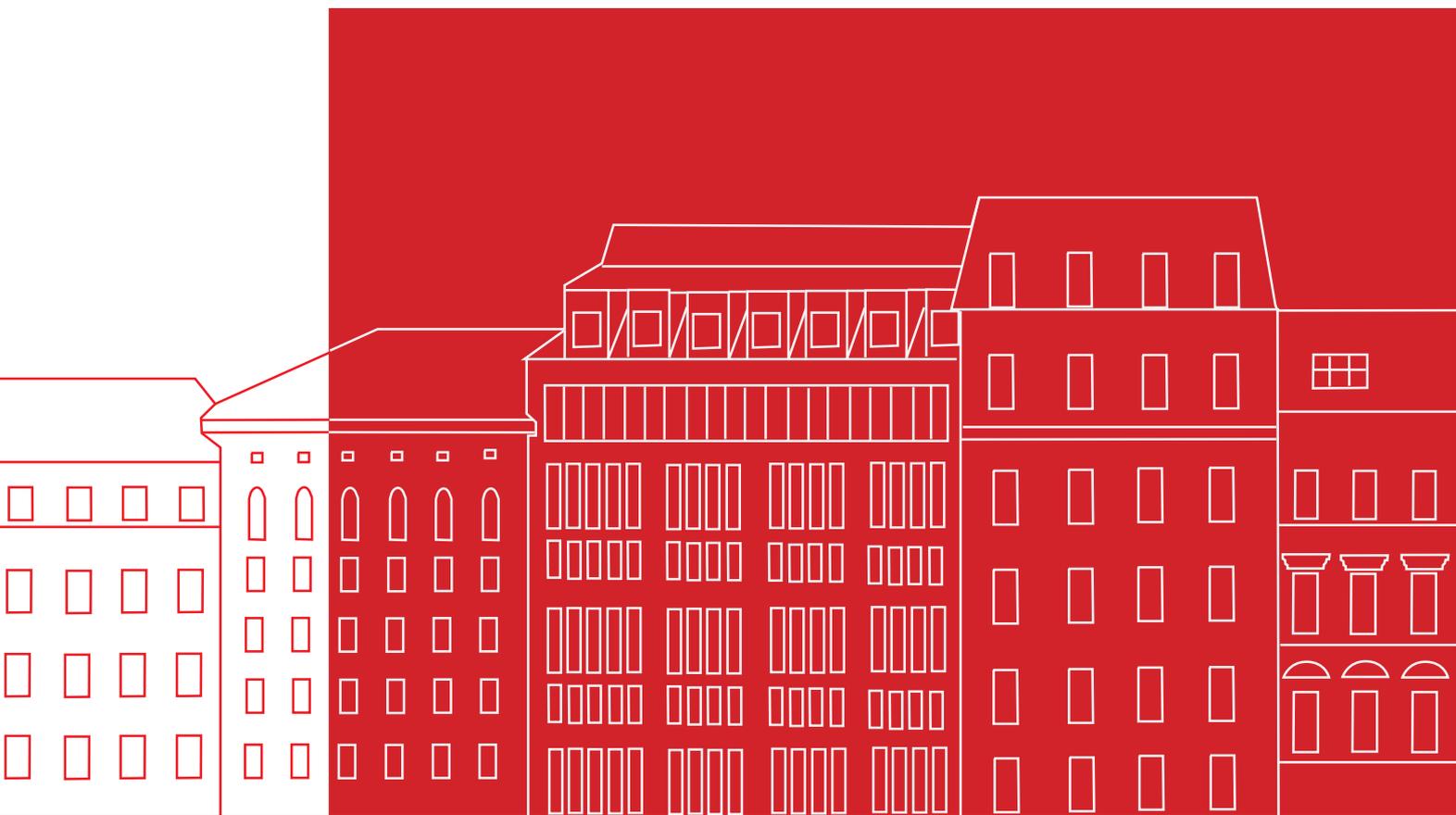


SOMMERTAUGLICHKEIT IM GEBÄUDEBESTAND



F1494

Gefördert aus Mitteln der Wohnbauforschung
des Bundesministeriums für Wirtschaft, Familie und Jugend

IMPRESSUM

Arbeitsgruppe Ressourcenorientiertes Bauen
Institut für Konstruktiven Ingenieurbau
Universität für Bodenkultur Wien
Peter Jordan Straße 82
A-1190 Wien

Projektteam:

Univ.Prof. Arch. DI Dr. Martin Treberspurg
DI Mariam Djalili
DI Dr. Ulla Ertl-Balga

unter Mitwirkung von
DI Wilhelm Hofbauer, Technisches Büro Hofbauer

mit besonderem Dank an DI Thomas Zelger, DDI Roman Grüner, Baukanzlei Architekt Lux, energietirol, Architekt Reinberg, Winnfried Brenne Architekten, Hoppe Architekten, DI Micheal Zymek Hochschule Zittau/Görlitz

Gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend

Diese Broschüre wurde mit der größtmöglichen Sorgfalt erstellt und die Daten überprüft. Rundungs-, Satz- und Druckfehler können dennoch nicht ausgeschlossen werden.

Wien, Februar 2011

SOMMERTAUGLICHKEIT IM GEBÄUDEBESTAND

INHALTSVERZEICHNIS

1 EINLEITUNG	.....	4
2 AUSGANGSLAGE ÖSTERREICH	.....	5
3 STRATEGIEN ZUR VERBESSERUNG	.....	9
4 NACHTRÄGLICHE INTERVENTION	.....	24
5 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN	.....	40
6 LITERATUR	.....	42
7 ABBILDUNGEN	.....	44

1 EINLEITUNG

Ein verantwortungsvoller Umgang mit Energie und die Anpassung des Gebäudebestandes an zukünftige klimatische Bedingungen sind notwendige Schritte um auf Ressourcenknappheit zu reagieren und Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern zu erreichen.

In dieser Broschüre werden klimaschonende Maßnahmen und Strategien zur Erreichung behaglicher Innenraumtemperaturen in den Sommermonaten im Gebäudebestand aufgezeigt.

Das solare, klimagerechte Bauen ist auf eine Reihe hierarchisch geordneter Maßnahmen aufgebaut. Primäre, übergeordnete Maßnahmen betreffen die Raumplanung, den Städtebau und die Objektplanung und führen ohne die geringsten Mehrkosten zu großen Energieeinsparungen. Diese legen langfristig die Stadtstrukturen und die Baukörperformen fest und können nur durch großflächigen Abbruch der Häuser und Wegenetze (Straßen) revidiert werden. Sekundäre, nachgeordnete Bereiche betreffen die Gebäudeaußenfläche und die Haustechnik und verursachen zur Erreichung von Energieeinsparung bauliche Mehrkosten, können jedoch nachträglich verbessert werden.^[2] Eine klimagerechte moderne Architektur berücksichtigt neben der Reduktion des Heizwärmebedarfes in den Wintermonaten auch die Vermeidung eines Kühlbedarfs in den Sommermonaten. Unter „Sommertauglichkeit“ wird ein Gebäude verstanden, welches bei optimaler Tageslichtversorgung weitgehend vor Überhitzung und Blendung geschützt bleibt und auch in den heißen Sommermonaten angenehme Raumtemperaturen in den Innenräumen ermöglicht, ohne erheblichen mechanischen Energieaufwand.^[3]

Die Herausforderung für die österreichische Energiezukunft ist, auf die ständig wachsende Energienachfrage und die schwierige Konkurrenzsituation heimischer Ressourcen zu reagieren, aber auch für die zu erwartenden Versorgungsengpässe und hohen Energiekosten durch die Knappheit der Ressourcen

Lösungen zu finden. Dadurch wird ein verantwortlicher Umgang mit Energie und eine schrittweise Umstellung auf regional verfügbare Ressourcen wirtschaftspolitisch notwendig. Konzepte für CO₂-neutrale und ressourcenschonende Kühlstrategien, welche auch nachträglich im Gebäudebestand integriert werden können, werden in dieser Broschüre anwenderfreundlich vermittelt und sollen dem Trend steigender Umsatzzahlen für Kleinklimageräte entgegenwirken. Die thermische Sanierung des Gebäudebestandes ist die aktuelle notwendige Maßnahme, um auf die Ressourcenknappheit zu reagieren und den fossilen Energieverbrauch zu reduzieren. Dabei muss das zukünftige Klimaänderungsszenario berücksichtigt und geeignete Strategien gegen eine Überhitzung im Sommer implementiert werden.

Die Broschüre soll als Hilfestellung für Bauträger, Hausverwaltungen, PlanerInnen und interessierte Bauherren dienen und bietet einen Überblick über die derzeitige Situation in Österreich und Möglichkeiten der passiven Kühlung.

Es werden anhand ausgeführter Projekte Kühlstrategien und Konzepte für die thermische Sanierung von Kastenfenster beschrieben. Durch diese Praxisbeispiele werden geeignete Maßnahmen im historischen Gebäudebestand detailliert dargestellt. Diese berücksichtigen die durchschnittlichen klimatischen Bedingungen in Mitteleuropa und sind jeweils an die gegebene Situation anzupassen.

2 AUSGANGSLAGE ÖSTERREICH

Studien über die Auswirkungen des Klimawandels und Klimaänderungsszenarien konnten eine Zunahme an Kühlgradtagen in Österreich feststellen. Basierend auf statistischen Auswertungen langjähriger Messreihen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) wurde eine durchschnittliche Zunahme der Anzahl der heißen Tage pro Jahr festgestellt [18]. Dementsprechend steigt die Anzahl der Kühlgradtage, wobei dieser Trend insbesondere in tieferen Lagen stärker ausfällt.

Einhergehend mit heißeren und trockeneren Perioden, wird das Thema Gebäudekühlung und Sommertauglichkeit auch in Österreich an Bedeutung gewinnen. (siehe Abb. 01) Die Überhitzung der Innenräume ist besonders für schwächere und ältere Bevölkerungsgruppen belastend. [11] Die Auswirkungen konnten direkt bei der Hitzewelle 2003 durch die erhöhte Sterblichkeitsrate bei älteren und kranken Menschen in ganz Europa festgestellt werden. [20] Somit besteht auch in den mitteleuropäischen Klimazonen die Notwendigkeit sich mit dem Thema der Sommertauglichkeit und Kühlung im Neubau und Gebäudebestand auseinander zu setzen und umweltfreundliche Lösungen zu finden.

Die Anforderungen im Wohnbau an das Innenraumklima sind aufgrund erhöhter Komfortansprüche gestiegen. Durch zunehmend wärmer werdende Sommerperioden hat sich in den letzten Jahren die Anschaffung von dezentralen Kleinklimaanlagen in Wohnbauten erhöht. Basierend auf nationalen und europäischen Studien, wurde eine deutliche Zunahme der gekühlten Gebäudenutzflächen festgestellt. [1]

Im Rahmen einer Studie der Austrian Energy Agency über den zukünftigen Kühlbedarf in Europa wurden unter anderem für die EU Mitgliedstaaten (EU 15) die Anzahl und die Entwicklung der klimatisierten Gebäudenutzfläche bis 2020 abgeschätzt. Klimaanlagen mit einer Kälteleistung von mehr als 12 kW kühlten im Jahr 1990 in Europa 540

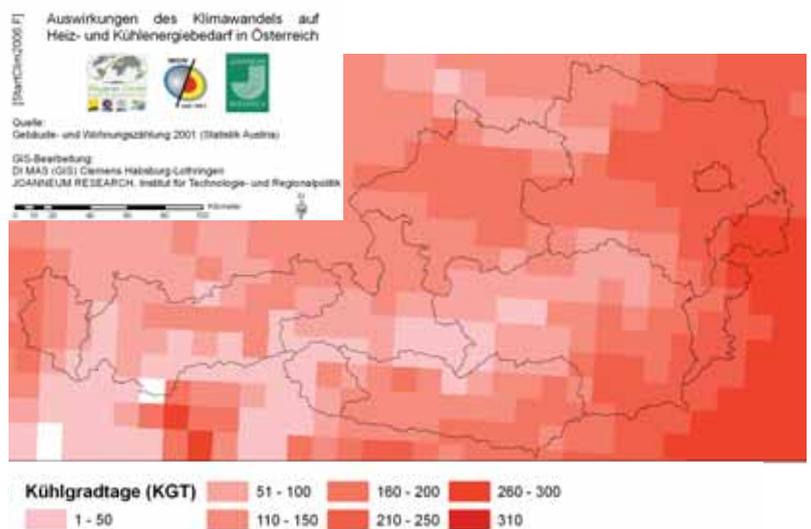


Abb. 1: Vergleich der Entwicklung der Kühlgradtage zwischen der Jahressumme von 1981-1990 und der Prognose für 2041-2050

Millionen m² Gebäudenutzfläche, während es im Jahr 2005 bereits 1.800 Millionen m² waren. Die Energienachfrage dafür steigt zunehmend. Für Europa (EU 15) wird 2005 der Verbrauch von Klimaanlagen mit einer Kälteleistung von mehr als 12 kW auf rund 78.000 GWh geschätzt, für 2020 wird eine Nachfrage von 115.000 GWh angenommen. [1]

Obwohl das Thema der Kühlung bisher in Österreich eher eine untergeordnete Stelle eingenommen hat, wird, wie diese Studien verdeutlichen, ein rasanter Anstieg erwartet. Für Österreich wird beispielsweise eine Steigerung von 296 GWh im Kyoto-Basisjahr 1990 auf in etwa 700 GWh im Jahr 2020 vorausgesagt. Damit würden im Jahr 2020 durch Kühlung in etwa 250.000 Tonnen Treibhausgasemissionen in Österreich verursacht werden. [1]

2.1. Energiepolitische Rahmenbedingungen

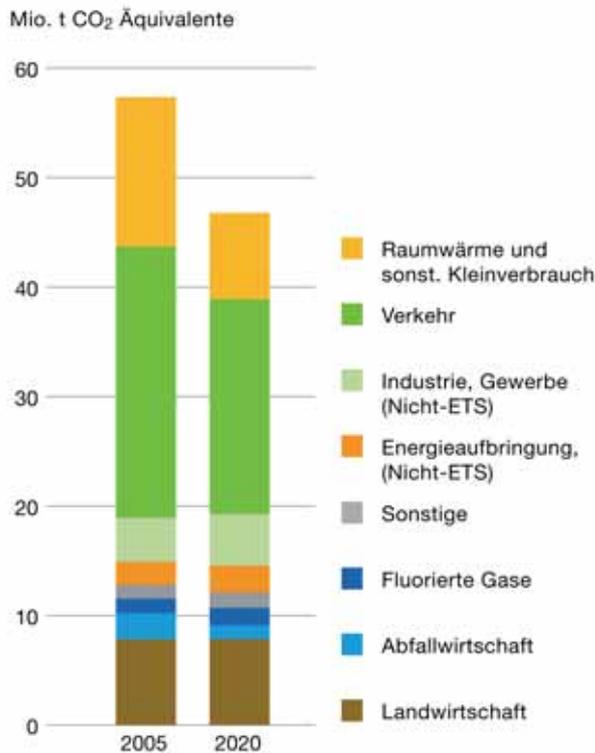


Abb. 2: Ergebnisse der Abschätzung zu Treibhausgasemissionen im Nicht-Emissionshandelsbereich (Nicht-ETS) (in Mio.t CO₂e)

Ein zunehmender Einsatz von Klimaanlage im Sommer führt zu Spitzenlasten des Stromverbrauchs, sodass die notwendige Stromproduktion aus kalorischen Kraftwerken gedeckt werden muss, die mit fossilen Energieträgern betrieben werden. Dieser zunehmende Verbrauch bringt eine Verschärfung der bereits bestehenden Probleme in der Energieversorgung durch hohe Spitzenlasten im Sommer und führt zu weiterer Importabhängigkeit. [25] Ein Beispiel zeigte sich im September 2003 in Italien als 57 Millionen Menschen von dem landesweiten Stromausfall während einer Hitzewelle betroffen waren. Wegen der außergewöhnlichen Hitze waren die Stromnetze überlastet. Dies hatte negative Auswirkungen auf Verkehr, Infrastruktur und Wirtschaft.

Die Belastung für die Umwelt durch zusätzliche CO₂-Emissionen und die Kältemittelproblematik werden so weiter erhöht. Bemühungen zur Vermeidung des Einsatzes von Kleinraumklimageräten stellen bei entsprechendem Erfolg eine wirksame Maßnahme

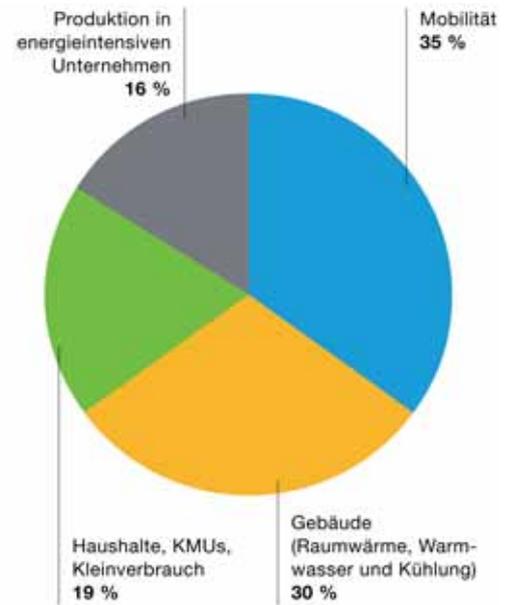


Abb. 3: Endenergieverbrauch nach Verwendungszweck im Jahr 2007

zur Erreichung der Kyoto-Ziele dar. Die Ziele des Kyoto-Protokolls sollten bis 2012 erreicht werden. Jedoch zeigt die aktuelle Klimabilanz Österreichs eine deutliche Abweichung zu den vereinbarten Kyoto-Zielen. Im Jahr 2008 lagen die Emissionen an Treibhausgasen 10,8% über dem Basisjahr von 1990 und somit 23,8% über dem gesetzten Kyoto-Ziel [25]. Ein Zukauf von Emissionszertifikaten erschwert die Erreichung von zukünftigen Klimaschutzziele, da hierdurch keine grundlegenden, strukturellen Verbesserungen in Österreich stattfinden.

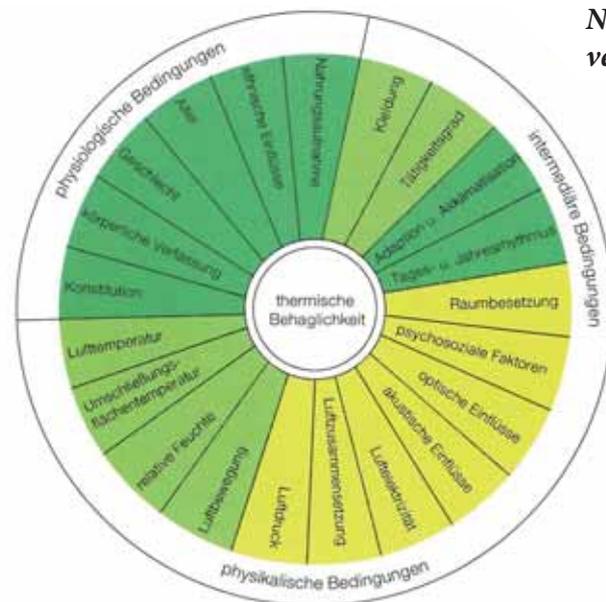
Die EU Klimaschutz-Ziele 2020 wurden im Jänner 2008 vom europäischen Parlament vereinbart und streben europaweit folgende Ergebnisse an: 20% Steigerung des Anteils an erneuerbarer Energie, 20% Steigerung der Energieeffizienz und 20% Reduktion an Treibhausgasen bezogen auf das Basisjahr 1990. Österreich ist entsprechend des Vorschlages dazu verpflichtet, den Anteil an erneuerbaren Energien von 23,3% im Jahr 2005 auf 34% bis zum Jahr 2020 zu erhöhen, zudem sind die Treibhausgasemissionen um 16% zu reduzieren bezogen auf das Basisjahr 2005 (ohne vom Emissionshandel betroffene Bereiche) (siehe Abb. 02 & 03). [27]

2.2. Einflussfaktor NutzerInnen

Das NutzerInnenverhalten ist neben den baulichen/gebäudetechnischen und klimatischen Bedingungen ein bedeutender Faktor des sommerlichen Kühlenergieverbrauchs. Für den Menschen nimmt oberhalb der Wohlfühltemperatur von ca. 26°C die Konzentrationsfähigkeit deutlich ab. Untersuchungen zeigen, dass bei Temperaturen über 28°C die Leistungskurve des Menschen auf 70% und bei 33°C auf knapp 50% sinkt. [6] In Befragungen wurde festgestellt, dass Fensterlüftung und Sonnenschutz falsch eingesetzt werden und ein starkes Bedürfnis bei den NutzerInnen besteht Fenster im Sommer zu öffnen. [17] Durch die Komfortansprüche an Raumtemperatur und relativer Feuchte, durch das Lüftungsverhalten und durch die Art der Bedienung von Sonnenschutzeinrichtungen wird eine aktive Kühlung von Wohnungen vermieden oder erst notwendig. Bei passiven Systeme, die der Nutzer z.B. im Gegensatz zu einem Heizkörper nicht sieht, nicht anfassen kann oder von deren Vorhandensein er möglicherweise nicht einmal weiß, hängt der Erfolg des Konzeptes in starkem Maße vom Nutzerverhalten ab.

Behaglichkeit ist keine exakt messbare Größe sondern setzt sich aus dem subjektiven Empfinden einer Vielzahl äußerer Wahrnehmungen zusammen (siehe Abb. 04). Neben normierten, physikalisch messbaren Umgebungsbedingungen (z.B. Raumlufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Beleuchtungsstärke, Geräuschpegel) bestimmen auch individuelle, physiologische Kriterien (z.B. Alter, Geschlecht, Konstitution) sowie intermediäre Bedingungen (z.B. Kleidung, Tätigkeitsgrad) das menschliche Wohlbefinden. Es beschreibt individuelle Erfahrungswerte, bei denen der Mensch die Umgebungsverhältnisse als komfortabel empfindet. [9]

Das menschliche Wohlbefinden wird üblicherweise durch Behaglichkeitsfelder dargestellt. Diese sind hauptsächlich auf Arbeitsstätten zugeschnitten und durch die ÖNORM EN ISO 7730 definiert. Diese umfassen die intermediären sowie physikalischen Faktoren. Das Wohlbefinden des Menschen ist je



- primäre und dominierende Einflüsse
- zusätzliche Faktoren
- sekundäre und vermutete Faktoren

Abb. 04: Einflussfaktoren für die thermische Behaglichkeit in Innenräumen

nach physikalischer Größe und Umgebungsbedingungen verschieden und definiert entsprechend den Bereich der Behaglichkeit. In Wohnbauten ist für das Wohlbefinden der BewohnerInnen von denselben Parametern auszugehen. Die maximal zumutbare Grenztemperatur hängt von Kleidung und Aktivitätsgrad der Person, als auch der relativen Feuchte und der Luftbewegung ab. In der ÖNORM B 8110-3 wird für den Nachweis der „Vermeidung sommerlicher Überwärmung“ eine maximal empfundene Raumtemperatur von 27°C tagsüber und 25°C nachts festgelegt [14].

In einem gerichtlichen Urteil 2003 wurde für deutsche ArbeitnehmerInnen bis zu einer Außentemperatur von 32°C eine Raumtemperatur von maximal 26°C als zumutbar festgelegt. Liegt die Außentemperatur über 32°C, so muss die Innenraumtemperatur mindestens 6 Kelvin kühler sein. Durch dieses Präzedenzurteil des Bielefelder Landesgerichtes sind die Vermieter verpflichtet für eine behagliche Innenraumtemperatur auch im Sommerfall zu sorgen und die Gebäude, wenn notwendig, entsprechend nachzurüsten. [24]

NutzerInnenverhalten

Behaglichkeit

2.3. Aktive Kühlsysteme

Problematik konventioneller Kühlsysteme

Bei hohem Kühlbedarf sind passive Maßnahmen oft nicht mehr ausreichend zur Erreichung eines komfortablen Raumklimas, daher werden aktive Kühlsysteme benötigt. Aktive Kühlsysteme sind Kältemaschinen, die dem Gebäudeinneren Wärme entziehen und diese außerhalb des Hauses an die Umgebung abführen. Diese Art von aktiven Kühlsystemen verursacht zusätzlichen Stromverbrauch. Gerade im Wohnbau werden meist mobile Kleinst-Raumklimageräte eingesetzt, welche eine schlechte Effizienz und starke Geräuschemissionen aufweisen und im Außenbereich zu einer unangenehmen Wärmequelle wer-

den, sowie das Stadtbild negativ beeinflussen. Im Wesentlichen kann zwischen den elektrisch (Kompressionskühlung) und den thermisch betriebenen Systemen (Absorptionskühlung) unterschieden werden. Am häufigsten werden elektrisch betriebene Kältemaschinen verwendet, die trotz ihrer höheren Betriebskosten für elektrische Energie in den meisten Fällen durch Massenfertigung die kostengünstigste Kühlvariante darstellen. Thermisch betriebene Systeme, auch als solare Kühlsysteme bezeichnet, werden nachfolgend beschrieben.

Solare Kühlsysteme

Solare Kühlsysteme zeichnen sich aus durch:

- die Anwendbarkeit von thermischer Energie als Antriebsenergie,
- geringe Betriebskosten,
- niedrigen elektrischen Anschlussleistungen und
- Langlebigkeit und Umweltverträglichkeit.

Als Antriebsenergie können thermische Solaranlagen, Ab- oder Fernwärme und/oder konventionelle Erdgas oder Heizölkessel genutzt werden. Solare Kühlverfahren können in nahezu allen Bereichen der Klima- und

Kältetechnik eingesetzt werden und auch nachträglich in bereits bestehenden Komponenten integriert werden.

Solare Kühlsysteme zeichnen sich durch ein Zusammenspiel unterschiedlicher Anlagen-teile aus: Solaranlage (Kollektorfeld), Kältemaschine bzw. Lüftungsanlage, Speicher, hydraulische Verschaltung und Regelungskomponenten (siehe Abb. 05).

Der Nachteil solarer Kühlsysteme liegt in den noch hohen Investitionskosten, dem größeren Platzbedarf für Wärmespeicher und dem zusätzlich notwendigen Backup-System.

Der Wärmespeicher ist notwendig aufgrund der deutlichen Verschiebung zwischen maximaler Sonneneinstrahlung und maximaler Wärmelasten auf Innenräume. In Wohngebäuden kann eventuell auf ein Backup-System verzichtet werden. [12] Bei solaren Kühlsystemen ergibt sich der ökologische Vorteil gegenüber elektrischen Kältemaschinen erst bei solaren Deckungsraten ab ca. 70%, ist allerdings auch stark von der ökologischen Qualität des Backup-Systems abhängig. Die technische Entwicklung solarthermischer Kühlsysteme ist in den letzten Jahren fortgeschritten und an zahlreichen Pilotprojekten durchgeführt. Standardisierte Auslegungsverfahren und Regelwerke befinden sich derzeit in Ausarbeitung. [9]

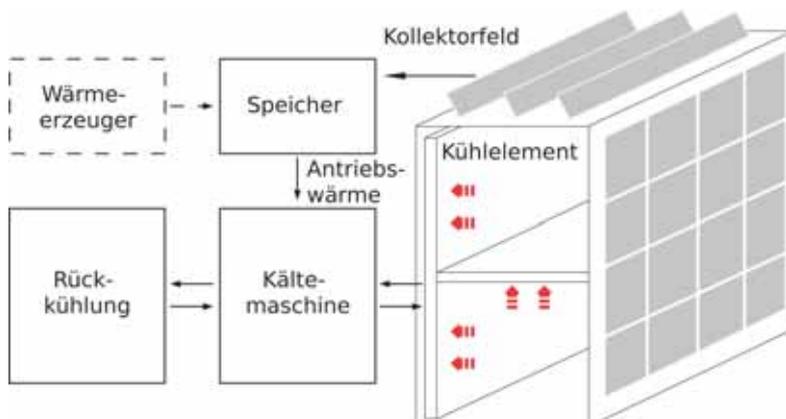


Abb. 5: Schemaskizze solar unterstützter Kühlung mit geschlossener Adsorptionskältemaschine (Nutzung der Abwärme solarthermischer Anlagen)

3 STRATEGIEN ZUR VERBESSERUNG

Bereits im Altertum wurden Gebäude an die örtlichen Besonderheiten angepasst. Die Entwicklung von ressourcenschonenden und passiven Lösungen sowie regional angepassten Konzepten zur Schaffung eines angenehmen Innenraumklimas war eine Selbstverständlichkeit.

Aus Beispielen anonymer Architektur südlicher Länder (z.B.: anonyme Baukultur in Afghanistan, Ägypten, Persien, Südeuropa etc.) kann viel über den Umgang mit langen Hitzeperioden und extremen Temperaturschwankungen gelernt werden. (siehe Abb. 06 & 07) Erst durch die Industrialisierung und die Verfügbarkeit von preiswerter fossiler Energie wurde bei der Errichtung von Gebäuden keine Rücksicht mehr auf die örtlich vorhandenen klimatischen Bedingungen genommen. Stattdessen wurde das Innenraumklima aufwendig mit viel Technik auf das erforderliche Temperaturniveau gebracht. Heute ist diese Vorgehensweise längst überholt, da Energie immer wertvoller und teurer wird. So fand in den letzten Jahren ein großer Umdenkprozess statt um den Energieverbrauch des Gebäudes während der gesamten Nutzungsdauer zu reduzieren.

Die Einflussfaktoren, die sich auf den Heizwärmebedarf auswirken gelten in vielen Fällen auch für den Kühlbedarf. Darunter fallen folgende Faktoren:

- Einfluss des Umgebungsklimas (z.B. Städtebau, Orientierung, etc.)
- Gebäudehülle (z.B. Verglasung, Transmission, Fassadenfarbe, etc.)
- Speichermassen (z.B. Wärmespeicherung in Gebäuden)
- Verschattung (z.B. Sonnenschutz)
- Lüftung (z.B. Nachtlüftung)
- interne Lasten (z.B. Tageslichtnutzung, Personen, Geräte, Beleuchtung, Kochen, etc.)
- Bepflanzung (z.B. im Außen- und Innenraum)

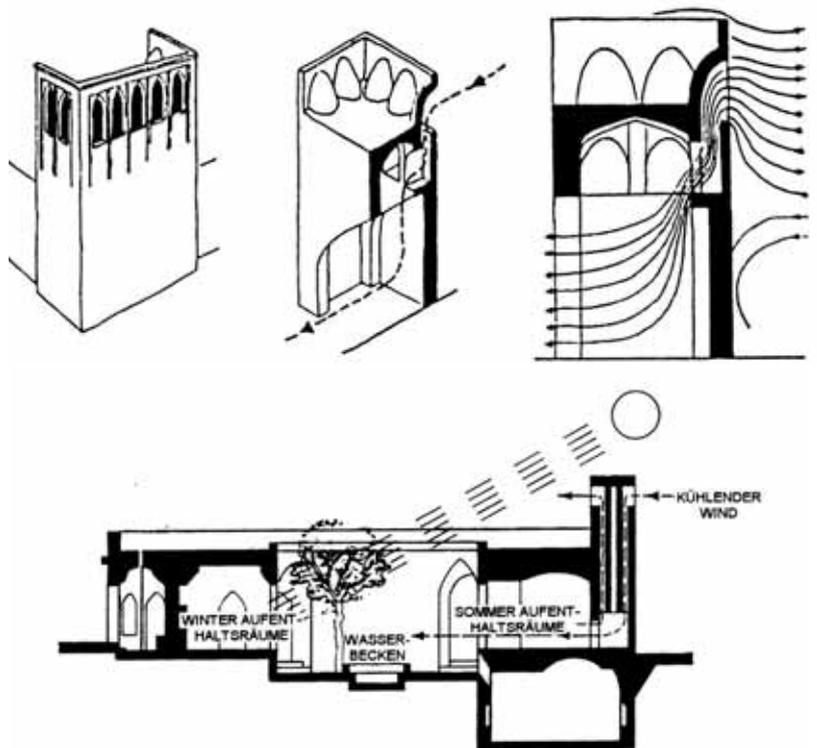


Abb. 6: Natürliche Klimatisierung in der anonymen persischen Baukultur. Durch spezielle bauliche Vorkehrungen wurden Systeme zur natürlichen Klimatisierung genutzt: zwei- oder dreiseitige Windtürme, Windkappen und die gezielte Anordnung von Baukörpern, Grünflächen und Wasserbecken.



Abb. 7: Beispiele für Windtürme

Funktionsprinzip der Windtürme

Windtürme bilden ein traditionelles Architekturelement im südpersischen Raum und Mittleren Osten und werden in dieser trocken-heißen Klimaregion für die Belüftung und Kühlung der Gebäude eingesetzt.

Durch die vorhandenen niedrigen Nachttemperaturen und stark ausgeprägte Hauptwindrichtungen kann das Prinzip der Windtürme effizient eingesetzt werden.

An der windzugewandten Seite strömt die Luft ein und kühlt sich an den Turmwänden ab. An der windabgewandten Seite verlässt die warme Luft den Turm. In der Nacht wird der Kamineffekt, der bei hohen Temperaturunterschieden zwischen Innen- und Außenluft einsetzt genutzt und die Gebäudemassen gekühlt.

Windtürme wurden noch mit anderen Systemen kombiniert. Durch eine Wasserfläche,

über welche die Luft strömt tritt durch Verdunstungskühlung eine weitere Abkühlung ein. Manchmal werden auch unterirdische Wasserflächen (sogenannte „Quanate“) für eine zusätzliche Kühlung genutzt. (siehe Abb. 08-10) [5]

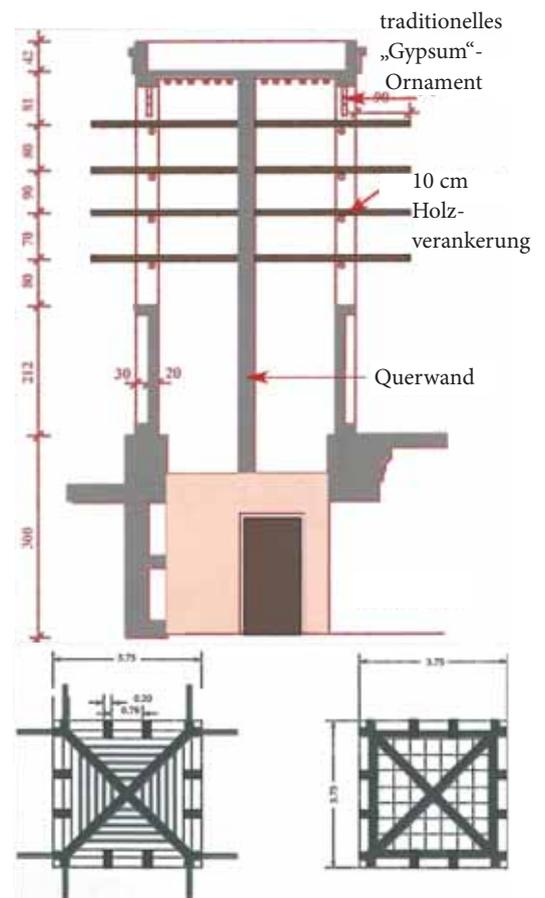


Abb. 9: Schnitt und Grundriss eines Windturmes



Abb. 8: Die Windtürme wurden vom Iran aus in benachbarte Länder mit ähnlichen klimatischen Voraussetzungen übernommen. Die Stadtsilhouette ist durch die unterschiedlichen Höhen und Anordnungen von Windtürme und Fensteröffnungen geprägt.

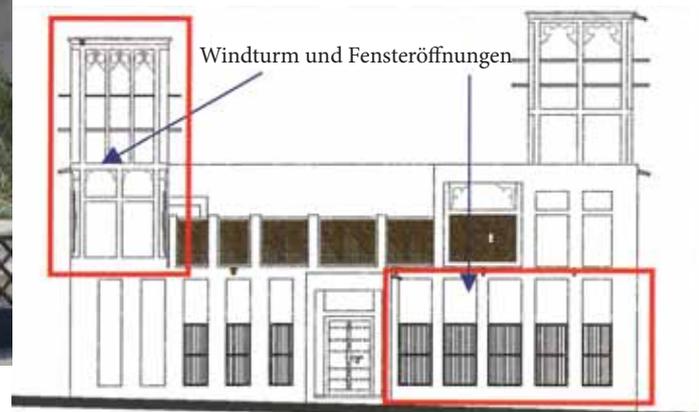


Abb. 10: Windtürme und rhythmische Fensteröffnungen bilden ein charakteristisches Merkmal im Stadtbild.

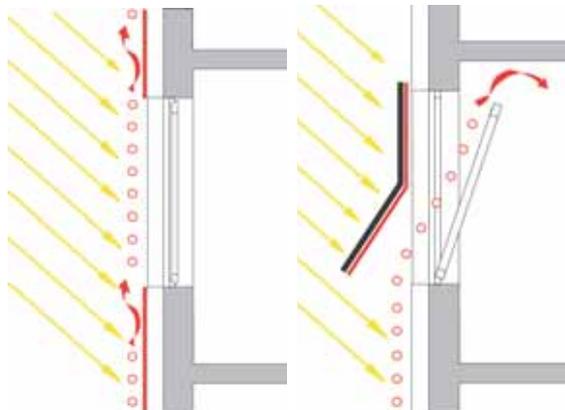
3.1. Gebäudehülle

Das Innenraumklima wird im Sommer in erheblichem Maße vom Fensterflächenanteil des Gebäudes beeinflusst. Der Kühlbedarf steigt an, je mehr Fensterfläche vorhanden ist. Die Orientierung der Fensterflächen ist ausschlaggebend für den solaren Eintrag. (siehe Abb. 11) Auf der Südseite wirkt sich die Einstrahlung durch die flachstehende Sonne im Winter positiv aus. Im Sommer kann durch feststehende Verschattungselemente eine Überhitzung effektiv vermieden werden. An der Ostfassade wird die Morgensonne positiv empfunden. An der Westfassade kann sich der Raum durch die ganztägige diffuse Strahlung und die direkte Sonneneinstrahlung am Nachmittag stärker aufheizen. [8]



Abb. 11: Der Entwurf für die Schutzhütte Schiestlhaus, ein Passivhaus am Hochschwab in 2.145 m Höhe, wurden nach den klimatischen Bedingungen ausgerichtet und die Orientierung der Fenster und Verschattungselemente entsprechend nach Süden ausgerichtet.

Die Fassadenoberfläche kann sich je nach Farbe bis zu 80°C aufheizen. (siehe Abb. 13) Dunkle Farben bewirken eine höhere Oberflächentemperatur. Dadurch bildet sich eine Luft-Grenzschicht direkt vor der Fassade, deren Temperatur bis zu 10 K über der Umgebungstemperatur liegen kann. Bei geöffneten Fenstern wird diese Wärme in das Gebäude eingetragen (siehe Abb. 12). Um dies zu vermeiden ist es günstig die Zuluft von der sonnenabgewandten Fassadenseite einströmen zu lassen. [7]



Fassadenfarbe

Abb. 12: Fassadennahe Luftgrenzschicht (links), Durch Sonnenschutz bedingte Übertemperatur der Zuluft (rechts)

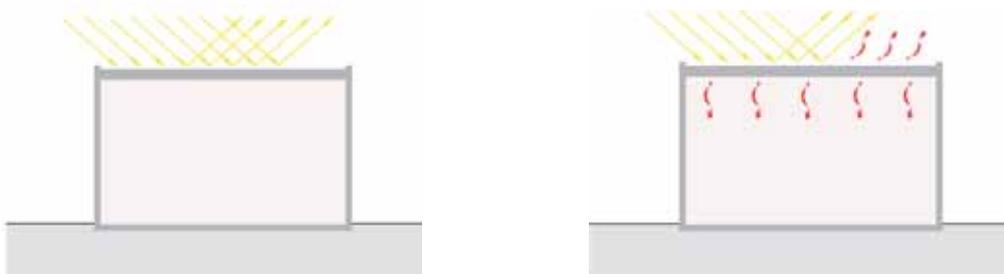


Abb. 13: Thermische Auswirkungen der Sonneneinstrahlung in Abhängigkeit von der Oberflächenfarbe helle Oberfläche (links); dunkle Oberfläche (rechts)

Sonnenschutzgläser

Durch eine selektive Beschichtung auf der Innenseite der äußeren Scheibe von Sonnenschutzgläsern kann viel sichtbares Licht durchgelassen werden. Jedoch wird ein großer Anteil der Energie im restlichen Sonnenspektrum zurückgehalten. Durch die Reflexionseigenschaften im sichtbaren Wellenlängenbereich werden die farbliche Erscheinung und die Intensität der Spiegelung des Glases bestimmt. Übliche Farbtönungen sind Blau-, Grün-, Silber- und Grautöne. Da die Beschichtungen zu allen Jahreszeiten gleich wirksam sind, ist im Winter mit einer Reduktion der solaren Wärmeeinträge und geringerer Tages-

lichtversorgung zu rechnen.

Mittels bauphysikalischer Berechnung lässt sich die Auswirkung durch den Einsatz von Sonnenschutzgläsern bei Kastenfenster abschätzen. Verglichen wurden Kastenfenster mit Einfachverglasung und mit einer Standard-Wärmeschutzverglasung, sowie mit verschiedenen am Markt angebotenen Sonnenschutzverglasungen als Innenscheibe.

Abbildung 14 veranschaulicht den Winterfall für ein Südfenster: Ein negativer äquivalenter U-Wert weist auf erhöhte solare Gewinne gegenüber den auftretenden Verlusten hin. Dabei werden bei der Standard Zweischeiben Wärmeschutzverglasung die höchsten solare Gewinne erzielt. Durch den Einsatz von Sonnenschutzgläsern werden die Verluste im Vergleich zu einfachverglasten Kastenfenstern deutlich reduziert.

In Abbildung 15 wird der reduzierte Wärmeeintrag bei der Anwendung von Sonnenschutzgläsern durch den geringeren g-Wert dargestellt. Ein niedriger g-Wert reduziert das Risiko der sommerlichen Überwärmung. Die Varianten Kastenfenster mit Sonnenschutzverglasung innen erreichen dabei bessere Werte als das Kastenfenster mit Einfachverglasung oder die Standard Zweischeiben Wärmeschutzverglasung. Ein ausreichender Sonnenschutz kann durch eine im allgemeinen Zwischenraum des Kastenfensters angeordnete Verschattung erreicht werden. Damit kann der g-Wert des einfachverglasten Kastenfensters halbiert werden und liegt damit nahe den Werten der Varianten mit Sonnenschutzverglasung. Eine im Zwischenraum liegende Verschattung bietet, bei richtiger Anwendung einen effektiven Sonnenschutz im Sommer ohne die solaren Gewinne im Winter erheblich zu reduzieren.

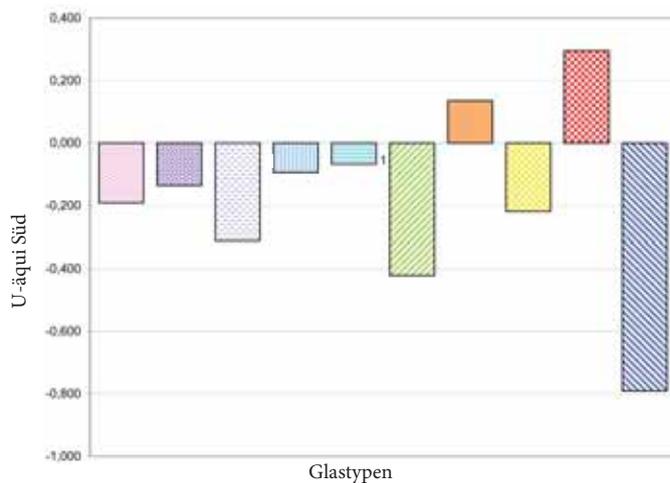


Abb. 14: Vergleich des Einflusses auf den passiven Solarertrag im Winter *)

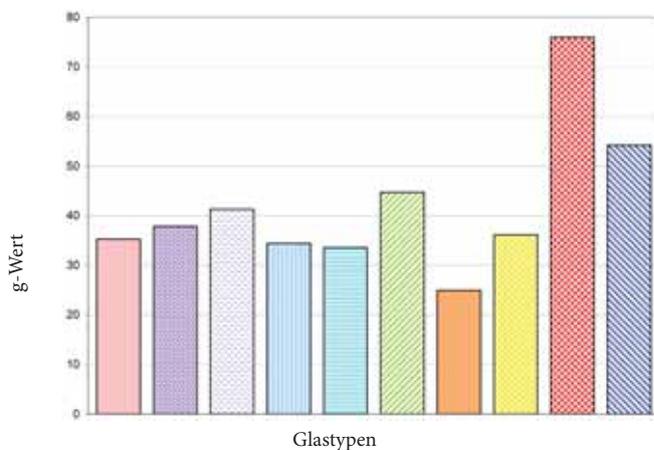


Abb. 15: Vergleich des Einflusses im Sommer *)

Legende [mit g-Wert der Verglasung]:

- Sonnenschutzglas 01 [41%]
- Sonnenschutzglas 02 [44%]
- Sonnenschutzglas 03 [48%]
- Sonnenschutzglas 04 [40%]
- Sonnenschutzglas 05 [39%]
- Sonnenschutzglas 06 [52%]
- Sonnenschutzglas 07 [29%]
- Sonnenschutzglas 08 [42%]
- Floatglas [76%]
- Zweischeiben Wärmeschutzglas [63%]

*) Anmerkung: Für die Auswertung wurde nur die Südglassfläche berücksichtigt und daher keine Rückschlüsse auf die Performance des gesamten Fensters möglich. Der Rahmenanteil ist nicht in die Berechnungen eingeflossen. Die verwendeten Daten basieren auf den Klimadaten des Passivhausprojektes für den Standort Wien mit einem Verschattungsfaktor von 0,75 und ein Strahlungsdurchgangsfaktor von 0,85. [Anhang A - Auswertung Sonnenschutzgläser]

3.2. Speichermasse

Ausreichende Speichermassen ermöglichen Temperaturschwankungen innerhalb eines Gebäudes zu reduzieren und tragen zu einer thermischen Stabilisierung bei. Dies ist abhängig von der Rohdichte und der spezifischen Wärmekapazität des Materials, sowie dem Wärmeeindringkoeffizienten. Schwere Baustoffe zeichnen sich durch bessere thermische Eigenschaften aus (siehe Tabelle 1). Wärme wird in der Speichermasse tagsüber eingelagert und kann über Nacht mittels Nachtlüftung abgeführt werden (siehe Kapitel „Lüftung“). Ideale Wärmespeicher sind z.B. unverkleidete Betondecken oder schwere Ziegelwände. Durch den Einsatz von oberflächennahen schweren Materialien können Temperaturschwankungen durch die speicherwirksame Masse gedämpft werden. Sind nur leichte, gut wärmedämmende Baustoffe vorhanden oder werden massive Bauteilschichten durch wärmedämmende Vorsatzschalen oder Akkustikdecken abgedeckt, vermindert sich deutlich die speicherwirksame Masse. In diesem Fall droht die Überhitzung nicht nur in den Sommermonaten, sondern auch in den Übergangszeiten Herbst und Frühling.

Die Sommertauglichkeit kann insbesondere bei leichten Baustoffen durch den Einbau von Phasenwechselmaterialien (Phase Change Materials / PCM) optimiert werden.

Tabelle 1: Wärme / Kältespeicherung von Baustoffen: Die Wärmekapazität stellt die potentiell vorhandene Speichermasse dar, die Wärmeeindringzahl gibt die Geschwindigkeit der Wärmeaufnahme bzw. -abgabe an.

Material	Wärmekapazität pc MJ/(m ³ K)	Wärmeeindringkoeffizient b Ws ^{1/2} /(m ² K)
Wärmedämmung	42	42
Holz	780	330
Gips	779	353
Spanplatte	1029	392
Eiche	1620	583
Leichtbeton	1200	675
Isolierstein	1027	608
Backsteine normal	1343	912
Backsteine voll	1501	1102
Zementsteine	1933	1309
Stahlbeton	2637	2178
Granit	2621	3028

PHASE-CHANGE-MATERIALS (PCM)

PCM speichern Wärme auch in latenter Form, d.h. ohne Temperaturerhöhung des Materials. Bei der Wärmeaufnahme kommt es zu einer Änderung des Aggregatzustandes (latente Wärmespeicherung). Der Vorteil dieses Prozesses liegt darin, dass im Gegensatz zur sensiblen (spürbaren) Wärmeaufnahme ein Vielfaches an Energie gespeichert werden kann, ohne dass es zu einer Temperaturerhöhung des Materials kommt. Verfügbare PCM für den Einsatz in Gebäuden bestehen meist aus Paraffin oder einer Salzhydratlösung und sind in mikro- und makroverkapselter Form erhältlich. Mikroverkapseltes PCM steht in Form von Zuschlagstoffen für Putze und in Form von Gipskartonplatten zur Verfügung. Durch die Nachrüstung mit PCM können Spitzentemperaturen in einem Gebäude passiv gesenkt und der thermische Komfort nachhaltig verbessert werden. Da die Wärmeenergie nur gespeichert und nicht abgeführt wird, muss sie trotzdem zu einem späteren Zeitpunkt (z.B.: durch Nachtlüftung) abgeführt werden. [12]

3.3. Verschattungssysteme

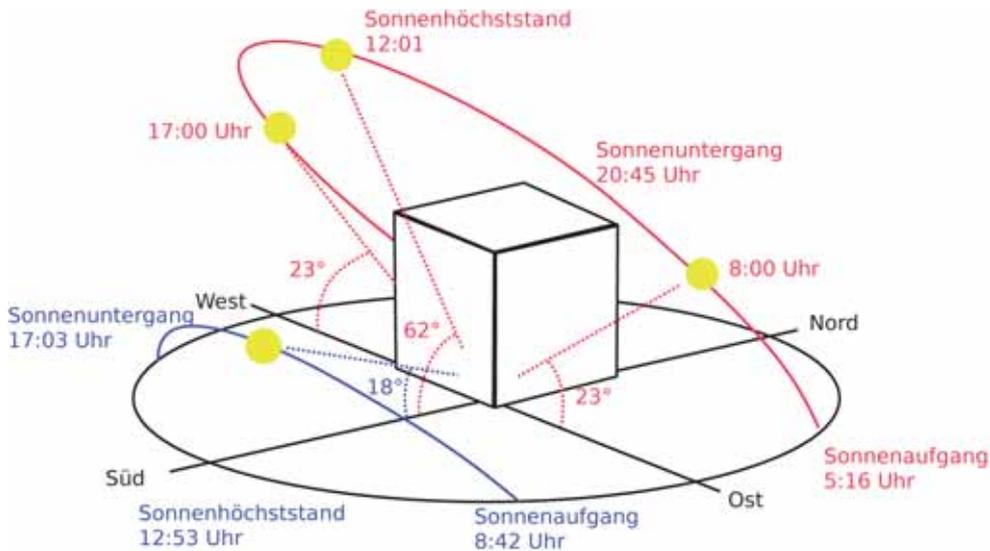


Abb. 16: Verlauf der Sonne am 21. Dezember (blau) und 21. Juni (rot) (MEZ, Standort Wien, 48° 12' N, 16° 22' O)

Um den Strahlungseintrag durch die Verglasung zu reduzieren, bieten sich Verschattungssysteme an. Damit kann flexibel auf die klimatischen Bedingungen reagiert werden. In den Wintermonaten ist die Nutzung der passiven Sonnenenergie durch die Verglasung erwünscht und führt zur Reduktion des Heizwärmebedarfes. Im Gegensatz dazu soll der Wärmeeintrag durch die Verglasung im Sommer vermieden werden. Ein Abschattungsdiagramm, welches die Abschattung in Abhängigkeit von der Himmelsrichtung und der geografischen Lage darstellt, kann bei der Auslegung von Fixverschattungen (Vordächer, seitliche Elemente, Fixlamellen) helfen, um in der Heizperiode eine maximale Besonnung zu erreichen und im Sommer eine ausreichende Beschattung zu gewährleisten. (siehe Abb. 16).

Dabei hängt die Leistungsfähigkeit des Sonnenschutzes von seiner Ausführung ab. Außenliegender Sonnenschutz weist eine um den Faktor 3 bis 5 höhere Effizienz auf, ist jedoch wetterexponiert. [7] Innenliegender Sonnenschutz hat den Vorteil, dass er witterungsunabhängig ist und geringere Investitions- und Wartungskosten bestehen. Weiters kann der Sonnenschutz zwischen zwei Scheiben bzw.

innerhalb eines Kastenfensters angebracht werden. Die einzelnen Systeme weisen je nach Geometrie des Sonnenschutzes, Ausrichtung der Fassade und Jahreszeit unterschiedliche Wirksamkeit auf.

Durch eine Sonnenschutzsteuerung kann das System automatisch auf die klimatischen Bedingungen reagieren. Diese kann einstrahlungsgesteuert oder raumtemperaturabhängig ausgeführt sein. Im Falle einer Steuerung nach Einstrahlung ergeben sich gegebenenfalls hohe Strahlungseinträge durch diffuse Strahlung. Bei der raumtemperaturabhängigen Steuerung besteht die Möglichkeit, dass sich der Sonnenschutz auch ohne direkte Solarstrahlung schließt. Der Vorteil einer intelligenten Steuerung liegt in der Verbesserung des Raumklimas im Sommer und des optimalen Einsatzes des Sonnenschutzes während der Nutzungszeit. [6]

Auswahlkriterien für den Sonnenschutz sind:

- die Orientierung,
- der Fensterflächenanteil,
- die Windexposition,
- die Anforderung an das Tageslicht,
- der visuelle Komfort und
- die Investitions- und Wartungskosten.

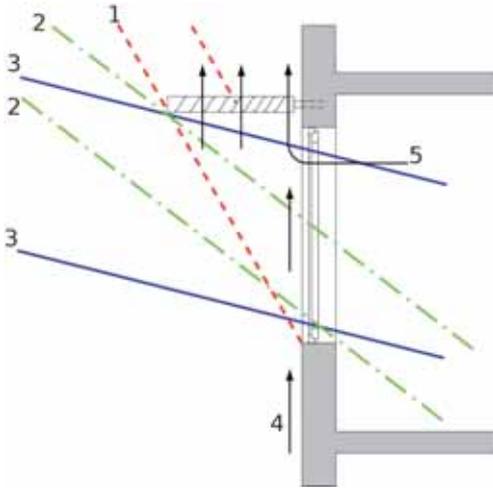


Abb. 17: feststehender Sonnenschutz

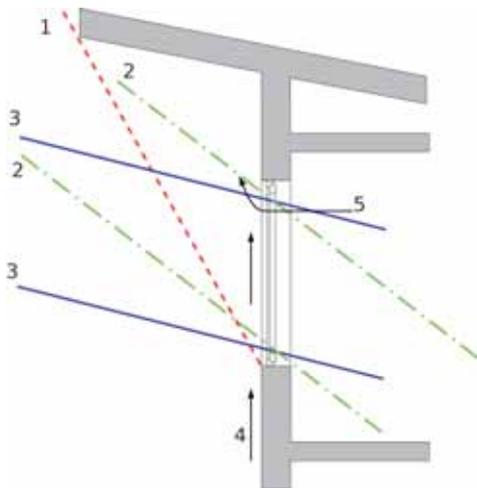


Abb. 18: Auskragender Dachvorsprung

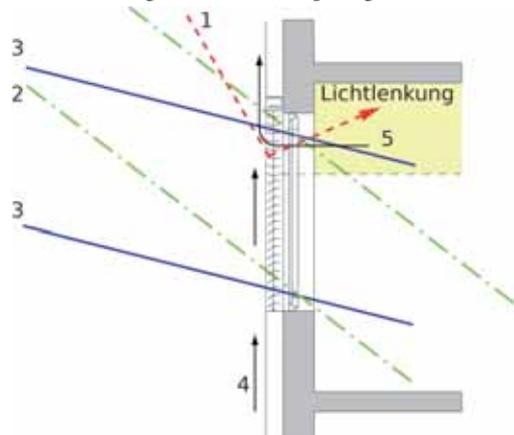


Abb. 19: Beweglicher Sonnenschutz

Legende:

Sonnenstand mittags (Standort Wien, 48° 12' N, 16°, 22' O):

1 - 21.6. - Sommersonnenwende (62°)

2 - 21.3. und 21.9. - Tagundnachtgleiche (42°)

3 - 21.12. - Wintersonnenwende (18°)

Luftverhältnisse:

4 - Fassadenaufbluff

5 - Natürliche Raumlüftung

Außenliegende Sonnenschutzsysteme sind am wirkungsvollsten, da die Solarstrahlung schon vor der Fassade abgefangen wird. Durch die Witterungs- und Windexposition ist mit höheren Investitions- und Wartungskosten zu rechnen. Es werden automatische Systeme mit individuellen Steuerungsmöglichkeiten empfohlen.

Feststehender Sonnenschutz ist für die Südfassade geeignet aufgrund des steilen Einstrahlungswinkels der Sonne im Sommer. Darunter fallen z.B.: Balkone, Vorsprünge, Loggien, horizontal gestellte Sonnenschutzlamellen etc. (siehe Abb. 17, 18 & 20)

Unter beweglichen Sonnenschutz können z.B. außenliegende Jalousien aus Aluminium, Kunststoff oder Holz, Schiebeläden, Vertikal- bzw. Horizontallamellen, perforierte Lichtlenklamellen oder außen liegende Prismenplatten gezählt werden.

Durch verstellbare Jalousien im Oberlichtbereich wird eine gute Nutzung des Tageslichtes bei gleichzeitiger Verschattung erreicht. Gegebenenfalls gibt es auch Produkte mit lichtlenkender Wirkung. (siehe Abb. 19)

**Feststehender
Sonnenschutz**

**Beweglicher
Sonnenschutz**

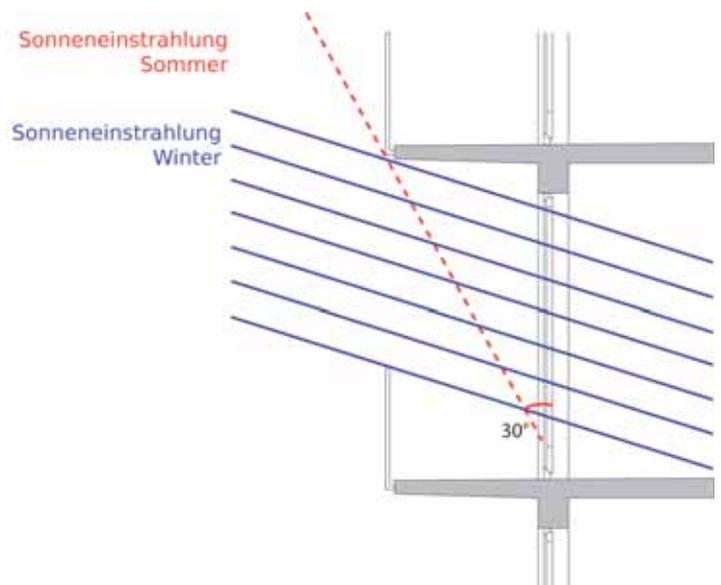


Abb. 20: Bei südorientierten Fenster eignet sich ein horizontal auskragender, fester Sonnenschutz (z.B. Dachüberstand, Balkonplatte etc), der mit dem Fußpunkt der Verglasung einen Winkel von 30-35° einschließt.

					
Durchsicht	winkelabhängig	winkelabhängig	stellungsabhängig	materialabhängig	uneingeschränkt
Einsatz	niedrige Verwaltungsbäude, Wohnungsbau	niedrige Verwaltungsbäude, Wohnungsbau	Wohnungsbau, Atrium bei niedrigen Anforderungen an den Sonnenschutz	Wohnungsbau, Atrium bei niedrigen Anforderungen an den Sonnenschutz	Südverglasung
Hinweis	Windempfindlichkeit	Windempfindlichkeit	Wechselwirkung mit Fensterlüftung	Wechselwirkung mit Fensterlüftung	als alleiniges System meist nicht ausreichend

Abb. 21: Varianten für den außenliegenden Sonnenschutz



Abb. 22: Palmenhaus Schönbrunn

Außenliegende Verschattungen sind der Witterung ausgesetzt und sollten langlebig und witterungsbeständig sein. Ein Beispiel für ein witterungsbeständiges Verschattungssystem findet sich beim Palmenhaus in Schönbrunn. Die angebrachten Jalousien sind eis- und sturmbeständig. (siehe Abb. 22)

Einfache Wartung, Reinigung und die Verwendung robuster Materialien sind beim Einsatz außenliegender Verschattungssysteme zu berücksichtigen. Textile Verschattungen für den Außenbereich sollten entsprechende Materialeigenschaften (wasserabweisend, reißfest) aufweisen. Im Zuge der Sanierung der denkmalgeschützten Schule in der Märzstraße wurde ein außenliegender Sonnenschutz gegen Überhitzung in den warmen Jahreszeiten angebracht. Der eingesetzte Sonnenschutz zeichnet sich durch schlanke Profile aus und passt sich dezent in die historische Fassadengliederung ein. (siehe Abb. 23)



Abb. 23: Ansicht Schule Märzstraße nach der Sanierung

Das Kastenfenster bringt konstruktionsbedingt die Möglichkeiten in vier Ebenen Verschattungsmaßnahmen zu treffen:

- innenliegend an der Decke (horizontal mittels Vorhangschiene)
- innenliegend in der Fensternische (rollen oder falten vertikal)
- im Fensterkasten (rollen oder falten vertikal)
- außenliegend.

innenliegender Sonnenschutz

Innenliegende Sonnenschutzsysteme bieten den Vorteil, dass sie witterungsgeschützt und windunabhängig sind. Jedoch ist die Sonnenschutzwirkung durch die Aufheizung des innenliegenden Sonnenschutzes und die Wärmeabgabe direkt in den Raum deutlich geringer.

Innenliegende Sonnenschutzsysteme schirmen die eintreffende Strahlung erst im Rauminneren ab. Um eine starke Erwärmung zu vermeiden sollte deshalb die eingedrungene Strahlung möglichst gut nach außen reflektiert werden. Es werden verschiedene Systeme (Lamellen, Rollos, etc.) für den innenliegenden Sonnenschutz angeboten (siehe Abb. 24). Die Wirkung eines innenliegenden Sonnenschutzes ist auch stark von den thermischen Eigenschaften der Verglasung abhängig. Dabei unterscheidet sich der Durchblick und die Wirkung im Raum je nach System und ein-

				
	horizontale Lamellen	vertikale Lamellen	Rollos	Faltstore
Material	Alu, Holz, PVC, Gewebe	Alu, Holz, PVC, perforiert	Gewebe, reflektierende Folie	Gewebe
Lichtlenkung	im oberen Bereich möglich	im oberen Bereich möglich	-	-

Abb. 24: Varianten für den innenliegende Sonnenschutz

gesetztem Material. Die Bedienung ist elektrisch oder händisch (Kugelkette oder Seil etc.) möglich.

Bei historischen Gebäuden sollte besonders auf ein optisches Einfügen des Sonnenschutzsystems geachtet werden und dieses, wenn möglich, bündig im Fenstersockel integriert werden.

Systeme im Verglasungszwischenraum kombinieren Wind- und Witterungsunabhängigkeit mit hoher Effizienz und Variabilität. Die Lamellen befinden sich innerhalb des Scheibenzwischenraums und können manuell oder elektrisch angetrieben werden. Bewegliche Systeme können Sonnenschutz und Blendschutz übernehmen und den Nutzerbedürfnissen angepasst werden. Nachteile sind die hohen Investitionskosten und bei Ausfall des Antriebsmotors für Lamellen im Schei-

benzwischenraum muss die gesamte Scheibe getauscht werden. Verfügbar sind auch Systeme mit offenbarem Scheibenzwischenraum, dadurch ist ein Austausch der geschädigten Sonnenschutzeinrichtung möglich, ohne die gesamte Verglasung auszutauschen. Starre Systeme (z.B.: Bedruckung, Strukturen, lichtstreuende Schichten oder Lamellen) reduzieren die Durchsicht und eignen sich nur für Bereiche ohne Anforderungen an den Ausblick. [7]

Systeme im Scheibenzwischenraum

Unter Berücksichtigung des steigenden Strombedarfs und der zukünftigen Versorgung durch überwiegend dezentrale Erzeugung auf Basis erneuerbarer Energien, ist neben der Minimierung des Strombedarfes auch zu prüfen in welchem Umfang das Gebäude selber Strom erzeugen kann. Marktreife Produkte stehen mit der Photovoltaiktechnologie in einer großen Bandbreite zur Verfügung. Verschattungselemente sind aufgrund ihrer Funktion in der Regel einer direkten Sonnenstrahlung ausgesetzt und eignen sich besonders für Photovoltaikintegration.

Abb. 25: Solar-Aktiv Haus von Architekturbüro Reinberg (Quelle: Reinberg Architekten ZT GmbH)



Energiegewinnung und Verschattung

3.4. Lüftung

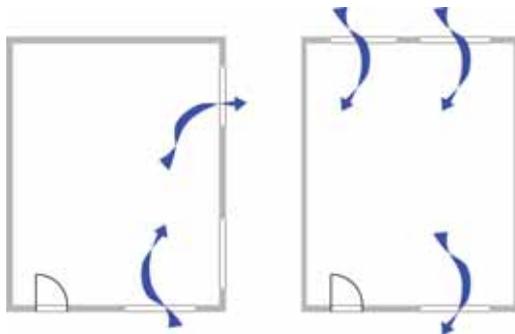


Abb. 26: Querlüftung: links: schwierig, rechts: richtig

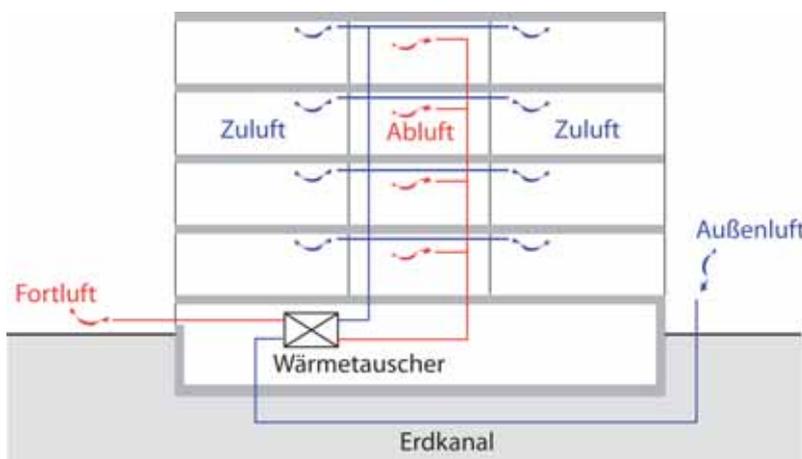


Abb. 27: kontrollierte Be- und Entlüftung für Wohngebäude mit Erdkanal

Gebrauch eines Minimum/Maximum Thermometers für richtiges Lüften bei längeren Hitzeperioden

Ein Minimum/Maximum Thermometer besteht aus zwei miteinander verbundenen Glasröhrchen, worin sich eine Anzeigeflüssigkeit befindet. An jeder Röhre befinden sich Temperaturskalen, welche gegengleich verlaufen. Durch magnetisch schwimmende, farbige Stahlstäbchen wird über eine bestimmte Zeitperiode die Minimal- und Maximaltemperatur angezeigt. Mit Hilfe eines Minimum/Maximum Thermometers kann bei einer längeren Hitzeperiode die auftretende Minimal- und Maximaltemperatur im Außenraum gemessen werden, diese wird mit der gemessenen Innenraumtemperatur verglichen. Am besten werden zwei Thermometer bei einem sonnenabgewandten Fenster (jeweils eines innen und eines außen) angebracht. Wenn die Temperaturdifferenz zwischen minimaler Außentemperatur und Innentemperatur 5 K erreicht hat, ist eine Nachtlüftung sinnvoll oder das Ablüften der Wärme in der Früh bis ca. 9 Uhr möglich.

Freie bzw. natürliche Lüftungsprinzipien finden sich vielfach in der Natur. So nutzen beispielsweise Termiten bei ihren Hügelbauten die natürliche Belüftung, um eine Überhitzung zu vermeiden. Auch historisch betrachtet ist der thermische Auftrieb eine alte Methode um Gebäudelüftung umzusetzen. Druckunterschiede von kalter und warmer Luft führen zu einer Ausgleichsströmung, die gezielt für die Gebäudekühlung eingesetzt werden kann. Hohe Räume, wie z.B. Atrien, sind für die effektive Nutzung des thermischen Auftriebs geeignet. Weitere Beispiele sind Solarkamine oder Windtürme. [9]

Regelmäßiges und richtiges Lüften ist aus hygienischen Gründen für die Gesundheit und optimale Leistungsfähigkeit notwendig. Bei falschem Lüftungsverhalten kann es im Sommer zu ungewollten Wärmeeinträgen kommen und zu Überhitzung im Innenraum führen. Richtiges Lüften zum richtigen Zeitpunkt kann zur Gebäudekühlung im Sommer beitragen. Durch Stoßlüftung am Morgen können effizient Wärmelasten abgeführt werden. Generell ist es günstig im Sommer die Zuluft von sonnenabgewandten Fassadenseiten einströmen zu lassen oder kühle Innenhöfe zu nutzen. Mittels Querlüftung wird eine erhöhte Luftbewegung und ein zusätzlicher Behaglichkeitsgewinn erreicht. (siehe Abb. 26)

Die Wirksamkeit von Fensterlüftung wird von der Höhe eines Fensters bzw. der Höhendifferenz zweier Lüftungsöffnungen und der freien Querschnittsfläche beeinflusst. Weiters sind die Form und Größe der Öffnungsflächen, sowie ihre Lage zueinander relevant.

Kontrollierte Be- und Entlüftungsanlagen werden für eine optimale Luftqualität eingesetzt und reduzieren Lüftungswärmeverluste im Winter. In Kombination mit einem Erdreichwärmetauscher wird das Einbringen weiterer thermischer Lasten in den Innenraum vermieden. Die Außenluft wird zuerst über ein Erdreichregister geführt und gibt die Wärme an das umgebende Erdreich ab. [12] (siehe Abb. 27)

In Mitteleuropa fallen die Nachttemperaturen meist unter 20°C und bieten gute Voraussetzungen für eine effiziente Gebäudekühlung durch Nachtlüftung. Dabei werden die kühlen Außentemperaturen genutzt, um die vorhandenen Speichermassen zu kühlen, damit diese tagsüber die Wärme aufnehmen können. Die Voraussetzungen für die Effizienz der Nachtlüftung sind unverkleidete, genügend vorhandene Speichermassen und ausreichend große Lüftungsöffnungen, die witterungsgeschützt und einbruchssicher sein müssen. Anzustreben ist ein vierfacher Luftwechsel oder höher. Die Nachtaußentemperaturen sollen mindestens fünf bis sechs Stunden um 5 K unterhalb der Innenraumtemperatur liegen. Dieser Richtwert ist abhängig von der angestrebten Leistungszahl des Systems. Bei niedrigen internen und externen Wärmelasten (max. etwa 150 Wh/m²d) kann eine Nachtlüftung zur alleinigen Kühlung des Gebäudes genutzt werden. [7]

Der Vorteil der Nachtkühlung besteht in den geringeren Investitionskosten gegenüber einer Klimaanlage. Damit kann v.a. in der Übergangszeit erheblich zur Gebäudekühlung beigetragen werden. Allerdings ist es nicht möglich eine maximale Raumtemperatur bzw. definierte Kühlleistung zu garantieren, da während heißer Perioden, besonders bei hohen Nachttemperaturen, mit nur geringfügiger Wärmeabfuhr zu rechnen ist. Durch Lüftung über Fenster und Lüftungsklappen kann es aufgrund ungleicher Windverhältnisse im Gebäudeumfeld zu ungleich hohen Auskühlungen bzw. eventuell zur Unterkühlung einzelner Gebäudeinnenräume und kühleren Raumtemperaturen am Morgen kommen. Prinzipiell ist es sinnvoll Innenhöfe für die Nachtkühlung zu nutzen. Allerdings kann es durch die Installation von Klimageräten durch deren zusätzliche Wärmeabgabe zu erhöhten Temperaturen im Innenhof führen.

Bei optimaler Ausführung der Nachtlüftung sind keine Ventilatoren notwendig. Für eine effiziente Kühlung ist der Luftwechsel allerdings üblicherweise viel zu gering.

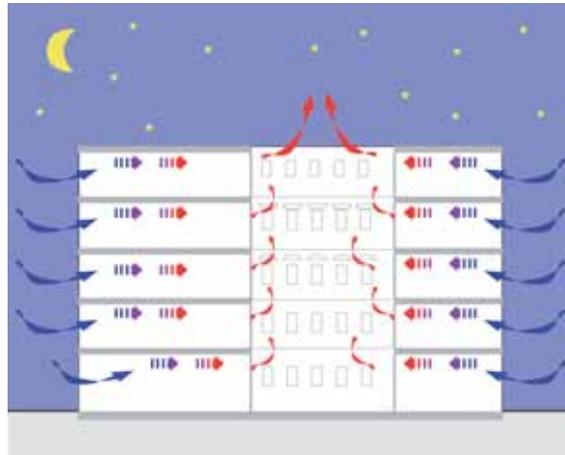


Abb. 28: Optimal für die Nachtlüftung ist eine Querlüftung - Bei der Nutzung des Innenhofes sollte darauf geachtet werden, dass keine wärmeabgebenden Kleinklimageräte installiert sind.



Abb. 29: Nachtlüftungsklappen Passivhausschule in Frankfurt /Main, 4a Architekten

Beim Einsatz von Ventilatoren ist zu beachten, dass es durch Nutzung eines Zuluftventilators zu einer Temperaturerhöhung der Zuluft kommt. [12] Eine Alternative zum Betrieb von Ventilatoren ist die Ausnutzung eines thermischen Auftriebs beispielsweise durch eine Koppelung mit einem Abluftschacht.

Wird ein kontrolliertes Be- und Entlüftungssystem (wie bei Passivhaus oder Niedrigstenergiehaus) mit einer freien Nachtlüftung kombiniert, darf die kühle Außenluft nicht über den Wärmetauscher geführt werden, da dies sonst zu einer Erwärmung der zugeführten Luft führt. In diesem Fall muss ein Bypass-System vorhanden sein, über das der kühle Außenluftvolumenstrom im Sommer geführt werden kann. Dadurch ergibt sich auch ein geringerer Druckabfall, da der Wärmetauscher umgangen wird. [7]

3.5. interne Lasten

Interne Lasten werden meist durch die Nutzung des Gebäudes bestimmt und können nur eingeschränkt beeinflusst werden. Bei der Auswahl von Elektro- bzw. Haushaltsgeräten sollte, neben der Rücksichtnahme auf möglichst geringen Energieverbrauch, auch an einen geringeren Wärmeeintrag durch energieeffiziente Geräte gedacht werden.

Tageslicht

Im Sommer kann ein optimiertes Tageslichtkonzept Kühlenergie einsparen, indem interne Lasten durch elektrische Beleuchtung vermieden werden, bzw. die thermische Behaglichkeit verbessern. Diffuses Licht ist mit ca. 120 Lumen pro Watt wesentlich energieärmer als direktes Licht. Die Lenkung von diffusem Licht ist nur über kurze Strecken und nicht gezielt möglich. Direktes Licht kann gezielt in die Raumtiefe gelenkt werden.^[7] Die Wahl der Beleuchtungsmittel hat einen entscheidenden Einfluss auf den Wärmeeintrag und Stromverbrauch. Die Effizienz (Lichtausbeute) in Lumen pro Watt Anschlussleistung unterscheidet sich zum Teil erheblich. Eine geringere Lichtausbeute hat zugleich eine große Wärmeentwicklung mit entsprechendem Einfluss auf die internen Wärmelasten eines Gebäudes zur Folge.

Lichtemittierenden Dioden (LED) bieten für den Innen- und Außenraum aufgrund ihrer Energieeffizienz und hohen Lebensdauer eine

gute Alternative zu der herkömmlichen Glühbirne. Im Gegensatz zu einer Glühlampe, welche über eine Lichtausbeute von ca. 10 lm/W verfügt, erreichen LEDs je nach Typ zwischen 50 bis über 100 lm/W und übersteigen die Lebensdauer einer Glühlampe um den Faktor 10 bis 50. LEDs sind im Prinzip eine Punktlichtquelle und flächiges Licht wird mittels aufwendiger Linsen- oder Diffusortechnik erreicht. Die neueste Entwicklung stellt die organische Leuchtdiode (OLED) dar. Diese kann eine homogene blendfreie Grundbeleuchtung im Raum übernehmen und arbeitet als Flächenlicht. Derzeit befindet sich diese noch in der Entwicklung, da noch Verbesserungen im Hinblick auf Lebensdauer, Größe, Lichtfarbe und Kosten notwendig sind.^[21]

Durch gezielte Planung von direkter und indirekter Beleuchtung kann ein Beleuchtungskonzept bedarfsspezifisch umgesetzt werden. Weiters kann durch die Gestaltung der Innenräume mit hellen und/oder reflektierenden Oberflächen Beleuchtungsenergie eingespart werden. In Abhängigkeit von Material und Farbe werden unterschiedliche Resultate erzielt. Bei der Wahl der Verschattungssysteme ist auf eine ausreichende blendfreie Lichtlenkung, besonders für Arbeitsbereiche, zu achten (siehe Kapitel „Verschattungssysteme“).

3.6. Pflanzen

Pflanzen spielen eine bedeutende Rolle für ein ausgeglichenes Makroklima und haben einen positiven Einfluss auf das Mikroklima im Gebäudeinneren. Sie spenden Schatten, reduzieren Schadstoffe in der Luft, dienen zur Schallabsorption und Staubbindung und haben auch eine kühlende Wirkung. Dieser kühlende Effekt ist auf die Verdunstungskälte zurückzuführen, die durch die Transpiration an der Pflanzenoberfläche entsteht.

Durch gezielte Bepflanzung im Außenraum wird das Klima um das Gebäude verbessert, dazu eignen sich neben Bäumen auch niedri-

ge Stauden, Büsche und Gräser. Bei Menschen lässt sich eine Verbesserung der Wohn- und Arbeitssituation teilweise physikalisch, auf jeden Fall jedoch psychisch, erkennen.

Bei der Pflanzung von Bäumen ist auf die Wahl des Standortes und der Baumart (die Belaubbungsdauer und Lichtdurchlässigkeit der Krone) zu achten. Der Standort soll die Besonnung privater Freiflächen nicht zwangsweise einschränken und im Winter die passive Sonnenenergienutzung nicht behindern. Allerdings führt ein sommerlicher Sonnenschutz von Fenstern durch laubabwerfen-

de Bäume zu einer Reduktion der passiven Sonnenenergienutzung.^[27] Als Faustregel sollten Tiefschatten- und Schattenbäume nie vor Südfassaden gepflanzt werden. Es ist von Vorteil überwiegend einheimische, an den Standort angepasste Bäume zu pflanzen. Eine weitere Möglichkeit bietet sich durch eine Fassadenbegrünung an. (siehe Abb. 30) Für Südwände werden Kletterpflanzen empfohlen, die im Herbst ihr Laub abwerfen, für alle übrigen Wände ein immergrüner Bewuchs. Die Pflege darf bei der Fassadenbegrünung nicht vergessen werden und benötigt anfangs die Anwuchspflege, dann die laufende Erhaltungspflege, bzw. Schnittmaßnahmen. Dieser Pflegeaufwand kann durch geeignete Auswahl



Abb. 30: Wohnhausanlage Brünnerstraße

der Kletterpflanzen und gegebenenfalls durch situationsgerecht angepasste Kletterhilfen deutlich reduziert werden. Es gibt grundsätzlich zwei Arten an Möglichkeiten die Fassade zu begrünen: Selbstklimmer oder Gerüstkletterpflanzen. Durch Rankhilfen wachsen die Pflanzen nur in bestimmten Bereichen um Traufschäden und zugewachsene Fenster zu vermeiden.

3.7. Weitere passive Kühlstrategien

Ist eine zusätzliche Kühlung erforderlich so sollte in erster Linie eine CO₂-neutrale Möglichkeit gesucht werden, die überschüssige Wärme abzuführen. Es stehen unterschiedliche passive, hybride und aktive Techniken bereit. Passive Systeme arbeiten ohne mechanischen Antrieb und nutzen bauliche Gegebenheiten zur Gebäudekühlung wie zum Beispiel: natürliche Lüftung. Hybride Systeme sind eine Kombination aus mechanischem Antrieb und natürlichen Wärmesenken wie zum Bsp.: eine Bauteilaktivierung in Verbindung mit Energiepfählen. Zu den aktiven Systemen zählen Technologien wie konventionelle Kompressionskältemaschinen oder solar angetriebene Sorptionskältesysteme (siehe Kapitel 2.3. Aktive Kühlsysteme).

Nachfolgend werden ausgewählte Systeme beschrieben:

Thermoaktive Bauteilsysteme (TBS): In den Bauteilen werden wasserdurchflossene Schlauchleitungen integriert und für die Rückkühlung idealerweise eine natürliche Wärmesenke, z.B.: Erdsonden genutzt. Als thermisch aktivierte Bauteile können Fußboden, Wand und/oder Decken genutzt werden. Eine Flächenheizung im Boden weist eine geringere Kühlleistung auf, als eine Nutzung der

Deckenflächen. Der große Vorteil dieses Systems liegt in der Selbstregulierung aufgrund der geringen Temperaturunterschiede zwischen den Bauteilen und der Lufttemperatur. Die maximalen Kühllasten sind allerdings auf ca. 40 W/m² beschränkt.

Erdsonden und Energiepfähle: Bei diesen geschlossenen Systemen wird die Temperatur des Grundwassers bzw. des Erdreichs genutzt. Erdsonden können nachgerüstet werden, da sie keine statisch erforderlichen Bauteile sind. Das System kann mit verschiedenen Anwendungen gekoppelt werden (z.B.: Wärmetauscher der Lüftungsanlage, Wärmepumpe oder Thermoaktive Bauteilsysteme)

Kühlung mit Grundwasser: Für die Nutzung der kühleren Temperatur des Grundwassers kommen ein Förder- und ein Sickerbrunnen zum Einsatz. Der Förderbrunnen entnimmt dem Erdreich das Grundwasser, welches dann über einen Wärmetauscher geführt wird und über den Sickerbrunnen wieder in das Erdreich eingebracht wird. Dabei wird das Grundwasser um etwa 3 Grad erwärmt. Es ist wichtig die geologischen Verhältnisse und wenn möglich die Fließrichtung und chemische Zusammensetzung des Grundwassers zu kennen.

3.8. Beispiele



Abb. 31: Außenansicht

EFH Pressbaum

Typ: Thermoaktives Haus

Einfamilienhaus

Architekt: Arch. DI Dr. Martin Treberspurg

Ausführung: 1995-1996

Wohnnutzfläche: 138 m²

Bei diesem Einfamilienhaus, an einem Südhang in Pressbaum gelegen, werden Wand- und Fußbodenfläche thermisch aktiviert sowie durch ein einfaches und kostengünstiges System im Winter zu Heizzwecken und im Sommer zur Kühlung genutzt.

Energiekonzept:

- Südorientierung,
- passive Nutzung der Sonnenenergie,
- Sonnenkollektoren zur Warmwasserbereitung,
- Sammeln des Regenwassers für Gartenbewässerung,
- Wintergarten zur Nutzung der passiven Gewinne mit innenliegender Verschattung und großzügig dimensionierten Lüftungsöffnungen versehen,
- innovatives, einfaches Kühlsystem durch Umschalten des Heizkreises im Sommer.

Durch das Umschalten des Heizkreislaufes während heißer Sommerperioden werden die Fußboden- bzw. Wandflächen im Keller als Wärmesenke für die oberen Geschosse genutzt. Es ist lediglich eine kleine Umwälzpumpe notwendig. Diese pumpt das durch die hohen Raumtemperaturen warme Heizwasser in die Kellerflächen, wo es sich abkühlt und die Hobbyräume im Keller temperiert, um Kondensat zu vermeiden.

Zusätzliche Maßnahmen (Verschattung, Nachtkühlung etc.) ermöglichen angenehme Innenraumtemperaturen im Sommer.

Messtechnische Untersuchungen konnten eine erhebliche Verbesserung der Innenraumtemperaturen in den Sommermonaten bestätigen. [25]

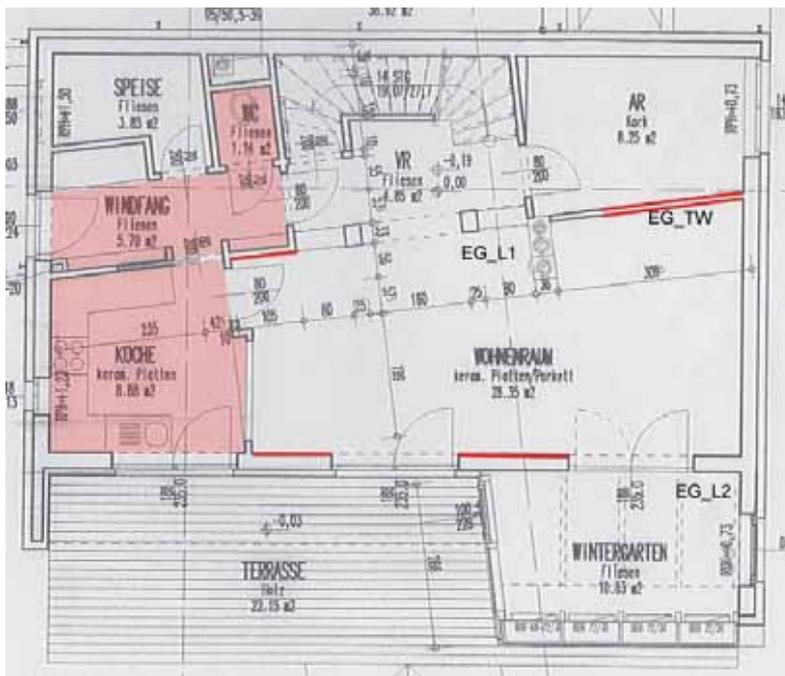


Abb. 32: Grundriss Erdgeschoss bei rot markierten Wänden und Fußbodenflächen wurde eine Bauteilaktivierung eingesetzt.



Abb. 33: Innenliegende Verschattung Wintergarten

Wollzeile Dachausbau

Typ: Thermoaktives Haus mit Brunnenwasserkühlung

Dachbodenausbau

Architekt: Georg W. Reinberg

Ausführung 2003-2005

Wohnnutzfläche DG 430 m²

Heizwärmebedarf (HWB): 36 kWh/(m²a)

Primärenergiebedarf für Heizung, Lüftung und Kühlung: 63 kWh/(m²a)

Der Dachausbau, auf einem bestehenden historischen Haus in der Wiener Innenstadt, wird als Büro und Wohnung genutzt. Aufgrund der großzügigen Verglasung an drei Seiten ist der Sommerfall besonders zu beachten.

Energiekonzept:

- dreifach Verglasung,
- kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung,
- elektronisch gesteuerter außen liegender Sonnenschutz,
- Bauteilaktivierung der Decke und des Fußbodens zum Heizen und Kühlen,
- Kühlung mit Brunnenwasser

Simulationen der Maßnahmen haben eine Temperatursenkung von ca. 5 K, durch die Betonaktivierung, prognostiziert. Die BewohnerInnen haben eine hohe Zufriedenheit bekundet. Das Kühlkonzept besteht aus dem Zusammenspiel dreier Strategien (Nachtlüftung, außenliegende Verschattung und Bauteilaktivierung) um die Temperatur auch an Spitzentagen unter 28°C zu halten. [25]

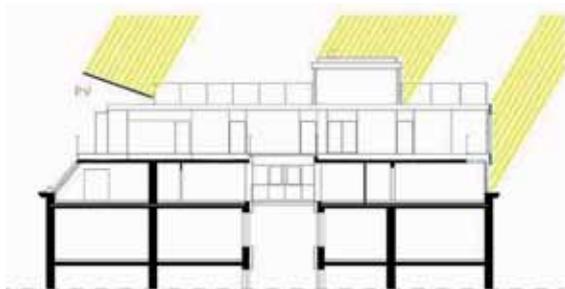


Abb. 36 Sommer - Verschattungskonzept Längsschnitt

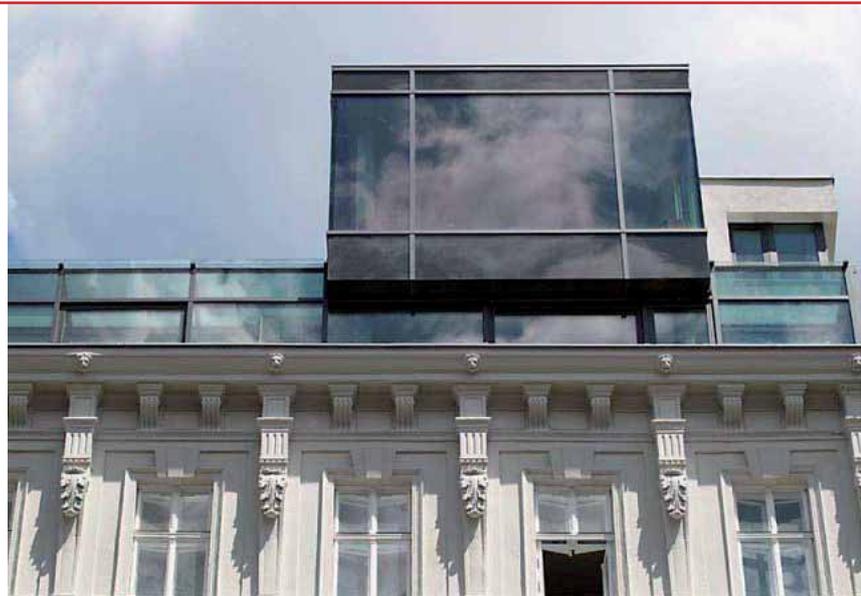


Abb. 34: Ansicht Wollzeile

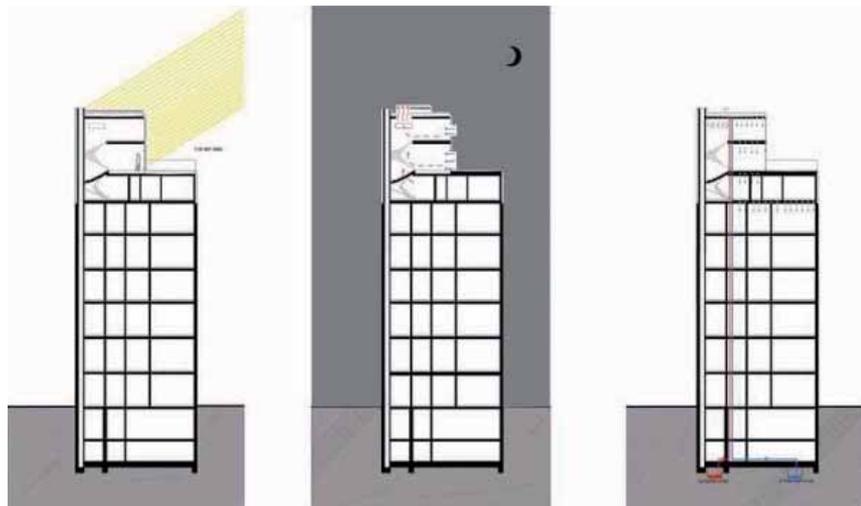


Abb. 35: Energiekonzept: Sonneneinstrahlung (links), Kühlung nachts (mitte) und Brunnenkühlung (rechts)



Abb. 37: Ansicht Wollzeile

4 NACHTRÄGLICHE INTERVENTION

Bei der Sanierung von Altbauten ist eine genaue Analyse der örtlichen Gegebenheiten notwendig, um die richtigen Maßnahmen für die erforderliche Sommertauglichkeit zu finden. [10]

Bei Gebäuden unter Denkmal- oder Ortsbildschutz gilt es zusätzliche Auflagen zu erfüllen. Dabei ist ein umfassender Eingriff in die Gebäudehülle oftmals nicht möglich.

Fenster unterliegen einem starken Verschleiß und sind meist als erstes Bauteil erneuerungsbedürftig. Sollten keine architektonischen oder denkmalpflegerischen Gründe dagegensprechen ist es empfehlenswert die Fenster insbesondere der 1960er und 1970er Jahre komplett zu erneuern. Diese neigen zum Verziehen und sind daher kaum zu sanieren. Im Zuge der Sanierung soll die sommerliche Überhitzung mitbedacht werden und geeignete Maßnahmen, wie sie in Kapitel 3 „Strategien zur Verbesserung“ aufgelistet sind, in das Sanierungskonzept integriert werden. Bei Aufstockungen (Dachausbau) ist neben dem erhöhten Wärmeschutz der Sommerkomfort zu beachten und in Bezug auf das Gewicht (dies hat Auswirkungen auf die nutzbare Speichermasse) die geeigneten Baustoffe zu wählen.

In Gebäuden bis zur Zwischenkriegszeit sind meist noch Original-Kastenfenster vorhanden. Kastenfenster weisen viele positive Ei-

genschaften auf (z.B.: bezüglich Schallschutz). In den meisten Fällen ist eine Sanierung dieser Fenster sinnvoll und einem Kompletttausch vorzuziehen. Bei Gebäuden, die dem Denkmalschutz unterliegen oder sich in Schutz-zonen befinden, sind meist Kastenfenster verpflichtend vorgeschrieben. [16] Bei der Beauftragung zur Sanierung von Kastenfenster (insbesondere im Falle von Denkmalschutz) ist einschlägiges Know-How und langjährige Erfahrung der ausführenden Firmen notwendig.

Vor der Sanierung von Kastenfenster ist eine genaue Dokumentation und Schadenskartierung jedes bestehenden Fensters und der Fensteranschlüsse von einem Experten zu erfassen. Dabei ist es sinnvoll die Lastabtragung der Fensterflügel und des Fensterstockes, die Abdichtung, Fugenausbildung, bestehende Verglasung, Material und Farben aufzunehmen.

Fenstertypen	Uw-Werte	Entwicklung
Einfachfenster bestehen aus einer Fensterebene mit Einscheibenverglasung und einem oder mehreren Flügeln.	ca. 4,6 - 5,2 W/m ² K	- 1850
Kastenfenster verfügen über zwei Fensterebenen, die durch einen breiten Holzrahmen (Kasten) verbunden sind. Der Luftpolster zwischen den Scheiben verbessert die Wärme- und Schalldämmung	2,2-3,2 W/m ² K	1800 - 1940
Verbundfenster bestehen aus zwei aneinander liegenden Fensterebenen (zwei Einfachverglasungen), die direkt miteinander verbunden sind. Sie können zu Reinigungszwecken getrennt werden.	2,3-2,9 W/m ² K	1910 - 1980
Mehrscheiben-Isolierverglasung sind Einfachfenster mit metallbeschichteter und gasgefüllter 2- oder 3-Scheiben-Verglasung. Sie erfüllen modernsten thermischen Standard.	0,6-1,1 W/m ² K	1950 - heute

Tabelle 2: Fenstertypen und die Fensterentwicklung in historischen Gebäuden (ohne Berücksichtigung aktueller Entwicklungen im Neubau)

4.1. Optimierung von Kastenfenstern.....

Das Fenster ist der schwächste Teil in der Gebäudehülle, und besonders Kastenfenster weisen einen hohen unkontrollierten Luftaustausch auf. Durch eine Sanierung fällt dieser weg. Dadurch ist mit geeigneten Maßnahmen auf die neue Situation zu reagieren. Wärmebrücken sind zu beachten, v.a. wenn sonst keine Maßnahmen zur Dämmung der Fassade gemacht werden. Eine zusätzliche Dämmung im Kastenzwischenraum ist nur in Kombination mit weiteren Maßnahmen (Innendämmung) sinnvoll. Bei der Anbringung von Innendämmung ist in jedem Fall ein Bauphysiker hinzu zu ziehen, um mögliche Schäden zu vermeiden.

Durch den Wegfall des unkontrollierten Luftaustausches ist, aufgrund der höheren Luftdichtheit neuer Fenster, eine Änderung des Lüftungsverhaltens notwendig. Neben gesundheitlichen Aspekten sollte die überschüssige Luftfeuchte ebenfalls regelmäßig abgelüftet werden. Ein Hinweis auf eine erhöhte Luftfeuchtigkeit ist das Beschlagen der Innenseite des Innenflügels. Kommt es allerdings zu einem Beschlagen der Außenseite des Innenflügels sind entweder die Innenflügel zu undicht oder die Außenflügel zu dicht. Durch eine kontrollierte Wohnraumlüftung welche im Zuge einer umfassenden Sanierung installiert werden kann, wird dies erleichtert.

Im Wesentlichen bestehen folgende Möglichkeiten die thermischen Eigenschaften eines Kastenfensters zu verbessern:

- Eine Verbesserung des thermischen Komforts kann erreicht werden durch den Austausch der Innenverglasung mit 2fach-Wärmeschutzgläser (ideal wäre z.B. 4/10/4).
- Das Einbringen von Fensterdichtungen vermeidet Schäden am Holz und in weiterer Folge Schimmelbildung. Die Dichtheit von Kastenfenster sollte von innen nach außen abnehmen, da

im Winter die warme, feuchte Innenluft nach außen drängt und es sonst zu Kondensat an der Innenseite der Außenflügel kommen kann.

- Das Installieren eines hoch reflektierenden Sonnenschutzes im Fensterkasten. Günstiger wäre ein außenliegender Sonnenschutz, dies ist jedoch ein erheblicher Eingriff in das äußere Erscheinungsbild und aufgrund von Denkmalschutzauflagen nicht immer möglich.
- Das Entlüften des Fensterkastens nach außen: Durch die solare Einstrahlung ist die Lufttemperatur im Fensterkasten um bis zu 6 K über der Außentemperatur. Die Entlüftung kann bei Kastenfenstern, wenn vorhanden, über die Oberlichte erfolgen. Um eine optimale Entlüftung zu gewährleisten, wäre eine ausreichend dimensionierte Zuluftöffnung im unteren Bereich des Fensters notwendig. Wissenschaftliche Untersuchungen dazu wurden im Forschungsprojekt zu der Fenstersanierung des Wilhelm Exner Hauses, sowie bei der Sanierung der Schule Olbersdorf durchgeführt.

Bei der Sanierung historischer Fenster sind besonders die kalten Ecken und Wandanschlüsse zu beachten. Es kann zu Kondensatbildung und somit zu Schimmel im raumseitigen Laibungsbereich kommen. Durch Berechnungen kann dies vorab festgestellt werden und entsprechende Maßnahmen (z.B.: Innendämmung) angebracht werden. Bei Kastenfenster soll Tauwasser im Zwischenraum vermieden werden, indem nach außen belüftet wird und die Innenflügel luftdicht ausgeführt werden.

Nachfolgend werden ausgeführte Beispiele und Prototypfenster für die Sanierung historischer Kastenfenster angeführt.

4.2. Beispiele

Fenstersanierung Wilhelm Exner Haus, BOKU Wien

Forschungsbericht: „Sommertauglichkeit im Wohnbau - Teil 1 Optimierte Fenster und Verschattung“, F1477, Wien 2007, bmwfj [24]

Versuchsserie zur thermischen Verbesserung bei Kastenfenstersanierung; Arbeitsgruppe Ressourcenorientiertes Bauen, BOKU Wien

Ziel dieses Projektes war es Maßnahmen aufzuzeigen, die mit geringem Aufwand, sei es bauliche Konfigurationen bzw. einfachen Kühlungskonzepten, behagliche Raumtemperaturen ermöglichen.

Mittels Sensibilitätsanalyse und einer Versuchsreihe mit Messungen am Institut für Konstruktiven Ingenieurbau der BOKU Wien im Sommer 2004 wurden einfache Sanie-

rungs- und Verbesserungsmaßnahmen herausgearbeitet um historische Kastenfenster heutigen Standards anzupassen. Durch die Ergebnisse der Sensibilitätsanalyse kann abgeleitet werden, dass die größte Wärmequelle die solare Einstrahlung durch die Fenster ist, wenn nicht gerade eine extreme innere Wärmequelle z.B. intensives Kochen auftritt. Zur Verbesserung eines historischen Fensters im Versuchsraum wurden drei Maßnahmen gesetzt:

- Entlüftung des Fensterkastens nach außen
- Verschattung im Fensterkasten
- Verbesserung der Verglasung im Innenflügel

Tabelle 3: Übersicht über die Versuchsreihen und die Kombination der Verbesserungsmaßnahmen

VERSUCH	Maßnahmen	Lufttemp.- änderung Fensterkasten	Lufttemp.- änderung Versuchsraum
Versuch 1: Vergleich Entlüftung des Fensterkastens über die gekippte äußere Oberlichte (Phase 1)	A	- 2 K	- 2 K
Versuch 2: Vergleich Entlüftung des Fensterkastens über gekippte äußere Oberlichte und offenen Bohrungen im unteren Kastenbereich (Phase 1)	A, B	- 2 K	- 2 K
Versuch 3: Vergleich Verbesserung/Wirkung des Lamellensonnenschutzes (Phase 1)	C	+ 2 K	- 3 K
Versuch 4: Vergleich Entlüftung des Fensterkastens in Kombination mit einem verbesserten Lamellensonnenschutz (Phase 1)	A, C	+ 3 K	- 3 K
Versuch 5: Direkter Vergleich der beiden Verglasungen (Phase 2)	D	+ 10 K	- 3 K
Versuch 6: Vergleich Entlüftung des Fensterkastens in Kombination mit verbesserten Gläsern (Phase 2)	A, B, D	+ 5 K	- 3 K
Versuch 7: Vergleich der höherwertigen Verschattung in Kombination mit verbesserten Gläsern (Phase 2)	C, D	+ 9 K	- 4 K
Versuch 8: Vergleich eines optimierten Fensters mit einem konventionellen Kastenfenster (Phase 2)	A, B, C, D	+ 6 K	- 4 K
Versuch 9: Vergleich Effekt der Nachtkühlung isoliert (Phase 1)	E	- 2 K	- 2 K
Versuch 10: Vergleich Zusammenwirken einer optimierten Kastenfenstervariante und von Nachtlüftung (Phase 2)	A, B, C, D, E	+ 8 K	- 4 K

Legende

- A geöffnete äußerer Oberlichtflügel
- B geöffnete Lüftungsbohrungen im unteren Fensterkastenbereich
- C Sonnenschutz
- D verbesserte Verglasung in den Innenflügel
- E Nachtlüftung über Oberlichte

Phase 1 beschreibt den Zustand vor dem Einsetzen des Wärmeschutzglases und Phase 2 den Zustand danach.

Die Aktionen wurden einzeln und kombiniert untersucht und ergänzend noch Nachtlüftungsversuche durchgeführt. Die Ergebnisse der Temperaturänderungen sind in Tabelle 3 dargestellt. Die durchgeführten Maßnahmen senkten die Lufttemperaturen in einem Ausmaß von mehreren Kelvin, sodass sie auch für den Menschen wahrnehmbar sind. In der Simulation der vorangegangenen Sensibilitätsanalyse zeigte die Nachtlüftung sehr gute Ergebnisse, welche sich in den praktischen Versuchen nicht bestätigte. Dies ist auf die zu geringe Luftwechselraten bei geöffneter Oberlichte (Luftwechselversuche zeigen Luftwechselraten von $0,6 \text{ h}^{-1}$ des Raumvolumens) zurückzuführen. Mittels nächtlicher Querlüftung konnte die Raumtemperatur bei der Versuchsreihe dann spürbar gesenkt werden. In der Versuchsreihe wurde bei den Maßnahmen Verschattung und Wärmeschutzglas (Versuch 7) sehr gute Ergebnisse erzielt. Damit hielten sich die Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht gering. Die durchgeführten Bohrungen im unteren Kastenbereich stellten sich als klein dimensioniert dar und erzielten nur eine geringe Verbesserung.

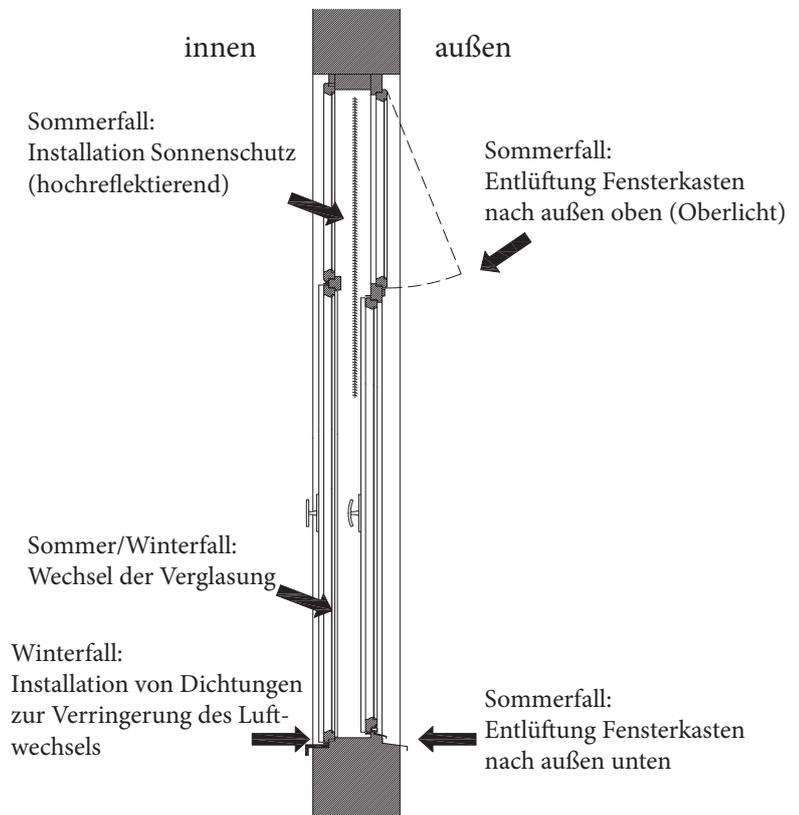


Abb. 38: Fensterschnitt: Darstellung der durchgeführten Maßnahmen zur Verbesserung eines Kastenfensters und die Funktionsweisen im Sommer- bzw. Winterfall.

Insgesamt erzielten die Maßnahmen eine Reduktion um bis zu 4 K. Eine Verbesserung in diesem Maß ist eindeutig für den Menschen als kühlere Temperatur wahrnehmbar. Die Zielsetzung, nur mit einer Fensteroptimierung zumutbare sommerliche Raumtemperaturen zu gewährleisten, konnte erfüllt werden.



Abb. 39: Ansicht Versuchsraum innen



Abb. 40: Ansicht außen Wilhelm Exner Haus - Versuchsräume



Abb. 41: Prototyp

Fenster zur thermischen Sanierung

Entwicklung von praxistauglichen Lösungen zur thermischen Sanierung von Kastenfenster

Architekt: baukanzlei Architekt Georg Lux

Fertigstellung Prototyp: 2010

Von der Baukanzlei Architekt Georg Lux wurde ein Fenster für die Sanierung historischer Kastenfenster entwickelt. Damit wird eine Verbesserung des Gesamtsystems mit moderner Optik und einfacher Pflege erreicht. Durch den Einbau des neu entwickelten Innenfensterelements werden die Eigenschaften bestehender Kastenfenster in Bezug auf Wärmedämmung (Energiekosten), Schallschutz, Design und Behaglichkeit verbessert. Das Konstruktionsprinzip der Zweischaligkeit bzw. des Pufferraums bei Kastenfenster bleibt uneingeschränkt erhalten.

Historisches Kastenfenster mit Wärmeschutzverglasung

Forschungsprojekt im Rahmen „Haus der Zukunft“ [16]

Projektleitung: Energie Tirol

Fertigstellung: 2005

Dieser Fensterprototyp wurde entwickelt um eine energietechnische Verbesserung von historisch erhaltenen Gebäuden zu ermöglichen. Es wird eine Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung mit Edelgasfüllung (Krypton) und Metallbeschichtung verwendet. Die Querschnittsabmessungen des Fensterflügelprofils betragen 68/80 mm. Eine Rahmentiefe von 56 mm konnte durch folgende Maßnahmen erreicht werden:

- Minimieren der Rahmenstärke auf das konstruktive Minimum
- Glaszwischenraums von 10 mm statt der üblichen 16 mm.
- Reduktion der Schraubenlänge auf 35 mm statt 40 mm.

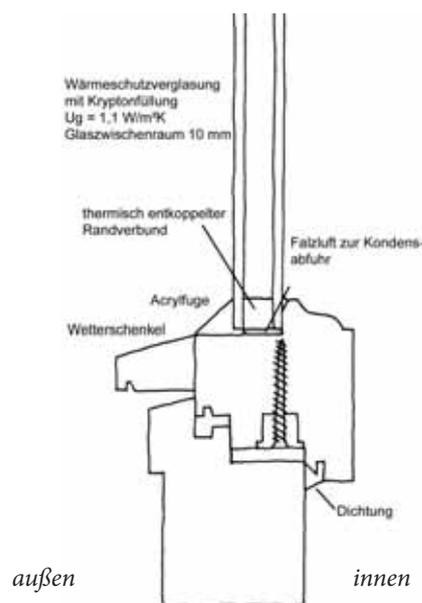


Abb. 42: Das Fenster als Kastenfenster, dabei wird die Wärmeschutzverglasung im Innenflügel ausgeführt. U-Wert: 1,10 W/m²K

Fensteranierung Penzingerstraße

Kastenfensteranierung im historischen Bestand

Architekt: Treberspurg & Partner Arch. ZT GmbH

Fertigstellung: 2003

In dem zweigeschossigen Wohngebäude aus der Biedermeierzeit wurden die bestehenden Kastenfenster (aus den Jahren 1830, 1900 und 1950) an der Südseite saniert. Mittels Schaumstoffdichtung in den Innenflügeln und Ersetzen der bestehenden Einscheibenverglasung durch Wärmeschutzglas (Thermoplus 4/10/4; U-Wert = 1,3 W/m²K, g-Wert 0,62) wurde eine energietechnische Verbesserung erzielt. Zur Verbesserung der sommerlichen Behaglichkeit wurden hoch reflektierende Aluminiumjalousien in den Fensterkästen angebracht (Lamellentiefe 25 mm; Reflexionsfaktor 70 – 80 %. Der Abminderungsfaktor Fc beträgt 0,51 bei einem Öffnungswinkel von 45° und 0,41 in geschlossener Stellung, beide gemessen bei einem Strahlungseinfall von 45° (Fc 0 = absolute Verschattung; 1 = kein Sonnenschutz)).



Abb. 43: Ansicht Haus Penzingerstraße nach der Sanierung

Die äußeren Oberlichten können geöffnet und mit einem kleinen Spalt fixiert werden. Damit ist es möglich die erhöhten Lufttemperaturen im Fensterkasten besser nach außen zu entlüften.

Im Rahmen der Planung wurden keine Simulationen für die Sanierung durchgeführt, jedoch ist nach Aussagen der MitarbeiterInnen im Sommer- wie auch im Winterfall eine merkbliche Verbesserung zu spüren.

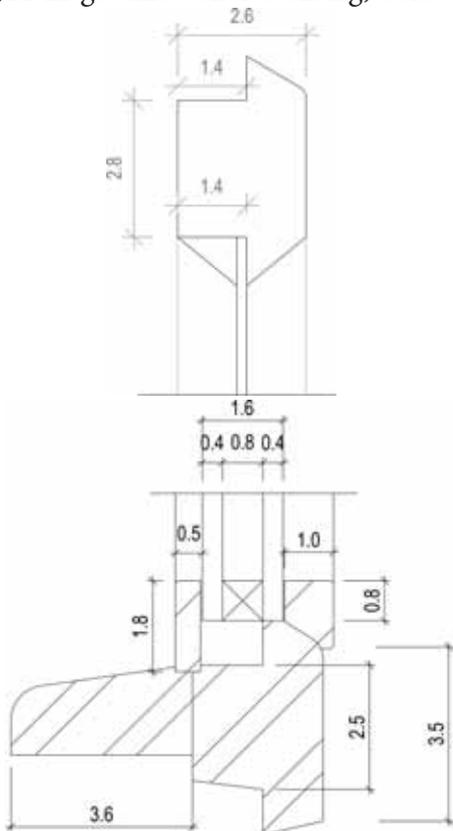


Abb. 44: Detailplan Fenster ca. 1830 (oben mit Originalverglasung, unten mit Wärmeschutzglas)

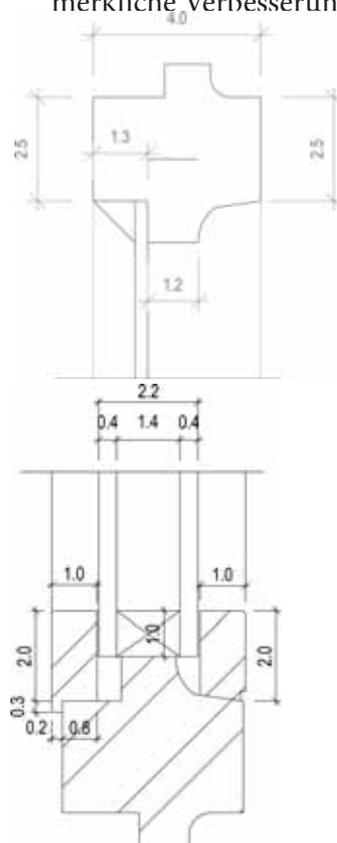


Abb. 45: Detailplan Fenster ca. 1900 (oben mit Originalverglasung, unten mit Wärmeschutzglas)

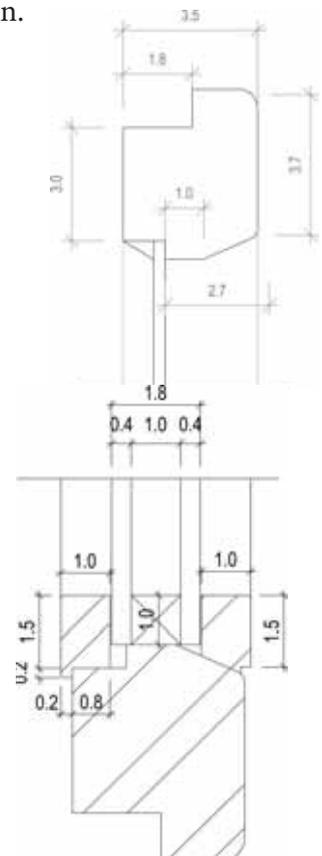


Abb. 46: Detailplan Fenster ca. 1950 (oben mit Originalverglasung, unten mit Wärmeschutzglas)



Abb. 47: Innenraum Lesesaal Nationalbibliothek

Österreichische Nationalbibliothek

Umbau am denkmalgeschützten Altbestand

Architekt: Treberspurg & Partner Arch. ZT GmbH & Architekten Frank und Partner ZT GmbH

Fertigstellung: 09/2004

Größe: Lesesaal 718 m², Leselounge, Foyer

Ausgangspunkt für die Neugestaltung der Lesesäle der Österreichischen Nationalbibliothek (ÖNB) in der Neuen Hofburg war die Optimierung der Funktionsabläufe bei gleichzeitiger Abstimmung der Architektur und Farbgestaltung auf das neue Corporate Design der ÖNB in Verbindung mit dem historischen Umraum.

Die Planung gliederte sich im Wesentlichen in vier Bereiche: den Eingangsbereich mit Servicedesk, Zugangskontrolle und Verteilung, der Leselounge, den großen Lesesaal mit Galerie und den darüber liegenden Zeitschriften-Lesesaal.

Durch die Sanierung der bestehenden großen Kastenfenster konnte ein effizienter Schutz vor sommerlicher Überwärmung erreicht werden. Es handelte sich um Fenster aus dem Jahre 1905 mit Eichenholzrahmen. Die Verglasung der Innenflügel wurde mit 2-Scheibe-Wärmeschutzgläsern (U-Wert=1,2 W/m²K, g-Wert 60%) ausgestattet. Zusätzlich wurden in den inneren Fensterflügeln Dichtungen aus Kunststoff eingeklebt. Das höhere Gewicht der zweischaligen Scheiben konnte von den



Abb. 48: Fensteransicht außen vor der Sanierung (links) / Innenflügel mit Zweischeibenwärmeschutzverglasung nach der Sanierung (rechts)

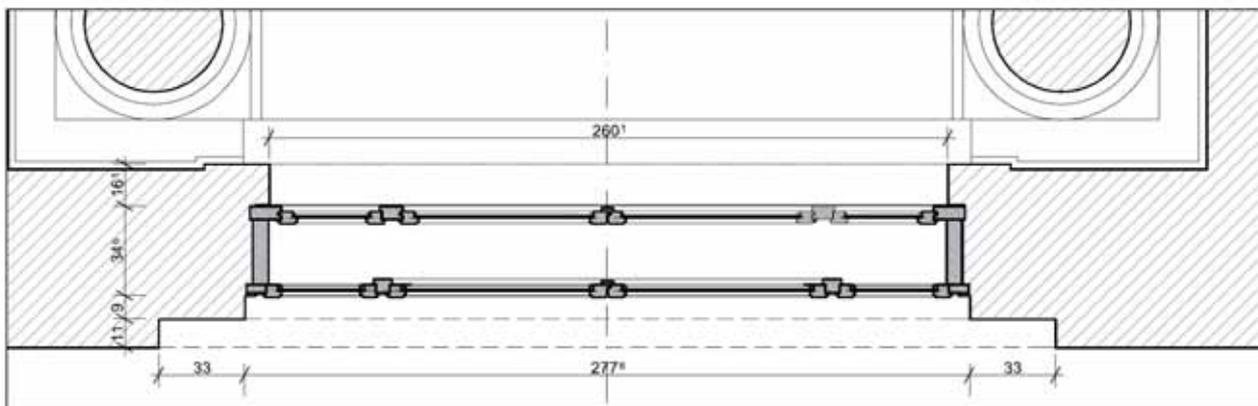


Abb. 49: Horizontalschnitt Fenster nach der Sanierung

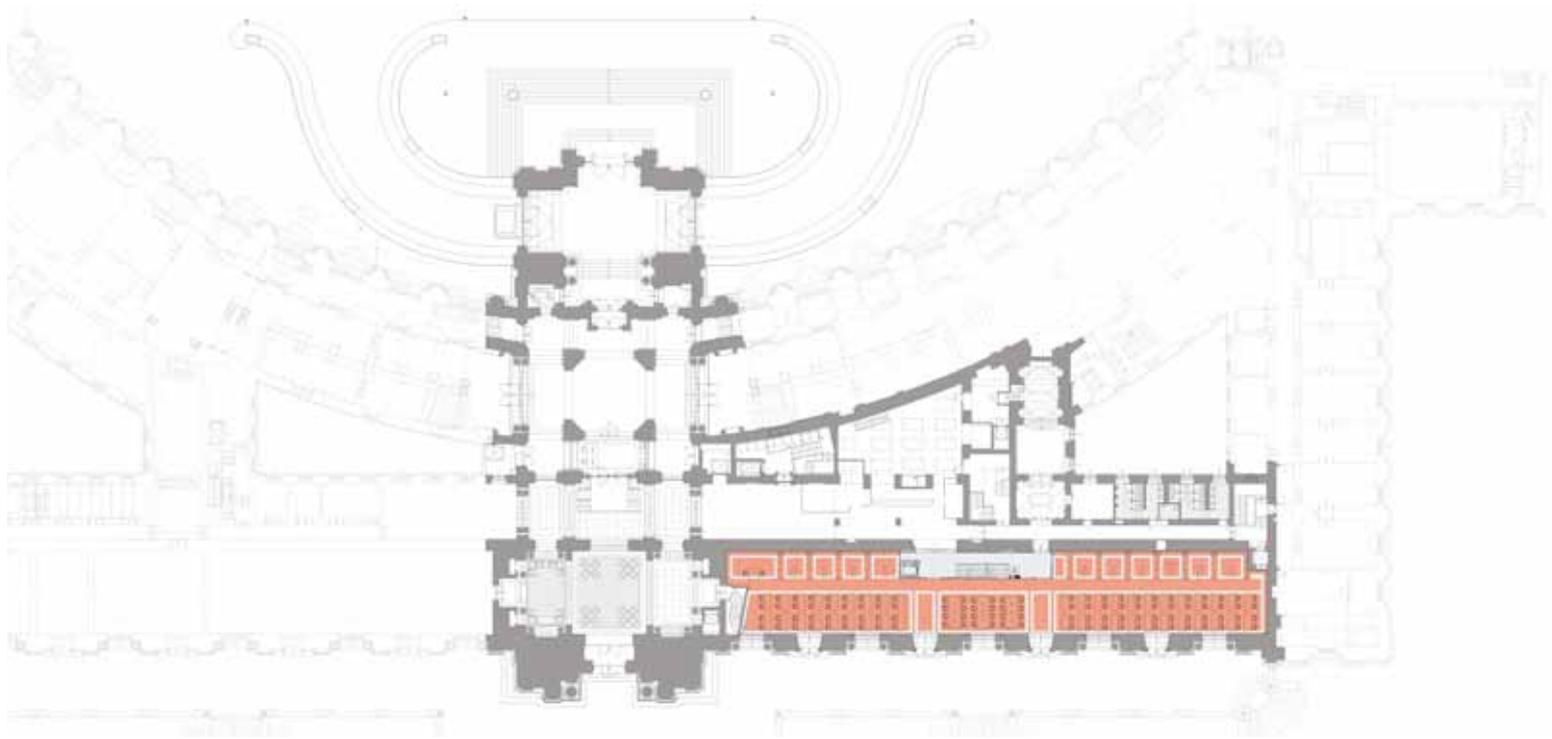


Abb. 50: Grundriss Lesesaal Nationalbibliothek

bestehenden Fensterbändern aufgenommen werden. Als Sonnenschutz wurden die bestehenden Aluminiumjalousien beibehalten.

Zur Quantifizierung der sommerlichen Überwärmung wurde im Zuge der Planung eine dynamische Simulation erstellt. Diese ergab im Sommerfall bei einer Außentemperatur von 29,6 °C in den Lesesälen eine max. Raumtemperatur von 27,6 °C.

Die neu eingebaute Lüftungsanlage mit integrierter Raumbefeuchtung kann mit der gleichen Kühlleistung wie bisher auch im Sommer durchgehend angenehme Raumbedingungen erreichen.

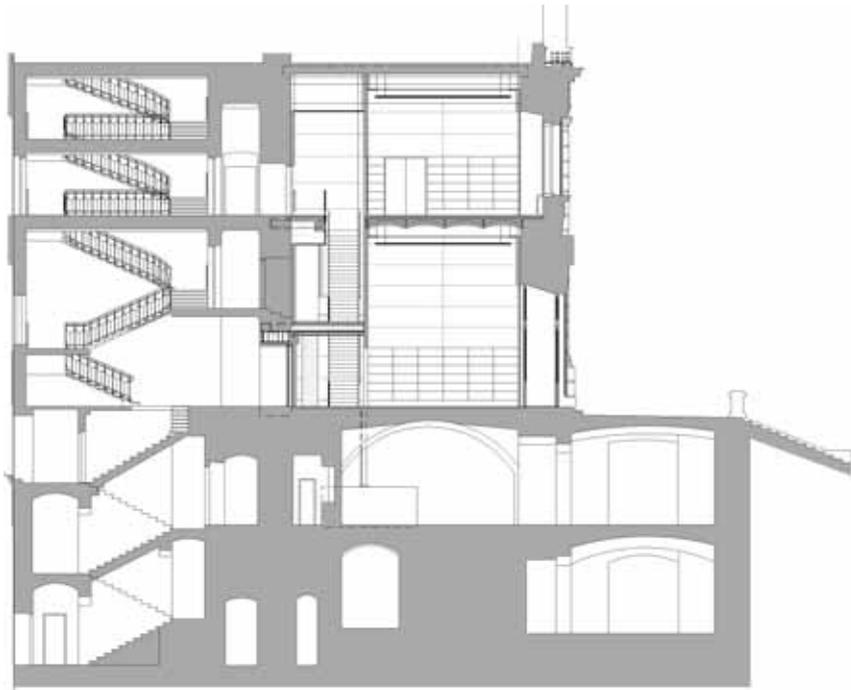


Abb. 51: Schnitt Lesesaal Nationalbibliothek

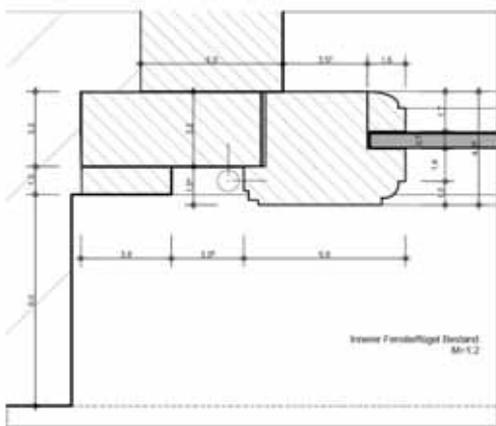


Abb. 52: Detailplan Innenflügel Bestand

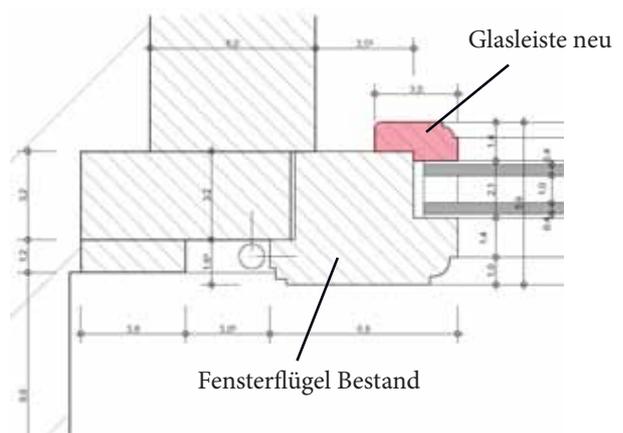


Abb. 53: Detailplan Innenflügel nach der Sanierung

Sanierung Zeughaus Berlin-Mitte

Umbau und Revitalisierung

Architekt: Winfried Brenne Architekten

Abschluss Baumaßnahmen: Dez. 2003

Bruttogeschoßfläche: 22.330 m²

Der Umbau des barocken Zeughauses in Berlin wurde als Realisierungswettbewerb ausgeschrieben aus dem das Büro Winfried Brenne Architekten als Sieger hervorging. Neben gestalterischen und funktionalen Verbesserung lag der Schwerpunkt bei der Erneuerung der gesamten Gebäudetechnik, um den Anforderungen an ein modernes Museum gerecht zu werden. Wichtiger Bestandteil des Klimakonzeptes waren die historischen Fenster, welche mit eigenen Kleinklimaanlagen sowie mit Sonnenschutzscreens und Verdunkelungseinrichtungen ausgestattet wurden. Aufgrund der strengen Denkmalschutzauflagen durfte das ursprüngliche Erscheinungsbild der Fenster nicht verändert werden und so verschwindet der Sonnenschutz und die Verdunkelungseinrichtung „unsichtbar“ im Fenstersockel. Ebenso ist die Führungsschiene kaum sichtbar in die Fensternische integriert worden. Zum Einsatz für den Sonnenschutz kam ein schmutzabweisendes Gewebe, welches durch die höhere Lichttransmission im oberen Bereich eine tiefe Raumbelichtung ermöglicht, bei gleichzeitig optimaler Lichtverteilung.

Eine Ganzglasscheibe mit darüberliegenden „lightshef“ bildet ein zusätzliches architektonisches Element in der Fensternische. Das

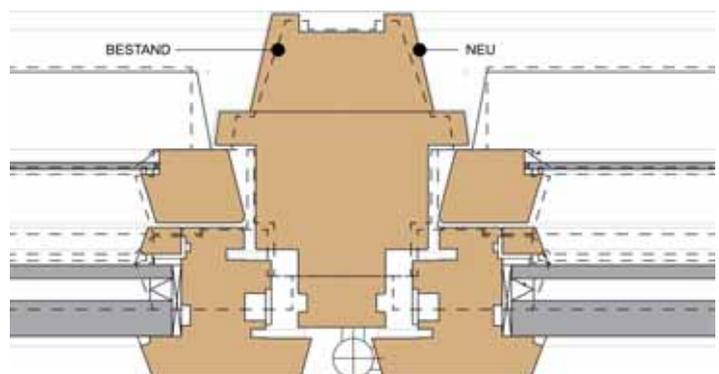


Abb. 56: Pfosten - Vergleich zwischen Bestand und Neu



Abb. 54: Historisches Fenster Ansicht außen



Abb. 55 Detail: Historisches Fenster Ansicht außen

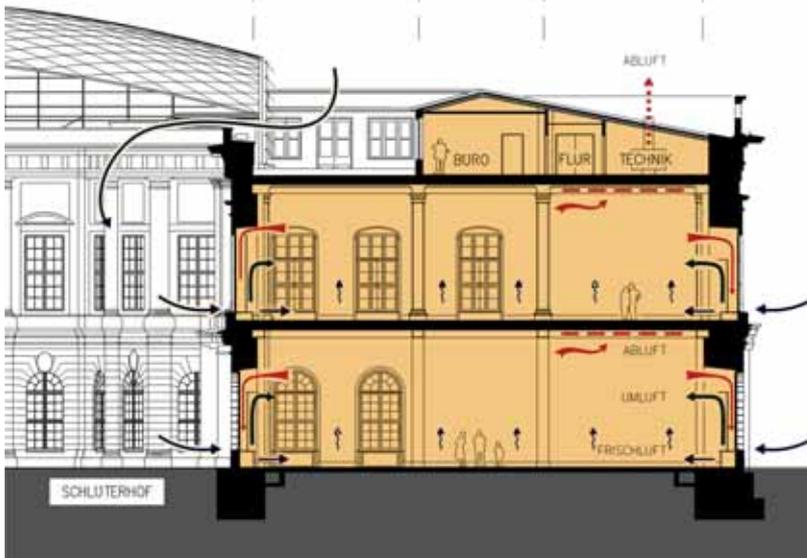


Abb. 57: Klimatisierungskonzept

„lightshelf“ besteht aus einem horizontalen Aluminiumflügel, der Licht und Luft umlenkt. Der äußere Teil des Kastenfensters besteht aus einer Zweischeiben- Wärmeschutzverglasung und den inneren Teil bildet ein Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG) -Ganzglasflügel.

Durch die Integration der dezentralen Klimatisierung in die Fensternische konnte ein ganzes Stockwerk für Museumsausstellungen gewonnen werden, indem sich zuvor die Haustechnik befand.

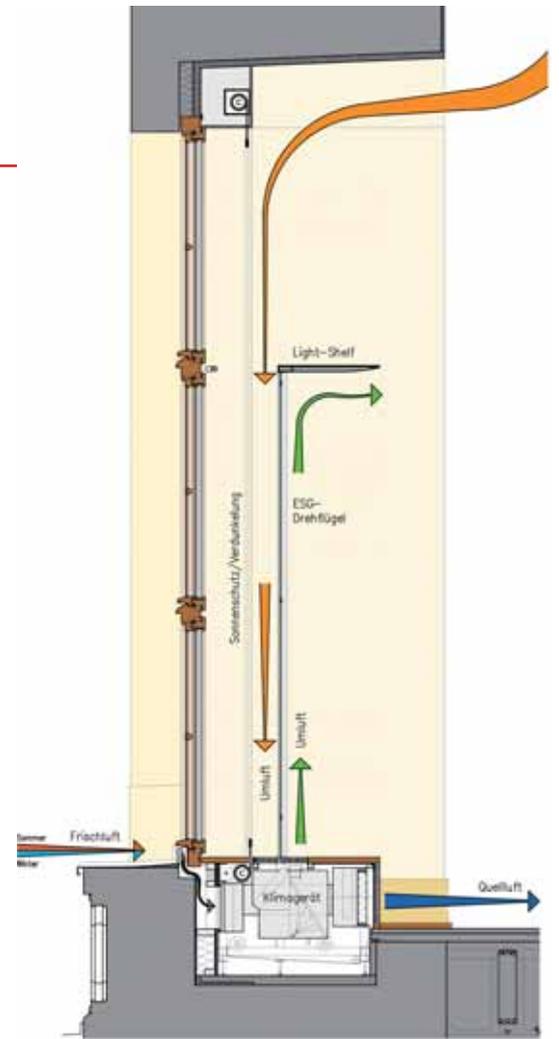


Abb. 58: Funktionsweise dezentrale Klimatisierung im Fensterschnitt mit Ganzglasflügel und Brüstungsverkleidung mit Klimaaggregaten



Abb. 59: Fenster im Obergeschoß mit neuem Ganzglasflügel, „lightshelf“ und Brüstungsverkleidung mit Klimaaggregaten



Abb. 60: Fenster im Obergeschoß mit eingesetzter Verdunkelungseinrichtung



Abb. 61: Fenster im Obergeschoß mit eingesetzter Verdunkelungseinrichtung



Abb. 62: Zuluft-Kastenfenster



Abb. 63: Überstromschlitz im unteren Teil des Blendrahmens unter dem Wetterschenkel

Sanierung Schule Olbersdorf

Energieeffiziente Sanierung von Schulgebäude und Turnhalle

Architekt: AIZ Zittau Architektur- und Ingenieurbüro für Hoch- und Tiefbau Zittau GmbH

Abschluss Baumaßnahmen: 2010

Bruttogeschossfläche: 5.610 m²

Eine energetische Sanierung des Schulgebäudes in Olbersdorf bei Zittau mit innovativen Lösungen wurde in Zusammenarbeit mit der Hochschule Zittau/Görlitz durchgeführt. Der Schwerpunkt wurde auf eine energieeffiziente Lüftung gelegt. Dabei wurden die vorhandenen Abluftschächte, welche für diesen Gebäudetyp typisch sind, in dem Konzept berücksichtigt und die vorhandenen Kastenfenster zu Zuluft-Kastenfenster umgebaut.

Funktionsprinzip Zuluft-Kastenfenster:

Das äußere Fenster ist im Rahmenfalz nicht gedichtet und damit erhöht luftdurchlässig. Mittels eines Überstromschlitzes im unteren Teil des Blendrahmens (unter dem Wetterschenkel siehe Abb. 64) kann Außenluft in den Fensterzwischenraum einströmen und tritt erwärmt am oberen Fensterrahmen in den Raum ein. Der Überstromschlitz ist von außen durch ein Wetterschutzgitter vor dem Eindringen von Regenwasser und Insekten geschützt. Zusätzlich ist eine Rückstromsicherung integriert, welche aus einer Gummimembran, die auf einem „Holzsteg-Rost“ aufliegt, besteht (siehe Abb. 63). Diese Konstruktion verhindert eine Durchströmung des Fensters in umgekehrter Richtung.

Vorteile:

- Bedienungsfreundlich
- Dauerhafte Versorgung mit Frischluft
- Zugfreie Einbringung der Zuluft
- Wärmerückgewinnung im Fensterzwischenraum
- Geeignet für hohe akustische Anforderungen



Abb. 64: Ansicht Schule nach der Sanierung

- Erfüllt die Anforderungen der Denkmalpflege
- Integration von Sonnen-, Blendschutz und Lichtlenkung möglich (durch Jalousien im Scheibenzwischenraum bzw. elektrochrome Verglasung)
- Wartungsfreundlich
- Kopplung Fenster – Heizkörper über Ausschaltung des Fensterkontakts auf das Heizkörperventil möglich

Für den Einsatz im Wohnbau kann die Abluft wohnungsweise in den Feuchträumen (Küche und Bad) mittels Konstantabluftventilen abgesaugt werden. Bei der Schule Olbersdorf wurden die vorhandenen Abluftschächte eingesetzt und damit ein erheblicher Anteil an elektrischer Energie für den Ventilatorenbetrieb eingespart. Eine intelligente Steuerung und gegebenenfalls bedarfsgerechtes Zuschalten von energieverbrauchsarmen Stützventilatoren ermöglichen auch eine witterungsunabhängige Luftförderung.

Weitere Maßnahmen im Schulgebäude für eine Verbesserung der Energieeffizienz, Akustik, Lüfthygiene, und sommerlicher Innenraumtemperaturen sind:

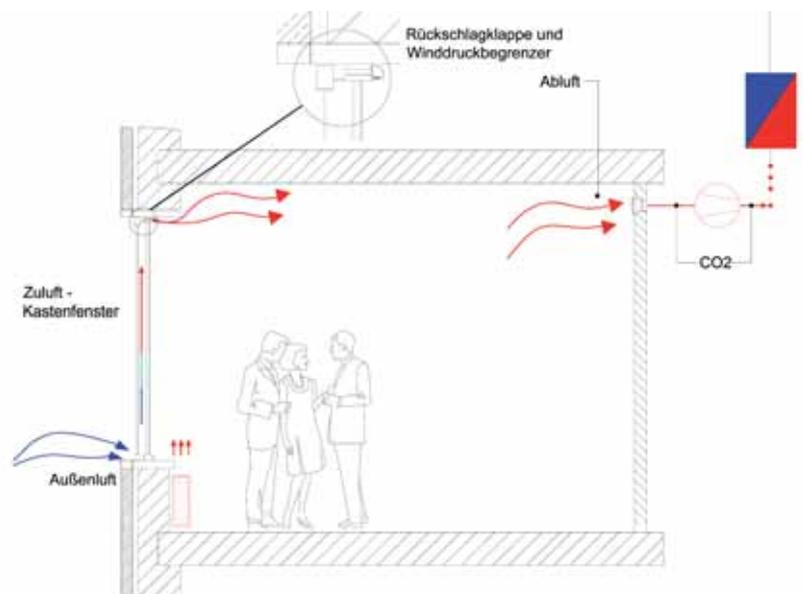


Abb. 65: Konzept Zuluft-Kastenfenster

- Wärmedämmung
- Sonnen- und Blendschutz sowie Lichtlenkung mittels Jalousien
- Nachtlüftung in Verbindung mit PCM
- Aktivieren der vorhandenen Abluftschächte
- Überarbeitung der Grundrisse für Tageslichtoptimierung
- CO₂-gesteuerte Abluftventilatoren

Otto Wagner Postsparkasse

Generalsanierung und Rückführung des gesamten Gebäudes

Architekt: Hoppe Architekten

Fertigstellung: 2005

Größe: 38.000 m²

Aus Anlass des 100-jährigen Jubiläums sollte das von Otto Wagner geplante ehemalige Hauptgebäude der Postsparkasse im Jahr 2006 im vollen Glanz erstrahlen. Unter strenger Beachtung des Denkmalschutzes wurden innerhalb von zwei Jahren 38.000 m² Gebäudelfläche neu strukturiert und gestaltet. Die zahlreichen denkmalgeschützerischen Maßnahmen und Verbesserungen wurden in enger Zusammenarbeit mit dem Bundesdenkmalamt und Restauratoren durchgeführt. Umfassende Recherchen und Analysen bezüglich Farbgebung, Struktur und Materialwahl haben dazu beigetragen die ursprünglichen Ausführungen soweit wie möglich wieder herzustellen. Anhand von Musterzimmern wurde nicht nur die Einrichtung auf ihre Verträglichkeit mit der Substanz getestet sondern auch klima- und lichttechnische Simulationen durchgeführt. Es wurde ein Konzept mit flexiblen Wänden und adaptierbarer Beleuchtung und Luftkonditionierung umgesetzt, um den Ansprüchen der nächsten 100 Jahre zu genügen.

Dieses umfasst auch die Sanierung der historischen Holzkastenfenster, deren Innenscheiben durch Zweischeiben-Wärmeschutzglas ersetzt wurde. Elektrisch gesteuerte Aluminiumlamellen dienen als Sonnenschutz. An den Fenstern angebrachte Sensoren sorgen dafür, dass die Kühlung und Heizung bedarfsgerecht betrieben wird. Es wurden in Summe ca. 840 Fenster, die meisten mit jeweils sechs Innenflügeln, umgebaut.



Abb. 66: Ansicht Otto Wagner Postsparkasse außen



Abb. 67: Innenraum Otto Wagner Postsparkasse

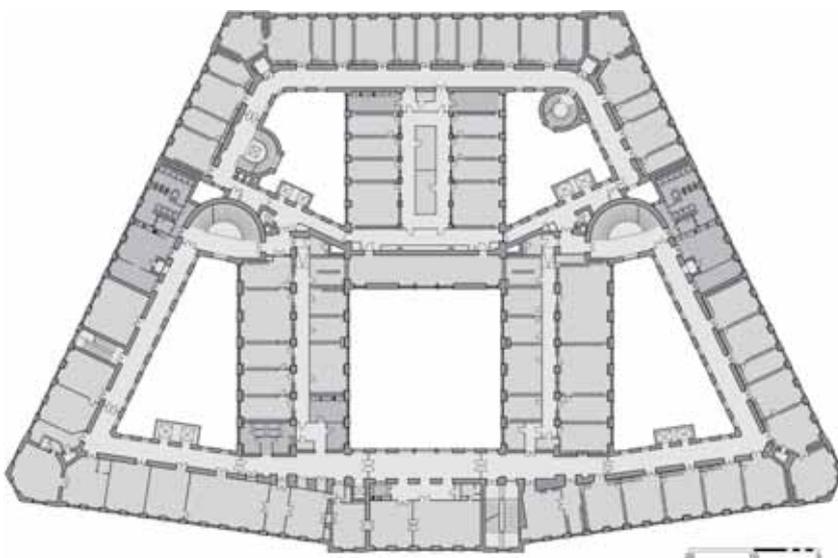


Abb. 68: Grundriss 1.Obergeschoß

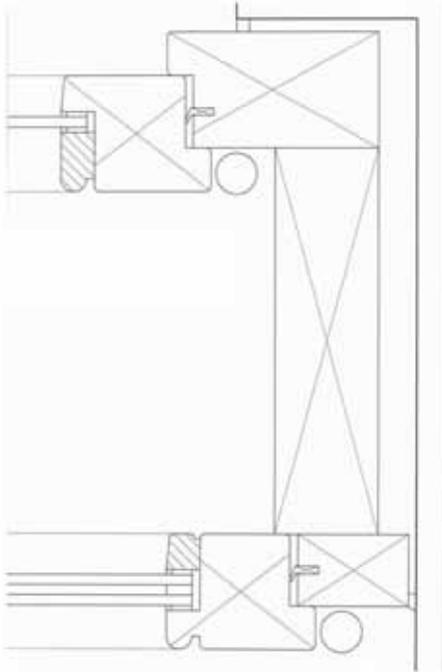


Abb. 70: Horizontalfensterschnitt Maueranschluss

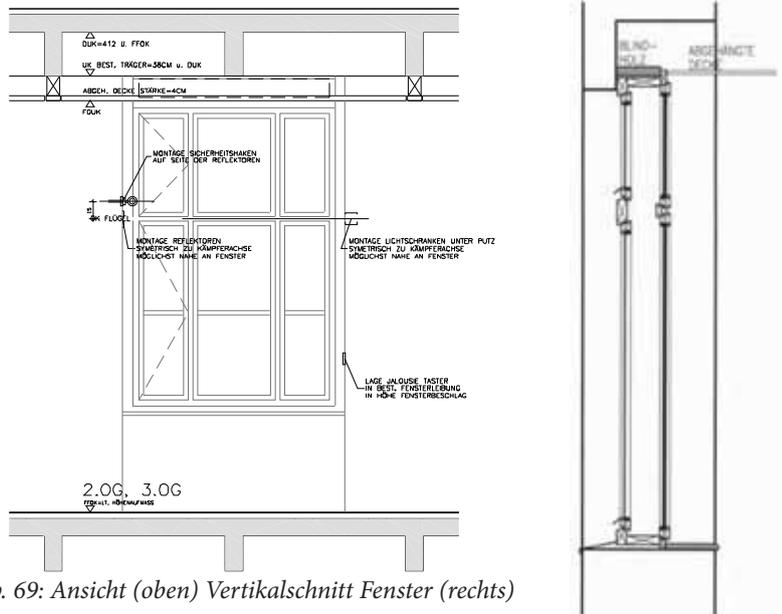


Abb. 69: Ansicht (oben) Vertikalschnitt Fenster (rechts)

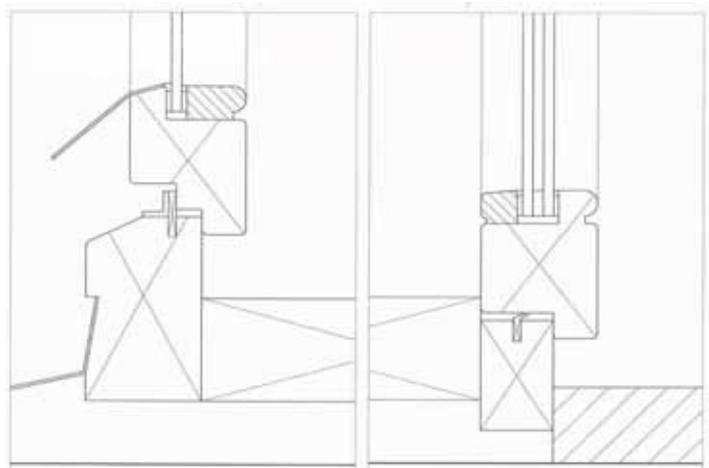


Abb. 71: Vertikalfensterschnitt Maueranschluss unten



Abb. 72: Fensteransicht innen nach der Sanierung



Abb. 73: Fensterdetail nach der Sanierung

5

HANDLUNGS- EMPFEHLUNGEN

→ Sommertauglichkeit berücksichtigen

Im Zuge einer thermischen Sanierung soll die sommerliche Überhitzung mitbedacht werden und geeignete Strategien in das Sanierungskonzept aufgenommen werden.

Zur Vermeidung bauphysikalischer Schäden und wenn das Gebäude dem Denkmalschutz unterliegt, sind geeignete Experten einzubeziehen. Folgende Einflussfaktoren wirken sich auf den Energiebedarf des Gebäudes aus:

- Einfluss des Umgebungsklimas (z.B. Städtebau, Orientierung, etc.)
- Gebäudehülle (z.B. Verglasung, Transmission, Fassadenfarbe, etc.)
- Speichermassen (z.B. Wärmespeicherung in Gebäuden)
- interne Lasten (z.B. Tageslichtnutzung, Personen, Geräte, Beleuchtung, Kochen, etc.)
- Bepflanzung (z.B. im Außen- und Innenraum)

→ Verschattungssysteme

Anforderungen an den Sonnenschutz sind: die Orientierung, der Fensterflächenanteil, die Windexposition, die Anforderung an das Tageslicht, der visuelle Komfort und die Investitions- und Wartungskosten. Die Leistungsfähigkeit des Sonnenschutzes hängt von seiner Lage ab:

- Ein außenliegender, individuell einstellbarer Sonnenschutz weist eine höhere Effizienz auf ist jedoch bei denkmalgeschützten Gebäuden nicht immer möglich.
- Alternativ können Systeme im Fensterkastenzwischenraum oder Scheibenzwischenraum, oder ein innenliegender Sonnenschutz zum Einsatz kommen.
- Verstellbare Jalousien im Oberlichtbereich ermöglichen Tageslichteintrag bei gleichzeitiger Verschattung.
- Für Südverglasungen sind feststehende Verschattungssysteme geeignet. Als Faustregel gilt: ein Winkel von 30° vom Fußpunkt der Verglasung.
- Feststehende Verschattungselemente eignen sich zur Integration von Photovoltaikmodulen aufgrund ihrer Exposition direkter Sonnenstrahlung.

➔ Richtiges Lüftungsverhalten

Untersuchungen haben den wesentlichen Einfluss des Nutzerverhaltens auf den thermischen Komfort bestätigt. Dabei wurde in Befragungen festgestellt, dass Fensterlüftung und Sonnenschutz oft falsch eingesetzt werden. Zudem besteht ein starkes Bedürfnis bei den Nutzern Fenster im Sommer zu öffnen. Dadurch kommt es zu ungewollten Wärmeeinträgen durch heiße Sommerluft, welche mittels einfacher Maßnahmen vermieden werden können.

Wichtige Faustregeln:

- Richtiges Lüften zum richtigen Zeitpunkt: im Winter machen die hohen Temperaturunterschiede zwischen innen und außen und die große Wasserdampfdruckdifferenz kurzes Stoßlüften notwendig. Im Sommer ist der Temperaturunterschied gering und damit eine kleinere Wasserdampfdruckdifferenz. In diesem Fall ist langes Lüften am Morgen erforderlich!
- Zuluft von sonnenabgewandter Seite einströmen lassen oder
- kühle Innenhöfe nutzen. Achtung: wenn Kleinklimageräte installiert sind und diese Wärme in den Innenhof abgeben!
- Durch Querlüftung wird eine höhere Luftbewegung erzielt und ein Behaglichkeitsgewinn erreicht.
- Alternativ kann ein Standventilator oder Deckenventilator anstatt der Fensterlüftung während den Tagesspitzentemperaturen zum Einsatz kommen, um eine höhere Luftbewegung zu erzielen und gleichzeitig zusätzlichen Wärmeeintrag durch die warme Außenluft zu vermeiden.
- Bei der Nachtlüftung sind: ausreichend Speichermassen, ausreichend große Lüftungsöffnungen, sowie ein hoher Luftwechsel (ca. 6-8facher Luftwechsel) notwendig. Der Witterungsschutz und die Einbruchsicherheit muss berücksichtigt werden.

➔ Sanierungsmaßnahmen bei Kastenfenstern

In vielen Fällen ist eine Sanierung von historischen Kastenfenstern sinnvoller und einem Komplettaustausch vorzuziehen. Folgende Maßnahmen verbessern die thermische Eigenschaft von Kastenfenstern:

- Die Einfachverglasung des innenliegenden Fensterflügels gegen Zweifach-Wärmeschutzglas tauschen und die Fenster „übergehen“ (Ausbesserungsarbeiten durch Maler bzw. Tischler)
- Einbringen von Dichtungen wobei als Faustregel gilt, dass die Dichtheit von innen nach außen abnehmen soll.
- Sonnenschutz: außenliegend, wenn dies möglich ist (Achtung bei Denkmalschutz!). Alternativ kann ein hochreflektierender Sonnenschutz im Fensterkastenzwischenraum montiert werden.
- Entlüftung des Fensterkastens nach außen, wobei ausreichend dimensionierte Entlüftungsöffnungen vorzusehen sind.

6 LITERATUR

- [1] Austrian Energy Agency: „Country Report - SUMMERHEAT – Meet cooling demands in SUMMER by applying HEAT from cogeneration“, Wien, 2007
- [2] Auer I., Böhm R., Schöner W., Korus E.: „Analyse von Hitze und Dürreperioden in Österreich - Ausweitung des täglichen StartClim Datensatzes um das Element Dampfdruck“, Wien, 2005, Teilprojekt von StartClim2004 „Analysen von Hitze und Trockenheit und deren Auswirkungen in Österreich“, <http://www.boku.ac.at/austroclim/startclim/bericht2004/StCl04A.pdf>
- [3] Beck K., Probst J., Frantz J., Jung P., Klimesch W., Lohr A.: „Sommertauglichkeit entwerfen und bauen“, Leitfaden von Bremer Energie-Kompass, Bremen, 2005
- [4] Delorme M., Six R., Mugnier D., Quinette J., Heuermann F., Wiemken E., Henning H., Tsoutsos T., Korma E., Dall’O’G., Fragnato P., Oliveira P., Barroso J., Ramón-López J., Torre-Enciso S.: „Climasol – Leitfaden zum Thema solare Kühlung“, ÖÖ Energiesparverband, 2004
- [5] Dubai Municipality, Historical Building Section, „Elements of Traditional Architecture in Dubai“, The Ref. Book - 5th Edition, Architectural Heritage Department, 2010
- [6] Forum Thema: Sonnenschutz, 22.März 2010, S. 23
- [7] Hausladen G., de Saldanha M., Leidl P.: „ClimaSkin – Konzepte für Gebäudehüllen, die mit weniger Energie mehr leisten“, Callway, München, 2009
- [8] Hebgen H.: „Bauen mit der Sonne – Vorschläge und Anregungen“, Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk Aktiengesellschaft, 1982
- [9] Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M.: „Energieatlas – Nachhaltige Architektur“, Edition Detail, München, 2007
- [10] Kisielewski-Petz S., Büchl N., Hochleitner V., Neumeister G.: „Sanieren von Althäusern, der Weg zu mehr Wohnqualität“ Wohnfonds Wien, Wien, 2009
- [11] Koppe Ch., Jendritzky G., Pfaff G.: „Die Auswirkungen der Hitzewelle 2003 auf die Gesundheit“, Klimastatusbericht 2003, S.152-162, http://www.wind-energie.de/fileadmin/dokumente/Themen_A-Z/Klimafolgen%20und%20Klimaschutz/gesundheits_hitzewelle.pdf
- [12] Lenz B., Schreiber J., Stark T.: „Nachhaltige Gebäudetechnik – Grundlagen, Systeme Konzepte“, Edition Detail Green Books, München, 2010
- [13] Moshhammer H., Gerersdorfer T., Hutter H., Formayer H., Kromb-Kolb H., Leitner B.: „Abschätzung der Auswirkungen von Hitze auf die Sterblichkeit in Oberösterreich“, Wien, 2007, Forschungsreihe: Auswirkungen des Klimawandels auf Oberösterreich. http://www.boku.ac.at/met/klima/berichte/Hitze_Sterblichkeit_lang.pdf
- [14] ÖNORM B 8110-3 Wärmeschutz im Hochbau - Teil 1: Anforderungen an den Wärmeschutz und Deklaration des Wärmeschutzes von Gebäuden/Gebäudeteilen - Heizwärmebedarf und Kühlbedarf
- [15] Österreichisches Institut für Bautechnik: „OIB – Richtlinie 6: Energieeinsparung und Wärmeschutz“, April 2007, OIB-300.6-038/7
- [16] Ortler A, Krismer R., Wimmers G.: „Energetische Sanierung in Schutzzonen – Standardisierte Lösungen als Hilfe und Richtlinien für Bauherren, Behörden und Firmen“, Wien, 2005
- [17] Plasser S., Kuchen R., Fisch M.: „Ergebnisse einer Evaluierung von Energiekonzepten für Bürogebäude und Schlussfolgerungen für die Energieeffizienz und das Raumklima“, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co KG, Bauphysik 30 (2008), Heft 6, Berlin

- [18] Pretenthaler F., Gobiet A.(Hg.): „Studien zum Klimawandel in Österreich – Heizen und Kühlen im Klimawandel“, Joanneum Research, Graz, 2008
- [19] Reim T.: „Klimatechnische Analyse zum Sommerfall im Wohnbau“, Dissertation BOKU Wien, Wien, 2006
- [20] Robine JM., Cheung SL., Le Roy S., Van Oyen H., Herrmann F.R.: „Report on excess mortality in Europe during summer 2003“, Brussels, 2007, EU Community Action Programme for Public Health. http://ec.europa.eu/health/ph_projects/2005/action1/docs/action1_2005_a2_15_en.pdf
- [21] Schiele & Söhne Fachverlag: „greenbuilding - Nachhaltig planen, bauen und betreiben“ Fachzeitschrift 11/2010
- [22] Treberspurg M.: „Neues Bauen mit der Sonne“, 2. aktualisierte Auflage, Springer Verlag, Wien, 1999
- [23] Treberspurg M.: „Nachhaltige und zukunftssichere Architektur durch ressourcenorientiertes Bauen“, Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, Heft 7/8, 57.Jahrgang, Wien, 2005
- [24] Treberspurg M., Streicher W., Reim T., Hofbauer W.: „Sommertauglichkeit im Wohnbau - Teil 1 – Optimierte Fenster und Verschattungen“, F1477, Wien, 2007.
- [25] Treberspurg M., Streicher W., Reim T., Hofbauer W.: „Sommertauglichkeit im Wohnbau - Teil 2 – Umweltfreundliche und CO2 neutrale Kühlstrategien“, F1477, Wien, 2007.
- [26] Umweltbundesamt: „Austria's National Inventory Report 2010. Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol“ Vienna, 2010, Report 0265, <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0265.pdf>
- [27] Umweltbundesamt; Bundesministerium f. Wirtschaft, Familie und Jugend „Energierstrategie Österreich Maßnahmenvorschläge“, Wien, 2010, www.energiestrategie.at
- [28] Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (Hrsg): „Solarfibel – Städtebauliche Maßnahmen, Solare und energetische Wirkungszusammenhänge und Anforderungen“, Baden-Württemberg, 2004
- [29] Zimmermann M.: „Handbuch der passiven Kühlung“, EMPA, Dübendorf, 2003

Anhang A Tabellenübersicht Auswertung Sonnenschutzgläser von DI Wilhelm Hofbauer kann bei Anfrage vom Herausgeber oder Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend - Abteilung Wohnbauforschung zur Verfügung gestellt werden.

7 ABBILDUNGEN

- 1 Pretenthaler F., A. Gobiet, . Habsburg-Lothringen, R. Steinacker, C. Töglhofer, A. Türk, 2007: „Auswirkungen des Klimawandels auf Heiz- und Kühlenergiebedarf in Österreich“, Endbericht StartClim, Universität Graz, Wegener Zentrum 2, 2006.
- 2 Lebensministerium, bmwf: „Energierstrategie Österreich, Maßnahmenvorschläge“, S.12; Quelle: Umweltbundesamt, 2010
- 3 Lebensministerium, bmwf: „Energierstrategie Österreich, Maßnahmenvorschläge“, S.19; Quelle: Statistik Austria, 2010
- 4 Lenz B., Schreiber J., Stark T.: „Nachhaltige Gebäudetechnik – Grundlagen, Systeme Konzepte“, Edition Detail Green Books, München, 2010, S. 9 nach Schütz, Peter: Ökologische Gebäudeausrüstung, Wien 2002, S. 11
- 5,6 Ressourcenorientiertes Bauen, BOKU Wien
- 7, 8 Foto Martin Treberspurg
- 9, 10 Dubai Municipality, Historical Building Section, „Elements of Traditional Architecture in Dubai“, The Ref. Book - 5th Edition, Architectural Heritage Department, 2010
- 11 Foto: Treberspurg & Partner Architekten ZT GmbH
- 12 Hausladen G., de Saldanha M., Leidl P.: „ClimaSkin – Konzepte für Gebäudehüllen, die mit weniger Energie mehr leisten“, Callway, München, 2009, S. 60
- 13, 14, 15, 16 Ressourcenorientiertes Bauen, BOKU Wien
- 17, 18, 19, 20 Darstellung nach Hebgen H.: „Bauen mit der Sonne – Vorschläge und Anregungen“, Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk Aktiengesellschaft, 1982, S. 74, 131 & 132
- 21 Ressourcenorientiertes Bauen, BOKU Wien
- 22 Foto: Architekt Martin Treberspurg
- 23 Foto: DDI Roman Grüner
- 24 Ressourcenorientiertes Bauen, BOKU Wien
- 25 Foto: Architekturbüro Reinberg ZT GmbH
- 26, 27, 28 Ressourcenorientiertes Bauen, BOKU Wien
- 29 Quelle: http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Altbaumodernisierung_Mikrokapseln-als-Latentwaermespeicher_244134.html?img=1&layout=galerie (am 30.7.2010)
- 30 Foto: DDI Roman Grüner
- 31, 32, 33, Architekt Martin Treberspurg
- 34, 35, 36, 37 Architekturbüro Reinberg ZT GmbH
- 38, 39, 40 Reim T.: „Klimatechnische Analyse zum Sommerfall im Wohnbau“, Dissertation BOKU Wien, Wien, 2006
- 41 Foto: Baukanzlei Architekt Georg Lux
- 42 Ortler A, Krismer R., Wimmers G.: „Energetische Sanierung in Schutzzonen – Standardisierte Lösungen als Hilfe und Richtlinien für Bauherren, Behörden und Firmen“, Wien, 2005, Quelle: Energie Tirol
- 43 Foto: DDI Roman Grüner
- 44, 45, 46 Architekt Martin Treberspurg
- 47 Foto: Pez Hejduk
- 48, 49, 50, 51, 52, 53 Quelle: Treberspurg & Partner Architekten ZT GmbH
- 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61 Quelle: Winfried Brenne Architekten
- 62, 63, 64, 65 Quelle: Hochschule Zittau / Görlitz
- 66 Foto: DDI Roman Grüner
- 67, 68, 69: Quelle: Hoppe Architekten ZT GesmbH
- 70, 71: Quelle: Tischlerwerkstatt Franz Eglau
- 72, 73, 74 Foto: DI Dr. Thomas Reim
- 75 Ressourcenorientiertes Bauen, BOKU Wien
- 76, 77 Foto: DI Dr. Thomas Reim

Tabelle 1: Beck K., Probst J., Frantz J., Jung P., Klimesch W., Lohr A.: „Sommertauglichkeit entwerfen und bauen“, Leitfaden von Bremer Energie-Kompass, Bremen, 2005

Tabelle 2: Eigene Darstellung Quelle: Ortler A, Krismer R., Wimmers G.: „Energetische Sanierung in Schutzzonen – Standardisierte Lösungen als Hilfe und Richtlinien für Bauherren, Behörden und Firmen“, Wien, 2005

Tabelle 3: Reim T.: „Klimatechnische Analyse zum Sommerfall im Wohnbau“, Dissertation BOKU Wien, Wien, 2006

