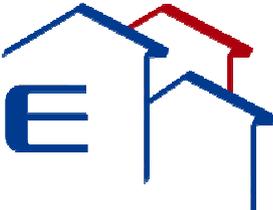


SQUARE – Qualitätssicherung in der Gebäudesanierung

**Maßnahmen zur Verbesserung der
Energieeffizienz und ihre Auswirkungen
auf das Wohnraumklima**

Mit Unterstützung von

Intelligent Energy  **Europe**

SQUARE 

SQUARE – Qualitätssicherung in der Gebäudesanierung

Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und ihre Auswirkungen auf das Wohnraumklima

Arbeitspaket 5: Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz
Bericht 5.1

SQUARE
Koordiniert von
SP Schwed. Techn. Forschungsinstitut
Box 857, SE-501 15 BORÅS, Sweden
www.iee-square.eu

Vorwort

Dieses Dokument wurde im Zuge der Arbeiten des Projektes SQUARE – „Qualitätssicherung in der Gebäudesanierung. Qualitätssicherungsmaßnahmen zur Verbesserung des Wohnraumklimas und der Energieeffizienz bei der Sanierung von großvolumigen Wohngebäuden“ (EIE/07/093/SI2.466701) erarbeitet. Das Projekt wird von der Europäischen Kommission kofinanziert und durch das Programm „Intelligent Energy Europe“ (IEE) unterstützt. Eine Hauptaufgabe des Projektes SQUARE ist es, einen systematischen Projektverlauf für die Sanierung von großvolumigen Wohngebäuden zu entwickeln, der schlussendlich ein verbessertes Wohnraumklima und einen effizienten Energieeinsatz gewährleistet.

Projektpartner:

- AEE - Institut für Nachhaltige Technologien, Österreich
- EAP Energy Agency of Plovdiv, Bulgarien
- TKK Helsinki University of Technology, Finnland
- Trecodome, Niederlande
- TTA Trama Tecno Ambiental S.L, Spanien
- Poma Arquitectura S.L., Spanien
- SP Technical Research Institute of Sweden, Schweden
- AB Alingsåshem, Schweden

Autoren dieses Berichtes: Armin Knotzer – AEE INTEC, Österreich
David Venus – AEE INTEC, Österreich

Die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieses Berichtes liegt beim Autor. Er gibt nicht die Meinung der Europäischen Gemeinschaft wieder. Die Europäische Kommission übernimmt keine Verantwortung für jegliche Verwendung der darin enthaltenen Informationen.

Zusammenfassung

Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz sollten im derzeitigen Bestand der großvolumigen Wohngebäude in Europa, vor allem bei jenen Gebäuden, die in der Zeit von 1960 bis 1980 errichtet wurden, eine Energieeinsparung von mindestens 50% bewirken. Energetisch anspruchsvolle und hochwertige Sanierungen, wie sie in den SQUARE-Pilotprojekten ausgeführt wurden, führen zu noch größeren Energieeinsparungen (80 oder 90%). Um diese Ziele zu erreichen, ist es notwendig, gut über jene Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz Bescheid zu wissen, welche ein großes Reduktionspotenzial besitzen und weiters das Potenzial, die Aufmerksamkeit von EntscheidungsträgerInnen an sich ziehen zu können.

Das Arbeitspaket 5 beschäftigt sich mit Lösungen zur Steigerung der Energieeffizienz, welche als Standard in der Sanierung von großvolumigen Wohngebäuden gelten und die gleichzeitig das Wohnraumklima verbessern. Es wurden Maßnahmen für drei unterschiedliche europäische Klimabedingungen festgelegt, um so den speziellen Anforderungen in den unterschiedlichen Ländern besser gerecht zu werden und Unterschiede herauszuarbeiten.

Dieser Bericht beschreibt die 10 wichtigsten Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und der Wohnraumqualität, welche für eine zufrieden stellende Leistung des Gebäudes, auch während des Betriebes, sorgen. Die Beschreibung der einzelnen Maßnahmen beinhaltet Informationen über Kennwerte, wie diese nachgewiesen werden und andere nützliche Informationen, Hinweise und Links.

Zusätzlich wurde im Arbeitspaket 5 eine Übersicht (in Excel) und eine Präsentation dieser 10 Maßnahmen für Wohnbaugenossenschaften, PlanerInnen und ArchitektInnen entwickelt, um diese einfach und verständlich zu zeigen. Die Übersicht und die Präsentation sind auf der SQUARE-Projekthomepage abrufbar.

Inhaltsverzeichnis

1	EINFÜHRUNG	1
1.1	BESCHREIBUNG DER AUFGABE UND METHODIK	1
1.2	ZIELE UND ZIELGRUPPE	1
1.3	ANWENDUNGSBEREICH UND GRENZEN	1
2	HINTERGRUND	3
3	METHODEN UND DURCHFÜHRUNG	5
4	ZWEI UNTERSCHIEDLICHE ARTEN VON MAßNAHMEN	7
5	WICHTIGSTE MAßNAHMEN IN DEN VERSCHIEDENEN KLIMATEN	9
6	ZEHN MAßNAHMEN ZUR VERBESSERUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ	10
6.1	VOLLSTÄNDIGE WÄRMEDÄMMUNG DER GEBÄUDEHÜLLE	10
6.1.1	EINFLUSS AUF DIE ENERGIEEFFIZIENZ	10
6.1.2	SONSTIGE VORTEILE/NACHTEILE UND EINFLUSS AUF DAS WOHNRAUMKLIMA	10
6.1.3	KENNWERTE	11
6.1.4	NACHWEIS	11
6.1.5	BEISPIELE UND INFORMATIONEN	11
6.2	THERMISCH OPTIMIERTE FENSTER UND TÜREN	12
6.2.1	EINFLUSS AUF DIE ENERGIEEFFIZIENZ	13
6.2.2	SONSTIGE VORTEILE/NACHTEILE UND EINFLUSS AUF DAS WOHNRAUMKLIMA	13
6.2.3	KENNWERTE	13
6.2.4	NACHWEIS	14
6.2.5	BEISPIELE UND INFORMATIONEN	14
6.3	LUFTDICHTHEIT	14
6.3.1	EINFLUSS AUF DIE ENERGIEEFFIZIENZ	15
6.3.2	SONSTIGE VORTEILE/NACHTEILE UND EINFLUSS AUF DAS WOHNRAUMKLIMA	15
6.3.3	KENNWERTE	15
6.3.4	NACHWEIS	15
6.3.5	BEISPIELE UND INFORMATIONEN	16
6.4	AUßENLIEGENDE BESCHATTUNG	16
6.4.1	EINFLUSS AUF DIE ENERGIEEFFIZIENZ	17
6.4.2	SONSTIGE VORTEILE/NACHTEILE UND EINFLUSS AUF DAS WOHNRAUMKLIMA	17
6.4.3	KENNWERTE	17
6.4.4	NACHWEIS	18
6.4.5	BEISPIELE UND INFORMATIONEN	18
6.5	NATÜRLICHE KÜHLUNG	19
6.5.1	EINFLUSS AUF DIE ENERGIEEFFIZIENZ	19
6.5.2	SONSTIGE VORTEIL/NACHTEILE UND EINFLUSS AUF DAS WOHNRAUMKLIMA	19
6.5.3	KENNWERTE	19
6.5.4	NACHWEIS	20
6.5.5	BEISPIELE UND INFORMATIONEN	20

6.6	ANLEITUNGEN FÜR BEWOHNERINNEN UND NUTZERINNENVERHALTEN	20
6.6.1	EINFLUSS AUF DIE ENERGIEEFFIZIENZ	21
6.6.2	SONSTIGE VORTEILE/NACHTEILE UND EINFLUSS AUF DAS WOHNRAUMKLIMA	21
6.6.3	KENNWERTE	21
6.6.4	NACHWEIS	21
6.6.5	BEISPIELE UND INFORMATIONEN	22
6.7	OPTIMIERTES HEIZUNGSSYSTEM	22
6.7.1	EINFLUSS AUF DIE ENERGIEEFFIZIENZ	23
6.7.2	SONSTIGE VORTEILE/NACHTEILE UND EINFLUSS AUF DAS WOHNRAUMKLIMA	23
6.7.3	KENNWERTE	23
6.7.4	NACHWEIS	23
6.7.5	BEISPIELE UND INFORMATIONEN	24
6.8	EINSATZ ERNEUERBARER ENERGIETRÄGER	24
6.8.1	EINFLUSS AUF DIE ENERGIEEFFIZIENZ	25
6.8.2	SONSTIGE VORTEILE/NACHTEILE UND EINFLUSS AUF DAS WOHNRAUMKLIMA	25
6.8.3	KENNWERTE	25
6.8.4	BEISPIELE UND INFORMATIONEN	25
6.9	OPTIMIERUNG DER HEIZUNGSREGELUNG	26
6.9.1	EINFLUSS AUF DEN ENERGIEVERBRAUCH	27
6.9.2	SONSTIGE VORTEILE/NACHTEILE UND EINFLUSS AUF DAS WOHNRAUMKLIMA	27
6.9.3	KENNWERTE	27
6.9.4	NACHWEIS	27
6.9.5	BEISPIELE UND INFORMATIONEN	27
6.10	OPTIMIERTES LÜFTUNGSSYSTEM	28
6.10.1	EINFLUSS AUF DEN ENERGIEVERBRAUCH	28
6.10.2	SONSTIGE VORTEILE/NACHTEILE UND EINFLUSS AUF DAS WOHNRAUMKLIMA	28
6.10.3	KENNWERTE	28
6.10.4	NACHWEIS	29
6.10.5	BEISPIELE UND INFORMATIONEN	29
7	SCHLUSSFOLGERUNGEN UND WEITERE INFORMATIONEN	31
8	LITERATURVERZEICHNIS	33
Anhang		
A	ENERGIEEFFIZIENTE MAßNAHMEN - DOKUMENTATION	34
B	ANALYSE MIT ISO 7730	37

1 Einführung

Dieses Arbeitspaket beschreibt erprobte **Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz bei der Sanierung** von sozialen Wohnbauten und Mehrfamilienhäusern mit unterschiedlichen Bedingungen in verschiedenen Ländern. Diese Lösungen werden hinsichtlich des Wohnraumklimas und des thermischen Komforts, aber auch hinsichtlich Klima und Bautraditionen beschrieben.

1.1 Beschreibung der Aufgabe und Methodik

Im ersten Schritt wird das Energieeinsparpotenzial bei der Sanierung von sozialen Wohnbauten und Mehrfamilienhäusern in unterschiedlichen Ländern evaluiert und dargestellt.

Im zweiten Schritt werden Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz evaluiert und beschrieben, die einerseits ein gutes Potenzial hinsichtlich Sanierungsanforderungen, Bautradition, Klima und verfügbarer Ressourcen besitzen. Zusätzlich wird gezeigt, welche Auswirkungen diese Maßnahmen auf das Wohnraumklima und die -qualität haben.

Im dritten Schritt wird evaluiert, wie nützlich diese technischen und gebäudebezogenen Verbesserungsmaßnahmen auch während der Betriebsphase eines Gebäudes zur Erhaltung seiner ursprünglich geforderten Leistungsfähigkeit sind. Verschiedene Ansätze und Prioritäten werden hier ebenfalls gezeigt.

1.2 Ziele und Zielgruppe

Es gibt ein paar wenige, aber wichtige Ziele für die Sanierung von großvolumigen Wohnbauten, die eine energieeffiziente und Wohnraum-qualitätsvolle Sanierung gewährleisten.

Das Hauptziel ist es, aufzuzeigen, dass ein Aktionsplan und eine Auflistung unterschiedlicher Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und des Wohnraumklimas sehr wert- und sinnvoll sind. Diese Maßnahmen sollten auf den Sanierungsprozess selbst und den Betrieb des Gebäudes nach der Sanierung zugeschnitten sein.

Ein weiteres Ziel ist es, Informationen über energieeffiziente Sanierungsmaßnahmen in Bezug auf unterschiedliche klimatische Verhältnisse und auf die wichtigsten Typen von sozialen Wohnbauten zu geben. Diese Informationen sind an die Bedürfnisse der Wohnbauträger-VertreterInnen, Projekt-EntwicklerInnen, GebäudeverwalterInnen, ArchitektInnen, PlanerInnen und natürlich an die Bedürfnisse der BewohnerInnen angepasst.

1.3 Anwendungsbereich und Grenzen

Die folgenden Inhalte basieren auf den Ergebnissen der Untersuchungen im Projekt SQUARE und den wichtigsten Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz, welche die Zielgruppe einfach anwenden kann. Dabei ist es sehr wichtig, einen kurzen und plausiblen Überblick zu geben. Die Entscheidung war daher, nicht all zu sehr in die Tiefe

hinsichtlich unterschiedlicher Gebäudetypen oder unterschiedlicher Bautraditionen und verfügbarer Ressourcen zu gehen, sondern aufzuzeigen, welche Maßnahmen bei der Sanierung und dem Betrieb des Gebäudes hinsichtlich Energieeffizienz und Wohnraumklima (Luftqualität) technisch sinnvoll erscheinen.

Die Maßnahmen wurden mit Bezug auf den Gebäudebestand der Jahre 1960 bis 1980 entwickelt, da in diesem Zeitraum die größte Bautätigkeit in ganz Europa zu verzeichnen war. In dieser Zeit wurden die Wohngebäude mit dem höchsten Energieverbrauch errichtet. (siehe auch SQUARE - Arbeitspaket 2)



Abbildung 1: Sozialer Wohnbau in der Makartstraße,
Linz – Österreich (Quelle: AEE INTEC)

2 Hintergrund

Wenn wir bei der Gebäudesanierung über Energieeffizienz sprechen, dann gibt es ein großes Ziel: einen sehr geringen Primärenergie-, Material- und Ressourceneinsatz während aller Phasen des Sanierungsprozesses, vor allem dem Betrieb. Dies sollte sowohl für die Sanierungsaktivitäten selbst als auch für die Gebäudetechnik gelten.

Für eine Energieanalyse des Gebäudes/ der Gebäude ist es notwendig, den Endenergieverbrauch vor und nach der Sanierung zu kennen (siehe Anhang A). Wenn eine grobe Untersuchung des thermischen Komforts der Wohnung durchgeführt werden soll, müssen zumindest die U-Werte der relevanten Bauteile bekannt sein. Diese werden auch in den Berechnungen der ISO 7730 (siehe Abbildung 30) benötigt. Aber es gilt, viel mehr zu berücksichtigen. Viele Untersuchungen sind notwendig, um einen umfassenden Überblick über den Energiestatus des Gebäudes zu erlangen.

Es gibt unterschiedliche energieeffiziente Lösungen für die unterschiedlichen Klimate und Klimazonen. Für SQUARE wurden drei verschiedene Klimazonen innerhalb der EU festgelegt. Deren Merkmale sind in Tabelle 1 ersichtlich. Anzumerken ist dabei, dass es sich hierbei um keine detaillierte wissenschaftliche Betrachtung der unterschiedlichen Klimazonen handelt, sondern um eine schnelle und kurze Übersicht über die verschiedenen Kenndaten, welche hinsichtlich energieeffizienter Lösungen wichtig erscheinen.

Tabelle 1: Kenndaten der drei unterschiedlichen europäischen Klimate, auf die sich die Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz bei der Sanierung von Gebäuden innerhalb des Projektes SQUARE beziehen (Quelle: AEE INTEC; bestätigt von den SQUARE-PartnerInnen)

Klima / Kenndaten*	W warm	T temperiert	C kalt
Durchschnittliche Normaußentemperatur in der Heizsaison [°C]	0 bis -10	-10 bis -16	-12 bis -25
Durchschnittliche Außentemperatur in der Heizsaison [°C]	+8 bis +10	+2 bis +4	+2 bis -10
Durchschnittliche Außentemperatur im Sommer [°C]	+20 bis +24	+17 bis +22	+10 bis +16
Heizgradtage 20/12 [K.d]	1.200 – 3.000	3.000 - 4.500	4.500 – 7.000
Solare Einstrahlung [kWh/m ² a]	1.200 – 1.500	1.000 - 1.200	bis 1.000

* Die Temperaturen in der Tabelle können sich auch überschneiden, da es auch innerhalb der einzelnen Klimate Bandbreiten gibt.

Zusätzlich gibt es einige Parameter, welche die minimalen Anforderungen an das Wohnraumklima beschreiben und leicht gemessen werden können. Diese sind in Tabelle 2 ersichtlich.

Es gibt unterschiedliche Anforderungen an die Raumtemperatur in jedem Land, welche durch die verschiedenen üblichen nationalen Richtlinien bestimmt werden. Des Weiteren sind verschiedene Methoden zur Messung und Beurteilung der Qualität des

Wohnraumklimas in den europäischen Ländern im Einsatz. Die skandinavischen Länder verwenden dazu vor allem die Lüftungsrate, mittel- und südeuropäische Länder verwenden zusätzlich die CO₂-Konzentration in den Wohnungen.

Tabelle 2: Kennzahlen zur Qualität des Wohnraumklimas der unterschiedlichen Klimate
(Quelle: AEE INTEC; bestätigt von den SQUARE PartnerInnen)

Klima	W warm	T temperiert	C kalt
Raumtemperatur Winter / Sommer [°C]	21/<26	20/<26	20/<26
Lüftungsrate [1/h] <i>oder</i>	0,35-0,4	≥ 0,3	0,2-0,35
CO ₂ -Konzentration [ppm]	<1.000	800	900-1.000

Die Pilotprojekte im Projekt SQUARE verwenden unterschiedliche Messmethoden um die Qualität des Wohnraumklimas zu ermitteln [3].

3 Methoden und Durchführung

Die ersten Schritte im Arbeitspaket 5 waren Untersuchungen des europäischen Gebäudebestandes inklusive der Analyse der Energieeffizienz und die Erfassung des Wohnraumklimas. Ergebnisse dazu wurden gemeinsam mit den SQUARE-ProjektpartnerInnen im Arbeitspaket 2 erarbeitet (siehe auch Tabelle 3).

Tabelle 3: Durchschnittliches Einsparpotenzial im Wohnbaubestand (Quelle: SQUARE – interner Bericht zu Arbeitspaket 2; zusätzliche Informationen von SQUARE-PartnerInnen, 2009)

	Spezifischer Energieverbrauch der Heizung [kWh/m ² a]	Energieeinsparpotenzial [%]
Österreich	210	50-60
Bulgarien	> 170	40
Finnland	> 170	50
Spanien	> 56	60
Schweden	210	50-60

Der zweite Schritt war eine Analyse und Sammlung der Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz von Bauteilen und der Haustechnik, die in den SQUARE-Pilotprojekten der verschiedenen PartnerInnen-Länder zur Anwendung kommen (siehe Anhang A). Für eine grobe Beurteilung der Qualität des Wohnraumklimas der einzelnen Pilot-Projekte wurde ein Excel-Tool gemäß der ISO 7730 entwickelt (siehe Anhang B).

Im dritten und wohl entscheidenden Schritt wurde der Fokus nicht nur auf die Pilotprojekte von SQUARE gelegt, sondern auf allgemein anwendbare Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz, welche in weiterer Folge für jedes Sanierungsprojekt innerhalb der verschiedenen Klimazonen und Bautraditionen verwendet werden können. Für EntscheidungsträgerInnen ist es einfacher, sich für Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz zu entscheiden, wenn diese plausibel, einfach zu erfassen und zu verstehen sind. Die 10 Maßnahmen (Beschreibung in Kapitel 6) sind das Ergebnis dieser Überlegung.

Die energieeffizienten Lösungen wurden an Hand der Auswertung der Energieverbesserungspotenziale der unterschiedlichen Typen von Wohnbauten ausgewählt. Diese Auswertung wurde hauptsächlich mit Bezug auf die unterschiedlichen Klimate und die Parameter Heiz- und Kühllast durchgeführt. Unterschiedliche Bautraditionen, lokal verfügbare Ressourcen und Richtlinien in den verschiedenen Ländern wurden berücksichtigt. Der Einfluss (Vorteile und Nachteile) der Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz auf die Qualität des Wohnraumklimas der unterschiedlichen Gebäudetypen wurde ebenfalls innerhalb von AP 5 untersucht.

Ergebnisse der nationalen Pilotprojekte, beschrieben in Arbeitspaket 6 [3], Studien der AEE INTEC selbst und anderer SQUARE-PartnerInnen, verschiedene Informationen und

Studien aus der Energieberatung und Energieeinsparungen (Kapitel 7) vervollständigen die Arbeiten in AP 5.

4 Zwei unterschiedliche Arten von Maßnahmen

Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz können in zwei Kategorien eingeteilt werden (Abbildung 2).

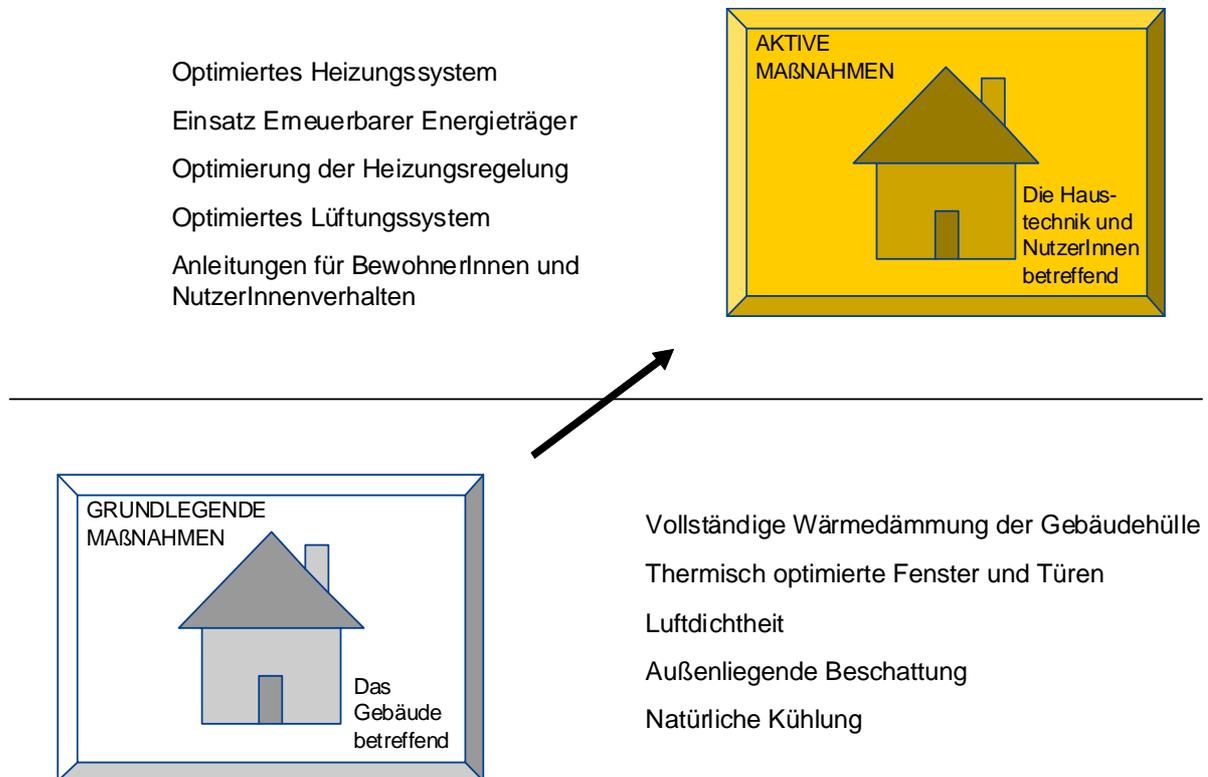


Abbildung 2: Zwei Stufen von Verbesserungs-Maßnahmen – „Grundlegende“ und „Aktive“ Maßnahmen führen zu Energieeffizienz und gutem Wohnraumklima (Quelle: AEE INTEC, 2009)

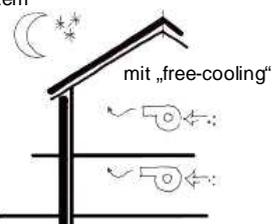
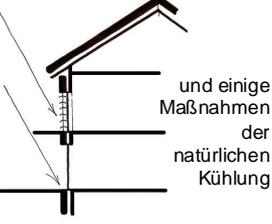
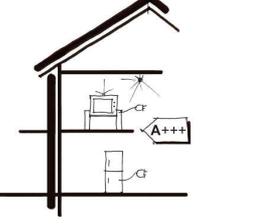
Die *grundlegenden Maßnahmen* (zur Verbesserung der Energieeffizienz und des Wohnraumklimas) sind im Wesentlichen die gebäudebezogenen Maßnahmen, die in der Reihenfolge vor der Optimierung der Haustechnik umgesetzt werden. Sie beziehen sich auf die thermisch-energetische Optimierung der Baukonstruktionen und Bauteile. Diese Maßnahmen bringen im Vergleich zum Aufwand, sie umzusetzen, ein Vielfaches an Energieeinsparung über die Lebensdauer des Gebäudes. Die Optimierung setzt hier vor allem bei den passiven Komponenten des „Systems Gebäude“ an.

Unter den *aktiven Maßnahmen* (zur Verbesserung der Energieeffizienz und des Wohnraumklimas) werden Versorgungs- und Instandhaltungsarbeiten zur Optimierung von einzelnen Teilen der Haustechnikanlage verstanden, um damit deren Wirkungsgrad bzw. Jahresnutzungsgrad zu erhöhen oder diese ganz zu erneuern. Im Vergleich zu den grundlegenden Maßnahmen am Gebäude sind die aktiven Maßnahmen zwar auch wichtig, aber was ihr Energieeinsparpotenzial betrifft doch geringer zu bewerten. Durch die kürzere Nutzungsdauer und häufigere Erneuerung von Haustechnikkomponenten ist ihr relativer Energie- und Rohstoffbedarf höher. Die Optimierung durch aktive Maßnahmen setzt also immer bei den aktiven Komponenten (aktive Energieerzeugung, NutzerInnenverhalten, BewohnerInnenanleitungen, etc.) des „Systems Gebäude“ an.

Dieser Einteilung folgend, beschreibt dieser Bericht zwei verschiedene Ebenen von Maßnahmen (siehe Kapitel 6 und Abbildung 2).

5 Wichtigste Maßnahmen in den verschiedenen Klimaten

Unabhängig von den beiden energie- und ressourcenrelevanten Ebenen von Maßnahmen gibt es ein „kleines“, aber für jedes Klimat wichtiges und typisches Maßnahmenpaket sowohl für das Heizen als auch das Kühlen. Die folgende Abbildung 3 versucht eine schnelle, leicht verständliche, aber natürlich sehr kurz fassende Darstellung der wichtigsten Maßnahmen, die im Arbeitspaket 5 erarbeitet und beschrieben wurden.

...hinsichtlich*	W warm	T gemäßigt	C kalt
Heizung	Dämmung, Luftdichtheit und optimiertes Lüftungssystem 	Dämmung, Luftdichtheit, optimiertes Lüftungs- und Heizungssystem 	Dämmung, Luftdichtheit, optimiertes Lüftungs- und Heizungssystem 
Kühlung	Natürliche Kühlung, außenliegende Beschattung, BewohnerInnen-Anleitungen und optimiertes Lüftungssystem 	Außenliegende Beschattung und BewohnerInnen-Anleitungen 	BenutzerInnenverhalten und außenliegende Beschattung 

* Quelle: AEE INTEC, bestätigt von den SQUARE-Projektpartnern

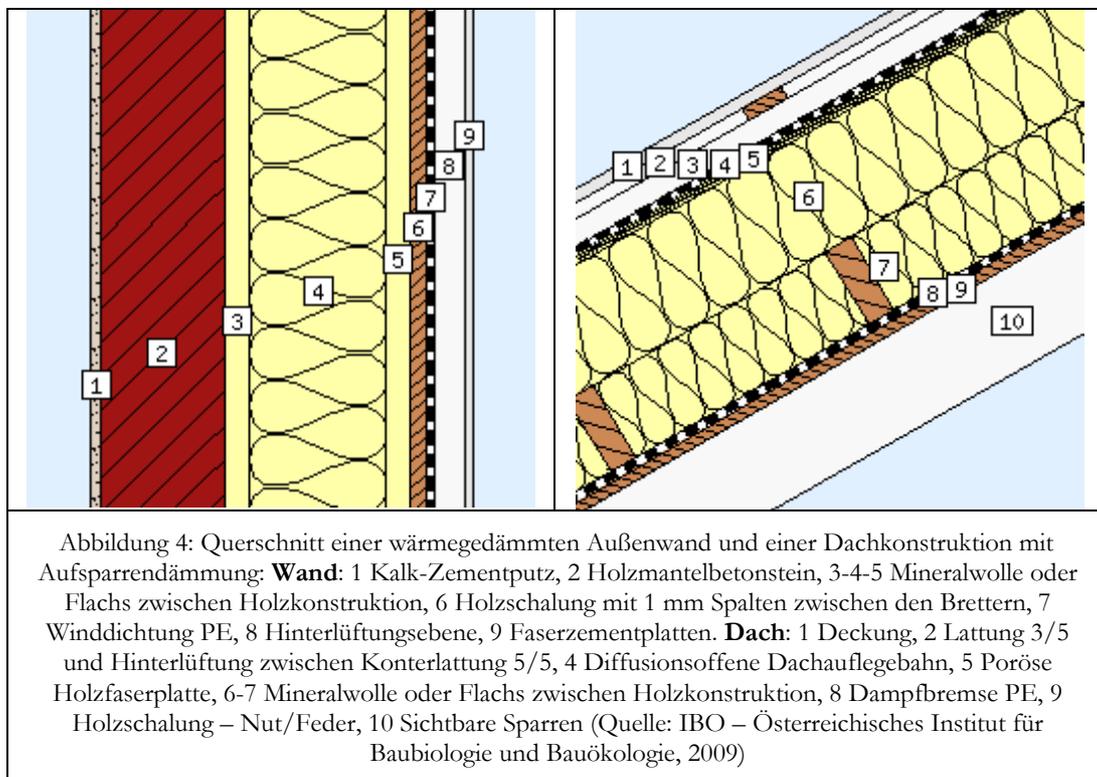
Abbildung 3: Die wichtigsten Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz bei der Beheizung und Kühlung der sanierten Wohnbauten in drei europäischen Klimazonen (Quelle: AEE INTEC, 2009)

6 Zehn Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz

6.1 Vollständige Wärmedämmung der Gebäudehülle

In allen Klimazonen besteht der Bedarf an wärmegeprägten Gebäuden, wobei sich die Stärke der Dämmschicht zwischen 5 cm im Süden und 40 cm in den nördlichen Teilen Europas bewegt.

Aus bauphysikalischen Gründen sollte die Dämmung an der Außenseite der Bauteile liegen (siehe Abbildung 4). Dies hat mehrere Gründe: Wärmebrücken können besser vermieden, Fensterrahmen einfacher überdämmt und die wärme- und feuchtigkeits-puffernde Wirkung der Bauteile weiterhin genutzt werden, weil sich diese innerhalb der thermischen Hülle befinden. Eine Innendämmung, die einen gewissen Verlust dieser Wirkung bedeutet, wird häufig bei denkmalgeschützten Gebäuden verwendet, wobei hier die bauphysikalischen Herausforderungen größer sind.



6.1.1 Einfluss auf die Energieeffizienz

Die Wärmedämmung der Gebäudehülle reduziert die Transmissionswärmeverluste und verhindert Wärmebrücken. Alleine dadurch kann der Energiebedarf des Gebäudes um 50-70% reduziert werden.

6.1.2 Sonstige Vorteile/Nachteile und Einfluss auf das Wohnraumklima

Wärmedämmung erhöht die thermische Behaglichkeit, da die innere Oberflächentemperatur der Bauteile steigt. Zusätzlich können Schäden an Bauteilen und Schimmel, hervorgerufen durch Kondensation an Wärmebrücken, vermieden werden. Die Speichermasse in Form von massiven Bauteilen hält das Gebäude nur dann effektiv warm

oder kalt, wenn sich die Wärmedämmung an der Außenseite des Gebäudes befindet (siehe auch Kapitel 6.5).

6.1.3 Kennwerte

Die charakteristische Kennzahl für die Wirkung der Wärmedämmung ist der U-Wert, auch als Wärmedurchgangskoeffizient bezeichnet (Einheit: W/m^2K). Er gibt die Leistung in Watt (W) an, die durch eine Fläche von $1 m^2$ des jeweiligen Bauteils bei einer Temperaturdifferenz der angrenzenden Schichten von 1 Kelvin ($^{\circ}K$) fließt [1]. Der U-Wert bewegt sich von $<0,2 W/m^2K$ (oder Passivhausstandard) in kühlen Klimaten bis zu $<0,5 W/m^2K$ in warmen Klimaten.

Der charakteristische Wert für den Effekt der Wärmebrücken ist der lineare Wärmebrückenkoeffizient ψ (Einheit: W/mK). Dieser ist definiert als der Leistungsfluss in Watt entlang einer Kante von 1 m, wenn die Temperaturdifferenz der angrenzenden Luftschichten 1 Kelvin ($^{\circ}K$) beträgt. Werte unter $0,05 W/mK$ sollten angestrebt werden [2].

6.1.4 Nachweis

Folgende internationale, europäische oder nationale Normen beinhalten dem Stand der Technik entsprechende Berechnungs- und Messmethoden hinsichtlich der Besonderheiten und Kennwerte der Wärmedämmung:

- EN ISO 6946 - Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren
- EN 15251 - Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden - Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik
- EN ISO 7730 - Ergonomie der thermischen Umgebung - Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Index und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit – ein Excel Tool vom Projekt SQUARE ist dazu erhältlich (siehe Anhang B)!
- EN ISO 10211 - Wärmebrücken im Hochbau - Wärmeströme und Oberflächentemperaturen - Detaillierte Berechnungen
- Genau technische Zeichnung sind nützlich, um Wärmebrücken identifizieren und beschreiben zu können!

6.1.5 Beispiele und Informationen

In allen SQUARE Pilotprojekten wird die Dämmung der Außenwände als wichtige Maßnahme angesehen und durchgeführt (siehe Abb. 5 und 6, und nationale Berichte [3]).



Abbildung 5: Vorgefertigte und wärmegeämmte Module am Dieselweg, Graz (Quelle: AEE INTEC)

<http://www.ibo.at/en/index.htm> and <http://www.baubook.at/phbtk/>:
Details für Passivhäuser – Ein Katalog von ökologisch bewerteten Konstruktionen
<http://www.impulsprogramm.de>:
Liste von Detailzeichnungen von wärmegeämmten Bauteilen.

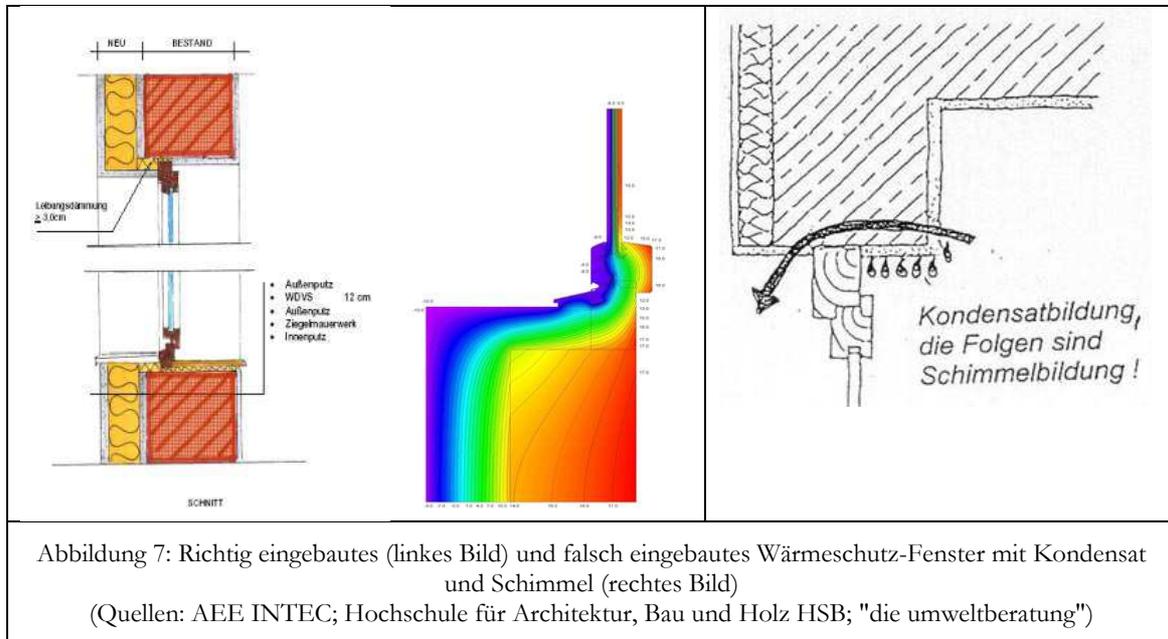


Abbildung 6: Dämmung und neue Fassade in Brogården/Schweden (linkes Bild) und Innendämmung wegen der Auflagen beim Dämmen einer historischen Fassade im Objekt San Juan de Malta/Spanien (Quellen: SP und TTA)

6.2 Thermisch optimierte Fenster und Türen

In allen europäischen Klimaten herrscht der Bedarf an besser dämmenden Verglasungen, Fenstern und Türen. Dies ist vor allem in der temperierten und kalten Klimazone sehr wichtig, aber auch in der warmen Klimazone werden Wärmeschutz-Verglasungen, -Fenster und -Türen wichtiger.

Nicht nur die Kennzahl des Wärmeschutzes von Fenstern und Türen allein ist sehr wichtig zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden, sondern auch der richtige Einbau derselben in die Gebäudehülle – außen liegende Überdämmung des Fensterrahmens, Dichte Anschlüsse zwischen Stock – Rahmen und Stock – Mauer, usw. - muss beachtet werden (Siehe Abbildung 7).



6.2.1 Einfluss auf die Energieeffizienz

Thermisch optimierte Fenster, Türen und andere transparente Bauteile reduzieren den Transmissionswärmeverlust und ernten "passive" Sonnenenergie. Alleine dadurch kann der Energiebedarf des Gebäudes um 20-25% reduziert werden.

6.2.2 Sonstige Vorteile/Nachteile und Einfluss auf das Wohnraumklima

Wärmegeämmte Fenster und Türen verringern den Energieeintrag durch die Verglasung im Sommer. Bei Sanierungen kann in einigen Fällen eine Reduktion der verglasten Fläche sinnvoll sein, um so die Transmissionswärmeverluste im Winter und die Überhitzungsgefahr im Sommer zu reduzieren (siehe auch Kapitel 6.4 und 6.5).

6.2.3 Kennwerte

U-Werte (definiert in Kapitel 6.1.3) für Fenster und Türen bewegen sich zwischen $<1 \text{ W/m}^2\text{K}$ (oder Passivhausstandard) in kalten Klimaten und $<3 \text{ W/m}^2\text{K}$ in warmen Klimaten.

Der charakteristische Kennwert für den Energieeintrag durch Fenster und Türen ist der so genannte g-Wert. Dieser erstreckt sich von 0,4 (sehr gute Wärmeschutz-Verglasung) bis hin zu 0,75 (normale Isolierverglasung) [4], was bedeutet, dass 40 bis 75% der Energie der Solarstrahlung durch das Fenster oder die Tür gelangt.

6.2.4 Nachweis

Folgende internationale, europäische oder nationale Normen beinhalten dem Stand der Technik entsprechende Berechnungs- und Messmethoden hinsichtlich der Besonderheiten und Kennwerte von Fenstern und Türen:

- EN ISO 10077 - Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen - Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert)
- EN 410 - Glas im Bauwesen - Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen (g-Wert)
- DIN 4108 - Wärmeschutz im Hochbau
- ÖNORM B 5320 - Bauanschlussfuge für Fenster, Fenstertüren und Türen in Außenbauteilen - Grundlagen für Planung und Ausführung

6.2.5 Beispiele und Informationen

Alle SQUARE-Pilotprojekte verwenden wärmegeämmte Fenster und Türen [3]. Beim Pilotprojekt Dieselweg Graz/Österreich wurden vorgefertigte, wärmegeämmte Fassadenmodule verwendet und die Fenster schon in der Fertigungshalle in die Module integriert (siehe Abbildung 8).

<http://www.ift-rosenheim.de/>:

Informationen, Überprüfung und Zertifizierung von Fenster

<http://www.ibo.at/en/index.htm> und <http://www.baubook.info/PHBTK/>:

Details für Passivhäuser – Ein Katalog von ökologisch bewerteten Konstruktionen



Abbildung 8: Dreischiebigenverglaste Wärmeschutzfenster mit einem U-Wert von $0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$, verwendet im Pilot-Projekt Brogården/Sweden (linkes Bild) und in die Module integrierte Passivhausfenster am Dieselweg Graz (Quellen: SP und AEE INTEC)

6.3 Luftdichtheit

In allen europäischen Klimaten, aber vor allem in der kalten und temperierten Klimazone, besteht die Notwendigkeit einer luftdichten Gebäudehülle.

Das wichtigste dabei ist die Entscheidung, wo die luftdichte Ebene platziert werden soll (innerhalb der Außenwand, zwischen neuer und alter Fassade, usw.), und wie Fenster, Türen und Gebäudedurchdringungen in die luftdichte Gebäudehülle integriert werden sollen (siehe Abbildung 9).

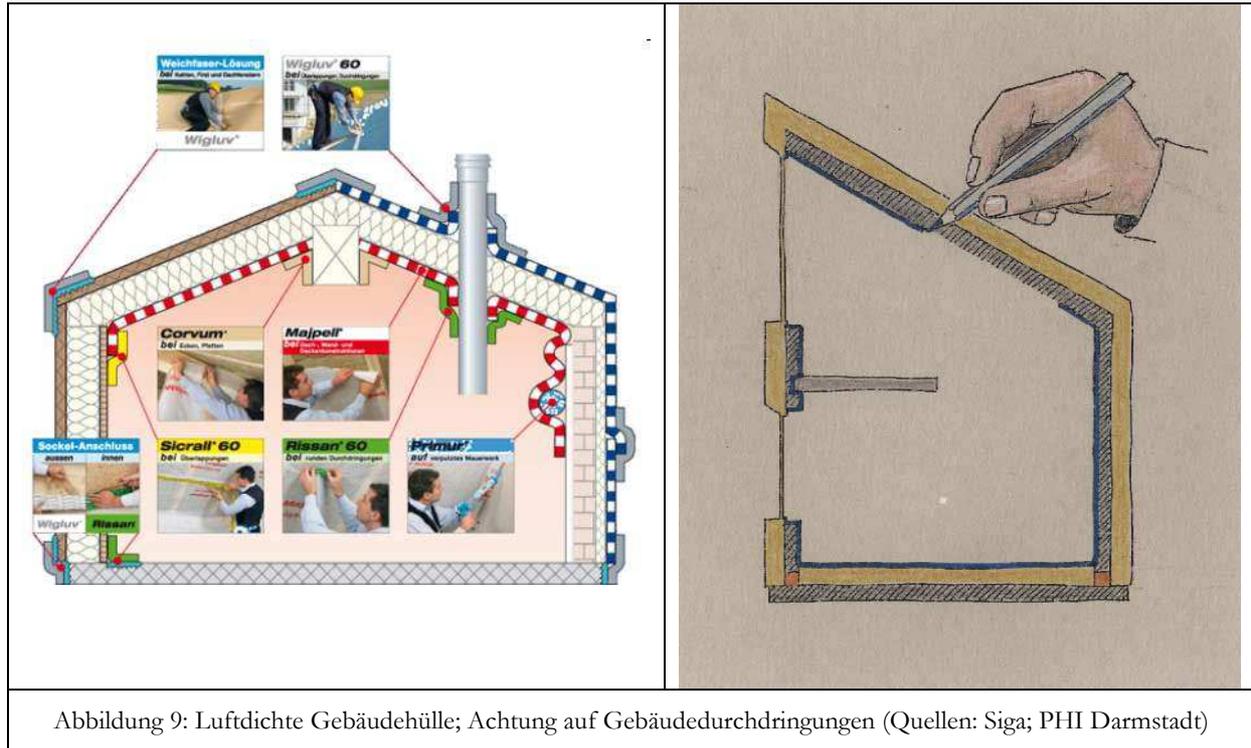


Abbildung 9: Luftdichte Gebäudehülle; Achtung auf Gebäudedurchdringungen (Quellen: Siga; PHI Darmstadt)

6.3.1 Einfluss auf die Energieeffizienz

Eine luftdichte Gebäudehülle reduziert die Lüftungswärmeverluste und vermeidet auch Verluste durch erneutes aufheizen von inneren, durch Zugluft abgekühlten, Oberflächen.

6.3.2 Sonstige Vorteile/Nachteile und Einfluss auf das Wohnraumklima

Luftdichtheit verhindert Schäden an Bauteilen und Schimmel, welcher auf Grund von Kondensatbildung an Leckagen entsteht. Beispielsweise dringen durch eine Leckage von 1 mm Breite und 1 m Länge bis zu 800 g Wasser/Tag (je nach rel. Feuchte) in die Konstruktion ein, bei einer luftdichten Gebäudehülle sind es nur etwa 0,5g/m²(!) und Tag [5].

Die luftdichte Ausführung des Gebäudes erhöht gleichzeitig auch den thermischen Komfort, denn die Luftgeschwindigkeit nahe Fenstern, Türen und anderen typischen Gebäudedurchdringungen wird deutlich verringert.

6.3.3 Kennwerte

Der charakteristische und gemessene Kennwert zur Überprüfung der Luftdichtheit ist der n_{50} -Wert, der über den so genannten „Blower Door Test“ ermittelt wird. Bei diesem Test wird die Luftwechselrate (Einheit: pro Stunde) des Gebäudes oder der Wohnung zuerst bei einem Unterdruck und anschließend bei einem Überdruck von 50 Pascal gemessen. Der Mittelwert aus diesen beiden Messungen ergibt den n_{50} -Wert. Bei Sanierungen sollte der n_{50} -Wert bei max. 1,5/h liegen (Passivhausstandard < 0,6/h) [2].

6.3.4 Nachweis

Folgende europäische Norm beinhaltet die dem neuesten Stand der Technik entsprechende Messmethode zur Bestimmung der Luftdichtheit:

- EN 13829 - Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren

6.3.5 Beispiele und Informationen

Eine luftdichte Gebäudehülle herzustellen ist vor allem bei Sanierungen eine der größten Herausforderungen (siehe dazu Berichte über die SQUARE-Pilotprojekte [3]).

<http://www.passiv.de/>: Informationen über die Anforderungen



6.4 Außenliegende Beschattung

Diese Maßnahme ist notwendig um den thermischen Komfort der Wohnräume auch in der warmen Saison gewährleisten zu können. Dies ist nicht nur für warme Klimate von großer Bedeutung, auch in gemäßigten und kalten Klimaten steigt diese an. Die Gründe dafür sind vielfältig wie z.B. die höheren internen Lasten (technische Ausrüstungen, Beleuchtung,...), die größeren südorientierten Fensterflächen, geringere Speichermassen und die steigenden Außentemperaturen im Sommer, vor allem während der Nacht.

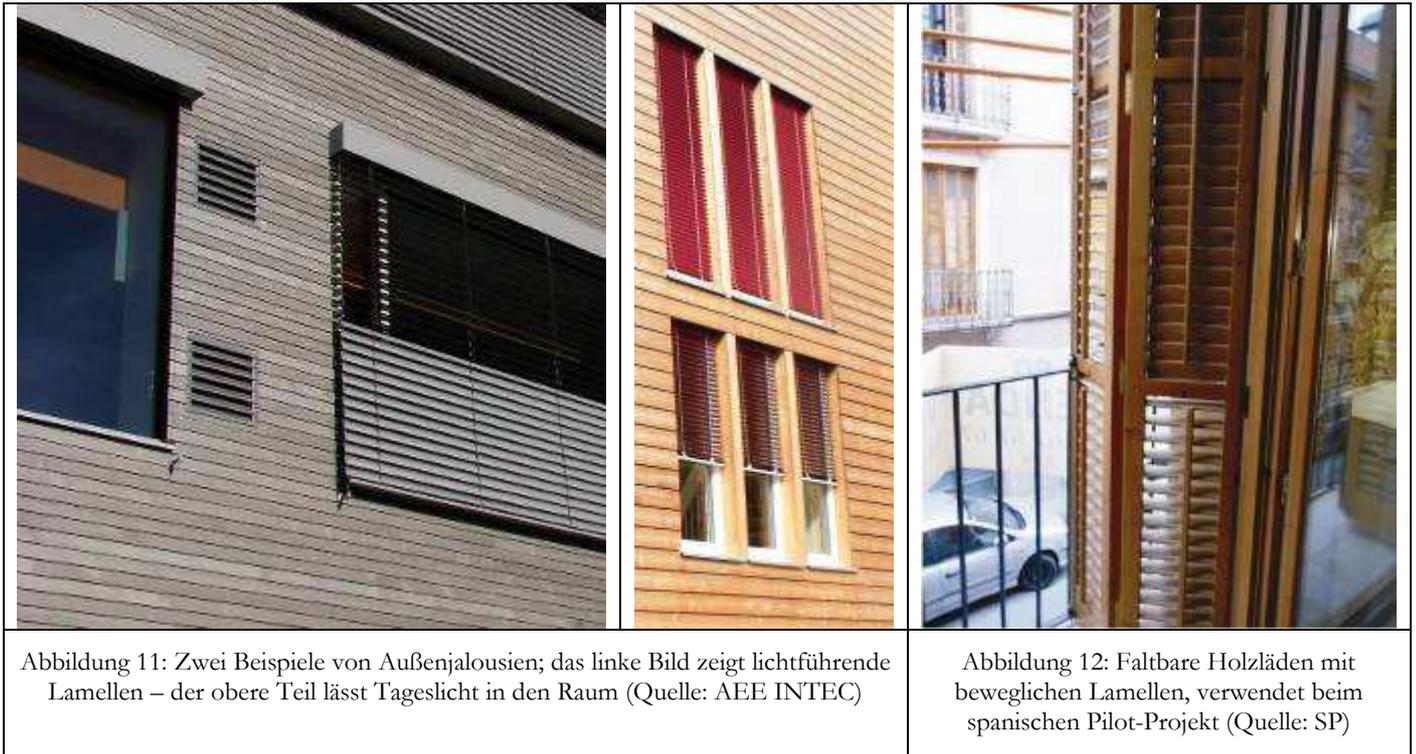


Abbildung 11: Zwei Beispiele von Außenjalousien; das linke Bild zeigt lichtführende Lamellen – der obere Teil lässt Tageslicht in den Raum (Quelle: AEE INTEC)

Abbildung 12: Faltbare Holzläden mit beweglichen Lamellen, verwendet beim spanischen Pilot-Projekt (Quelle: SP)

6.4.1 Einfluss auf die Energieeffizienz

Außenliegende Beschattungseinrichtungen reduzieren den Kühlbedarf, was wiederum den Einsatz von Kühlgeräten vermindert. Gleichzeitig kann durch Nutzung des Tageslichtes zur Beleuchtung Strom eingespart werden.

6.4.2 Sonstige Vorteile/Nachteile und Einfluss auf das Wohnraumklima

Die kombinierte Tageslichtnutzung reduziert den Stromverbrauch für die künstliche Beleuchtung. Außenliegende Beschattungseinrichtungen bedeuten Blend- und Reflexionsschutz und höheren Sommerkomfort für die BewohnerInnen.

6.4.3 Kennwerte

Der charakteristische Kennwert zur Darstellung der solaren Transmission von transparenten Bauteilen ist der $F_c(z)$ - oder T_s -Wert. Dieser sollte bei ca. 0,3 liegen, was bedeutet, dass maximal 30% der solaren Einstrahlung durch das Fenster, die Tür, etc. dringen.

Ein weiterer Kennwert wird verwendet, um die Tageslichtbedingungen in den Innenräumen abschätzen zu können. Der Tageslichtfaktor D ist ein sehr geläufiges und einfach feststellbares Maß für die subjektive Tageslichtqualität in einem Raum. Dieser beschreibt das Verhältnis der inneren zur äußeren Beleuchtungsstärke (Einheit: %). Je höher also D, desto mehr natürliches Licht ist im Raum vorhanden. Der Tageslichtfaktor D sollte in allen Räumen einen Wert größer 4 erreichen (bedeutet 4% der äußeren Beleuchtungsstärke).

6.4.4 Nachweis

Folgende internationale, europäische oder nationale Normen beinhalten dem Stand der Technik entsprechende Berechnungs- und Messmethoden zur Bestimmung der Kennwerte für Beschattung und Tageslicht:

- EN 14501 – Abschlüsse - Thermischer und visueller Komfort – Leistungsanforderungen und Klassifizierung
- ASTM E1084 - 86(2009) - Messung des Transmissionsgrades von Plattenwerkstoffen unter Sonnenbestrahlung
- ÖN B 8110-3 - Wärmeschutz im Hochbau - Wärmespeicherung und Sonneneinflüsse
- DIN 5034-4 - Tageslicht in Innenräumen – Teil 4: Vereinfachte Bestimmung von Mindestfenstergrößen für Wohnräume
- VDI 6011-1 - Optimierung von Tageslichtnutzung und künstlicher Beleuchtung - Grundlagen

6.4.5 Beispiele und Informationen

In den SQUARE Pilotprojekten werden unterschiedliche Beschattungseinrichtungen verwendet [3].

<http://www.keep-cool.eu/CM.php>: thermischer Komfort in Gebäuden auch im Sommer

<http://www.es-so.com/en/Solar-shading/types-of-shading-devices.html>: unterschiedliche Arten von Beschattungen

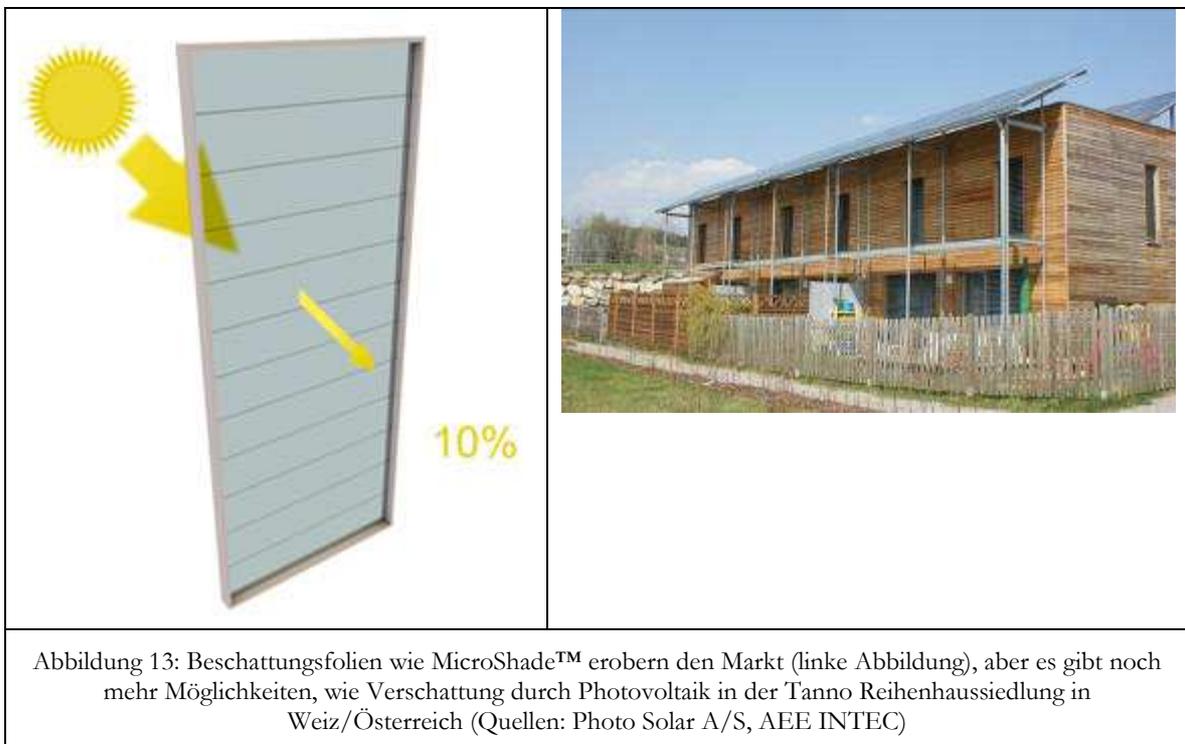


Abbildung 13: Beschattungsfolien wie MicroShade™ erobern den Markt (linke Abbildung), aber es gibt noch mehr Möglichkeiten, wie Verschattung durch Photovoltaik in der Tanno Reihenhaussiedlung in Weiz/Österreich (Quellen: Photo Solar A/S, AEE INTEC)

6.5 Natürliche Kühlung

In warmen Klimaten spielen hinterlüftete Dächer und helle Gebäudeoberflächen eine wichtige Rolle beim Überhitzungsschutz (siehe Abbildung 14). Die natürliche Querlüftung (Abbildung 14 rechts), zusammen mit Außendämmung und internen Speichermassen, halten in gemäßigten und kühleren Klimaten ein geeignetes Wohnraumklima auch während der Sommersaison aufrecht.

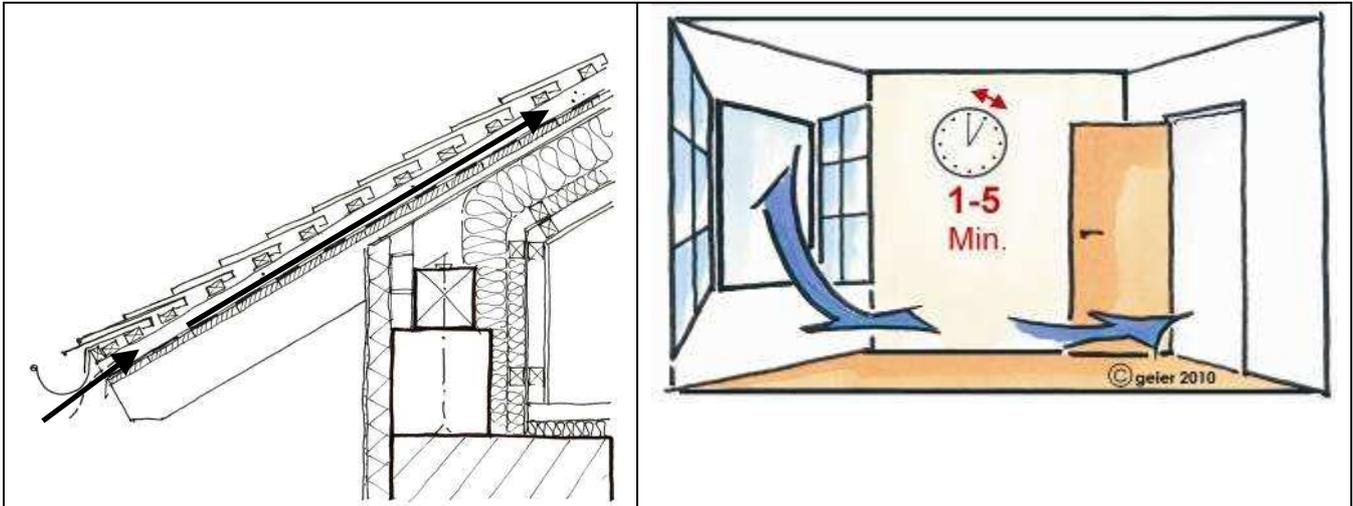


Abbildung 24: Hinterlüftete Dachkonstruktion und Querlüftung sind Maßnahmen für die natürliche Gebäudekühlung
(Quellen: AEE INTEC)

6.5.1 Einfluss auf die Energieeffizienz

Maßnahmen zur natürlichen Gebäudekühlung reduzieren den Kühlbedarf des Gebäudes. Es sollte nicht notwendig sein, aktive Kühlsysteme in Wohngebäuden zu installieren.

6.5.2 Sonstige Vorteil/Nachteile und Einfluss auf das Wohnraumklima

Helle Fassaden und Dächer vermeiden Materialermüdung und -schäden, weil sie das Sonnenlicht stark reflektieren. Die natürliche Querlüftung ist vor allem im Sommer eine Alternative zu einem mechanischen Lüftungssystem und soll ganz bewusst auch in einem Passivhaus möglich sein. Die Querlüftung kühlt dabei die Speichermasse über Nacht aus. Die Speichermasse sorgt dann dafür, dass die Räume im Sommer kühl und im Winter warm gehalten werden.

6.5.3 Kennwerte

Für eine effektive Hinterlüftung des Daches muss der Spalt zwischen äußerem (Kalt-) und innerem (gedämmtem) Dach mindestens 2 cm betragen.

Eine Querlüftung ist nur dann möglich, wenn Fenster in gegenüberliegenden Gebäudeteilen oder benachbarten Räumen komplett geöffnet werden können.

Die Temperaturausgleichende Wirkung der Speichermasse in einem Raum ist dann ausreichend, wenn die Masse 1.500 bis 5000 kg pro m² südorientierter Energieimmissionsfläche (→ Fenster, Türen und andere Verglasungen) beträgt.

6.5.4 Nachweis

Folgende internationale, europäische oder nationale Normen beinhalten dem Stand der Technik entsprechende Berechnungs- und Messmethoden, Besonderheiten und Kennwerte:

- EN 12792 - Lüftung von Gebäuden - Symbole, Terminologie und graphische Symbole
- EN ISO 13786 - Wärmetechnisches Verhalten von Bauteilen - Dynamisch-thermische Kenngrößen - Berechnungsverfahren
- DIN 4108 – Wärmeschutz im Hochbau
- ÖNORM B 8110-3 - Wärmeschutz im Hochbau - Wärmespeicherung und Sonneneinflüsse
- Gebäude-Simulationen (v.a. für die Wärmespeicherung, Querlüftung,...)

6.5.5 Beispiele und Informationen

Das spanische Pilot-Projekt verwendete ein hinterlüftetes, gedämmtes Dach, um die Oberflächentemperatur im Sommer zu reduzieren. Am Dach wird auch Regenwasser gesammelt (siehe Abbildung 15 and [3]).



Abbildung 35: Hinterlüftetes Dach des spanischen Pilot-Projektes St Joan de Malta/Barcelona (Quelle: TTA)

<http://www.ziegel.at/main.asp?content=technik/Waerme/waermesp.htm>:

Informationen zum sommerlichen Wärmeschutz

<http://www.keep-cool.eu/CM.php>: Sommertauglichkeit von Gebäuden

6.6 Anleitungen für BewohnerInnen und NutzerInnenverhalten

Jeder Sanierungsprozess von Wohngebäuden ist zu allererst eine technische und organisatorische, in weiterer Folge aber auch eine soziale und kommunikative Herausforderung, denn die BewohnerInnen müssen zur tatsächlichen Erreichung der Energieeffizienz und des besseren Wohnraumklimas dementsprechend betreut und beraten werden, auch nach Fertigstellung. Verständnis für die Arbeiten während der Sanierung und

für die Anwendungen nach der Sanierung ist von großer Bedeutung, um einen umfassenden Erfolg des Prozesses zu erzielen.

Es ist sehr wichtig, dass den BewohnerInnen Hilfestellungen und Informationen gegeben werden, damit sie verstehen, mit welchen Systemen sie es zu tun haben (Haustechnik, Stromverbrauch unterschiedlicher Geräte, Lüftungssystem,...). Da wir ja von Energieeffizienz sprechen, müssen auch die Interessen und Probleme der BewohnerInnen beachtet werden.



Abbildung 16: Kommunikation vor der Sanierung und Besichtigung vor Ort
(Quellen: AEE INTEC; LBS Feldbach, Dir. Peter Friedl)

6.6.1 Einfluss auf die Energieeffizienz

Information und Kommunikation senken indirekt den Endenergieverbrauch der BewohnerInnen, wenn diese die technische Ausrüstung und die Wartungserfordernisse besser verstehen. Das trägt auch zur „Optimierung“ der internen Energiegewinne bei.

6.6.2 Sonstige Vorteile/Nachteile und Einfluss auf das Wohnraumklima

Anleitungen für die NutzerInnen erhöhen das Bewusstsein für die Notwendigkeit von Sanierungen und den Betrieb der Gebäude. Wenn die BewohnerInnen ihr traditionelles Verhalten im Umgang mit Lüftung, Heizung und elektrischen Geräten ändern, dann tragen sie zur allgemeinen Energieeinsparung der Haushalte bei. Kontinuierliche Kommunikation mit den BewohnerInnen stärkt den Kontakt zwischen den Wohnbaugesellschaften und ihren MieterInnen.

6.6.3 Kennwerte

Die Information und Kommunikation mit den BewohnerInnen sollte regelmäßig vor, während und nach der Sanierung (ähnlich der Kommunikation zwischen Unternehmen innerhalb eines QS-Systems) aufrecht erhalten werden.

Ein technisches Beispiel: Wenn ein Gebäude nach der Sanierung im Inneren mehr natürliches Tageslicht bietet, und sich die BewohnerInnen daran gewöhnt haben, Beleuchtungen und technische Geräte der Energieklasse A oder besser (A+, A++) zu verwenden, kann der Stromverbrauch auf ein Fünftel reduziert werden. Zusätzlich entsteht ein positiver Nebeneffekt: Überhitzungsprobleme im Sommer werden durch die geringeren internen Lasten so ebenfalls reduziert.

6.6.4 Nachweis

- Bedienungsanleitungen (Haustechnik, technische Geräte)
- Intelligente Zähler, Messeinrichtungen

- EU Energielabel und Umweltzeichen

6.6.5 Beispiele und Informationen

In allen SQUARE Pilotprojekten wurde auf unterschiedlichste Weise versucht, den BewohnerInnen Informationen und Anleitungen zu geben (siehe Abbildung 17 und [3]).

Weitere Informationen wie Fragebögen und NutzerInnen-Anleitungen finden sich im SQUARE-Leitfaden [6].

www.topprodukte.at: Energieeffiziente Geräte

www.hausderzukunft.at: Studien über BewohnerInnenbeteiligung während Sanierungen



6.7 Optimiertes Heizungssystem

In kalten und temperierten Klimaten sollte die Minimierung der Wärmeverluste des Heizungssystems ein klares Ziel sein. Gedämmte Heizungsrohre, Niedertemperaturheizung (wie am Dieselweg, Gaz - siehe Abbildung 19), richtig dimensionierte Heizkessel (Heizlast), neueste Heizungskessel- (siehe Abbildung 18) und Speichertechnologie und die Verwendung von Brennwertgeräten sind Beispiele, wie die Leistung des Heizungssystems optimiert werden kann.

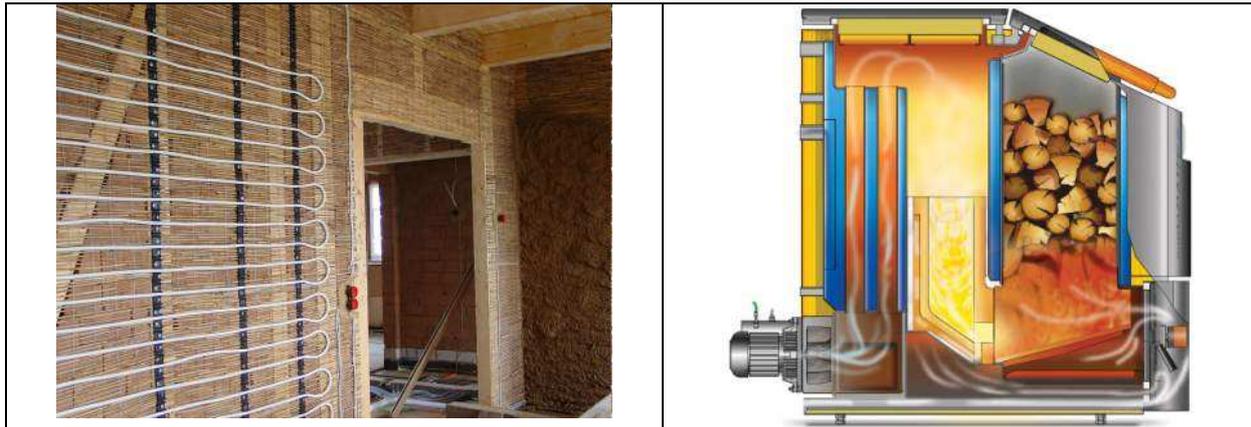


Abbildung 18: Wandheizung (=Niedertemperaturheizsystem) und neueste Heizkesseltechnologie, rechts ist ein Scheitholzkessel dargestellt, erhöhen den Jahresnutzungsgrad des Heizungssystems
(Quellen: natürlich bauen GmbH, Guntamatic)

6.7.1 Einfluss auf die Energieeffizienz

Ein optimiertes Heizungssystem reduziert den Energieverbrauch für die Heizung.

6.7.2 Sonstige Vorteile/Nachteile und Einfluss auf das Wohnraumklima

Der Wirkungsgrad z.B. einer thermischen Solaranlage steigt, wenn die Wärme über eine Niedertemperaturheizung wie Fußboden- oder Wandheizsystem im Gebäude abgegeben werden kann. Denn auch im Winter ist es möglich, 40°C bis 50°C Vorlauftemperatur mit Hilfe einer thermischen Solaranlage zu erreichen, Temperaturen von 60°C oder 70°C für konventionelle Wärmeabgabesysteme jedoch nicht. Niedertemperaturheizungen bewirken einen hohen thermischen Komfort in den Wohnräumen, da die Wärme durch Strahlung und nicht durch Konvektion abgegeben wird, was viel behaglicher ist.

6.7.3 Kennwerte

Wenn Heizkessel älter als 15 Jahre sind, sollten diese gegen neue Geräte getauscht oder der Austausch zumindest geprüft werden, wobei die neuen Geräte einen hohen Wirkungsgrad erzielen müssen (mind. 90%).

Das Heizungssystem muss ebenfalls mit einem hohen Jahresnutzungsgrad betrieben werden (Öl, Gas, Holz mind. 75%, Wärmepumpen >4, thermische Solaranlagen >35%).

Energieeffiziente Umwälzpumpen sollten eingesetzt, Warmwasserleitungen gedämmt und Vorlauftemperaturen von 25°C bis 55°C erreicht werden (Niedertemperaturheizung).

6.7.4 Nachweis

Folgende internationale, europäische oder nationale Normen beinhalten dem heutigen Stand der Technik entsprechende Berechnungs- und Messmethoden von Heizungsbesonderheiten und -kennwerten:

- EN 12831 - Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast
- HerstellerInnenzertifikate (technische Wirkungsgrade)
- Messungen zur Ermittlung des Jahresnutzungsgrades
- ÖNORM H 5056 - Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Heiztechnik-Energiebedarf

- ÖNORM M 7753, 7755, 7760 and 7763 – nationale Normen für unterschiedliche Wärmepumpen

6.7.5 Beispiele und Informationen

Alle SQUARE Pilot-Projekte haben ihre Heizungssysteme optimiert und verwenden neuste Kesseltechnologie. Die Systeme wurden auf Niedertemperatur oder Luftheizung umgestellt. Die Rohrleitungen wurden gedämmt und teilweise Solarenergie eingesetzt[3].

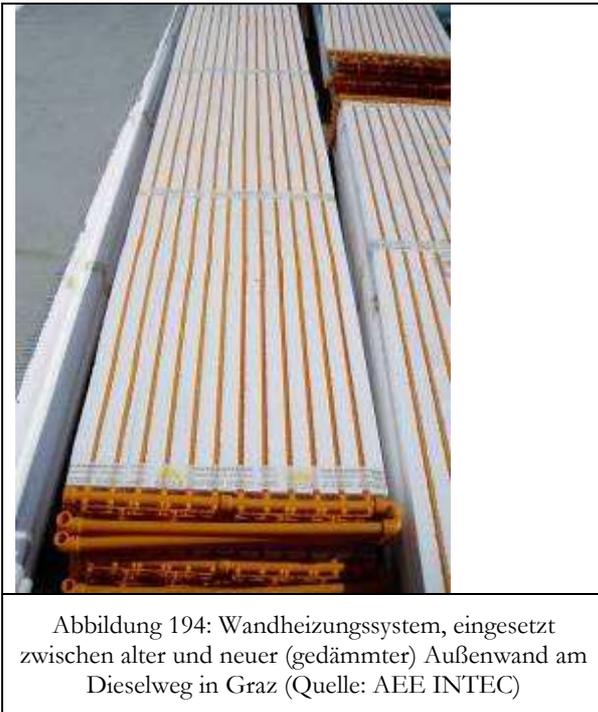


Abbildung 194: Wandheizungssystem, eingesetzt zwischen alter und neuer (gedämmter) Außenwand am Dieselweg in Graz (Quelle: AEE INTEC)

6.8 Einsatz Erneuerbarer Energieträger

In allen europäischen Klimazonen sollten erneuerbare Energieträger eingesetzt werden. Mit Ausnahme der tiefen geothermischen Energie, haben alle ihren Ursprung in der Sonne. Wenn lokal verfügbar, dann ist in kälteren Klimaten der Einsatz von Wind-, Wasser- (Lauf- und Speicherkraftwerke), Meereswellen- und Gezeiten-Energie sowie von tiefer geothermischer Energie und Biomasse wie Holz (siehe Abbildung 20) den thermischen Solaranlagen und der Photovoltaik wirtschaftlich gesehen vorzuziehen. Diese werden hauptsächlich in warmen und gemäßigten Klimaten eingesetzt.

Das Bewusstmachen des Potenzials lokal vorhandener Energiequellen und der dezentralen Energiebereitstellung ist eine wichtige Voraussetzung, um von den fossilen Brennstoffen unabhängig zu werden, die lokale Wirtschaft zu fördern und auf lange Sicht die Treibhausgase deutlich zu reduzieren.

Die Energieerzeugung durch alle Arten von Wärmepumpen kann nur dann als erneuerbar eingestuft werden, wenn der Strom für den Betrieb des Kompressors ökologisch erzeugter Strom wie z.B. Wind- oder Wasserkraftstrom ist.



Abbildung 20: Scheitholz und Hackschnitzelkessel (Quellen: AEE INTEC)

6.8.1 Einfluss auf die Energieeffizienz

Erneuerbare Energieträger ersetzen fossile Brennstoffe und fossile Energieträger, und reduzieren somit den Primärenergieverbrauch.

6.8.2 Sonstige Vorteile/Nachteile und Einfluss auf das Wohnraumklima

Der Einsatz effizienter Technologien basierend auf erneuerbaren Energieträgern trägt wesentlich zur Reduktion der CO₂-Emissionen bei.

Des Weiteren ist es auch viel angenehmer, das von der Sonne gewärmte Wasser zu “spüren” oder ein Holzfeuer zu betrachten und knistern zu hören, als ständig das Heizöl aus dem Keller zu riechen...

6.8.3 Kennwerte

Mögliche Anforderung für eine anstehende Sanierung: 100% des Endenergiebedarfs des Gebäudes sollten über erneuerbare Energieträger gedeckt werden.

Der Primärenergiebedarf und die damit einhergehenden CO₂-Emissionen sollten darüber hinaus begrenzt werden (wie z.B. Primärenergiebedarf von max. 120 kWh/m² für Passivhäuser, festgelegt vom PHI Darmstadt, Deutschland!).

6.8.4 Beispiele und Informationen

Im österreichischen SQUARE-Pilotprojekt werden thermische Solaranlagen (siehe Abbildung 21) und Wärmepumpen in Kombination mit Pufferspeichern verwendet [3].

Internationale Links zum Thema (siehe auch den SQUARE-Leitfaden [6]):

www.estif.org: für Technologien und Produkte zum Thema „solares Heizen und Kühlen“

www.epia.org: für Photovoltaik

www.heatpumpcentre.org: für Wärmepumpentechnologien

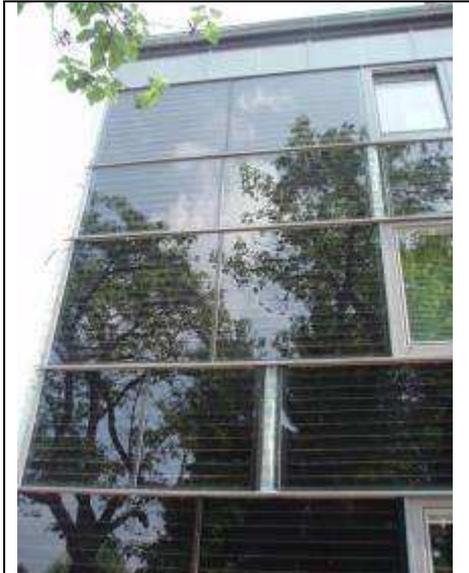


Abbildung 21: Solarthermische Fassadenkollektoren am Dieselweg in Graz (Quelle: AEE INTEC)

6.9 Optimierung der Heizungsregelung

Die beste Heizungsregelung ist jene, welche die richtige Wärmemenge zur richtigen Zeit am richtigen Ort zur Verfügung stellt.

Jeder einzelne Raum sollte einen eigenen Heizkreis oder eigene Lüftungsauslässe besitzen, um so eine separate Steuerung möglich zu machen. Ein Heizungssteuerungssystem von hoher Qualität korrespondiert jederzeit mit der Außentemperatur, der Raumtemperatur und der Kessel- oder Vorlauftemperatur des Heizungssystems.

Neue intelligente Systeme zur Energiemessung und -zählung sind imstande, jedes einzelne Gerät oder jeden einzelnen Teil des Heizsystems separat zu regeln, sie integrieren u.a. Wettervorhersagen. Um z.B. genau dann Energie zuzuführen, wenn es am besten für das Energieangebot im Netz und das Budget der NutzerInnen ist.



Abbildung 22: Thermostatventil und Außentemperatursensor (Quellen: AEE INTEC, Star)

6.9.1 Einfluss auf den Energieverbrauch

Eine optimierte Heizungsregelung reduziert den Energieverbrauch der Heizung durch die Anhebung des Jahresnutzungsgrades des Gesamtsystems.

6.9.2 Sonstige Vorteile/Nachteile und Einfluss auf das Wohnraumklima

Das Steuerungssystem erhöht den thermischen Komfort durch die Optimierung der Zeiten der Wärmebereitstellung in den unterschiedlichen Teilen des Wohngebäudes. Dadurch kann das Überhitzen (besonders in den nach Süden ausgerichteten Räumen) und das Auskühlen ungünstig gelegener Räume verhindert werden.

6.9.3 Kennwerte

Als Beispiel für eine gut eingestellte Heizungsregelung kann das Absenken der Temperatur von einzelnen Räumen während der Nacht und bei Abwesenheit angesehen werden. Eine Reduktion der Raumtemperatur von 1 °C bedeutet eine Reduktion des Energieverbrauchs um bis zu 6%.

Wie oben erwähnt sollte es deshalb möglich sein, jeden Raum bzw. Heizkreis unabhängig zu regeln mit Außentempersensoren in Kombination mit Heizkörperthermostatventilen oder Raumthermostaten (siehe auch Abbildung 22 und 23).

6.9.4 Nachweis

Folgende europäische Normen beinhalten die dem heutigen Stand der Technik entsprechenden Berechnungs- und Messmethoden zu den Besonderheiten und Kennwerten der Heizungssteuerung:

- EN 215 - Thermostatische Heizkörperventile - Anforderungen und Prüfung
- EN 60730 - Automatische elektrische Regel- und Steuergeräte für den Hausgebrauch und ähnliche Anwendungen



Abbildung 23: Wärmeverteiler- und integriertes Steuerungssystem (Quelle: AEE INTEC)

6.9.5 Beispiele und Informationen

In allen SQUARE-Pilotprojekten wurden überarbeitete Steuerungssysteme eingesetzt [3].

Erkundigen Sie sich bei EnergieberaterInnen, diese besitzen meist viel Know-how im Umgang mit der Heizungssteuerung.

6.10 Optimiertes Lüftungssystem

Ein gut geplantes und installiertes Lüftungssystem bietet die beste Voraussetzung für ein gutes Wohnraumklima. In allen europäischen Klimazonen besteht der Bedarf an hochwertigen Lüftungsanlagen, welche alle hygienischen und energetischen Anforderungen erfüllen. Ein energieeffizienter Betrieb des Lüftungssystems wird über eine Wärmerückgewinnung mittels Luftwärmetauscher erreicht (siehe Abbildungen 24 und 25). In gemäßigten Klimaten ist zusätzlich zur Wärmerückgewinnung der Einsatz eines Erdwärmetauschers zur Vorwärmung der Außenluft gebräuchlich.

In warmen sowie gemäßigten Klimaten ist es üblich, das Lüftungssystem auch zur Kühlung der Räume während der heißen Monate zu verwenden: die durch innere Lasten aufgeheizten Räume werden dabei mit der „kühleren“ Außenluft („free-cooling“) belüftet. In diesem Fall wird die Wärmerückgewinnung mit einem Bypass umgangen und die kühlere Luft so in den Raum gebracht.



6.10.1 Einfluss auf den Energieverbrauch

Wenn das Lüftungssystem mit einer Wärmerückgewinnung ausgestattet ist, dann werden die Lüftungs-Wärmeverluste reduziert. Alleine dadurch kann der Energiebedarf des Gebäudes um 10 bis 20% reduziert werden.

Des Weiteren kann der Kühlbedarf vor allem in wärmeren Klimaten minimiert werden, vor allem dann, wenn ausreichend Speichermasse da ist.

6.10.2 Sonstige Vorteile/Nachteile und Einfluss auf das Wohnraumklima

Durch den konstanten Luftaustausch in den Räumen, kann mit Hilfe der kontrollierten mechanischen Be- und Entlüftung die Qualität der Raumluft erhöht werden. Bauschäden durch Kondensation und feuchte Bauteile können ebenfalls vermieden werden. Zusätzlich können Bakterien, Pollen und Luftverschmutzungen aus der Zuluft entfernt werden. Wenn die Wohnraumluft durch das Lüftungssystem in der Wintersaison zu trocken ist, dann können eine Feuchterückgewinnung oder auch Pflanzen dieses Problem lösen.

6.10.3 Kennwerte

Der spezifische, durchflussabhängige Stromverbrauch der Lüftungsanlage sollte unter $0,4 \text{ Wh/m}^3$ liegen.

Die Luftwechselrate (Einheit: 1/h) sollte größer als 0,3 /h sein. Das bedeutet, dass mehr als 30% des Raumvolumens pro Stunde ausgetauscht werden müssen.

In einigen Ländern wird die CO₂-Konzentration als charakteristischer Kennwert zur Beurteilung der Raumluftqualität herangezogen. Diese sollte dann unter 800 ppm liegen.

Einige weitere Qualitätskriterien des mechanischen Be- und Entlüftungssystems könnten folgende sein: Temperatur der Zuluft in die Räume größer als 16,5 °C, Luftgeschwindigkeit unter 0,15 m/s.

Die relative Luftfeuchtigkeit in Wohnbauten sollte während der Heizsaison in einem Bereich von 45 bis 60% liegen (im Sommer unterhalb von 55%) – dies gilt vor allem für warme und gemäßigte Klimate.

Der Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung (Wärmebereitstellungsgrad) sollte größer 70% sein.

Der Luftwärmetauscher der Wärmerückgewinnung darf nicht einfrieren. Daher sollte ein Erdwärmetauscher zur Vorwärmung der Außentemperatur mit einem Wirkungsgrad von 20% oder mehr verwendet werden. Die Außenluft kann alternativ auch über einen Heizkreis frostfrei gehalten werden.

6.10.4 Nachweis

Folgende internationale, europäische oder nationale Normen beinhalten, dem heutigen Stand entsprechende, Berechnungs- und Messmethoden für die Besonderheiten und Kennwerte von Lüftungsanlagen:

- EN 13141 - Lüftung von Gebäuden - Leistungsprüfungen von Bauteilen/Produkten für die Lüftung von Wohnungen
- EN 12599 - Lüftung von Gebäuden - Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebauter raumlufttechnischer Anlagen
- EN 13053 - Lüftung von Gebäuden - Zentrale raumlufttechnische Geräte - Leistungskenndaten für Geräte, Komponenten und Baueinheiten
- ANSI/ASHRAE- Normen Nr. 62 und viele andere (mechanische Belüftung)
- VDI 2071 - Wärmerückgewinnung in Raumlufttechnischen Anlagen
- Herstellerzertifikate (Wärmerückgewinnung)
- Spanische Normen CTE und RITE (“free cooling”)

6.10.5 Beispiele und Informationen

Alle SQUARE-Pilotprojekte verwenden Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung als wichtige Maßnahme zur Verbesserung der Energieeffizienz und der Wohnraumqualität [3].

www.komfortlüftung.at: Qualitätskriterien für Lüftungsanlagen in Mehrfamilienhäusern
http://www.engineeringtoolbox.com/ventilation-systems-t_37.html: ein Beispiel einer technischen Information



Abbildung 25: Große Lüftungsanlage mit integrierter Wärmerückgewinnung (Quelle: AEE INTEC)

7 Schlussfolgerungen und weitere Informationen

Die SQUARE-Pilotprojekte zeigen, dass viele einzelne Maßnahmen zu einer Verbesserung der Energieeffizienz führen. Das Arbeitspaket 5 hat versucht, die wirksamsten Maßnahmen zu beschreiben, die zugleich den wenigsten Aufwand in der Sanierung bedeuten.

Tabelle 4 fasst die zwei Stufen „Grundlegende“ und „Aktive“ Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz für die in SQUARE beschriebenen, unterschiedlichen Klimate zusammen.

Tabelle 4: Die wichtigsten "Grundlegenden" und "Aktiven" Maßnahmen für die drei Klimazonen (Quelle: AEE INTEC, bestätigt von den einzelnen SQUARE Partnern)

	W warm	T temperiert	C kühl
Grundlegende, gebäudebezogene Maßnahmen	Außenliegende Verschattung und natürlichen Kühlung	Vollständige Außendämmung und Luftdichtheit	Vollständige Außendämmung und thermisch optimierte Fenster/Türen
	Vollständige Außendämmung und Speichermassen	Thermisch optimierte Fenster/Türen und externe Verschattung	Luftdichtheit
Aktive, haustechnikbezogene Maßnahmen	Optimiertes Lüftungssystem mit „free-cooling“ im Sommer...	Optimiertes Lüftungssystem mit Wärmerückgewinnung und Erdwärmetauscher	Optimiertes Heizungssystem und Einsatz erneuerbarer Energieträger
	...und Wärmerückgewinnung im Winter	Optimiertes Heizungs- und Regelungssystem, Einsatz erneuerbarer Energieträger	Lüftungssystem mit Wärmerückgewinnung

Wie hier gezeigt wurde, ist eine energetische Verbesserung mehr als nur die Reduktion des Energieverbrauchs. Weil dabei auch das Wohnraumklima und das Wohlbefinden der BewohnerInnen beeinflusst wird, ist es auf jeden Fall empfehlenswert mehr in die Detailplanung zu gehen und mehr Zeit für die Definition von Anforderungen für den Sanierungsprozess (für Bau- und Nutzungsphase) zu investieren.

Weitere Informationen:

Im Folgenden finden Sie einige österreichische Internetseiten an, welche Maßnahmen und Anforderungen zur Erreichung der Energieeffizienz von sanierten Gebäuden enthalten:

<http://www.hausderzukunft.at/> (Österreichische Studien über unterschiedliche Gebäudeaspekte)

<http://energytech.at/> (Österreichische Plattform für innovative Technologien auf dem Gebiet der Energieeffizienz und des Einsatzes erneuerbarer Energieträger)

<http://www.energyagency.at/> (Österreichische Energieagentur mit vielen Informationen über das Fachgebiet „energieeffiziente Gebäude“, Beratungsorganisationen und Förderungen)

<http://www.oegnb.net/> (Österreichische Plattform zur “total quality” Bewertung mit Leitfaden zur Beurteilung [7])



Abbildung 26: Eine der sinnvollsten Maßnahmen - Dämmung der Außenwände (Quelle: Arch. DI Erwin Kaltenegger)

8 Literaturverzeichnis

- [1] IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie (2009): Passivhaus-Bauteilkatalog – Ökologisch bewertete Konstruktionen. Wien/Springer-Verlag
- [2] Energieinstitut Vorarlberg in Zusammenarbeit mit IBO im Auftrag des BMLFUW (16.02.2009): Technische Erläuterungen. Kriterien zum klima:aktiv haus für Wohngebäudesanierungen. Version 1.1, Österreich
- [3] SQUARE-Projektpartner (2009): National pilot project reports. Berichte 6:1 - SQUARE Arbeitspaket 6 - Pilotprojekte. Interne Berichte und Informationen von den SQUARE-Projekttreffen
- [4] Forschungsgesellschaft Joanneum – Institut für Energieforschung, K. Frey, J. Haas, K. Könighofer (Ausgabe 1994): Handbuch für Energieberater. Graz, Österreich
- [5] Umweltschutzverein Bürger und Umwelt, "die umweltberatung", Manfred Sonnleithner (2006): Passiv- und Niedrigenergiehäuser, Seite 20, 3. überarbeitete Auflage. St. Pölten, Österreich
- [6] SP Technical Research Institute of Sweden, Peter Kovacs und Kristina Mjörnell (2009): A guide to quality assurance for improvement of indoor environment and energy performance when retrofitting multifamily houses, SQUARE Arbeitspaket 4. Borås, Schweden
- [7] Österreichisches Ökologie-Institut, Susanne Geissler, und Kanzlei Dr. Bruck, Manfred Bruck (August 2002): Leitfaden für die TQ Bewertung, Version 2.0. Wien, Österreich

A Energieeffiziente Maßnahmen - Dokumentation



Object / country:

Evaluation of energy improvement measures by the terms of the Directive 2002/91/EC (on the energy performance of buildings) and the ISO 7730 (Ergonomics of the thermal environment)

Comparison of CALCULATED values: before retrofit after retrofit national target (if there is)

U-values / structures of building components

- Outer walls
- Top ceiling
- Ground floor or floor towards cellar
- Window pane
- Window frame

Operative temperature:

Standard outside temperature:

	[°C]
--	------

Internal surface temperatures of

- Outer walls
- Top ceiling
- Ground floor or floor towards cellar
- Windows

Heat bridges (option I)

- Internal surface temperatures
- Linear thermal transmittance ψ

Comparison of CALCULATED OR MEASURED values:

Energy demand for heating

- Calculated energy demand for heating (EPBD)
- Measured energy demand for heating (bills)*
- (*not possible in the case of combined DHWC and heating systems)
- Fuel for heat production

Comparison of MEASURED values (if available):

- CO₂ - concentration of indoor air
- Indoor air humidity R.H.
- Air temperature
- Internal surface temperatures
 - Outer walls
 - Top ceiling
 - Ground floor or floor towards cellar
 - Windows
- Air tightness (n_{50})
- Air flow rate ensured by ventilation system
- Heat recovery rate of ventilation system
- Thermographic views

PLANS, DRAWINGS to be delivered:

Radiation asymmetry

- Floor plans
- Section view

Heat bridges (option II)

- Detail drawings

Exterior shading elements against overheating in summer

- Detail drawings

Night ventilation system

- Concept description

Abbildung 27: Vorlage für die Erfassung von berechneten und gemessenen Kennwerten der unterschiedlichen SQUARE Pilotprojekte (Quelle: AEE INTEC)

Die oben gezeigte Abbildung 27 wurde als “DATA FORM A” erarbeitet und entwickelt, um wichtige Werte zu erfassen und einen Vergleich von berechneten und gemessenen Kennwerten der Pilotprojekte zu ermöglichen.

Eine der ersten Aufgaben im Arbeitspaket 5 war die Dokumentation der Gebäudehülle der SQUARE-Pilotprojekte. Die folgende Excelliste (Abbildung 58, erster Teil von “DATA FORM B”) wurde erstellt, um diese Informationen zu sammeln.

SQUARE
AP 5



Maßnahmenkatalog zur Verbesserung der Energieeffizienz und des Wohnraumklimas

Bitte Folgendes liefern

- über Ihre Lösungen zur Verbesserung der Energieeffizienz der Gebäudeteile

- | | |
|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | Außenwände |
| <input type="checkbox"/> | Fenster |
| <input type="checkbox"/> | Obere Etagen |
| <input type="checkbox"/> | Dächer |
| <input type="checkbox"/> | Kellerdecken |
| <input type="checkbox"/> | Erdberührende Fußböden |
| <input type="checkbox"/> | Decken zu Außenluft |
| <input type="checkbox"/> | Wände zu nicht beheizten Gebäudeteilen |

- über Ihre Lösungen zur Verbesserung der Luftdichtheit der Verbindungen von Gebäudeteilen

- | | |
|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | Verbindung zwischen Wänden |
| <input type="checkbox"/> | Verbindung zwischen Wänden und Decken |
| <input type="checkbox"/> | Verbindung zwischen Wänden und Fenster, Türen,... |
| <input type="checkbox"/> | Durchbrüche |

- über Ihre Lösungen zur Elimination von klassischen Wärmebrücken

- | | |
|--------------------------|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Fenster |
| <input type="checkbox"/> | Balkone |
| <input type="checkbox"/> | Decken |
| <input type="checkbox"/> | Attika oder Flachdächer |
| <input type="checkbox"/> | Sockel (Wandverbindung zum Keller) |

Abbildung 58: Excel-Blatt zur Erfassung von Baukonstruktionen der verschiedenen SQUARE-Pilotprojekte
(Quelle: AEE INTEC)

Die folgende Abbildung 9 zeigt ein Beispiel eines Excel-Tools (zweiter Teil von “DATA FORM B”), welches entwickelt wurde, um eine Analyse der Sanierungstätigkeiten (die Gebäudehülle betreffend) in den unterschiedlichen SQUARE-Pilotprojekten durchzuführen.

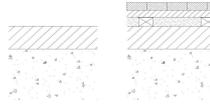


Ground touching floor

Earth touching walls

Building stock (e.g. 1945 - 1980) in SPAIN

Building component before retrofit (sketch)



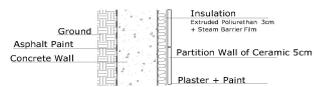
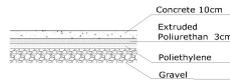
Structure of this building component before retrofit	Concrete floor with screed, without insulation	concrete
Typical U-value before retrofit	2,70	2,50
Percentage of heat losses through this building component	0,10	0,15

Requirements

U-value for new buildings	0,65	1,22-0,74
U-value for passive house standard (recommended)	0,00	0,00

Retrofit measure

Building component after retrofit (sketch)



Description of retrofit measure	Insulation of ground touching floor	Insulation
Possible building materials	rock wool	rock wool
Comments, tips		
Insulation thickness for new building standard	50 mm	40 mm
Insulation thickness for passive house standard		
Assessment of feasibility		

Economics

Costs to achieve new building standard	67 € / m ²	38 € / m ²
Costs to achieve passive house standard		
Assessment of economics		

Indoor environment

Relevance for the indoor environment	Moisture reduction	Moisture reduction
--------------------------------------	--------------------	--------------------

Abbildung 29: Excel-Tool, welches einen Auszug aus dem Bauteilkatalog des spanischen Pilotprojektes "Sant Joan De Malta" als Ergebnis der Untersuchungen innerhalb des SQUARE AP5 zeigt (Quelle: AEE INTEC)

B Analyse mit ISO 7730

Mit Hilfe der SQUARE-Partner konnte ein Excel Tool zur einfachen Untersuchung des thermischen Komforts nach ISO 7730 innerhalb des Arbeitspakets 5 entwickelt werden (Abbildung 30 und Abbildung 31).

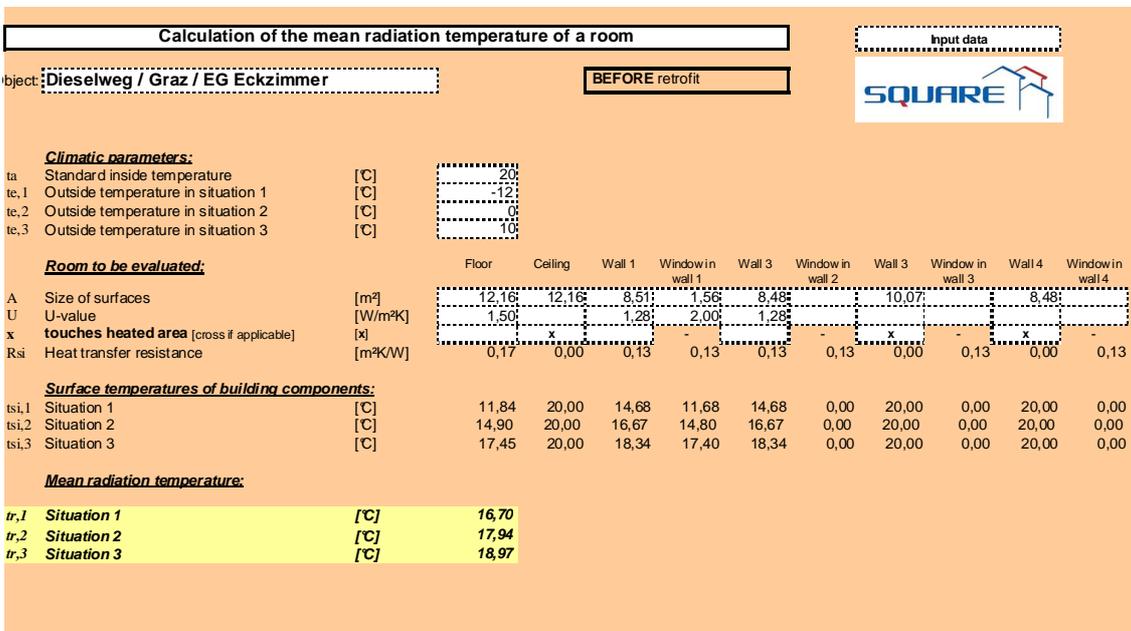


Abbildung 30: Excel-Tool mit Eingabedaten und Anforderungen der ISO 7730-Untersuchung innerhalb des Projektes SQUARE (Quelle: AEE INTEC)

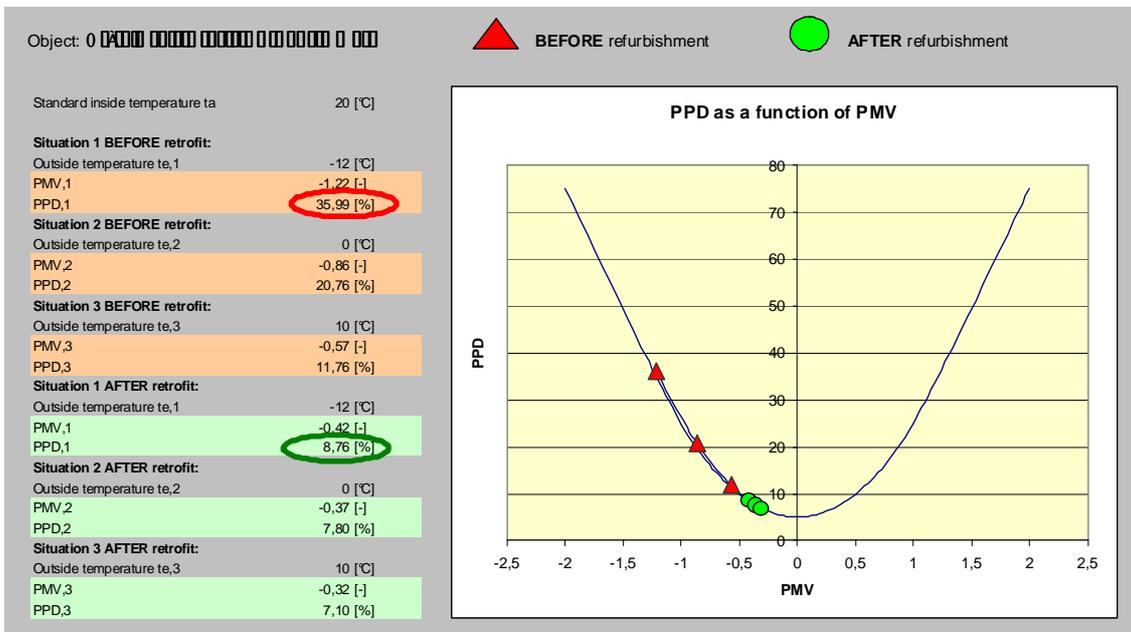


Abbildung 31: Excel-Tool, welches die Ergebnisse der ISO 7730-Untersuchungen innerhalb des Projektes SQUARE zeigt (Quelle: AEE INTEC)



**SQUARE - Qualitätssicherungssystem
bei der Sanierung von bestehenden
Gebäuden zu energieeffizienten
Gebäuden**

Coordinated by
SP Technical Research Institute of Sweden
Box 857, SE-501 15 BORÅS, Schweden
www.iee-square.eu