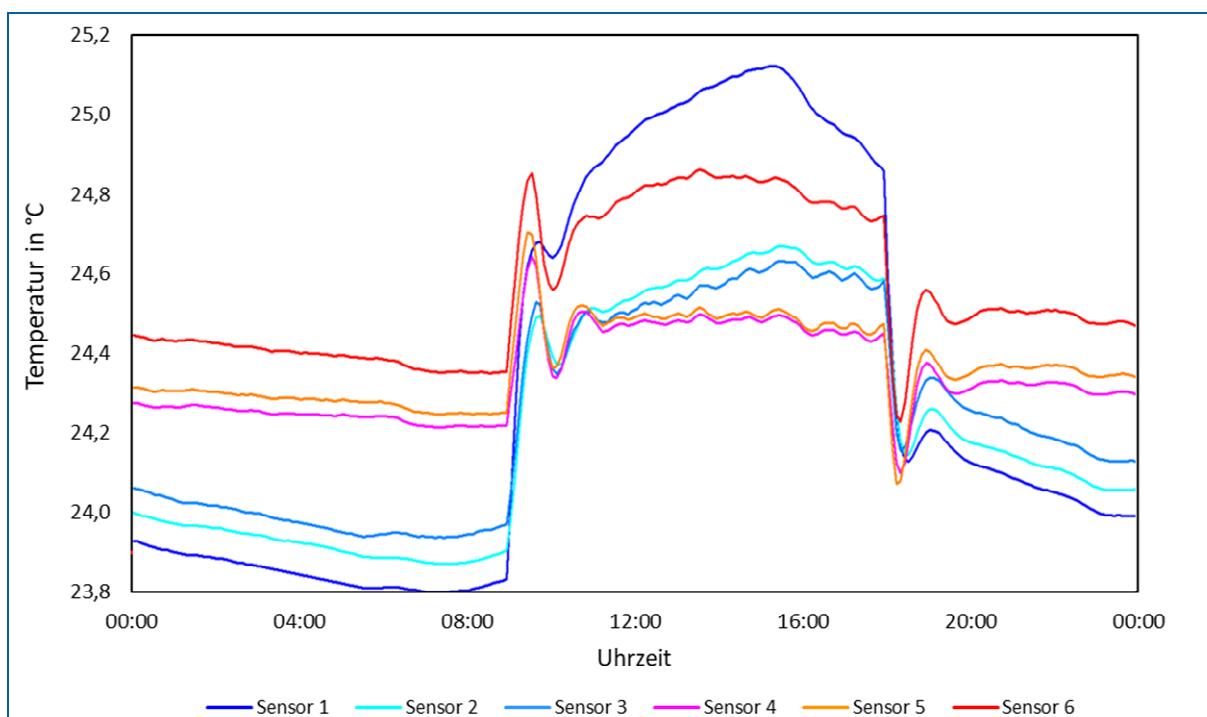


Abb. 34: Durch die Gebäudesimulation konnte im Vorfeld bestätigt werden, dass mit der geplanten technischen Gebäudeausstattung die strengen Vorgaben an das Raumklima des Museums „Haus der Bayerischen Geschichte“ in Regensburg am heißesten Tag des Jahres eingehalten werden können.

[Zurück zum Überblick „Planerische Lösungen“!](#)

3.4.2 Analyse von Nutzerprofilen und Gleichzeitigkeiten

Wenn Sie die Nutzungsprofile der Räume kennen, dann können Sie diese auf Gleichzeitigkeiten hin untersuchen und die Haustechnik optimieren. In der Folge fällt die Technik kleiner aus und Sie sparen Kosten ein.

 Die Technik wird in Gebäuden meist nach Norm auf den höchsten Lastfall oder einer Voll- bzw. Dauerbelegung der Räume ausgelegt. Aber muss die Lüftung beispielsweise auf eine maximale Belegung ausgelegt sein, die nur selten im Jahr eintritt? Wird die Lüftung auf den Regelbedarf ausgelegt und bei Sonderveranstaltungen auf eine zusätzliche Fensterlüftung zurückgegriffen, ist weniger Technik erforderlich und es können Kosten gespart werden. Hierfür ist es notwendig, gemeinsam mit dem Nutzer bzw. der Nutzerin in einem ersten Schritt Nutzerprofile zu erstellen. Diese sind in einem zweiten Schritt auf Gleichzeitigkeiten und mögliche zukünftige Optionen der Nutzung hin zu analysieren: Wann stehen wo welche Lasten, wie beispielsweise CO₂-Emissionen, Wärme und Feuchte der Gebäudenutzer und -nutzerinnen an? Stehen diese Lasten gleichzeitig oder zeitlich versetzt an? So kann die Luft entweder mehrmals oder gezielt nur dort genutzt werden, wo sie benötigt wird.

Anwendbar bei:	
<input type="checkbox"/> Wohngebäude	✓ Neubau
✓ Nichtwohngebäude	✓ Sanierung

Vorteile und Kosteneinsparungen

- Ergibt die Analyse der Gleichzeitigkeiten beispielsweise, dass entweder Raum A oder Raum B eines Gebäudes genutzt wird, dann kann die Lüftungsanlage halb so groß dimensioniert werden. Die reduzierte Technik spart Kosten.

Tipps und Stolpersteine

- Klären Sie mit den Nutzern und Nutzerinnen ab, wie streng die Anforderungen (Mindestanforderungen, erhöhte Anforderungen) eingehalten werden müssen und wie groß die Schwankungsbreite sein darf. In welchem Korridor darf sich beispielsweise die Temperatur oder die relative Luftfeuchtigkeit befinden? Welche maximale und minimale Temperatur ist zulässig? Oder wie schnell muss das System auf Änderungen reagieren können? Welche Luftqualitäten sind gewünscht? Je nachdem muss anschließend mehr oder weniger Technik vorgesehen werden. Informieren Sie den Bauherren oder die Bauherrin über gewisse Einschränkungen in wenigen Fällen (z. B. Sonderveranstaltungen mit vielen Personen im Gebäude, sehr hohe Außentemperaturen, ...).
- Vor Beginn der Analyse ist es wichtig, interne Wärmequellen und Verbräuche abzufragen, damit die Lastgänge möglichst genau beschrieben werden können. Die Passivhausberechnung liefert hierfür eine sehr genaue Basis für den Bedarf.
- Gerade bei Sonderbauten wie einem Museum oder einer Sporthalle lohnt sich das Analysieren von Nutzerprofilen und der gleichzeitigen Anwesenheit von Personen im Gebäude.
- Führen Sie die Analysen möglichst frühzeitig durch, da weitere Gewerke davon abhängig sind (z. B. Architektur, Elektrotechnik, Lüftung, Kühlung, ...).
- Alternativ können thermisch-dynamische oder CO₂-Simulationen durchgeführt werden (s. 3.4.1 Durchführung thermischer Simulationen), um zu überprüfen, ob die geplante reduzierte Technik für den Lastfall ausreichend ist.

Einzubindende Akteurinnen und Akteure

- Fachplanerin oder Fachplaner für Gebäudesimulation, die das Zusammenspiel zwischen Gebäudehülle und Technik beherrschen.

Beispiel

Bei der Kita Wörgl im Inntal hat eine Analyse der Nutzerprofile und Gleichzeitigkeiten ergeben, dass entweder der Gruppenraum oder der Mehrzwecksaal genutzt werden. In der Folge wurde eine Um schaltung in das Lüftungssystem integriert, mit der die Betreuer und Betreuerinnen zwischen den beiden Räumen hin und her schalten können. Somit konnte die Lüftungsanlage nur halb so groß ausgeführt werden.



Abb. 35:
Außenansicht der Kita Wörgl im Inntal. Links befindet sich der neue Anbau der Mehrzweckhalle. Ebenso wurde durch ein neues Obergeschoss der Altbestand aufgestockt. Die Gruppenräume sowie der Mehrzwecksaal sind mit einer Lüftungsanlage ausgestattet.

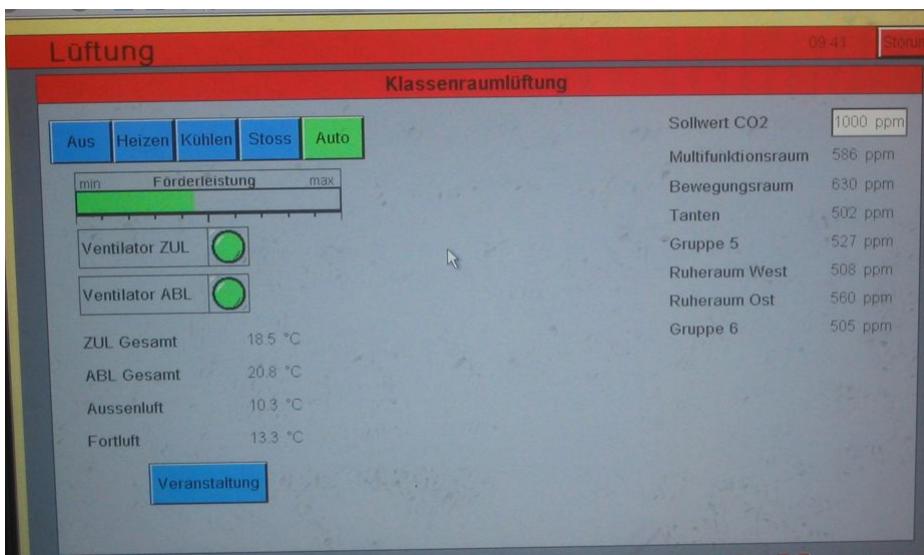


Abb. 36:
Abbildung des Kontrollpanels der Lüftungsanlage der Kita Wörgl im Inntal. Bei einer Veranstaltung kann durch Auswahl des blauen Icons „Veranstaltung“ die Lüftung umgeschaltet werden. Statt der Gruppenräume wird nun der Mehrzwecksaal der Kita versorgt.

[Zurück zum Überblick „Planerische Lösungen“!](#)

3.5 Grundriss

Hier könnte Ihr Beispiel stehen. Wir freuen uns auf Ihre Ideen.

3.6 Brandschutz

Hier könnte Ihr Beispiel stehen. Wir freuen uns auf Ihre Ideen.

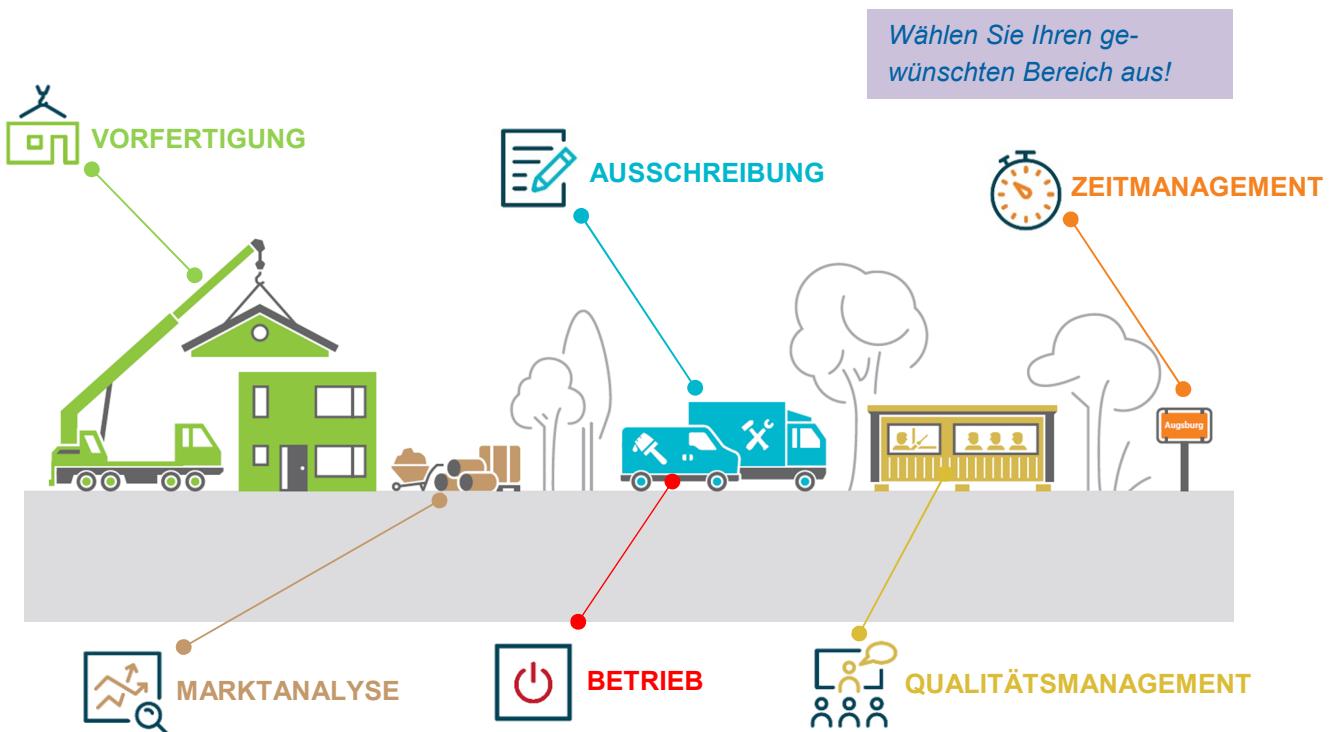
3.7 Betrieb

Hier könnte Ihr Beispiel stehen. Wir freuen uns auf Ihre Ideen.

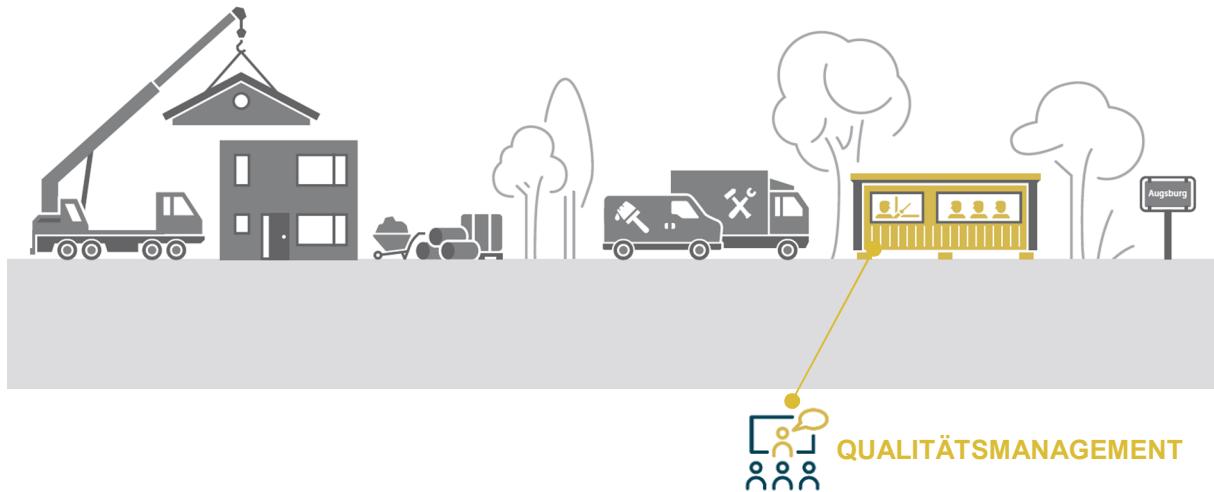
[Zurück zum Überblick „Planerische Lösungen“!](#)

4 Organisatorische Lösungen

Bei einem neuen Bauprojekt sind viele verschiedene Gewerke am Werk. Verläuft alles reibungsfrei, können Sie wertvolle Zeit und Kosten einsparen. Am Ende soll ein funktionierendes Bauwerk entstehen, mit dem die Nutzerinnen und Nutzer vollkommen zufrieden sind. Verbesserungen und Änderungen im Nachhinein kosten viel Geld, Zeit und Nerven. Um dem entgegenzuwirken, zeigen Ihnen die nachfolgenden organisatorischen Lösungen Handlungsmöglichkeiten auf, kostengünstige und energieeffiziente Gebäude zu bauen.



4.1 Qualitätsmanagement



4.1.1 Integrale Planung

Setzen Sie auf eine integrale Planung, um mit dem Fachwissen aller Beteiligten das Kostenoptimum für Ihr Bauvorhaben zu finden und Fehler in der Umsetzung zu vermeiden.

 Die Planung Schritt für Schritt nacheinander durch die einzelnen Fachbereiche durchzuführen, ist heute noch allgemein verbreitet. Ergeben sich im Laufe der Planung Änderungen, können diese die bestehenden Planungsschritte negativ beeinflussen. Integrale Planung hingegen bedeutet: Gemeinsame Planung aller Beteiligten von Anfang an, bei der alle Gewerke ihr Fachwissen mit einfließen lassen.

Bei der Bauausführung gibt es bei Schnittstellen immer wieder Konflikte: Wer ist zuständig für die Energieeffizienz im Zusammenspiel von Hülle und Technik, von der Planung bis hin zum Betrieb? Mit Hilfe der integralen Planung lassen sich die Verantwortlichkeiten für den Ausführungsprozess zuteilen, sodass Fehler vermieden und Kosten eingespart werden.

Anwendbar bei:	
✓ Wohngebäude	✓ Neubau
✓ Nichtwohngebäude	✓ Sanierung

Vorteile und Kosteneinsparungen

- Ein sinnvolles und wirtschaftliches Gesamtkonzept lässt sich nur gemeinsam im Planungsteam entwickeln. Gerade in der Planungsphase lassen sich Änderungen einfach und kostengünstig durchführen, wohingegen Änderungen in der Ausführungsphase sehr kostenintensiv sind. Ebenso kann zu Beginn der Planung am besten auf die Gesamtkosten eingewirkt werden, wodurch hohe Kosten vermieden werden können. (Vgl. Abb. 39)
- Bei regelmäßigen Teamsitzungen werden Verantwortlichkeiten zugeteilt und Informationen ausgetauscht, sodass Zeitpläne optimal aufeinander abgestimmt und Schnittstellenprobleme verringert werden können. Hierdurch können Kosten für die Fehlerbehebung vermieden werden.

Tipps und Stolpersteine

- Bereits zu Beginn ist es wichtig, für alle ein klares Ziel zu definieren, das fortwährend verfolgt wird: Welcher Energiestandard soll erreicht werden? Sollen Förderungen genutzt werden? Soll das Gebäude als Passivhaus zertifiziert werden? Die Projektleitung, das Planungsteam und die Bauherren und Bauherrinnen müssen hinter diesem Ziel stehen.
- Wichtig für eine gelungene Umsetzung ist die Projektorganisation, die mit der Auswahl eines Planungsteams nach technischer und sozialer Kompetenz beginnt.
- Planen Sie in der Planungsphase genügend Zeit für verschiedene Varianten und Alternativen ein. So gelangen Sie zum Kostenoptimum.

Einzubindende Akteurinnen und Akteure

- Vollständiges Planungsteam, spätestens ab der Entwurfsplanung, am besten schon in der Vorplanung.
- Energieplanerin oder Energieplaner in allen Leistungsphasen als Bindeglied zwischen den verschiedenen Planerinnen und Planern bzw. Fachplanerinnen und Fachplanern.

Beispiel

Beim Bau des Klinikums Frankfurt Höchst, das weltweit erste Passivhausklinikum, waren hohe Ansprüche an das Bauprojekt gestellt. Hygienebestimmungen, Anforderungen an die Behaglichkeit und Versorgungssicherheit erforderten ein hohes Maß an Qualität bei der Planung und der Ausführung. Die integrale Planung war ein zwingend notwendiges Mittel, das Projekt in dem Kostenrahmen von 263 Millionen Euro umsetzen zu können.



Abb. 37:
Blick auf das Passivhausklinikum Frankfurt Höchst, das voraussichtlich Ende 2021 fertiggestellt ist.

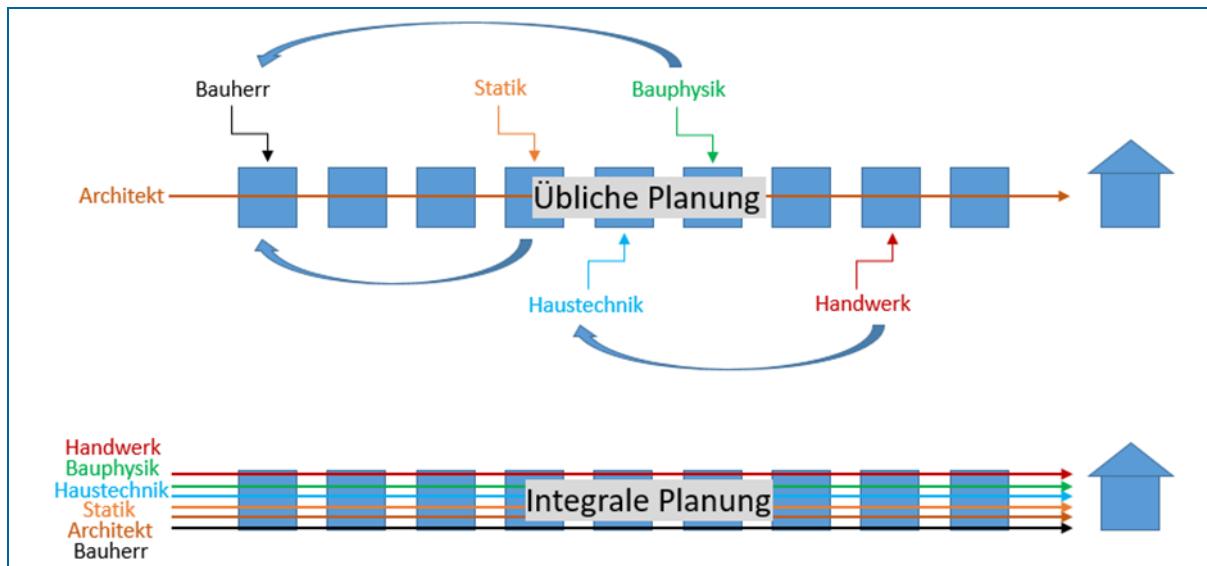


Abb. 38: Während bei der üblichen Planung das Fachwissen anderer Beteiligter erst sehr spät berücksichtigt wird, fließt bei der integralen Planung das Fachwissen aller Beteiligten von Anfang an in den Planungs- und Ausführungsprozess mit ein.

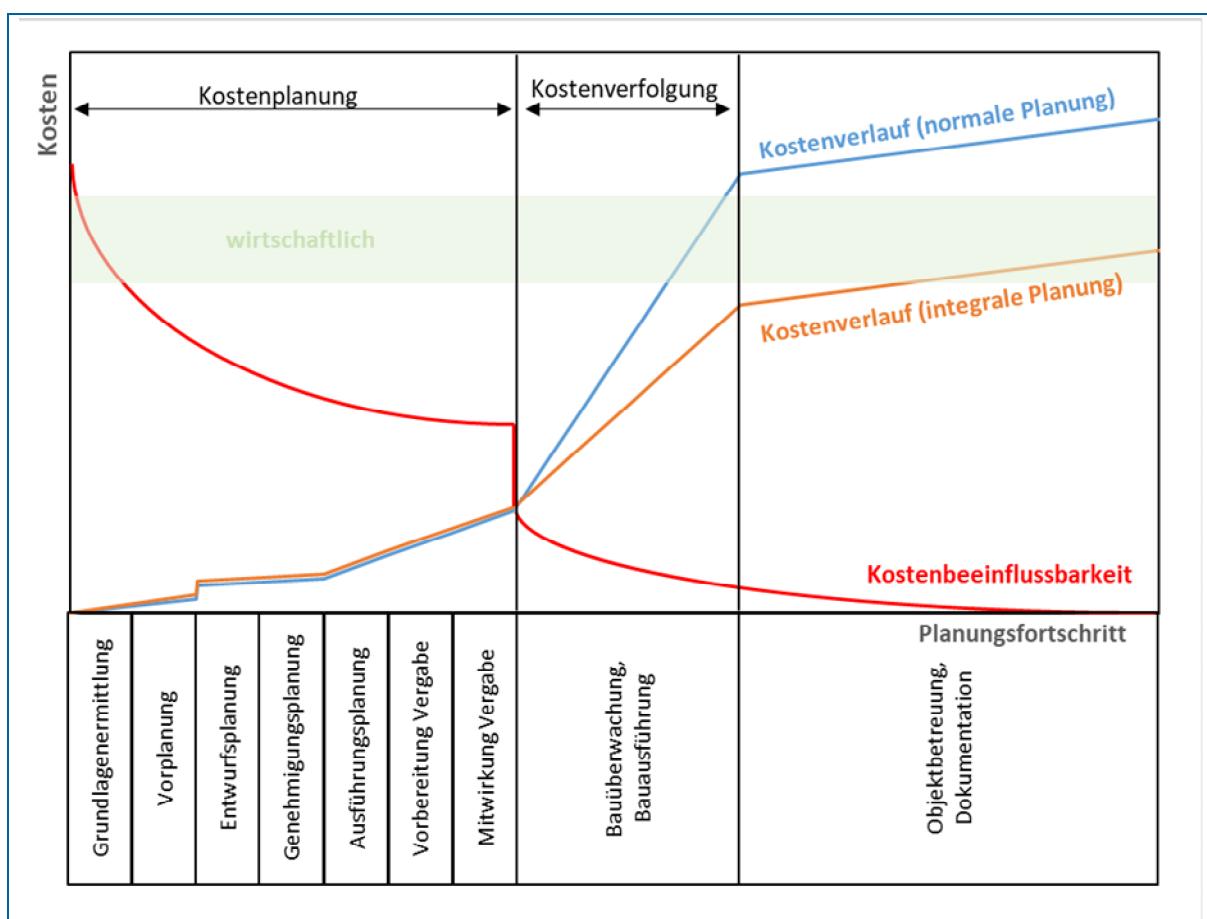


Abb. 39: Setzen Sie frühzeitig Ziele, um auch die Kostenplanung auf das Gebäudekonzept abzustimmen. Während der Planungsphase kann am einfachsten auf die Kosten des Bauprojekts eingewirkt werden. Mithilfe der integralen Planung kann das Planungsteam zusammen aus mehreren Varianten die wirtschaftlichste Variante wählen.

[Zurück zum Überblick „Organisatorische Lösungen“!](#)

4.1.2 Raumweise Einregulierung der Lüftung

Eine raumweise Einregulierung der Lüftung sorgt von Anfang an dort für den Luftwechsel, wo er auch gebraucht wird. In der Folge können Sie an Technik, Strom und Wärme sparen.



Die verschiedenen Räume eines Nichtwohngebäudes werden häufig nicht raumweise einreguliert. Stattdessen gibt es eine konstante Dauerbelüftung oder ein Zeitprogramm für das gesamte Gebäude, das zur Regelung der Lüftung hinterlegt ist. Die einzelnen Räume werden jedoch von unterschiedlich vielen Personen genutzt, manche Räume bleiben in gewissen Zeiten komplett unbesetzt. In Schulen macht eine raumweise Regelung der Lüftung anhand des Stundenplanes oder über eine CO₂-Steuerung Sinn. Ist ein Klassenzimmer nicht besetzt, kann in dieser Zeit die Lüftung abgeregelt werden.

Anwendbar bei:	
<input type="checkbox"/> Wohngebäude	✓ Neubau
✓ Nichtwohngebäude	✓ Sanierung

Vorteile und Kosteneinsparungen

- Analysieren Sie die einzelnen Räume gemäß der Anzahl an Personen und Nutzungszeiten. So können Sie Gleichzeitigkeiten feststellen (s. auch 3.4.2. Analyse von Nutzerprofilen und Gleichzeitigkeiten). Die Lüftungstechnik kann dann u. U. kleiner ausfallen, als wenn Sie die Versorgung aller Räume zur gleichen Zeit vorsehen. Auch können Sie den Volumenstrom verringern bzw. bei dezentralen Geräten komplett herunterregeln. Sie sparen einerseits Kosten bei der Anschaffung, andererseits Kosten während des Betriebs.
- Eine Regelung anhand des Stundenplans bzw. eines Büronutzungsplans kann nach einer Einweisung durch den Hausmeister bzw. die Hausmeisterin durchgeführt werden. Kosten für eventuelle Präsenzsensoren entfallen.
- Die raumweise (Ab-)Regelung der Lüftung spart nicht nur Strom, sondern senkt auch den Heizwärmebedarf durch den reduzierten Luftwechsel.
- Eine bedarfsgerechte Lüftungsregelung ermöglicht eine höhere Raumluftfeuchte in den Wintermonaten und verbessert dadurch den Komfort. Zudem sparen Sie sich eine zusätzliche Befeuchtung.

Tipps und Stolpersteine

- Stellen Sie die Luftmengen entsprechend der Personen und Nutzungszeiten ein.
- Für einen reibungslosen Betrieb ist eine Nutzereinweisung oder Schulung des Hausmeisters bzw. der Hausmeisterin erforderlich.
- Die Werte und Einstellungen der Gebäudeleittechnik sollten von Beginn an in einem Logbuch dokumentiert werden. Ebenso sämtliche Änderungen. So bleiben auch bei einem Personalwechsel die Informationen erhalten. Auch eine Vertretung, die im Krankheitsfall einspringen kann, kann sich an den Angaben orientieren.
- Mithilfe von Datenloggern können Sie überprüfen, ob Ihre derzeitige Einstellung zur zeitlichen Nutzung passt und diese gegebenenfalls anpassen.

Einzubindende Akteurinnen und Akteure

- HLS- und Energieplanerin oder HLS- und Energieplaner
- Hausmeisterin oder Hausmeister

Beispiel

Beim Gymnasium in Buchloe versorgen dezentrale Lüftungsanlagen die einzelnen Klassenzimmer mit Frischluft. Der Hausmeister regelt die Lüftungsanlagen dabei gemäß dem Stundenplan, wodurch sich eine hohe Verbrauchseinsparung ergab.

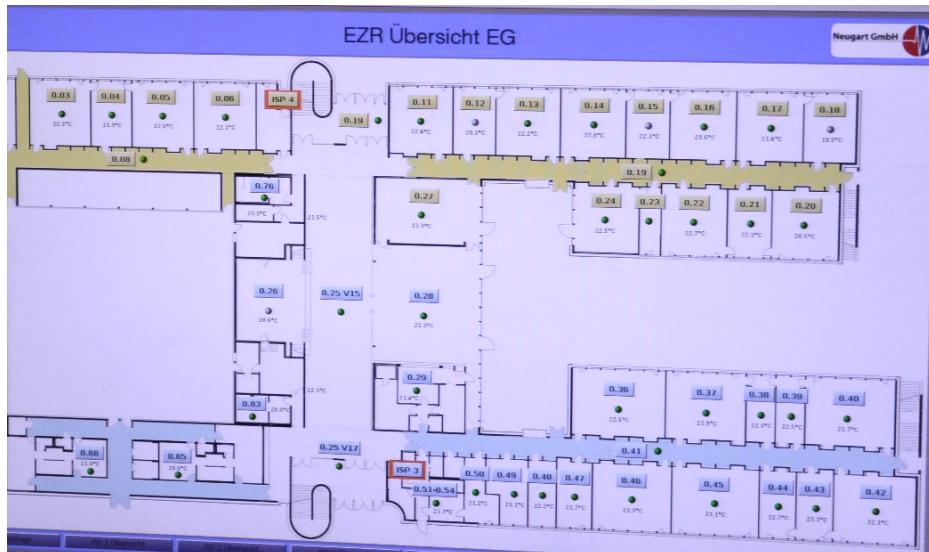


Abb. 40:
Mithilfe des Rechners kann der Hausmeister die einzelnen Lüftungen der Klassenzimmer des Gymnasiums in Buchloe überblicken und gemäß dem Stundenplan regeln. Ist ein Klassenzimmer unbesetzt, kann die Lüftung einfach heruntergeregt werden.

Beim Amtsgericht Günzburg war als Lüftungsregelung ein Standardprogramm hinterlegt. Die Lüftungsanlage lief dabei konstant von 6 Uhr morgens bis 18 Uhr abends durch – selbst am Wochenende, obwohl das Gericht unbesetzt ist. Alleine schon die Einregulierung nach Wochentagen führte zu einer einfachen Kosteneinsparung.

2017-11-06 - 2017-11-12							
	Mo, 2017-11-06	Di, 2017-11-07	Mi, 2017-11-08	Do, 2017-11-09	Fr, 2017-11-10	Sa, 2017-11-11	So, 2017-11-12
06.00	06:00:00.00 Ein						
07.00							
08:00							
09:00							
10:00							
11:00							
12:00							
13:00							
14:00							
15:00							
16:00							
17:00							
18:00	18:00:00.00 Aus						

Abb. 41: Trotz Abwesenheit lief die Lüftungsanlage des Amtsgerichts in Günzburg auch am Wochenende gemäß der Standardeinstellung.

[Zurück zum Überblick „Organisatorische Lösungen“!](#)

4.1.3 Qualitätssicherung bei der Ausführung

Sparen Sie nicht an einer Qualitätssicherung während der Ausführung, da Baufehler hier am einfachsten erkannt und behoben werden. Damit erreichen Sie Ihr geplantes Ziel ohne zusätzliche Folgekosten.



Aus Kostengründen findet oft weder eine Qualitätssicherung noch eine Passivhauszertifizierung statt. Dabei können gerade während der Bauausführung Baufehler vermieden und am einfachsten und kostengünstigsten ausgebessert werden. Hierfür können neben visuellen Abnahmen auch Luftpichtigkeitsmessungen und thermografische Messungen ergänzend eingesetzt werden. Die Zertifizierung bietet darüber hinaus den Vorteil, dass das angestrebte Konzept durch das Vier-Augen-Prinzip kontinuierlich geprüft, gesichert und verbessert werden kann.

Anwendbar bei:	
✓ Wohngebäude	✓ Neubau
✓ Nichtwohngebäude	✓ Sanierung

Vorteile und Kosteneinsparungen

- Eine Qualitätssicherung bei der Ausführung verhindert Bauschäden mit anschließender kostenintensiver Ausbesserung der Baufehler.
- Die Qualitätssicherung inklusive Passivhauszertifizierung sorgt dafür, dass das geplante Konzept wie gewünscht umgesetzt wird und das Gebäude wirtschaftlich betrieben werden kann.
- Es entsteht eine hohe Nutzerzufriedenheit: Durch die Sicherstellung einer hohen Luftpichtigkeit werden Zugerscheinungen unterbunden, auch können hohe Kriterien an den Schallschutz erreicht werden. Für den Brandschutz stellt die Rauchdichtigkeit ein wichtiges Kriterium dar, das im Rahmen der Qualitätssicherung überprüft werden kann.
- Durch eine hohe Luftpichtigkeit reduziert sich der Heizwärmebedarf erheblich (s. Abb. 44).

Tipps und Stolpersteine

- Planen Sie den Luftpichtigkeitstest im Bauzeitenplan mit ein.
- Kündigen Sie geplante Tests – wie zum Beispiel visuelle Abnahmen oder den Luftpichtigkeitstest – bei den Facharbeiterinnen und Facharbeitern an und sprechen Sie mit diesen darüber. Diese sind am Ergebnis ihrer Arbeit interessiert. Bei Fehlern können sie dazulernen und ihre Fertigkeiten verbessern. Bei großen Bauvorhaben können Musterzimmermessungen durchgeführt werden, um den Messaufwand zu reduzieren. Weisen Sie auf Fehler frühzeitig hin, um für künftige Leistungen zu sensibilisieren.
- Binden Sie die Fachkraft für die Luftpichtigkeitsmessung frühzeitig mit ein. Sie kennt den optimalen Zeitpunkt für die Messung und sieht aufgrund der Erfahrung eventuell schon im Voraus Schwachstellen, bei denen nachgebessert werden muss. Führen Sie den Luftpichtigkeitsnachweis unbedingt vor dem Verputzen/Verkleiden der Wände aus, um Schwachstellen einfach zu finden und nachbessern zu können.
- Binden Sie die Zertifizierungsstelle frühzeitig in den Planungsprozess ein. Nur so können deren Erfahrungen in das Projekt einfließen und Optimierungen erzielen.

Einzubindende Akteurinnen und Akteure

- Energieplanerin oder Energieplaner als Bindeglied zwischen den verschiedenen Planerinnen und Planern bzw. Fachplanerinnen und Fachplanern
- Bauleiterin oder Bauleiter
- Passivhauszertifizierungsstelle
- Luftdichtheitsprüferin oder Luftdichtigkeitsprüfer, Thermografin oder Thermograf

Beispiel

Beim Amtsgericht in Günzburg herrschte eine große Unzufriedenheit in Teilen der Belegschaft mit zu hohen Temperaturen im Winter. Mithilfe von mehreren Datenloggern wurden die Temperaturverläufe der Räume aufgezeichnet. Dabei fand man heraus, dass Sensoren falsch kalibriert waren und in der Gebäudeleittechnik (GLT) falsche Werte als vermeintlich richtig angezeigt wurden. Zudem waren defekte und falsch montierte Ventile verbaut, wodurch die gewünschten Raumtemperaturen nicht erreicht wurden. Eine Fehleranalyse inklusive Monitoring stellte die Nutzerzufriedenheit sicher und sparte Heizkosten ein.



Abb. 42: Außenansicht des Neubaus des Amtsgerichts in Günzburg

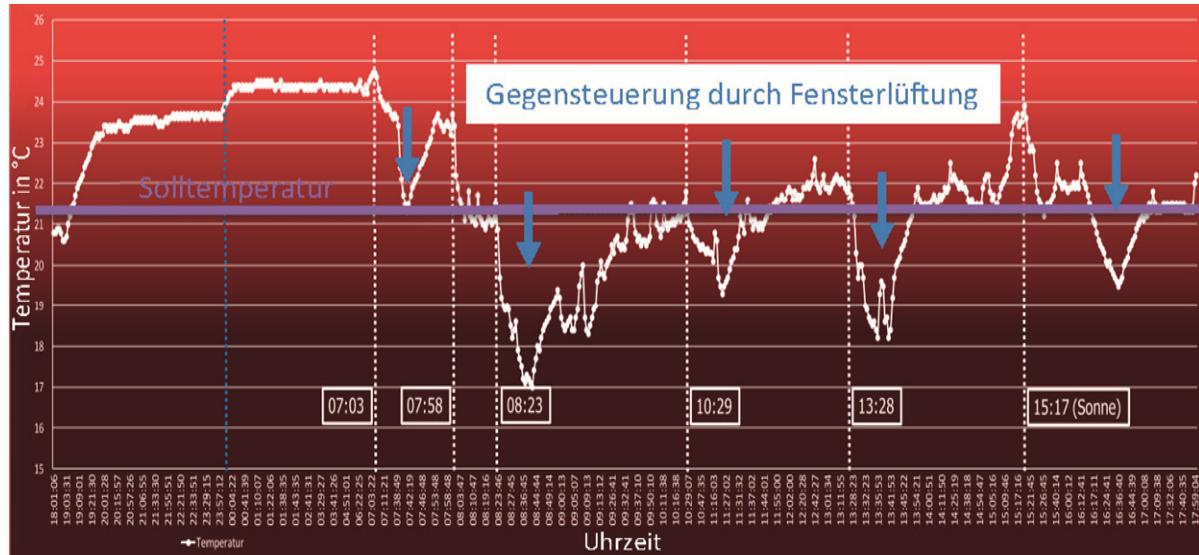


Abb. 43: Mithilfe von Datenloggern konnten die Temperaturverläufe der einzelnen Räume des Amtsgerichts in Günzburg aufgezeichnet werden. Durch eine fehlerhafte Regelung wurde trotz des Erreichens der Sollraumtemperatur von 21,3 °C noch weiter geheizt. Dies hatte zur Folge, dass die Raumnutzerinnen und Raumnutzer als Gegenmaßnahme die Fenster geöffnet haben, um die Raumtemperatur zu senken. Mithilfe der aufgezeichneten Ergebnisse konnte die Einstellung der Regelung optimiert werden.

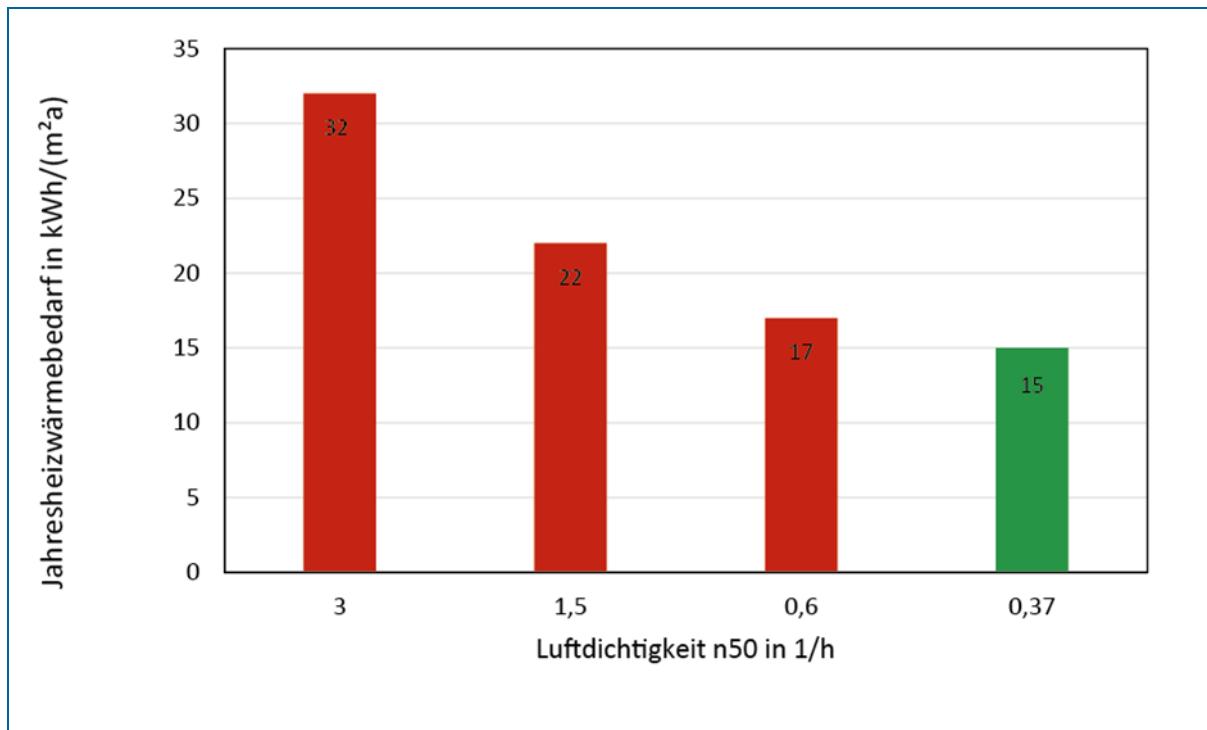


Abb. 44: Einfluss der Luftdichtigkeit n_{50} (Luftwechselrate bei 50 Pascal Druckdifferenz) auf den Jahresheizwärmeverbrauch am Beispiel eines Einfamilienhauses im Passivhausstandard.

[Zurück zum Überblick „Organisatorische Lösungen“!](#)

4.2 Ausschreibung



4.2.1 Definition und Sicherung der Qualitätsanforderungen

Definieren und überprüfen Sie stets die Qualitätsanforderungen an die Bauteile für das Bauvorhaben. So können Sie sicher sein, dass das gewünschte Bauziel kostengünstig und qualitativ hochwertig erreicht wird.

 Um das geplante Bauziel, ein kostengünstiges und hocheffizientes Gebäude, zu erreichen, sollten Sie die gewünschte Qualität der Bauteile in der Ausschreibung genau definieren und beschreiben. Eine bloße Beschreibung des Anforderungsprofils nach geltendem Recht (Gebäudeenergiegesetz, GEG) ist im Allgemeinen zu pauschal und stellt die Realisierung Ihres Ziels unter Umständen nicht sicher. Geben Sie genaue Beschreibungen mit Kennwerten an: Statt rein den U-Wert des Fensters vorzugeben, definieren Sie beispielsweise zudem detailliert die Anforderungen an die Fensterrahmen (Uf-Wert, Ansichtsbreite, Rahmenbreite), die Gläser (U_g-Wert, g-Wert, Psi-Wert Glasrandverbund) und den Fenstereinbau. Mit einer Überprüfung der Kennwerte der Baumaterialien vor Ort sichern Sie die Qualitätsansprüche und sorgen dafür, dass die Anforderungen aus der Planung umgesetzt werden.

Anwendbar bei:	
✓ Wohngebäude	✓ Neubau
✓ Nichtwohngebäude	✓ Sanierung

Vorteile und Kosteneinsparungen

- Die Anforderungen der Planung werden wie gewünscht umgesetzt. Eine hohe Qualität der Ausführung wird gesichert. Die Betriebskosten entsprechen der Planung.
- Werden Bauteile mit den falschen Kennwerten verbaut, können ein geplanter Energiestandard unter Umständen nicht mehr erreicht und Förderungen abgelehnt werden.
- Zukünftige Kosten für Fehlerbehebungen und Abänderungen werden mit einer Qualitätskontrolle vermieden.
- Eine hohe Qualität der Baustoffe und Bauteile sowie die Langlebigkeit der Konstruktion wird gesichert, wodurch Folgekosten niedrig bleiben.

Tipps und Stolpersteine

- Beschreiben Sie die Bauteile in dem Bauteilkatalog genau. Kommunizieren Sie, dass erhöhte Anforderungen bzw. gegebenenfalls Sonderanforderungen gestellt werden, die erfüllt werden müssen. Die technische Gleichwertigkeit muss allerdings weiterhin gegeben sein (keine hersteller-spezifische Bindung).
- Sprechen Sie mit den Handwerkerinnen und Handwerkern und weisen Sie auf besondere Anforderungen hin. Hierfür empfiehlt sich eine verpflichtende Teilnahme an einer Einweisung aller Beteiligten.
- Überprüfen Sie die Kennzeichen und technischen Datenblätter der Baumaterialien im Angebotsrucklauf und auch vor Ort und vergleichen Sie sie mit den geforderten Daten des Bauteilkatalogs.

Einzubindende Akteurinnen und Akteure

- Projektsteuerung
- Architektin oder Architekt
- Fachplanerin oder Fachplaner
- Handwerkerinnen und Handwerker

Beispiel

Unterschiedliche Kennwerte führen zu unterschiedlichen Ergebnissen in der Energiebilanz eines Gebäudes. Beispielsweise stellen Fenster diejenigen Bauteile dar, die die höchsten Wärmeverluste im Winter aufweisen. Sie sorgen allerdings auch für positive solare Gewinne. Damit haben sie einen erheblichen Einfluss auf die Energiebilanz und darauf, ob z. B. ein Passivhausstandard erreicht werden kann oder nicht (Heizwärmebedarf $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$). Mithilfe von Berechnungen (z. B. PHPP) können verschiedene Varianten während der Planung überprüft werden. Daraus ergeben sich im Beispiel des Fensters bestimmte Kennwerte (U_g , U_f , g-Wert, Rahmenansichtsbreiten, Flächenanteil Glas, Flächenanteil Rahmen, etc.), um den angestrebten Heizwärmebedarf zu erreichen. Durch die Vordefinition dieser Kennwerte in der Ausschreibung kann man sichergehen, dass der gewünschte Standard eingehalten wird. Die Einhaltung der Vorgaben sollte auf alle Fälle kontrolliert werden. Dies verdeutlichen Abb. 46 und Abb. 47.

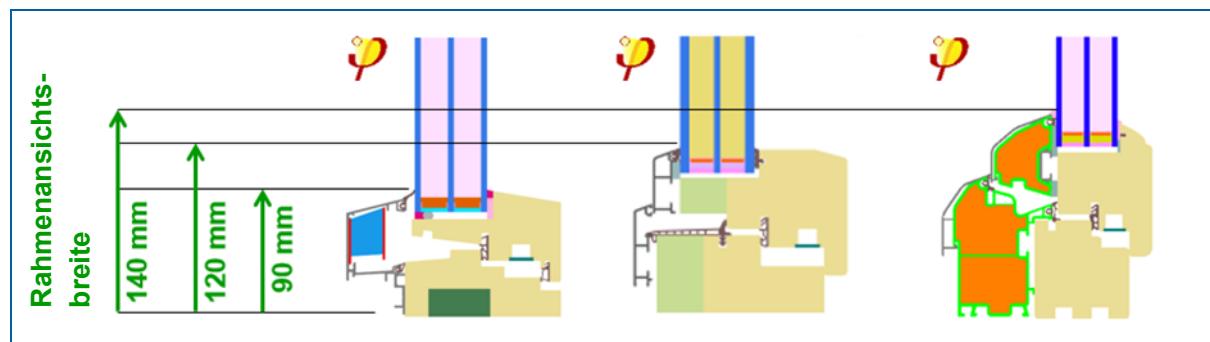


Abb. 45: Fenster verschiedener Hersteller sind unterschiedlich aufgebaut. Durch die unterschiedlichen Rahmenansichtsbreiten werden die Glasflächen und somit die solaren Gewinne zum Teil erheblich beeinflusst.

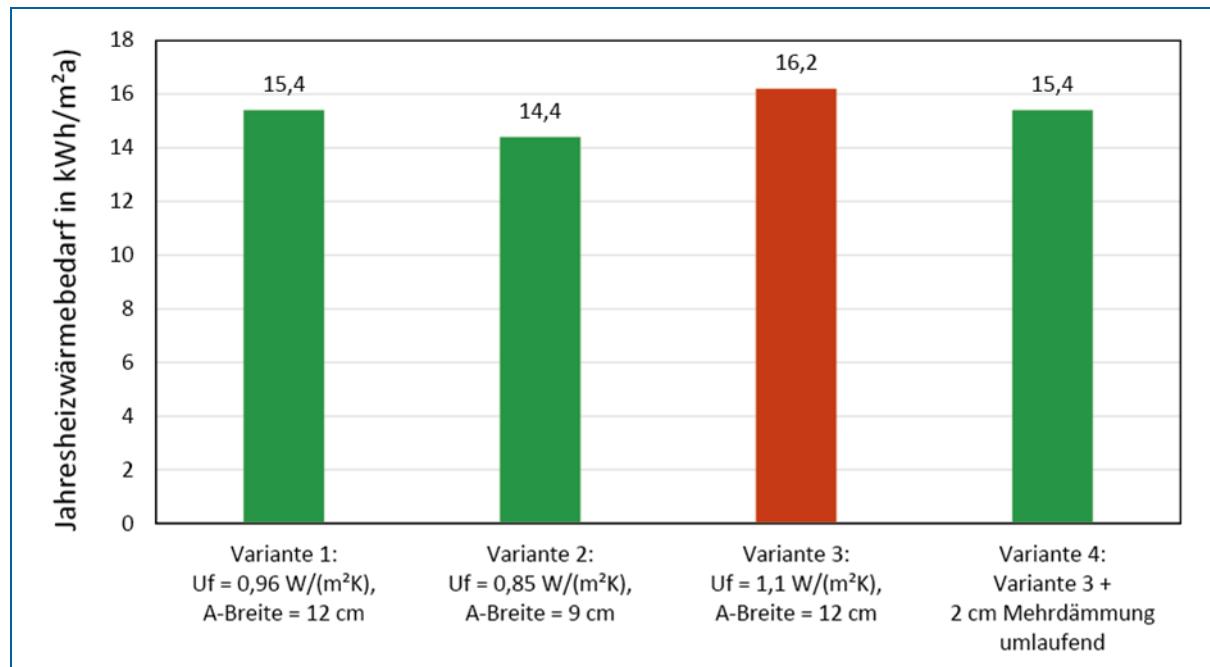


Abb. 46: Einfluss des Fensterrahmens auf den Heizwärmeverbrauch eines Einfamilienhauses. Eine Erhöhung des Uf-Wertes von 0,96 auf 1,1 W/(m²K) erfordert zur Kompensation eine Mehrdämmung von 2 cm umlaufend. Ur: U-Wert des Rahmens, A-Breite: Rahmenansichtsbreite (s. Abb. 42).

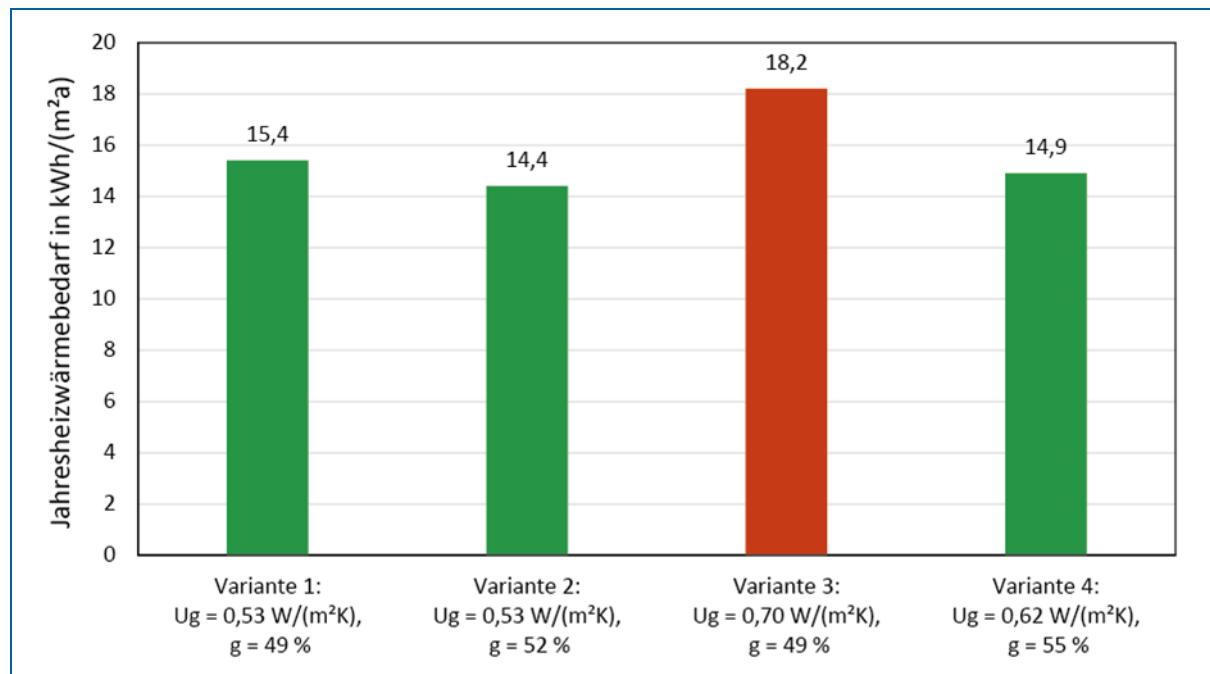


Abb. 47: Einfluss des Fensterglases auf den Heizwärmeverbrauch eines Einfamilienhauses. Bei richtiger Auswahl der Parameter kann der Passivhausstandard (Heizwärmeverbrauch $\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) erreicht werden. Ug: U-Wert des Fensterglases, g-Wert: Gesamtenergiedurchlassgrad des Fensters.

[Zurück zum Überblick „Organisatorische Lösungen“!](#)

4.3 Zeitmanagement

Hier könnte Ihr Beispiel stehen. Wir freuen uns auf Ihre Ideen.

4.4 Marktanalyse

Hier könnte Ihr Beispiel stehen. Wir freuen uns auf Ihre Ideen.

4.5 Vorfertigung

Hier könnte Ihr Beispiel stehen. Wir freuen uns auf Ihre Ideen.

4.6 Betrieb

Hier könnte Ihr Beispiel stehen. Wir freuen uns auf Ihre Ideen.

[**Zurück zum Überblick „Organisatorische Lösungen“!**](#)

5 Literatur



In dieser Rubrik finden Sie verschiedene Literaturbeispiele, die Sie dabei unterstützen, kostengünstig und energieeffizient zu bauen.

5.1 Kostengünstiger und zukunftsfähiger Geschosswohnungsbau im Quartier (2019)

Autoren:

Dr. Burkhard Schulze Darup (Hrsg.)

Inhalt:

In dem Forschungsvorhaben ging es darum, Kostenrisiken beim nachhaltigen Geschosswohnungsbau zu finden und durch innovative Komponenten und Systemlösungen zu umgehen. Dabei werden verschiedene Bauteile und Gebäudetechniken auf ihre Einsparpotenziale sowie deren Umweltaspekte hin beleuchtet. Daraus leiten sich Empfehlungen für einen kostengünstigen und zukunftsfähigen Geschosswohnungsbau ab.

Link:

https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-33119_01-Hauptbericht.pdf

The image shows the front cover of a report. At the top is a rendering of a modern apartment building with many windows and balconies, surrounded by trees. Below the image, the title 'Kostengünstiger und zukunftsfähiger Geschosswohnungsbau im Quartier' is written in bold black font. Underneath the title, it says 'Projektbericht' and 'Dr. Burkhard Schulze Darup (Hrsg.)'. At the bottom right is the logo for 'DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt' with the website 'www.dbu.de'. A small note at the bottom left states 'Förderung durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU AZ 33119/01-25)'.

5.2 Modellvorhaben „KliNaWo“ – Klimagerechter Nachhaltiger Wohnbau (2017, 2019)

Autoren:

Martin Ploss, Tobias Hatt, Christina Schneider, Thomas Rosskopf, Michael Braun

Inhalt:

Mit dem Forschungsprojekt will das Energieinstitut Vorarlberg zeigen, dass die Wirtschaftlichkeit und Energieeffizienz bei Bauvorhaben nicht im Gegensatz zueinanderstehen müssen. Hierfür wurde ein Wohngebäude in der Planung dementsprechend optimiert bevor es im nächsten Schritt baulich umgesetzt wurde. Im letzten Schritt wird der Neubau durch ein umfassendes Monitoring begleitet, um die erfolgreiche Zielsetzung zu bestätigen.

Link:

<https://www.energieinstitut.at/wp-content/uploads/2017/05/Zwischenbericht-KliNaWo-012017.pdf>

https://www.energieinstitut.at/wp-content/uploads/2019/08/20190729_KliNaWo_Monitoringbericht.pdf



5.3 Nachhaltigkeit gestalten (2018)

Autoren:

Amani Badr, Matthias Fuchs, Thomas Stark, Martin Zeumer

Inhalt:

Das Werk der Bayerischen Architektenkammer gibt einen umfassenden Überblick über Grundlagen, Ziele und Anforderungen beim nachhaltigen Bauen. Darüber hinaus liefert es Hinweise, Lösungsvorschläge und Impulse in allen Leistungsphasen: von der Planung, über die Ausführung bis hin zum Monitoring und der Dokumentation. Der Aspekt der Nachhaltigkeit steht dabei in vielen Bereichen nicht konträr zum Aspekt Energie- und Kosteneffizienz. Sie stellt vielmehr eine geeignete Symbiose dar, wie z. B. die Optimierung von Planung und Prozessen, der Effizienzsteigerung von Ressourcen, Heizungstechnik oder Flächen und zuletzt der Energie selbst.



Link:

https://www.byak.de/data/Nachhaltigkeit_gestalten/Nachhaltigkeit_gestalten_Download.pdf

6 Quellen/Ansprechpartner

Bayerisches Landesamt für Umwelt, Dr. Stephan Leitschuh, Augsburg

Bedarfsgerechte Anforderung von Warmwasser

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, Dr. Josef Hochhuber, München

Nutzung des Flächenfundaments zur Temperaturpufferung, Wärmespeicherung und Gebäudebeheizung; Dachaufbau mit Stegträgerkonstruktion

Herz & Lang GmbH, Dieter Herz, Florian Lang, Weitnau

Dezentrale Lüftung; Klare und detaillierte Vorgaben zum sommerlichen Wärmeschutz; Teilflächenkühlung; Durchführung thermischer Simulationen; Analyse von Nutzerprofilen und Gleichzeitigkeiten; Integrale Planung; Raumweise Einregulierung der Lüftung; Qualitätssicherung bei der Ausführung; Definition und Sicherung der Qualitätsanforderungen

ING + ARCH Partnerschaft, Mario Bodem, Nürnberg:

U-Wert-/g-Wert-Optimierung; Optimierung des Rahmenanteils; Optimierung der Fenstergröße und Ausrichtung, Wärmebrückenfreie Gründung; Kaskadenlüftung; Optimierte Kaltluftleitungen; Nutzung der Flure als Abluftleitungen; Verwendung und Platzierung von Heizkörpern

7 Anhang

7.1 Fragebogen



Fragebogen zum Projekt „Optimierungsansätze für kostengünstiges und energieeffizientes Bauen“

Anschrift:

Name, Firma: _____

Straße, Hausnummer: _____

Postleitzahl, Ort: _____

Kurzbezeichnung des Beispiels / der Maßnahme:

Für welche Gebäudeart kann die Lösung eingesetzt werden:

- Wohngebäude
 - EFH/ZFH
 - MFH
 - Nichtwohngebäude
 - Bürogebäude, Schulen o. Ä.
 - Gewerbe/Industrie
 - Sonderbauten, wie

Welcher Rubrik kann die Lösung zugeordnet werden?

- technische Detaillösung (z. B. optimierte Fundamentlösung, optimierte Fensterrahmen)
 - planerische Lösung (z. B. optimierte Grundrisse, verkürzte Lüftungsleitungen)
 - organisatorische Lösung (z. B. Zeitmanagement, frühzeitige Gewerkeabstimmung, Modulbauweise)

Die Lösung kann angewendet werden:

- im Neubau bei Sanierung/Modernisierung

Beschreibung der Lösungsmaßnahme (Kurzbeschreibung zur Veröffentlichung; weitergehende Erläuterungen und Dokumentationen bitte separat beifügen):

Gibt es eine Internetseite mit weiterführenden Informationen oder der Umsetzung der Lösung in Form eines Praxisbeispiels (Bitte Links aufführen)?

Bilder und Grafiken zur besseren Veranschaulichung liegen vor (siehe Anlage)?

ja nein

Worauf ist bei der Umsetzung zu achten?

Gibt es Stolpersteine?

**Welche Rahmenbedingungen müssen gegeben sein, damit die Lösung einsetzbar ist?
Wann kann die Lösung nicht umgesetzt werden?**

**Welche verschiedenen Akteure benötigt man?
Wann sollten diese eingebunden werden?**

**Was sind die derzeit üblichen Lösungen?
Wie grenzt sich Ihre Alternativlösung davon ab?**

Welcher Kostenvorteil ergibt sich allgemein und gegenüber konventionellen Lösungen? (Bitte möglichst an einem quantitativen Beispiel beschreiben; falls dies nicht möglich ist, qualitativ)

**Wo und wann wurde die Lösungsvariante bereits erfolgreich umgesetzt?
(Praxisbeispiele)**

Sonstige Bemerkungen, die wichtig in Bezug auf die Lösung sind:

Kontaktdaten und Ansprechpartner für Externe: