

OPTIMIERUNG VON WÄRMESCHUTZ UND PASSIVE SONNENENERGIE-NUTZUNG IM WOHNBAU: PLANUNGSZIEL UND UMSETZUNG

Arch. Dipl.-Ing. Sture Larsen
Erlachstraße 25, A-6912 Hörbranz
sture@larsen.at
www.solarsen.com

1 Einleitung

Wohnbauten, die möglichst wenig Energie verbrauchen sind unser Ziel. Darüber sind wir uns einig. Aber über das beste Konzept wird oft gerne lange und heftig diskutiert, sei es das Konzept der Gewinnmaximierung mit einer möglichst hohen Sonnenenergienutzung oder das Konzept der Verlustminimierung mit sehr starker Wärmedämmung und Wärmerückgewinnung der Frischluftversorgung. Beide Konzepte werden durch eine Vielzahl von guten Beispielen realisierter Bauten vertreten. Gibt es den Zwang zwischen dem Einen oder dem Anderen zu wählen, oder ist eine Kombination beider Strategien in einem vertretbaren Aufwand möglich? Diese Fragen waren grundlegend für meine Formulierung meines Forschungsprojektes „Solar Habitat“ im Rahmen des „Haus der Zukunft“. Das Projekt beinhaltet eine umfassende Simulationsserie zur Beurteilung der Ergebnisse mehrerer Kombinationsvarianten von Wärmedämmung und Sonnenenergienutzung. Das Projekt ist auch ein österreichischer Beitrag zur „Task 28, Sustainable Solar Housing“, der IEA.

1.1 Problembeschreibung

Die Abstimmung von Wärmedämmung und Sonnenenergienutzung

Die gleichzeitige Anwendung von Sonnenenergie und Superdämmung steht teilweise im Widerspruch. Hochgedämmte Häuser können nur wenig Sonnenenergie aufnehmen. Ein großzügig ausgelegtes Konzept der Sonnenenergienutzung schränkt den Nutzen sowohl von Wärmedämmung als auch von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung ein. Eine Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten kann gewählt werden, um gleich niedrige Energiekennzahlen zu erreichen. Dagegen muss eine gleichzeitige Anwendung von zu vielen Systemen im Interesse einer ökonomischen Lösung kritisch betrachtet werden.

1.2 Energiekennzahl

Die Energiekennzahl für die Raumheizung eines Gebäudes gibt an, wie viel Energie eine ideale Heizung im Jahr leisten muss ($\text{kWh/m}^2\text{a}$). So einfach wie das scheinen mag, herrschen zur Zeit unterschiedliche Definitionen, die zu heftigen Debatten verschiedener „Glaubensgemeinschaften“ von Fachleuten führen. Warum ist das überhaupt wichtig? Die Energiekennzahl wird für den Erfolgsnachweis eines Gebäudes sowie für die Beurteilung durch Behörden und für die Gewährung einer Wohnbauförderung verwendet. Sie ist entscheidend für die Wahl der Maßnahmen. Die Energiekennzahl laut dem „Passivhauskonzept“ berücksichtigt nicht die Einsparungen durch aktive Solaranlagen. Dagegen werden Frischluftanlagen mit Wärmerückgewinnung und passive Sonnenenergienutzung als Teil der Gebäudehülle berücksichtigt. Dies führt zu einer

Einschränkung bei der Auswahl des Energiekonzeptes zugunsten von Superdämmung und Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung.

Entsprechend meiner Zielsetzungen definiere ich die Energiekennzahl so, dass sowohl passive als auch aktive Sonnenenergienutzung als Teil des Energiekonzeptes berücksichtigt werden. Dabei bleibt eine Gleichstellung der verfügbaren Maßnahmen erhalten sowie ein freierer Umgang mit der Wahl des Energiekonzeptes. Weiters wird eine größere Planungsfreiheit für die Gebäudehülle (Fensterflächenanteil und Wärmedämmung) geboten.

2 Simulationsvarianten eines Wohnblocks

Ein Referenzgebäude der IEA Task 28, „Sustainable Solar Housing“, wurde für alle Untersuchungen gewählt. Die Simulationsvarianten ergeben sich aus unterschiedlichen Werten für die folgenden Parameter:

- 6 unterschiedliche Dämmstandards
- 3 verschiedene Gesamtflächen der Fenster
- 2 Konstruktionsvarianten für die Außenhülle (schwer und leicht)
- 2 Lüftungsvarianten (mit und ohne Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung)

2.1 Das Referenzgebäude

Das Referenzgebäude ist ein typischer Wohnblock vom Typ, wie es überall zu finden ist. Es dient lediglich für die Bestimmung der Größe und der Geometrie, sowie zum Vergleich mit Arbeiten anderer Teilnehmer in Task 28.



Abb. 1 – Ein ganz gewöhnlicher Wohnblock: Referenzgebäude für die Simulationen, IEA Task 28, „Sustainable Solar Housing“

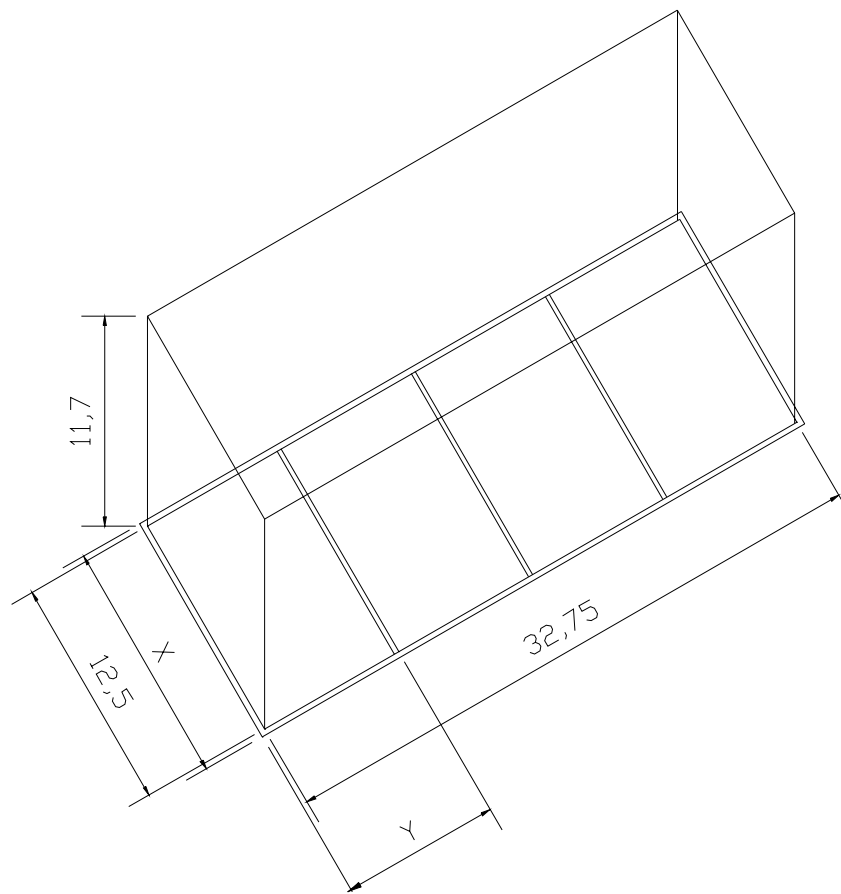


Abb. 2 – Axometrie - Gebäudemaße

2.2 Wärmedämmstandards

Für die sechs unterschiedlichen Dämmstandards wurden U-Werte für Außenwände, Dach, Kellerdecke und Fenster gewählt. Der Unterschied zwischen dem schlechtesten und dem besten Dämmstandard wurde absichtlich hoch gewählt um eine möglichst hohe Spreizung zu erreichen. Für die Außenwände und für das Dach wurden eine schwere und eine leichte Konstruktionsvariante gewählt.

U-values

Insulation level	Outer walls		Roof		Floor over basement heavy construction	Windows			
	heavy construction	light construction	heavy construction	light construction		DEROB Name	Glazing U-values	Frame Thickness (wood equivalent)	Window Average U-values
	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	cm	W/m ² K	
1	0,479	0,487	0,378	0,382	0,487	double	2,90	8	2,604
2	0,355	0,350	0,270	0,267	0,392	D4 35 U1,8	1,80	8	1,724
3	0,282	0,289	0,210	0,215	0,328	D4 15 U1,3	1,30	8	1,324
4	0,221	0,224	0,172	0,173	0,281	D4 15 U1,1	1,10	10	1,119
5	0,167	0,165	0,140	0,140	0,232	T4 12 U0,7	0,70	12	0,766
6	0,126	0,124	0,112	0,112	0,198	T4 12 U0,4	0,40	15	0,491

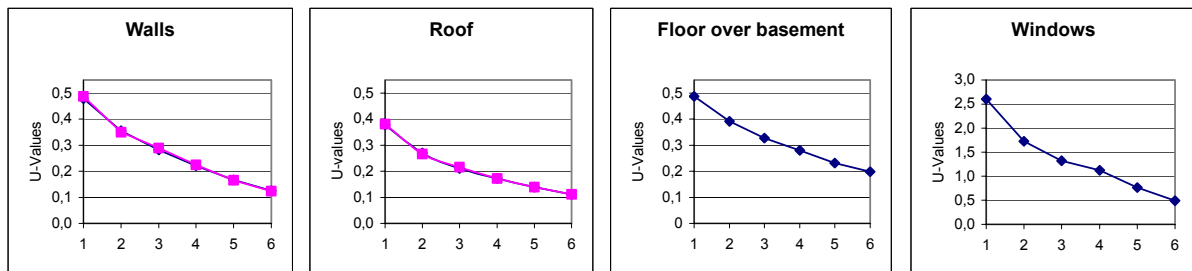


Tabelle 1 Sechs Wärmedämmstandards mit U-Werten der Bauteile

2.3 Fenstergrößen

Drei unterschiedliche Gesamtverglasungsflächen wurden für die Beurteilung der Heizungsbeiträge durch passive Sonnenenergie gewählt. Nur die Verglasungsflächen in der Südfassade wurden variiert. Der Rahmenanteil von 20% wurde bewusst niedrig gewählt mit der Absicht energiesparende Detaillösungen für Fenster anzuwenden. Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht über die Flächen der Gebäudehülle der Verglasungsvarianten A, B und C.

Building and Window Areas

A

		Sum	%	South	%	North	%	East	West
Facade, total		1.058,8		383,2		383,2		146,2	146,2
Opaque wall		870,8	82,2%	275,2		303,2		146,2	146,2
Windows, total	100%	188,0	17,8%	108,0	28,2%	80,0	20,9%	0,0	0,0
Windows, glass	80%	150,4	14,2%	86,4	22,5%	64,0	16,7%	0,0	0,0
Windows, frame	20%	37,6	3,6%	21,6		16,0		0,0	0,0
Roof		409,4							
Floor over basement		409,4							
Ventilation volume		4.070,0							
Gross floor area without external walls		1.600,0		960,0		640,0			
Ratio window/floor			11,8%		11,3%		12,5%		
Ratio glazing/floor			9,4%		9,0%		10,0%		

B

		Sum	%	South	%	North	%	East	West
Facade, total		1.058,8		383,2		383,2		146,2	146,2
Opaque wall		834,8	78,8%	239,2		303,2		146,2	146,2
Windows, total	100%	224,0	21,2%	144,0	37,6%	80,0	20,9%	0,0	0,0
Windows, glass	80%	179,2	16,9%	115,2	30,1%	64,0	16,7%	0,0	0,0
Windows, frame	20%	44,8	4,2%	28,8		16,0		0,0	0,0
Roof		409,4							
Floor over basement		409,4							
Ventilation volume		4.070,0							
Gross floor area without external walls		1.600,0		960,0		640,0			
Ratio window/floor			14,0%		15,0%		12,5%		
Ratio glazing/floor			11,2%		12,0%		10,0%		

C

		Sum	%	South	%	North	%	East	West
Facade, total		1.058,8		383,2		383,2		146,2	146,2
Opaque wall		754,8	71,3%	159,2		303,2		146,2	146,2
Windows, total	100%	304,0	28,7%	224,0	58,5%	80,0	20,9%	0,0	0,0
Windows, glass	80%	243,2	23,0%	179,2	46,8%	64,0	16,7%	0,0	0,0
Windows, frame	20%	60,8	5,7%	44,8		16,0		0,0	0,0
Roof		409,4							
Floor over basement		409,4							
Ventilation volume		4.070,0							
Gross floor area without external walls		1.600,0		960,0		640,0			
Ratio window/floor			19,0%		23,3%		12,5%		
Ratio glazing/floor			15,2%		18,7%		10,0%		

Tabelle 2 Fensterflächen, Variante A, B und C – Übersicht der Flächen der Außenhülle

2.4 Konstruktion

Eine Massiv- und eine Leichtbauvariante der Konstruktion der Wände und des Daches wurde für die Simulationen verwendet, um die Wirkung unterschiedlicher Speichermassen auf solare Gewinne und die unterschiedlichen ökologischen Ergebnisse zu analysieren.

2.5 Lüftungsoptionen

Die Wirkung einer Wärmerückgewinnung der Lüftung wurde untersucht und das Gebäude wurde sowohl mit als auch ohne einer Lüftungsanlage simuliert. Die nachstehenden Luftwechselraten wurden verwendet.

Variante	Luftwechselrate	
Lüftung ohne Wärmetauscher	Luftwechselrate gesamt	0,47
Lüftung mit Wärmetaucher (Wirkungsgrad 85%)	Infiltration	0,05
	Luftwechselrate	0,42

Tabelle 3 Luftwechselraten

Für die Simulationsserie werden die Varianten mit einer Lüftungsanlage nur als Lüftungssystem mit Wärmerückgewinnung, aber ohne eine integrierte Heizquelle verwendet. So wird vermieden, dass der Dämmstandard für das ganze Gebäude von einer Randwohnung mit den größten Wärmeverlusten bestimmt wird. Eine Wärmeverteilung über einer Lüftungsanlage als einzige Heizquelle erfordert, dass die Wärmedämmung der Außenhülle an die beschränkte Heizleistung der Lüftungsanlage in der Wohnung mit der höchsten Heizlast angepasst werden muss. Daher wird eine von der Lüftungsanlage unabhängige „ideelle“ Heizung angenommen, mit anderen Worten eine Zentralheizung.

2.6 Heiztechnische Anlagen und Wärmerückgewinnung

Das Gebäude wird zentral beheizt. Das Heizungssystem wird mit einer aktiven Solaranlage unterstützt. Dagegen werden für die Gebäudevarianten mit einem Lüftungssystem mit Wärmerückgewinnung dezentrale Systeme verwendet. Die Wärmerückgewinnung der Lüftung wird in den Simulationen mit DEROB berücksichtigt. Die Solaranlage und das Heizsystem werden mit Polysun kalkuliert.

2.7 Klimadaten

Um die Ergebnisse aus unterschiedlichen Simulationsarbeiten verschiedener Teilnehmer der Task 28 vergleichen zu können, wurden Klimadaten für ein „kaltes“, ein „gemäßigtes“ und für ein „mildes“ Klima definiert. Als charakteristisch für diese Klimazonen wurden die Standorte Stockholm, Zürich bzw. Milano gewählt und standardisierte Klimadatensätze aufbereitet. Das Hauptinteresse dieser Arbeit sind die Ergebnisse für das Züricher Klima, das für das österreichische stellvertretend ist. Zum Vergleich wurden auf den selben Gebäudevariationen basierend weitere Simulationen für Stockholm und Milano durchgeführt.

2.8 Interne Wärmequellen

Die interne Wärmequelle des Wohnblocks basiert auf Annahmen der Teilnehmer von Task 28. Eine durchschnittliche Bewohnerzahl pro Wohnung von zwei Erwachsenen und einem Kind wurde festgelegt.

Number of apartments 16														
Apartment: 2 adults + 1 child					Apartment: no occupants									
Hour	Jan-May & Sep-Dec (9 m)		June-August		Jan-Dec									
	Low energy	Reference	Low energy	Reference	Low energy	Reference								
1	5.792	7.056	5.792	7.056	1.984	3.248								
2														
3														
4														
5														
6														
7	8.352	12.528	8.352	12.528			1.984	3.248						
8														
9	4.256	6.112	3.504	4.768					1.984	3.248				
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19	9.872	14.128	8.416	12.672							1.984	3.248		
20														
21														
22														
23	5.792	7.056	5.792	7.056									1.984	3.248
24														

Tabelle 4 Interne Wärmequellen [W] für den Wohnblock

3 Gebäudesimulation

3.1 Vorgangsweise

Die folgende Tabelle zeigt die Struktur der Simulationsvarianten. Die Varianten ergeben sich aus den folgenden Parametern:

- Konstruktionsvarianten (schwere oder leichte Außenhülle)
- Fensterflächenvarianten
- Lüftungsvarianten (mit und ohne Wärmerückgewinnung)
- Simulationsfälle zwecks Ermittlung der Anteile der Einsparung von interne Wärmequellen, passive Sonnenenergienutzung, Wärmerückgewinnung und zusätzlicher Heizenergie
- Varianten für die aktive Solaranlage

Construction	Geometry	Insulation Level	Cases & Ventilation	DEROB Simulations		Kollektor	Polysun Simulations		Construction	Geometry	Insulation Level	Cases & Ventilation	DEROB Simulations		Kollektor
	3	6	12	144		5	60			3	6	12	144		5
HEAVY	totapt00 totapt01 totapt02	1	mass1	mass1	load	5 sizes	5		LIGHT	totlit00 totlit01 totlit02	1	lite1	lite1	load	5 sizes
				mass10									lite10		
				mass100									lite100		
			mass100dh		li100dh										
			mass1hr	load	lite1hr	load	5 sizes								
			mass10hr		lite10hr										
		mass100h		lite100h											
		mass100hdh		li100hdh											
		2	mass2	mass2	load	5 sizes	5				2	lite2	lite2	load	5 sizes
				mass20									lite20		
				mass200									lite200		
			mass200dh		li200dh										
			mass2hr	load	lite2hr	load	5 sizes								
			mass20hr		lite20hr										
		mass200h		lite200h											
		mass200hdh		li200hdh											
		3	mass3	mass3	load	5 sizes	5				3	lite3	lite3	load	5 sizes
				mass30									lite30		
				mass300									lite300		
			mass300hd		li300hd										
			mass3hr	load	lite3hr	load	5 sizes								
			mass30hr		lite30hr										
		mass300h		lite300h											
		mass300hdh		li300hdh											
4	mass4	mass4	load	5 sizes	5		4	lite4	lite4	load	5 sizes				
		mass40							lite40						
		mass400							lite400						
	mass400dh		li400dh												
	mass4hr	load	lite4hr	load	5 sizes										
	mass40hr		lite40hr												
mass400h		lite400h													
mass400hdh		li400hdh													
5	mass5	mass5	load	5 sizes	5		5	lite5	lite5	load	5 sizes				
		mass50							lite50						
		mass500							lite500						
	mass500dh		li500dh												
	mass5hr	load	lite5hr	load	5 sizes										
	mass50hr		lite50hr												
mass500h		lite500h													
mass500hdh		li500hdh													
6	mass6	mass6	load	5 sizes	5		6	lite6	lite6	load	5 sizes				
		mass60							lite60						
		mass600							lite600						
	mass600dh		li600dh												
	mass6hr	load	lite6hr	load	5 sizes										
	mass60hr		lite60hr												
mass600h		lite600h													
mass600hdh		li600hdh													

Tabelle 5 Struktur der Simulationsvarianten

Die Simulationen wurden mit den Programmen DEROB und Polysun in zwei Stufen durchgeführt. Die Ermittlung der Anteile der Einsparung durch die unterschiedlichen Maßnahmen wird separat erläutert und setzt eine Interpretation voraus.

3.2 Simulationssoftware

Simulationsmethode:

- Schritt 1: Gebäudesimulation (inkl. Lüftung) mit DEROB.
- Schritt 2: Aktive Sonnenenergie und Heizsystem mit Polysun

Problem:

Polysun verwendet ein anderes Simulationsprogramm mit geringeren Fähigkeiten, „HELIOS“, im Hintergrund. Es existierte keine Möglichkeit Ergebnisse aus DEROB als Input für Polysun zu verwenden.

Lösung:

Der „Polysun-Konverter“ (ein Interface zwischen DEROB und Polysun), ein Zusatzprogramm um die stündlichen Ergebnisse in ein für Polysun geeignetes Format umzuschreiben.

Klimadaten:

Die Klimadaten, die im Rahmen der Task 28 verwendet wurden, wurden ebenfalls für Polysun umformatiert. Dies war notwendig um Polysun mit synchronen Schwingungen der Klimaparameter berechnen zu lassen.

Der „Polysun-Konverter“ ist zurzeit nur mit einer Spezialversion von Polysun 3.3, die „Larsen-Version“, möglich.

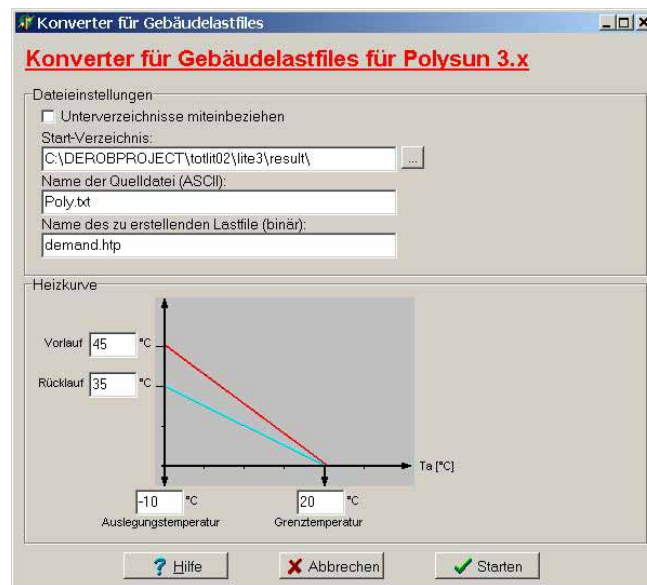


Abb. 3 – Der „Polysun-Konverter“ umwandelt den stündlichen Heizbedarf aus DEROB in Polysun-Format

3.3 Quantifizierung „nützlicher“ Energiequellen

Die nachstehende Diskussion ist notwendig, wenn Angaben zu den Beiträgen von „nützlicher“ Sonnenenergie, interne Wärmequellen usw. gemacht werden.

Einleitende Bemerkungen:

Erstens bin ich einverstanden, dass das einzige undiskutable Ergebnis einer Simulation der restliche Heizenergiebedarf ist. Aber es ist interessant zu erfahren, wie groß die Einsparungen aus den anderen Wärmequellen sind. Viele Berechnungsprogramme liefern auch ohne weitere Erläuterungen dafür Ergebnisse. Dies könnte irreführend wirken. Es ist verständlich, dass viele Fachleute nur den restlichen Bedarf an Heizenergie angeben und sich weigern andere Heizquellen zu bewerten. Sie meinen, „dies wäre Politik und nicht Physik“. Mir jedoch ist es wichtig, alle Energiequellen zu quantifizieren bei gleichzeitiger Nennung der dafür verwendeten Interpretationsmethode. Dies ist ein nützliches Instrumentarium für das Verständnis der energetischen Strategie und als Entscheidungshilfe.

Interpretation der Simulationsergebnisse (DEROB):

Die folgenden Berechnungsoptionen beruhen darauf, dass die Wärmequellen in einem Gebäude nicht zur Gänze genutzt werden können. Der nützliche Teil ist meistens nicht 100% des Einsparungspotentials einer einzigen Wärmequelle. Interne Wärmequellen werden als nützlich angerechnet, solange der Gesamtwärmebedarf höher ist als die internen Wärmequellen. Sonnenenergie ist nur so weit nützlich, als ein Bedarf nach Nutzung der internen Wärmequellen besteht. Die Nutzung einer Lüftung mit Wärmerückgewinnung kann auf zwei verschiedenen Weisen betrachtet werden. Häufig wird die Wärmerückgewinnung lediglich als Mittel zur Reduktion der Wärmeverluste der

Gebäudehülle betrachtet. Anders wird es, wenn die Einsparungen durch Wärmerückgewinnung eingesetzt werden, nachdem die Sonnenenergie genutzt wurde.

Dies wird umso bedeutender, wenn die Sonnenenergienutzung (passive und aktive) zum Hauptkonzept für die Energieeinsparung wird. Das „Haus Hrach“ erreicht eine Energiekennzahl von 15 kWh/m²a ohne Wärmerückgewinnung. Das verbleibende Einsparungspotenzial war denkbar gering. Wenn umgekehrt ein Lüftungssystem mit Wärmerückgewinnung zum Hauptkonzept wird, ist das Einsparungspotenzial wesentlich größer für die Wärmerückgewinnung und geringer für die Sonnenenergienutzung. Daher ist es notwendig anzugeben, in welcher Reihenfolge die Wärmequellen bzw. die Maßnahmen zur Energieeinsparung genutzt werden. Diese Reihenfolge ist unerlässlich für die richtige Interpretation der Ergebnisse einzelner Wärmequellen.

Wärmerückgewinnung zuerst (Einsparungen durch Wärmerückgewinnung zuerst, dann durch Sonnenenergienutzung):

Die Berechnung basiert darauf, dass die Wärmerückgewinnung Priorität erhält, sodass weniger Energie zum Einsparen durch Sonnenenergie als in „NoHR“ übrig bleibt. Die Einsparung durch Wärmerückgewinnung = die Reduktion der Wärmeverluste des Gebäudes = „NoHR“ minus „WithHR“.

Case with NO ventilation heat recovery NoHR		Same case WITH ventilation heat recovery WithHR	
Simulations		Simulations	
1 no internal, no sun	Auxiliary heating for 1	1hr no internal, no sun	Auxiliary heating for 1hr
2 no sun	Auxiliary heating for 2	2hr no sun	Auxiliary heating for 2hr
3 normal simulation	Auxiliary heating for 3	3hr normal simulation	Auxiliary heating for 3hr
Calculations		Calculations	
Internal gain	= 1-2	Internal gain	= 1hr-2hr
Solar gain	= 2-3	Solar gain	= 2hr-3hr
Auxiliary heating	= 3	Auxiliary heating	= 3hr
Sum of all heat gains	= Internal+Solar+Aux	Sum of all heat gains	= Internal+Solar+Aux
		Savings by heat recovery	= SumNoHR - SumWithHR

Tabelle 6 Berechnungsvariante: Priorität der Wärmerückgewinnung vor Sonnenenergienutzung

Sonnenenergie zuerst (Einsparungen durch Sonnenenergienutzung, dann durch Wärmerückgewinnung):

Die Berechnung basiert darauf, dass die Sonnenenergie Priorität erhält, sodass derselbe Wert für Sonnenenergie wie in „NoHR“ geltend gemacht wird. Die Einsparung durch Wärmerückgewinnung wird als eine zusätzliche Maßnahme betrachtet.

Case with NO ventilation heat recovery NoHR	Same case WITH ventilation heat recovery WithHR
Simulations 1 no internal, no sun Auxiliary heating for 1 2 no sun Auxiliary heating for 2 3 normal simulation Auxiliary heating for 3	Simulations 1hr no internal, no sun Auxiliary heating for 1hr 2hr no sun Auxiliary heating for 2hr 3hr normal simulation Auxiliary heating for 3hr
Calculations Internal gain = 1-2 Solar gain = 2-3 Auxiliary heating = 3	Calculations Internal gain = 1hr-2hr Solar gain = 2-3 Auxiliary heating = 3hr
Sum of all heat gains = Internal+Solar+Aux	Sum of all heat gains = Internal+Solar+Aux
	Savings by heat recovery = SumNoHR - SumWithHR

Tabelle 7 Berechnungsvariante: Priorität der Sonnenenergienutzung vor Wärmerückgewinnung

Zusätzliche Sonnenenergienutzung durch eine aktive Solaranlage (Zuerst passive Sonnenenergie, dann Wärmerückgewinnung):

Die Berechnung basiert auf denselben Annahmen wie zuletzt, außer dass auch aktive Sonnenenergie benutzt wird. Der aktiven Sonnenenergie wurde gegenüber der Wärmerückgewinnung der Vorrang gegeben.

Case with NO ventilation heat recovery NoHR	Same case WITH ventilation heat recovery WithHR
Simulations 1 no internal, no sun Auxiliary heating for 1 2 no sun Auxiliary heating for 2 3 normal simulation Auxiliary heating for 3	Simulations 1hr no internal, no sun Auxiliary heating for 1hr 2hr no sun Auxiliary heating for 2hr 3hr normal simulation Auxiliary heating for 3hr
Calculations Internal gain = 1-2 Passive solar gain = 2-3 Auxiliary heat without = 3	Calculations Internal gain = 1hr-2hr Passive solar gain = 2-3 Auxiliary heat without activ = 3hr
Simulation of additional active solar 4 Active solar 5 Auxiliary heat with active solar	Simulation of additional active solar 4 Active solar 5 Auxiliary heat with active solar
Sum of all heat gains = Internal+Passive+4+5	Sum of all heat gains = Internal+Passive+4+5
	Savings by heat recovery = SumNoHR - SumWithHR

Tabelle 8 Berechnungsvariante: Priorität der passiven vor der aktiven Sonnenenergienutzung vor Wärmerückgewinnung

4 Ergebnisse

4.1 Übersicht der Ergebnisse für Zürich

Die folgenden Diagramme zeigen eine Übersicht über die Jahresenergiemengen (kWh/m²a) für 72 Variationen des Wohnblocks. Jede Säule ist in Energiebeiträgen der Heizung, passive Sonnenenergienutzung und interne Wärmequellen geteilt. Ein theoretischer Bedarf für Kühlung (Raumtemperatur über 26°C) wird auch gezeigt. Allerdings wurde der Kühlbedarf unter der Annahme, dass keine Maßnahmen zur Vermeidung von Übererwärmung ergriffen wurden, berechnet. Ein Großteil der Kühlung würde in der Praxis durch zusätzliches Lüften und Beschatten bewirkt.

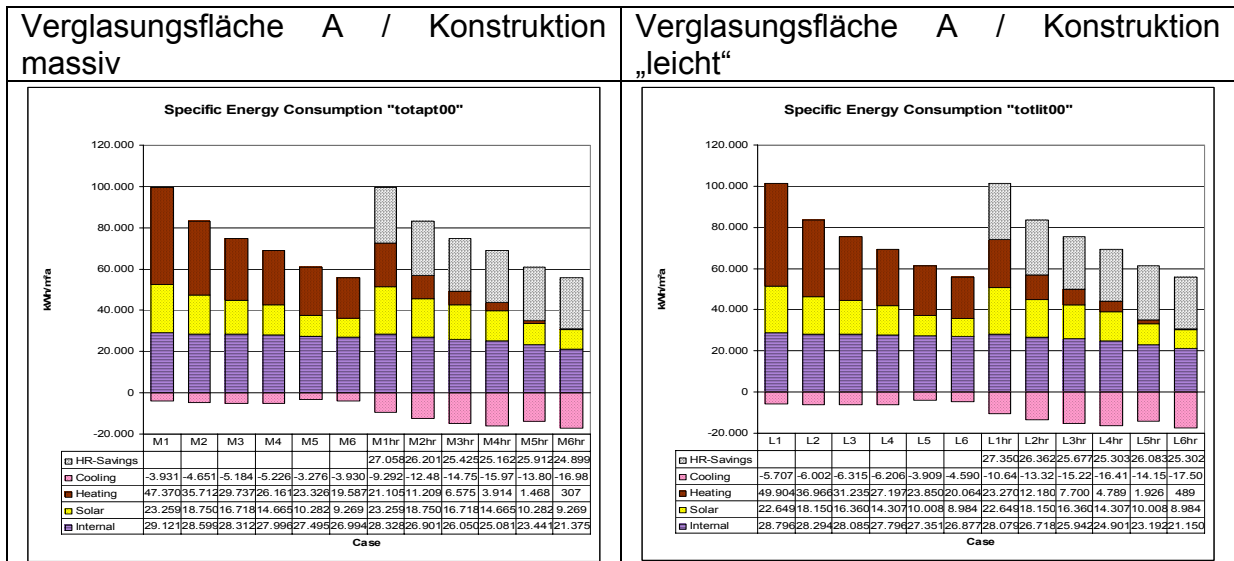


Tabelle 9 Jahresenergieverbrauch für Zürich – Verglasungsfläche A

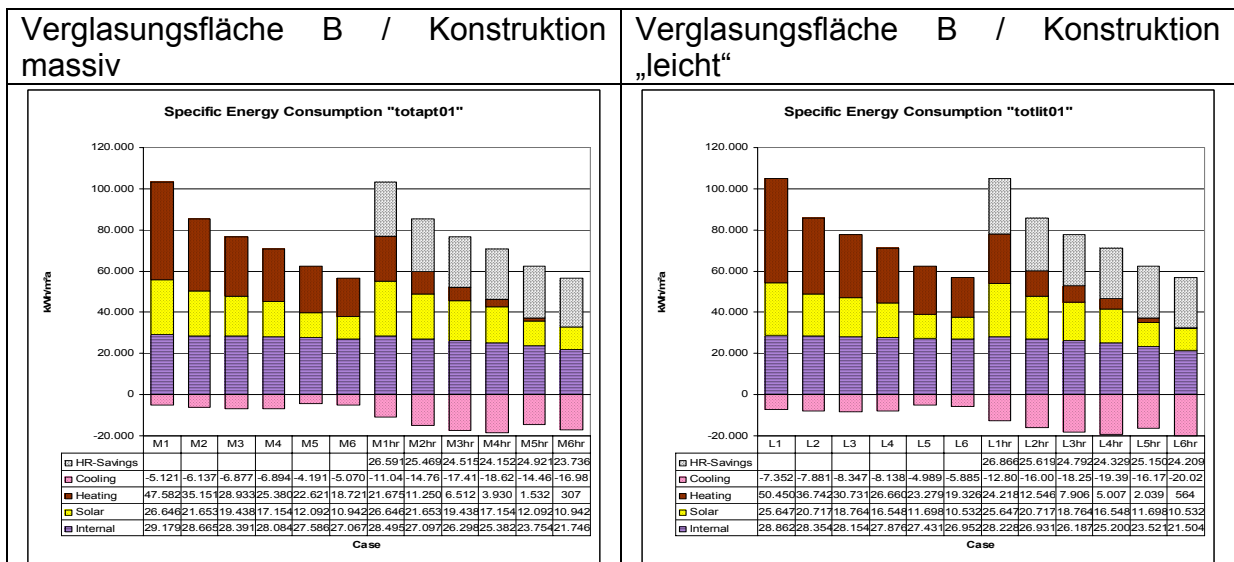


Tabelle 10 Jahresenergieverbrauch für Zürich – Verglasungsfläche B

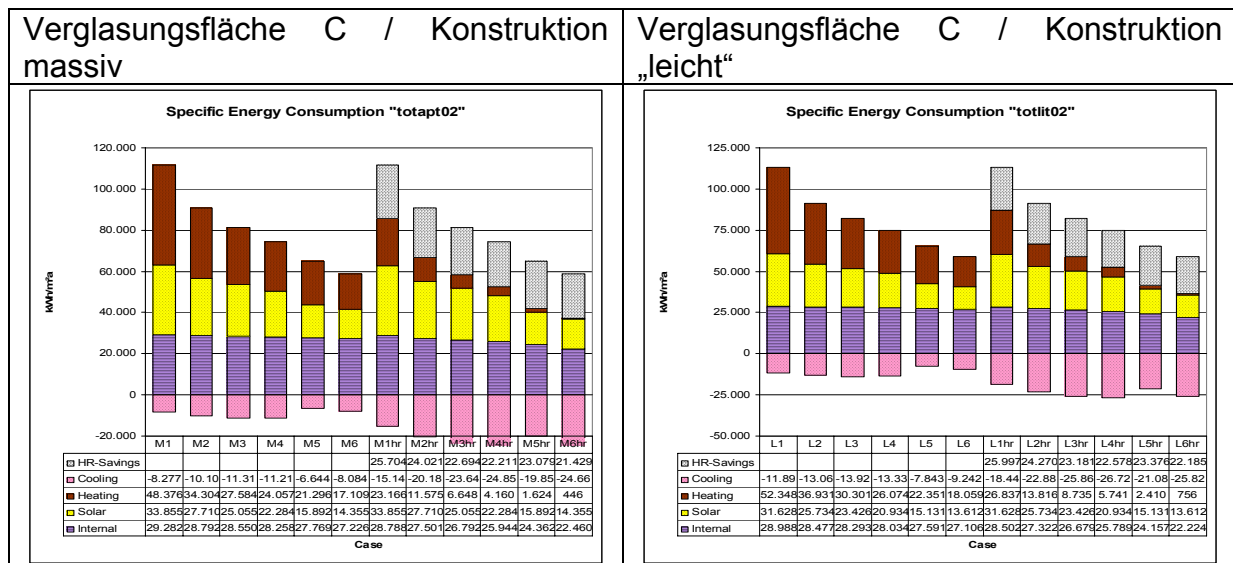


Tabelle 11 Jahresenergieverbrauch für Zürich – Verglasungsfläche B

4.2 Der Einfluss unterschiedlicher Parameter

Konstruktion:

Die Diagramme links zeigen die Ergebnisse für die schwere Konstruktionsvariante, die Diagramme rechts zeigen die Variante mit einer leichten Konstruktion der Außenwände und des Daches. Es geht aus den Ergebnissen hervor, dass die Konstruktionsvarianten nur wenig Einfluss auf den Energieverbrauch haben. Die schwere Variante ist unerheblich besser bezüglich Heizenergieverbrauch und passiver Sonnenenergienutzung als die leichte Variante. Dies lässt sich durch die höhere Speichermasse der schweren Variante erklären. Dass der Unterschied so klein ist deutet darauf hin, dass die Speichermasse der Geschossdecken ausreichend ist.

Verglasungsflächen:

Auch unterschiedliche Verglasungsflächen haben nur einen geringen Einfluss auf die Ergebnisse. Die besten Resultate sieht man in der Gebäudevariante mit hoher Speichermasse und mit der kleinsten Verglasungsfläche (A). Den höchsten Sonnenenergiebeitrag sieht man im Gebäude mit hoher Speichermasse und mit der größten Verglasungsfläche (C). Es scheint auch, dass unterschiedliche Verglasungsflächen am wenigsten Einfluss auf Gebäude mit einem hohen Dämmstandard haben.

Dämmstandard:

Der Dämmstandard hat einen hohen Einfluss auf die Ergebnisse. Die Einsparung zusätzlicher Heizenergie ist erheblich. Gleichzeitig ist es offensichtlich, dass der passive Sonnenenergiebeitrag bei zunehmendem Dämmstandard kleiner wird, so dass die Wirkung großer Verglasungsflächen in der Gebäudevariante mit dem höchsten Dämmstandard am kleinsten ist.

Lüftung mit Wärmerückgewinnung:

Die Wärmerückgewinnung ist für die Einsparung von Heizenergie sehr wirksam. Anders als die Wirkung der Verglasungsfläche ändert sich die Leistung der Wärmerückgewinnung nur wenig. Die Einsparungen in Gebäuden mit einem hohen Dämmstandard sind geringfügig niedriger als in Gebäuden mit einem niedrigen Dämmstandard.

4.3 Vergleich der Ergebnisse in andere Klimazonen

Überblick

In den folgenden Diagrammen wird dasselbe Gebäude nicht nur für die „gemäßigte“ Klimazone (Zürich), sondern auch für die „milde“ (Milano) und die „kalte“ Klimazone (Stockholm) simuliert. Dieser Vergleich wurde mit der mittleren Verglasungsfläche (B) und mit den schweren Konstruktionsvarianten kombiniert. Allgemein kann gesagt werden, dass die Schlussfolgerungen für die einzelnen Parameter in allen drei Klimazonen dieselben sind. Allerdings ist der Kühlbedarf wesentlich höher für die „milde“ Klimazone. Wie schon erwähnt wurde zusätzliches Lüften und Sonnenschutz in diese Berechnungen nicht berücksichtigt.

Jahresenergieverbrauch

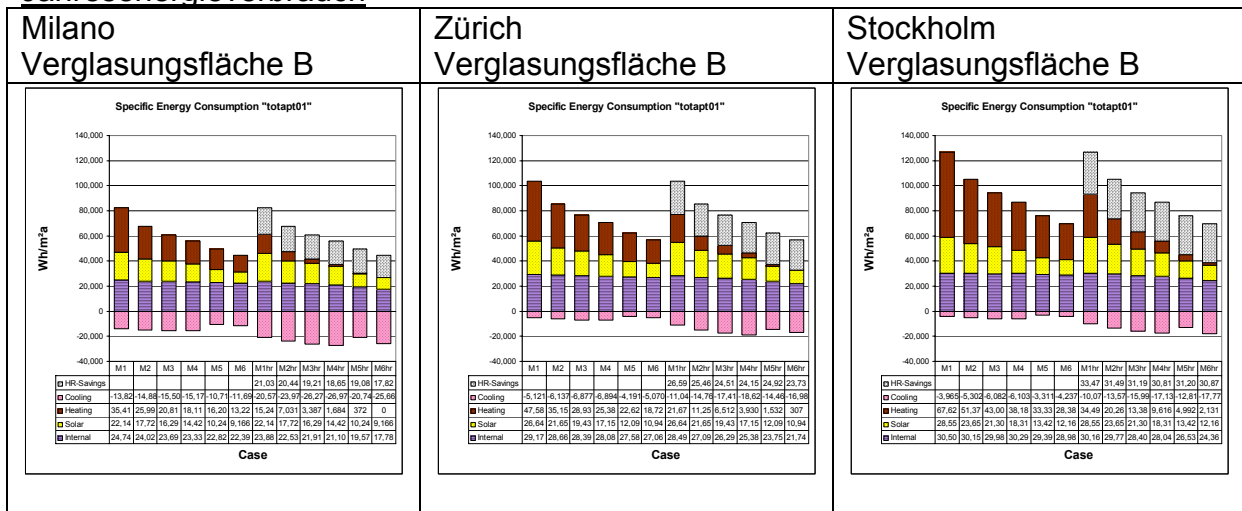


Tabelle 12 Jahresenergieverbrauch für Mailand, Zürich und Stockholm – Verglasungsfläche B / Konstruktionsvariante „schwer“

4.4 Gesamtlösungspakete für den Wohnblock

Strategie 1: Wärmekonservierung (ohne aktive Sonnenenergie)

(Die Varianten „a“ und „b“ sind dazu gedacht, den notwendigen Dämmstandard für unterschiedliche Wärmeverteilsysteme zu vergleichen.)

a) Angepasste Wärmedämmung (Die Wärmedämmung wird an das Ziel für die Energiekennzahl angepasst.)

- Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (dezentral)
- Von der Lüftungsanlage unabhängige Heizung
- Zentrale Zusatzheizung (Pellets, Brennwertkessel Gas oder Wärmepumpe)
- Solare Warmwasseraufbereitung

b) Hoher Dämmstandard (Die Wärmedämmung wird den Anforderungen an eine in der Lüftungsanlage integrierte Heizquelle als einzige Heizung angepasst).

- Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (dezentral)
- Wärmeverteilung über der Lüftungsanlage
- Solare Warmwasseraufbereitung

Strategie 2: Solar (mit aktiver Sonnenenergienutzung)

(Die Varianten „a“ und „b“ sind dazu gedacht, die Ökonomie zu vergleichen.)

a) Keine Lüftungsanlage, keine Wärmerückgewinnung (Die aktive Solaranlage ist das einzige System, das für eine Reduktion des Heizenergiebedarfes verwendet wird.)

- Solaranlage, Zentralheizung (Pellets, Brennwertkessel Gas oder Wärmepumpe)
- Solare Warmwasseraufbereitung

b) Mit Lüftungsanlage und Wärmerückgewinnung (dezentral). (Sowohl eine Solaranlage als auch eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung werden verwendet, um die erwünschte Energiekennzahl zu erreichen).

- Solaranlage, Zentralheizung (Pellets, Brennwertkessel Gas oder Wärmepumpe)
- Solare Warmwasseraufbereitung

5 Realisierung des Bauprojektes

Die Erkenntnisse aus den bisherigen Analysen werden für die Realisierung einer Wohnanlage in Ludesch, Vorarlberg, verwendet. Die Wohnanlage besteht aus zwei kompakte Baukörpern mit 16 Wohneinheiten.



Abb. 4 – Lageplan, Wohnanlage Raifeisenstraße, Ludesch, Vorarlberg