



Fachhochschulstudiengänge Burgenland GmbH
Steinamangerstraße 21
A-7423 Pinkafeld

Langzeitwärmespeicherung bei Einfamilienhäusern

**Masterarbeit
zur Erlangung des akademischen Grades
Diplomingenieur
für technisch wissenschaftliche Berufe**

Eingereicht von: Dipl.- Päd. Ing. Andreas Pleyer
Personenkennzeichen: 0910400012
Betreuer: DI Wolfgang Stumpf
Datum: 2012-10-24



Vorwort

Bauen, Gebäudetechnik, Lebensraum zu schaffen und in diesem Themenzusammenhang auch Überlegungen zu Nachhaltigkeit waren immer Begleiter meines Lebensweges. Die Möglichkeit, mich in diesem Bereich weiter zu vertiefen, wurde mir durch das Angebot der FH-Pinkafeld, Nachhaltige Energiesysteme zu studieren, eröffnet.

Der Weg des Studiums war geprägt durch viele bereichernde, zwischenmenschliche Kontakte. Einerseits durch die Vortragenden der FH-Pinkafeld und andererseits durch und mit Hilfe der KommilitonInnen NES 09 wurde mir ein breitgefächertes Wissens- und auch Aufgabengebiet geöffnet. Für die vielen schönen Momente bei der Bearbeitung und Begleitung von Projekten, die wir im Team mit Freude, Ehrgeiz und auch mit Begeisterung durchgeführt haben, möchte ich mich herzlichst bedanken.

An dieser Stelle möchte ich mich bei meiner Familie, bei meinen ArbeitskollegInnen der Bautechnik-HTL Wien 3 und allen herzlichst bedanken, die mir Verständnis, Unterstützung und oft auch Motivation gaben das Studium zu absolvieren.

Besonderer Dank von meiner Seite gilt einem Freund, der mir beim Erstellen der Arbeit sowohl mental, als auch beim Erstellen des Rechenmodells mit Rat zur Seite stand.

Die Arbeit ist im Zeitraum zwischen März 2011 und Oktober 2012 entstanden und war in erster Linie motiviert durch den Ansatz:

„einen kleinen Teil des *unerschöpflichen*, regenerativen Energieangebotes nutzbar zu machen.“

Andreas Pleyer
Pinkafeld, 2012-10-24

Kurzfassung:

Die saisonale Energieeinspeicherung für das Einfamilienhaus ist neben der optimierten Gebäudehülle das Forschungsgebiet der kommenden Jahrzehnte. Durch die Ressourcenknappheit fossiler Energieträger und dem gesellschaftlichen Druck, sinnvolle, ökologische Reaktionen auf den unwiderlegbar stattfindenden Klimawandel zu finden, sind Wissenschaft und Politik gleichermaßen gefordert alternative Energiekonzepte auf regenerativen Energieträgern basierend zu entwickeln. Um die Ambitionen der EU, abzielend auf einen maximalen Temperaturanstieg von +2 °C bis zum Ende dieses Jahrhunderts, verfolgen zu können, sind diese nachhaltigen Ressourcen zu erschließen. Diese EU-Ziele sind: bis zum Jahr 2020 den Einsatz an erneuerbarer Energie um 20 % zu erhöhen, die Emissionen von CO₂ um 20 % zu reduzieren und 20 % an Energieeffizienz zu gewinnen (nach EPBD, 2010).

Vielfach ist mit dem Einsatz regenerativer Energieträger die Gegebenheit verbunden, dass diese Energien im Bedarfsfall nicht oder in nur unzureichendem Ausmaß direkt umwandelbar zu verwerten sind. Daher können diese nur in Koppelung mit einem durchdachten Speichersystem entsprechend nutzbar gemacht werden. Die Behandlung der Einspeicherung solarthermischer Energie ist eine der Hauptaufgaben dieser Untersuchung, zu der der aktuelle Stand der angewandten wissenschaftlichen Forschung dargestellt wird und bereits realisierte Energiespeichersysteme mit der im untersuchten Modellgebäude beabsichtigten Einspeicherung verglichen werden. Beim betrachteten System wird Solarenergie in den Beton der Fundamentplatte eingespeichert.

Solare Energie soll den Heizbedarf für Raumwärme und Warmwasser des untersuchten, ebenerdigen Einfamilienhauses decken. Um diese ortsabhängigen Anforderungen an die Anlagendimensionierung zu ermitteln, wurden Klimadaten der letzten vier Dekaden für repräsentative Regionen Österreichs ausgewertet. In der Untersuchung werden standortspezifisch der Heiz- und der Warmwasserwärmebedarf des Modellgebäudes, mit Hilfe eines branchenbekannten Programmes zur Erstellung von Energieausweisen, berechnet. Diese Daten verknüpft mit den ausgewerteten Klimadatensätzen bilden die Grundlage für die Modellrechnung der Betonspeicherungsauslegung des ebenerdigen Einfamilienhauses.

Aus dieser dynamischen Betrachtung wird der mittlere Jahresgang der systemrelevanten Energieflüsse lukriert und Energiebilanzen für zwei Standorte erstellt. Die daraus entstandene Systemabbildung ergibt „Standard statistische Parameter“ zu allen betrachteten Energieflüssen für eine Langzeitwärmespeicherung im Beton einer Fundamentplatte.

Ziel der Arbeit ist es eine überschlägige Abschätzung der Anlagenkomponenten:

- Solarthermieanlage und
- Speicherauslegung

sowohl für das Brauchwasser, als auch für den Raumwärmebedarf durchführen zu können.

Abstract

The seasonal energy storage for detached houses is the field of research for the coming decades next to optimized building envelope. Due to the scarcity of resource of fossil fuels and the social pressure to find useful ecological answers to the climate change, which is undoubtedly taking place, science and politics are equally challenged to develop alternative energy concepts based on renewable sources of energy. To be able to pursue the EU's ambitions, aiming at a maximum temperature rise from +2° degrees Celsius until the end of this century, sustainable forms of energy have to be exploited. The EU's targets are: Until 2020 the use of renewable energy should be increased by 20%, the emissions of CO₂ reduced by 20% and energy efficiency gained by 20% (EPBD, 2010).

The use of renewable energy sources very often implies that these energies cannot be provided if necessary or can only be directly used to an insufficient extent. These can only be utilised involving an elaborate storage system. The approach of storing solar thermal power is the main task of this analysis depicting the current state of scientific applied research. Furthermore already implemented energy storage systems are compared with the planned storage system of the examined model building. Solar energy will be stored within the concrete foundation plate of the observed system.

Solar energy shall cover the heating demands of the examined ground-level detached house. In order to calculate the location-dependent requirements for the plant dimensioning, climate data of representative regions of Austria of the last four decades were evaluated. The site-specific heating and hot water requirement of the model building is calculated with a well-known programme for issuing energy performance certificates. These data linked with evaluated climate data records form the basis for the model calculation of the concrete storage construction of the ground-level detached house.

With this dynamic analysis the mean annual cycle of the systemically important flow of energy is investigated and energy balances for two locations are developed. The resulting system map indicates the standard of statistical parameters of all considered energy flows for long-term heat storage within the concrete of a foundation plate.

The primary objective of the work is estimating the approximate plant components of:

- the solar thermal system and
- sizing accumulators

both for domestic water supply as for heating requirements.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung.....	1
1.1 Energiesituation Österreich	2
1.2 Gesetzliche Rahmenbedingungen	5
1.3 Methode und Zielsetzung der Untersuchung	9
2 Grundlagen der Langzeitwärmespeicherung	11
2.1 Konzepte zur Langzeitspeicherung bei Wohngebäuden	14
2.1.1 Geothermische Einspeicherung	16
2.1.2 Chemische Einspeicherung	25
2.1.3 Heißwasserspeicher für saisonale Einspeicherung.....	34
2.1.4 Betonspeicher/Bauteilspeicher	39
2.1.5 Mischsysteme	47
2.2 Zusammenfassung der Konzepte.....	51
3 Analytischer Ansatz	52
3.1 Klimawandel/Klimaeinfluss auf das System	53
3.2 Energieflüsse und Systembauteile	57
3.2.1 Energiebereitstellung.....	57
3.2.2 Speicherung	68
3.2.3 Wärmeabgabesystem	77
3.3 Systembetrachtung	79
4 Energieberechnung, Lastgang.....	82
4.1 Parametrierung der Untersuchung.....	82
4.2 Flussdiagramm des Rechenmodells	85
4.3 Rechenschritte - Modellgebäude.....	87
4.4 Numerische Ergebnisse der Modellrechnung	96
4.5 Diskussion ausgewählter Ergebnisse aus der Modellrechnung	101
4.5.1 Betonspeicher Warmwasser Temperatúrauswertung	101
4.5.2 Betonspeicher Raumwärme Temperatúrauswertung	103
4.5.3 Ausgeprägte Kälteperioden.....	104
4.6 Energiebilanzierung (tägliche Auflösung)	107
4.6.1 Warmwasserspeicher	107
4.6.2 Heizungsspeicher	109
4.7 Energiebilanzierung (monatliche Referenzwerte).....	111
4.7.1 Betonspeicher Warmwasserwärme	113
4.7.2 Heizungsspeicher	115
4.8 Systembetrachtung aus den Rechenergebnissen	116
4.8.1 Wärmeverluste aus dem Speicher	116
4.8.2 Solarerträge Modellrechnung, Get Solar, ECOTECH	118



5	Zusammenfassung, Schlussfolgerung	120
6	Verzeichnisse	123
6.1	Literaturverzeichnis	123
6.2	Abbildungsverzeichnis	128
6.3	Tabellenverzeichnis	130
7	Glossar	131
8	ANHANG	134

1 Einleitung

Die Umwandlung der Primärenergie aus Sonne, Wind, Wasser, Biomasse und Holz in gebrauchsfertige Endenergie ist technisch bereits in den Anfängen der einzelnen Entwicklungen mit großer Effizienz gelöst worden. Der Nachteil regenerativer Energieträger gegenüber fossilen Energieträgern liegt in deren Verfügbarkeit. „Grüne Energiequellen“ sind oftmals zeitlichen Schwankungen unterworfen und stehen zum einen bei Bedarf nicht im ausreichenden Maß zur Verfügung, zum anderen sind diese Energiequellen zeitweise weit über das nutzbare Ausmaß vorhanden. Unregelmäßigkeiten von Bedarf und Angebot sind durch effiziente und bedarfsorientierte Speicherung zu lösen. In den meisten Fällen wird Energiespeicherung nur in einer komplexen Lösung zwischen Produzent, Speicher und Verbraucher erzielt werden können. Diese Technik stellt eine Herausforderung für die kommenden Jahrzehnte dar. Nachhaltige Lösungen für die Einspeicherung können nur unter Betrachtung und Einbeziehung der Verbrauchssituationen geschaffen werden. Von der Art der Gewinnung und vom Verbraucher hängt ab, in welcher Form, Menge und ganz wesentlich für welchen Zeitraum regenerative Energie bereitgestellt und gespeichert zur Verfügung gestellt werden kann.

Die Sonne und die auf die Erde treffende Strahlung ist das größte zur Verfügung stehende Energiepotential. Die Herausforderung liegt in der Nutzarmachung, der Umwandlung in Endenergie, die im Bedarfsfall abrufbar ist. Mit jedem Speichervorgang sind Verluste verbunden, die sich über dem Speicherzeitraum summieren. Um Sonnenenergie über einen längeren Zeitraum möglichst verlustfrei einspeichern zu können, ist die optimale Auslegung des Speichersystems entscheidend.

Die jährliche Sonneneinstrahlung auf die Erde beträgt $1,5 \cdot 10^{18}$ kWh. Davon werden ca. 30 % von der Erdoberfläche absorbiert, sodass die Erdoberfläche über eine Trilliarde Kilowattstunden erreichen (nach Quaschnig, 2010). Das bedeutet, dass der jährlich weltweite Energiebedarf der Menschen durch die Nutzung der Sonnenenergie innerhalb von ca. drei Stunden bereitgestellt werden könnte (nach Austria Solar, 2011).

Bei der Energiegewinnung aus Windkraft, Biomasse, Wasserkraft, Erdwärme, Solarthermie und Photovoltaik bestehen einerseits enorme Wachstumspotentiale, andererseits das Problem der Bereitstellung und Speicherung (nach Quaschnig, 2009). Der Druck dieses Problem zu lösen, wird in den kommenden Jahren sowohl durch die Klimaschutzabkommen als auch durch die Ressourcenverknappung von fossilen Energieträgern immer stärker werden.

Das Einspeichern von Energie für den Zeitraum von einigen Tagen (Kurzzeit-Speicherung) ist hinsichtlich der Speichermöglichkeiten und der Steuerung erprobt und ausgereift. Während zum Ausgleich tageszeitlicher Schwankungen hocheffiziente Pufferspeichertechnologien bereits seit geraumer Zeit zur Verfügung stehen, stellt die saisonale Wärmespeicherung einen wesentlichen Schritt hin zur Steigerung des Nutzungspotenzials erneuerbarer Energien dar. Das saisonale Einspeichern von Energie konnte sich bisher nicht durchsetzen, da Langzeitwärmespeicherung in haustechnischen Konzepten hohe Investitionskosten in Planung, Projektentwicklung

und Ausführung verursacht. Die langzeitgespeicherte, erneuerbare Wärme überstieg die Kosten der konventionell bereitgestellten Wärme, sodass Langzeitspeicher bisher meist nur in geförderten Pilotprojekten umgesetzt wurden. Erneuerbare Energieträger werden aber in absehbarer Zeit den Energiebedarf decken und die Speicherung wird den Kernansatz für die Nutzung darstellen.

1.1 Energiesituation Österreich

Wie in Abb. 1-1 ersichtlich, wird in Österreich etwa 1,9 % der erneuerbaren Energieträger durch Solarthermie und lediglich 0,1 % durch Photovoltaik bereitgestellt und genutzt. Gegenüber Biomasse und Wasserkraft hat die solare Energiebereitstellung den großen Nachteil nicht bedarfsorientiert zur Verfügung zu stehen.

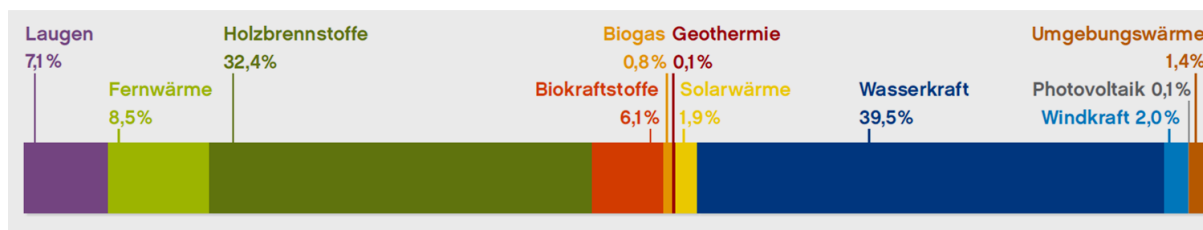


Abb. 1-1: Anteile der Erneuerbaren Energieträger in Österreich im Jahr 2009 (Biermayr, 2011)

In der Tab. 1-1 ist die enorme Steigerung in der Solarwärmenutzung zwischen 2009 und 2010 deutlich zu erkennen.

Tab. 1-1: Erneuerbare Energie in Österreich nach Sparten, Energie in [GWh] bzw. Prozent (Biermayr, 2011)

SPARTE	Strom		Wärme		Kraftstoff		Gesamt		Veränderung 2009 → 2010
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	
Biogas	611	649	192	189	—	—	803	838	+4,3%
Biokraftstoffe	40	30	—	—	6.222	6.064	6.262	6.094	-2,7%
Fernwärme ¹	—	—	7.138	8.451	—	—	7.138	8.451	+18,4%
Geothermie	1,5	1,4	78	89	—	—	79	90	+13,8%
Holzbrennstoffe ²	2.599	2.674	27.744	29.511	—	—	30.343	32.185	+6,1%
Laugen	1.121	1.201	4.866	5.810	—	—	5.986	7.011	+17,1%
Photovoltaik	49	89	—	—	—	—	49	89	+81,6%
Solarwärme	—	—	1.429	1.904	—	—	1.429	1.904	+33,2%
Umgebungswärme	—	—	1.335	1.381	—	—	1.335	1.381	+3,4%
Wasserkraft	38.757	39.237	—	—	—	—	38.757	39.237	+1,2%
Windkraft	2.024	2.035	—	—	—	—	2.024	2.035	+0,5%
SUMMEN	45.201	45.916	42.782	47.335	6.222	6.064	94.205	99.315	+5,4%

¹ Erneuerbarer Anteil; enthält: Müll erneuerbar, Holz-basiert, Biogas, Biogene flüssig, Laugen, sonstige feste Biogene und Geothermie

² Brennholz, Hackschnitzel, Holzpellets, Holzbriketts, Holzabfälle, Holzkohle, biogene Abfälle

Die folgende Abb. 1-2 zeigt den energetischen Endverbrauch im Jahr 2009 nach Verbrauchszwecken und Energieträgern gegliedert.

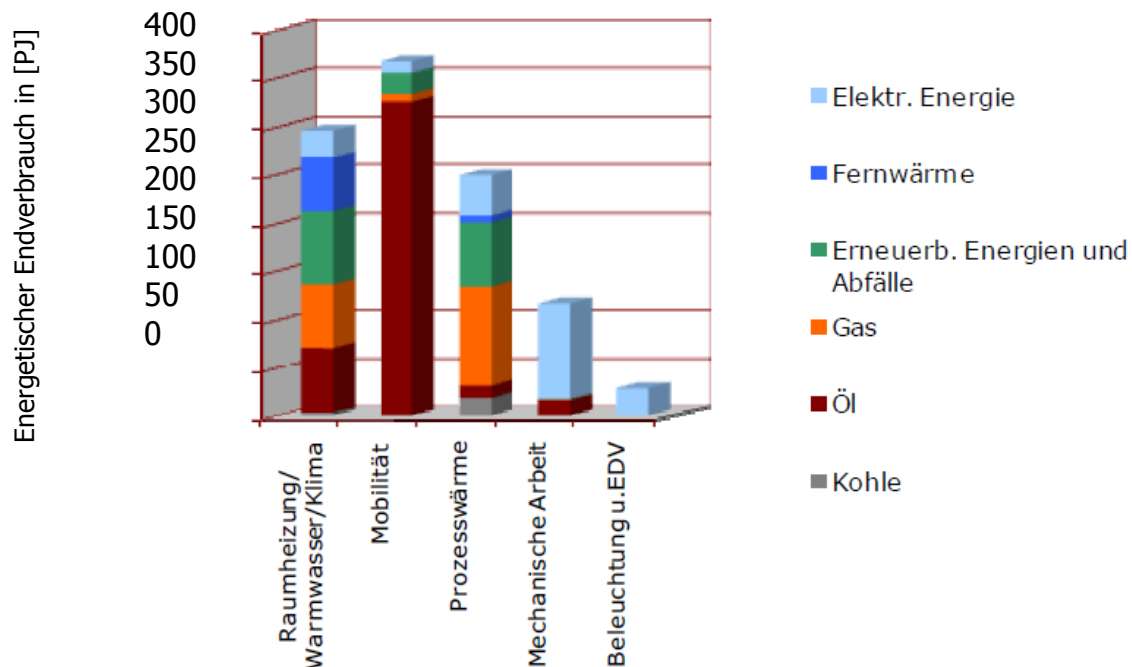
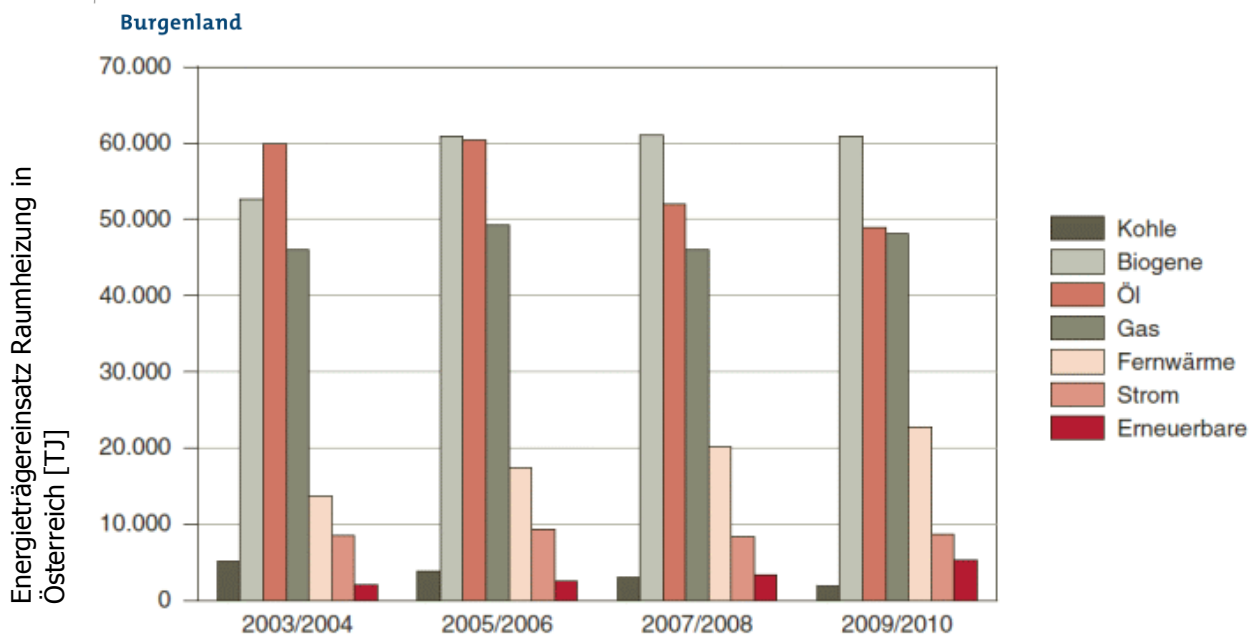


Abb. 1-2: Energetischer Endverbrauch nach Verbraucherzwecken im Jahr 2009 (Energiestatus Österreich, 2011)

Wichtigster Verbrauchszweck ist die Mobilität mit 34,7 % gefolgt von der Raumheizung und Warmwasserbereitung (inkl. Kochen und Klimatisierung) mit 28,0 %. An dritter Stelle folgt der Bereich Prozesswärme (Industrieöfen, Dampferzeugung, Elektrochemie) mit 23,6 %. 11,0 % entfallen auf Mechanische Arbeit (stationäre Motoren, Haushaltsgeräte) und 2,7 % auf Beleuchtung und EDV.

Im Bereich Raumheizung und Warmwasserbereitung dominieren die erneuerbaren Energien (inkl. Abfälle) mit 25,9 %, gefolgt von Ölprodukten mit 22,9 % und Gas 21,8 %. Die Fernwärme genießt mit einem Anteil von 19,0 % bereits einen beachtlichen Stellenwert (nach Energiestatus Österreich, 2011).

Abb. 1-3 zeigt eine Verschiebung im Einsatz der Energieträger für Gebäudeheizungen von Öl zu Fernwärme. Der Verbrauch von Öl verringerte sich zwischen 2003 und 2010 um 7,0 %, nämlich von 31,9 % auf 24,9 %. Fernwärme konnte den Anteil um 4,3 % steigern, von 7,3 % auf 11,6 %, und biogene Brennstoffe nahmen um 2,9 % zu und stiegen von 28,0 % auf 30,9 % im Verbrauch. Erneuerbare Energieträger wie etwa Solarwärme und Wärmepumpen konnten ihren Anteil im Gesamtverbrauch von 1,1 % auf 2,7 % erhöhen. Elektrischer Strom mit ca. 4,5 % und Naturgas mit ca. 24,0 % blieben im Beobachtungszeitraum annähernd konstant (nach Statistik Austria, 2011).



Biogene: Brennholz, Holzbriketts, Pellets und Hackschnitzel

Erneuerbare: Solar- und Umgebungswärme

Abb. 1-3: Energieträgereinsatz für die Raumheizung 2003 - 2010 (Statistik Austria, 2011)

Die Energiewende ist aus der Abb. 1-3 langsam erkennbar. Der Schritt weg von einer Ölheizung zu einem umweltverträglicheren Heizsystem ist mit entsprechendem Aufwand verbunden. Aber die höhere Anfangsinvestition amortisiert sich schon in einem Zeitraum von einigen Jahren durch die geringeren Betriebskosten. Meist hat der Kostendruck des Energieträgers oder aber auch Unsicherheiten in der Verfügbarkeit großen Einfluss beim Wechsel auf ein anderes Heizsystem.

Der Energiebedarf für die Heizung und Warmwasser stellt immer einen Kompromiss zwischen Gebäudequalität, Heizsystem und Nutzererfordernissen dar. Von entscheidender Bedeutung ist die Wärmedämmung eines Gebäudes. Wurden Gebäude früher mit der ersten Zielsetzung Schutz vor der Witterung und Niederschlägen zu bieten errichtet, so stellt heute das Raumklima eine wesentlich höhere Anforderung an das Gebäude.

Einerseits getragen durch den volkswirtschaftlichen Gedanken und andererseits, getragen vom Umweltgedanken, besteht die Vorgabe EU- weit vereinbarte Klimaziele zu erfüllen. Darin ist auch enthalten, Einfamilienhäuser möglichst aus regenerativen Energiequellen zu betreiben.

Der, durch den Treibhauseffekt spürbare Klimawandel und die wirtschaftlichen Abhängigkeiten haben zur Folge, dass der Druck im Bereich der Energiegewinnung umzudenken, sowohl für Politik und in der Folge auch für die Wirtschaft, stetig ansteigt. Dem Wunsch ausschließlich „Grüne Energie“ nutzen zu können stehen aber auch gesellschaftliche, wirtschaftliche und politische als auch infrastrukturelle Hemmnisse gegenüber. Im Wechselspiel dieser Tatsachen liegt es an Wissenschaft und Forschung Systeme zu entwickeln, die diese Mechanismen lösen. Aus der durch

Ressourcenverknappung bedingten Wechselwirkung zwischen Marktpreissteigerung und der daraus entstandenen Suche nach alternativen Energien wurden Konzepte entwickelt, die dem steigenden Druck Rechnung tragen.

Ziel der Arbeit ist es zu untersuchen, welche Voraussetzungen geschaffen werden müssen, um durch das Einspeichern von solarthermischer Energie die Bereitstellung der Heizenergie für ein Einfamilienhaus zu gewährleisten. Die wichtigste Energie von morgen ist die, die erst gar nicht bereitgestellt werden muss. Dabei hat die Gebäudehülle (Außenwände, Fenster, Dach und Sohle) hohe Priorität im System "Energieeffizientes Einfamilienhaus". Durch eine optimierte Wärmedämmung werden die entweichende Wärme und dadurch der Energiebedarf des Gebäudes insgesamt minimiert. Das Speicherkonzept wird regional an Klimaextremstandorten untersucht und die Ergebnisse in einer Tabelle zusammengeführt und verglichen.

1.2 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Die EU hat 2002 eine Energiestrategie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden verfasst. Weiterführend in der Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates im Mai 2010, wurden richtungsweisende, nationale Ziele vereinbart, die die Rahmenvorgaben für die Umsetzung der Mitgliedsstaaten darstellen (nach EPBD, 2010).

Auf die Energiebereitstellung für Raumwärme und Warmwasser entfallen 40 % des Gesamtenergieaufkommens der Europäischen Union. Der Sektor expandiert, wodurch sich der Energiebedarf weiter erhöhen wird. Verringern des Energiebedarfs für diesen Bereich, als auch die Nutzung erneuerbarer Energieträger und die Substitution von Öl, um einerseits die Treibhausgas-Emissionen zu senken, als auch die Energieunabhängigkeit der Union zu forcieren, sind die vorrangigen Bestrebungen. Folgende EU-Ziele wurden formuliert um das Kyoto-Protokoll zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (UNFCCC) einzuhalten und ihrer langfristigen Verpflichtung, den weltweiten Temperaturanstieg unter +2 °C zu halten:

- bis 2020 die Gesamttreibhausgas-Emissionen, gegenüber den Werten von 1990, um mindestens 20 % zu senken,
- Steigerung der Energieeffizienz und damit den Energiebedarf in der Union bis 2020 um 20 % zu senken und
- den Anteil der Energie aus erneuerbaren Quellen von mindestens 20 % bezogen auf den Gesamtenergieverbrauch der Union bis 2020 zu erhöhen.

Im Artikel 9 der EU-Richtlinie wird der Begriff der Niedrigstenergiegebäude eingeführt. Die Mitgliedstaaten gewährleisten, dass:

- bis 31. Dezember 2020 alle neuen Gebäude Niedrigstenergiegebäude sind
- und nach dem 31. Dezember 2018 neue Gebäude, die von Behörden als Eigentümer genutzt werden, Niedrigstenergiegebäude sind.

Die nationalen Pläne enthalten unter anderem eine ausführliche Darlegung der praktischen Umsetzung der Definition der Niedrigstenergiegebäude durch die Mitgliedstaaten, in der die nationalen, regionalen oder lokalen Gegebenheiten erläutert werden, einschließlich eines numerischen Indikators für den Primärenergieverbrauch in kWh/m² pro Jahr. Die für die Bestimmung des Primärenergieverbrauchs verwendeten Primärenergiefaktoren können auf nationalen oder regionalen Jahresdurchschnittswerten beruhen und den einschlägigen europäischen Normen Rechnung tragen (EPBD, 2010).

Mit dem, im Jahre 2008 verabschiedeten, Energie- und Klimapaket der Europäischen Union verpflichtet sich Österreich national bis 2020, eine Verbesserung der Energieeffizienz um 20 %, eine Erhöhung des erneuerbaren Energieträgeranteils auf 34 % sowie eine Reduktion der Treibhausgas-Emissionen von 16 %, sofern diese nicht dem Emissionshandel unterliegen. Gleichsam wurde ein Konzept erstellt, wie diese Vorgaben bis 2020, unter Berücksichtigung einer leistbaren, umweltfreundlichen und sicheren Energiebereitstellung, umgesetzt werden können. Dabei geht es auch unter anderem um das Ersetzen fossiler Energieträger durch erneuerbare Energie und das Nutzen von Abwärme. Die Energiestrategie enthält weiters als Zielsetzung das Gleichbleiben des Gesamtenergiebedarfs von 1.100 PJ aus dem Jahr 2008 für 2020 (nach Lebensministerium, 2011).

Die quantitative Analyse zeigt, dass mit dem vorgeschlagenen Maßnahmenpaket die genannten Ziele (1.100 PJ; 34 % Erneuerbare sowie -16 % TGH-Emissionen) erreicht bzw. überschritten werden können, wenn der Großteil des Maßnahmenpakets implementiert wird. Es zeigt sich weiter, dass auch im Jahr 2020 die Bereiche Raumwärme und Mobilität eine bedeutende Rolle im energetischen Endverbrauch spielen werden. Wesentlich für die Erreichung des Reduktionsziels ist die Beschlussfassung eines Bundesklimaschutz-Gesetzes mit klar geregelten Verantwortlichkeiten. Durch die Umsetzung der Energiestrategie können bis zu 80.000 Arbeitsplätze gesichert und neu geschaffen werden (nach Lebensministerium, 2011).

Die Energie und Klimaschutzvision bis 2050, s. Abb. 1-4, sieht vor, dass der prognostizierte Endenergiebedarf für Österreich im Jahr 2050 sowohl durch die Steigerung der Effizienz als auch durch den Einsatz und den Ausbau der erneuerbaren Energie abgedeckt wird und somit fast zur Gänze auf den Einsatz fossiler Energieträger verzichtet werden kann.

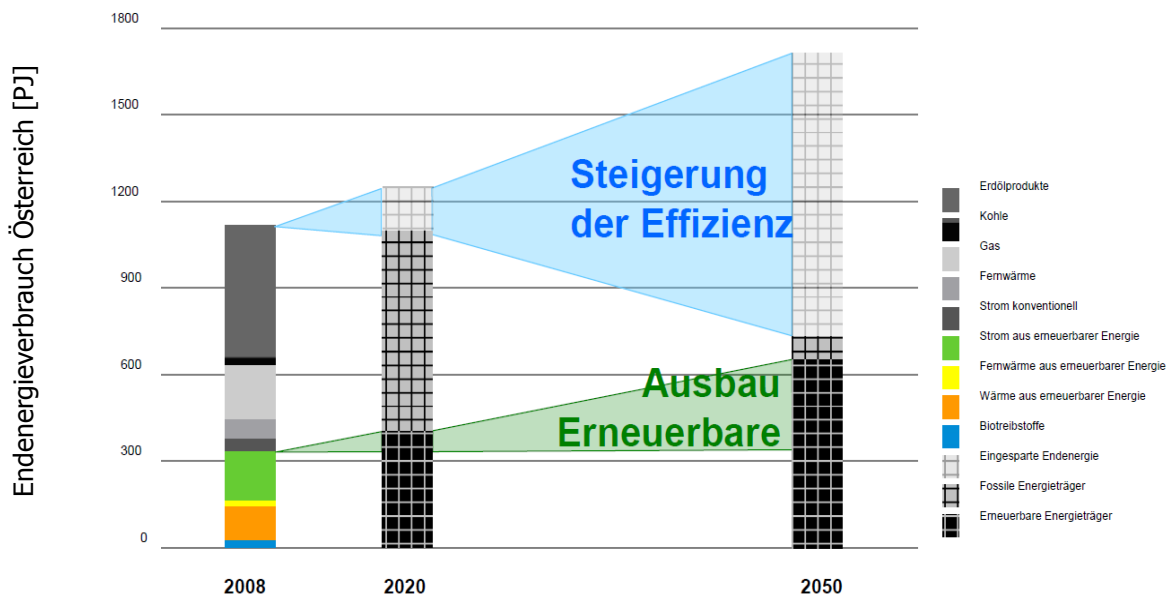


Abb. 1-4: Die Energie-/ Klimaschutzvision bis 2050: Minus 90 % CO₂ plus 100 % BIP (Cerveny, 2010)

Die Umsetzung der Vorgaben in Österreich wird einerseits durch die OIB-Richtlinie 6 und durch die H 5055, H 5056, H 5057, H 5058, und EN 12 831 (Heizungsanlagen in Gebäuden) vorgeschrieben.

Das Österreichische Institut für Bautechnik, kurz OIB, koordiniert bauspezifische Fragen aller Bundesländer, vor allem der Umsetzung der Bauproduktenrichtlinie. 1993 wurde das OIB als Koordinierungsplattform gegründet als Antwort auf den Koordinierungsbedarf der einzelnen Bundesländer, um die Bauproduktenrichtlinie ökonomisch relevant und effizient umzusetzen. Eine Vereinbarung gem. Art. 15a B-VG über die Zusammenarbeit im Bauwesen wurde geschlossen. Das OIB gilt als Zulassungsstelle und Akkreditierungsstelle für Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstellen für Bauprodukte auf nationaler und internationaler Ebene. Die Vertreter aller Bundesländer legten in der Generalversammlung der OIB vom 25. April 2007 die OIB-Richtlinien fest. Innerhalb der darauffolgenden zwei Jahre wurden die Richtlinien in die landesspezifischen Bauordnungen aufgenommen (nach OIB, 2011).

Zur Umsetzung der neuen EU-Gebäuderichtlinie hat am 6. Oktober 2011 das Österreichische Institut für Bautechnik eine neue Version der bautechnischen Richtlinien konzipiert. Diese neue OIB-Richtlinie 6 „Energieeinsparung und Wärmeschutz“ betrachtet und klassifiziert ein Gebäude in der Gesamtenergieeffizienz. Diese bilanziert nun nicht wie bisher nur den Heizwärmebedarf (HWB) sondern auch den Primärenergiebedarf (PEB), die Kohlendioxidemissionen (CO₂) und den Gesamtenergieeffizienz-Faktor (f_{GEE}). Gebäude in Planung, öffentliche Gebäude und Immobilien, die die Besitzverhältnisse ändern, sind nach der neuen Richtlinie, auf Basis der genormten energischen Beurteilungskriterien, einer der neun Energieeffizienzklassen (s. Abb. 1-5) zuzuordnen. Für die Energieeffizienzskala auf der ersten Seite des Energieausweises ist der spezifische Heizwärmebedarf für die konditionierte Brutto- Grundfläche (BGF) bezogen auf das Standortklima (SK) heranzuziehen (nach OIB, 2011).










Energieeffizienzskala/ Klasse		HWB _{BGF, SK} [kWh/m ² a]	PEB _{BGF, SK} [kWh/m ² a]	CO ₂ _{BGF, SK} [kg/m ² a]	f _{GEE} [1]
	Klasse A++	≤10	≤60	≤8	≤0,55
	Klasse A+	≤15	≤70	≤10	≤0,70
	Klasse A	≤25	≤80	≤15	≤0,85
	Klasse B	≤50	≤160	≤30	≤1,00
	Klasse C	≤100	≤220	≤40	≤1,75
	Klasse D	≤150	≤280	≤50	≤2,50
	Klasse E	≤200	≤340	≤60	≤3,25
	Klasse F	≤250	≤400	≤70	≤4,00
	Klasse G	>250	>400	>70	>4,00

Abb. 1-5: Energieeffizienztabelle für den Heizwärmebedarf lt. OIB- Richtlinie 6 (nach OIB, 2011)

Auszuweisender Wärme und Energiebedarf im Energieausweis nach OIB- Richtlinie 6 für Wohngebäude:

Heizwärmebedarf	HWB	Vom Heizsystem abgegebene Wärmemenge, die benötigt wird, um während der Heizsaison bei einer standardisierten Nutzung eine Temperatur von 20°C zu halten
Warmwasserwärmebedarf	WWWB	Vom Heizsystem abgegebene Wärmemenge, die benötigt wird um die Energie für die Warmwasserbereitung zu sichern.
Heiztechnikenergiebedarf Raumheizung	HTEB- RH	Energienmenge, die bei der Wärmeerzeugung, bei der Verteilung und bei der Speicherung verloren geht sowohl bei der Bereitstellung der Raumwärme als auch bei der Warmwasserwärme.
Heiztechnikenergiebedarf Warmwasser	HTEB- WW	
Heiztechnikenergiebedarf	HTEB	
Heizenergiebedarf	HEB	Der Heizenergiebedarf ist die Energie für die Bereitstellung der Raumwärme und des Warmwasserwärmebedarfs zuzüglich der Verluste.(z.B.: Kessel-, Speicher- und Verteilverluste und die Energie für Umwälzpumpen).
Endenergiebedarf	EEB	Energienmenge die dem Energiesystem des Gebäudes für Heizung und Warmwasserversorgung inklusive notwendiger Energiemengen, wie auch z.B. der Haushaltsstrom, für die Hilfsbetriebe bei einer typischen Standardnutzung zugeführt werden muss.
Primärenergiebedarf	PEB	Energie, die für die Deckung des EEB einschließlich aller Vorketten notwendig ist. Dieser weist einen erneuerbaren und einen nicht erneuerbaren Anteil auf. Der Ermittlungszeitraum für die Konversionsfaktoren ist 2004-2008.
Kohlendioxid	CO ₂	Gesamte dem Energiebedarf zuzurechnenden Kohlendioxidemissionen einschließlich jener für Transport und Erzeugung sowie aller Verluste. Zu deren Berechnung wurden übliche Allokationsregeln unterstellt
Gesamtenergieeffizienz- Faktor	f _{GEE}	Der Gesamtenergieeffizienz- Faktor ist der Quotient aus dem Endenergiebedarf und einem Referenz- End-Endenergiebedarf. (Anforderungen 2007)

Mindestanforderungen werden wie bisher an Heizwärmebedarf und Endenergiebedarf gestellt, wobei beim Heizwärmebedarf eine moderate Anhebung der Anforderungskurve in Abhängigkeit von der Geometrie des Gebäudes vorgenommen wurde. Als neuer Höchstwert des Heizwärmebedarfs wurde statt 66,5 kWh/m²a nun 54,4 kWh/m²a vorgesehen – ausgenommen bei Gebäuden bis 100 m² Brutto-Grundfläche (WKO, 2011).

Die Möglichkeit, das Überangebot der Wärmeenergie aus den Sommermonaten, durch die Sonneneinstrahlung auf der Erdoberfläche, für die Raumwärmebereitstellung im Winter nutzen zu können, könnte einen wesentlichen und auch kostengünstigen Beitrag bieten, um die vorgegebenen Ziele zu erreichen. Auch würde diese Möglichkeit, einen Lastausgleich des im Winter erhöhten Energiebedarfs darstellen.

1.3 Methode und Zielsetzung der Untersuchung

Auf Basis umfangreicher Recherchen werden in Ergänzung zum Studium Nachhaltige Energiesysteme die für die Aufgabenstellung relevanten Grundlagen angeführt und im Zusammenhang mit der Zielsetzung erörtert. Die Recherchen werden in Normen, Fachzeitschriften, Fachbüchern, in aktuellen wissenschaftlichen Arbeiten, im Internet und in statistischen Publizierungen als auch bei Vergleichsobjekten durchgeführt und aufgezeigt.

Dargestellt werden unter anderem Langzeitwärmespeichermodelle im Mehrfamilien-Wohnhausbau, die in Deutschland bereits in den 90er Jahren errichtet und installiert wurden. Diese Verfahren werden zur Einspeicherung von Sonnenenergie zur Heizungsunterstützung genutzt. Die bereitgestellte Wärme in der Heizsaison, oder bei einigen Systemen auch umgekehrt, die Kälte zur Gebäudekühlung im Sommer, wird über Wärmepumpen oder auch Kältemaschinen nutzbar gemacht. Schwierigkeit all dieser Systeme ist, dass die Anlagen mit Daten aus der Vergangenheit ausgelegt werden und bereits kleine Änderungen im System signifikante Veränderungen in der Betriebsweise zur Folge haben.

Im Wesentlichen besteht der Energiebedarf eines Einfamilienhauses unter den in Österreich vorherrschenden Umwelteinflüssen aus thermischer Energie für die Raumheizung und Warmwasserbereitung sowie elektrischer Energie für die Beleuchtung, das Kochen, das Lüften, die Energieverteilung und sonstigen Verbraucher.

Der Antrieb, Solarenergie nützen zu wollen, geht in vielen Fällen mit dem Wunsch einher, ein von fossilen Energieträgern freies Wohnen zu realisieren. Bei genauerer Betrachtung ist festzustellen, dass mit Überlegungen in diese Richtung die Speicherung von Energie in unterschiedlichsten Formen unvermeidbar ist. In dieser Arbeit wird ausschließlich das Einspeichern von Solarenergie für die Bereitstellung des Warmwassers und der Raumwärme untersucht.

Maßgeblich für die Speicherauslegung ist der für das Modellgebäude spezifische monatliche Energiebedarf. Die Grundlagen für die Berechnung sowie die Einflussfaktoren werden erläutert und auf den Haupteinfluss der Berechnung, nämlich das Klima detaillierter eingegangen. Der Energieausweis für das Modell-

gebäude wird mit dem Gebäuderechner der Fa. ECOTECH erstellt. Ergebnis ist der Warmwasserwärme- und Heizwärme- bzw. Raumwärmebedarf. Diese Parameter stellen die Grundlage für die Speicherauslegung dar. Mit einem Tabellenkalkulationsprogramm (EXCEL) wird eine Matrix entworfen, die die Eingabe der gebäudespezifischen Parameter ermöglicht, und die angenommene Dicke der erforderlichen Betonspeichermasse in Form einer Bilanzierung generiert. Für das gegebene Einfamilienhaus wird die angenommene, iterativ errechnete Speicherdicke in Verbindung mit der Solarthermieanlage an 2 Standorten – Hohe Warte (Wien) und Klagenfurt (Kärnten) – mit den Klimadatensätzen (4 Dekaden, Tagesdaten) der ZAMG überprüft. Das Modell wird statistisch ausgewertet und in Form eines Jahresganges dargestellt. Das Ergebnis wird anhand der Tages- Bilanzierung analysiert und in Form von Diagrammen für den Warmwasserwärme- und Raumwärmebedarf visualisiert. Ergänzend werden die Speicher auf Basis von Referenzmonaten untersucht und die solaren Erträge den Speicherverlusten mit der Wärmeabgabe gegenübergestellt.

Die Energieeinspeicherung stellt den Kernpunkt der Untersuchung dar. Das bedarfsorientierte Be- und Entladen des geteilten Betonspeichers sowie das Zusammenwirken des entkoppelten Warmwasserspeichers mit dem Heizungsspeicher in Abhängigkeit des solarthermischen standortspezifischen Angebots wird analysiert. Daraus werden die Grundparameter für die Speicherauslegung definiert. Das vorrangige Kriterium für das Funktionieren des Systems ist die Auslegung des Energiespeichers für die Raumwärme und das Einspeichern der Energie für den Warmwasserwärmebedarf. In die thermisch entkoppelte Fundamentplatte soll mit einer solarthermischen Anlage der Heizwärme- und der Wärmebedarf für die Warmwasserbereitstellung eingespeichert werden. Bei Bedarf soll die Wärme über die Fußbodenheizung und die Wandheizung an den Wohnraum abgegeben werden. Die Warmwasserbereitung soll in Form eines Speicher- Durchlaufsystems erfolgen.

Untersucht wird welchen Einfluss das standortspezifische Klima auf die Auslegung des Energiespeichers haben wird. Die erstellte Tabellen-Matrix soll eine Hilfestellung bieten, um in Abhängigkeit des Wärmebedarfs eines Einfamilienhauses die Speichergröße in Form eines Betonspeichers errechnen zu können.

Das Ergebnis der Betrachtungen soll den Energiebedarf des Modellhauses ausweisen, der ausschließlich durch Sonnenenergie abgedeckt werden soll. Voraussetzung für diese Betrachtung ist das Erfüllen bautechnischer Bedingungen. Unter welchen Bedingungen die Warmwasserwärme- und Heizwärmebereitstellung des Modellhauses unter Einbindung einer Langzeitwärmespeicherung mit solarthermischer Energie möglich ist, wird errechnet.

Die Erkenntnisse aus der Untersuchung werden keiner wirtschaftlichen Gegenüberstellung zugeführt. Auch werden keine alternativen Anlagenkonzepte untersucht und verglichen. Der Kühlbedarf-, der Strombedarf und der ökologische Fußabdruck werden in dieser Arbeit nicht behandelt. Der wesentliche Teil der Arbeit besteht darin die Möglichkeit der Langzeit- Wärmespeicherung in Form eines Betonspeichers zu prüfen und ein Rechen- Modell für eine Auswertung unter Einbezug realer Klimadaten zu erstellen.

2 Grundlagen der Langzeitwärmespeicherung

Die einzuspeichernde Energie aus der solarthermischen Anlage soll sowohl den Warmwasserwärme-, als auch den Heizwärmebedarf in der Heizperiode decken. Der Betonspeicher bildet das Bindeglied zwischen der Energiebereitstellung und dem Abnehmer und koppelt somit das Energieangebot mit dem Energiebedarf. Der Lastausgleich, zwischen dem sommerlichen Energie-Überangebot und der fehlenden Wärme-Energie im Winter, soll sichergestellt werden.

Für die Energiespeicherung sind die Fragen nach dem Wärmeträgermedium sowie nach dem Speichermedium entscheidend. Grundsätzlich unterscheidet man Langzeitspeicherung nach vier Arten der Einlagerung:

- Speicherung, in Form von sensibler Wärme, entsprechend verlustbehaftet (fühlbare Wärme),
- Speicherung, in Form von latenter Wärme, wobei die Wärme durch Änderung des Aggregatzustandes eingespeichert wird (meist flüssig in fest, und umgekehrt),
- Speicherung, in Form von chemischer Trennung und Wärmeproduktion beim Zusammenführen von zwei unterschiedlichen Stoffen,
- Speicherung, als chemische Energie, in Form von Energieträgern wie beispielsweise Holz, Gas oder Öl, die durch physische Veränderung, meist Verbrennung, Wärme produzieren.

Haupteinflussfaktor der Langzeitwärmespeicherung im Hinblick auf Größe und Speicherdichte ist das Speichermedium, dessen Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität sowie die Verluste, die durch die Form und die Wärmedämmung geprägt sind. Die Wahl des Speichermediums und der Menge ist auf das System, welches aus den Einzelkomponenten (wie z.B. die Primärenergiewandlung, der Energiespeicher und die Abgabekomponenten) besteht, abzustimmen. Auch sind bestimmende Parameter wie das wandelbare Energieangebot, der Temperaturbereich, die erreichbare Energiedichte des Energieträgers als auch das Speichervolumen sowie die Speicherdauer zu berücksichtigen.

Eingangs muss für dieses Heizsystem festgehalten werden, dass der Betrieb nur dann über eine Heizperiode geführt werden kann, wenn der Speicher über die Sommermonate ab März geladen wird. Die Begründung besteht darin, dass laut Ergebnis der Energiespeicher ca. drei Monate für das Beladen benötigt.

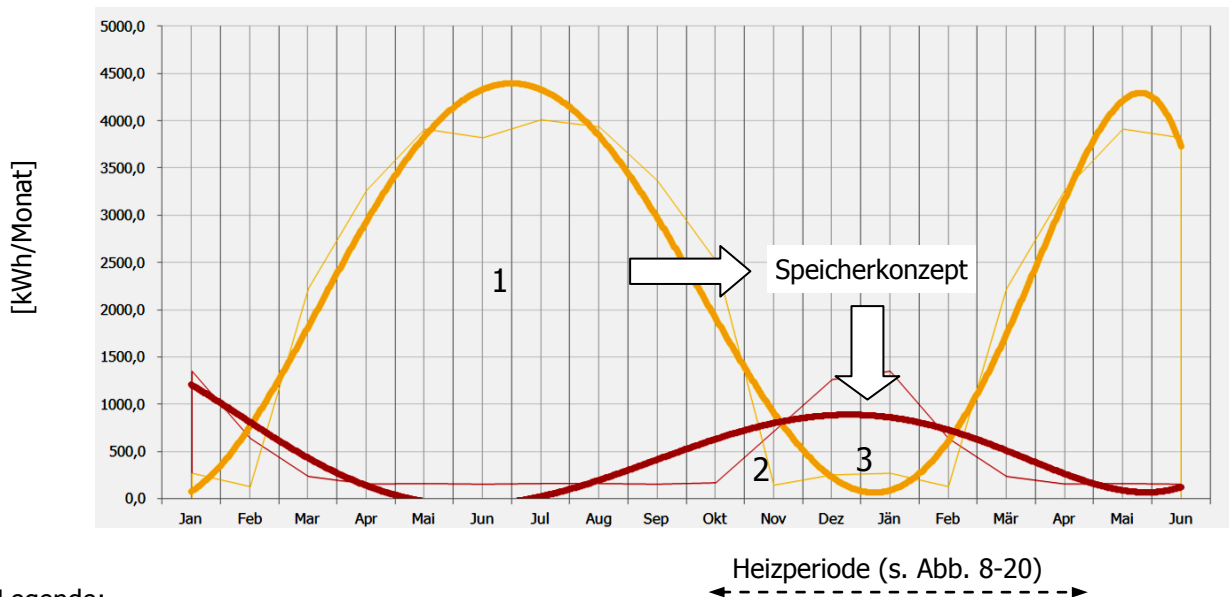
Einflussgrößen auf die Speicherkapazität:

- Speichermedium, Speichervolumen, Speicherdämmung und mögliche Entladetiefe.
- Standortspezifische Klimadaten wie die Globalstrahlung, Temperatur, Verschattung, Verluste und die daraus ermittelte Größe der Kollektorfläche.
- Die Speicherkapazität-Pufferung, ermittelt aus dem Gebäudewärmebedarf, dem Warmwasserwärmebedarf und den Speicherverlusten, sowohl aus der Beladung, als auch beim Abrufen von Energie.

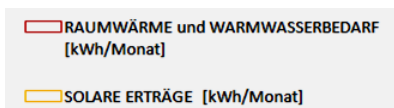
Die Wärmeenergie wird mittels einer Sole als Trägermedium in den Betonspeicher zur Speicherung eingebracht sowie im Wärmebedarfsfall bedarfsorientiert angefordert. Das Wärmeträgermedium der Solaranlage besteht aus Wasser, dem Frostschutzmittel in Form von Propylenglycol beigemischt wird, sodass Schäden, durch Frost, vermieden werden. Der Speicher funktioniert im Prinzip wie ein Wärmetauscher, der durch seine Masse entsprechend Wärme einspeichert.

Globalstrahlungswerte als auch der Wärmebedarf durch das Brauchwasser und der Heizwärmebedarf sind Augenblickswerte, die ständigen Änderungen unterworfen sind. Abgesehen von dem Wechsel der Tages- und Nachtstunden reagiert die Anlage auf saisonale Veränderungen, wie beispielsweise dem Sonnenstand, der Bewölkung, der Temperatur und der Witterungseinflüsse wie Wind und Niederschlag.

Die folgende Abb. 2-1 soll veranschaulichen, wie sich das solarthermie Angebot aus einer angenommenen solarthermischen Anlage (1) gegenüber dem Wärmebedarf (3) eines Gebäudes saisonal verhält. Die Schnittfläche (2) der Kurve (1) und Kurve (3) zeigt die Überlagerung der Gewinne aus der solarthermischen Anlage und den abzudeckenden Wärmebedarf des Gebäudes.



Legende:



- 1..... Solarthermisches Angebot in den Sommermonaten
- 2..... Raumwärme und Warmwasserwärmebedarf kann direkt durch die Solarthermie abgedeckt werden
- 3..... Raumwärme und Warmwasserwärmebedarf ist in Verbindung mit einer Solarthermischen Anlage über ein abgestimmtes Speicherkonzept bereitzustellen.

Abb. 2-1: Monatsbilanzierung des Modellgebäudes mit Werten aus ECOTECH am Standort Wien, Hohe Warte

Wie in der folgenden Gleichung 2.1 dargestellt, sollen die in den warmen Perioden gewonnenen und eingespeicherten solaren Erträge zur Deckung des Raumwärme- und Warmwasserwärmebedarfs in den Monaten Oktober bis April zur Verfügung stehen. Die in der Abb. 2-1 errechneten Werte wurden der Energieausweis-Software ECOTECH entnommen. Weiters entsprechen die errechneten Zahlenreihen dem Modellgebäude mit dem Standort Wien Hohe Warte (s. Anhang).

$$SD = \frac{Q_{\text{SOLARE ERTRÄGE}}}{Q_{\text{RAUMWÄRME}} + Q_{\text{WARMWASSER}}} \Bigg|_{\text{Jahr}} \geq 1 \quad (2.1)$$

SD Solarer Deckungsgrad der Anlage [1]

$Q_{\text{SOLARE ERTRÄGE}}$ [kWh/Monat] ———
 $Q_{\text{RAUMWÄRME}}$ [kWh/Monat] } ———
 $Q_{\text{WARMWASSER}}$ [kWh/Monat] }

Die Jahresbilanzierung (s. Abb. 2-2), des oben angeführten Modellgebäudes in Form eines Energiefluss-Diagrammes verdeutlicht, dass mehr als die Hälfte der solaren Erträge ungenutzt bleiben. Die Solaranlage, bestehend aus 60 m² Vakuum-Röhrenkollektoren und einem angenommenen Wasser- Speichervolumen von 35.000l. Diese Anlage wird im Rechenprogramm ECOTECH monatlich neu bilanziert, sodass das real erforderliche Jahresspeichervolumen nicht errechnet werden kann.

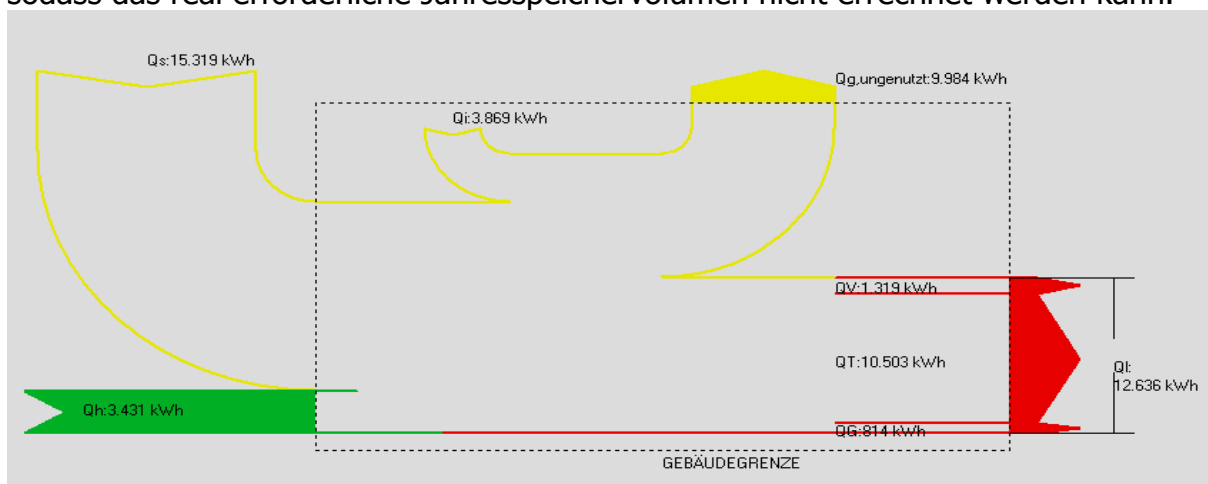


Abb. 2-2: Flussdiagramm, Jahresbilanzierung des Modellgebäudes (ECOTECH-Rechenprogramm)

Entscheidend für die Deckung des Wärmebedarfs eines Einfamilienhauses ist ein abgestimmtes Verhältnis zwischen der erforderlichen Speicherkapazität/Jahr im Zusammenhang mit den klimaspezifischen Daten am Gebäudestandort und der Kollektorfläche. Für eine Anlagendimensionierung sind der Wärmebedarf und der Solarertrag auf Stunden- oder zumindest Tageswerte, in Verbindung mit der Speicherkapazität zu simulieren. Die Auslegung der Anlage auf Basis der Parameter, Kenngrößen und Daten stellt rechnerisch einen komplexen Vorgang dar. Für die Auswertung der Daten finden Rechen- und Simulationsprogramme Anwendung. Die Untersuchung in dieser Arbeit wird mit dem Tabellenkalkulationsprogramm - EXCEL durchgeführt.

2.1 Konzepte zur Langzeitspeicherung bei Wohngebäuden

Bereits in den 70er Jahren und der Entwicklung der Sonnenkollektoren, entstand die Idee den sommerlichen solarthermischen Überschuss in die Heizperiode zu übertragen. Bald erkannte man, dass Konzepte mit saisonaler Wärmespeicherung nur in Verbindung mit entsprechend hoch wärmegeprägten Gebäudekonzepten eingesetzt werden können. Die ersten Großanlagen entstanden in Schweden, die die geologischen Verhältnisse nutzten und im porösen Untergrund saisonal Wärme mit Hilfe von Wasser speicherten. Weiterentwickelt wurden die Geothermiesysteme in Form von Aquifer-, Erdsonden und Energiepfähle bzw. Energiefundierungen, die den Boden als Wärmespeicher, zur Gebäudekühlung und als Wärmequelle für Wärmepumpen nutzen. Heißwassergroßspeicheranlagen erzielen vorwiegend für Nahwärmenetze in Kombination mit Solarthermie hohe Deckungsgraden der Energie für Brauchwasser und Raumwärme.

Wasser als Speichermedium hat auf Grund der hohen spezifischen Speicherkapazität, der einfachen Handhabung und der leichten Verfügbarkeit große Vorteile gegenüber anderen Stoffen. An Speichermodellen, die sich entweder die chemischen oder die stoffspezifischen Eigenschaften zu Nutze machen, wird in den letzten 15 Jahren gearbeitet und geforscht. Das Ziel dieser Forschungen besteht im Wesentlichen darin, Speicherdichte und Speichervolumen und damit einhergehend Herstellungskosten zu reduzieren. Die Marktreife dieser Methoden ist jedoch bis heute nicht erreicht.

Die Aufgabe eines thermischen Energiespeichers ist es, ein vorhandenes Energieangebot mit dem Energiebedarf zu koppeln, der zeitlich nicht deckungsgleich ist. Ein thermischer Speicher ermöglicht es, durch die damit einhergehende Pufferung, zusätzliche regenerative Energiequellen nutzbar zu machen. Die solaren Sommererträge, die zur Abdeckung des Heizwärmebedarfs im Winter erforderlich sind, werden in einem Speichermedium eingelagert. Abhängig von der Art der Einspeicherung und von der Speicherausführung ist die thermische Energiespeicherung immer verlustbehaftet.

Grundsätzlich werden folgende drei Arten der thermischen Energieeinspeicherung unterschieden:

- sensible Wärmespeicherung (fühlbare),
- latente Wärmespeicherung (versteckte) und
- chemische Wärmespeicherung

Nach dem Zeitraum der Wärmeeinspeicherung werden Kurzzeit-, Tages- und Saisonspeicher unterschieden (nach Kaltschmitt & Streicher, 2009):

- Kurzzeitspeicherung speichert Wärme lediglich für einige Stunden. Typisches Beispiel ist der bei Speicherkollektoren in den Kollektor integrierte Tank.
- Tagesspeicher sind in der Lage, Wärme einen bis mehrere Tage zu speichern. Dies ist der klassische Anwendungsfall für solarthermische Trinkwasseranlagen und teilsolare Heizungsanlagen mit solaren Deckungsgraden bis ca. 60 %.

- Saisonale Wärmespeicher werden vorrangig dann eingesetzt, wenn die solarthermische Anlage zur möglichst vollständigen Wärmenachfragedeckung dienen soll. Zur Anwendung können beispielsweise Wasserspeicher, Aquiferspeicher und Sondenspeicher kommen (s. Abb. 2-3).

In Abb. 2-3 werden die Systeme dargestellt, die derzeit zur saisonalen Speicherung von solarthermischer Energie eingesetzt werden.

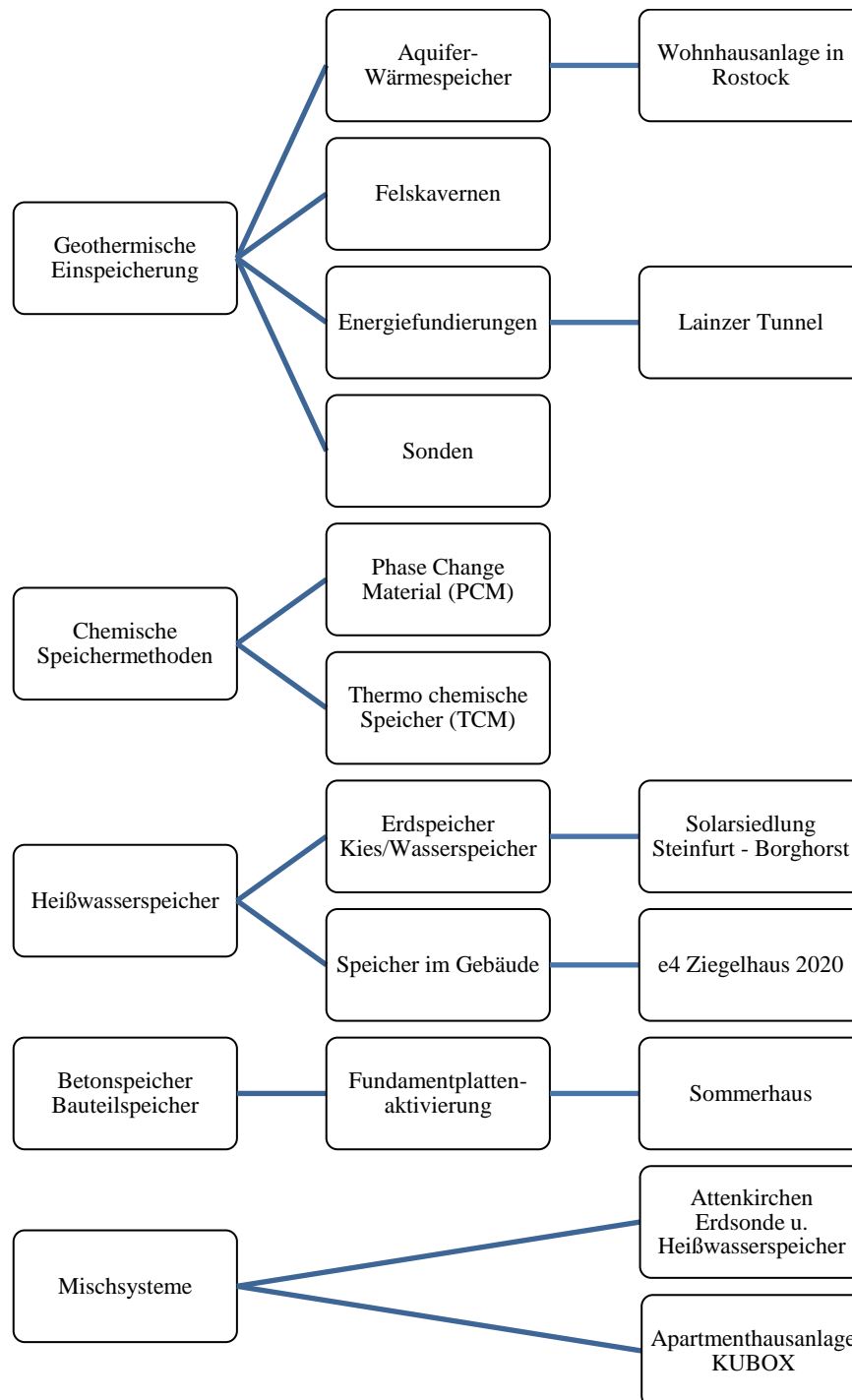


Abb. 2-3: Konzepte zur Langzeitwärmespeicherung inkl. Referenzobjekte

2.1.1 Geothermische Einspeicherung

Bei dieser Speichermethode wird entweder ein, durch geologische Gegebenheiten abgegrenzter Bereich oder ein, durch Brunnen oder Bohrungen geschaffener Raum für die Einspeicherung von saisonal vorhandener Energie verwendet.

Ausgehend vom gewünschten Temperaturniveau der Wärmeenergiebereitstellung beeinflusst durch die geologischen Gegebenheiten, ist die Art der Gewinnung bestimmt. Die Verfahren werden über die erreichbare Tiefe eingeteilt und die Temperatur ist tiefenabhängig. Der erste Tiefenbereich kann in Abhängigkeit des örtlichen Untergrundes von 10 m bis max. 30 m kategorisiert werden. Dieser Bereich wird primär durch den geothermischen Wärmestrom beeinflusst. Der Einfluss der Sonne wird ab der Tiefe von 10 m als vernachlässigbar klein angenommen. Die aus diesem Bereich gewonnene Erdwärme wird als oberflächennahe Geothermie bezeichnet. Genutzt wird diese in Form von Bohrpfählen oder unterirdischen Bauwerksteilen. Von tiefer Geothermie spricht man in Europa ab einer Tiefe von 400 m wie Abb. 2-4 verdeutlicht. Der geothermische Gradient bewegt sich um ca. 30 °C/km Richtung Erdmittelpunkt. Daraus ergibt sich, dass in 400 m Tiefe noch keine direkte Wärmenutzung für Heizzwecke nutzbar ist. Das zur Verfügung stehende Energieangebot muss mittels Wärmepumpe für Heizzwecke veredelt werden, jedoch eignet sich dieser Tiefenbereich für Kühl- oder Speicherzwecke. Daher kann folgende Einteilung für die geothermale Nutzung getroffen werden (nach Straka et al., 2009, Seite 4):

- < 10 m bis max. 30 m oberflächennahe Geothermie
- bis ca. 400 m seichte Geothermie
- über 400 m tiefe Geothermie

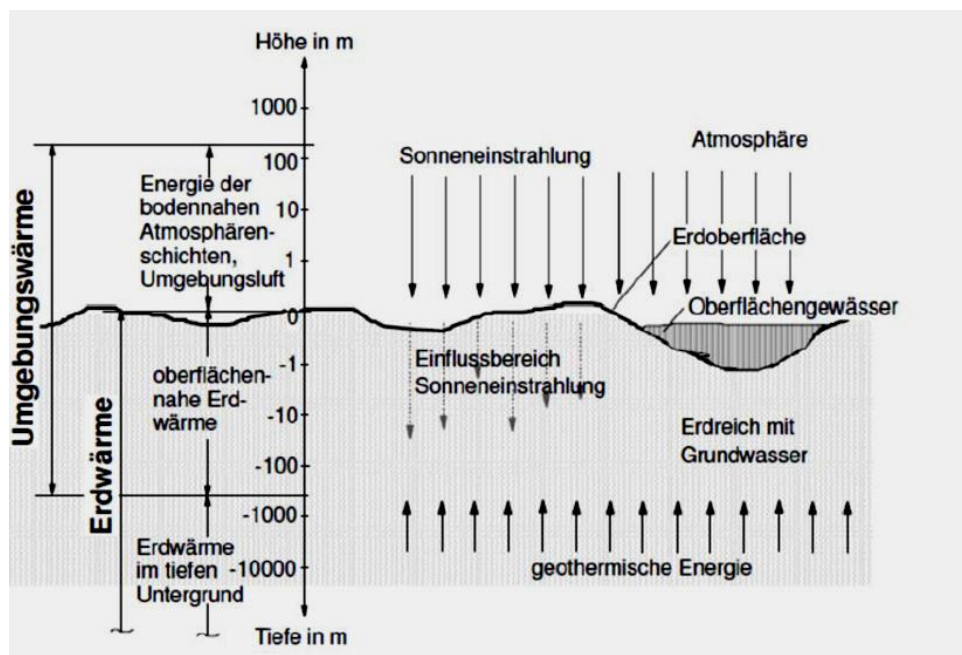


Abb. 2-4: Skizze zur Begriffsabgrenzung von Umgebungswärme und Erdwärme (Kaltschmitt & Streicher, 2009, S. 183)

Weiters kann, tiefenunabhängig in zwei Grundtypen zur Wärmegewinnung differenziert werden:

- das hydrothermale Verfahren bzw.
- Wärmesonden

Beim hydrothermalen Verfahren erfolgt die Entnahme der Erdwärme oder die Speicherung von Abwärme durch das Zirkulieren von Wasser bzw. Wasserdampf. Die Wärmesonden entziehen, auf Basis eines Wärmetauscherprinzips, mit Hilfe eines Wärmeträgermediums z.B. NH_3 oder CO_2 , Wärme aus dem Untergrund ohne unmittelbaren Kontakt mit dem gewachsenen Grund. Die beiden Verfahren werden in allen Tiefenbereichen der Geothermie eingesetzt (nach Straka et al., 2009, S. 6).

Im Folgenden werden nur jene Systeme behandelt, die auch zur saisonalen Einspeicherung von Wärme genutzt werden.

2.1.1.1 Aquifer- Wärmespeicher (ATES - Aquifer Thermal Energy Store)

Der Name Aquifer kommt aus dem Lateinischen (aqua=Wasser und ferre=tragen) und bedeutet Grundwasserleiter, Grundwasserhorizont oder Grundwasserträger. Bei der Nutzung von Aquiferen als Speicher für thermische Energie dient der natürliche Untergrund, bestehend aus Gestein und dem darin enthaltenen Grund- bzw. Tiefenwasser, als Speichermedium. Aufgrund der großen thermischen Speicherkapazität von einigen 100 MWh bis über 10 GWh und einer verhältnismäßig trägen Betriebsweise werden sie meist als saisonale Speicher eingesetzt. Laut Seibt & Kabus eignen sich ca. 70 % des Untergrunds in Deutschland zur Nutzung als Aquiferspeicher. Trotz dieses hohen Potentials sind derzeit nur drei Anlagen in Betrieb: Neubrandenburg, Berlin und Rostock. Im Gegensatz zu Deutschland sind z.B. in den Niederlanden über 400 Systeme in Betrieb (nach Kranz et al., 2009).

Aquiferspeicher werden in der Regel mit zwei Bohrungen (Dublette), s. Abb. 2-5, bzw. zwei Bohrungsgruppen, eine auf der sogenannten warmen und eine auf der kalten Seite des Speichers, erschlossen. Diese werden in einem Abstand von 50 bis zu 300 Metern angeordnet, um die gegenseitige thermische Beeinflussung vor allem von warmen und kalten Bohrungen, auszuschließen (Kurzschlüsse). Die Bohrungen sind jeweils mit einem Förderstrang mit Pumpe sowie einem Injektionsstrang ausgestattet, was den Betrieb des Aquiferspeichers in beide Richtungen und somit die, für Speicher typischen Be- und Entladungszyklen ermöglicht. Bei der Beladung, dem Einspeichern von thermischer Energie (z.B. Solarthermischer Energie), wird Wasser aus den kalten Bohrungen entnommen, erwärmt und in die warmen Bohrungen injiziert. Für die Entladung wird die Strömungsrichtung umgekehrt, so dass die Pumpe in der warmen Bohrung das Wasser über Tage fördert, wo es Wärme an ein Energieversorgungssystem abgibt. Bei der Be- und Entladung des Aquiferspeichers strömt das Tiefenwasser untertage in horizontaler Richtung. Im Bereich der warmen Bohrung wird der Aquifer durch die Injektion des warmen Tiefenwasser erwärmt. Bei der Entladung wird dem Aquifer das warme Wasser wieder entnommen und das aus der Umgebung nachströmende kalte Wasser kühlt den Bereich, um die warme Bohrung ab. Die Ausspeichertemperatur ist geringer als

die Einspeichertemperatur und nimmt zusätzlich im Verlauf der Entladungsperiode ab (Abb. 2-6). Diese Abnahme ist charakteristisch für Aquiferspeicher und beruht auf dem Wärmetransport durch Wärmeleitung zu angrenzenden Schichten sowie auf dem Temperaturengleich durch Vermischen des warmen Wassers mit kälterem Wasser bzw. durch Kontakt mit kälterem Gestein. Außerdem kann die natürliche Grundwasserströmung die Temperatur im Speicherbereich beeinflussen (nach Kranz et al., 2009).

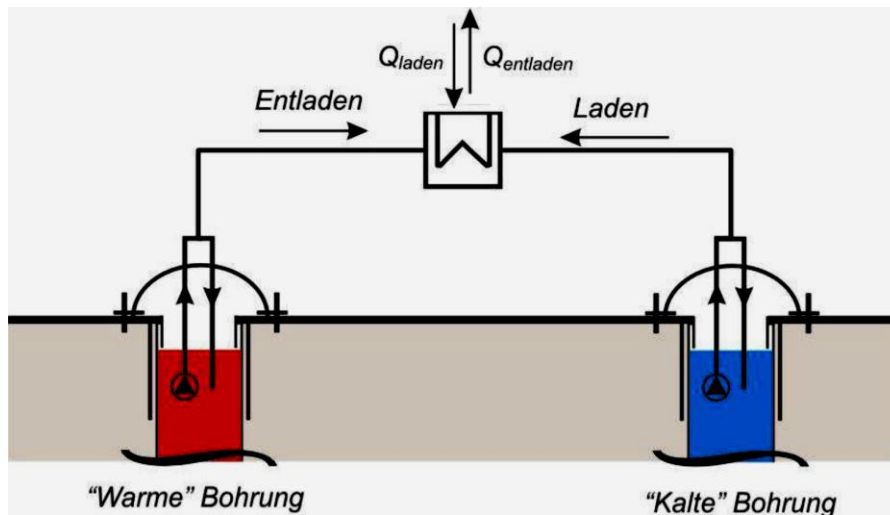


Abb. 2-5: Darstellung der Funktionsweise einer Bohrungsdoublette für einen Aquiferspeicher (Kranz et al., 2009)

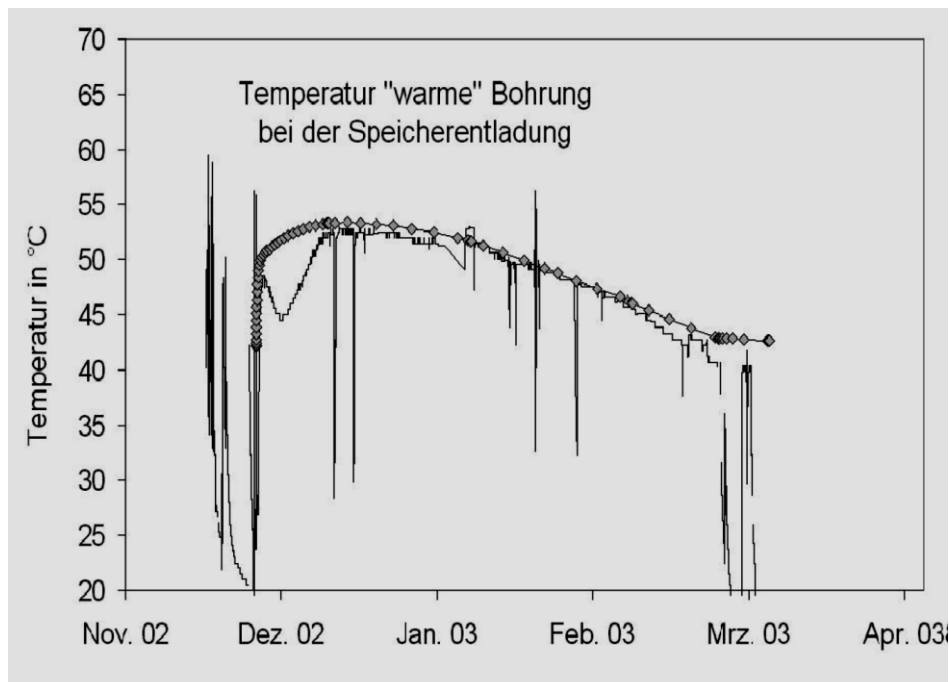


Abb. 2-6: Verlauf der Temperaturen an der warmen Bohrung bei Entnahme von Aquiferwasser (Kranz et al., 2009)

Aus Vorangeführtem sind folgende Qualitätskriterien maßgebend für den Speicher:

- Die geologische Formation sollte oberhalb und unterhalb des Speichers abgeschlossen sein.
- Die natürliche Fließgeschwindigkeit des Grundwassers sollte möglichst gering sein (gegen Null km/h) um ein Abströmen des energiegeladenen Wassers zu vermeiden.
- Um die Wärmeverluste möglichst gering zu halten, sollte die Speichertemperatur im Mittel der Aquifertemperatur sein.

Aus dem letztgenannten Kriterium ergibt sich, dass Wärmespeicher gegenüber Kältespeicher in tieferen Lagen genutzt werden.

Die Gesamtkapazität des Speichers ist durch die maximale Speichertemperatur und durch das Speichervolumen gegeben. Diese sind durch die natürlichen Eigenschaften des Aquifers bestimmt. Aquiferspeicherkonzepte sind bei der Einbindung in Energiestrukturen von mehreren Faktoren abhängig. Den Speicher alleine, unabhängig von der Energiegewinnung, deren Einspeicherung und den individuellen Energiebedarf zu analysieren, wäre nicht ausreichend. Einerseits sind die Anlagenkomponenten über Tage auf die Eigenschaften des Speichers und das thermische, hydraulische und chemische Verhalten des Speichers abzustimmen und andererseits beeinflusst auch die Charakteristik des Energiebedarfs die energetische Effizienz des Speichers (nach Kranz et al., 2009).



Abb. 2-7: Solar unterstützte Nahwärmeversorgung in Rostock-Brinckmanshöhe (Schmidt & Müller-Steinhagen, 2004)

Der erste Aquiferspeicher konnte im Jahr 2000 in Rostock s. Abb. 2-7 in Verbindung mit einer solarunterstützten Nahwärmeversorgung in Betrieb genommen werden. Damit konnte die Solaranlage mit 980 m² insgesamt 108 Wohnungen mit einer Wohnfläche von 7.000 m² zur Warmwasserbereitung und Raumheizung versorgen. Mit dem Aquifer-Wärmespeicher unter dem Gebäude mit einem Brunnenpaar wollte man einen Deckungsgrad von 50 % erzielen. Tatsächlich wurde im Jahr 2003 49 % Deckungsgrad erreicht (Schmidt & Müller-Steinhagen, 2004).

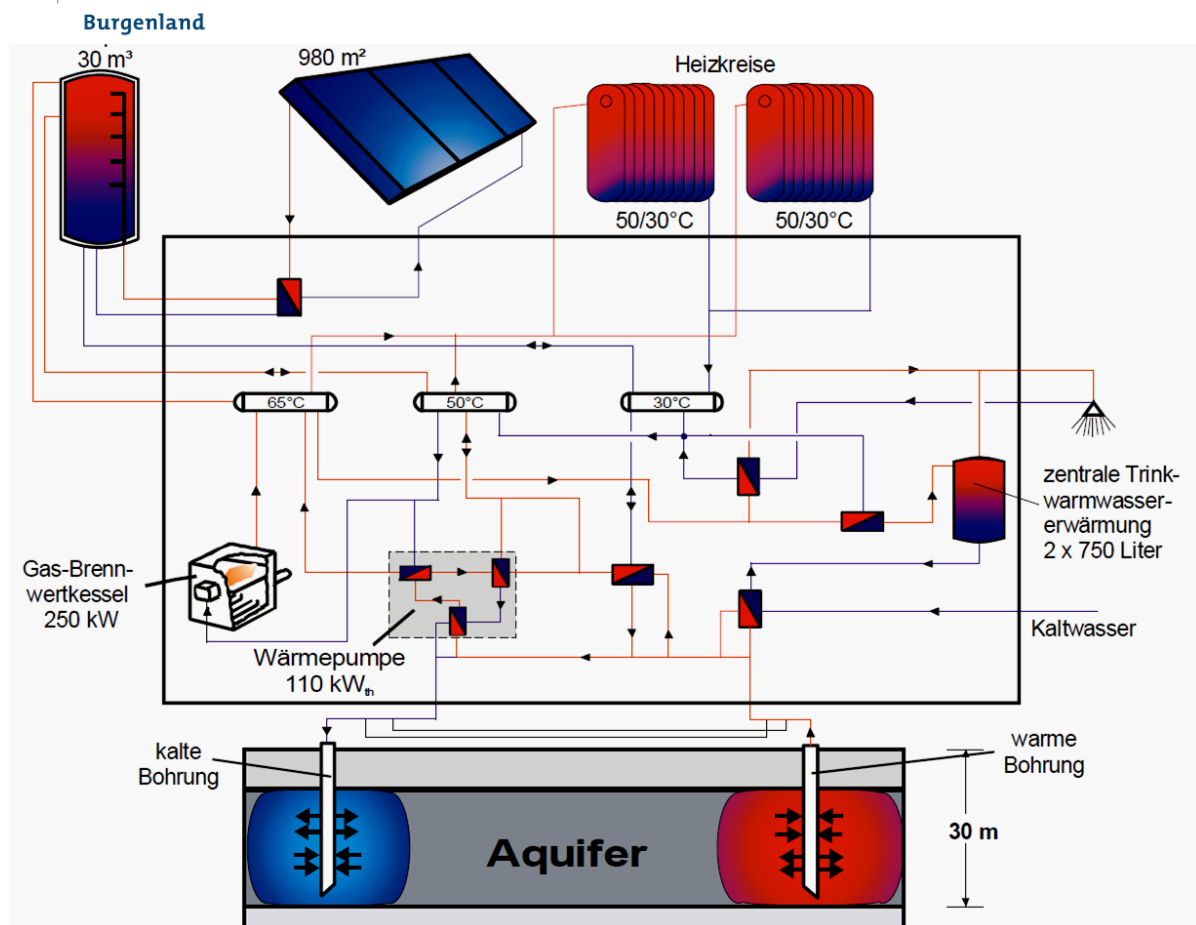


Abb. 2-8: Hydraulikschema der Wärmeversorgung Wohnhausanlage Rostock (Schmidt & Müller-Steinhagen, 2004)

In der Abb. 2-8 ist das Hydraulikschema der Gesamtanlage dargestellt. Das System ist als Vier-Leiternetz ausgeführt. Die Trinkwassererwärmung erfolgt zentral über zwei Speicher, mit je 750 l Volumen. Die Raumheizung wurde in Form eines Nieder-temperatur-Heizsystems ausgeführt (VL/RL: 50/30 °C). Günstige Betriebsbedingungen für das Einbinden der Solaranlage und der Wärmepumpe sind durch die geringen Betriebstemperaturen sichergestellt. Radiatoren dienen zur Wärmeabgabe. Die Trinkwasserzirkulation wird seit 2001 durch einen separaten Wärmeüberträger erwärmt. Zwei Vorlaufverteiler gibt es für die Nutzung zur Raumheizung (50 °C) bzw. zur Trinkwarmwasser-Erwärmung (65 °C). Dadurch können Solarerträge mit geringerem Temperaturniveau direkt in die Heizung eingespeist werden. Die Wärmepumpe (thermische Leistung von 110 kW) als Sonderkonstruktion kann Nutzwärme auf zwei unterschiedlichen Temperaturniveaus bereitstellen. Dabei erfolgt neben der Wärmeentnahme bei der Kondensation (bei ca. 50 °C) eine vorangestellte Auskoppelung von Wärme aus dem überhitzten Bereich des Kältemittels (bei ca. 65 °C). Die Wärmepumpe wird elektrisch betrieben (nach Schmidt & Müller-Steinhagen, 2004).

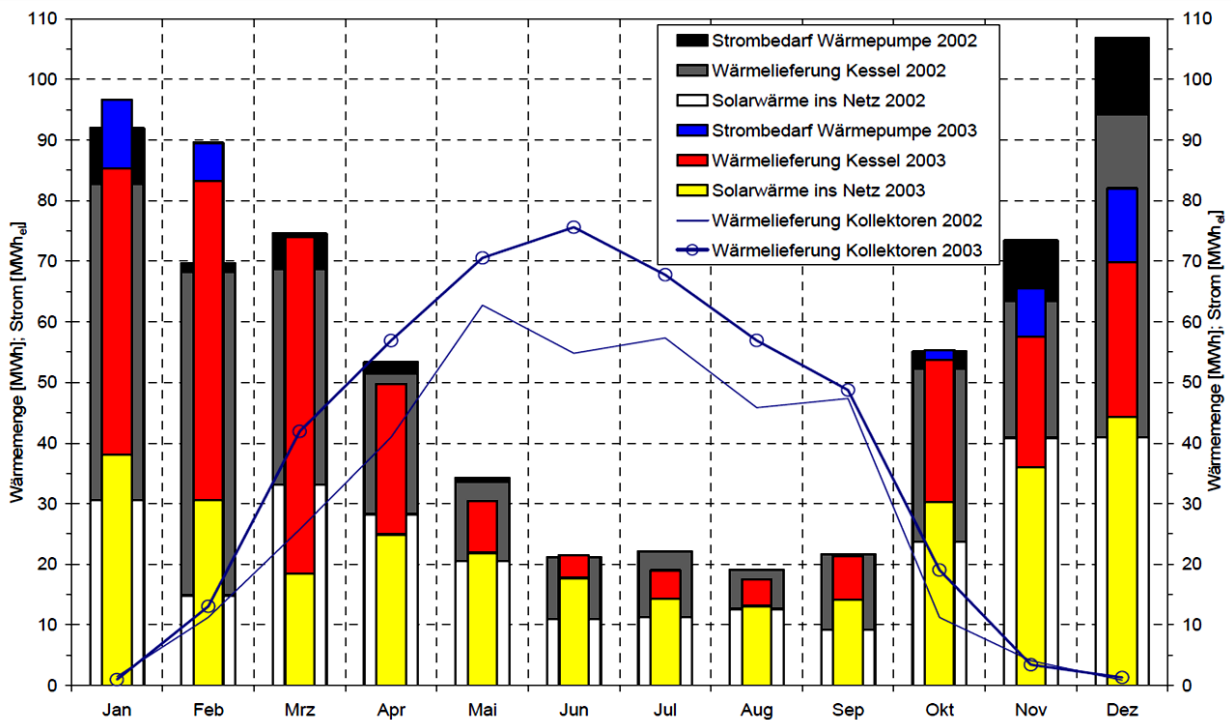


Abb. 2-9: Monatliche Wärmebilanz der Jahre 2002 (weiß, grau, schwarz) und 2003 (gelb, rot, blau) (Schmidt & Müller-Steinhagen, 2004)

Beladen wird der Aquifer bei solarem Überschuss über den Pufferspeicher. Entladen wird der Aquiferspeicher mit dem Grundwasser aus dem warmen Brunnen über einen Wärmeüberträger wenn die Temperatur unmittelbar nutzbar ist. Ist das Temperatur-Niveau zu gering, wird über die Wärmepumpe entladen. Parallel dazu erfolgt über einen Wärmeüberträger eine Erwärmung des Trinkwasserspeichers. Ein Gaskessel, mit einer Leistung von 250 kW deckt den verbleibenden Restwärmebedarf. Eine Änderung der Strömungsrichtung des Aquiferspeichers ist technisch kurzfristig nicht möglich, daher muss der Gaskessel trotz etwaiger Deckung durch den Speicher auch in Wärmeperioden zeitweise den Restwärmebedarf decken (nach Schmidt & Müller-Steinhagen, 2004).

In der Abb. 2-9 ist der Jahresgang (2002 und 2003) der Wärmebilanz der Wohnhausanlage Rostock dargestellt. Der Deckungsgrad der Solarwärme hat 2003 gegenüber 2002 signifikant zugenommen. Die Ursache dafür kann entweder ein erforderliches Einschwingen des Aquiferspeichers oder ein verminderter Heizwärmebedarf gewesen sein.

2.1.1.2 Felskavernenspeicher

Felskavernenspeicher können nur unter speziellen geologischen Bedingungen als Wärmespeicher errichtet werden. Der den Speicher umgebende Felsgrund sollte über eine gute Qualität verfügen. Das bedeutet der Fels soll in seinem Aufbau möglichst homogen sein und keinen durch Felsklüfte verursachten Wasserverlust aufweisen. Das Wärmeträgermedium als auch der Speicherinhalt ist Wasser. Der den Speicher umgebende Fels nimmt das Temperaturniveau des Mediums an und wirkt daher bei

der Einspeicherung mit. Der Energietransport wird über die Pumprate begrenzt und kann daher sowohl als Kurzzeit- als auch als Langzeitwärmespeicher eingesetzt werden. Dieses Speichersystem, welches nur für die Einspeicherung von Wärme genutzt wird, ist sehr kostspielig und findet daher bei Großanlagen Anwendung. Erst bei großen Systemen (> 100.000 m³) ist eine Rentabilität erreichbar. In Schweden und Finnland wurden solche Speicheranlagen auf Grund der für dieses Speichersystem geeigneten geologischen Bedingungen und Voraussetzungen bisher gebaut. Einer der bekanntesten Speicher ist in Lyckebo, seit 1984 in Betrieb. Mit einer Größe von 100.000 m³ wird die Speicherung von Solarwärme mit einer Betriebstemperatur von bis zu 90 °C erzielt. Wärmeverluste von mehr als 50 % als prognostiziert, haben ihre Ursache in einem für den Bau erforderlichen Versorgungstunnel und in Klüften durch Konvektionsströmungen. In Avesta (Schweden) wurde dies berücksichtigt. Bei diesem nur 15.000 m³ großen Kavernenspeicher sind die Wärmeverluste gering (nach Reuß, 2002).

2.1.1.3 Energiefundierungen

Konstante Erdreichtemperatur ist Grundvoraussetzung für diese Art der Energie-Verwertung und ist bei tief angelegten Fundamenten anzufinden. Bedingt durch die Bauform haben diese Bauteile etwa Pfähle, Schlitzwände oder Bodenplatten große erdberührte Flächen. Durch die große Masse und die Möglichkeit diese Fundierungen mit Rohrleitungen thermisch zu aktivieren sind diese Bauteile ideale Strukturen für Energiefundierungen. Sie bilden eine kostengünstige Option Raumwärme bzw. Raumkühlung bereitzustellen als auch in Kombination mit Gebäudekühlung oder aber auch mit solarthermischen Anlagen Wärme aus den Sommermonaten einzuspeichern (nach Adam, 2007).

In Tab. 2-1 sind die Betriebsmöglichkeiten angeführt, die bei Energiefundierungen möglich sind:

Tab. 2-1: Betriebsmöglichkeiten von Energiefundierungen (nach Adam, 2007)

Anwendung	Bezeichnung	Vorgang
Heizanwendungen	Heizen (mit Wärmepumpe)	Entzug von Wärme oder Kälte aus dem Erdreich
	„Free Heating“ (ohne Wärmepumpe)	
Kühlanwendungen	Kühlen (mit Kühlmaschine)	
	„Free Cooling“ (ohne Kühlmaschine)	
Kombinierte Heiz- und Kühlanwendungen	Heizen und Kühlen	Saisonale Speicherung von Wärme und Kälte
	„Free Heating“ und „Free cooling“	

Das Prinzip funktioniert mit Wärmetauscherrohre s. Abb. 2-10, die mit Hilfe der Bewehrung, als Rohrträger, in die Betonbauteile eingegossen werden. Das durch diese Rohre fließende Wärmeträgermittel entzieht dem Erdreich die Wärme für Heizzwecke bzw. bringt Wärme in das Erdreich ein um gekühlt für Gebäudekühlung wieder zur Verfügung zu stehen.



Abb. 2-10: Einbringen der Pfahlbewehrung und Betonieren (Adam, 2007)

Ähnlich erfolgt die Herstellung bei der Schlitzwand und bei der Energiebodenplatte. Durch die größeren Berührungsflächen bezogen auf das Betonvolumen kann jedoch bei Energiepfählen die Erdwärme noch effektiver genutzt werden. Die spezifische Wärmeentzugsleistung in Abhängigkeit der Energiefundierungsmöglichkeiten ist in Tab. 2-2 ersichtlich. Daraus geht hervor, dass Energiepfähle bis max. 30 - 50 cm den größten Energieertrag leisten können.

Tab. 2-2: Entzugsleistung von Energiefundierungen (Adam, 2007)

Art der Energiefundierung	Entzugsleistung
Energiepfahl, Durchmesser 30 - 50 cm	40 - 60 W/lfm
Energiepfahl, Durchmesser > 60 cm	35 W/m ² Mantelfläche
Energieschlitzwand	30 W/m ² Mantelfläche
Energiebodenplatte	15 - 30 W/m ² Mantelfläche

Diese Systeme werden jedoch in erster Linie für die Bereitstellung von Energie, mit einem gleichmäßigen Temperaturniveau für die Veredelung durch ein Wärmepumpensystem, genutzt.

Für die Nutzung kann der Lainzer Tunnel LT 24 Hadersdorf- Weidlingau genannt werden. Hier wurde erstmalig ein Tunnelbauwerk für die Nutzung von Erdwärme ausgerüstet. Der in offener Bauweise hergestellte Tunnel wurde für die Beheizung einer Schule mit einer Wärmepumpe nutzbar gemacht. Die Anlage wird durch 59 Energiepfähle erschlossen.

2.1.1.4 Erdwärmesonden/konduktive Speicher

Der konduktive Speicher eignet sich als Wärme-, Kältespeicher oder auch kombiniert als Wärme- und Kältespeicher. Mittels Wärmetauscher im Boden in Form einer Erdwärmesonde – zumeist als Einfach-U oder Doppel-U-Sonde – wird der Erdboden zum Speichermedium genutzt. Es könnten auch Mehrfach-U- oder Koaxialsonden verwendet werden. Die bessere Wärmeübertragung bei Konstruktionsverbesserungen steht in keiner Relation gegenüber dem erhöhten Kostenaufwand. Das Setzen der Sonden ist sowohl im Lockergestein als auch im Festgestein möglich. Der höhere Wassergehalt im Lockergestein trägt zu einer besseren Speicherkapazität bei. Durch die Erdwärmesonde wird die Energie über das Wärmeträgermedium in den Boden abgegeben bzw. bei Bedarf über das Medium auf dem Boden für die Nutzung abgezogen (nach Reuß, 2002).

Für das Setzen der Sonde wird ein Bohrloch mit einem Durchmesser von 110 - 150 mm vorbereitet. Die variierende Wärmeleitfähigkeit des Bodens ist für den Abstand der Sonden bestimmend und reicht von 1,5 m bei Lockergestein bis zu 4 m bei Festgestein. Koaxialsonden können für ausschließliche Wärmespeicherung im spaltenfreien Festgestein zum Einsatz kommen. Das Wärmeträgermedium (Wasser) fließt unmittelbar durch das Gestein und wird aufgrund der (hydro-)geologischen Gegebenheiten selten verwirklicht. Normalerweise werden die Sonden in Form von geschlossenen Kreisläufen eingebaut. Der Vorteil dieses Systems bildet die Möglichkeit auch mit Frostschutzmittel betrieben zu werden. Die Bohrlöcher werden nach dem Setzen der Sonde durch das Verpressen mit Bentonit, Zement, Quarzsand oder Wassersuspension geschlossen. Auch besteht die Möglichkeit, das Bohrloch in Ausnahmefällen mit Wasser zu füllen. Bedingung für das Füllen mit Wasser ist nicht geklüftetes Felsgestein. Diese Methode ist bislang nur bei Projekten in Schweden zur Ausführung gekommen. Grundsätzlich ist diese Speicherform mannigfaltig verwirklichtbar ohne Einschränkung durch die Untergrundbeschaffenheit (nach Reuß, 2002).

Diese Methode der Erdwärmesondenspeicherung wurde erstmals 1983 in Deutschland angewandt. 1989 wurde bei Donauwörth eine Versuchsanlage zusammen mit einer Solarthermieanlage und in Verbindung mit einer Wärmepumpe mit einem Speichervolumen von 3.000 m³ installiert. Die dort gewonnenen Erkenntnisse konnten für die Umsetzung eines 65.000 m³ Speichers, der in Neckarsulm- Amorbach errichtet wurde, einfließen. Dieser vermag mit 528 Sonden in 30 m Tiefe für eine solare Nahwärmeversorgung saisonal gewonnene Energie einzuspeichern (nach Reuß, 2002).

2.1.2 Chemische Einspeicherung

Bei den thermochemischen Wärmespeichern wird durch die Änderung der Stoffeigenschaften im Zusammenhang mit der Speicherform entscheidender Einfluss auf die mögliche Speicherdichte und Speicherform genommen. Wie aus der folgenden Abb. 2-11 zu erkennen ist sind die Volumen der erforderlichen Speicher entscheidend zu reduzieren.

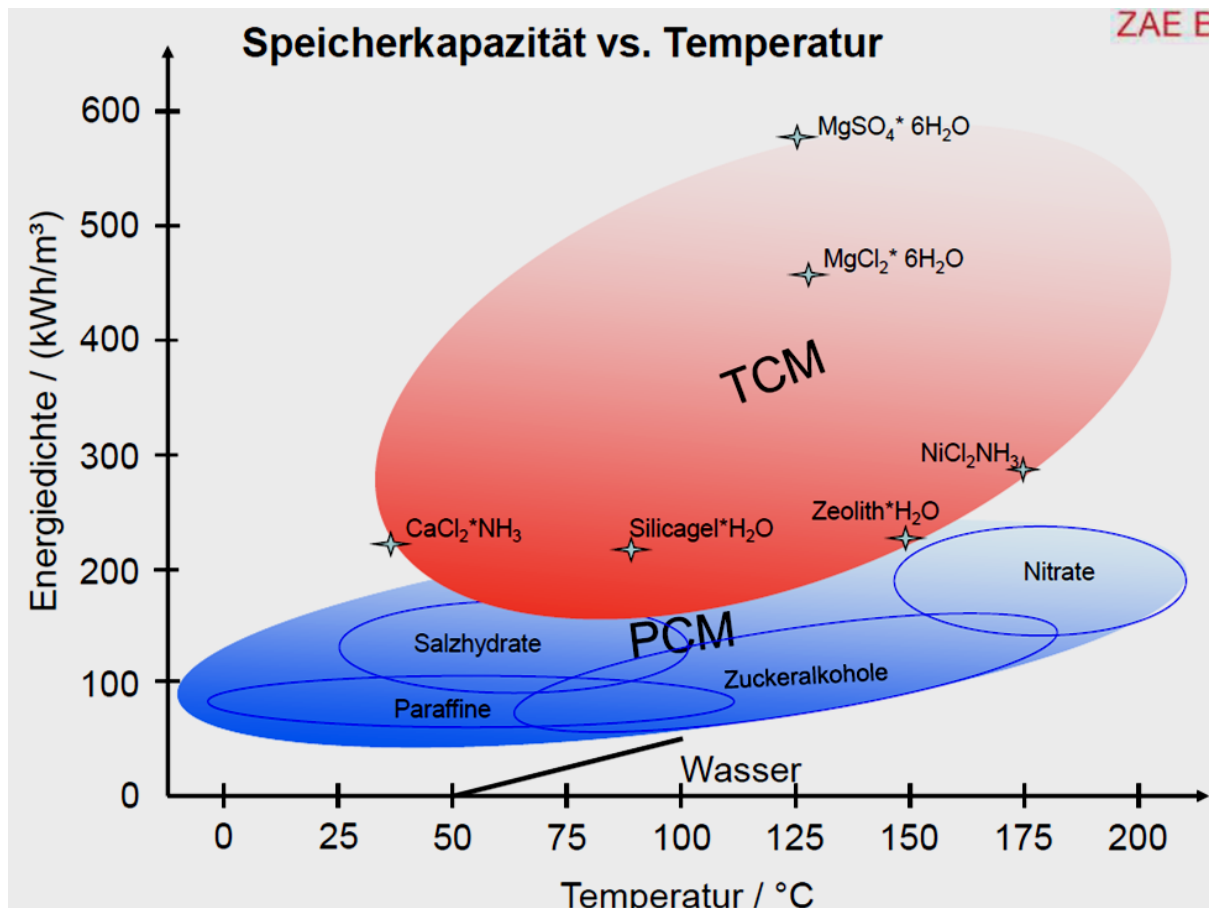


Abb. 2-11: Chemische Speichermethoden (Hauer, 2011)

Durch die höhere Energiedichte kann mit weniger Speichervolumen und daher auch mit geringerem Materialeinsatz gegenüber sensibler Wärmespeicherung gerechnet werden. Das Verhältnis der Speicherkapazität zum Volumen nimmt Einfluss auf die Größe der Oberfläche, die wiederum bei Wärmespeicherung entscheidend für die Speicherverluste ist. Mit zunehmender Speicherdichte verringern sich die Oberfläche und somit auch der Wärmeverlust (nach Hauer, 2011).

2.1.2.1 Phase Change Material, Nutzung der Latentwärme

Bei Latentwärmespeicher werden Phasenwechselmaterialien (PCM, engl. Phase Change Material) entsprechend der Temperaturanforderungen eingesetzt. Diese Stoffe, meist Salze oder Paraffine, nutzen die Enthalpie reversibler thermodynamischer Zustandsänderungen für die Speicherung von Wärme. Die in den Stoffen gespeicherte thermische Energie äußert sich nicht durch eine Temperatur-

änderung, sondern durch die Änderung des Aggregatzustandes. Meist wird hierfür der Phasenübergang fest-flüssig genutzt (nach Wersch, 2010).

Durch Nutzung dieses Speicherpotentials s. Abb. 2-12 wird es möglich innerhalb geringer Temperaturdifferenzen wesentlich mehr Energie einzuspeichern aber auch abzurufen.

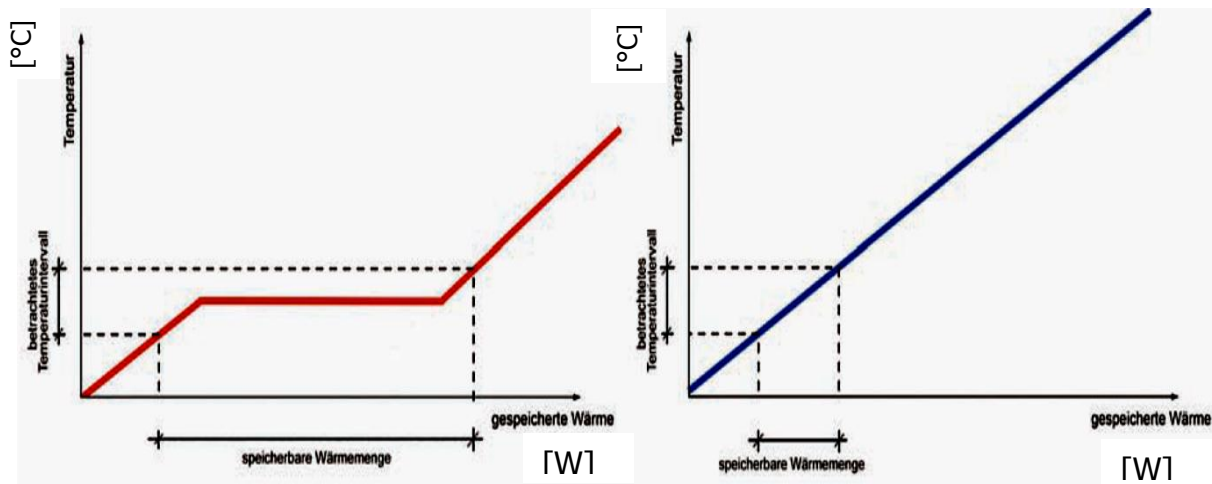


Abb. 2-12: Funktionsweise einer Latentwärmespeicherung im Vergleich zu Speichern mit sensibler Wärme (Dieckmann & Heinrich, 2008)

Die Gegenüberstellung in Abb. 2-13 verdeutlicht den Unterschied sensibler/latenter Speicher in Bezug auf die mögliche gespeicherte Wärmemenge bezüglich Temperaturbereich. Gerade im Bereich der solarthermischen Einspeicherung können bei einer abgestimmten Materialauswahl das Speichervolumen signifikant gesenkt werden. Angestrebt werden in naher Zukunft Energiedichten bis 200 kWh/m³ mit diesen Hochleistungsspeichermaterialien.

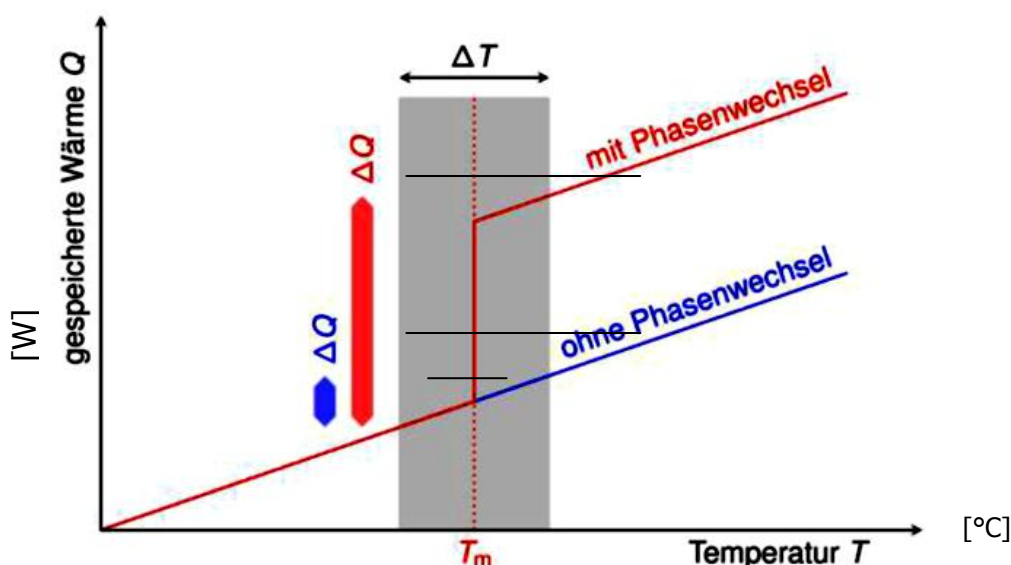


Abb. 2-13: Sensibler Speicher ohne bzw. latenter Speicher mit Phasenwechsel (Aggregatzustandsänderung) (Hauer, 2011)

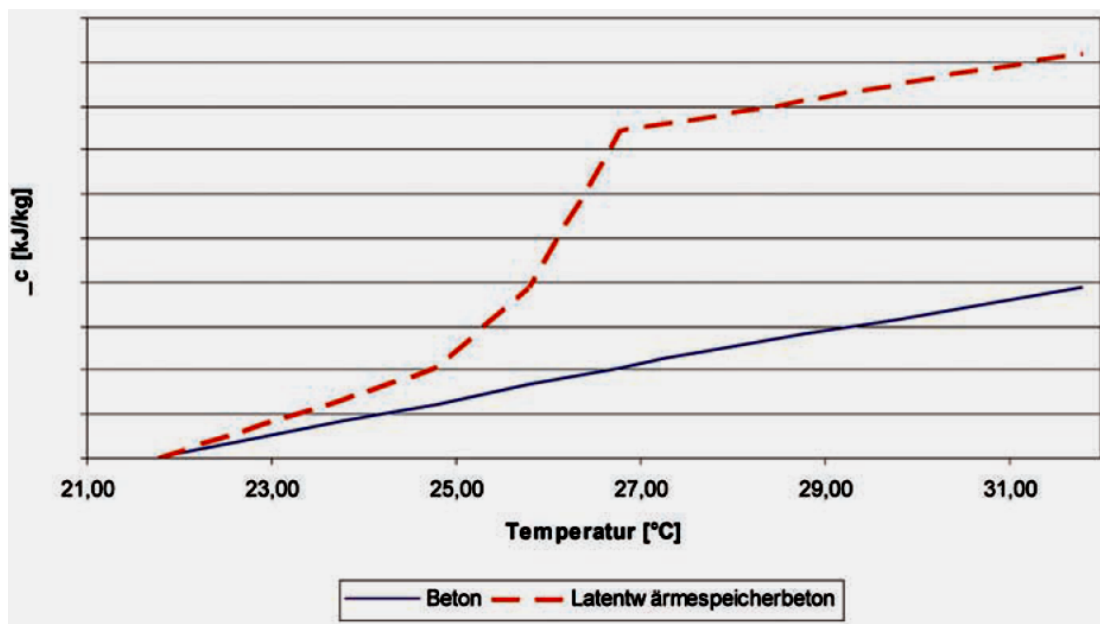


Abb. 2-14: Gemessene speicherbare Wärmemenge (Temperaturintervall: 10 Kelvin) (Dieckmann, 2008)

Die entscheidende Kenngröße eines Energiespeichermaterials ist die spezifische Wärmekapazität (s. Abb. 2-14). Der Latentwärmespeicherbeton besitzt im Vergleich zu einem Beton ohne Paraffin ein mehr als doppelt so großes thermisches Speichervermögen in einem Temperaturintervall von 10 K (nach Dieckmann, 2008).

Der Temperaturbereich mit dem hohen Wärmespeichervermögen erscheint mit 10 K augenscheinlich sehr klein. Jedoch ist das Temperaturniveau und der Temperaturbereich, der für die Bereitstellung der Raumheizung in der modernen Gebäudetechnik (Flächenheizungen) Anwendung findet ebenfalls relativ klein und bewegt sich mit 35 °C Vorlauf-/ 28 °C Rücklauf-temperatur ($\Delta T = 7$ K) knapp über diesem Temperaturbereich. Da die Speicherdichte gerade in diesem Bereich für die Abgabe von Raumwärme oder Kühlung an Bauteiloberflächen interessant ist, kommt dieses System im Objektbau zur Unterstützung der Betonaktivierung und Bauteiltemperierung zur Anwendung. Das Latentspeichermaterial wird dem Speicher-Bauteil durch Beimengen teilweise nur in oberflächennahen Schichten oder durch Beschichtungen oder aber auch in Form von Verkleidungen eingebaut.

Das Speichermaterial wird durch die Temperatur des Phasenwechsels bestimmt und gewählt. Die Speichermedien müssen an die konkrete Aufgabenstellung angepasst werden und werden in organische und anorganische Medien unterschieden. Derzeit wird mit mehr als 50 verschiedenen Phasenwechselspeichermaterialien für den Bereich von -30 °C bis 1.000 °C gearbeitet. Im Temperaturbereich von 5 °C - 150 °C werden Paraffine, Salzhydrate und eutektische Mischungen von Salzhydraten verwendet, im höheren Temperaturbereich kommen Erd-Alkalisalze und Gashydrate zum Einsatz (nach Werschy, 2010).

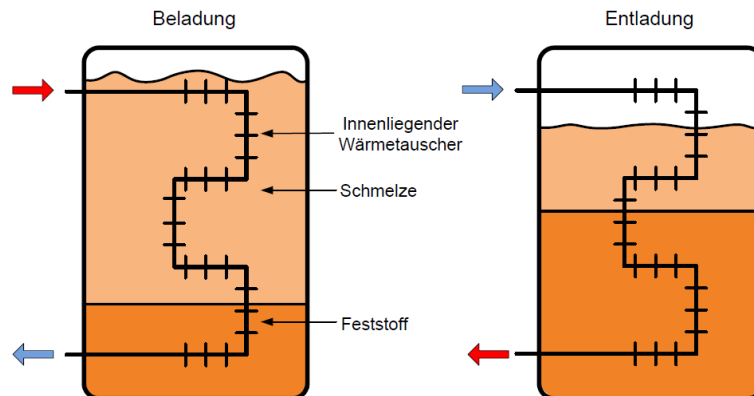


Abb. 2-15: Schema Latentwärmespeicher (Werschy, 2010)

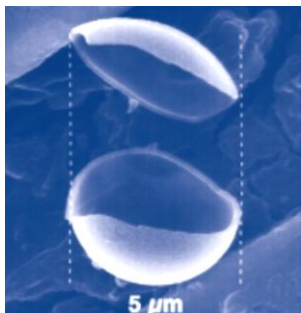
Soll der Wärmespeicher aufgeladen werden, muss Wärme oberhalb der Phasenwechseltemperatur durch einen integrierten, innenliegenden Wärmetauscher (s. Abb. 2-15) zugeführt werden. Die Energie wird durch den Wechsel des Aggregatzustandes von fest zu flüssig aufgenommen und in dem Speichermedium „fixiert“. Beim Entladen wird dann Wärme unterhalb dieser Temperatur bereitgestellt. Der Phasenwechsel verläuft dabei annähernd isotherm (nach Werschy, 2010).

„Zusammenfassend ergeben sich zwei Hauptvorteile:

- durch geringe Temperaturänderung lassen sich verhältnismäßig große Wärmemengen speichern und somit hohe Leistungsdichten erzielen.
- durch den isotherm verlaufenden Phasenwechsel, lassen sich über einen gewissen Zeitraum Temperaturschwankungen ausgleichen.“ (Werschy, 2010)

Die Art der latenten Wärmeeinspeicherung bietet sich für das Modellgebäude an. Daher werden die Einbringmöglichkeiten und das Verhalten näher erläutert. Im Allgemeinen bestehen 3 Möglichkeiten der Paraffineinbringung s. Abb. 2-16:

- Verkapselt in Kunststoffkugeln mit einem Durchmesser von ca. 3 - 20 μm .
- In Form eines porösen, offenporigen Trägermaterials, dass mit Paraffin getränkt ist.
- Eingeschmolzen in Behältnissen, die innerhalb der Bodenplatte in Abhängigkeit der statischen und konstruktiven Möglichkeiten zu verteilen sind.



MICRO-Verkapselung



Gebunden im Granulat



In Container gefüllt

Abb. 2-16: Möglichkeiten der PCM-Einbringung in die Fundamentplatte (Mehling, 2002)

Grundsätzlich ist bei beiden Varianten auf eine gleichmäßige Verteilung innerhalb der Bodenplatte zu achten und eine Betondeckung der Paraffinanreicherung zu berücksichtigen.

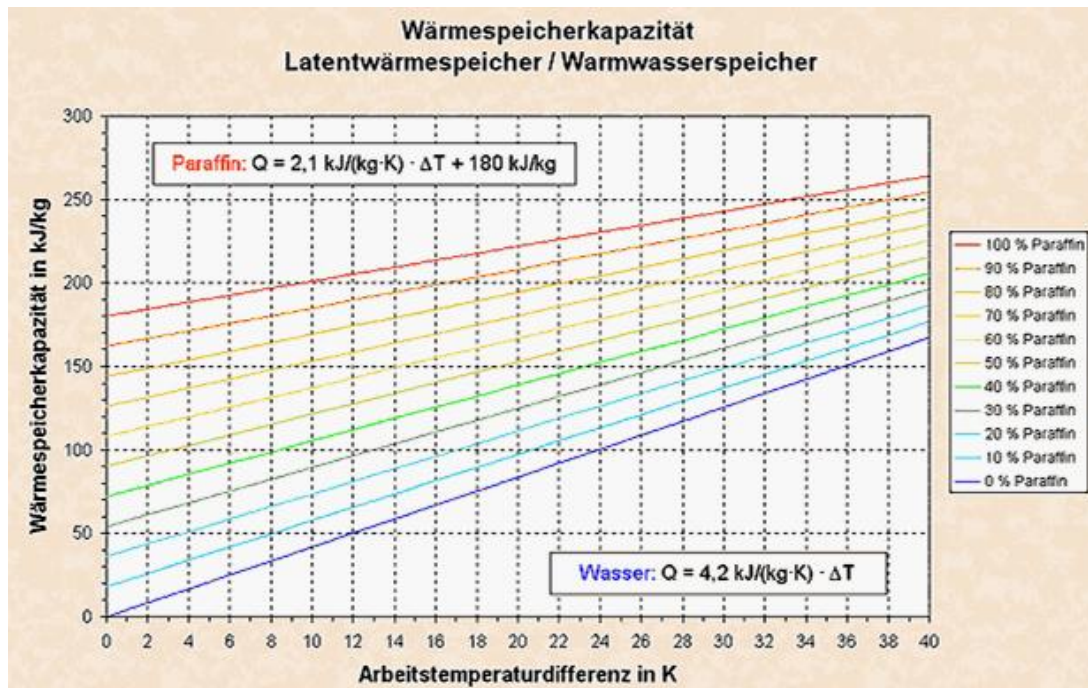


Abb. 2-17: Wärmespeicherkapazität – Hybridspeicher (Rubitherm, 2012)

In Abb. 2-17 ist die Wärmespeicherkapazität von Hybridspeichern (Paraffin/Wasser – Gemisch) mit unterschiedlicher Zusammensetzung über die Temperaturdifferenz ΔT ersichtlich. Daraus folgt, dass der Einsatz von Latentwärmespeicher nur unter Einhaltung von folgenden zwei Bedingungen sinnvoll ist:

- Mind. 50 % des Speichervolumens sind mit Speichermaterial ausgefüllt.
- Das Speichersystem weist eine max. Arbeitstemperaturdifferenz von 15 K – 20 K auf.

Die Anwendungsfälle von Latentwärmespeichern ergeben sich unter Berücksichtigung der oben angeführten Bedingungen. Diese sind beispielsweise in der solarunterstützten Heizungstechnik und bei Wärmerückgewinnungssystemen bei Lüftungsanlagen gegeben (Rubitherm, 2012).

In Abb. 2-18 sind die Schmelzpunkte in °C sowie die Schmelzenthalpien in kJ/l von einigen Stoffen ersichtlich. Zwei Stoffe davon befinden sich schon in der praktischen Anwendung und zwar Paraffin und Natriumacetat. Die beiden verwendeten Paraffin-Materialien weisen Schmelztemperaturen von rund 25 °C und 62 °C auf (nach Mehling, 2001).

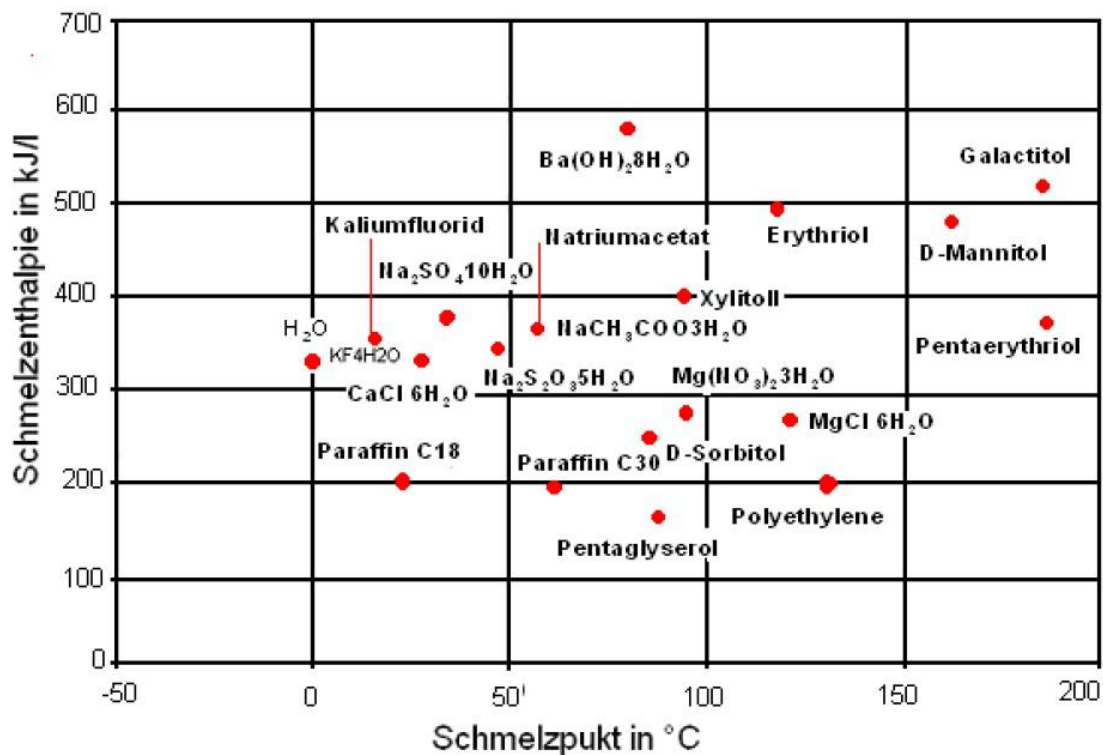


Abb. 2-18: Latentwärmespeichermaterialien (Mehling, 2001)

Nachstehend werden in Tab. 2-3 die verwendeten Ausgangsdaten zu zwei Beispielen mit einer Wärmespeicherung mittels Paraffin angeführt:

Tab. 2-3: Speichermaterial Stoffdaten:

Schmelztemperatur	58,0	°C
Schmelzenthalpie	181,0	kJ/kg
Dichte (in festem Zustand 900 kg/m ³)	0,9	kg/l
Dichte (in flüssigem Zustand)	0,78	kg/l
Beispiel mit latentem Anteil spezifische Wärmekapazität	2,1	kJ/kg K
Beispiel nur sensibel mit Wasser	4,18	kJ/kg K
(sensible Wärmespeicherung) Wärmeleitfähigkeit	0,2	W/m K

Beispielsweise wird Paraffin von 15 °C auf 58 °C sensibel erwärmt – Temperaturspannung von 43 K – werden laut Gleichung 2.1, 90,3 kJ/kg eingespeichert. Als Summe davon (inkl. der Schmelzenthalpie) erhält man nach Gleichung 2.2 eine gespeicherte Wärme von 271,3 kJ/kg. Laut Gleichung 2.3 beträgt die volumenbezogene Speicherung des Paraffins 244.170 kJ/m³ (Al-Addous, 2006).

$$h_{\text{Paraffin}} = 2,1 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \right] \cdot 43 [\text{K}] = 90,3 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \quad (2.1)$$

$$\sum h_{\text{Paraffin}} = 90,3 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] + 181,0 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] = 271,3 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \quad (2.2)$$

$$h_{\text{volumen}} = 271,3 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \cdot 900 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] = 244.170 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} \right] \quad (2.3)$$

Im Vergleich zu oben angeführtem Beispiel mittels Paraffin-Wärmespeicherung wird nun das gleiche Beispiel mit einem herkömmlichen Warmwasserspeicher durchgeführt. Wasser hat generell eine spezifische Wärmekapazität von 4,18 kJ/kg K und eine Dichte von 1.000 kg/m³. Gleichung 2.4 und 2.5 weist die errechneten Werte für die Warmwasserspeicherung aus. In Gegenüberstellung zur Paraffin-Wärmespeicherung erkennt man, dass die Speicherung mittels Paraffin eine deutlich bessere Speicherwirkung aufweist (Al-Addous, 2006).

$$h_{\text{Wasser}} = 4,18 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \right] \cdot 43 \text{ [K]} = 179,7 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \quad (2.4)$$

$$h_{\text{volumen}} = 179,7 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \cdot 1000 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] = 179.700 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} \right] \quad (2.5)$$

Bei einer Erwärmung von Paraffin bzw. Wasser von 15 °C auf 95 °C speichert

Paraffin: 349,0 kJ/kg bzw. 314.100 kJ/m³ und
Wasser: 334,4 kJ/kg bzw. 334.400 kJ/m³.

Daraus leitet sich ab, dass je höher die Maximaltemperaturen sind, desto ungünstiger ist die Wärmespeicherung mittels Paraffin in Bezug auf die Warmwasserspeicherung. Dies resultiert aus der um rund 50 % geringeren spezifischen Wärmekapazität von Paraffin mit 2,1 kJ/kg K gegenüber Wasser mit 4,18 kJ/kg K.

Es besteht jedoch eine große technische Schwierigkeit beim Phasenübergang von flüssig zu fest beim Material Paraffin. Die Flüssigkeit soll zu einem ganzen kompakten Körper erstarren und nicht in kleine Einzelstücke von ungefähr 2-3 mm Durchmesser. Daher gestaltet sich die Wärmeabfuhr aus dem erstarrenden Paraffin sowie die Wärmezufuhr bezüglich schmelzenden Paraffins als schwieriger (nach Al-Addous, 2006).

2.1.2.2 Thermo-Chemische Speichermaterialien Sorptionsspeicher

Thermochemische Speicher (TCM) ermöglichen eine nahezu verlustfreie Wärmespeicherung bei hohen Energiedichten und schaffen so eine Grundlage für die ganzjährige Versorgung mit Solarwärme. In Fernwärmenetzen können thermochemische Speicher den Lastausgleich übernehmen bzw. als Puffer zwischen Netz und Heizsystem eingesetzt werden. Von der weiteren Erforschung der Sorptionsmaterialien versprechen sich die Forscher und Entwickler Effizienzsteigerungen durch höhere Energiedichten und die Anpassung an die Bedingungen der Speicherung im Niedertemperaturbereich (nach BINE, 2010).

Im Folgenden wird der Adsorptionsprozess beschrieben (s. Abb. 2-19):

Bei der Adsorption wird Gas in einem porösen Feststoff angelagert, wodurch Wärme entsteht. Bei der Desorption kann mittels Wärmezufuhr das Gas wiederum freigesetzt werden.

Zur solarthermischen Energiespeicherung wird in einem geschlossenen System zunächst das Sorptionsmaterial, das aus Silikat besteht, durch die solar gewonnene Wärme getrocknet. Der Wasserdampf, der während der Ladung des Speichers entsteht, wird kondensiert und gespeichert und vom getrockneten, desorbierten Material getrennt.

Bei der Wärmespeicherentladung wird Wasser verdampft und dann vom trockenen Silikat aufgenommen. Die dabei entweichende Wärme kann zum Heizen verwendet werden.

Durch die Ladung und Entladung des chemischen Wärmespeichers kann eine deutlich gesteigerte Energiedichte von 200 - 300 kWh/m³ erzielt werden. Wasser im Vergleich erreicht nur 58 kWh/m³. Der thermische Energieverlust beim chemischen Verfahren liegt bei nur knapp über 10 %.

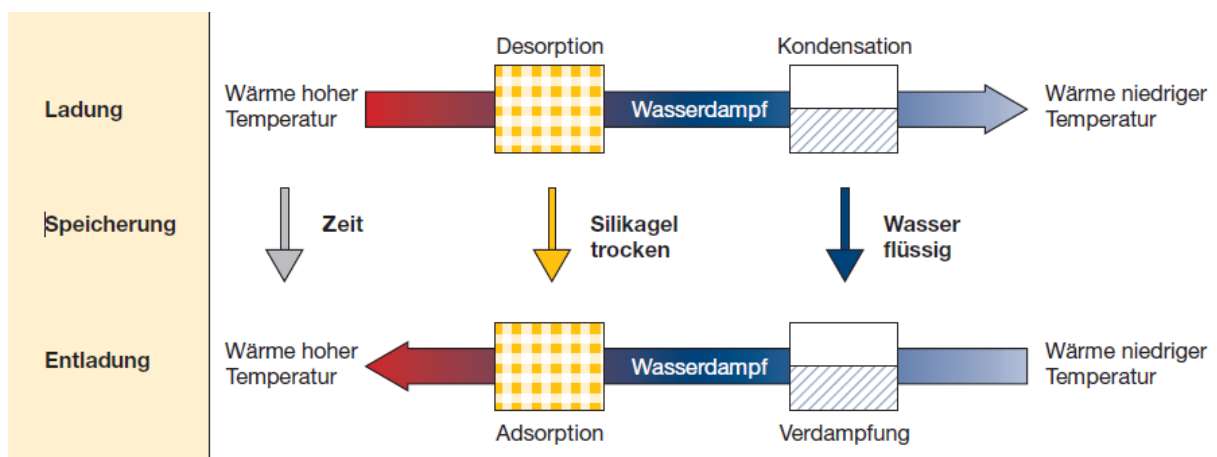


Abb. 2-19: Speicherzyklus eines thermochemischen Speichers (Bine Informationsdienst, 2010)

Solare Raumheizung (s. Abb. 2-20):

Im Sommer wird eingespeichert, im Winter Wärme freigegeben und beheizt. Die Adsorption und Desorption im Speicher findet in abgeschlossenen und evakuierten Behältern statt, die industriell vorgefertigt sind. Die Behälter sind mit der Solaranlage und dem Heizungssystem gekoppelt. Jedes Behältersystem verfügt über das Sorptionsmaterial, den Wärmetauscher, und einen Behälter für das Kondensat.

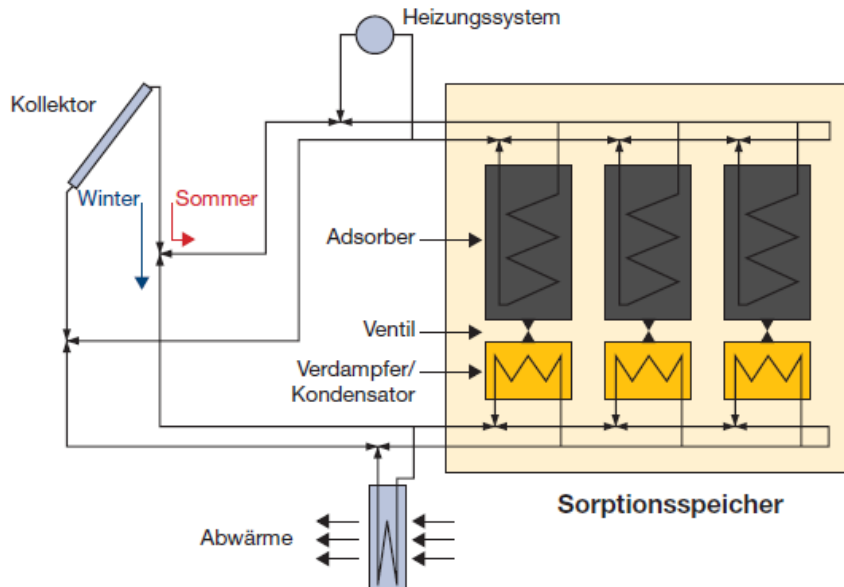


Abb. 2-20: Systemkonzept des Sorptionspeichers (Bine Informationsdienst, 2010)

Systemsimulationen:

Eine genaue Analyse des Systems wurde mittels des Programmes vom Fraunhofer ISE in Freiburg, Deutschland für ein Niedrigenergiehaus mit einem jährlichen Gesamtheizwärmebedarf von 400 kWh, Kollektoren im Ausmaß von 30 - 35 m², 10 - 12 m³ Speichervolumen und einem solarem Deckungsanteil von 100 % simuliert (s. Abb. 2-21). Für 2001 wurde die Solaranlage erstmals als serienreif prognostiziert und wurde in der Siedlung Uckermark praktisch umgesetzt. Die Solarsiedlung besteht aus fünf Häusern, die mit UFE Solarkollektoren und Speichersystemen ausgestattet worden sind. Die Kosten sollen sich gemäß Schätzungen nach etwa 15 Jahren amortisieren.

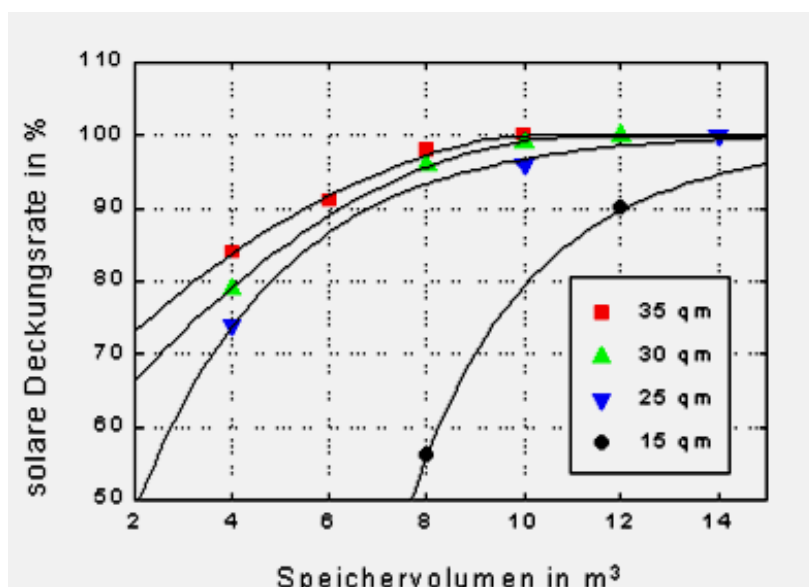


Abb. 2-21: Simulationsergebnisse für die Kollektorfläche und Speichervolumen (Fraunhofer ISE, 2000)

2.1.3 Heißwasserspeicher für saisonale Einspeicherung

2.1.3.1 Erdspeicher, Kies/Wasserspeicher

Der erste saisonale Wärmespeicher Deutschlands wurde 1985 am Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik der Universität Stuttgart als Kies/Wasser-Speicher mit 1.050 m³ Volumen gebaut. Dieser Speicher ist bis heute in Betrieb. 1997 folgte der Bau eines 8.000 m³ großen Kies/Wasser-Speichers der 2. Generation für das Solaris Technologie-Zentrum in Chemnitz.

In der Solarsiedlung Steinfurt-Borghorst (s. Abb. 2-23) wurde ein Kies/Wasser-Speicher der dritten Generation gebaut. Gegenüber den ersten Generationen wurde hier s. Abb. 2-22 neue Technologien bei der Speicherabdichtung und der Wärmedämmung realisiert (nach Pfeil & Koch, 2004).

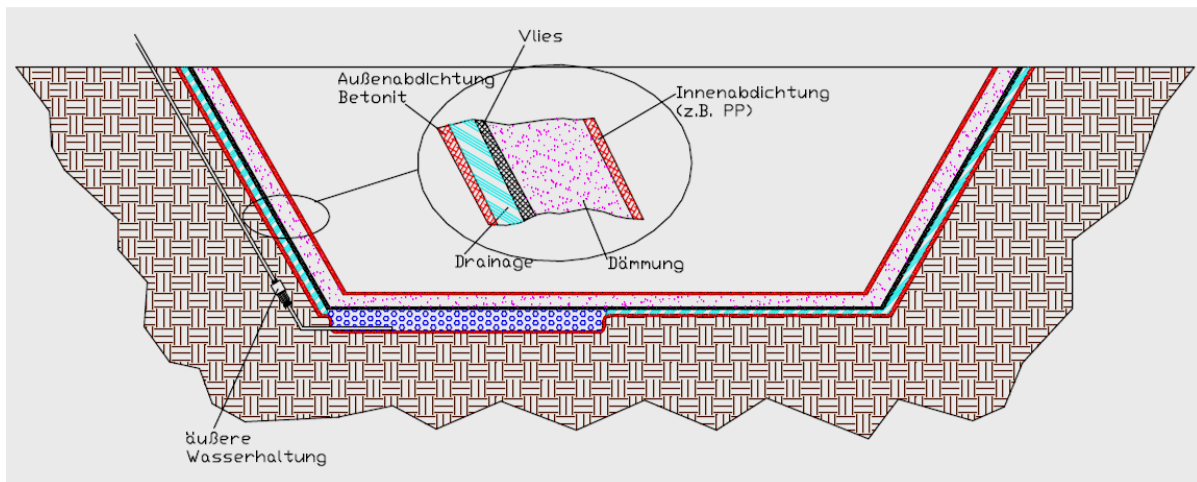


Abb. 2-22: Außenabdichtung gegen drückendes Wasser mit Bentonit-Dichtungsbahnen und 60 cm Glasschaumgranulat-Wärmedämmung (Pfeil & Koch, 2004)

Mit dem Ziel, Ressourcenschonung auch in der Stadt- und Gebäudeplanung unter Berücksichtigung städtebaulicher und sozialer Aspekte zu verwirklichen, wurde in der Arbeitsgruppe "Bauen und Wohnen" das Projekt "Mit der Sonne bauen 50 Solarsiedlungen in Nordrhein-Westfalen" initiiert. Ein Beispiel der Initiative ist die Siedlung Steinfurt-Borghorst s. Abb. 2-23, ca. 25 km nordwestlich von Münster (Energie Agentur.NRW, 2008).

42 Wohneinheiten:	3.800 m ² Gesamtwohnfläche
11 Reihenhäuser (HWB):	15 kWh/m ² a
2 Doppelhäuser (HWB):	30 kWh/m ² a
9 DH/MFH (HWB):	50 kWh/m ² a
Auslegung:	Vorlauftemp. 40 - 50 °C
	Rücklauftemp. 25 °C
	510 m ² Kollektorfläche
	550 kW Gas-Brennwertkessel
Langzeit-Wärmespeicher:	1.500 m ³ Kies/Wasser – Nutzungsgrad 70 %
Geplanter solarer Deckungsanteil (Brauchwasser und Heizung):	34 %



Abb. 2-23: Solarsiedlung Steinfurt-Borghorst (Energie Agentur.NRW, 2008)

Der Langzeitwärmespeicher besitzt die Form eines umgedrehten Pyramidenstumpfes s. Abb. 2-24 und weist ein Volumen von 1.500 m^3 auf. Es handelt sich um ein mit Kunststoff-Folie ausgekleidetes Erdbecken, das mit Kies aufgefüllt und mit Wasser geflutet wird. Dieses Becken befindet sich größtenteils unter der Geländeoberfläche und ist mit einer Erdüberdeckung von $0,6 \text{ m}$ versehen. Speicherboden, -wand und -decke sind wärmegeklämmt. Der Kies dient zur Wärmespeicherung und erfüllt gleichzeitig die statischen Anforderungen, so dass auf eine tragende Behälterkonstruktion aus Stahl oder Beton verzichtet werden kann (nach Energie Agentur.NRW, 2008).



Abb. 2-24: Der Wärmespeicher im Bau und fertiggestellt (Energie Agentur.NRW, 2008)

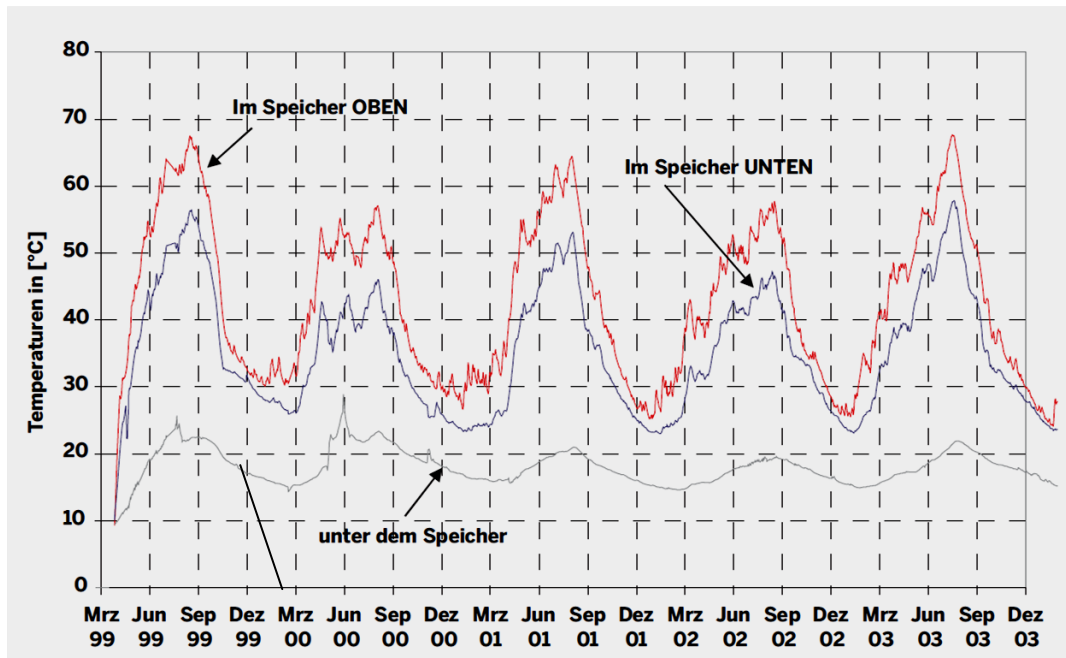


Abb. 2-25: Temperaturen im Speicher Steinfurt-Berghorst seit Inbetriebnahme, (Energie Agentur.NRW , 2008)

Der Speicher ist seit April 1999 in Betrieb. Die Temperaturen im Speicher oben und unten sowie die Bodentemperatur unterhalb des Speichers seit Betriebsbeginn sind in Abb. 2-25 dargestellt. Bisher wurden Maximaltemperaturen im Speicher von ca. 67 °C erzielt. Die Temperaturdifferenz zwischen der oberen und unteren Speicherschicht liegt bei ca. 10 °C. Diese kleine Differenz ist auf die geringe Speicherhöhe zurückzuführen. In den Sommermonaten wurde der Wärmebedarf vollständig durch die Solaranlage gedeckt. Die solare Deckung betrug im Jahr 1999 36 %, dh. der für den langfristigen Betrieb bestimmte Wert von 34 % wurde erreicht. Der Speichernutzungsgrad liegt unterhalb des prognostizierten Wertes von 70 % für den langfristigen Betrieb. In den ersten Betriebsjahren waren infolge der Aufheizung des den Wärmespeicher umgebenden Erdreichs erhöhte Wärmeverluste zu verzeichnen. Darüber hinaus verursachte eine Durchfeuchtung der Wärmedämmung durch einen Ausfall des Drainagesystems im Juni 2000 erhöhte Wärmeverluste. Die Feuchte wird, bedingt durch den diffusionsoffenen Wandaufbau des Wärmespeichers, im Laufe der Zeit wieder aus der Dämmung entweichen, so dass die Wärmeverluste wieder auf den Planwert fallen werden (Energie Agentur.NRW, 2008).

Abb. 2-26 zeigt die gemessene Wärmebilanz für das Jahr 2003. Insgesamt wurden 334 MWh in das Nahwärmenetz eingespeist.

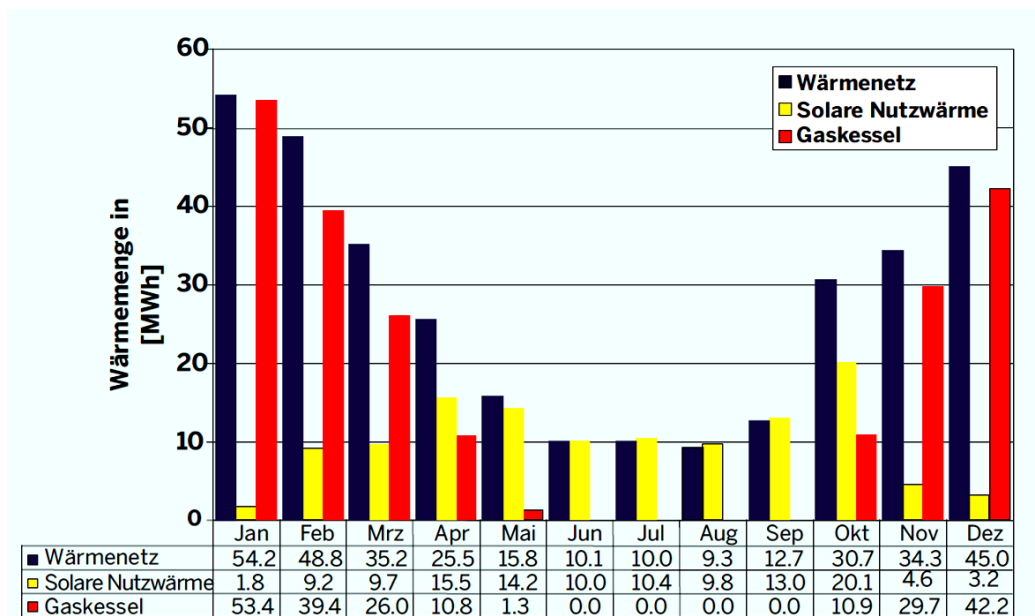


Abb. 2-26: Wärmebilanz für das Jahr 2003, (Energie Agentur.NRW, 2008)

2.1.3.2 Speicher im Gebäude

In Zwettl entsteht derzeit ein zukunftsweisendes Modellhaus (s. Abb. 2-27), das bereits jetzt die Anforderungen der EU-Gebäuderichtlinie für das Jahr 2020 übertrifft. Das Haus befindet sich im Bau und wird voraussichtlich 2012 bezogen. Das Gebäude ist ein Niedrigstenergiehaus. Es besteht aus einem Baukörper, in dem der Wohnbereich untergebracht ist, sowie einem angefügten Wirtschaftsbereich und einer Garage. Der Baukörper ist nach Süd-Westen orientiert, das Dach ist aus dieser Achse gedreht und direkt nach Süden ausgerichtet. Das Einfamilienhaus wird in einschaliger Ziegelbauweise errichtet (nach Wienerberger, 2012).



Abb. 2-27: e4 Ziegelhaus 2020 (Wienerberger, 2012)

In den folgenden Tabellen (s. Tab. 2-4, Tab. 2-5 und Tab. 2-6) wird ein Überblick über die Gebäudedaten und die Energiebilanz des e4 Ziegelhauses gegeben.

Tab. 2-4: Daten und Fakten - e4 Ziegelhaus 2020 (nach Wienerberger, 2012)

Gebäudedaten	Einheit	Wert
Grundstücksfläche	[m ²]	964,00
Bebaute Fläche	[m ²]	194,44
Wohnnutzfläche EG und OG inkl. Loggia	[m ²]	202,80
Nutzfläche DG und Nebentrakt	[m ²]	125,41
Beheizte Bruttogrundfläche	[m ²]	277,00
Heizlast	[kW/m ² a]	5,76
Heizwärmebedarf (HWB)/Jahr	[kWh/m ² a]	39,10
Gesamtenergiebedarf/Jahr, (PEB n.e.)	[kWh/m ² a]	71,38
Gesamtenergieproduktion/Jahr, (PEB n.e.)	[kWh/m ² a]	73,78
Primärenergiebedarf (PEB) ¹ /Jahr	[kWh/m ² a]	-3,57
CO ₂ -Emissionen/Jahr	[kg CO ₂ /m ² a]	-0,64

1) Bezogen auf den nicht-erneuerbaren (n.e.) Anteil der Primärenergie. Bei der Bilanzierung wurden die Konversionsfaktoren der Studie „Bauen 2020-Gebäudesystemvergleich“ der Donau-Universität Krems, Department für Bauen und Umwelt, verwendet.

Tab. 2-5: U-Werte der Bauteile (nach Wienerberger, 2012)

Bauteile	Einheit	U-Wert
Außenwand	[W/m ² K]	0,13
Decke zu Dachboden	[W/m ² K]	0,11
Erdanliegende Bodenplatte	[W/m ² K]	0,12
Fenster (g=0,50)	[W/m ² K]	0,95 (U _w)

Tab. 2-6: Primärenergiebilanz pro Jahr (nach Wienerberger, 2012)

Energiebilanz	Einheit	Primärenergie-Bedarf n.e.	Primärenergie-Gutschrift n.e.
Holzessel (Heizung und Warmwasser)	[kWh/m ² a]	1,33	-
Haushaltsstrom	[kWh/m ² a]	26,52	-
Haustechnikstrom	[kWh/m ² a]	5,92	-
Photovoltaik	[kWh/m ² a]	-	-37,34
Gesamtprimärenergiebilanz	[kWh/m ² a]	33,77	-37,34



Abb. 2-28: Darstellung der Haustechnik - e4 Ziegelhaus (Wienerberger, 2012)

Der HWB wird zu 100 % mit erneuerbaren Energieträgern bereitgestellt. Etwa 60 % der Energie für Heizen und Warmwasser werden mit Solarenergie abgedeckt. In der kalten Jahreszeit werden die fehlenden 40 % durch einen Holzkesselheizung bereitgestellt. Der hohe solare Deckungsgrad wird durch eine Solaranlage mit 48 m² Kollektorfläche und einem Wasserspeicher mit einem Rauminhalt von 9.580 Litern erreicht. Dieser Speicher kann 630 kWh Energie speichern (s. Abb. 2-28). Damit kann das Haus ca. eine Woche versorgt werden. Für die Zusatzbeheizung durch den Holzkessel werden rund 3-5 Raummeter Holz pro Jahr notwendig. Der Haushaltsstrom wird durch eine Photovoltaik-Anlage am Garagendach von rund 49 m² und einer Jahresleistung von 6,5 kWp erzeugt. Durch die klimafreundliche Produktion von Strom am Gebäude wird eine neutrale CO₂- und Primärenergiebilanz erreicht. Das Gebäude ist mit einer Niedertemperaturheizung ausgestattet. Die Wärmeabgabe erfolgt über Wand- und Fußbodenheizung (nach Wienerberger, 2012).

2.1.4 Betonspeicher/Bauteilspeicher

Wenn man von Betonspeicher oder Bauteilaktivierung spricht, müssen zwei grundsätzlich unterschiedlich arbeitende Systeme betrachtet werden. Bei beiden Systemen wird die hohe Dichte und die hohe spezifische Speicherfähigkeit des Betons genutzt, um ein behagliches Raumklima zu schaffen.

Bauteilaktivierung: In die Betonbauteile der Gebäudestruktur wird aktiv, je nach Konzept und Bedarf, Wärme oder Kälte eingespeichert. Die aktivierten Bauteile temperieren über ihre Oberfläche die umgebenden Räume durch die eingespeicherte Energie. Im Winter wird damit geheizt, die Betonbauteile strahlen ähnlich wie ein Kachelofen, angenehme Wärme ab. Beim Kühlen läuft es umgekehrt ab. Überschüssige Wärme wird aufgenommen, die Betonbauteile werden somit zu Kühlelementen (Zement + Beton Handels- u. WerbegesmbH, 2010).

Betonspeicher: Die Fundamentplatte eines Gebäudes bietet sich für das Einspeichern thermischer Energie auf Grund der verhältnismäßig großen Baumassen,

dh. hoher Baustoffdichte und spez. Wärmekapazität, an. Da sich das Fundament immer im frostfreien Bereich im Baugrund befindet, wird auch in der kältesten Jahreszeit bei niedrigen Außentemperaturen die Wärmeübertragung gering gehalten. Um die Wärme über einen längeren Zeitraum halten zu können, ist der Speicher gegen seine Grenzflächen thermisch, ähnlich einer Thermos- Kanne, zu trennen.

Das Modellgebäude funktioniert nach diesem System durch die Einspeicherung solarthermischer Energie in die Fundamentplatte aus Speicherbeton mit einem Sand/Kies-Gemisch (s. Tab. 2-7). Die Beladung, wie auch die bedarfsorientierte Entladung des Speichers erfolgt durch Sole.

Tab. 2-7: Sensibler Feststoffspeicher Beton (Laing & Tamme, 2008)

Material	Wasser	Speicherbeton mit Sand/Kies	Speicherbeton mit Zunder	Speicherbeton mit Basalt
Dichte [kg/m ³]	1.000	2.250	2.730	2.370
Spezifische Wärmekapazität [J/kg K]	4.180	1.080	1.020	980
Wärmeleitfähigkeit [W/m K]	0,5562 (0 °C)	1,31	1,30	1,18
Thermischer Ausdehnungskoeffizient [$\mu\text{m/m K}$]	0,206 (20 °C)	12,4	11,6	7,1

2.1.4.1 Fundamentplattenaktivierung

„Sommerhaus“ (nach Ferle, 2009)

In Langenlois wurde 2008 mit dem Bau des Einfamilienhauses der Familie Michaela Sommer & Anton Ferle begonnen. Das Haus soll wie das untersuchte Modellgebäude mit saisonal eingespeicherter Sonnenenergie beheizt werden.

Die Sonne als natürliche Energiequelle zu nutzen ist keine neue Idee. Bereits in der Antike bauten die Griechen ihre Häuser so, dass sie die Sonnenenergie nutzen konnten. Große Fensteröffnungen nach Süden ließen am Tag die Sonne ins Haus, die Mauern speicherten ihre Wärme und gaben sie in der Nacht wieder ab. Angetrieben von den Erfahrungen mit sonnenbetriebenen Häusern, die Bmstr. A. Ferle und das Team in den letzten 6 Jahren für ihre Kunden gebaut haben und auch im Betrieb laufend messen durften, gab es bei diesem Objekt drei logische Ziele:

1. 2.500 Jahre später wollten Ferle und sein Team ein Haus errichten, das ausschließlich mit einer thermischen Solaranlage beheizt und mit Warmwasser versorgt wird. Auf den Einsatz von herkömmlichen Heizsystemen wurde bewusst verzichtet.

2. Neben perfekten technischen Lösungen war eine der größten Herausforderungen, die Natur ins Haus zu bringen. Das Sommerhaus soll mediterranes Flair und Urlaubsatmosphäre vermitteln.
3. Interessenten soll die Möglichkeit geboten werden einige Tage in diesem Haus zu wohnen.

Material- und Funktionsgrundlage für das Haus bilden:

- Holz & Lehm als Baustoffe für behagliche Wände und Decken
- Wohnraumlüftung für höchste Luftqualität
- Betonbauteile für behagliche Wärme im Winter und zur Kühlung im Sommer
- Lichtdurchflutete hohe Räume
- Drei Innenhöfe
- Bambus als Sichtschutz und Klimaregulator
- Schwimmteich mit Trinkwasserqualität
- Schichtsteinmauerwerk für Sichtschutz und als Wärmespeicher

Aus Erfahrung zeigten die bisherigen Ergebnisse Ferle und seinem Team, dass die Betonplatte zusätzlich zu deren statischen Funktion Energie speichern kann. Die Kombination von aktivierter Bodenplatte mit einer Wärmepumpe oder Biomasseheizung mit einer Solarthermie-Anlage ist bereits mehrfach erprobt. Um die Zielsetzung des Verzichts eines herkömmlichen Heizsystems zu erreichen, wurde bei diesem Projekt die Betonplatte 70 cm dick ausgeführt und die gesamte Nordseite des Gebäudes mit einem Betonsandwichelement als Speicherbauteil errichtet. Beide Bauteile wurden thermisch aktiviert. In Summe stehen dadurch zur Deckung des Wärmebedarfs über 200 m³ Betonwärmespeicher zur Verfügung, der von einer Solaranlage mit 30 m² Apertur-Fläche gespeist wird.

Vorteile dieser Art der Bauteilaktivierung (nach Ferle, 2009):

- Frostkoffer und Rollierung können zu Gunsten der Wärmedämmung aus Glasschaumgranulat entfallen.
- Die Betonbauteile kühlen und heizen – große Speicherkapazitäten stehen ohne besonderen Mehraufwand kostenlos zur Verfügung.
- Sämtliche Installationsarbeiten (Elektro, Heizleitungen, Lüftung, Sanitär) wurden in der Bodenplatte verlegt und ausgeführt. Die Gefahr späterer Beschädigungen durch die Überdeckung mit Beton wird durch diese Bauweise minimiert.

Voraussetzung für das Funktionieren des Systems ist:

- Hausplanung, welche die solaren und topografischen Gegebenheiten in das Gesamtkonzept mit einbezieht,
- sehr niedrige Energiekennzahl,
- exakte Heizwärmebedarfsberechnung,
- eine hochwertige thermische Gebäudehülle und
- ein Verschattungs- und ein Lüftungskonzept (diese Konzeption wird in dieser Arbeit nicht untersucht).

Fußbodenkonstruktion erdberührend:

Tab. 2-8: Fußbodenkonstruktionen gegenübergestellt

Bisherige Systeme:	d	[cm]	Neues System: (Fam. Moser & Ferle)	d	[cm]
Bodenbelag	1	cm	Bodenbelag	1	cm
Estrich	6	cm	Verbundestrich	4	cm
Folie			Dampfsperre		
Trittschalldämmung	3	cm			
Beschüttung	10	cm			
Wärmedämmung	25	cm			
Dampfsperre			aktivierte Stahlbetonplatte thermisch aktiviert	70	cm
Stahlbetonplatte	20	cm			
Sauberkeitsschichte	5	cm	Vlies		
Rollierung	25	cm	Technopor	60	cm
Frostkoffer	50	cm			
Konstruktionshöhe	145	cm		135	cm

Gegenüber dem in dieser Arbeit untersuchten Modellgebäude mit einer Bodenplatte von ca. $d=3,0$ m hat das errichtete Gebäude der Fam. Moser & Ferle eine $0,7$ m dicke Bodenplatte, die ohne Temperaturdämpfung die eingespeicherte Wärme langsam über den Fußboden an den Raum direkt abgibt (s. Tab. 2-8). Die in der Bodenplatte eingespeicherte Energiemenge ist durch die Speichertemperatur gegenüber der Fußbodenoberfläche begrenzt.

Bei Niedrigstenergiegebäuden hat der große Fensterflächenanteil entscheidenden Einfluss auf den geringen Heizwärmebedarf. Diese Fensterflächen können jedoch in den Sommermonaten zu einer sommerlichen Überwärmung in den Räumen führen. Um diese Überwärmung beim Modellgebäude nicht noch wesentlich durch die Abwärme des Betonspeichers zu steigern, wird der Betonspeicher durch Wärmedämmung thermisch vom Gebäude entkoppelt.

Die Oberflächentemperaturen spielen eine wichtige Rolle bei der Auslegung einer Fußbodenheizung. Aus physiologischen und medizinischen Gründen ist die Oberflächentemperatur gem. DIN EN 1264 Teil 2 begrenzt (nach Brugman, 2009),

Diese zonenabhängigen Grenztemperaturen betragen für die

- Aufenthaltszone 29 °C,
- Randzone 35 °C und
- Bäder 33 °C.

Diese Grenztemperaturen sind ggf. durch Steuerung der Temperatur des Betonspeichers-Heizung einzuhalten. Diese Untersuchung ist vor Realisierung dieses Projektes zu prüfen und wird in der Arbeit nicht weiter behandelt.

In Tab. 2-9 sind die Annahmen zur Berechnung der Speichermasse des Modellgebäudes gegenüber dem Gebäude der Fam. Moser & Ferle mit einem 200 m³ Betonspeicher (Speichermasse) dargestellt.

Tab. 2-9: Vergleich zwischen Modellgebäude und dem Gebäude der Fam. Moser & Ferle

	MODELLGEBÄUDE			HAUS MOSER & FERLE		
Speichermasse:	22,04	m	Länge			
	6,85	m	Breite			
	3,00	m	Dicke	0,70	m	Dicke
	452,92	m ³	BETON	200,00	m ³	BETON
Solaranlage:	60,00	m ²		30,00	m ²	

Im Fachvortrag „Keine Heizkosten ein Leben lang?“¹, von Bmstr. A. Ferle wird das System mit einer 0,5 m Bodenplatte entsprechend der ursprünglichen Modellannahme vorgestellt (s. Abb. 2-29) (Ferle, 2008). Bei dem ersten Rechendurchlauf wurde mit einer Bodenplatte $d = 0,5$ m (Speicher $V = \text{ca. } 82$ m³) gerechnet. Es musste eine Unterdeckung sowohl des Warmwasserwärme- als auch des Heizwärmebedarfs festgestellt werden. Beim Zweiten Durchlauf mit 1,0 m wurde auch Unterdeckung festgestellt. Bei der Modellrechnung mit einer 3,0 m dicken Bodenplatte konnte im Wesentlichen eine Deckung sowohl des Warmwasserwärmebedarfes unter Berücksichtigung einer elektrischen Zusatzheizung (Brauchwasserspeicher mit Heizpatrone oder Durchlauferhitzer) als auch des Heizwärmebedarfs erzielt werden.



Abb. 2-29: Bauteilaktivierung - Systemgegenüberstellung (Ferle, 2008)

¹ Forschungsprojekt in Kooperation mit der Donau- Universität, Innovative Schritte zur Autarkie, St. Pölten

In den folgenden Bildern (s. Abb. 2-30) werden die Arbeitsschritte gezeigt, die für die Aktivierung der Bodenplatte erforderlich sind.



Schritt 1:
Glasschaumgranulat ersetzt den Frostkoffer, die Rollierung und die Wärmedämmung



Schritt 2:
Sämtliche Installationen werden bereits in die Bodenplatte, bzw. Kellerdecke eingebracht.

Schritt 3:
Betonieren



Abb. 2-30: Arbeitsschritte bei der Bodenplattenaktivierung (Ferle, 2008)

Die unterschiedlichen Wärmetauscherebenen, welche im Wechselspiel behagliches Raumklima schaffen sollen, werden in den folgenden Abbildungen (Abb. 2-31, Abb. 2-32, Abb. 2-33, Abb. 2-34 u. Abb. 2-35) dargestellt.



Abb. 2-31: Wärmetauscher - Ebene 1 (Ferle, 2008)



Abb. 2-32: Glasschaumgranulat (Ferle, 2008)



Abb. 2-33: Wärmetauscher - Ebene 2 (Ferle, 2008)



Abb. 2-34: Wärmetauscher - Ebene 3 (Ferle, 2008)

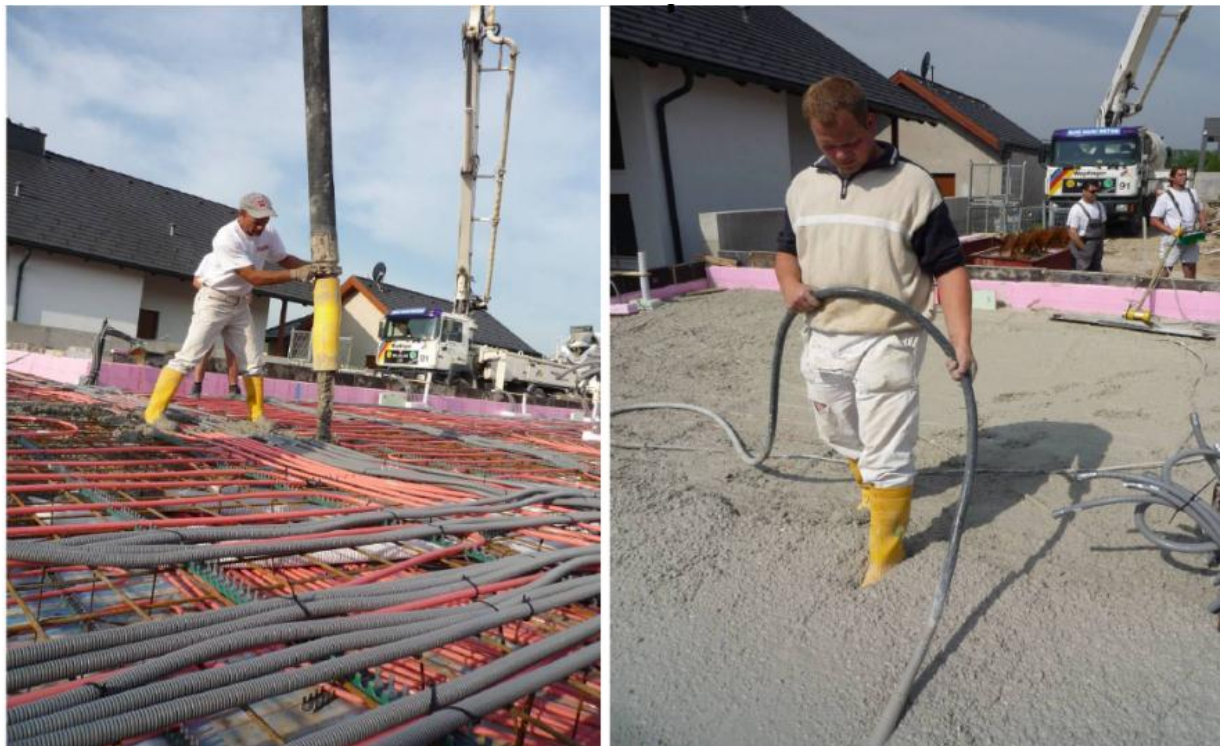


Abb. 2-35: Der Betonspeicher (Ferle, 2008)

2.1.5 Mischsysteme

Aus regionalen Gegebenheiten und aus Effizienzgründen werden Langzeitwärmespeichermodelle immer öfter in Kombinationen realisiert. Meist treten diese Modelle in Kombination mit einer Wärmepumpe auf, die die bereits auf höhere Temperatur eingespeicherte Energie „veredeln“ und auf das gewünschte Temperaturniveau für den Nutzer anheben. Für den Objektbau wie zum Beispiel für Bürogebäude oder Krankenhäuser werden derartige Mischsysteme auch für die Gebäudekühlung eingesetzt. Auch werden diese Systeme zur Langzeitwärmespeicherung in Kombination verschiedener Speichermedien eingesetzt.

2.1.5.1 Attenkirchen Erdsonden und Heiß-Wasserspeicher

In Attenkirchen wurde erstmalig ein solares Nahwärmesystem in Bayern errichtet. Hierbei handelt es sich um eine neue Technologie mit mehreren innovativen Komponenten, von denen insbesondere der saisonale Speicher, ein Hybridsystem aus Erdwärmesonden- und Erdbecken-Speicher, und die Kollektoranlage, die ein komplettes Dach ersetzt zu nennen sind (s. Abb. 2-37).

Auf Grund der günstigen Bedingungen konnte das sogenannte „SolarRoof“ mit einer Größe von 836 m² Gesamtfläche realisiert werden, das die komplette Dachfunktion über den Sommerstockbahnen auf dem Sportgelände übernimmt. Zentrales Element und besonders innovative Komponente des Systems ist der 500 m³ große Erdbeckenspeicher aus Beton mit einem Durchmesser von 9,00 m und einer Tiefe von 8,50 m. Er dient als Kurzzeit- oder Pufferspeicher und wird von einem Erdwärmesondenfeld mit 90 Sonden (30 m tief, 2 m Abstand) als Langzeitspeicher umgeben (s. Abb. 2-36 und Abb. 2-38). Wärmeverluste an den Seiten und dem Boden finden sich als Wärmegewinne im Erdwärmesonden-Speicher wieder. Damit wird ein Speichervolumen von 10.500 m³ erschlossen und entspricht einem Wasseräquivalent von 6.800 m³. In Attenkirchen wird die Funktion einer Zusatzwärmeversorgung von Wärmepumpen übernommen. Der Erdwärmesonden-Speicher dient der Anlage als Niedertemperatur-Wärmequelle (nach Reuß, 2009).

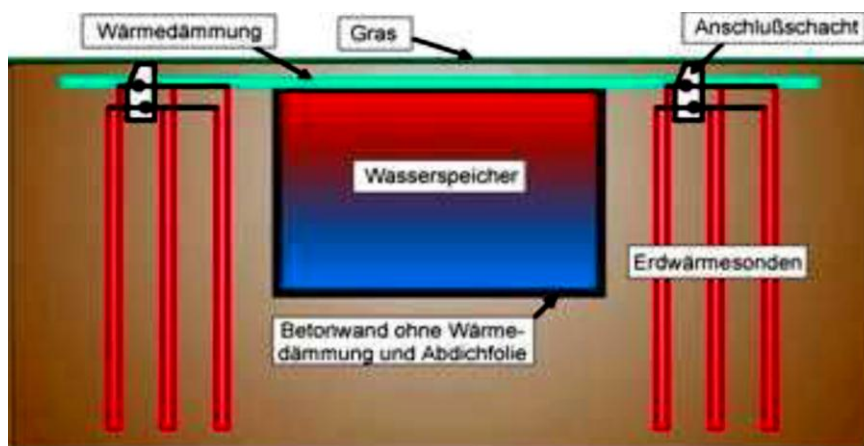


Abb. 2-36: Schemazeichnung des kombinierten Erdbecken/Erdwärmesonden-Speichers (Reuß, 2009)

Burgenland

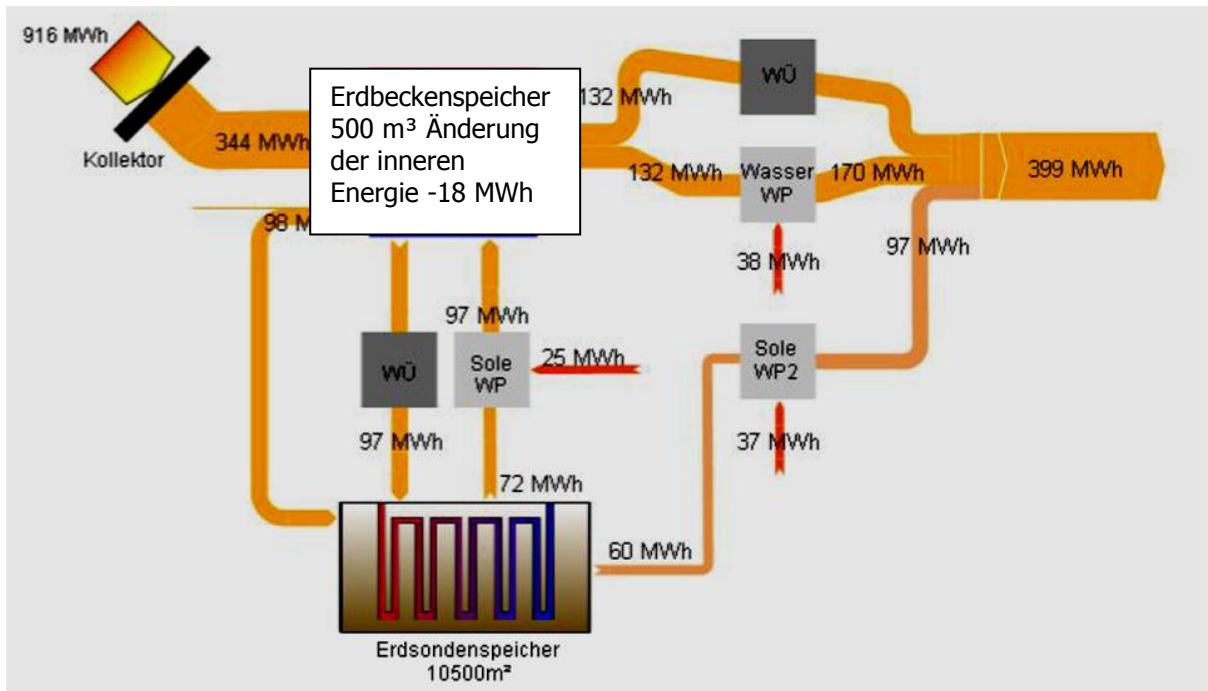


Abb. 2-37: Energiebilanz des Systems im Zeitraum 04/2005 bis 03/2006 (Reuß, 2009)



Abb. 2-38: Bau des Erdbeckenspeichers, im Hintergrund die Solaranlage auf den Sommerstockbahnen (Reuß, 2009)

2.1.5.2 Appartementhausanlage KUBOX

Hierbei wird ein Energiekonzept in Kombination mit verschiedenen Energiequellen für eine effiziente und innovative Wärmeversorgung in Norddeutschland, ca. 50 km westlich von Bremen bei der Appartementhausanlage KUBOX verwendet (s. Abb. 2-39). Die Innovation bzw. Konzepterstellung dieser 2009 entstandenen Appartementhausanlage ermöglicht eine nahezu vollständige Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern (nach Bongard, 2010).



Abb. 2-39: Appartementwohnanlage KUBOX Oldenburg, Norddeutschland (Bongard, 2010)

Der Boden ist schon in einer geringen Tiefe unter dem Appartementhaus frostfrei und nahezu konstant temperiert. Die Erdkörbe, welche unter der Erdoberfläche verlegt sind bilden die Wärmequelle für den Betrieb einer Wärmepumpe (s. Abb. 2-40). Das fließende Grundwasser sorgt dafür, dass die entnommene Wärme in der Erde regeneriert wird und somit dauerhaft als Wärmequelle zur Verfügung steht. Dabei stellt der Einsatz der Wärmepumpe die Wärme für die Beheizung der Wohnungen bereit. Diese Wärmeenergie wird durch die Wärmepumpe einerseits aus dem Erdreich sowie andererseits aus dem Fundamentspeicher bereitgestellt. Der errichtete Fundamentspeicher, ähnlich dem Speicher des Modellobjektes dieser Arbeit, wird mittels überschüssiger Wärme aus der Sonnen- und Erdwärme gespeist. Das Speichersystem befindet sich unter dem Gebäude und ist komplett wärme-gedämmt. Die eingespeiste Wärmeenergie temperiert den Bauteil der unteren Fundamentschicht und steht bei Bedarf zusätzlich zur Verfügung (nach Bongard, 2010).

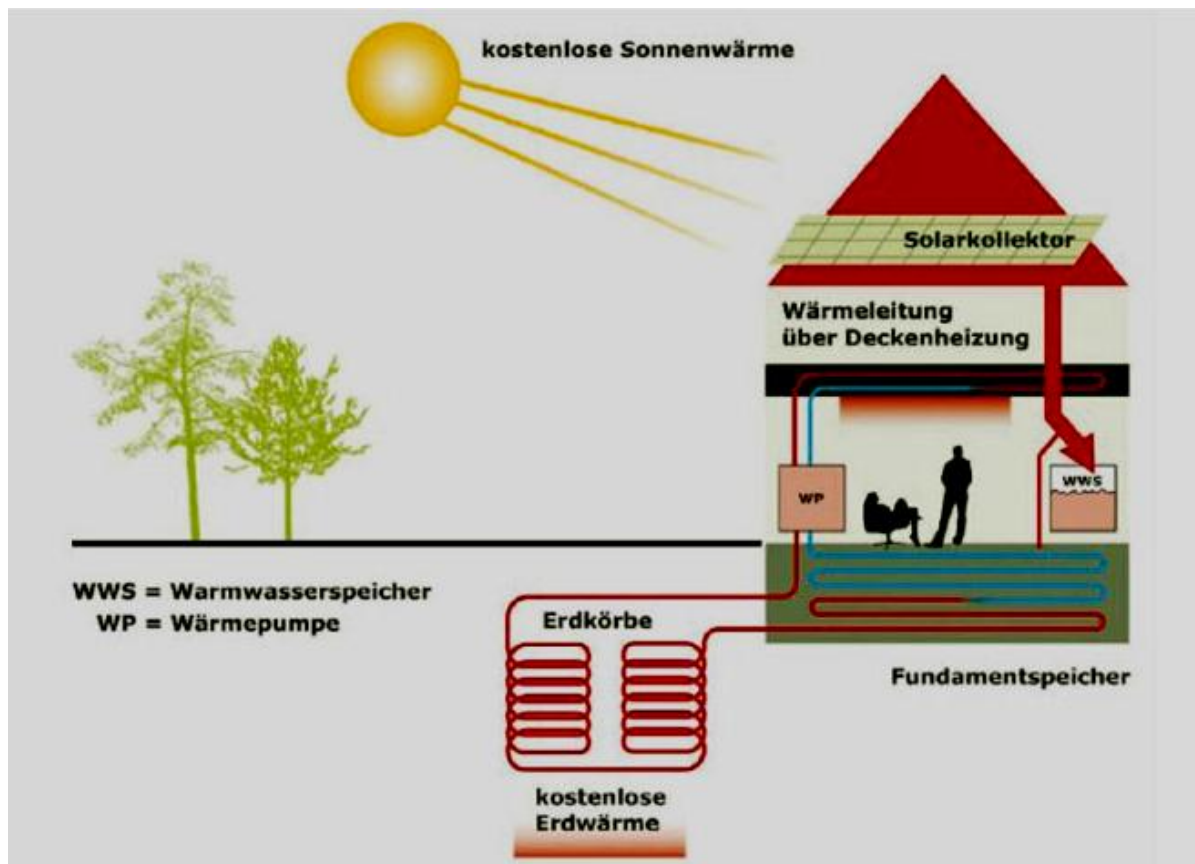


Abb. 2-40: Energiekonzept der Appartementwohnanlage KUBOX Oldenburg (Bongard, 2010)

Die Verteilung der Wärmeenergie aus dem Erdreich erfolgt über innovative Deckenheizsysteme in die einzelnen Wohnungen, welche durch Bauteiltemperierung die Wohnungen beheizen.

Da die Oberflächentemperatur der Geschoßdecken unterhalb der Körpertemperatur gehalten wird, wird die Beheizung indirekt als angenehm und warm empfunden. Gegenüber konventionellen Heizsystemen, die in Form von Radiatoren Wärme durch Luftumwälzung verteilen, vermag das realisierte Heizsystem durch Wärmestrahlung des Bodens und der Wände die Gegenstände zu erwärmen. Für die Wärmebereitstellung des Warmwasserwärmebedarfs wurde eine Solarthermieanlage vorgesehen. Im Falle einer Schlechtwetterphase (verminderte Sonnenstrahlung), unterstützt die Wärmepumpe, gespeist über den Fundamentspeicher und forciert durch die außerhalb des Gründungsbereichs eingesetzten Erdkörbe, die Aufheizung des Warmwassers. Die Regelung des Energiekonzeptes ist dabei so parametrisiert, dass die Wärmeenergie im Falle der vollständigen Beladung des Warmwasserspeichers durch die Solarkollektoranlage die weiterhin zur Verfügung stehende und abgenommene Energie der Solarstrahlung in den Fundamentspeicher einspeist. Ergänzend zu dem Energiekonzept wurde über einen Contractor ein Mini-BHKW eingebaut, und auch über den Contractor betrieben. Einerseits wird über dieses Kleinkraftwerk Strom für die Bewohner bereitgestellt, und andererseits wird die anfallende Abwärme für das Heizungssystem genutzt (nach Bongard, 2010).

Das System der Wohnhausanlage nutzt ebenfalls wie das in dieser Arbeit untersuchte Modellgebäude die Speichermasse der Fundamentplatte für die Einspeicherung der solarthermischen Energie. Durch die Speicherung der Wärmeenergie in die Fundamentplatte ist eine Grundabdeckung des Wärmebedarfes des Gebäudes durch die aufsteigende Wärme gegeben. Die eingebaute Betonplatte ist entgegen dem Konzept von Ing. Ferle (s. Abb. 2-29) vom Gebäude wärmetechnisch entkoppelt.

2.2 Zusammenfassung der Konzepte

Bei allen vorgestellten Konzepten handelt es sich um Systeme, die Energie für Wärmebereitstellung einspeichern. Die Art der Einspeicherung bzw. auch der Gewinnung hängt in erster Linie vom Energieangebot, von der Möglichkeit die Energie mit minimierten Verlusten zu speichern und von der Art und vom Nutzerverhalten des Verwerters ab.

Flächenheiz- und Flächenkühlsysteme mit großen Übertragungsflächen sind grundsätzlich Voraussetzung um mit niedrigen Systemtemperaturen effizient zu arbeiten. Durch diese Systeme wird es möglich mit geringen Speicher- oder auch Wärmequellentemperaturen den Energiebedarf zu decken (nach Uponor, 2009).

Entscheidender Faktor für einen wirtschaftlichen Energiehaushalt sind die Temperaturniveaus der Verwertung. Je geringer die Temperaturdifferenz zwischen der Wärmequelle (Erdreich) und der Wärmesenke (RW- und WWW-Bereitstellung) ist, desto effektiver kann der Energiehaushalt betrieben werden. Dem gegenüber steht jedoch der Speicher oder die Wärmequelle. Je geringer der Temperaturunterschied zwischen der Quelle und der Wärmeabgabe realisiert wird, desto mehr Masse ist maßgeblich für die Sicherung der Wärmebereitstellung.

Für geothermische Speicherkonzepte sind hohe Investitionen notwendig und meist können diese nur als Unterstützung für ein alternatives Heizsystem in Betracht gezogen werden. Die solaren Deckungsraten bewegen sich bei den dargestellten Systemen zwischen ca. 32 und 65 %, wobei jedoch bei der Größe dieser Objekte bemerkenswerte Energie- und CO₂ – Einsparungen erzielt werden. Das Potenzial dieser Möglichkeit Wärme im Wohnbau auf diese Weise zu lukrieren kann nur durch innovative Konzepte und Förderungen realisiert werden.

Chemische und latente Speichermethoden sind immer noch im Pilotstadium und weisen einen Forschungsbedarf aus. Im Objektbau kommen jedoch latente Speichermaterialien zur Anwendung. Mit Hilfe dieser Materialien werden Aufheiz- bzw. Abkühleffekte verzögert und können dadurch das Schaffen eines behaglichen Raumklimas maßgeblich unterstützen.

Im Bereich der Betoneinspeicherung wurden die beiden Referenzobjekte, Sommerhaus in Langenlois und das Wohngebäude Kubox in Norddeutschland vorgestellt. Das Einspeichern von Energie in einen Betonspeicher wird in dieser Arbeit untersucht und in der Folge näher behandelt.

3 Analytischer Ansatz

Die Grundintention ist es, den Wärmeenergiebedarf für die Gebäudeheizung als auch für das Warmwasser aus dem Energiespeicher bereitzustellen. Der Energiespeicher (s. Abb. 3-1) soll die im Sommer durch die Solarthermieanlage eingespeicherte Wärme in den Wintermonaten, in der Heizsaison bereitstellen. Die in der Masse der Fundamentplatte eingespeicherte thermische Energie soll einerseits über ein Niedertemperatursystem für die Raumwärme als auch für die Erwärmung des Brauchwassers zur Verfügung stehen.

Hierbei soll der Heizwärmebedarf als auch der Warmwasserwärmebedarf durch die eingespeicherte thermische Energie abgedeckt werden.

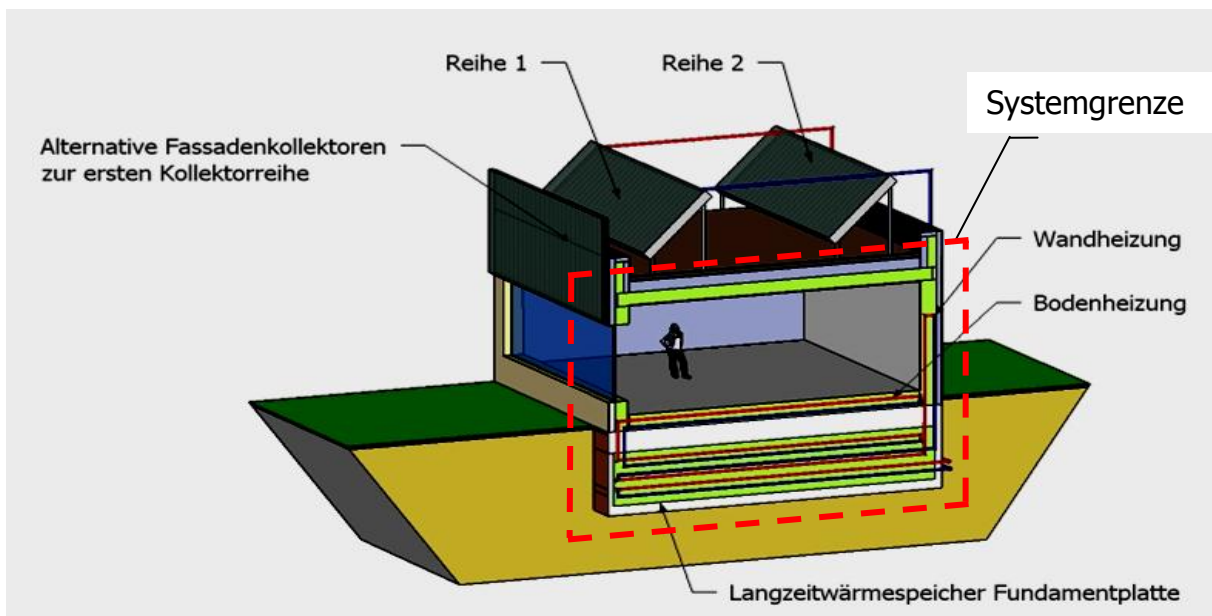


Abb. 3-1: Systemdarstellung des Modellgebäudes

Betrachtet man die Gebäudeoberfläche als thermische Systemgrenze (s. Abb. 3-1) so sind die von außen auf das System einwirkenden Faktoren standortabhängig klimatisch bedingt. Den Klimaeinflüssen gegenüber stehen die Qualität der Gebäudehülle (Wärmedurchgangskoeffizient; U in W/m^2K , Glasanteil und Dichtheit), die Kompaktheit (charakteristischen Länge l_c in m) und das Speicherverhalten des Gebäudes.

Die Gebäudehüllfläche im Verhältnis zum Gebäudevolumen hat entscheidenden Einfluss auf den Heizwärmebedarf (siehe Kap. 3.2.2.2). Ist das Verhältnis groß, erhöht sich auch der Heizwärmebedarf entsprechend. Auch hat die Lüftung maßgeblichen Anteil an den Wärmeverlusten. Entgegen den von außen wirkenden Klimaeinflüssen, den Eigenschaften durch die Gebäudekompaktheit und den Lüftungsverlusten wirken die inneren Gewinne und die durch die Fensterflächen bestimmten passiven solaren Gewinne. Das aus der Gegenüberstellung gewonnene Ergebnis bezeichnet den Heizwärmebedarf. Ziel der Überlegungen in der Untersuchung ist es, die Differenz zuzüglich des Warmwasserwärmebedarfs durch gespeicherte Solarenergie bereitzustellen.

3.1 Klimawandel/Klimaeinfluss auf das System

Da die Auslegung der Raumtemperierung eines Wohngebäudes auf Klimadaten des Gebäudestandortes basieren, besteht die Frage inwieweit der Klimawandel bei dieser Betrachtung eine Rolle spielt. Das Klima ändert sich immerwährend aufgrund von natürlichen und menschlich verursachten Veränderungen. Zurzeit sind vor allem zwei natürliche und zwei menschlich verursachte (anthropogene) Antriebe, für Klimavariationen ausschlaggebend (nach ZAMG, 2010):

- Natürliche Klimavariationen sind geprägt von Veränderungen der Sonnenaktivität und Vulkanaktivitäten. Dadurch wird über kurzweilige Energiestrahlungen das Klimasystem der Erde beeinflusst. Die durch Vulkanausbrüche in die Atmosphäre geschleuderten Verschmutzungen wirken abkühlend. In Summe waren diese beiden Faktoren für das Klima des letzten Jahrtausends treibend.
- Die durch den Menschen verursachten Klimaeinflüsse begründen sich in der Zunahme der Treibhausgase, die den Wärmetransport in das Weltall reduzieren und die Verschmutzungen (ähnlich der Vulkane) das Einwirken der kurzweiligen Sonnenstrahlen behindern. Der steigende CO₂-Anteil in der Atmosphäre hat seine Ursachen in der Verbrennung von kohlenstoffgebundenen Substanzen wie Kohle, Erdgas und Erdöl. Der steigende Methananteil CH₄ ist auf intensive Rinderzucht und Nassreisfeldkulturen zurückzuführen.

Seit der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts ist die Hauptursache für Klimaveränderungen der menschliche Einfluss und damit der daraus resultierende Treibhauseffekt. Der Treibhausgaseinfluss wird auch in den nächsten Jahrzehnten ansteigen und zum Erwärmungstrend beitragen. Auch der natürliche Einfluss wird den durch den Menschen verursachten Entwicklungstrend mit jahreszeitlichen und mittelfristigen Veränderungen überlagern.

Für Österreich ist für die erste Hälfte unseres Jahrhunderts prognostiziert, dass die Temperatur durchschnittlich um 1- 3 °C zunehmen wird. Analysten befürchten eine überdurchschnittliche Zunahme in Europa von bis zu 5 °C bis 2100. Wetterextreme mit häufiger und lang anhaltender Hitze und kürzere Kälteperioden werden nach deren Aussagen auftreten (nach ZAMG, 2010).

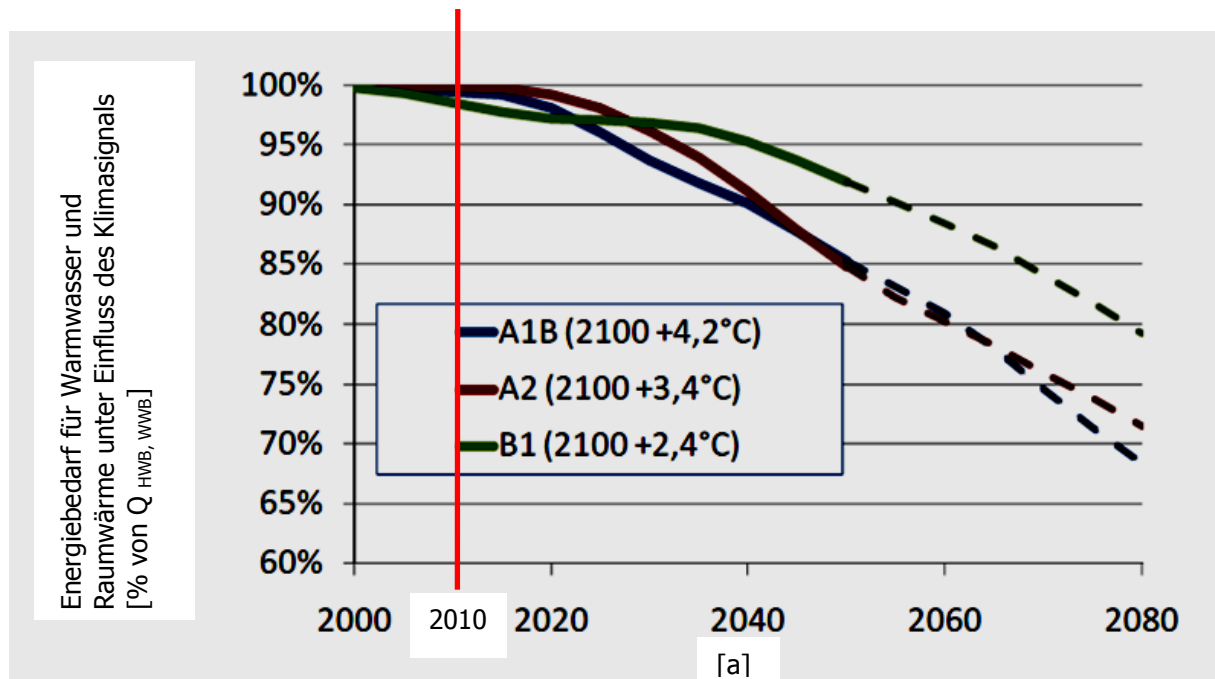


Abb. 3-2: Einfluss der Klimaänderung auf den Energiebedarf (nach Müller & Biermayr, 2010)

Von der Technischen Universität Wien wurde diesbezüglich in Zusammenarbeit mit der Energy Economics Group der Zusammenhang und die Einflussnahme des Klimawandels auf den Energiebedarf für die Raumwärme und Warmwasserwärmebereitung untersucht. Das Ergebnis (s. Abb. 3-2) der Arbeit zeigte, dass das prognostizierte Klimasignal 2050 den Energiebedarf um 8-15 % senken kann, als Szenarien ohne Klimaeinfluss (nach Müller & Biermayr, 2010).

Aus den vorangeführten Fakten und der zu erwartenden Gebäudelebensdauer von ca. 50 Jahren bleibt der Klimawandel, in dieser Arbeit, bei der Untersuchung des Wärmespeichers unberücksichtigt, zudem sich eine Erwärmung in unseren Breiten positiv auf das Speichervolumen auswirkt. Der Nachweis gegenüber einer sommerlichen Überwärmung wird in dieser Arbeit nicht behandelt.

Extremwetterereignisse und die Klimaveränderungen haben auch direkten oder indirekten Einfluss auf die Planung, Ausführung und demgemäß auch auf die energetische Betrachtung eines Wohngebäudes. Diese Wetterdaten werden durch ständiges Monitoring der Wetterstationen aufgezeichnet und die Auswertungen aktualisiert.

Für die Untersuchung des erstellten Langzeitwärmespeichermodells werden Klimadaten der letzten vier Dekaden, von Dezember 1971 bis Februar 2011, ausgewertet und als Grundlage für die Bemessung des Speichers herangezogen. Die Erwärmung des Weltklimas bleibt in der Untersuchung aus voran genannten Gründen unberücksichtigt.

Von außen auf das Gebäude (System) einwirkend:

Temperatur:

Wichtigste Einflussgröße ist die Temperatur, deren Jahresverlauf auf das System einwirkt. Die über den Sommer auftretenden hohen Temperaturen versuchen das System gemäß dem 0. Hauptsatz der Thermodynamik anzugleichen. Bedingt durch die eintretende Abkühlung im Winter ist es erforderlich dem System Wärme zuzuführen. Die benötigte Wärmezufuhr über die Heizperiode bestimmt den Heizwärmebedarf.

Sonnenstrahlung:

Sind es einerseits im Sommer die durch die lang einwirkenden Sonnenstrahlung angetriebenen hohen Temperaturen, die die Gebäudeflächen aufheizen, so sind es andererseits im Winter die kürzeren Strahlungsphasen und der daraus resultierende Frost, der die Luft, den umgebenden Baugrund als auch das Gebäude auskühlt.

Wind:

Durch den Wind auftretende Kühleffekte sind einerseits durch die winddichte Gebäudehülle, die durch den Blower Door Test nachgewiesen wird, als auch durch den Bau möglichst kompakter Gebäudeformen und Baukörper, entkoppelt. Bei modernen Gebäuden, die im Hinblick auf einen geringen Heizwärmebedarf errichtet wurden, zeichnen sich sogenannte Kühlrippeneffekte oder Wärmebrücken im Zuge der Heizsaison als Schwärzungen an den Gebäudeinnenflächen ab. Durch das Abkühlen der Innenwandflächen entsteht Kondensat, das den Nährboden für Pilze bildet und zu Verfärbungen führt.

Niederschlag:

Dabei ist zwischen Schnee und Regen zu unterscheiden. Grundsätzlich ist an den bewitterten Oberflächen immer mit einer Durchfeuchtung zu rechnen. An der Systemgrenze, der Gebäudeoberfläche, sollte auch die Grenze zwischen feucht und trocken sein. Es gibt jedoch gebräuchliche Dachaufbauten, wodurch mit einer Durchfeuchtung der Systemgrenze zu rechnen ist. Beispielsweise ist beim Umkehrdachaufbau mit einer Durchfeuchtung der Wärmedämmung zu rechnen und in der Dämmstoffdicke durch einen entsprechenden Zuschlag zu berücksichtigen. Durchfeuchtung von Baustoffen hat eine Verschlechterung des Wärmedurchgangskoeffizienten $\lambda=W/mK$ zur Folge.

Grundsätze für die Planung eines Langzeitspeicherkonzeptes:

Das Gebäude als auch der Speicher können nur funktionieren, wenn die Auslegung und das System sowohl in der Vorbereitungsphase, in der Projektierungsphase, als auch in der Ausführung im Zusammenhang mit einer wirtschaftlich vertretbaren Qualitätskontrolle ausgeführt werden. Grundsätzlich ist bei Objekten mit Langzeitwärmespeicherung auf einen geringen Heizwärmebedarf besonderen Wert zu legen. Der Heizwärmebedarf sollte unter $30 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGF}} \text{ a}$ betragen (s. Abb. 3-3). Die Energieeffizienz eines Gebäudes (HWB) wird maßgeblich durch die U-Werte der Außenhülle, die Form der Gebäudegeometrie und durch die passiven solaren Erträge der Fensterflächen geprägt.

Das Verhältnis der Gebäudeoberfläche zum Gebäudevolumen, definiert sich über die Kompaktheit eines Gebäudes.

Der Ansatz zum Hüllflächenfaktor von der klima:aktiv Initiative:

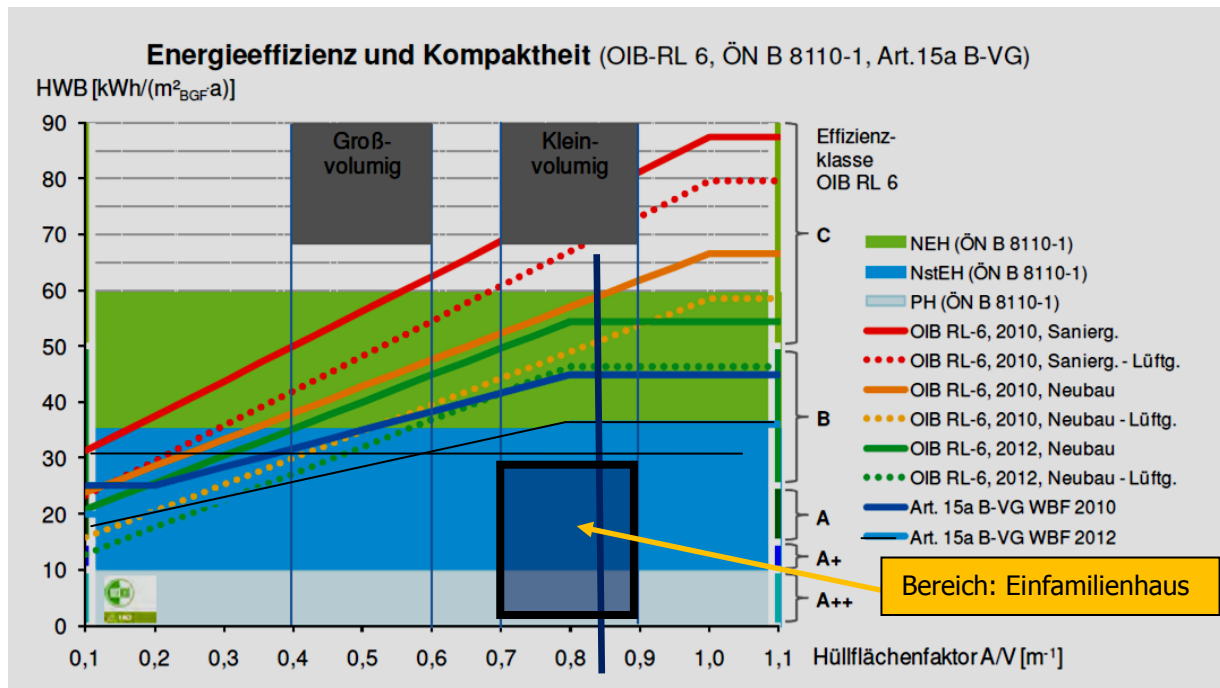


Abb. 3-3: Die Anforderungen an den Heizwärmebedarf in Neubau und Sanierung: OIB entspricht der Mindestanforderung im Sinne der Bauordnung, Art. 15a B-VG. Ist die Grundlage der Wohnbau-Förderung der Bundesländer (nach Fechner et al, 2011)

Diese Anforderungen an den Heizwärmebedarf betreffen vor allem den Wärmeschutz. Die aktuelle Entwicklung ist in der Abb. 3-3 zu erkennen, wobei der Hüllflächenfaktor A/V die Kompaktheit des Gebäudes mit dem Verhältnis von Oberfläche zu Volumen beschreibt. Der Kriterienkatalog klima:aktiv gibt eine Orientierung über Zielwerte für Standards nachhaltiger Gebäude und sieht eine Punktebewertung für Heizwärme- und Primärenergiebedarf sowie die CO₂-Emissionen des Gebäudes vor (nach Fechner et al, 2011).

Berechnung der Kompaktheit bzw. der charakteristischen Länge l_c des Modell-Gebäudes:

$$l_c = V/A \quad (3.1)$$

- l_c charakteristische Länge [m]
- V konditioniertes Volumen [m³] lt. Energieausweis ECOTECH S.2: 641,90 m³
- A Hüllfläche des konditionierten Gebäudes [m²]
lt. Energieausweis ECOTECH Blatt 11: 544,89 m²

Somit ergeben sich nach Gleichung 3.1 die charakteristische Länge des Modellgebäudes mit 1,18 m und die Kompaktheit mit dem Kehrwert 0,85 1/m.

3.2 Energieflüsse und Systembauteile

Das System besteht grundsätzlich aus drei Hauptkomponenten:

1. Energiebereitstellung – Solarthermieanlage,
2. Speicherung und
3. Wärmeabgabe

3.2.1 Energiebereitstellung

Die erforderliche Wärmebereitstellung des Modellgebäudes soll mittels solarthermischer Anlage erfolgen.

Eine detaillierte Dimensionierung größerer thermischer Solaranlagen erfolgt mit Hilfe von Simulationsprogrammen. Je nach Gebäudeausrichtung, Energiebedarf (Raumwärme und Warmwasser), Kollektortyp, Kollektorfläche, Speichervolumen und Wahl des Heizungssystems (Vor- und Rücklauf Temperatur) errechnet die Simulation eine Jahresdeckungsrate der Solaranlage in Abstimmung der standortspezifischen Klimadaten. Mit Hilfe der Simulation lässt sich ein effizient ausgelegtes Gesamtsystem erstellen. Solarkollektoren können in oder auf das bestehende Dach montiert, in die Fassade integriert oder frei aufgestellt werden. Das Heizwerk am Dach arbeitet dabei mit geringstem Platzbedarf. Die Anlage kann mit jeder beliebigen Zusatzheizung kombiniert werden. Falls die Aspekte Umweltschutz, Unabhängigkeit, Versorgungssicherheit und Kosteneffizienz in Betracht gezogen werden, empfiehlt sich die Kombination von Holzheizung und Solaranlage (nach Solarwärme, 2010).

Der Energieträger Sonne besteht aus einer Gaskugel mit einem Durchmesser von 1,39 Mio. km Durchmesser. Im inneren Kern hat die Kugel 15,7 Mio. °C, an der Oberfläche eine Temperatur von ca. 5.500 °C und eine Dichte von 100 g/cm³. Die Temperatur entsteht durch Fusion von Wasserstoffkernen zu Helium. Jede Sekunde werden etwa 564 Mio. t Wasserstoff zu Helium umgewandelt und es gehen dabei 4,4 Mio. t Masse verloren, die in Energie umgewandelt wird. Die freiwerdende Energie von $3,8 \cdot 10^{23}$ kW wird aus dem Kern durch Wärmeleitung, Strahlung und Konvektion transportiert und von der Oberfläche abgestrahlt (s. Abb. 3-4).

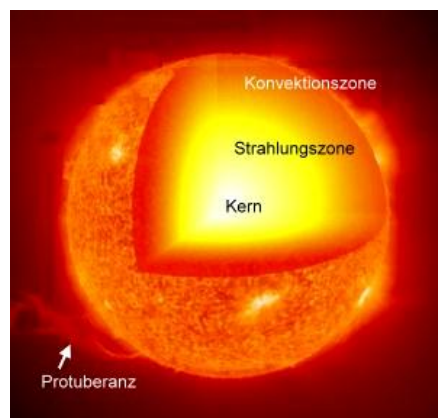


Abb. 3-4: Der Energielieferant Sonne - Original der Abbildung: NASA (Paeger, 2006-2011)

Diese wird gleichmäßig in alle Richtungen abgestrahlt, die Erde bekommt dank ihrer Entfernung von etwa 150 Millionen Kilometer nur einen winzigen Anteil davon ab: weniger als ein halbes Milliardstel. Dieser Anteil beträgt immer noch 174.260 TW, oder rechnerisch 1.366 Watt an jedem der Sonne zugewandten Quadratmeter der Erdoberfläche. Da die Erde kugelförmig ist und der größte Teil der Sonne daher schräg einfällt und ein Teil der Sonne abgewandt ist, ergibt sich hieraus eine durchschnittliche Sonneneinstrahlung beim Eintritt in die Atmosphäre von 342 W/m^2 . Die Sonneneinstrahlung wird seit 1978 sehr genau mit Satelliten gemessen, in diesem Zeitraum schwankte diese in einem Bereich von weniger als 0,1 % (s. Abb. 3-5).

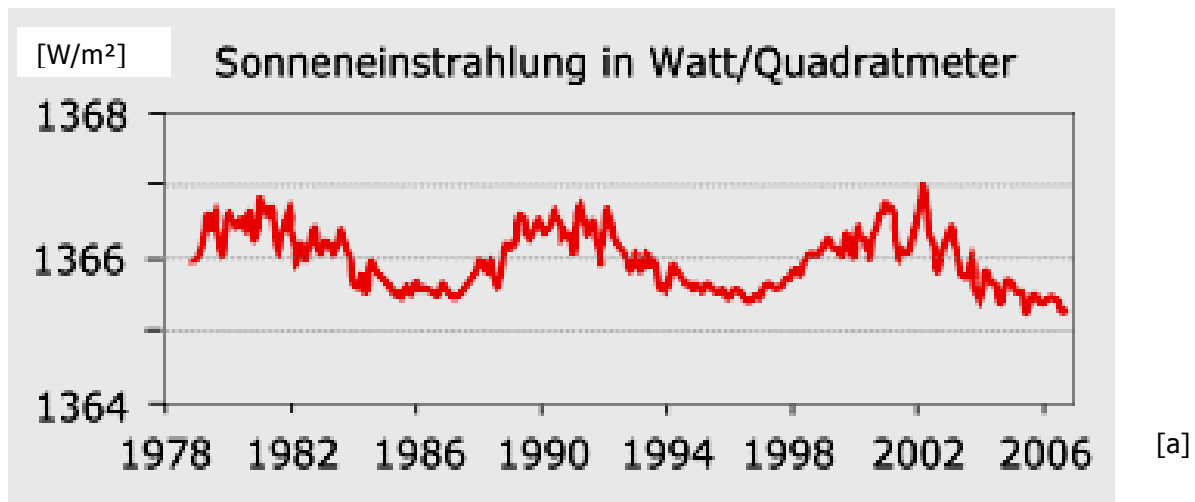


Abb. 3-5: Die Sonneneinstrahlung schwankt in einem etwa 11-jährigen Zyklus, der mit der Zahl der Sonnenflecken übereinstimmt - Datenquelle NASA SOHO (Paeger, 2006-2011)

Sonnenflecken, die über Teleskop beobachtet werden, sind Grundlage für die Intensität der Sonne (s. Abb. 3-5). „Diese entstehen, wenn Feldlinien des Sonnenmagnetfeldes durch die Oberfläche drängen und den Energietransport behindern. Der Kurzschluss der Feldlinien löst Ausbrüche und Protuberanzen aus, dadurch verliert die Sonne etwa eine Million Tonne Material pro Sekunde, die als „Sonnenwind“ ins All strömen“ (Paeger, 2006-2011).

Das mögliche Potential in Österreich wird im Folgenden anhand einer Übersichtskarte (s. Abb. 3-6) dargestellt. Die durchschnittlichen Strahlungswerte verändern sich aus topografischen Gründen, wie beispielsweise durch Bewölkung in den Nordstaulagen, ebenfalls durch bevorzugte Nebellagen sowie durch Reflexionen. Aus der Karte sind die Auswirkungen auf Solargewinne standortspezifisch überschlägig zu erkennen. Die möglichen Globalstrahlungswerte zeigen das Strahlungsangebot, das über die Solaranlage in Wärmeenergie umgewandelt werden kann.

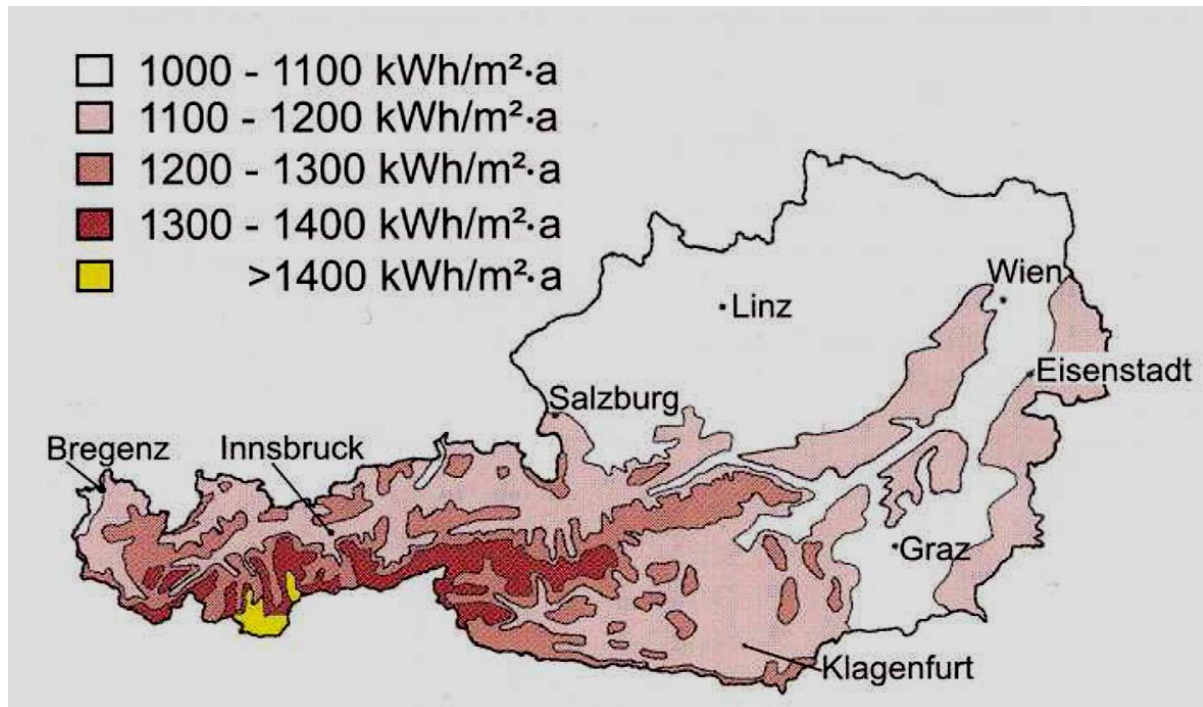


Abb. 3-6: Solarstrahlung in Österreich auf horizontale Fläche (Fink & Brunner, 2010)

Die Potentialanalyse „Niedertemperaturwärme in Österreich“ zeigt, welche Entwicklungsmöglichkeiten Solarthermie in naher Zukunft standortspezifisch am Energiemarkt haben kann.

3.2.1.1 Nutzung der Solarthermie

Solarenergie wird in Österreich für die Wärmebereitstellung im Wohnungssektor durch folgende zwei Systeme genutzt:

- Warmwasserbereitung (Schwimmbad- und Brauchwasser)
- Warmwasser mit Heizungsunterstützung

Diese Systeme unterscheiden sich durch die Kollektorfläche und die Form der Energieeinspeicherung. Systeme mit hohen solaren Deckungsgraden oder jene, die Raumwärme ausschließlich in Form von Solarthermie bereitstellen werden selten umgesetzt. Daher gibt es auch im Einfamilienhaus Bereich fast keine Referenzen. Die Scheu vor dem finanziellen Aufwand, der meist im Zuge eines Neubaus notwendig wäre, aber auch der Mangel an Erfahrung dürften die Marktentwicklung in diese Richtung hemmen.

3.2.1.1.1 Warmwasserbereitung

Der einfachste Solaranlagentyp (s. Abb. 3-7) liefert die Energie für das Warmwasser in Küche und Bad. Übers Jahr gesehen können hier bis zu 60 Prozent des benötigten Warmwassers von der Sonne bereitgestellt werden. Die noch zusätzlich erforderliche Wärmeenergie wird von einem Wärmeerzeuger bei Bedarf aufgeheizt. Für einen Vier-Personen-Haushalt genügen 6 m² Flachkollektoren bzw. 4 m² Vakuumröhrenkollektoren auf dem Dach (nach Solarwärme, 2010).

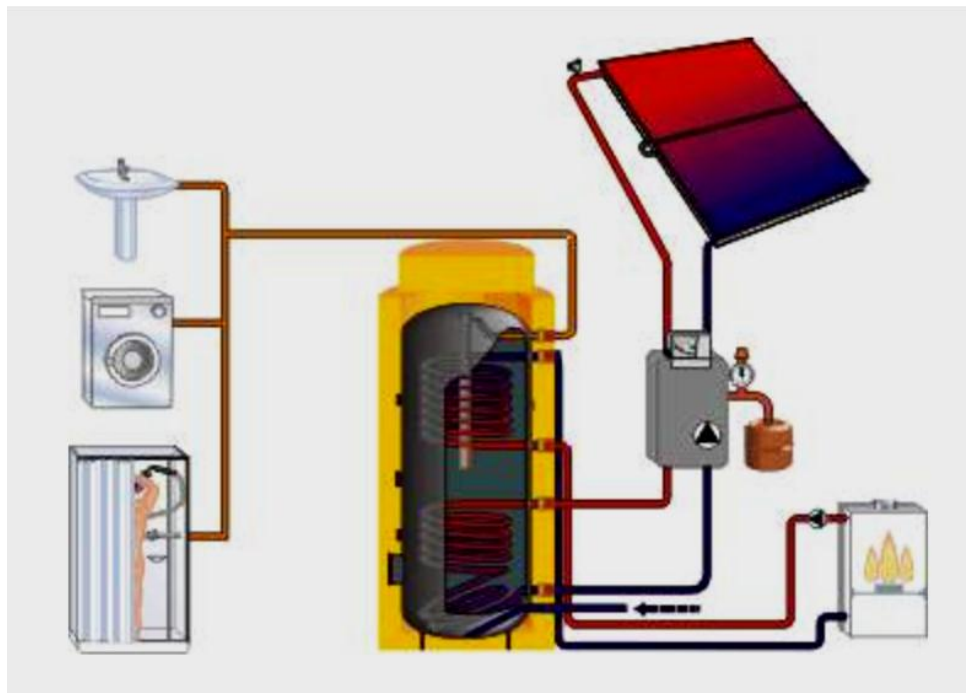


Abb. 3-7: Funktionsschema herkömmlicher Warmwasserspeicher mit Sonnenkollektoren und Heizkessel (Solarwärme 2010)

Solaranlagen nutzen die Sonne auf relativ einfache und dabei äußerst effiziente Weise. Absorber aus Kupfer oder Aluminium absorbieren die Sonneneinstrahlung und geben die Wärmeenergie an das Wasser ab, das es durchströmt. Dieser Effekt ist vom Gartenschlauch bekannt, welcher nach kurzer Zeit das darin befindliche Kaltwasser durch Erwärmung der Sonnenenergie in heißes Wasser umwandelt. Der Absorber ist mit einer speziellen Beschichtung versehen, um möglichst wenig der umgewandelten Wärme wieder an die Umgebung abzugeben. Weiters wird der Absorber mit Glas abgedeckt, rückseitig gedämmt und mit einer Metall- oder Holzummantelung dicht verschlossen, so dass möglichst wenig Sonnenwärme wieder nach außen dringen kann. Somit entsteht der sogenannte Sonnenkollektor, mit einem Wirkungsgrad von meist über 40 Prozent, d.h. aus dem in Österreich rund 1.000 kWh Sonneneinstrahlung pro Quadratmeter und Jahr werden rund 400 kWh Warmwasser bereitgestellt. Dieses Warmwasser wird in einem Solarspeicher gesammelt und in die Sanitär- und Heizungsinstallation im Haus eingespeist (nach Solarwärme, 2010).

3.2.1.1.2 Heizungsunterstützung, teilsolares Heizen

Kombinierte Solaranlagen zur Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung können im Frühjahr und im Herbst das Haus mit Wärme versorgen und im Winter den Heizkessel unterstützen. Auf diese Weise wird der Einsatz des konventionellen Heizsystems reduziert: Das spart Energiekosten, Schadstoffe und Brennstoffe (nach Solarwärme, 2010).

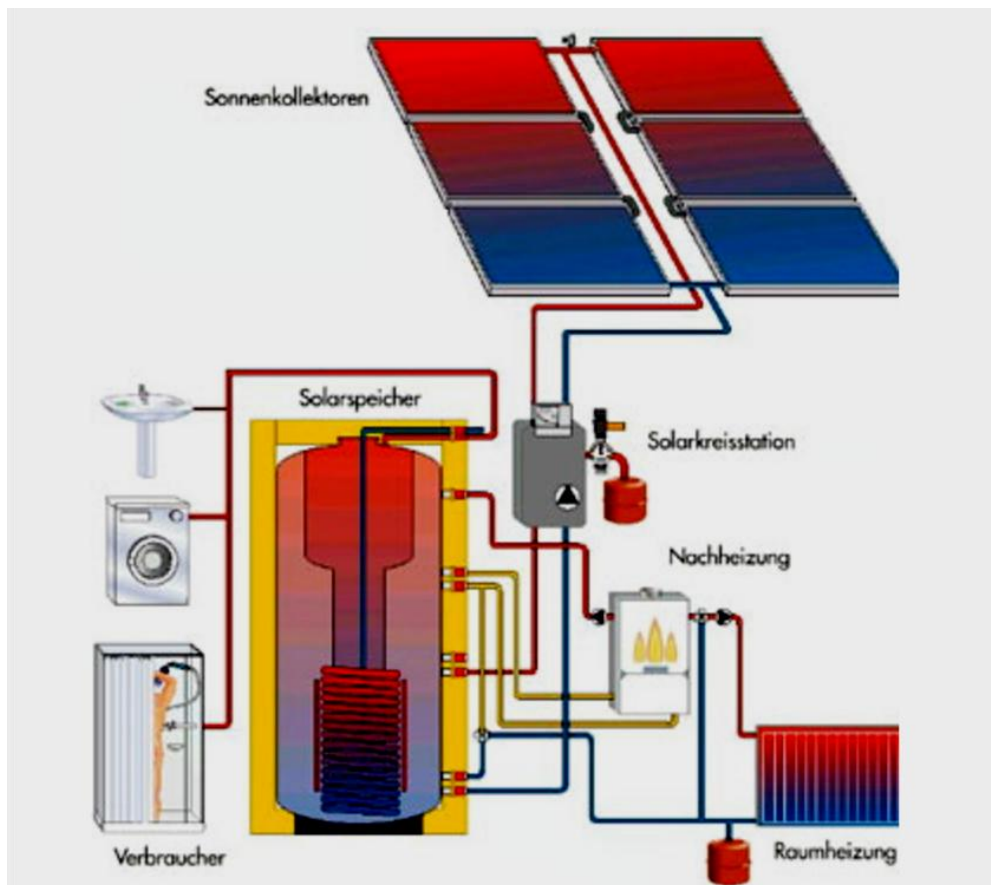


Abb. 3-8: Pufferspeicher mit Wärmetauscher in der Mitte des Systems. Die Sonne und eine herkömmliche Energiequelle speisen denselben Speicher (www.haustechnik-peterseehuber.de)

Für moderne Ein- und Mehrfamilienhäuser in Niedrigenergie- und Passivbauweise mit hohem Dämmstandard, großer Dichtheit und dem Einsatz innovativer Haustechnik stellt die teilsolare Raumheizung eine nachhaltige Ergänzung zur solaren Warmwasserbereitung dar. Um einen effizienten Einsatz dieses Systems zu gewährleisten ist ein Wärmeabgabesystem auf Niedertemperatur-Niveau erforderlich. Die Wärmeabgabeflächen müssen daher entsprechend groß ausgelegt werden, sodass mit entsprechend geringen Vorlauftemperaturen die Wärmebereitstellung für die Raumboflächen und für die Raumluft gewährleistet wird. Teilsolare Raumheizung ist eine Kombination aus einer Solaranlage mit Pufferspeicher und einer Zusatzheizung wie zum Beispiel Pellets-, Gas- oder Ölkessel. Bei der Dimensionierung der Solaranlage empfiehlt sich eine 16 - 20 m² große Kollektoranlage in Verbindung mit einem Pufferspeicher von 1.000 bis 1.500 Liter. Solaranlagen können bei gut gedämmten Häusern bis zu 50 Prozent der benötigten Wärmeenergie über das Jahr bereitstellen. Kurzfristige Schwankungen in den Übergangsmonaten werden vom Pufferspeicher überbrückt. In den Wintermonaten garantiert die Zusatzheizung für eine ausreichende Wärmeversorgung (nach Solarwärme, 2010).

3.2.1.2 Solarthermie

Folgende Kollektorentypen werden unterschieden:

- Flachkollektor,
- Vakuum- Röhrenkollektor,
- Absorber für Schwimmbadanlagen,
- Kollektorsysteme mit integriertem Speicher und transparenter Abdeckung,
- der beidseitig wirkende Kollektor und
- der Luftkollektor.

Die beiden letzten Kollektoren werden derzeit in geringen Umfang eingesetzt (nach Recknagel et al., 2009). Die Kollektorsysteme mit integriertem Speicher kommen in unseren Breiten nicht zur Anwendung und werden daher auch nicht weiter behandelt.

Der Flachkollektor:

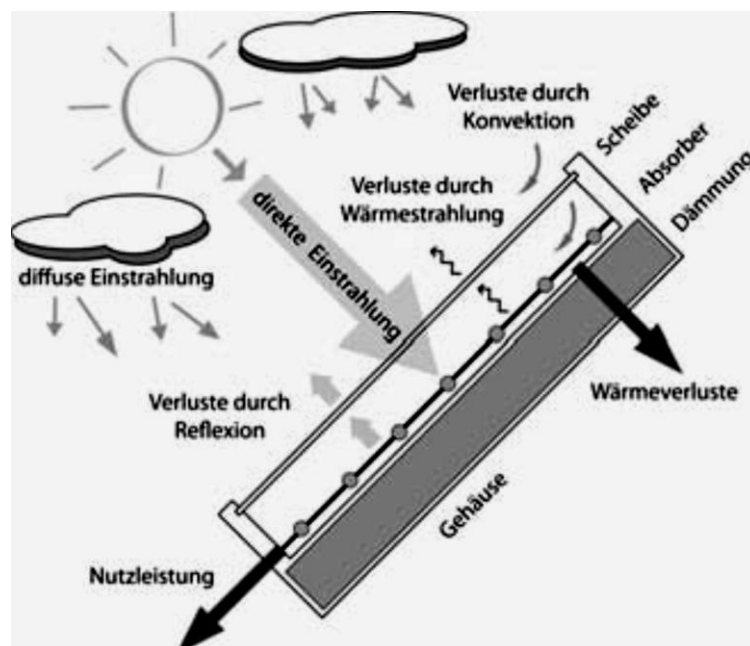
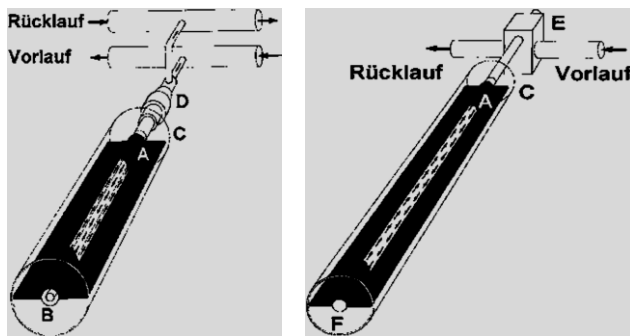


Abb. 3-9: Flachkollektor (Recknagel et al., 2009)

Der Flachkollektor besteht aus einem selektiv beschichteten Absorber- Band (Kupfer oder Aluminium). In diesem Absorber integriert befinden sich durch herstellerabhängige Fertigungsmethoden Rohrleitungen, die mit Sole als Wärmeträgermedium durchflossen werden. Das Trägermedium transportiert die absorbierte Sonnenenergie zum Abnehmer. Der Absorber ist auf der Rückseite wärmeisoliert und gegenüber der Umgebungsluft mit einer Glastafel geschützt um die Wärmeverluste an die Umgebung möglichst gering zu halten. Die Wandlung der Sonnenstrahlung in die Nutzleistung ist in der Abb. 3-9 dargestellt.

Der Vakuum- Röhrenkollektor:



LEGENDE:

- A Absorber
- B Doppelrohr
- C Vakuum- Glasrohre
- D Rohrverschraubung
- E Wärmetauscher mit Kondensator
- F Wärmerohr mit Alkohol

Abb. 3-10: Vakuum- Röhrenkollektor, direkt durchströmt und mit Wärmerohr (Recknagel et al., 2009)

In einer evakuierten Glasröhre befindet sich der Absorber in Form eines beschichteten Blechstreifens. Integriert ist das Doppelrohr, das bei direkt durchströmten Röhren mit dem Wärmeträgermedium gefüllt ist. Bei indirekt durchströmten Kollektoren befindet sich in der Vakuumröhre ein Wärmerohr, das mit Kältemittel gefüllt ist (s. Abb. 3-10). Durch Aufnahme von Wärme verdunstet das Kältemittel und transportiert die Energie zum Wärmetauscher. Das Wärmeträgermedium nimmt über den Wärmetauscher die Energie auf und es kommt zu Kondensation des Kältemittels und das Kältemittel fließt im Wärmerohr durch das Gefälle des Kollektors wieder nach unten um neuerlich zu verdunsten. Daher ist auf die Mindestneigung dieser Kollektoren entsprechend der Herstellerangaben besonders zu achten.

Diese Kollektoren sind Ergebnis jüngerer Entwicklungen und machen den Flachkollektoren durch fallende Preise zusehends Konkurrenz. Der Röhrenkollektor hat gegenüber den Flachkollektoren und Absorbern den Vorteil auch bei großer Temperaturdifferenz zwischen Kollektor (Absorber) und Umgebung wie in der Abb. 3-11 dargestellt hohe Wirkungsgrade zu erreichen.

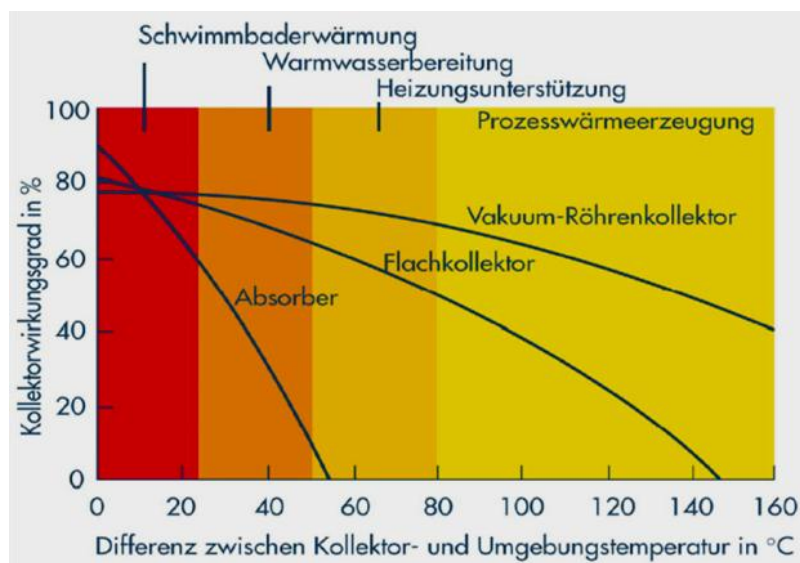


Abb. 3-11: Kollektorwirkungsgrad in Abhängigkeit der Temperaturdifferenz Kollektor (Absorber)/ Umgebung (Fink & Brunner, 2010)

Absorber Für Schwimmbadanlagen:

Diese Kollektoren werden aus Polypropylen (PP) und Ethylen- Propylen- Dien- Monomeren (EPDM) gefertigt. Sie sind einfacherer Bauart, günstig in der Anschaffung und arbeiten in einem Temperaturbereich von ca. 25- 35°C.

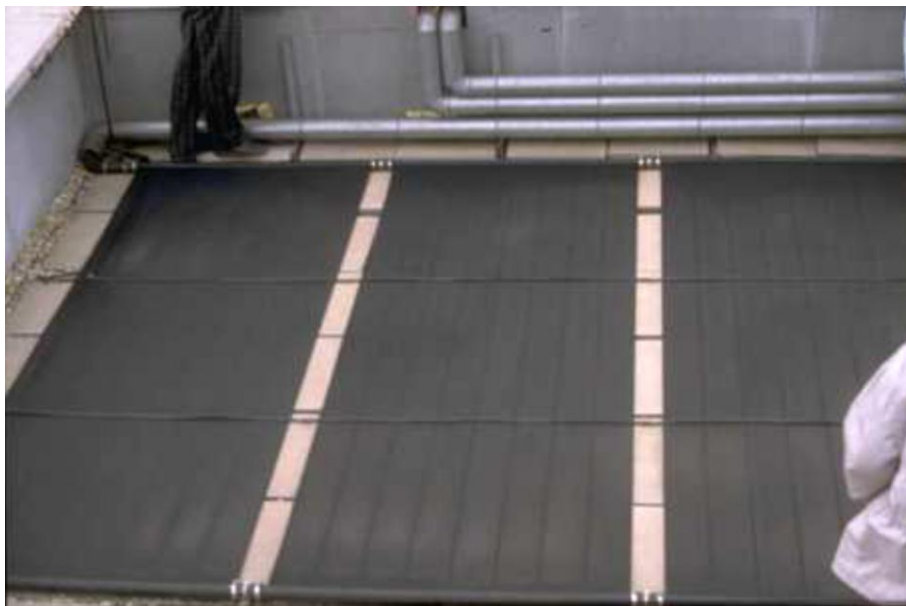


Abb. 3-12: Unverglaster Absorber für die Schwimmbaderwärmung (Wind G., 2009)

Meist werden die Kapillarrohre der Kunststoffmatten direkt mit dem Schwimmbadwasser als Wärmeträgermedium gefüllt und transportieren über eine Pumpe die Wärmeenergie direkt in das Schwimmbecken.

3.2.1.3 Der Kollektorwirkungsgrad

Bestimmende Merkmale für den Wirkungsgrad eines Kollektors sind die Abdeckung und die Verluste an die Umgebung. Die Leistungsbilanz eines Kollektors kann wie folgt in Gleichung 3.2 aufgestellt werden (nach Recknagel et al., 2009):

$$\frac{\dot{Q}_{NUTZ}}{A} = G \cdot \tau \cdot \alpha - U_t \cdot (T_{Absorber} - T_a) \quad (3.2)$$

\dot{Q}_{NUTZ}	Nutzleistung
A	Kollektorfläche
G	Globalstrahlungssumme pro Tag [Wh/(m ² d)]
τ	Transmissionsgrad [1]
α	Absorbtiionsgrad [1]
U_t	Wärmedurchgangskoeffizient des Kollektor[W/(m ² K)]
$T_{Absorber}$	Absorbtertemperatur [K]
T_a	Lufttemperatur aus Klimadaten [K]

Daraus kann der Wirkungsgrad des Kollektors ermittelt werden, wenn man die flächenbezogene Nutzleistung mit der Einstrahlung in der Kollektorebene in Verhältnis setzt (nach Recknagel et al., 2009).

$$\eta_{KOLL} = \frac{Q_{NUTZ}}{A \cdot G} = \underbrace{\tau \cdot \alpha}_{\eta_0} - U_t \cdot \frac{(T_{Absorber} - T_a)}{G} \quad (3.3)$$

η_{Koll}	Kollektorwirkungsgrad [1]
η_0	Optischer Wirkungsgrad [1]
U_t	Wärmedurchgangskoeffizient des Kollektor [W/(m ² K)] aus den Wärme- Verlusten der Vorder-, Rück- und Seitenflächen des Kollektors
$\frac{(T_{Absorber} - T_a)}{G}$	reduzierter Parameter [1]

Die Temperatur auf dem Absorberblech ist jedoch eine komplizierte Funktion des Abstandes von den wärmeabführenden Fluidröhren sowie der Absorberlänge.

Bei der Kollektorprüfung wird zum Erstellen der Wirkungsgradlinie die mittlere Fluidtemperatur vom Eintritt zum Austritt in den Kollektor gemessen. Der Wirkungsgradfaktor F' aus der Lösung der Temperatur- Differentialgleichungen gibt das Verhältnis aus der tatsächlichen Nutzleistung zu der höheren Nutzleistung an, die sich auf dem Absorberblech auf der niederen mittleren Fluidtemperatur T_m erbeben würde (mit entsprechend geringeren Wärmeverlusten s. Gleichung 3.4) (nach Recknagel et al., 2009).

$$\eta_{KOLL} = \underbrace{F' \cdot \tau \cdot \alpha}_{\eta_{0\ eff}} - F' \cdot U_t \cdot \frac{(T_m - T_a)}{G} \quad (3.4)$$

η_{Koll}	Kollektorwirkungsgrad [1]
$\eta_{0\ eff.}$	Konversionsfaktor [1] $\eta_{0\ eff} = F' \cdot \tau \cdot \alpha$
F'	Wirkungsgradfaktor [1]
τ	Transmissionsgrad [1]
α	Absorbtiionsgrad [1]
T_m	mittlere Fluid- oder Mediumstemperatur [K]

Diese Gleichung ist in der folgenden Abb. 3-13 dargestellt.

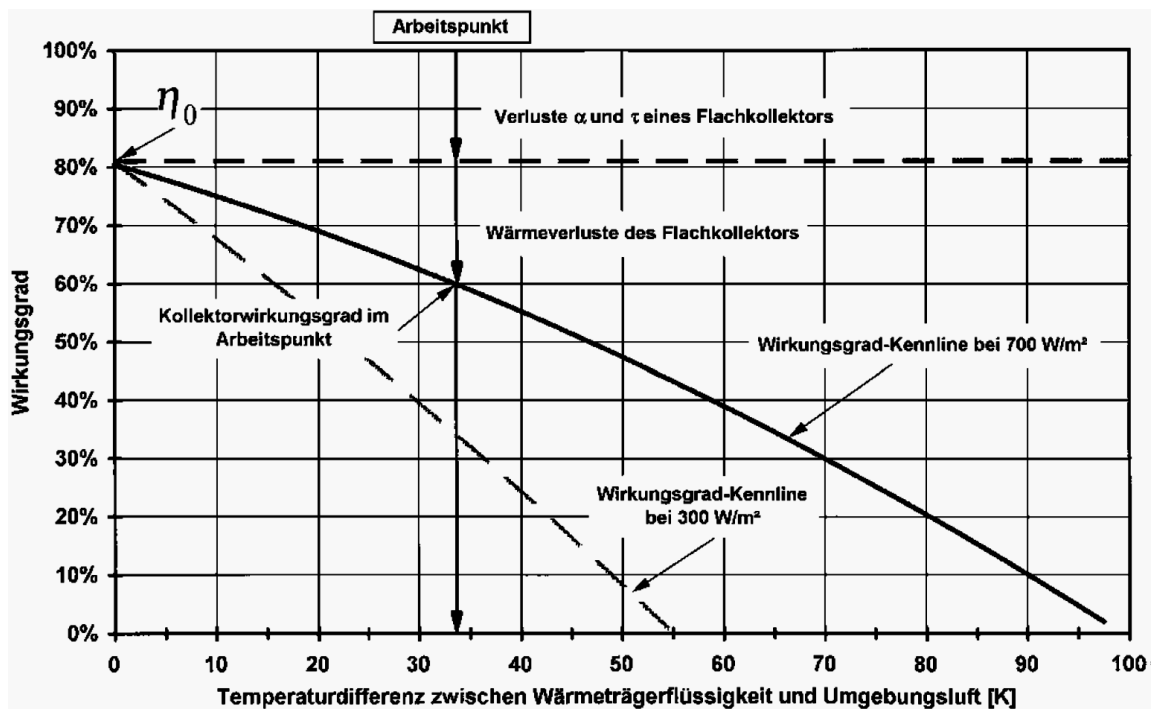


Abb. 3-13: Allgemeine Wirkungsgrad- Kennlinie für Sonnenkollektoren(nach Recknagel et al., 2009)

Die Temperaturabhängigkeit, die bei höheren Temperaturen zu einem nicht linearen Wirkungsgradabfall führt, wird in folgender Gleichung 3.5 dargestellt:

$$F' \cdot U_t = a_1 - a_2 \cdot (T_m - T_a) \quad (3.5)$$

a_1 Linearer Wärmeverlustkoeffizient (U-Wert des Kollektors) [W/(m² K)]

a_2 Quadratischer Wärmeverlustkoeffizient [W/(m² K²)]

Der Kollektorwirkungsgrad ändert sich somit wie in Gleichung 3.6 dargestellt in Abhängigkeit sich ändernder Globalstrahlungssummen, mittlere Lufttemperaturen und der mittleren Mediumtemperatur.

Kollektorwirkungsgrad abhängig vom Konversionsfaktor und Wärmeverlustkoeffizienten

$$\eta_{Koll} = \eta_{0\ eff.} - a_1 \cdot \frac{(T_m - T_a)}{G} - a_2 \cdot \frac{(T_m - T_a)^2}{G} \quad (3.6)$$

3.2.1.4 Auswahl für das Modellgebäude und Konzeption

Aus Vorangeführten wird angenommen die Energie in Form von Röhrenkollektoren bereitzustellen. Der Vorteil gegenüber Flachkollektoren begründet sich durch den höheren Wirkungsgrad bei höheren Temperaturdifferenzen zwischen dem Absorber und der Umgebungsluft. In der Heizperiode, mit der kalten Umgebungsluft, wo die Effizienz der Strahlungsnutzung am höchsten sein soll, weist diese Kollektorbauart den höchsten Wärmeertrag aus.

Beim Rechenmodell wird von einer Solaranlage mit einer effektiven Aperturfläche von 60 m² ausgegangen. Diese Annahme ist Ergebnis eines iterativen Prozesses, basierend auf den Ergebnissen des Berechnungsmoduls Get Solar und den limitierenden Kenngrößen des Modellgebäudes, wodurch optimierte Deckungsgrade erzielt wurden.

Aus der folgenden Abb. 3-14 (roter Kreis) ist die Annahme für die Kollektorenverschaltung (Mischung aus Parallel- und Serienschaltung) mit zugehöriger Rohrdimensionierung als auch die Systemparameter der Anlage ausgewiesen. In Abb. 3-15 ist die mögliche Anordnung der Kollektoren dargestellt.

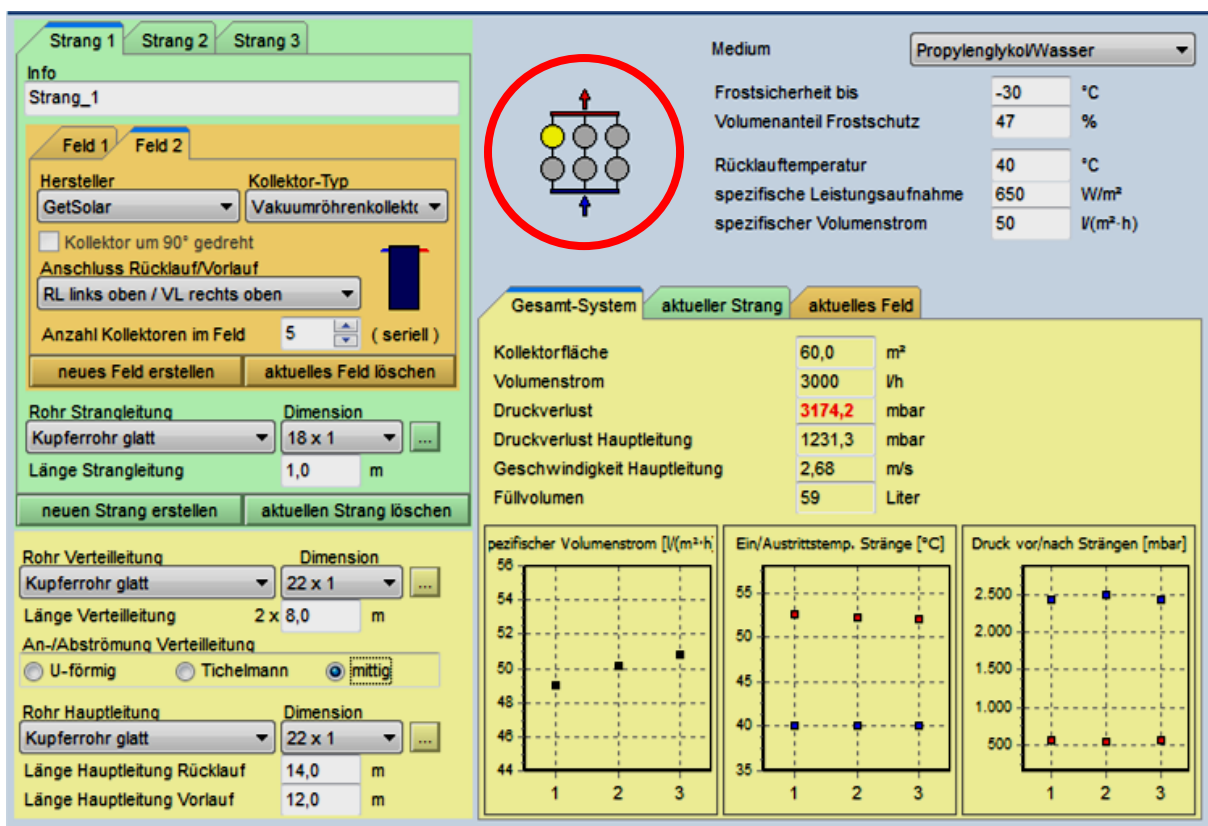


Abb. 3-14: Berechnungs-Blatt von Get- Solar der geplanten Solarthermieanlage

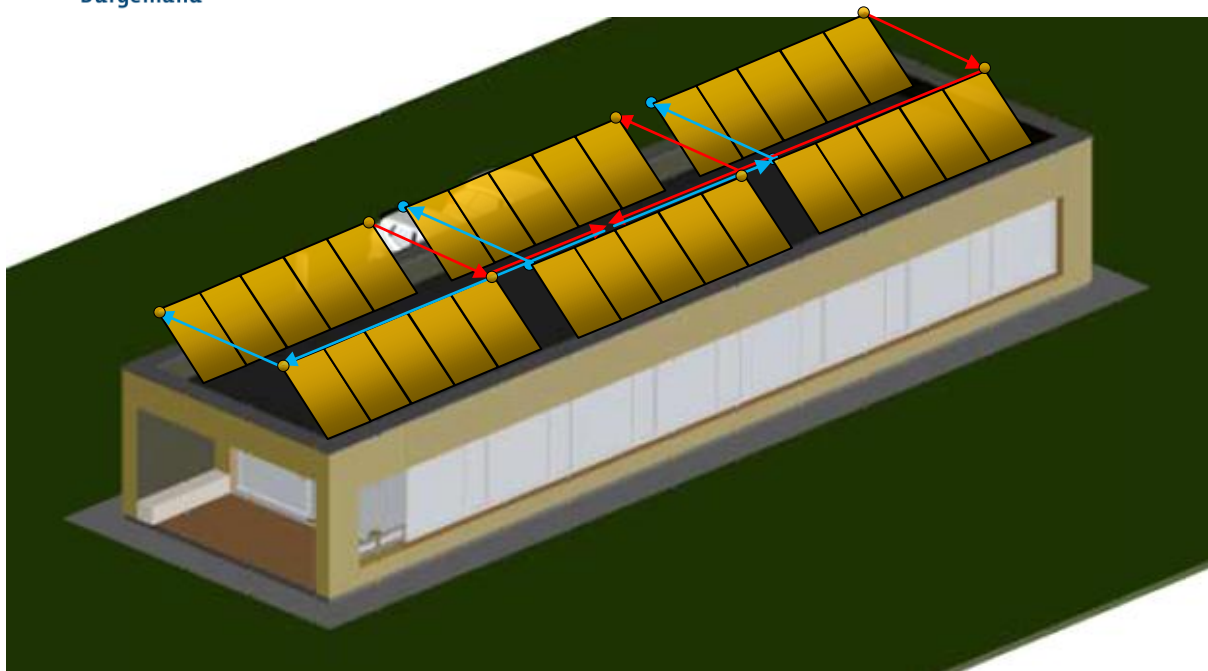


Abb. 3-15: Anordnung der Kollektoren auf dem Dach

Der Wirkungsgrad, der für die Modellbildung erforderlich ist, wurde für die Vakuumröhrenkollektoranlage mit einem Anstellwinkel von 40° ausgelegt. Der Korrekturfaktor aus Winkel und Neigung wurde aus dem Buch - „Baukonstruktionslehre 3“ ausgelesen (Riccabona & Mezera, 2011).

3.2.2 Speicherung

Um den zeitlich und energetisch unterschiedlichen Bedarfsdynamiken des Warmwasser- und Heizsystems Rechnung zu tragen, werden die zugehörigen Betonspeicherelemente (Fundamentplatte) gegeneinander mittels Foamglas mit Dicke 30 cm wärmegeklämt (s. Abb. 3-16).

Um Transmissionswärmeverluste des höher temperierten Bereichs für die Raumwämebereitstellung nutzen zu können und aufgrund der Anordnung der Entnahmestellen in Bad und Küche, ist der Warmwasserbereich zentriert, teilumhüllt vom Speicher für die Bereitstellung der Raumwäme, ausgeführt. Die Transmissionswärmeverluste aus dem Betonspeicher Warmwasser können somit an den vertikalen- und der oberen horizontalen Grenzfläche für den Heizungsspeicher genutzt werden.

Der Gebäudegrundriss gibt eine sinnvolle Begrenzung der horizontalen Erstreckung des Betonspeichers vor. Die Geometrie der Teilbereiche des Warmwasserspeichers und des Heizungsspeichers finden entsprechend der Energiebedarfsabschätzung, (siehe Kap. 3.2.2.1) über die Grundflächen- und Tiefenproportionen, optimiert in das Modell Eingang. Die Speicherladung auf der Primärseite als auch das Ausspeichern auf der Sekundärseite findet ähnlich dem System einer geschichteten Fußbodenheizung statt. Rohrleitungen für das Laden, als auch für das Ausspeichern wechseln in einem Abstand von 15cm Höhe ab und werden spiral- bzw.

schneckenförmig durch den Speicher geführt. Sowohl der Primärkreis als auch der Sekundärkreis werden in einem Höhenabstand von 15cm in Form von Einzelkreisen von nicht mehr als ca. 120m abwechselnd eingebaut.

3.2.2.1 Betonspeicher Warmwasser

Kennzeichnende Auslegungsparameter:

- Die Betonspeichermasse mit entsprechendem Temperaturniveau und die erforderliche Energie für das Temperieren ausgehend von 10°C Anspeisung
- Die bereitgestellte Energie und die Wärmeübertragung auf den Sekundärkreislauf
- Das Prüfen potentieller Legionellengefährdung
- Der Druckverluste in den Rohrleitungen

Auslegungsparameter für den Speicher sind der tägliche Warmwasserwärmebedarf mit einem bestimmten Temperaturniveau und die Speicherwärmeverluste lt. Gleichung 4.13 (s. Tab. 4-5 und Tab. 4-7), die im Rechenmodell (s. Kap. 4.2 - Flussdiagramm des Rechenmodells) durch Wärmeverluste an den Grenzflächen (s. Abb. 3-16) gerechnet werden. Die unterschiedlichen Temperaturen des Heizungsspeichers an den Grenzflächen, wie auch die saisonal unterschiedlichen Temperaturen des Erdkörpers werden im Rechenmodell berücksichtigt. Weiters ist das Laden und Entladen ein zyklischer Vorgang, welcher sich durch das Laden aus dem Speicherladungszustand des Vortages, entsprechend dem solaren Angebot bis zur Maximaltemperatur, bei gleichzeitiger Entnahme ergibt. Durch dieses Rechenmodell ergeben sich daher im Speziellen beim Warmwasserspeicher unberücksichtigte Reserven, da der Bedarf bei solarem Wärmeangebot direkt abgedeckt wird. Bei dem Rechenmodell wird mit Speicherbeton aus einem Kies-/Sandgemisch, einem sensiblen Speichersystem, gerechnet.

In der Modellrechnung wird dem Betonspeicher-Warmwasser eine minimale Betriebstemperatur von 57 °C zugewiesen, sodass mit Berücksichtigung der Wärmeübertragungsverluste eine Entnahmetemperatur von 50°C folgt. Das effektive Maß der Wärmeübertragung innerhalb des Betonspeichers zwischen der Primärseite (Wärmeenergie-Einspeisung von Solarthermieanlage) und der Sekundärseite (Wärmeanforderung für Warmwasserwärme und Heizungswärme) ist ein dynamischer Wert, der im Rechenmodell simplifiziert durch eine Temperaturdifferenz berücksichtigt wird. Dies ist vergleichbar mit dem Prinzip des Wärmetauschers, welcher Wärmeübertragungsverluste zwischen ein- und ausströmenden Fluiden aufweist. Einerseits begründen sich diese Wärmeverluste in der Trägheit des Wärmestromes beim Be- und Entladen des Speichers und andererseits durch Transmissionswärmeverluste beim Wärmeübergang zwischen Primär- und Sekundärkreislauf. Diese dynamischen Wärmeverluste werden mit einer äquivalenten Temperaturdifferenz von 7 °C angenommen. Die maximale Betriebstemperatur des Betonspeichers-Warmwasser wird mit 67 °C angesetzt, bei deren Erreichen der Speicherbeton des Heizungsspeichers geladen wird.

In Tab. 3-1 sind verschiedene Bedarfswerte in Bezug auf den Warmwasserwärmebedarf in Wohnbauten bei niedrigen, mittleren und hohem Verbrauch dargestellt. Entsprechend dieser Tabelle kann der Bedarf große Unterschiede aufweisen. Der im ECOTECH gerechnete Warmwasserbedarf ist gemäß ÖNORM H 5056 mit einem Warmwasserwärmebedarf von 12,78 kWh/m²a gerechnet. In der Modellrechnung wurde mit diesem Ansatz gerechnet. Um den Unterschied zu einem höheren Verbrauch als auch die Rechnung darzustellen wird der tägliche Warmwasserbedarf eines Menschen mit 50 Liter bei einem Temperaturniveau von 50 °C angesetzt. Somit errechnet sich für eine vierköpfige Familie ein täglicher Warmwasserbedarf von 200 Litern mit 50 °C.

Tab. 3-1: Täglicher Warmwasserwärmebedarf (wwwb) für Wohnungen pro Person (nach Ihle et al., 2002)

Warmwasserbedarf	45 °C [l]	60 °C [l]	wwwb/(Tag u. Person) [kWh]
niedriger Bedarf	15 - 30	10 - 20	0,6 - 1,2
mittlerer Bedarf	30 - 60	20 - 40	1,2 - 2,4
hoher Bedarf	60 - 120	40 - 80	2,4 - 4,8

Die Wärmemenge für die Warmwasserbereitung wird lt. Gleichung 3.2 berechnet.

$$Q_d = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta \quad (3.2)$$

Q_d	Wärmemenge [Wh/d]
m	Masse [kg/d] → 200 [l/d]
c	spez. Wärmekapazität für Wasser: 4,180 [kJ/(kg K)], s. Tab. 3-3
$\Delta\vartheta$	Temperaturdifferenz: (50 - 10) [K]

Gleichung 3.3 gibt den spezifischen Warmwasserwärmebedarf (wwwb) bezogen auf die Bruttogrundfläche des Modellgebäudes mit 147,23 m² lt. Plan an. Dieser Wert entspricht einem Tageswert.

$$wwwb_d = \frac{Q_d}{A_{BGF}} \quad (3.3)$$

$wwwb_d$	spezifischer Warmwasserwärmebedarf pro Tag [Wh/(m ² d)]
Q_d	täglicher Warmwasserwärmebedarf [Wh/d]
A_{BGF}	Bruttogrundfläche = 147,23 [m ²]

In Gleichung 3.4 ist der spezifische Warmwasserwärmebedarf mit der Anzahl der Tage pro Jahr multipliziert, um den spezifischen Wärmebedarf für Warmwasser pro Quadratmeter und Jahr zu erhalten.

$$wwwb_a = wwwb_d \cdot n_d \quad (3.4)$$

$wwwb_a$	spezifischer Warmwasserwärmebedarf pro Jahr [kWh/(m ² a)]
$wwwb_d$	spezifischer Warmwasserwärmebedarf pro Tag [Wh/(m ² d)]
n_d	Anzahl an Tagen pro Jahr = 365 [d/a]

In Gleichung 3.5 wird der Jahreswarmwasserwärmebedarf berechnet.

$$Q_a = wwwwb_a \cdot A_{BGF} \quad (3.5)$$

Q_a Warmwasserwärmebedarf pro Jahr [kWh/a]
 $wwwwb_a$ spez. Warmwasserwärmebedarf pro Jahr [kWh/(m² a)]
 A_{BGF} Bruttogrundfläche = 147,23 [m²]

Aus Gleichung 3.6 wird mithilfe des Ergebnisses aus Glg. 3.4 der mittlere monatliche spezifische Warmwasserwärmebedarf, zwecks vergleichender Prüfung mit den in Tab. 3-2 angeführten Normwerten, gewonnen.

$$wwwwb_{mo} = \frac{wwwwb_a}{n_{mo}} \quad (3.6)$$

$wwwwb_{mo}$ spezifischer Warmwasserwärmebedarf pro Monat [kWh/(m² mo)]

$wwwwb_a$ spezifischer Warmwasserwärmebedarf pro Jahr [kWh/(m² a)]

n_{mo} Anzahl der Monate pro Jahr = 12 [mo/a]

In Gleichung 3.7 ist der mittlere Warmwasserwärmebedarf pro Monat errechnet, und komplettiert die in Tab. 3-2 angeführten Vergleichsgrößen.

$$Q_{mo} = wwwwb_{mo} \cdot A_{BGF} \quad (3.7)$$

Q_{mo} mittlere Wärmemenge pro Monat [kWh/mo]
 $wwwwb_{mo}$ mittlerer Warmwasserwärmebedarf pro Monat [kWh/(m² mo)]
 A_{BGF} Bruttogrundfläche = 147,23 [m²]

Tab. 3-2: Warmwasserwärmebedarf für das Modellgebäude (eigene Berechnung)

Kennwerte	Warmwasserwärmebedarf		
	pro Person	Lt. ÖNORM H 5056	4 Personen
m [Liter/d]	50,0	-	200,0
Q_d [Wh/d]	2.322,2	5.153,0	9.288,9
$wwwb_d$ [Wh/m ² _{BGF} d]	15,8	35,0	63,1
$wwwb_a$ [kWh/m ² _{BGF} a]	5,8	12,78	23,0
$wwwb_{mo}$ [kWh/m ² _{BGF} mo]	0,48	1,07	1,92
Q_a [kWh/a]	847,6	1.881,0	3.390,4
Q_{mo} [kWh/mo]	70,6	156,8	282,5

In der ÖNORM H 5056 wird der spezifische Warmwasserwärmebedarf für Einfamilienhäuser mit 35,0 [Wh/(m² d)] bezogen auf die Bruttogrundfläche (BGF) festgelegt. Da es sich hierbei um eine mindestens erforderliche Wärmemenge handelt ergibt diese einen geringeren Warmwasserwärmebedarf als der für das Auslegen des Speichers angesetzte Wert. Ausgehend von der Personenbelegung wird mit einem Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung spezifisch mit 63,1 [Wh/(m² d)] gerechnet. Die errechneten Daten sind der Tab. 3-2 zu entnehmen.

Betonspeicher:

Aus dem Warmwasserwärmebedarf errechnet sich aus der Gleichung 3.8 das Speichervolumen für den Warmwasserbedarf eines Tages. Zu berücksichtigen ist, dass die Temperatur des Speichers nicht unter 57 °C fallen sollte, da das Brauchwasser mit einer Mindesttemperatur von wenigstens 50 °C + 7 K (Übertragungsverluste) bereitgestellt werden soll. Das Volumen berechnet sich lt. Gleichung 3.08.

$$V = \frac{Q_d \cdot 3.6}{c \cdot \Delta\vartheta \cdot \rho} \cdot 1000 \quad (3.8)$$

V	Speichervolumen [m ³]
Q _d	Wärmemenge [kWh/d]
c	spez. Wärmekapazität [kJ/(kg K)], Betonarten s. Tab. 3-4
Δϑ	Temperaturdifferenz = (67°C – 57°C) [K]
ρ	Spezifisches Gewicht [kg/m ³] s. Tab. 3-4

Tab. 3-3: Betonspeichervolumen - Warmwasserwärmebedarf

Kennwerte	Einheiten	Speichervolumen				
		Wasser	Sand/Kies - Beton	Basalt Beton	Zunder - Beton	Paraffin - Beton
Wasser/Beton						
Wärmespeicherkapazität c	[kJ/(kg K)]	4,18	1,080	0,980	1,020	2,094
Dichte ρ	[kg/m ³]	1.000	2.250	2.370	2.730	860 - 930
Tagesspeicher V _d	[m ³ /d]	0,80	1,38	1,44	1,20	1,77
Monatsspeicher V _{mo}	[m ³ /mo]	24,3	42,0	43,8	36,5	53,8
Jahresspeicher V _a	[m ³ /a]	292,0	503,7	525,6	438,0	646,1

Die Hochrechnung des Speichervolumens für das Monat und Jahr sind adäquat dem Warmwasserwärme-Tagesbedarf gerechnet. Die spezifischen Speicherkapazitäten unterschiedlicher Stoffe bezogen auf den Warmwasserbedarf des Modellgebäudes sind in der Tab. 3-3 ausgewiesen. Diese Werte dienen als Schätzparameter für die Anfangsbedingungen des Rechenmodelleinganges. Der Warmwasserwärmebedarf von 1.881,0 kWh/a wurde dem ECOTECH-Gebäuderechenprogramm entnommen (s. Anhang - S. 129) als auch wie in Tab. 3-2 ersichtlich.

Ausgehend von einer 3½- wöchigen (25 Tage) Einspeicherung des Wärmebedarfs (s. Gleichung 3.9) ergibt sich das geschätzte Betonspeichervolumen für den Warmwasserwärmebedarf ($V_{BS\ WW\ geschätzt}$) aus der Tab. 3-3 mit einem Speicherbeton aus einem Kies-/Sandgemisch wie folgt:

$$V_{BS\ WW\ geschätzt} = \frac{V_{mo}}{n} \cdot n_{Speicher} = \frac{42,0\ m^3}{4\ Wo} \cdot 3,5\ Wo = 36,75\ m^3 \quad (3.9)$$

Auf Grund des abgeschätzten Betonspeichervolumens von 36,75 m³ ergibt sich bei einer angenommenen Höhe von eineinhalb Meter bei einer angenommenen Grundflächenausdehnung mit ca. 6,0 m Länge und ca. 4,05 m Breite ein Speichervolumen von 36,45 m³ (s. Gleichung 3.10). Um die Nutzbarkeit der Transmissionswärmeverluste des Betonspeichers-Warmwasser zu gewährleisten, wird eine entsprechende horizontale Überdeckung von 1,10m des längsseits flankierenden Betonspeichers-Heizung vorgesehen.

$$V_{BS\ WW} = L \cdot B \cdot T = 6,0\ m \cdot 4,05\ m \cdot 1,5\ m = 36,45\ m^3 \quad (3.10)$$

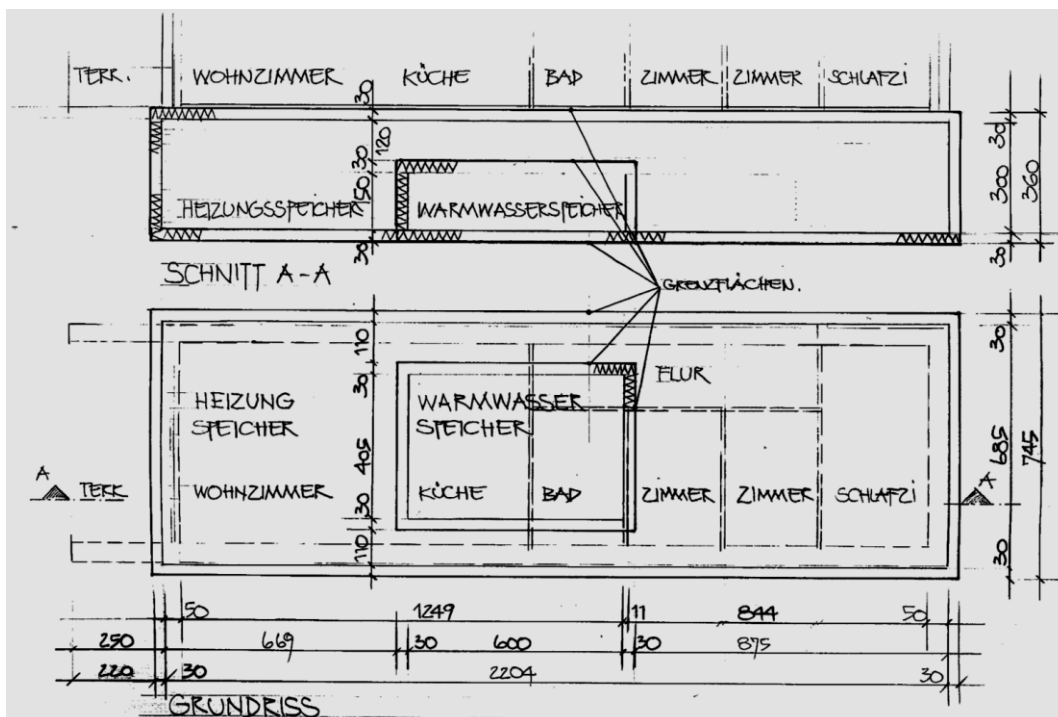


Abb. 3-16: Skizze der Betonspeicher - Annahmen für das Rechenmodell

In der Abbildung Abb. 3-16 ist das iterativ ermittelte Speichersystem abgebildet. Diese Annahme weist die Kubaturen der Speicherpartitionen aus und bildet inklusive der Grenzflächen für den Wärmedurchgang die Grundlage für die Modellierung.

Prüfen potentieller Legionellengefährdung:

Grundsätzlich ist jeder Betreiber einer Trinkwasserversorgungsanlage für den Betrieb und die Wartung verantwortlich. Die Qualität des Trinkwassers, das durch den Wasserversorger für den menschlichen Gebrauch bereitgestellt wird, wird in der Trinkwasserverordnung (TWV, LMSVG, BGBl. I Nr. 13/2006 u. TWV, BGBl. II Nr. 304/2001) geregelt (ausgenommen Mineral- und Quellwasser). Das Wasser darf bestimmte Grenzwerte relevanter Stoffe nicht übersteigen und sollte frei von definierten Keimen und Bakterien sein. Die ÖNORM B 5019 wurde speziell für den Objektbau erstellt und gilt nicht für Trinkwasser-Erwärmungsanlagen in Ein- oder Zweifamilienhäusern. Im Folgenden wird versucht deren Vorgaben mit den Gegebenheiten der Modellannahme zu vergleichen.

Legionellen sind Bakterien, die in geringen Konzentrationen auch im Trinkwasser vorkommen. Sie können für immungeschwächte Menschen gesundheitsgefährdend sein (Legionärskrankheit). Die Infektion erfolgt durch Inhalation von erregerehaltigen Aerosole oder Aspiration. Nährböden dieser Bakterien sind im Speziellen Biofilme, die sich in Rohrleitungen mit stagnierendem Wasser in einem Temperaturbereich von 30 - 45 °C bilden. Erst ab einer Temperatur von 55 °C wachsen die Kulturen nicht weiter und ab einer Temperatur von dauerhaft 60 °C werden Legionellen verhindert (nach ÖNORM B 5019, 2007).

Grundsätzlich schreibt die ÖNORM B 5019 eine Mindesttemperatur von 60 °C an den Entnahmestellen und 55 °C im Warmwassernetz eines Gebäudes vor. Diese Anforderung ist von dem untersuchten System nicht zu erfüllen, da sich das Warmwasser im Durchflussprinzip erst langsam innerhalb des Betonspeichers erwärmt. Probleme durch zu geringer Temperatur treten beim ersten Laden und in den Wintermonaten November bis Februar auf. Diesem Umstand kann begegnet werden, indem die in diesen Monaten fehlende Energie durch einen Durchlauferhitzer bereitgestellt wird.

„TWE-Anlagen sind dem Bedarf an erwärmtem Trinkwasser entsprechend nach den Regeln der Technik so klein wie möglich und so groß wie nötig auszulegen. Bei der Dimensionierung des Speichervolumens – falls erforderlich – ist anzustreben, dass der halbe Tagesbedarf an erwärmtem Trinkwasser nicht überschritten wird“ (ÖNORM B 5019, 2007).

Die Leitungslänge im Warmwasserspeicher beträgt 1.372 m, die über einen Anlagenverteiler auf 12 Kreise mit einem Durchmesser von 0,015 m aufgeteilt werden. Daraus ergibt sich das Volumen der Leitung mit 0,24 m³. Das entspricht 120 % der berechneten Warmwassermenge. Das Wasser im Betonspeicher wird

daher 0,83 Mal pro Tag gewechselt (s. Gleichung 3.11) und ist somit unter dem Maximalwert des doppeltem Leitungsvolumen.

$$U_{WWB/d} = \frac{V_{wwwb/d}}{V_{ww BS}} \quad (3.11)$$

$U_{WWB/d}$ Warmwasserwechsel in der Rohrltg. Warmwasserspeicher pro Tag [1]
 $V_{wwwb/d}$ Volumen-Warmwasserbedarf pro Tag [m³]
 $V_{ww BS}$ Volumen-Warmwasser in den 12 Kreisen des Betonspeichers [m³]

Legionellen sind nur durch Beprobung gesichert nachzuweisen. Um sicher zu gehen, ein funktionierendes Warmwasserversorgungsnetz zu betreiben, empfiehlt es sich als Betreiber in regelmäßigen Abständen Proben zu nehmen und durch eines der folgenden Labors untersuchen zu lassen (nach AGES, 2005).

Folgende Institute der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH untersuchen Wasserproben auf Legionellen (s. Tab. 3-4).

Tab. 3-4: Österreichische Institute – Legionellen-Untersuchung von Wasserproben (nach AGES, 2005)

Institute für medizinische Mikrobiologie und Hygiene 1096 Wien, Währinger Straße 25a Tel. +43 (1) 405 15 57-0, Fax +43 (1) 402 39 00
Prof. Dr. Günther Wewalka (Nationale Referenzzentrale für Legionella-Infektionen) 8010 Graz, Beethovenstraße 6 Tel. +43 (316) 321 643, Fax +43 (316) 388 470
Dr. Sigrid Heuberger 4017 Linz, Derfflingerstraße 2 Tel. +43 (732) 781 991, Fax +43 (732) 781 991-30
MR Dr. Reinhold Bauer 5020 Salzburg, Müllner Hauptstraße 5, Tel. +43 (662) 435 434, Fax +43 (662) 435 434-15 Dr. Annemarie Glatzner

Druckverlust im Sekundärkreislauf:

$$\Delta p_{Rohr} = \Sigma(l \cdot R + Z) \quad (3.12)$$

Δp_{Rohr} Druckverlust - Rohr [hPa]
 l Länge = 1.372 m / 12 Kreise = 114 [m]
 R Rohrreibungsdruckgefälle - Annahme: 10,54 [hPa/m], (Uponor, 2009, S. 724)
 Z Verlustbeiwerte für Anlagenbauteile und Bögen [hPa]

Der genäherte Druckverlust ergibt sich in der Rohrleitung des Warmwasserspeichers nach Gleichung 3.12 unter Annahme $Z=0$ mit 1.205,0 hpa. Das entspricht ca. 1,21 bar Druckverlusts bei einer Fließgeschwindigkeit von 1,06 m/s.

„Die Mindestfließgeschwindigkeit beträgt aus wirtschaftlichen Gründen mind. 1,0 m/s. Die Höchstfließgeschwindigkeit aufgrund schalltechnischer Gründe 2,0 m/s, keinesfalls aber mehr als 3,0 m/s“ (Riccabona & Mezera, 2011). Geht man von einem Leitungsdruk am Speichereintritt von 3,5 bar aus so verbleiben maximal 2,3 bar an der Entnahmestelle.

3.2.2.2 Betonspeicher Heizwärme

In Analogie zur Bearbeitung des Warmwasserwärmebedarfs werden die Daten des Heizwärmebedarfs von 3.431,0 kWh/a aus dem ECOTECH-Gebäuderechenprogramm entnommen (s. Anhang S. 146). Der Wert beruht auf standortspezifischen und programmspezifischen Klimadaten.

Das Modellgebäude wurde an verschiedenen klimaspezifischen Standorten mit Hilfe des ECOTECH-Gebäuderechenprogramms auf den Heizwärmebedarf untersucht. Auch wird einerseits die Bauweise („leicht“ in Form von Riegelwänden mit einer Tramdecke und „schwer“ als Ziegelbau mit einer Massivdecke) und andererseits die Fensterflächen und deren Einfluss durch die passiven solaren Gewinne auf die Energiekennzahl untersucht und gegenübergestellt. Auch wurde die Fundamentplatte bei beiden Bauweisen am Standort Wien, Hohe Warte mit (entkoppelt) und ohne (gekoppelt) Dämmung gegenüber der Speicherbeton-Fundamentplatte angenommen.

Aus der Gegenüberstellung der ortsvarianten konstruktiv unterschiedlichen Gebäudeausführungen nach ECOTECH ist zu erkennen (s. Tab. 3-5), dass Bauweise und -ausführung wesentlich mehr Einfluss auf den Heizwärmebedarf haben, als die standortspezifischen Klimawerte. Vergleicht man den Heizwärmebedarf der differierenden Bauweisen am Standort Hohe Warte, so überspannt dieser einen Bereich von 23,31 kWh/(m² a) bis 40,42 kWh/(m² a). Hingegen liegen die Werte des ortsspezifischen Heizwärmebedarfs für die konstruktiv schwere Ausführung im Intervall [20,27; 25,87] kWh/(m²a) und für die leichte Ausführung im Intervall [23,48; 28,85] kWh/(m²a). Erkennbar ist weiters der ausgeprägte solare Ertrag von mehr als 10 kWh/(m² a) via Fensterflächen.

Aus Tab. 3-5 wurden zwei Untersuchungsmodelle hinsichtlich der aktuellen Bevölkerungszahl und diesbezüglich voraussichtlicher Entwicklungen und dem Vorliegen qualitativ hochwertiger Klimazeitreihen auf Tagesbasis gewählt (grau hinterlegt gekennzeichnet):

- Wien, Hohe Warte und
- Kärnten, Klagenfurt

Tab. 3-5: Standorte und Heizwärmebedarf Übersicht (s. Anhang Abb. 8-8- Abb. 8-19 und Tab. 8-1-Tab. 8-5)

Bauweise	Standorte	Ausführung		Heizwärmebedarf standortspezifisch	
		Bodenplatte	Fenster	Gebäude [kWh/a]	Spezifisch [kWh/(m ² a)]
SCHWER: Ziegel 17 cm massiv mit 28 cm EPS-F Platten					
	Klagenfurt	entkoppelt	Lt. Plan	2.984	20,27
	Innsbruck	entkoppelt	Lt. Plan	3.123	21,21
	Litschau (NÖ)	entkoppelt	Lt. Plan	3.808	25,87
	Hohe Warte (Wien)	entkoppelt	Lt. Plan	3.431	23,31
	Hohe Warte (Wien)	gekoppelt	Lt. Plan	4.963	33,71
	Hohe Warte (Wien)	entkoppelt	Lt. BO ¹	4.967	33,74
LEICHT: Riegelwand mit 38 cm Zellulose	Klagenfurt	entkoppelt	Lt. Plan	3.458	23,48
	Innsbruck	entkoppelt	Lt. Plan	4.247	28,85
	Litschau (NÖ)	entkoppelt	Lt. Plan	3.634	24,68
	Hohe Warte (Wien)	entkoppelt	Lt. Plan	3.785	25,71
	Hohe Warte (Wien)	gekoppelt	Lt. Plan	5.980	40,42

¹Mindestfensterflächen lt. Bauordnung

Der ortspezifische tägliche Heizwärmebedarf des Modellgebäudes wird unter Verwendung der im ECOTECH-Gebäuderechenprogramm gewonnenen mittleren Monatssummen proportional zur monatlichen Tagesanzahl für die nachfolgende Verwendung im, in Tagesauflösung kalkulierenden, Rechenmodell berechnet. Im Rechenmodell werden die Transmissionswärmeverluste (s. Gleichung 4.13) des Betonspeichers-Heizung via horizontaler, oberer Grenzfläche an die Fußbodenkonstruktion des Modellgebäudes, den Heizwärmebedarf reduzierend berücksichtigt (s. Tab. 4-17).

3.2.3 Wärmeabgabesystem

Um die bereitgestellte Energie mit geringem Temperaturniveau nutzen zu können, sind große Abgabeflächen für den Wohnraum erforderlich. Die geringeren Vorlauftemperaturen und die geringe Spreizungstemperatur zwischen Vor- und

Rücklauf favorisieren diese Heizsysteme bei Gebäuden mit Nutzung regenerativen Energiequellen. Beim Modellgebäude ist daher ein Fußboden und Wandheizungssystem vorgesehen und in der Heizwärmeberechnung im Energieausweis berücksichtigt.

Die Flächenheizungen gehören zur Gruppe der Strahlungsheizungen, da die Wärmeabgabe zu etwa 80% in Form von Strahlung erfolgt. Die Flächenheizungen bestehen aus Heizleitern, Rohrleitungen in Bauteilen wie Estrich, Beton, in der Dämmung unter den Estrich oder auch in Fußboden oder Wandhohlräumen sowie auch im Wandputz und Wandverkleidungssystemen. Entscheidend für die Wirkungsweise der Strahlung ist, dass möglichst viel Flächenanteil des Wohnraumes durch die Heizleitungen temperiert werden kann. Durch den geringeren konvektiven Anteil gegenüber anderer Heizsysteme wird weniger Staub bewegt und entwickelt. Dieser Vorteil kommt Allergikern zugute, die sensibel auf Hausstaub und Milben reagieren (nach Uponor, 2009).

Den großen Vorteil den diese Anlagen mit sich bringen, besteht darin, dass durch die gleichmäßige Wärmeverteilung auf den Menschen eine höhere Raumtemperatur als real vorhanden empfunden wird. Nachteile, die diese Abgabeform mit sich bringt, sind träge Reaktion auf Regelung.

3.2.3.1 Fußbodenheizung

Grundsätzlich unterscheidet man 2 Systemvarianten:

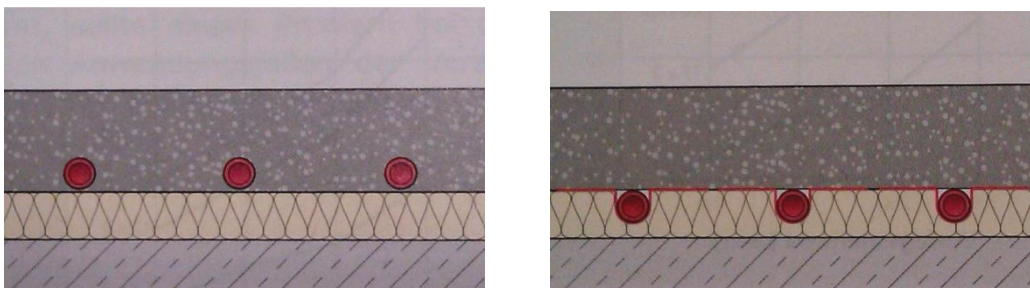


Abb. 3-17: Rohrsystem auf der Wärmedämmung im Nassestrich und Rohrsystem in der Wärmedämmung unter dem Nassestrich (Uponor, 2009)

Beim Modellgebäude wurde die Fußbodenheizung auf der Wärmedämmung im Nassestrich vorgesehen. Der Systemaufbau: "Rohrsystem in der Wärmedämmung unter dem Nassestrich", in Abb. 3-17 ist im Regelungsverhalten gegenüber dem Aufbau in Nassverlegung träger, jedoch ist der Einbau weniger aufwendig.

3.2.3.2 Wandheizung

Da die Wandflächen gegen die Wetterzugewandten im Regelfall weniger Fensterflächen aufweisen, bieten sich diese für den Einbau einer Wandheizung an. Die im Innenraum spürbaren Abkühleffekte durch den Windangriff sind durch Temperierung der Wandflächen zu mindern.

3.3 Systembetrachtung

Diese vorangestellten Besprechungen, den Warmwasser- und Heizwärmebedarf betreffenden bautechnisch-physikalischen Zusammenhänge, definieren einerseits die täglich notwendige Energiebereitstellung und dienen im Weiteren einer qualitativen Beurteilung der numerischen Ergebnisse der Modelldurchführung.

Das System besteht aus drei Hauptkomponenten:

- Der Kollektor, der die Energie durch Wandlung der Globalstrahlung in Wärmeenergie erzeugt.
- Den Speicher, der die Wärme für den Warmwasserwärmebedarf und die Raumwärme bereitstellen soll.
- Das Gebäude, das die bereitgestellte Warmwasserwärme und die Raumwärme bedarfsorientiert nutzt.

Wie in der folgenden Abb. 3-18 dargestellt, wandelt der Kollektor die Globalstrahlung in Wärmeenergie um. Der durch die Solarthermie nutzbare Globalstrahlungsfluss errechnet sich aus täglichen Globalstrahlungssummen bezogen auf die tägliche Tageslichtdauer von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang in Verbindung mit dem Kollektorwirkungsgrad aus dem Anstellwinkel, dem Konversionsfaktor und den Wärmeverlustkoeffizienten.

Entscheidend für den Wirkungsgrad des Kollektors ist der Temperaturunterschied zwischen dem Medium(Sole) und der Außentemperatur. Diese Energie wird für das Laden des Betonspeichers für die Warmwasserwärme und die Raumwärme genutzt.

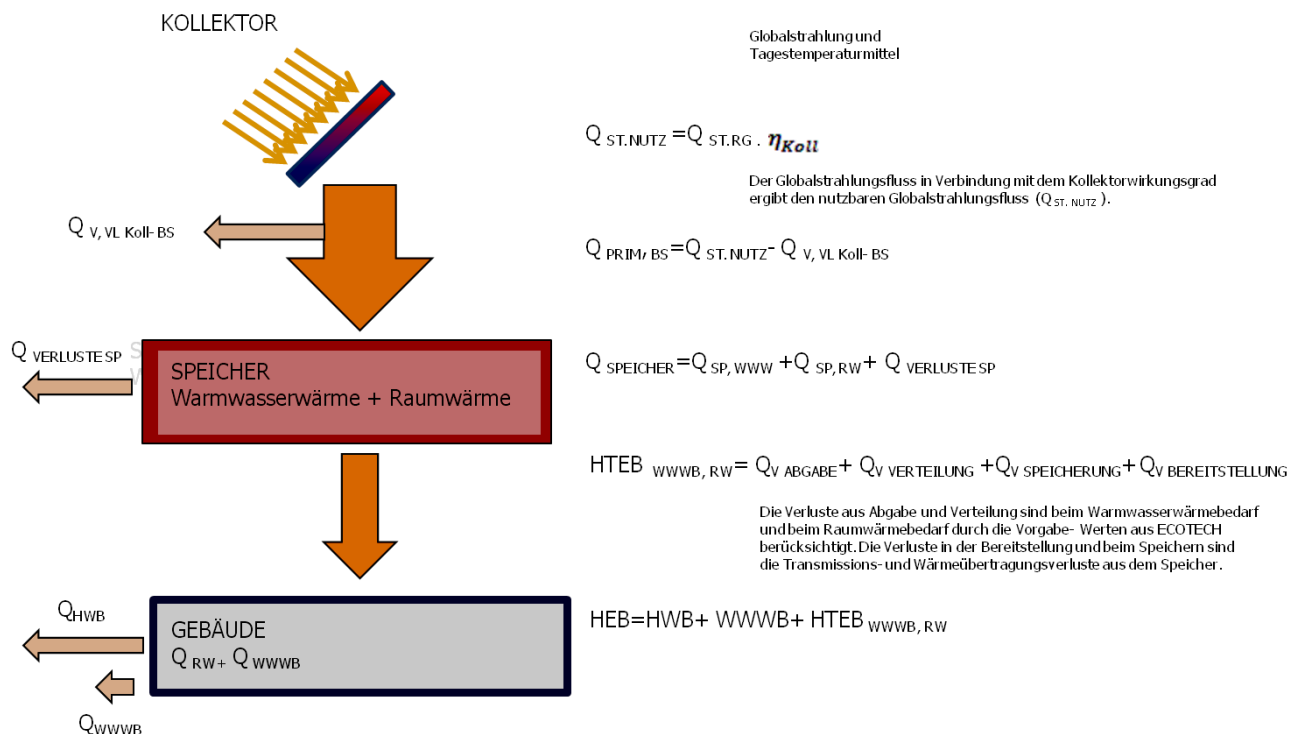


Abb. 3-18: Systemkomponenten und der Energiefluss mit Verlusten

Die dem Speicher zugeführte Energie ($Q_{\text{PRIM BS}}$) unter Berücksichtigung der Verluste durch die Rohrverbindung mit dem Speicher, wird bis zu einer Speichertemperatur von 67°C dem Betonspeicher Warmwasserwärme zugeführt. Überschreitet der Warmwasserwärmespeicher diese Temperatur, dann wird der Betonspeicher für Raumwärme geladen. Ab einer Speichertemperatur von 49°C im Betonspeicher für die raumwärme wird eine weitere Ladung der Speicher gestoppt.

Die Speicherverluste, wie in der folgenden Abb. 3-19 gezeigt, bestehen aus Wärmeübertragungen, die aus dem Warmwasserwärmespeicher kommend dem Betonspeicher Raumwärme zugerechnet werden und aus dem Raumwärmespeicher kommend dem Heizwärmebedarf abgezogen werden. Die Transmissionswärmeverluste, die über die Grenzflächen zur Erde verloren gehen, stellen zuzüglich der Wärmeübertragungsverluste (angenommen mit 7°C) innerhalb des Betonspeichers die „realen“ oder auch bilanzwirksamen Speicherverluste dar. Die Erdtemperaturen werden dem Jahrestemperaturverlauf berücksichtigend für die vertikalen Kontaktflächen in der mittleren Tiefe des Betonspeichers angesetzt. Für die horizontalen Kontaktflächen wird mit der Tiefe des Betonspeichers für den Erdtemperaturjahresverlauf gerechnet.

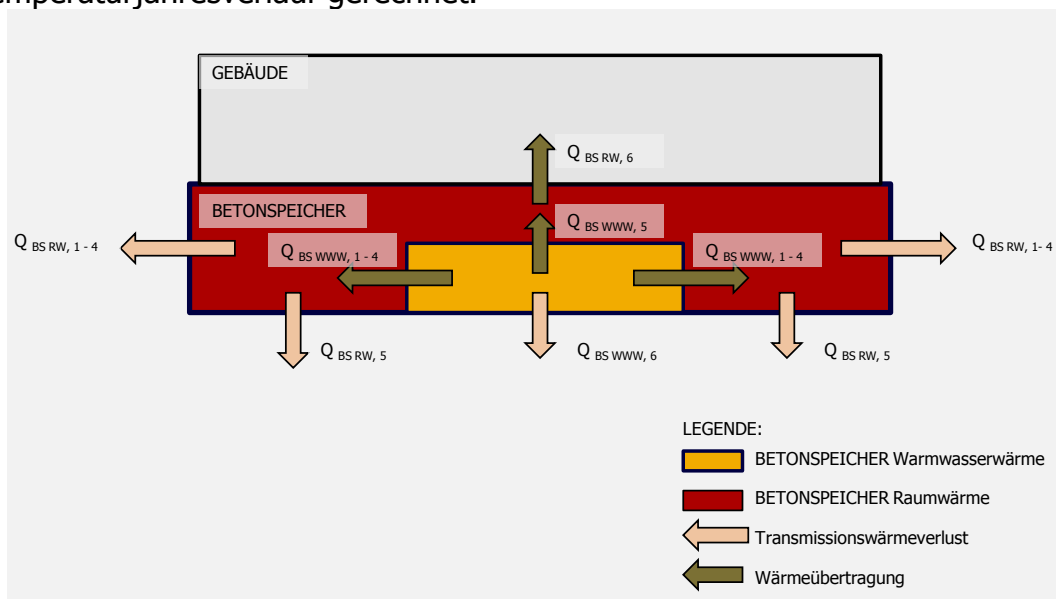


Abb. 3-19: Betonspeicherverluste durch Wärmeübertragung und Transmissionswärmeverluste

Der Warmwasserbedarf und die Raumwärme werden bedarfsorientiert der auf Tageswerte gerechneten Anforderungen gemäß dem ECOTECH Gebäuderechenprogramm zur Erstellung des Energieausweises in die Simulation eingerechnet. Um die Deckung der Langzeitwärmespeicherung quantitativ auswerten zu können, wird in Tagesauflösung der Temperaturzustand und der nutzbare Energieinhalt des Warmwasserwärme- und des Raumwärmespeichers untersucht. Die Untersuchung erfolgt durch Bilanzierung der Energiezustände des Warmwasserwärmespeichers und des Raumwärmespeichers aus dem Vortag gegenüber der Solaren Erträge, dem Heizenergiebedarf (HEB) und der Verluste des Folgetages. Das Ziel die Deckung mit einem entwickelten EXCEL- Tool abgestimmt auf den Baukörper zu untersuchen erfordert es, die täglichen standortbezogenen Klimadaten in Verbindung mit der Solarthermieanlage und einem abgestimmten Speicherkonzept zu erstellen.

Die funktionalen Zusammenhänge der Anlagenparameter und deren Flussrichtungen sind schematisch in der folgenden Abb. 3-20 auf Basis des standardstatistischen Durchschnittsjahr dargestellt. Das Energieflussdiagramm verdeutlicht in Bezug auf die Pfeildicke die Energiemenge, die zwischen Erzeuger und Nutzer transportiert wird. Aus der horizontalen Globalstrahlungsdichte wird über die Kollektoren die Strahlungsenergie in Wärme gewandelt und dem System zugeführt. Der Betonspeicher Warmwasserwärme und der Betonspeicher Raumwärme werden in Abhängigkeit der maximalen Temperaturen beschickt. Der über die Sommermonate ungenützte Wärmeüberschuss der Anlage wird im System nicht genutzt. Nachteilig wirkt sich dieser Überschuss durch die Wärmeübertragung aus dem Raumwärmespeicher für das Gebäude in Bezug auf den Kühlbedarf über die Sommermonate aus. Möglichkeiten zur Minderung sind:

- Mit der Ladung des Raumwärmespeichers für die Heizsaison in der Übergangszeit zum Winter zu beginnen.
- Das Überangebot an Raumwärme in eine andere Wärmesenke, z.B. Schwimmbad oder als Wärmequelle für eine Wärmepumpe zur Trinkwassererwärmung eines Mehrfamilienhauses bereitzustellen.

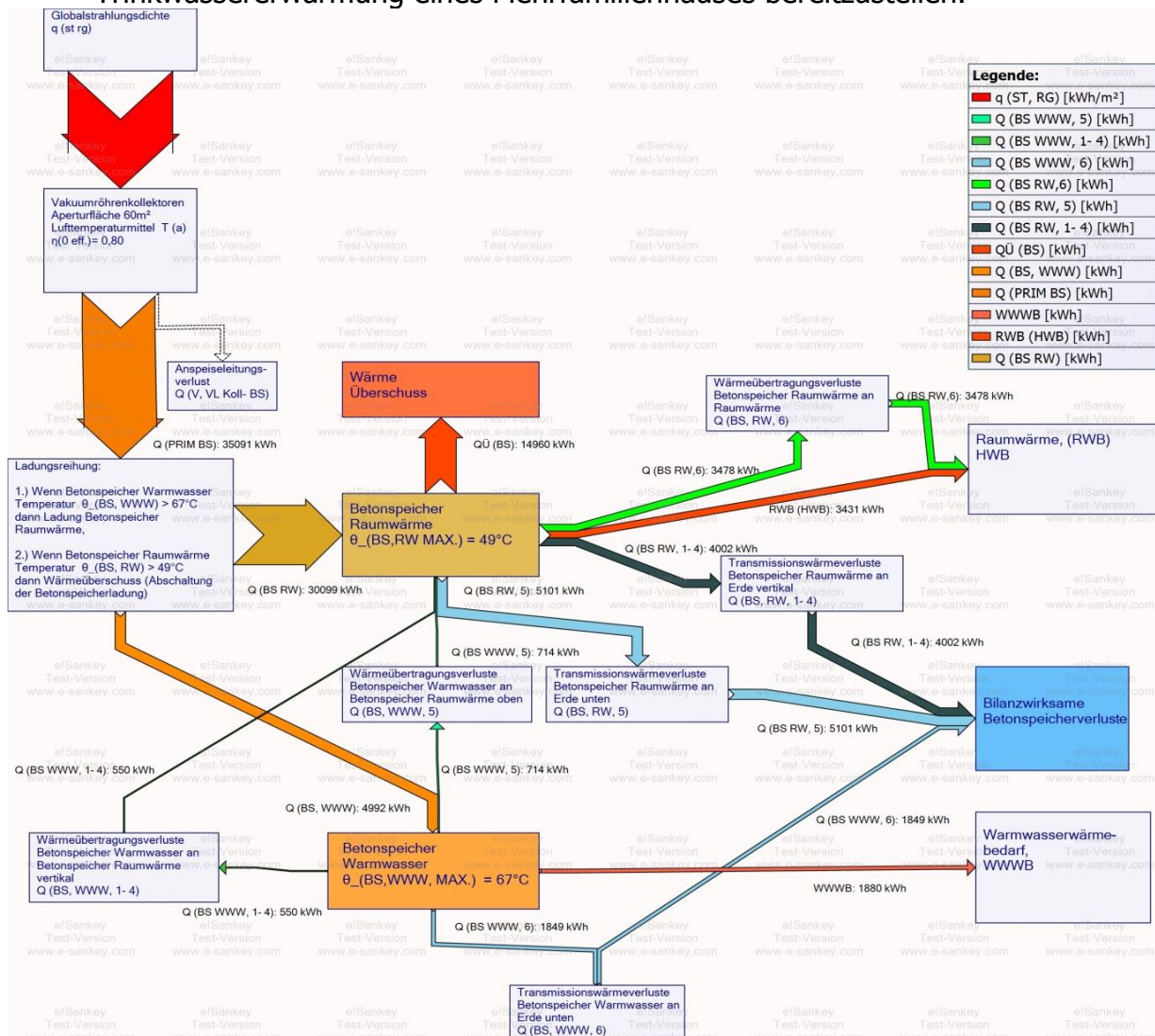


Abb. 3-20: Energieflussdiagramm der Anlage aus der standardstatistischen Jahresbilanz

4 Energieberechnung, Lastgang

Beginnend mit der Intention, dass Rechenmodell möglichst allgemeingültig zu entwerfen, wurden die Energieströme in Abb. 3-18, Abb. 3-19 und Abb. 3-20 dargestellt. Um die Rechenschritte bzw. Ergebnisse nachvollziehen zu können wurde eine Berechnungsmatrix in Form eines Flussdiagrammes erstellt, welche die Einflussparameter des Systems innerhalb der aufgestellten Bilanzgrenze berücksichtigt. Für die Berechnungsabfolge des Rechenmodells zur Energiebilanzierung des Modellgebäudes wird das Flussdiagramm (s. Abb. 4-1 und Abb. 4-2) verwendet. Die Anlagenkomponenten werden in Form von Blackboxes untersucht und die Anlagenparameter entworfen.

Für die Erstellung des Flussdiagrammes ist es erforderlich die Parametrierung der Untersuchung zu bestimmen. Im Folgenden werden die Bezeichnungen der variablen Größen als auch der Fixparameter in Form von Tabellen abgebildet.

4.1 Parametrierung der Untersuchung

Die folgenden drei Tabellen, Tab. 4-1, Tab. 4-2 und Tab. 4-3, zeigen die Art der Parameter, Bezeichnungen sowie Einheiten und Werte auf. Mittels dieser angeführten Werte wurden die weiteren Berechnungen (s. Kap. 4.3 Rechenschritte - Modellgebäude) bezüglich Langzeitwärmespeicherung ermittelt.

Tab. 4-1: Parameter Standort, Kollektor und Betonspeicher

	Element	Subelement	Abk.	Einheit	gewählter Wert (Anfangsbedingung)	Abhängigkeit	allg. Bem.; Auflösung	s. Gleichung
gegebene Parameter	Standort	Latitude	Lat	[°]	-	-	-	-
		Longitude	Lon	[°]	s. Liste untersuchter Standorte	-	Lt. ZAMG	-
		Altitude	Alt	[m.a.s.l]	-	-	-	-
	Klimaparameter	Globalstrahlungssumme	RG	[Wh]	gegebener Mittelwert	-	Lt. ZAMG Tages-, Stundenbasis	-
		Lufttemperaturmittel	T _a	[K]	-	-	ca. 1971-2011	-
	Wärmebedarf Warmwasser, Heizung	Warmwasserwärmebedarf	WWWB	[kWh]	Wien und Klagenfurt: 160; 144; 160; 154; 160; 154; 160; 160; 154; 160; 154; 160	Standort	ECOTECH s. Anhang Abb. 8-20 und 8- 21, Monatssummen	3.2 - 3.7
Heizungswärmebedarf		HWB, (RWB)	[kWh]	Wien: 1190,6; 495; 75,4; 0,9; 0; 0; 0; 0; 8; 559,5; 1101,7; Klagenfurt: 1088,8; 272,5; 1,2; 0; 0; 0; 0; 4,9; 445,4;	Standort	ECOTECH s. Anhang Abb. 8-20 und 8- 21, Monatssummen	-	
gewählte und berechnete Parameter	Kollektor, Solar Thermie	Art	-	-	Vakuümrohrenkollektor	-	Annahme	-
		Fläche	A _{Koll}	[m ²]	60	iterativ aus Get Solar und ECOTECH	-	-
		Anstellwinkel	γ _{Koll}	[°]	40	-	Annahme	-
		Korrekturfaktor	k _{Koll}	[1]	1,42; 1,27; 1,17; 1,06; 0,98; 0,95; 0,96; 1,03; 1,17; 1,32; 1,44; 1,46	γ _{Koll} Standort (T _a)	Monatswerte (Riccabona & Mezera, 2011), S 314	-
		Wirkungsgradkennlinie	η _{Koll}	[1]	ber. Tageswert	η _{0, Koll} , a ₁ , a ₂ , t _M , t _a	nach Recknagel et al., 2009	3.6 u. 4.4
		Konversionsfaktor	η _{0, eff.}	[1]	0,8	-	ECOTECH, GetSolar	-
		Korrekturfaktoren	a ₁ , a ₂	[W / (m ² K)], [W / (m ² K ²)]	1, 0,009	ECOTECH	ECOTECH, GetSolar	-
		Mediumtemperatur	T _m	[K]	203	-	Annahme: 70°C	-
		Lufttemperaturmittel	T _a	[K]	gegebener Mittelwert	-	Tagesbasis	-
	Anspeisleitung Betonspeicher (BS)	spezifischer Verlust	q _{v, VLKoll.-BS}	[W / (m K)]	0,12	-	Annahme: 6 [W/m] bei ΔT= 50 [K], (Schäfer & Hanel, 2006)	4.8
		Leitungslänge	l _{VLKoll.-BS}	[m]	20	-	Eingabe EXCEL- Tool und ECOTECH	-
		Lufttemperaturmittel	T _a	[K]	gegebener Wert	-	Lt. ZAMG	-
		Mediumtemperatur	T _m	[K]	203	-	Annahme: 70°C	-
Rohrdurchmesser		R _{VLKoll.-BS}	[m]	0,022	-	aus Get Solar	-	
Medium		-	-	Propylenglykol / Wasser	-	aus Get Solar	-	
Dichte	ρ _{Koll.-BS}	[kg / m ³]	1020	-	aus Get Solar	-		
spez. Wärmekapazität	c _{Koll.-BS}	[kJ / (kg K)]	4,182	-	aus Get Solar	-		

Tab. 4-2: Parameter Betonspeicher Geometrie und Hüllflächen sowie Rohrleitungsdimensionen

Element	Subelement	Abk.	Einheit	gewählter Wert (Anfangsbedingung)	Abhängigkeit	allg. Bem.; Auflösung	s. Gleichung
Isolation Betonspeicher	Art	-	-	Foamglas	-	Pittsburgh Corning Österreich GmbH, Schillerstr. 12, 4020 Linz	-
	Wärmedurchgangswiderstand	$\lambda_{BS\ 150}$	[W / (m K)]	0,04	-	Foamglas	EXCEL
	Wärmedurchgangskoeffizient	$U_{BS\ 150}$	[W / (m ² K)]	0,1333	-	Foamglas	EXCEL
	Dicke	$d_{BS\ 150}$	[m]	0,30	Annahme	Foamglas	-
Geometrie Betonspeicher Warmwasser (BS WWW)	Art	-	-	zentrisch bezüglich Gebäudegrundfläche vom BS RW überdeckter Quader	-	s. Plan in Abbildung 3-16 und 3-18	-
	Länge	$L_{BS\ WWW}$	[m]	6,00	aus WWWB	Beton exkl. Dämmung	-
	Breite	$B_{BS\ WWW}$	[m]	4,05	aus WWWB	Beton exkl. Dämmung	-
	Tiefe	$T_{BS\ WWW}$	[m]	1,50	Annahme	Beton exkl. Dämmung 3.9 u. 3.10	-
	Grenzflächen	-	-	-	-	-	-
	horizontal unten (Erde -3m)	$A_{BS\ WWW\ 6}$	[m ²]	30,69	-	Dämmung außen	EXCEL
	horizontal oben (BS HZ)	$A_{BS\ WWW\ 5}$	[m ²]	30,69	-	Dämmung außen	EXCEL
	vertikal (BS HZ)	$A_{BS\ WWW\ 1-4}$	[m ²]	18,00	-	Dämmung außen	EXCEL
Volumen	$V_{BS\ WWW}$	[m ³]	46,04	-	-	EXCEL	
Geometrie Betonspeicher Heizung (BS RW)	Art	-	-	ausgebildet als quaderförmiger Teil des Fundaments mit Ausnehmung des BS WW	Gebäude	s. Plan in Abbildung 3-16 und 3-18	-
	Länge	$L_{BS\ RW}$	[m]	22,04	Gebäude	Beton exkl. Dämmung	-
	Breite	$B_{BS\ RW}$	[m]	6,85	Gebäude	Beton exkl. Dämmung	-
	Tiefe	$T_{BS\ RW}$	[m]	3,00	Annahme	Beton exkl. Dämmung	-
	Grenzflächen	-	-	-	-	-	-
	horizontal unten (Erde -3m)	$A_{BS\ RW\ 5}$	[m ²]	137,98	Gebäude	Dämmung außen	EXCEL
	horizontal oben (Fußbodenkonstruktion)	$A_{BS\ RW\ 6}$	[m ²]	168,67	Gebäude	Dämmung außen	EXCEL
	vertikal (Erde)	$A_{BS\ RW\ 1-4}$	[m ²]	108,32	-	Dämmung außen	EXCEL
Volumen	$V_{BS\ RW}$	[m ³]	416,47	-	Dämmung außen	EXCEL	
Hülltemperaturen der BS Grenzflächen	Fußbodenkonstruktion	Θ_{FBK}	[°C]	26,0	Annahme	Raumtemperatur	-
	Erde Tiefe 0-3m	$\Theta_{ERDE\ 0-3}$	[°C]	5,8; 4,5; 4,6; 6,2; 8,8; 11,7; 14,2; 15,5; 15,4; 13,8; 11,2; 8,3	T_{ar} , lt. ZAMG	Temperatur Monatsmittel	EXCEL
	Erde -3m	$\Theta_{ERDE\ -3}$	[°C]	9,5; 8; 7; 6,8; 7,5; 8,9; 10,5; 12; 13; 13,2; 12,5; 11,1	T_{ar} , lt. ZAMG	Temperatur Monatsmittel	EXCEL
Rohrleitungs- dimensionen BS WWW VL / RL	Parallelabstand Nachbarleitungen Horizontal	$d_{RL\ BS\ WWW\ LTG\ LG\ HOR}$	[m]	0,30	-	Annahme	-
	Parallelabstand Nachbarleitungen Vertikal	$d_{RL\ BS\ WWW\ LTG\ LG\ VER}$	[m]	0,15	-	Annahme	-
	Anstand Randleitung Grenzfläche Horizontal	$d_{RL\ BS\ WWW\ LTG\ GF\ HOR}$	[m]	0,10	-	Annahme	-
	Anstand Randleitung Grenzfläche Vertikal	$d_{RL\ BS\ WWW\ LTG\ GF\ VER}$	[m]	0,10	-	Annahme	-
	Strangzahl im Längenmaß	$SZ_{RL\ BS\ WWW\ L}$	[m]	19	Speicher	-	EXCEL
	Strangzahl im Breitenmaß	$SZ_{RL\ BS\ WWW\ B}$	[m]	12	Speicher	-	EXCEL
	Strangzahl im Tiefenmaß	$SZ_{RL\ BS\ WWW\ T}$	[m]	8	Speicher	-	EXCEL
	Gesamtröhrlängslänge	$L_{RL\ BS\ WWW\ VL\ RL}$	[m]	1.372	Speicher	-	EXCEL
	Rohrleitungsdurchmesser	$D_{RL\ BS\ WWW\ VL\ RL}$	[m]	0,015	-	Annahme	-
Rohrleitungs- dimensionen BS RW VL / RL	Parallelabstand Nachbarleitungen Horizontal	$d_{RL\ BS\ RW\ LTG\ LG\ HOR}$	[m]	0,30	-	Annahme	-
	Parallelabstand Nachbarleitungen Vertikal	$d_{RL\ BS\ RW\ LTG\ LG\ VER}$	[m]	0,15	-	Annahme	-
	Anstand Randleitung Grenzfläche Horizontal	$d_{RL\ BS\ RW\ LTG\ GF\ HOR}$	[m]	0,10	-	Annahme	-
	Anstand Randleitung Grenzfläche Vertikal	$d_{RL\ BS\ RW\ LTG\ GF\ VER}$	[m]	0,10	-	Annahme	-
	Strangzahl im Längenmaß	$SZ_{RL\ BS\ RW\ L}$	[m]	72	Speicher	-	EXCEL
	Strangzahl im Breitenmaß	$SZ_{RL\ BS\ RW\ B}$	[m]	22	Speicher	-	EXCEL
	Strangzahl im Tiefenmaß	$SZ_{RL\ BS\ RW\ T}$	[m]	18	Speicher	-	EXCEL
	Gesamtröhrlängslänge	$L_{RL\ BS\ RW\ VL\ RL}$	[m]	30.060	Speicher	-	EXCEL
	Rohrleitungsdurchmesser	$D_{RL\ BS\ RW\ VL\ RL}$	[m]	0,015	-	Annahme	-

gewählte und berechnete Parameter

Tab. 4-3: Rohrleitungen, Grenztemperaturen und Stoffspezifische Werte

Element	Subelement	Abk.	Einheit	gewählter Wert (Anfangsbedingung)	Abhängigkeit	allg. Bem.; Auflösung	s. Gleichung	
Medium Grenz-, Nenn- temperaturen	BS WWW primärseitig Nennbetrieb	$\Theta_{BS\ WWW\ M\ prim\ nenn}$	[°C]	57	-	für $\Theta_{BS\ WWW\ M\ sek\ RL}$ +7°C	s. Kap. 3.2.2.1.	
	BS WWW sekundärseitig VL	$\Theta_{BS\ WWW\ M\ sek\ VL}$	[°C]	10	-	Annahme	-	
	BS WWW sekundärseitig RL	$\Theta_{BS\ WWW\ M\ sek\ RL}$	[°C]	50	-	WWW mindest soll, Ergebnis s. Abb. 4-2	-	
	BS RW primärseitig Maximum	$\Theta_{BS\ RW\ M\ prim\ max}$	[°C]	70	-	Annahme, $T_{in} = 203\ K$	-	
	BS RW sekundärseitig VL Nennbetrieb	$\Theta_{BS\ RW\ M\ sek\ VL\ nenn}$	[°C]	35	-	Annahme Niedertemp. System 35/ 28 °C	-	
	BS RW sekundärseitig VL Minimum	$\Theta_{BS\ RW\ M\ sek\ VL\ min}$	[°C]	21	> 20°C Raum	Annahme	-	
	BS RW sekundärseitig VL Maximum	$\Theta_{BS\ RW\ M\ sek\ VL\ max}$	[°C]	35	-	Annahme	-	
	BS RW sekundärseitig RL Nennbetrieb	$\Theta_{BS\ RW\ M\ sek\ RL\ nenn}$	[°C]	28	-	Annahme	-	
	BS RW sekundärseitig RL Minimum	$\Theta_{BS\ RW\ M\ sek\ RL\ min}$	[°C]	21	-	Annahme	-	
	BS RW sekundärseitig RL Maximum	$\Theta_{BS\ RW\ M\ sek\ RL\ max}$	[°C]	28	-	Annahme	-	
	Beton Grenz-, Nenn- temperaturen	BS WW Nennbetrieb	$\Theta_{BS\ WW\ nenn}$	[°C]	54	$\Theta_{BS\ WWW\ M\ prim\ nenn}$; $\Theta_{BS\ WWW\ M\ sek\ RL}$	-	-
		BS WW Maximum	$\Theta_{BS\ WW\ max}$	[°C]	67	Umschaltung Ladung auf BS RW	-	-
		BS RW Nennbetrieb	$\Theta_{BS\ RW\ nenn}$	[°C]	42	-	für $\Theta_{BS\ RW\ M\ sek\ VL\ nenn}$ +7°C	s. Kap. 3.2.2.1.
BS RW Minimum		$\Theta_{BS\ RW\ min}$	[°C]	28	-	Annahme	-	
BS RW Maximum		$\Theta_{BS\ RW\ max}$	[°C]	49	-	Annahme	-	
Beton Materialgrößen, speicherbare Energiewerte	Dichte	$\rho_{BS\ B}$	[kg / m ³]	2.250	Speichemedium	Sand/ Kies Beton	s. Tab.3-3	
	spez. Wärmekapazität	$c_{BS\ B}$	[kJ / (kg K)]	1,080	Speichemedium	Sand/ Kies Beton	s. Tab.3-3	
	Masse BS WW	$m_{BS\ www}$	[kg]	82.013	Medium, $V_{BS\ www}$	-	EXCEL	
	Energie BS WW Nennbetrieb	$E_{BS\ WWW\ nenn}$	[Wh]	8.049.117	-	-	EXCEL	
	Energie BS WW Maximum	$E_{BS\ WWW\ max}$	[Wh]	8.368.966	-	-	EXCEL	
	Masse BS RW	$m_{BS\ RW}$	[kg]	937.062	Medium, $V_{BS\ RW}$	-	EXCEL	
	Energie BS RW Nennbetrieb	$E_{BS\ RW\ nenn}$	[Wh]	88.594.527	-	-	EXCEL	
Energie BS RW Maximum	$E_{BS\ RW\ max}$	[Wh]	90.562.357	-	-	EXCEL		

Die vorangeführten Tabellen Tab. 4-1, Tab. 4-2 und Tab. 4-3 geben einen Überblick über die in der Modell- Rechnung für das Bilanzergebnis gewählten und gerechneten Parameter. Entsprechend dem Berechnungsschema entwickeln sich die Daten vom Kollektor bis zur energetischen Zustandsbeurteilung der Speicher für die Warmwasserbereitung und Raumwärme.

Das erstellte Programm bilanziert vereinfacht dargestellt den Speicherendzustand des Vortages mit den Solarerträgen, den Verlusten in Form von Wärmeübertragungen zwischen Betonspeicher Warmwasserwärme, Betonspeicher Raumwärme und vom Betonspeicher Raumwärme an das Gebäude sowie die Speicherverluste an die angrenzende Erde zuzüglich der Abgabeverluste durch Abdecken des Warmwasserwärmebedarfs und gegebenenfalls den Bedarf der Raumwärme. Ergebnis sind die energetischen Speicherzustände für den aktuellen Tag und ergeben den Speicherzustand des aktuellen Tages.

Durch einbeziehen der realen Tagestemperaturmittel und täglichen Globalstrahlungssummen wird der Untersuchungszeitraum von 4 Dekaden täglich untersucht und auf Deckung der Bedarfe untersucht.

Der Start des Systems erfolgt durch Laden des Warmwasserwärmespeichers unter der Annahme keinen Bedarf decken zu müssen. In weiterer Folge wird der Betonspeicher für die Raumwärme geladen (12 1971- 05 1972). Sind beide Speicher geladen, wird der Bedarf aus den Speichern abgerufen und die Schleife gestartet. Die Speichertemperaturen und die energetischen Speicherzustände werden einer standardstatistischen Auswertung zugeführt und im Kapitel 4.6 und 4.7 angeführt.

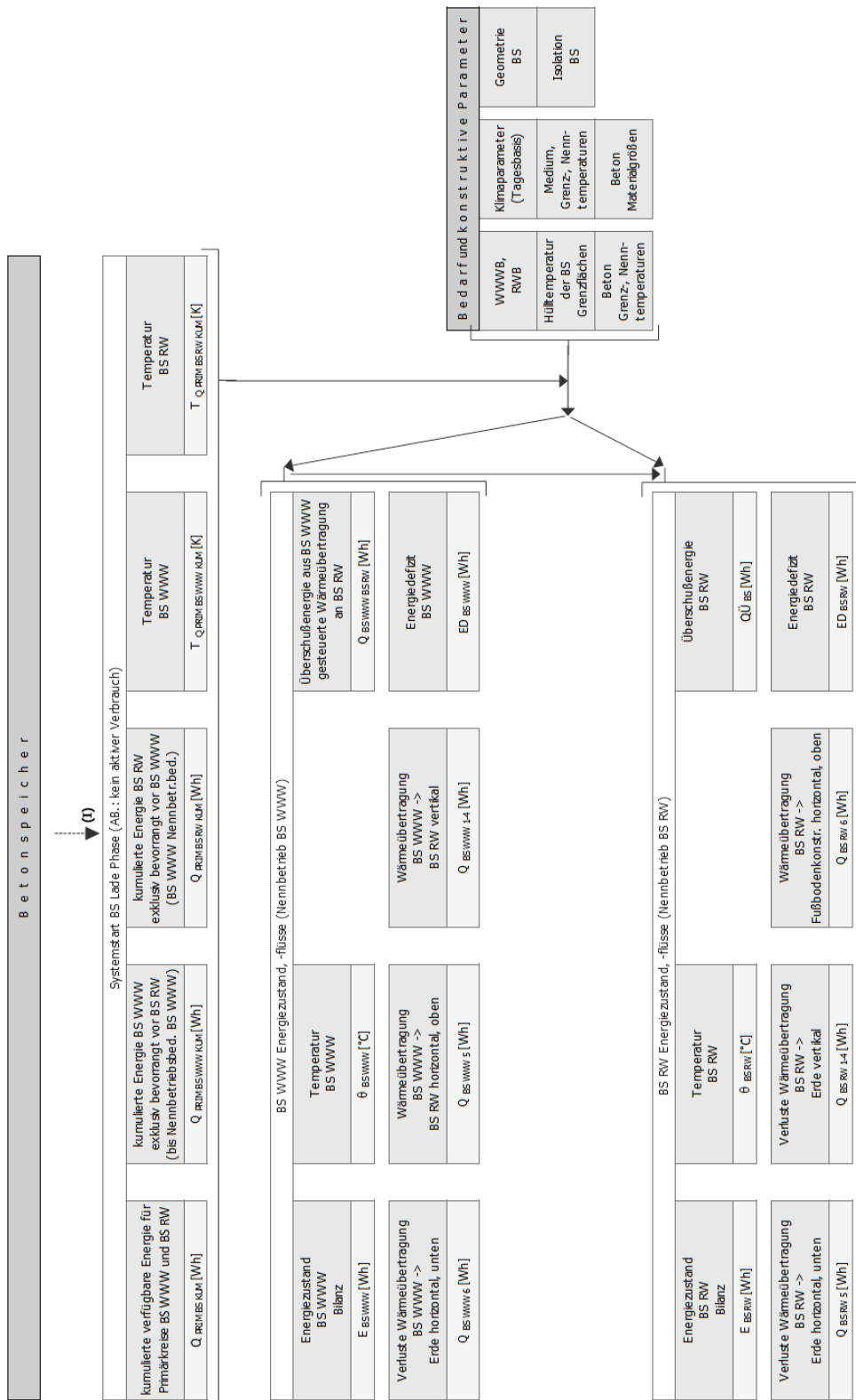


Abb. 4-2: Flussdiagramm Anlagenkomponenten Betonspeicher Warmwasserwärme und Raumwärme Bedarf und konstruktive Parameter

4.3 Rechenschritte - Modellgebäude

Der Rechenfluss beginnt bei der solarthermischen Anlage und es wird in Folge das Energieangebot ermittelt. Geprüfte Messwerte der Globalstrahlung und mittleren Lufttemperatur werden für die Berechnung des Konversionsfaktors von der ZAMG herangezogen (Klimadatenreihen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, A-1190 Wien, Hohe Warte 38 der letzten vier Dekaden). Die erforderlichen Speicherkapazitäten des Heizungs- und Warmwasser-Betonspeichers werden über iterative Approximation der Speicherhöhe bzw. der Speichervolumenverhältnisse definiert. Das weitere Ziel ist den Bedarf unter Berücksichtigung der Transmissionswärmeverluste abzudecken.

Nachfolgend werden die Grundgleichungen für das Rechenmodell - Langzeitwärmespeicherung aufgelistet:

Solarthermieanlage

Sowohl Get Solar Professional als auch ECOTECH haben die Möglichkeit eine Solaranlage inkl. eines Speicherkonzeptes mit Warmwasser zu berücksichtigen bzw. auszulegen. Durch iteratives Bemessen wurde eine Solaranlage mit Vakuumröhrenkollektoren mit 60 m² Aperturfläche für das Modellgebäude ermittelt. Aus den Klimadaten der ZAMG kann der Globalstrahlungsfluss horizontal wie in Gleichung 4.1 errechnet werden.

- Solarthermie Globalstrahlungsfluss horizontal

$$Q_{ST\ RG} = q_{ST\ RG} \cdot A_{Koll} \quad (4.1)$$

$Q_{ST\ RG}$	Solarthermie Globalstrahlungsfluss horizontal [Wh]
$q_{ST\ RG}$	Solarthermie Globalstrahlungsflussdichte aus Klimadaten [Wh/m ²]
A_{Koll}	Kollektorfläche = 60,0 [m ²]

Der Anstellwinkel als auch die Ausrichtung der Kollektoren (Annahme: Vakuumröhrenkollektoren, keine Nachführung angenommen) wird mit einem Korrekturfaktor berücksichtigt ($\gamma_{Koll} = 40^\circ$ und Ausrichtung Süd = 180°). Die Werte des Korrekturfaktors sind nach Riccabona & Mezera, 2011, S. 314 übernommen (s. Gleichung 4.2).

- Solarthermie Globalstrahlungsfluss inkl. Kollektorneigung

$$Q_{ST\ RG} = Q_{ST\ RG} \cdot k_{Koll} \quad (4.2)$$

$Q_{ST\ RG}$	Solarthermie Globalstrahlungsfluss inkl. Kollektorneigung [Wh]
$Q_{ST\ RG}$	Solarthermie Globalstrahlungsfluss horizontal [Wh]
k_{Koll}	Korrekturfaktor – Kollektor monatlich [1]

Um die Strahlungsleistung errechnen zu können ist der Globalstrahlungsfluss auf den Zeitraum zwischen Sonnenaufgang und Sonnenuntergang zu beziehen. Die tägliche Tageslichtdauer wurde vom Naval Oceanography Portal ermittelt (s. Gleichung 4.3).

- Solarthermie Strahlungsleistung

$$P_{STRG} = \frac{Q_{STRG}}{DL} \quad (4.3)$$

P_{STRG}	Solarthermie Strahlungsleistung [W]
Q_{STRG}	Solarthermie Globalstrahlungsfluss inkl. Kollektorneigung [Wh]
DL	Tageslänge (Naval Oceanography Portal, 2000) von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang [h]

Der Kollektorwirkungsgrad ändert sich wie in Gleichung 4.4 dargestellt in Abhängigkeit sich ändernder Globalstrahlungssummen, mittlere Lufttemperaturen und der Mediumstemperatur (Absorbenttemperatur).

- Kollektorwirkungsgrad (s. Gleichung 3.6) abhängig von Konversionsfaktor (optischer Wirkungsgrad) und Korrekturfaktoren

$$\eta_{Koll} = \eta_{0\,eff} - a_1 \cdot \frac{(T_m - T_a)}{G} - a_2 \cdot \frac{(T_m - T_a)^2}{G} \quad (4.4)$$

η_{Koll}	Kollektorwirkungsgrad [1]
$\eta_{0\,eff}$	Konversionsfaktor [1]
a_1	Linearer Wärmeverlustkoeffizient (U-Wert des Kollektors) [W/(m ² K)]
a_2	Quadratischer Wärmeverlustkoeffizient [W/(m ² K ²)]
T_m	Mediumstemperatur [K]
T_a	mittlere Lufttemperatur aus Klimadaten [K]
G	Globalstrahlungssumme pro Tag [Wh/(m ² d)]

Der Globalstrahlungsfluss in Verbindung mit dem Kollektorwirkungsgrad ergibt denn nutzbaren Globalstrahlungsfluss siehe Gleichung 4.5.

- Solarthermie nutzbarer Globalstrahlungsfluss

$$Q_{STNUTZ} = Q_{STRG} \cdot \eta_{Koll} \quad (4.5)$$

Q_{STNUTZ}	Solarthermie nutzbarer Globalstrahlungsfluss [Wh]
Q_{STRG}	Solarthermie Globalstrahlungsfluss inkl. Kollektorneigung [Wh]
η_{Koll}	Kollektorwirkungsgrad [1]

Betonspeichereintrag

Die dem Betonspeicher zugeführte Energiemenge ist in Gleichung 4.6 abgebildet.

- Betonspeichereintrag von Solarthermieanlage

$$Q_{PRIM\ BS} = Q_{ST\ NUTZ} - Q_{V,VL\ Koll.-BS} \quad (4.6)$$

$Q_{PRIM\ BS}$	Betonspeichereintrag [Wh]
$Q_{ST\ NUTZ}$	Solarthermie nutzbarer Globalstrahlungsfluss [Wh]
$Q_{V,VL\ Koll.-BS}$	Solarthermie Verluste Anspeiseleitung Betonspeicher [Wh]

Der Wärmeverlust der Anspeiseleitung ist mittels ausführungsabhängigem, längenspezifischem Wärmeverlust in Gleichung 4.7 dargestellt.

- Anspeiserohrleitungswärmeverlust

$$Q_{V,VL\ Koll.-BS} = q_{V,VL\ Koll.-BS} \cdot (T_m - T_a) \cdot DL \cdot l_{VL\ Koll.-BS} \quad (4.7)$$

$Q_{V,VL\ Koll.-BS}$	Solarthermie Verluste Anspeiseleitung Betonspeicher [Wh]
$q_{V,VL\ Koll.-BS}$	längenspez. Wärmeverlust Anspeiseleitung Betonspeicher Annahme: 6 [W/m], (bei $(T_m - T_a) = 50$ [K]), (Schäfer & Hanel, 2006)
T_m	Mediumtemperatur [K]
T_a	mittlere Lufttemperatur aus Klimadaten [K]
DL	Tageslänge (Naval Oceanography Portal, 2000) [h]
$l_{VL\ Koll.-BS}$	Anspeiseleitungslänge [m]

Auch die verfügbare Energie im Primärkreis des Betonspeichers mindert sich um die Wärmeverluste wie in Gleichung 4.8 dargestellt.

- Spezifischer Wärmeverlust der Anspeiseleitung

$$q_{V,VL\ Koll.-BS} = \frac{Q_{V,VL\ Koll.-BS}}{DL \cdot l_{VL\ Koll.-BS}} - \frac{T_m - T_a}{50} \quad (4.8)$$

$\frac{Q_{V,VL\ Koll.-BS}}{DL \cdot l_{VL\ Koll.-BS}}$	längenspez. Wärmeverlust Anspeiseleitung Betonspeicher längenspez. Wärmeverlust Anspeiseleitung Betonspeicher bei bestimmter Temperaturdifferenz von 50K Annahme: 6 [W/m], (Schäfer & Hanel, 2006)
T_m	Mediumtemperatur [K]
T_a	mittlere Lufttemperatur aus Klimadaten [K]

Um die Leistung des Energieeintrages in den Betonspeicher feststellen zu können ist der Energieeintrag auf die Tageslänge zu beziehen (s. Gleichung 4.9).

- Verfügbare Leistung Primärkreise Betonspeicher Warmwasserwärme und Raumwärme (Heizung)

$$P_{PRIM\ BS} = \frac{Q_{PRIM\ BS}}{DL} \quad (4.9)$$

$P_{PRIM\ BS}$	verfügbare Leistung Primärkreise Betonspeicher Warmwasserwärme und Raumwärme [W]
$Q_{PRIM\ BS}$	verfügbare Energie Primärkreise Betonspeicher Warmwasserwärme und Raumwärme [Wh]
DL	Tageslänge (Naval Oceanography Portal, 2000) von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang [h]

Systemstart Betonspeicher Ladephase (Anfangsbedingung: kein aktiver Verbrauch)

Für das Modell werden folgende Anfangsbedingungen angenommen:

- ➔ Der Energiezustand des Betonspeichers ist durch die Mitteltemperatur der umgebenden Erde gegeben
- ➔ Die Wärmeübertragungen via Kontaktflächen werden vernachlässigt und es wird kein aktiver Verbrauch angenommen
- ➔ Der Warmwasserwärmespeicher wird gegenüber dem Raumwärmespeicher bis zum Erreichen der Temperaturschwelle von 57 °C bevorrangt

Täglich wird der Energieeintrag in den Betonspeicher errechnet und mit dem Energiezustand des Speichers vom Vortag verglichen (s. Gleichung 4.10).

- Kumulierte verfügbare Energie für „Primärkreise“ Betonspeicher Warmwasserwärme und Raumwärme

$$Q_{PRIM\ BS\ KUM\ j} = \sum_{i=1}^j (Q_{PRIM\ BS}) \quad (4.10)$$

$Q_{PRIM\ BS\ KUM}$	täglich (lfd. Tagesindex j) aktuelle kumulierte verfügbare Energie „Primärkreise“ Betonspeicher Warmwasserwärme und Raumwärme [Wh]
$Q_{PRIM\ BS}$	verfügbare Energie „Primärkreise“ Betonspeicher Warmwasserwärme und Raumwärme [Wh]

Um das Einhalten von Temperaturbedingungen in den Speicherpartitionen in dem Rechenmodell setzen zu können sind die Temperaturzustände in Verbindung mit dem Energiezustand der Speicherteile zu rechnen (s. Gleichung 4.11 und Gleichung 4.12).

- Temperatur Betonspeicher Warmwasserwärme

$$T_{Q_{PRIM BS WWW KUM}} = \frac{Q_{PRIM BS WWW KUM}}{m \cdot c} \quad (4.11)$$

$T_{Q_{PRIM BS WWW KUM}}$	Temperatur Betonspeicher Warmwasser [K]
$Q_{PRIM BS WWW KUM}$	kumulierte verfügbare Energie Primärkreis Betonspeicher Warmwasserwärme [Wh]
m	Masse [kg]
c	spez. Wärmekapazität für Beton: 1,08 [kJ/(kg K)], (s. Tab. 3-3)

- Temperatur Betonspeicher Raumwärme

$$T_{Q_{PRIM BS RW KUM}} = \frac{Q_{PRIM BS RW KUM}}{m \cdot c} \quad (4.12)$$

$T_{Q_{PRIM BS RW KUM}}$	Temperatur Betonspeicher Raumwärme [K]
$Q_{PRIM BS RW KUM}$	kumulierte verfügbare Energie Primärkreis Betonspeicher Raumwärme [Wh]
m	Masse [kg]
c	spez. Wärmekapazität für Beton: 1,08 [kJ/(kg K)], (s. Tab. 3-3)

Betonspeicher Warmwasserwärme Energiezustand, -flüsse (Nennbetrieb Betonspeicher Warmwasserwärme)

Der Betonspeicher-Warmwasserwärme hat Transmissionswärmeverluste zur Erde, im Bodenbereich und an allen anderen Flächen Wärmeverluste an den Raumwärmespeicher die rechnerisch bei der Energiebilanz des Raumwärmespeichers berücksichtigt werden. Die Wärmeverluste zum Boden werden gemäß einer saisonalen Temperaturverteilung berechnet. Beim Betonspeicher Raumwärme werden die Transmissionsgewinne aus dem Warmwasserwärmespeicher übernommen. Transmissionswärmeverluste treten gegenüber der Erde im Bodenbereich und an den vertikalen Kontaktflächen zum Raumwärmespeicher auf. Die Grenzflächentemperaturen fließen gemäß der saisonalen Temperaturverteilung in die Rechnung ein. Die Transmissionswärmeverluste gegenüber dem Gebäude werden beim Heizwärmebedarf berücksichtigt. Weiters werden die unterschiedlichen Temperaturzustände des Betonspeichers in der Bilanz der Speicherzustände täglich berechnet (s. Gleichung 4.13 a- h).

- Tägliche Transmissionswärmeverluste bzw Wärmeübertragungen via Kontaktflächen des Betonspeichers

$$Q_{BS,WWW} = \sum_{i=1}^6 Q_{BS,WWW,i} = \sum_{i=1}^6 U_i \cdot A_i \cdot \Delta\theta_i \cdot TL, \quad \text{mit } \Delta\theta_i = \theta_{BS,WWW} - \theta_m \quad (4.13a)$$

$\theta_m \dots \theta_{Erde\ 3m}, \theta_{BS,RW}$

$$Q_{BS,WWW,1-4} = \sum_1^4 U_{1-4} \cdot A_{1-4} \cdot \Delta\theta_{1-4} \cdot TL, \quad \text{mit } \Delta\theta_{1-4} = \theta_{BS,WWW} - \theta_{BS,RW} \quad (4.13b)$$

$$Q_{BS,WWW,5} = U_5 \cdot A_5 \cdot \Delta\theta_5 \cdot TL, \quad \text{mit } \Delta\theta_5 = \theta_{BS,WWW} - \theta_{BS,RW} \quad (4.13c)$$

$$Q_{BS,WWW,6} = U_6 \cdot A_6 \cdot \Delta\theta_6 \cdot TL, \quad \text{mit } \Delta\theta_6 = \theta_{BS,WWW} - \theta_{Erde\ 3m} \quad (4.13d)$$

$Q_{BS,WWW}$	Gesamttransmissionswärmeverlust des Betonspeichers-Warmwasserwärme via Kontaktflächen [Wh]
$Q_{BS,WWW,1-4}$	Transmissionswärmeverluste des Betonspeichers-Warmwasserwärme an den Betonspeicher-Raumwärme via seitlicher, vertikaler Kontaktflächen [Wh]
$Q_{BS,WWW,5}$	Transmissionswärmeverlust des Betonspeichers-Warmwasserwärme an den Betonspeicher-Raumwärme via oberhalb angrenzender, horizontaler Kontaktfläche [Wh]
$Q_{BS,WWW,6}$	Transmissionswärmeverluste des Betonspeichers-Warmwasserwärme an unterhalb grenzende Erde via horizontaler Kontaktfläche [Wh]
A_i	Kontaktflächen – Dämmung Außen [m ²]
$U_{i=1...6} = \frac{\lambda}{d}$	Wärmedurchgangskoeffizient [W/(m ² K)]
d	Dicke - Foamglas [m]
λ	Wärmeleitfähigkeit [W/(m K)]
$\theta_{BS,WWW}$	Temperatur des Betonspeichers-Warmwasserwärme [°C] = $T_{Q\ PRIM\ BS\ WWW\ KUM} - 273^\circ\text{C}$
$\theta_{BS,RW}$	Temperatur des Betonspeichers-Raumwärme [°C] = $T_{Q\ PRIM\ BS\ RW\ KUM} - 273^\circ\text{C}$
$\theta_{Erde\ 3m}$	Temperatur der angrenzenden Erde in einer Tiefe von 3m [°C]
TL	Tageslänge = 24h

$$Q_{BS,RW} = \sum_{j=1}^6 Q_{BS,RW,j} = \sum_{j=1}^6 U_j \cdot A_j \cdot \Delta\theta_j \cdot TL, \quad \text{mit } \Delta\theta_j = \theta_{BS,RW} - \theta_n \quad (4.13e)$$

$$\theta_n \dots \theta_{Erde\ 1.5m}, \theta_{Erde\ 3m}, \theta_{FBK}$$

$$Q_{BS,RW,1-4} = \sum_1^4 U_{1-4} \cdot A_{1-4} \cdot \Delta\theta_{1-4} \cdot TL, \quad \text{mit } \Delta\theta_{1-4} = \theta_{BS,RW} - \theta_{Erde\ 1.5m} \quad (4.13f)$$

$$Q_{BS,RW,5} = U_5 \cdot A_5 \cdot \Delta\theta_5 \cdot TL, \quad \text{mit } \Delta\theta_5 = \theta_{BS,RW} - \theta_{Erde\ 3m} \quad (4.13g)$$

$$Q_{BS,RW,6} = U_6 \cdot A_6 \cdot \Delta\theta_6 \cdot TL, \quad \text{mit } \Delta\theta_6 = \theta_{BS,RW} - \theta_{FBK} \quad (4.13h)$$

$Q_{BS,RW}$	Gesamttransmissionswärmeverlust des Betonspeichers-Raumwärme via Kontaktflächen [Wh]
$Q_{BS,RW,1-4}$	Transmissionswärmeverluste des Betonspeichers-Raumwärme an die seitlich angrenzende Erde via vertikaler Kontaktflächen [Wh]
$Q_{BS,RW,5}$	Transmissionswärmeverlust des Betonspeichers-Raumwärme an die unterhalb angrenzende Erde via horizontaler Kontaktfläche [Wh]
$Q_{BS,RW,6}$	Transmissionswärmeverluste des Betonspeichers-Raumwärme an oberhalb grenzende Fußbodenkonstruktion via horizontaler Kontaktfläche [Wh]
A_i	Kontaktflächen – Dämmung Außen [m ²]
$U_{i=1...6} = \frac{\lambda}{d}$	Wärmedurchgangskoeffizient [W/(m ² K)]
d	Dicke - Foamglas [m]
λ	Wärmeleitfähigkeit [W/(m K)]
$\theta_{BS,RW}$	Temperatur des Betonspeichers- Raumwärme (Heizung) [°C] = $T_{Q\ PRIM\ BS\ RW\ KUM} - 273^\circ\text{C}$
$\theta_{Erde\ 1.5m}$	Temperatur der angrenzenden Erde in einer Tiefe von 1,5m [°C]
$\theta_{Erde\ 3m}$	Temperatur der angrenzenden Erde in einer Tiefe von 3m [°C]
TL	Tageslänge = 24h

Die täglich errechneten Energiezustände des Warmwasserwärmespeichers und des Raumwärmespeichers werden mit den Energiegewinnen und Verlusten (Warmwasserwärmebedarf, Raumwärmebedarf, Transmissionsverluste) bilanziert und der Energiezustand der Speicher für den Bilanzzeitraum am nächsten Tag, wie in Gleichung 4.14 Warmwasserwärmespeicher und Gleichung 4.15 Raumwärmespeicher, ermittelt.

- Energiebilanz Warmwasserwärmespeicher

Gewinne [+]	Verluste [-]		
$Q_{ST\ NUTZ}(t)$	$Q_{V,VL\ Koll.-BS}(t)$		
$E_{BS\ WWW}(t-1)$	$Q_{BS,WWW,1-4}(t-1)$	HTEB-WWW	$Q_{BS,WWW}$
	$Q_{BS,WWW,5}(t-1)$		
	$Q_{BS,WWW,6}(t-1)$		
	$WWWB(t)$		
$E_{BS\ WWW}(t) \leq E_{BS\ WWW\ MAX}$			

(4.14a)

<i>wenn</i> $E_{BS\ WWW}(t) > E_{BS\ WWW\ MAX}$
<i>dann</i> $Q_{BS\ WWW\ BS\ RW}(t) = E_{BS\ WWW}(t) - E_{BS\ WWW\ MAX}$

(4.14b)

$E_{BS\ WWW}$	Energiebilanz Betonspeicher Warmwasserwärme [Wh]
$Q_{ST\ NUTZ}$	Solarthermie nutzbarer Globalstrahlungsfluss [Wh]
$Q_{V,VL\ Koll.-BS}$	Leitungsverluste Anspeiseleitung Betonspeicher [Wh] Annahme: 6 [W/m], (bei $(t_m - t_a) = 50$ [K]), (Schäfer & Hanel, 2006)
$Q_{BS,WWW,1-4}$	Transmissionswärmeverluste des Betonspeichers- Warmwasserwärme an den Betonspeicher-Raumwärme via seitlicher, vertikaler Kontaktflächen [Wh]
$Q_{BS,WWW,5}$	Transmissionswärmeverlust des Betonspeichers- Warmwasserwärme an den Betonspeicher-Raumwärme via oberhalb angrenzender, horizontaler Kontaktfläche [Wh]
$Q_{BS,WWW,6}$	Transmissionswärmeverluste des Betonspeichers- Warmwasserwärme an unterhalb grenzende Erde via horizontaler Kontaktfläche [Wh]
$WWWB$	Warmwasserwärmebedarf [Wh]
$Q_{BS\ WWW\ BS\ RW}$	Wärmeüberschuss gesteuert aus Betonspeicher- Warmwasserwärme an Betonspeicher-Raumwärme [Wh]

- Energiebilanz Raumwärmespeicher

Gewinne [+]	Verluste [-]	HTEB-RW	Q _{BS,RW}
$Q_{BS\ WWW\ BS\ RW}(t)$	$Q_{BS,RW,1-4}(t-1)$		
$E_{BS\ RW}(t-1)$	$Q_{BS,RW,5}(t-1)$		
	$Q_{BS,RW,6}(t-1)$		
	$RWB(t) - Q_{BS,RW,6}(t-1)$		
	für $RWB(t) \geq Q_{BS,RW,6}(t-1)$		
$E_{BS\ RW}(t) \leq E_{BS\ RW\ MAX}$			

(4.15a)

$wenn\ E_{BS\ RW}(t) > E_{BS\ RW\ MAX}$
$dann\ Q\ddot{U}_{BS}(t) = E_{BS\ RW}(t) - E_{BS\ RW\ MAX}$

(4.15b)

$E_{BS\ RW}$	Energiebilanz Betonspeicher Raumwärme [Wh]
$Q_{BS\ WWW\ BS\ RW}$	Wärmeüberschuss gesteuert aus Betonspeicher-Warmwasserwärme an Betonspeicher-Raumwärme [Wh]
$Q_{BS,RW,1-4}$	Transmissionswärmeverluste des Betonspeichers-Raumwärme an die seitlich angrenzende Erde via vertikaler Kontaktflächen [Wh]
$Q_{BS,RW,5}$	Transmissionswärmeverlust des Betonspeichers-Raumwärme an die unterhalb angrenzende Erde via horizontaler Kontaktfläche [Wh]
$Q_{BS,RW,6}$	Transmissionswärmeverluste des Betonspeichers-Raumwärme an oberhalb grenzende Fußbodenkonstruktion via horizontaler Kontaktfläche [Wh]
RWB	Raumwärmebedarf [Wh]
$Q\ddot{U}_{BS}$	bilanzierter nicht nutzbarer Wärmeüberschuss des Betonspeichers [Wh]

Der bilanzwirksame Speicherverlust je Monat errechnet sich wie in Gleichung 4.16 dargestellt.

$$Q_{VL\ BS} = Q_{BS\ WWW,6} + Q_{BS\ RW,1-4} + Q_{BS\ RW,5} \quad (4.16)$$

Der Beobachtungszeitraum von vier Dekaden an den beiden Standorten wird sowohl in der Ergebnistabelle (s. Tab. 4-5 und Tab. 4-6) für den Betonspeicher Warmwasserspeicher und in der Ergebnistabelle (s. Tab. 4-7 und Tab. 4-8) für den

Betonspeicher Heizung als auch in den Diagrammen (s. Abb. 4-9 bis Abb. 4-12) in Form einer statistischen Auswertung dargestellt.

4.4 Numerische Ergebnisse der Modellrechnung

Nachstehend ist eine Legende für die folgenden Tabellen der Berechnung angeführt (s. Tab. 4-4). Die Legende behandelt die physikalischen Größen und weist den Gleichungsverweis aus.

Tab. 4-4: Legende zur Statistischen Auswertung

Lfd. Nr.	Kürzel	phys. Einheit	Bezeichnung	Gleichung Nr.
1	$E_{BS\ www}$	[kWh]	Energiebilanz des Betonspeichers Warmwasserwärme	4.14a
2	$\Theta_{BS\ www}$	[°C]	Temperatur des Betonspeichers Warmwasserwärme auf Tagesbasis	4.11, 4.13
3	$Q_{BS, www, 6}$	[Wh]	Transmissionswärme-Verluste durch Wärmeübertragung via horizontaler Grenzfläche des Betonspeichers Warmwasserwärme an die Erde	4.13d
4	$Q_{BS, www, 5}$	[Wh]	Wärmeübertragung via horizontaler Grenzfläche des Betonspeichers Warmwasserwärme in den Betonspeicher Raumwärme	4.13c
5	$Q_{BS, www, 1-4}$	[Wh]	Wärmeübertragung via vertikaler Grenzfläche des Betonspeichers Warmwasserwärme in den Betonspeicher Raumwärme	4.13b
6	$Q_{BS\ www\ BS\ RW}$	[kWh]	gesteuerte Wärmeübertragung (aktive Abschöpfung) der Überschußenergie aus dem Betonspeicher Warmwasserwärme an den Betonspeicher Raumwärme	4.14b
7	$E_{BS\ RW}$	[kWh]	Energiebilanz des Betonspeichers Raumwärme	4.15a
8	$\Theta_{BS\ RW}$	[°C]	Temperatur des Betonspeichers Raumwärme	4.12, 4.13
9	$Q_{BS, RW, 5}$	[Wh]	Verluste der Wärmeübertragung via horizontaler Grenzfläche des Betonspeichers Raumwärme an die Erde	4.13g
10	$Q_{BS, RW, 1-4}$	[Wh]	Verluste der Wärmeübertragung via vertikaler Grenzfläche des Betonspeichers Raumwärme an die Erde	4.13f
11	$Q_{BS, RW, 6}$	[Wh]	Wärmeübertragung via horizontaler Grenzfläche des Betonspeichers Raumwärme an die Fußbodenkonstruktion	4.13h
12	$Q\dot{U}_{BS}$	[kWh]	theoretischer Energieüberschuß des Systems	4.15b
13	$ED_{BS\ www}$	[kWh]	Energiedefizit des Betonspeichers Warmwasserwärme	-
14	$ED_{BS\ RW}$	[kWh]	Energiedefizit des Betonspeichers Raumwärme	-

In Tab. 4-5; Tab. 4-6 und Tab. 4-7; Tab. 4-8 werden die statistischen Auswertungen der Energiezustände der Betonspeicher Warmwasserwärme und Raumwärme, die Energieflüsse und die Temperaturkennwerte der Modellergebnisse einerseits für den Standort Wien Hohe Warte sowie für den Standort Kärnten Klagenfurt angegeben. Das Modellrechenergebnis ist mit einer Fundamentplattendicke von drei Metern berechnet (vgl. Abb. 3-16). Bei den vorliegenden Rechenergebnissen wurden die angenommenen bzw. ermittelten Werte (z.B.: aus der Energieausweis-Software, etc.) aus den vorangegangenen Kapiteln herangezogen und laut Berechnungsschritte des Flussdiagrammes (s. Abb. 4-1 und Abb. 4-2) errechnet.

Tab. 4-5: Statistische Auswertung der täglichen Energiezustände, -flüsse und Temperaturkennwerte der Modellergebnisse für Wien Hohe Warte; Jänner- Juni

abs. Minimum														
mittl. Minimum														
Minimum														
Mittelwert														
Maximum														
Standardabw.														
mittl. Maximum														
abs. Maximum														
Monat	E _{BS WWW} [kWh]	Θ _{BS WWW} [°C]	Q _{BS, WWW, 6} [Wh]	Q _{BS, WWW, 5} [Wh]	Q _{BS, WWW, 1-4} [Wh]	Q _{BS WWW BS RW} [kWh]	E _{BS RW} [kWh]	Θ _{BS RW} [°C]	Q _{BS, RW, 5} [Wh]	Q _{BS, RW, 1-4} [Wh]	Q _{BS, RW, 6} [Wh]	Q̄ _{BS} [kWh]	ED _{BS WWW} [kWh]	ED _{BS RW} [kWh]
Jan	7481,6	30,9	2106	128	98	0,0	84923,9	28,9	8590	8005	2667	0,0	13,9	0,0
	7691,8	39,5	2945	750	578	0,0	85300,1	30,3	9181	8469	3389	0,0	167,3	0,0
	7600,9	35,8	2582	304	234	0,0	85774,2	32,0	9925	9053	4299	0,0	99,9	0,0
	7776,4	42,9	3282	938	722	0,0	86166,7	33,4	10541	9537	5053	0,0	272,8	0,0
	7949,2	49,9	3972	1614	1243	0,0	86612,0	34,9	11241	10086	5907	0,0	448,2	0,0
	94,1	3,8	376	351	270	0,0	207,5	0,7	326	256	398	0,0	94,1	0,0
	7881,9	47,2	3703	1197	922	0,0	87057,1	36,5	11939	10634	6762	0,0	357,3	0,0
	8035,2	53,4	4315	2241	1725	0,0	87521,4	38,2	12669	11207	7653	0,0	567,5	0,0
Feb	7448,6	29,6	2123	158	122	0,0	83974,3	25,6	7765	7305	844	0,0	0,0	0,0
	7702,9	39,9	3137	1037	798	0,0	84356,9	26,9	8366	7776	1579	0,0	77,3	0,0
	7503,8	31,8	2343	393	302	0,0	84426,5	27,2	8475	7862	1712	0,0	0,3	0,0
	7871,7	46,8	3811	1798	1384	2,6	84794,1	28,5	9052	8315	2418	0,0	221,5	81,7
	8276,5	63,2	5426	3383	2604	26,0	85348,0	30,5	9922	8998	3481	0,0	545,3	263,9
	210,1	8,5	839	810	623	5,5	203,7	0,7	320	251	391	0,0	158,2	77,9
	8118,5	56,8	4796	2921	2249	29,1	85265,0	30,2	9792	8896	3322	0,0	346,2	317,0
	8369,0	67,0	5795	3999	3078	130,4	85690,6	31,7	10460	9420	4139	0,0	600,5	684,5
Mar	7634,3	37,1	2959	1087	836	0,0	83746,0	24,8	7834	6982	406	0,0	0,0	0,0
	8107,9	56,4	4849	2761	2125	0,0	84242,2	26,5	8613	7594	1359	0,0	0,0	38,5
	7960,8	50,4	4261	2430	1871	6,8	84000,1	25,7	8232	7295	894	0,0	0,0	0,0
	8284,9	63,6	5555	3490	2687	49,4	84669,2	28,0	9283	8120	2178	0,0	21,6	241,4
	8366,7	66,9	5881	3947	3039	100,6	85869,7	32,3	11168	9600	4483	0,0	136,3	658,8
	112,9	4,6	450	378	291	20,3	504,0	1,8	791	621	967	0,0	40,9	199,5
	8369,0	67,0	5890	3964	3052	167,2	85319,5	30,4	10304	8922	3426	0,0	82,3	451,8
	8369,0	67,0	5890	4143	3189	216,7	87135,6	36,8	13156	11160	6913	0,0	414,8	912,8
Apr	8293,7	63,9	5606	1767	1360	0,0	84008,0	25,7	8318	6762	909	0,0	0,0	0,0
	8340,4	65,8	5792	2667	2053	1,3	85365,1	30,5	10448	8435	3514	0,0	0,0	0,0
	8360,0	66,6	5871	2454	1889	57,8	84885,7	28,8	9696	7844	2594	0,0	0,0	0,0
	8366,3	66,9	5896	3165	2436	115,8	86529,7	34,7	12277	9871	5749	0,1	0,0	6,6
	8369,0	67,0	5907	3734	2874	190,3	88589,7	42,0	15512	12411	9704	2,6	0,0	77,5
	2,2	0,1	9	297	229	26,6	859,3	3,1	1349	1059	1649	0,4	0,0	18,9
	8369,0	67,0	5907	3580	2756	236,6	87948,0	39,7	14504	11620	8472	2,0	0,0	51,3
	8369,0	67,0	5907	4056	3123	270,6	90562,4	49,0	18609	14842	13490	79,2	0,0	650,9
Mai	8316,0	64,8	5628	1675	1289	0,0	86179,0	33,4	11426	8541	5076	0,0	0,0	0,0
	8353,3	66,4	5777	1824	1404	2,5	88037,4	40,0	14344	10832	8643	0,0	0,0	0,0
	8365,1	66,8	5824	1767	1360	104,2	87943,2	39,7	14196	10716	8463	0,0	0,0	0,0
	8367,9	67,0	5835	2178	1676	159,1	89374,6	44,8	16444	12480	11210	41,1	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5840	2672	2057	205,1	90557,2	49,0	18300	13938	13480	158,9	0,0	0,0
	1,0	0,0	4	289	222	29,0	833,7	3,0	1309	1028	1600	44,3	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5840	2645	2036	274,4	90369,2	48,3	18005	13706	13119	149,1	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5840	3298	2539	369,0	90562,4	49,0	18308	13945	13490	265,0	0,0	0,0
Jun	8327,4	65,3	5542	1655	1274	0,0	88934,4	43,2	15159	10925	10365	0,0	0,0	0,0
	8358,5	66,6	5666	1741	1340	8,4	90318,2	48,1	17331	12631	13021	1,3	0,0	0,0
	8366,2	66,9	5696	1762	1356	108,3	90246,1	47,9	17218	12542	12883	41,3	0,0	0,0
	8368,3	67,0	5705	1779	1369	170,8	90522,7	48,9	17652	12883	13414	119,2	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5708	1870	1440	242,3	90562,4	49,0	17715	12932	13490	198,1	0,0	0,0
	0,8	0,0	3	28	22	27,8	81,9	0,3	129	101	157	35,0	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5708	1848	1423	282,8	90562,4	49,0	17715	12932	13490	237,6	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5708	2336	1798	315,8	90562,4	49,0	17715	12932	13490	271,7	0,0	0,0

Tab. 4-6: Statistische Auswertung der täglichen Energiezustände, -flüsse und Temperaturkennwerte der Modellergebnisse für Wien Hohe Warte; Juli- Dezember

abs. Minimum														
mittl. Minimum														
Minimum														
Mittelwert														
Maximum														
Standardabw.														
mittl. Maximum														
abs. Maximum														
Monat	$E_{BS, WWW}$	$\Theta_{BS, WWW}$	$Q_{BS, WWW, 6}$	$Q_{BS, WWW, 5}$	$Q_{BS, WWW, 1-4}$	$Q_{BS, WWW, BS, RW}$	$E_{BS, RW}$	$\Theta_{BS, RW}$	$Q_{BS, RW, 5}$	$Q_{BS, RW, 1-4}$	$Q_{BS, RW, 6}$	Q_{BS}	$ED_{BS, WWW}$	$ED_{BS, RW}$
	[kWh]	[°C]	[Wh]	[Wh]	[Wh]	[kWh]	[kWh]	[°C]	[Wh]	[Wh]	[Wh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Jul	8314,4	64,8	5328	1609	1238	0,0	90360,8	48,3	16671	11827	13103	0,0	0,0	0,0
	8354,4	66,4	5487	1726	1329	9,8	90503,6	48,8	16895	12003	13377	2,1	0,0	0,0
	8364,5	66,8	5528	1756	1352	11,9	90538,4	48,9	16950	12046	13444	69,4	0,0	0,0
	8368,1	67,0	5542	1766	1359	175,4	90557,1	49,0	16979	12069	13480	132,8	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5546	1769	1361	234,5	90562,4	49,0	16987	12075	13490	190,9	0,0	0,0
	1,1	0,0	4	3	2	28,4	5,8	0,0	9	7	11	28,4	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5546	1782	1372	281,7	90562,4	49,0	16987	12075	13490	238,6	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5546	1838	1415	349,8	90562,4	49,0	16987	12075	13490	307,2	0,0	0,0
Aug	8341,4	65,9	5288	1687	1299	0,0	90406,6	48,4	16076	11413	13191	0,0	0,0	0,0
	8356,0	66,5	5346	1731	1333	6,0	90499,7	48,8	16222	11528	13370	1,4	0,0	0,0
	8366,2	66,9	5387	1762	1356	120,7	90542,2	48,9	16289	11580	13451	78,1	0,0	0,0
	8368,2	67,0	5395	1766	1360	159,3	90556,8	49,0	16312	11598	13479	118,0	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5397	1769	1362	216,3	90562,4	49,0	16321	11605	13490	174,4	0,0	0,0
	0,7	0,0	3	2	1	24,8	5,0	0,0	8	6	10	24,8	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5397	1782	1372	261,5	90562,4	49,0	16321	11605	13490	219,8	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5397	1822	1402	303,2	90562,4	49,0	16321	11605	13490	261,8	0,0	0,0
Sep	8302,3	64,3	5037	1578	1215	0,0	90212,7	47,8	15345	11215	12819	0,0	0,0	0,0
	8344,8	66,0	5206	1702	1310	0,2	90438,1	48,6	15699	11493	13252	0,0	0,0	0,0
	8359,3	66,6	5264	1755	1351	52,1	90404,7	48,4	15646	11452	13187	13,7	0,0	0,0
	8366,4	66,9	5292	1766	1360	104,2	90535,2	48,9	15851	11613	13438	64,6	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5303	1796	1383	162,2	90560,8	49,0	15892	11644	13487	122,5	0,0	0,0
	2,3	0,1	9	7	5	25,4	33,5	0,1	53	41	64	24,2	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5303	1803	1388	214,7	90562,4	49,0	15894	11646	13490	171,5	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5303	1889	1454	252,8	90562,4	49,0	15894	11646	13490	211,4	0,0	0,0
Okt	8222,7	61,1	4703	1380	1062	0,0	89794,6	46,3	14616	11242	12016	0,0	0,0	0,0
	8317,5	64,9	5081	1635	1259	0,0	90192,5	47,7	15241	11733	12780	0,0	0,0	0,0
	8336,4	65,7	5156	1687	1299	18,0	90166,2	47,6	15199	11700	12730	0,0	0,0	0,0
	8358,9	66,6	5246	1776	1367	43,9	90423,1	48,5	15603	12017	13223	12,7	0,0	0,0
	8368,5	67,0	5285	1837	1414	76,6	90552,7	49,0	15806	12177	13471	35,0	0,0	0,0
	7,8	0,3	31	28	22	12,5	91,1	0,3	143	112	175	8,3	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5286	1879	1446	144,3	90553,9	49,0	15808	12178	13474	84,7	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5286	2015	1551	184,3	90562,5	49,0	15822	12189	13490	142,6	0,0	0,0
Nov	8006,1	52,3	3905	991	763	0,0	88506,2	41,7	12894	10552	9543	0,0	0,0	0,0
	8180,1	59,3	4600	1498	1153	0,0	88959,8	43,3	13606	11111	10414	0,0	0,0	0,0
	8143,9	57,9	4455	1309	1008	0,0	89134,7	43,9	13880	11326	10750	0,0	0,0	0,0
	8282,8	63,5	5009	1762	1356	3,4	89592,8	45,6	14600	11891	11629	0,0	0,2	0,0
	8346,3	66,1	5263	2004	1543	11,4	90094,5	47,3	15388	12510	12592	0,3	3,5	0,0
	50,6	2,1	202	170	131	3,5	237,0	0,8	372	292	455	0,0	0,6	0,0
	8369,0	66,7	5321	1997	1537	36,7	90185,5	47,7	15531	12622	12767	0,2	2,0	0,0
	8369,0	67,0	5353	2345	1805	106,8	90562,4	49,0	16122	13086	13490	8,8	43,0	0,0
Dez	7732,6	41,1	2946	500	385	0,0	86706,3	35,3	10661	9346	6088	0,0	0,0	0,0
	7880,8	47,2	3538	1008	776	0,0	87122,0	36,8	11314	9858	6886	0,0	2,9	0,0
	7875,4	46,9	3516	780	601	0,0	87564,9	38,3	12009	10404	7737	0,0	2,8	0,0
	8024,7	53,0	4112	1289	992	0,0	87998,7	39,9	12690	10939	8569	0,0	61,0	0,0
	8165,0	58,7	4671	1866	1436	0,0	88478,9	41,6	13444	11531	9491	0,0	173,7	0,0
	76,6	3,1	306	279	215	0,0	226,2	0,8	355	279	434	0,0	49,2	0,0
	8177,0	59,2	4719	1589	1223	0,0	88899,5	43,1	14105	12049	10298	0,0	168,3	0,0
	8306,6	64,5	5237	2247	1730	0,0	89400,2	44,9	14891	12666	11259	0,0	316,5	0,0

Tab. 4-7: Statistische Auswertung der täglichen Energiezustände, -flüsse und Temperaturkennwerte der Modellergebnisse für Kärnten Klagenfurt; Jänner – Juni

abs. Minimum														
mittl. Minimum														
Minimum														
Mittelwert														
Maximum														
Standardabw.														
mittl. Maximum														
abs. Maximum														
Monat	$E_{BS, WWW}$	$\Theta_{BS, WWW}$	$Q_{BS, WWW, 6}$	$Q_{BS, WWW, 5}$	$Q_{BS, WWW, 1-4}$	$Q_{BS, WWW, BS, RW}$	$E_{BS, RW}$	$\Theta_{BS, RW}$	$Q_{BS, RW, 5}$	$Q_{BS, RW, 1-4}$	$Q_{BS, RW, 6}$	$Q\dot{U}_{BS}$	$ED_{BS, WWW}$	$ED_{BS, RW}$
	[kWh]	[°C]	[Wh]	[Wh]	[Wh]	[kWh]	[kWh]	[°C]	[Wh]	[Wh]	[Wh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Jan	7486,5	31,1	2126	7	5	0,0	85082,7	29,5	8839	8201	2972	0,0	0,0	0,0
	7838,8	45,5	3531	1118	861	0,0	85643,5	31,5	9720	8892	4048	0,0	84,1	0,0
	7581,1	35,0	2503	133	103	0,0	85889,1	32,4	10105	9195	4520	0,0	0,0	0,0
	7931,4	49,2	3901	1455	1120	0,8	86456,9	34,4	10997	9895	5610	0,0	161,5	0,0
	8343,2	66,0	5544	3033	2335	8,7	87113,5	36,7	12028	10704	6870	0,0	468,0	0,0
	196,3	8,0	783	729	561	2,2	296,1	1,1	465	365	568	0,0	131,3	0,0
	8043,4	53,8	4348	1962	1510	8,2	87303,5	37,4	12326	10938	7235	0,0	228,7	0,0
	8369,0	67,0	5647	3477	2676	81,9	87946,8	39,7	13337	11731	8470	0,0	562,6	0,0
Feb	7536,3	33,2	2473	261	201	0,0	84333,5	26,8	8329	7747	1534	0,0	0,0	0,0
	7962,1	50,5	4172	1872	1441	0,0	85180,7	29,9	9660	8792	3160	0,0	3,2	0,0
	7701,0	39,9	3130	1040	801	0,0	84690,4	28,1	8890	8187	2219	0,0	0,0	0,0
	8175,3	59,1	5023	2780	2140	24,3	85451,6	30,8	10085	9126	3680	0,0	59,9	2,6
	8367,9	67,0	5791	3480	2679	75,6	86724,1	35,3	12083	10695	6123	0,0	348,1	78,5
	187,6	7,6	749	655	504	20,7	481,2	1,7	756	593	924	0,0	93,5	12,8
	8337,3	65,7	5669	3515	2706	95,0	85817,4	32,1	10659	9577	4382	0,0	151,9	13,4
	8369,0	67,0	5795	3868	2978	149,4	87265,3	37,3	12933	11362	7161	0,0	512,8	325,4
Mar	7996,7	51,9	4405	2044	1574	0,0	84315,9	26,8	8728	7684	1500	0,0	0,0	0,0
	8317,5	64,9	5685	2819	2170	0,3	85517,1	31,1	10614	9165	3806	0,0	0,0	0,0
	8312,2	64,7	5664	2582	1987	39,2	84822,1	28,6	9523	8308	2472	0,0	0,0	0,0
	8362,3	66,7	5864	3230	2487	83,3	86296,3	33,8	11838	10126	5301	0,0	0,1	2,2
	8369,0	67,0	5890	3650	2810	130,7	88174,7	40,5	14787	12441	8907	0,0	1,7	51,3
	12,7	0,5	51	315	243	21,2	956,8	3,4	1502	1180	1837	0,0	0,3	9,3
	8369,0	67,0	5890	3524	2713	190,0	87278,6	37,3	13380	11337	7187	0,0	2,4	15,0
	8369,0	67,0	5890	3943	3036	236,6	89769,5	46,2	17292	14407	11968	0,0	52,4	343,0
Apr	8298,0	64,1	5623	1648	1269	0,0	85209,2	30,0	10204	8243	3215	0,0	0,0	0,0
	8342,1	65,9	5799	2121	1633	0,0	87322,6	37,5	13522	10849	7271	0,0	0,0	0,0
	8360,4	66,7	5872	1801	1387	72,3	86460,9	34,4	12169	9786	5617	0,0	0,0	0,0
	8366,3	66,9	5896	2519	1939	118,3	88379,3	41,2	15181	12151	9300	8,2	0,0	0,0
	8368,5	67,0	5905	3189	2455	192,2	90414,8	48,5	18378	14660	13207	96,1	0,0	0,0
	2,0	0,1	8	380	292	22,3	1084,0	3,9	1702	1336	2081	20,5	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5907	2895	2229	241,1	89497,7	45,2	16938	13530	11446	44,6	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5907	3629	2793	281,7	90562,4	49,0	18609	14842	13490	229,2	0,0	0,0
Mai	8313,2	64,7	5617	1608	1238	0,0	87512,2	38,1	13519	10184	7635	0,0	0,0	0,0
	8352,1	66,3	5772	1746	1344	2,5	89502,0	45,2	16643	12637	11455	0,0	0,0	0,0
	8362,5	66,7	5814	1760	1355	101,3	88573,1	41,9	15185	11492	9672	0,0	0,0	0,0
	8367,8	67,0	5835	1893	1458	159,3	90187,8	47,7	17720	13483	12771	81,7	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5840	2456	1891	207,3	90561,4	49,0	18307	13943	13488	161,6	0,0	0,0
	1,2	0,0	5	175	135	27,1	503,9	1,8	791	621	967	46,3	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5840	2133	1642	274,9	90530,5	48,9	18258	13905	13429	212,9	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5840	2825	2175	309,7	90562,4	49,0	18308	13945	13490	263,9	0,0	0,0
Jun	8340,7	65,9	5595	1687	1299	0,0	89718,5	46,0	16390	11892	11870	0,0	0,0	0,0
	8356,7	66,5	5659	1735	1336	5,8	90472,6	48,7	17574	12821	13318	0,7	0,0	0,0
	8366,6	66,9	5698	1762	1357	116,3	90457,4	48,6	17550	12802	13289	59,7	0,0	0,0
	8368,2	67,0	5705	1768	1361	171,6	90553,3	49,0	17701	12921	13473	126,4	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5708	1802	1387	224,2	90562,4	49,0	17715	12932	13490	180,0	0,0	0,0
	0,6	0,0	3	6	4	28,7	16,7	0,1	26	21	32	30,0	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5708	1791	1378	276,7	90562,4	49,0	17715	12932	13490	232,3	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5708	2062	1587	312,6	90562,4	49,0	17715	12932	13490	268,5	0,0	0,0

Tab. 4-8: Statistische Auswertung der täglichen Energiezustände, -flüsse und Temperaturkennwerte der Modellergebnisse für Kärnten Klagenfurt; Juli-Dezember

abs. Minimum														
mittl. Minimum														
Minimum														
Mittelwert														
Maximum														
Standardabw.														
mittl. Maximum														
abs. Maximum														
Monat	E _{BS WWW} [kWh]	Θ _{BS WWW} [°C]	Q _{BS, WWW, 6} [Wh]	Q _{BS, WWW, 5} [Wh]	Q _{BS, WWW, 1-4} [Wh]	Q _{BS WWW BS RW} [kWh]	E _{BS RW} [kWh]	Θ _{BS RW} [°C]	Q _{BS, RW, 5} [Wh]	Q _{BS, RW, 1-4} [Wh]	Q _{BS, RW, 6} [Wh]	Q̄ _{BS} [kWh]	ED _{BS WWW} [kWh]	ED _{BS RW} [kWh]
Jul	8327,6	65,3	5381	1648	1268	0,0	90329,6	48,2	16622	11788	13043	0,0	0,0	0,0
	8358,3	66,6	5503	1738	1338	11,4	90512,9	48,8	16909	12014	13395	3,3	0,0	0,0
	8366,3	66,9	5535	1762	1357	128,4	90527,5	48,9	16933	12032	13423	85,8	0,0	0,0
	8368,4	67,0	5543	1766	1360	180,2	90558,2	49,0	16981	12070	13482	137,6	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5546	1769	1362	239,1	90562,4	49,0	16987	12075	13490	196,5	0,0	0,0
	0,7	0,0	3	2	1	27,1	6,1	0,0	10	7	12	27,1	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5546	1779	1370	276,7	90562,4	49,0	16987	12075	13490	234,0	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5546	1839	1415	317,3	90562,4	49,0	16987	12075	13490	274,7	0,0	0,0
Aug	8341,7	65,9	5289	1687	1299	0,0	90430,5	48,5	16114	11442	13237	0,0	0,0	0,0
	8357,7	66,5	5353	1737	1337	4,0	90504,2	48,8	16229	11533	13378	0,1	0,0	0,0
	8367,2	66,9	5390	1762	1357	109,2	90548,7	49,0	16299	11588	13464	66,7	0,0	0,0
	8368,4	67,0	5395	1767	1360	165,3	90557,7	49,0	16313	11599	13481	124,0	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5397	1769	1362	213,9	90562,4	49,0	16321	11605	13490	173,8	0,0	0,0
	0,5	0,0	2	1	1	24,6	3,4	0,0	5	4	7	24,8	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5397	1780	1370	261,6	90562,4	49,0	16321	11605	13490	220,0	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5397	1807	1391	301,6	90562,4	49,0	16321	11605	13490	259,1	0,0	0,0
Sep	8315,4	64,8	5089	1611	1240	0,0	90279,2	48,0	15449	11297	12947	0,0	0,0	0,0
	8346,5	66,1	5213	1706	1313	2,1	90456,9	48,6	15729	11516	13288	0,0	0,0	0,0
	8362,2	66,7	5276	1755	1351	82,5	90502,5	48,8	15800	11572	13375	47,1	0,0	0,0
	8366,9	66,9	5294	1765	1359	123,0	90546,1	48,9	15868	11626	13459	82,5	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5303	1775	1366	163,8	90562,0	49,0	15894	11646	13489	122,9	0,0	0,0
	1,7	0,1	7	4	3	23,5	14,3	0,1	23	18	28	22,9	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5303	1798	1384	229,3	90562,4	49,0	15894	11646	13490	188,2	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5303	1865	1435	272,4	90562,4	49,0	15894	11646	13490	231,4	0,0	0,0
Okt	8216,8	60,8	4679	1330	1024	0,0	89827,2	46,4	14667	11282	12079	0,0	0,0	0,0
	8317,6	64,9	5081	1641	1263	0,0	90246,3	47,9	15325	11799	12883	0,0	0,0	0,0
	8326,0	65,3	5115	1655	1274	24,7	90242,7	47,9	15319	11794	12876	0,0	0,0	0,0
	8359,7	66,6	5249	1768	1361	55,5	90454,9	48,6	15653	12056	13284	22,5	0,0	0,0
	8368,5	67,0	5285	1845	1420	105,1	90558,4	49,0	15815	12184	13483	60,7	0,0	0,0
	8,3	0,3	33	28	22	20,2	83,8	0,3	132	103	161	16,5	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5286	1850	1424	155,8	90560,5	49,0	15818	12186	13487	103,5	0,0	0,0
	8369,0	67,0	5286	1961	1509	199,6	90562,4	49,0	15821	12189	13490	157,9	0,0	0,0
Nov	8005,3	52,2	3902	855	658	0,0	88618,3	42,1	13070	10690	9759	0,0	0,0	0,0
	8201,3	60,2	4684	1492	1148	0,0	89249,9	44,3	14061	11468	10971	0,0	0,0	0,0
	8148,8	58,1	4475	1282	987	0,0	89194,7	44,1	13975	11400	10865	0,0	0,0	0,0
	8296,0	64,0	5062	1746	1344	7,7	89790,1	46,3	14910	12134	12008	0,2	0,1	0,0
	8358,3	66,6	5311	1956	1506	28,1	90362,7	48,3	15809	12840	13107	4,3	3,7	0,0
	52,1	2,1	208	160	123	8,1	274,7	1,0	431	339	527	0,7	0,6	0,0
	8360,2	66,6	5318	1971	1517	51,1	90278,2	48,0	15676	12736	12945	2,6	1,1	0,0
	8369,0	67,0	5353	2190	1686	121,4	90569,3	49,0	16133	13095	13503	61,6	43,9	0,0
Dez	7707,1	40,1	2844	322	248	0,0	86773,0	35,5	10766	9428	6216	0,0	0,0	0,0
	7969,3	50,8	3891	1186	913	0,0	87356,9	37,6	11683	10148	7337	0,0	1,5	0,0
	7845,9	45,7	3398	563	433	0,0	87653,3	38,7	12148	10513	7906	0,0	0,0	0,0
	8089,2	55,6	4369	1455	1120	0,2	88261,3	40,8	13103	11263	9073	0,0	37,5	0,0
	8289,8	63,8	5170	2287	1760	3,7	88939,3	43,2	14167	12098	10375	0,0	203,2	0,0
	110,2	4,5	440	381	293	0,6	311,3	1,1	489	384	598	0,0	46,4	0,0
	8218,5	60,9	4885	1746	1344	2,9	89189,2	44,1	14560	12406	10854	0,0	107,5	0,0
	8369,0	67,0	5485	2789	2147	31,9	89898,8	46,6	15674	13281	12216	0,0	342,1	0,0

4.5 Diskussion ausgewählter Ergebnisse aus der Modellrechnung

4.5.1 Betonspeicher Warmwasser Temperatureauswertung

Ziel der Untersuchung ist es zu prüfen, ob der Warmwasserwärmebedarf und der Heizwärmebedarf durch die gespeicherte Energie abgedeckt sind. Um den energetisch ungedeckten Speicherzustand (Energiedefizit) veranschaulicht ausweisen zu können, sind die IST- Temperaturzustände der Betonspeicher Warmwasserwärme und Raumwärme mit den SOLL- Betriebsnenntemperaturen ($\Theta_{BS\ WWW}$ und $\Theta_{BS\ RW}$) zu vergleichen und die Häufigkeit der Temperaturzustände zu analysieren. Der Vergleich visualisiert die Anzahl der Tage mit dem IST- Temperaturzustand mit Unterdeckung. In den folgenden Abbildungen ist sowohl die Häufigkeitsverteilung der Warmwasserbetonspeichertemperatur (s. Abb. 4-3) als auch die Häufigkeitsverteilung der Raumwärmebetonspeichertemperatur (s. Abb. 4-4) bezugnehmend auf die numerischen Ergebnisse der Modellrechnung in Kap. 4.4 sowohl für Wien, (Hohe Warte s. Tab. 4-5 und Tab. 4-6) als auch Klagenfurt (Tab. 4-7 und Tab. 4-8) dargestellt. Die klassierten Häufigkeiten der Speichertemperaturen wurden über die Tage der 4 Dekaden (ca. 14.600 Tage) von 4 Grad verteilt.

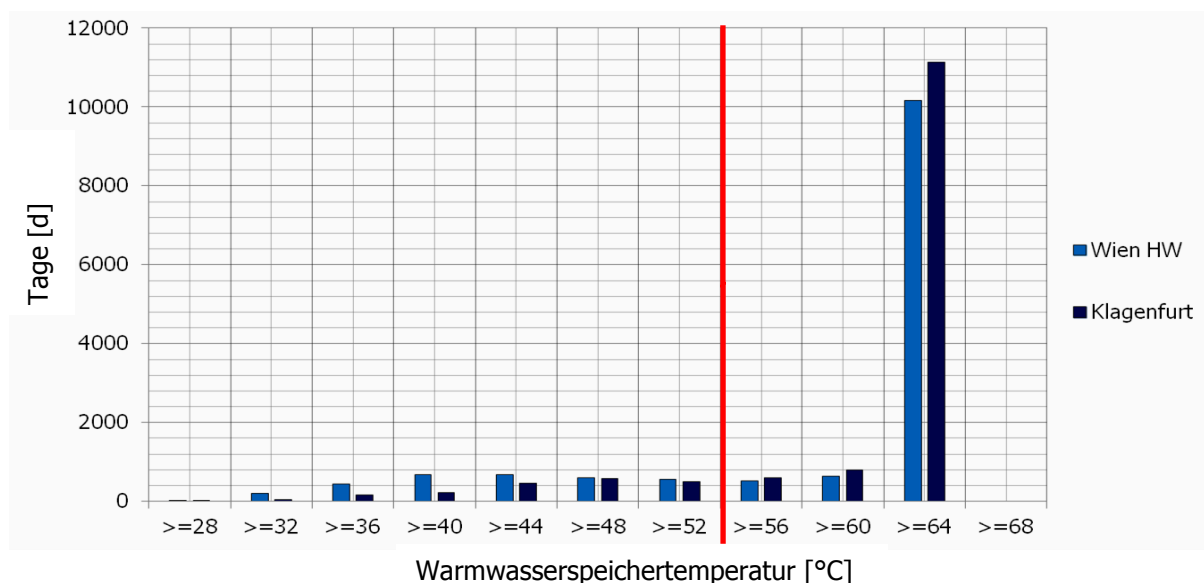


Abb. 4-3: Häufigkeitsverteilung der Warmwasserspeichertemperatur über den Zeitraum von 40 Jahren (ca. 14.600 Tage)

Eine vollständige Deckung der Speicher kann über einen Zeitraum von 4 Dekaden nicht erwartet werden. Zum Einen muss der Speicher aus der Bau- und Errichtungsphase in den Betriebszustand übergeführt werden und zum anderen können auch Extremwetterereignisse ein geringeres Temperaturniveau in den Speichern verursachen. Geringe Globalstrahlungssummen kombiniert mit niedrigen Außentemperaturen über einen längeren Zeitraum können Ursache für eine energetische Unterladung der Speicher sein.

Um eine Temperatur an der Entnahmestelle von 50 °C zu erreichen wurde unter der Annahme von Verlusten durch die Wärmeübertragung im Betonspeicher von 7 °C die Zieltemperatur des Warmwasserspeichers (primärseitig Nennbetrieb) mit 57 °C angenommen (Leitungsverluste sind bereits in der lt. ÖNORM H 5056 Warmwasserwärmebereitstellungsmenge berücksichtigt). Durch die Stufung von 4 °C ergibt sich bei 56 °C durch das Verteilungsintervall ein Sprung. Die Anzahl der Tage mit 56° Temperatur Betonspeicher Warmwasserwärme werden dem gedeckten Bereich zugezählt.

Tab. 4-9: Deckungsraten Warmwasserbereitung

Temperaturintervalle der Deckungszustände	Warmwasserbereitung			
	Wien, Hohe Warte		Kärnten, Klagenfurt	
	[d]	[%]	[d]	[%]
≥ 56 °C	11.327	78,0	12.537	86,2
< 56 °C	3.197	22,0	2005	13,8
Summe	14.527	100,0	14.542	100,0

Aus Tab. 4-9 und sind die Deckungsraten der Warmwasserbereitung sowohl für Wien, Hohe Warte als auch für Kärnten, Klagenfurt zu ersehen. Bei dem Modellhaus in Kärnten weist die Auswertung 13,8% der untersuchten Tage mit einer Unterdeckung aus. Wie auch der Standort Klagenfurt, Kärnten zeigt der Standort Wien, mit einer Unterdeckung von 22 %, dass Überlegungen in Hinblick auf Vergrößerung oder Änderungen des Warmwasserspeichers als auch der Solaranlage induziert wären. Versuche die Deckung zu erhöhen, durch größeren Betonspeicher oder aber auch beim Wirkungsgrad der Solarthermischen Anlage (der nicht belegbar wäre) führt zu keiner signifikanten Deckungsänderung. Eine Vergrößerung der Solaranlagenfläche führt nur in Kombination mit mehr Betonkubatur im Speicher zu Deckungssteigerung. Eine weitere Möglichkeit mehr Energie zu speichern besteht darin, die maximale Betonspeichertemperatur von 67°C zu erhöhen. Durch Erweiterung des Temperaturbereichs wäre ein erhöhen der Speicherkapazität möglich. Begrenzt wird diese Maßnahme jedoch durch die maximalen Vorlauftemperaturen der Solaranlage. Durch eine kleinere Temperaturdifferenz des Speichers gegenüber dem Eintrag wäre mit zunehmender Speichertemperatur ein geringerer Energieertrag für die Einspeicherung zu erwarten.

Erhöhung der Deckungsraten kann bei gleicher Anlagenauslegung durch Anheben der maximalen Ladetemperatur des Betonspeichers Warmwasserwärme ($\Theta_{BS\ WWW\ max.}$) angenommen mit 67°C erreicht werden. Diese Änderung hätte aber eine Minderung der Deckung des Raumwärmebedarfes zu Folge, da sich durch das

heben des Temperaturniveaus die Transmissionswärmeverluste des Betonspeichers Warmwasserwärme zur Erde erhöhen. Auch würde der Betonspeicher Raumwärme erst ab Erreichen des erhöhten Temperaturgradienten des Betonspeichers Warmwasser geladen werden.

Grundsätzlich geht eine Erhöhung der Temperaturniveaus besonders im Speicherbereich eines Systems dieser Art immer mit steigenden Bereitstellungs- und Speicherverlusten einher. Diese begründen sich in der Temperaturdifferenz zwischen der Temperatur des Speichermediums und der Umgebungstemperatur. Daher sollte bei Systemen dieser Speicherart (sensibel) die Temperaturdifferenz zwischen Medium und Umgebung möglichst gering gehalten werden.

4.5.2 Betonspeicher Raumwärme Temperatúrauswertung

Im Folgenden werden die Deckungsraten des Betonspeichers Raumwärme (s. Abb. 4-4 und Tab. 4-10) nach dem gleichen System der Warmwasserwärmespeicherung untersucht.

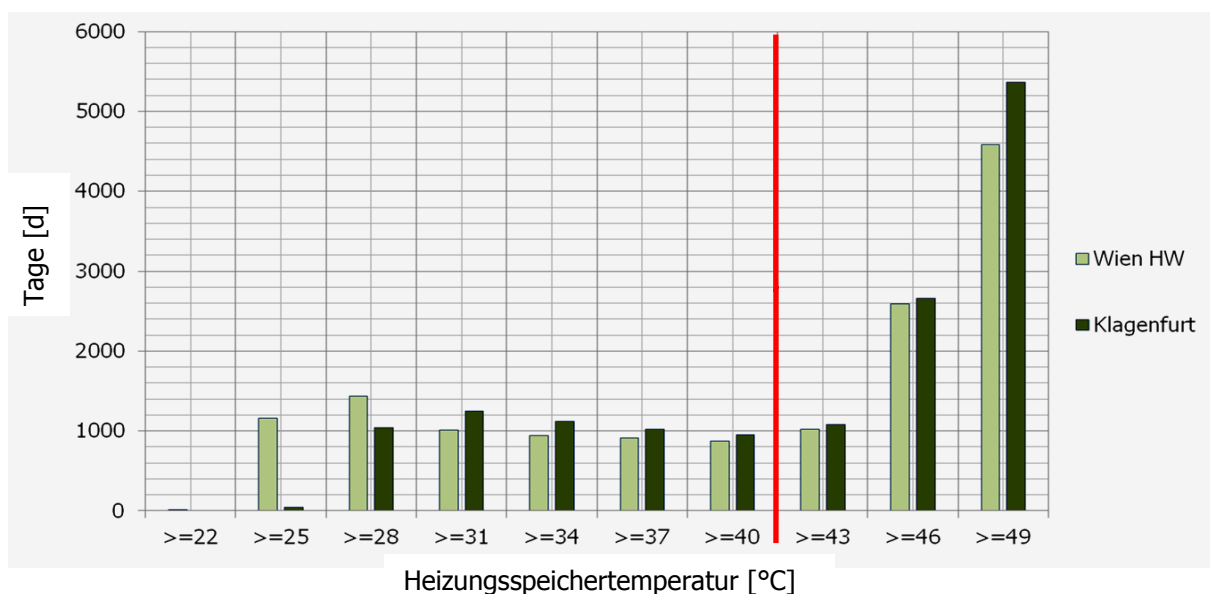


Abb. 4-4: Häufigkeitsverteilung der Heizungsspeichertemperatur über den Zeitraum von 40 Jahren (ca. 14.600 Tage)

Um eine Vorlauf-Heiztemperatur im Nennbetrieb von 35 °C zu erreichen ist unter der Annahme von Verlusten durch die Wärmeübertragung im Betonspeicher-Raumwärme von 7 °C die Zieltemperatur des Betonspeichers Raumwärme (Θ BS RW nenn) mit 42 °C angenommen (Verteil-Verluste sind bei der Annahme vernachlässigt, da sich der Speicher unmittelbar unter den zu beheizenden Räumen befindet). Die maximale Speichertemperatur des Betonspeichers Raumwärme (Θ BS RW max.) ist mit 49°C begrenzt. Hat der Betonspeicher Raumwärme diese Grenztemperatur erreicht und ist daher für diesen Tag der Warmwasserwärmespeicher auch geladen, wird um eine weitere Ladung (Überladung) zu verhindern, die Solarthermie- Anlage abgeschaltet.

Durch die Stufung von 4 °C ergibt sich bei 43 °C ein Sprung, der zu dem gedeckten Bereich zugezählt wird. In Tab. 4-10 sind die Deckungsraten der Heizung für Wien, Hohe Warte und für Kärnten, Klagenfurt ersichtlich.

Tab. 4-10: Deckungsraten Raumwärmebereitstellung

Temperaturintervalle der Deckungszustände	Heizung			
	Wien, Hohe Warte		Kärnten, Klagenfurt	
	[d]	[%]	[d]	[%]
≥ 43 °C	8.186	56,4	9.112	62,7
≥ 25 °C; < 43 °C	6.328	43,5	5.430	37,3
< 25 °C	10	0,1	0	0
Summe	14.524	100,0	14.542	100,0

Die in der Tab. 4-10 ausgewiesene Anzahl der Tage sind in Bezug auf IST-Temperaturen des Betonspeichers Raumwärme dargestellt und ausgewertet. Da die Raumtemperatur mit einem Minimum von 20 °C angenommen ist, kann davon ausgegangen werden, dass der Heizwärmebedarf bei IST-Temperaturen von 25 °C im Betonspeicher Raumwärme, zu 100,0 % als gedeckt anzusehen ist. Die Minderung der Vorlauftemperatur aus dem Betonspeicher Raumwärme kann durch die Regelung über Volumenstrom und Steuerung kompensiert werden.

4.5.3 Ausgeprägte Kälteperioden

In den Abb. 4-5 bis Abb. 4-8 sind extreme Kälteperioden der Klimazeitreihen an den Standorten Wien, Hohe Warte und Klagenfurt gegenüber gestellt. Kennzeichnend war in diesen Zeiträumen eine geringe Globalstrahlung, gepaart mit durchgehend niedriger Außentemperatur. Daraus resultieren hohe Heizgradsummen. Diese Perioden zwischen Jänner bis April bewegen sich in dem Zeitraum im Jahresverlauf, in welchen der energetische Zustand des Betonspeichers in Bezug auf Unterdeckung gefährdet ist. Wie in der Tab. 4-11 ersichtlich, weist gerade dieser Zeitraum den Ladevorgang der Speicher aus dem energetischen Tief aus den Vormonaten aus.

Tab. 4-11: Ladezeitraum der Betonspeicher

Standort	Betonspeicher	Ladungszeitraum	Abbildung
Wien, Hohe Warte	BS _{WWWB}	Jänner bis April	Abb. 4-9
	BS _{RW}	März bis Juni	Abb. 4-10
Klagenfurt, Kärnten	BS _{WWWB}	Jänner bis März	Abb. 4-11
	BS _{RW}	Februar bis Juni	Abb. 4-12

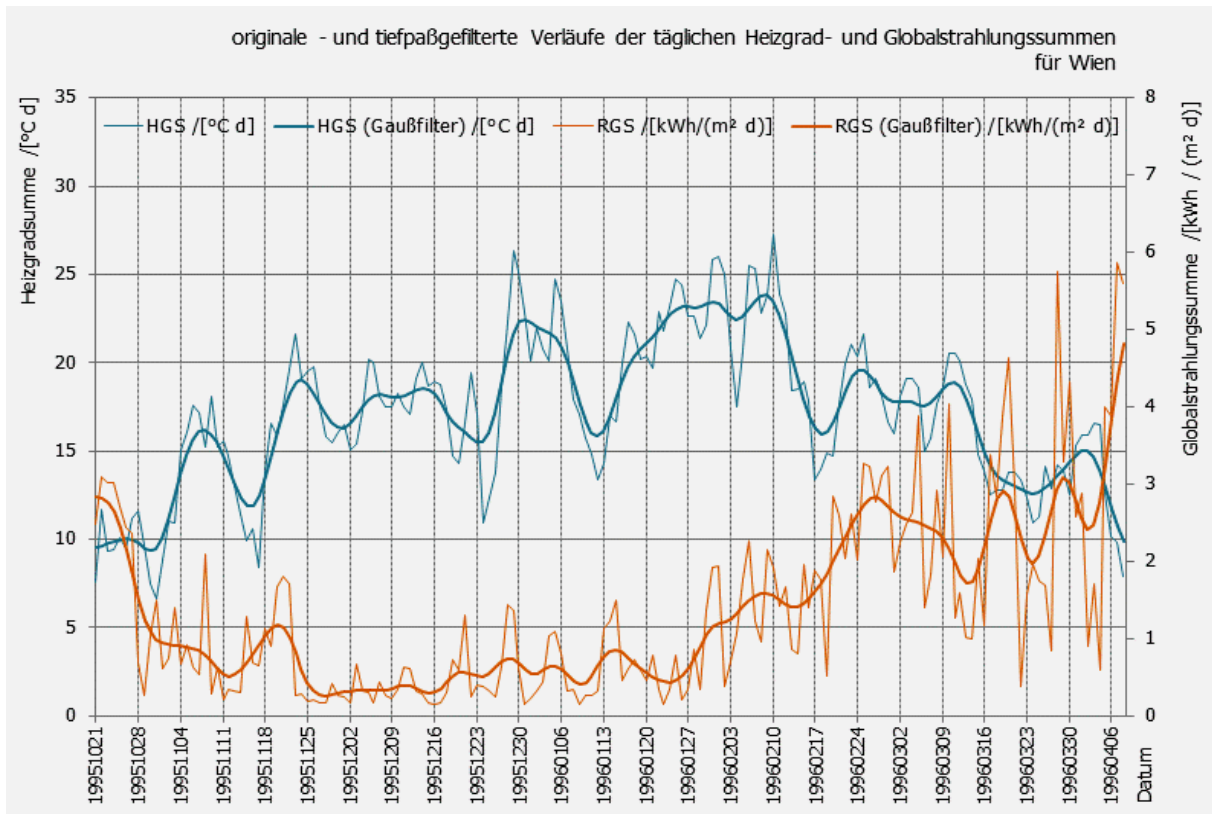


Abb. 4-5: Klimadatenverlauf im Jahr 1995/1996 der Heizgradsummen (HGS) und Globalstrahlungssumme (RG) – Wien Hohe Warte (nach Datensätzen von ZAMG, 2011)

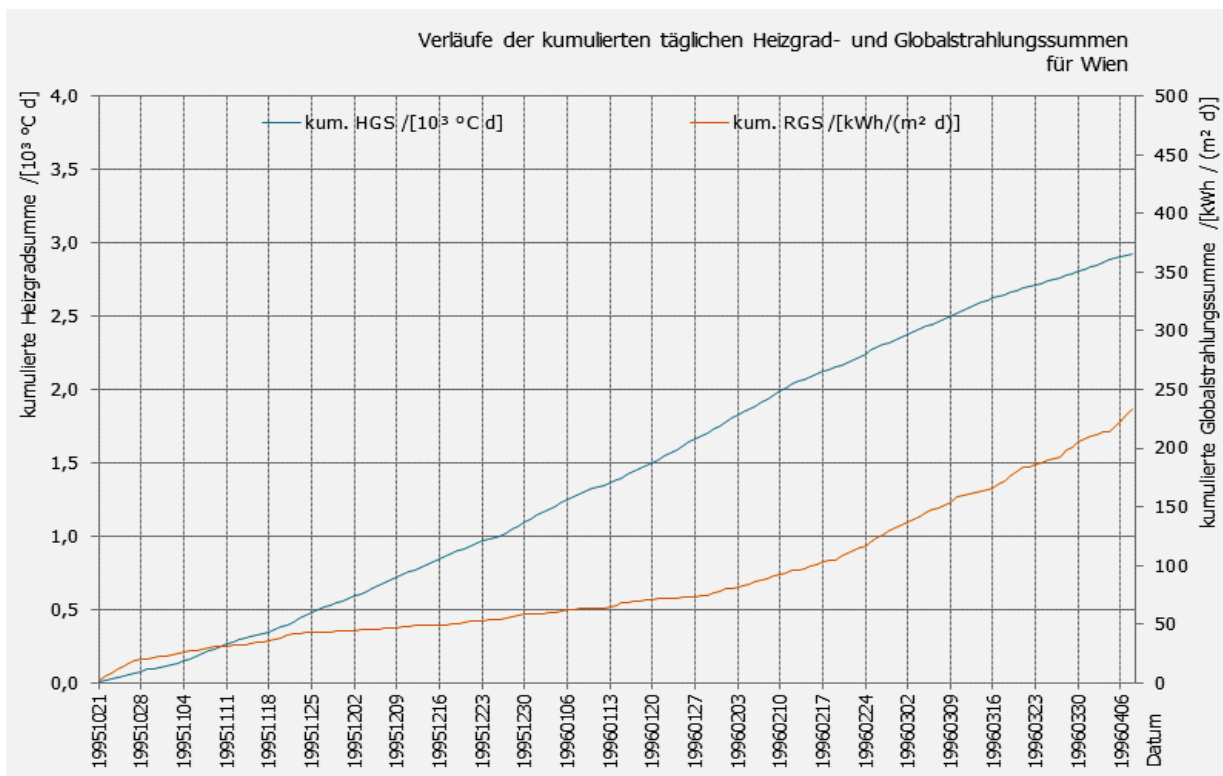


Abb. 4-6: Gegenüberstellung von kumulierten Heizgradsummen (kum. HGS) und kumulierter Globalstrahlungssumme (kum. Sum. RG) – Wien Hohe Warte (nach Datensätzen von ZAMG, 2011)

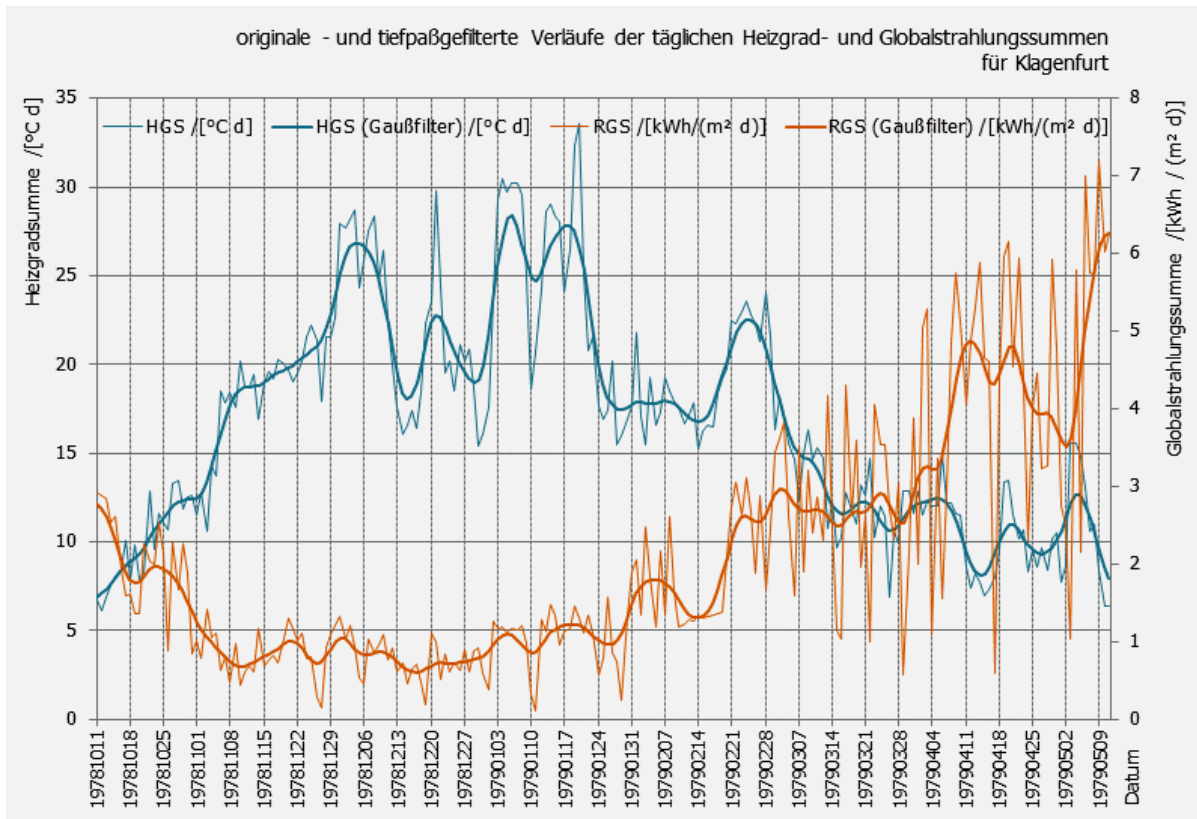


Abb. 4-7: Klimadatenverlauf im Jahr 1978/1979 der Heizgradsummen (HGS) und Globalstrahlungssumme (RG) – Klagenfurt (nach Datensätzen von ZAMG, 2011)

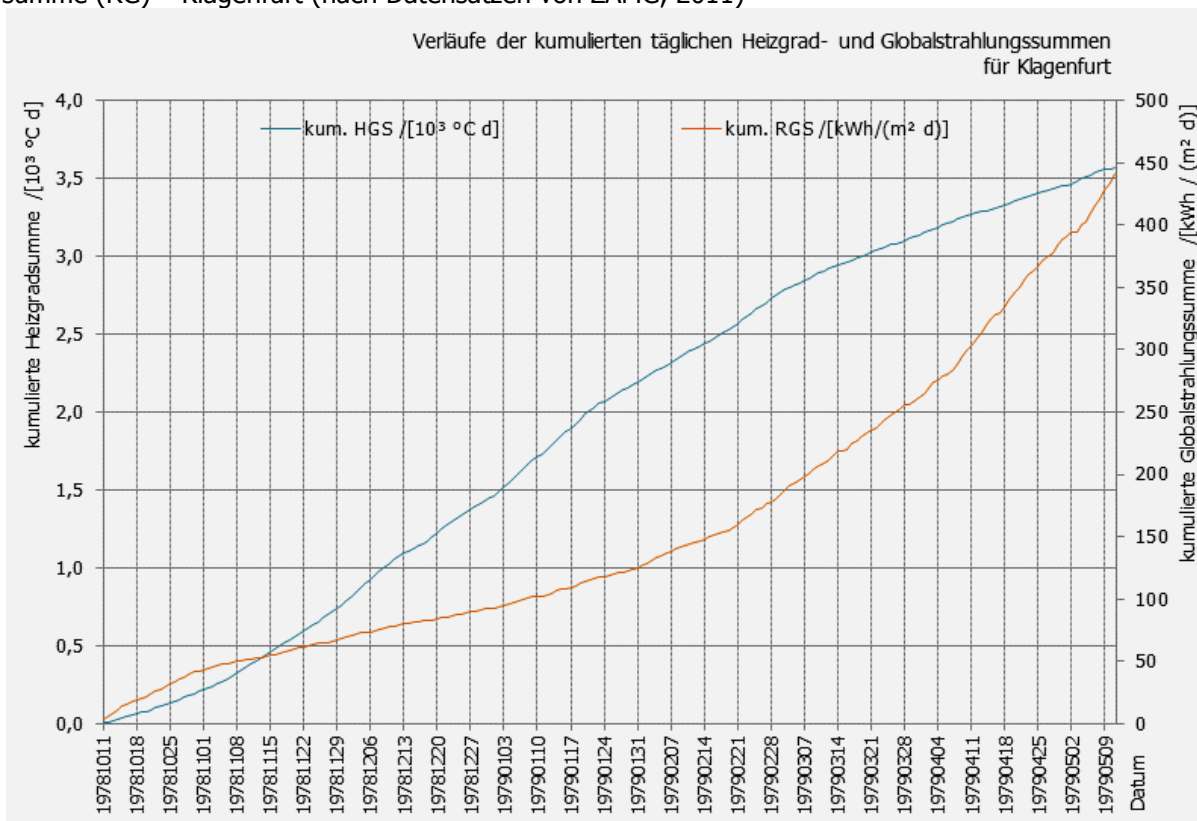


Abb. 4-8: Gegenüberstellung von kumulierten Heizgradsummen (kum. HGS) und kumulierter Globalstrahlungssumme (kum. Sum. RG) – Klagenfurt (nach Datensätzen von ZAMG, 2011)

Als Erkenntnis aus den Extremwetterperioden kann angegeben werden, dass: Beide Klimasituationen (Wien, Hohe Warte sowie Klagenfurt) haben Einflüsse auf geringere energetische Ladungszustände im Betonspeicher bzw. sind bedeutende Parameter für die Berechnung.

4.6 Energiebilanzierung (tägliche Auflösung)

4.6.1 Warmwasserspeicher

In der Abb. 4-9 und Abb. 4-10 sind die energetischen Speicherladezustände des Betonspeichers Warmwasserwärme als Jahrgänge in Form von gemittelten Werten der vier Klimadekaden zu sehen. Aus den detaillierten Ergebnissen in den Auswertungstabellen im Kap 4.4, s. Tab. 4-5 bis Tab. 4-8, und deren graphischen Darstellungen (s. Abb. 4-9 für Hohe Warte, Wien und Abb. 4-10 für Klagenfurt, Kärnten, linke Ordinate) sind die maximale Ladungskapazität ($EB_{BS\ WWW\ max.}$) der Betonspeicher Warmwasserwärme bei ungefähr 8,4 MWh bei einer maximalen Betriebstemperatur ($\Theta_{BS\ WWW\ max.}$) von 67 °C ersichtlich. Der maximale Ladezustand ist einerseits aus der waagrechten violetten Linie ($EB_{BS\ WWW\ max.}$) und andererseits durch die rote Linie zu sehen, die die energetischen Überschüsse ($Q_{BS\ WWW\ BS\ RW}$) an den Heizungsspeicher abbildet. Die rote Linie stellt die Speicherüberschüsse dar, die in den Heizungsspeicher eingetragen werden. Die gemittelten Maxima und die gemittelten Minima des energetischen Ladungszustandes des Speichers Warmwasserwärme sind in den Diagrammen durch violette Dreiecke und Rauten dargestellt.

Die Verluste der Betonspeicher Warmwasserwärme sind in Form von kurz strichlierten Linien über den Jahrgang dar. Verlustwerte des Speichers gegenüber den Energiezuständen bewegen sich im Prozentbereich und sind auf der rechten Ordinatenachse abzulesen. Weiter ist zu erkennen, dass die Verluste der Betonplatte gegenüber der Erde, bedingt durch das größere Temperaturgefälle gegenüber den anderen Kontaktflächen (Heizungsspeicher), am größten sind. Eine direkte Gegenüberstellung der Verluste ist auf Grund der gleichen Dämmstärken möglich. Diese Verluste haben im März bzw. April ihren Höhepunkt.

Das Abbild der Energiezustände im Warmwasserwärmespeicher zeigt sich auch in Klagenfurt (Kärnten) mit dem Unterschied, dass der Speicher über die Wintermonate höher geladen ist. Da der Warmwasserwärmebedarf des Nutzers über den Jahrgang lt. ECOTECH-Gebäuderechner für beide Standorte konstant angenommen wurde kann festgestellt werden, dass der Energieeintrag für die Beibehaltung der maximalen Betriebstemperatur an beiden Standorten nicht ausreicht. Im Detail betrachtet ist festzustellen, dass der Warmwasserspeicher am Standort Wien gegenüber der Annahme einer Mindesttemperatur von 57 °C im Jänner Durchschnitt um ca. 14 °C auf 42,9 °C lt. Tab. 4-5 abfällt. Die Speichertemperatur in Klagenfurt hat im Durchschnitt auch im Jänner die tiefste Temperatur mit ca. 49,2 °C lt. Tab. 4-7 und sinkt in diesem Monat daher auch um ca. 8 °C unter dem Sollwert. Nachstehend ist eine Legende zur besseren Verständlichkeit der Abkürzungen dargestellt (s. Tab. 4-12).

Tab. 4-12: Legende für die Abb. 4-9 und Abb. 4-10

Lfd. Nr.	Kürzel	phys. Einheit	Symbol	Bezeichnung	Gleichung Nr.
1	EB _{BS WWW}	[kWh]	—	Energiebilanz des Betonspeichers Warmwasserwärme, Mittel	4.14a
2	EB _{BS WWW MAX.}	[kWh]	▲	Energiebilanz des Betonspeichers Warmwasserwärme, max. Mittel	-
3	EB _{BS WWW MIN.}	[kWh]	◆	Energiebilanz des Betonspeichers Warmwasserwärme, min. Mittel	-
4	Θ _{BS WWW}	[°C]	n.a.	Temperatur des Betonspeichers Warmwasserwärme	4.11, 4.13
5	Q _{BS WWW, 6}	[Wh]	----	Transmissionswärme-Verluste durch Wärmeübertragung via horizontaler Grenzfläche des Betonspeichers Warmwasserwärme an die Erde	4.13d
6	Q _{BS WWW, 5}	[Wh]	- - - -	Wärmeübertragung via horizontaler Grenzfläche des Betonspeichers Warmwasserwärme in den Betonspeicher Raumwärme	4.13c
7	Q _{BS WWW, 1-4}	[Wh]	- - - -	Wärmeübertragung via vertikaler Grenzfläche des Betonspeichers Warmwasserwärme in den Betonspeicher Raumwärme	4.13b
8	Q _{BS WWW BS RW}	[kWh]	—	gesteuerte Wärmeübertragung (aktive Abschöpfung) der Überschußenergie aus dem Betonspeicher Warmwasserwärme an den Betonspeicher Raumwärme, Mittel	4.14b

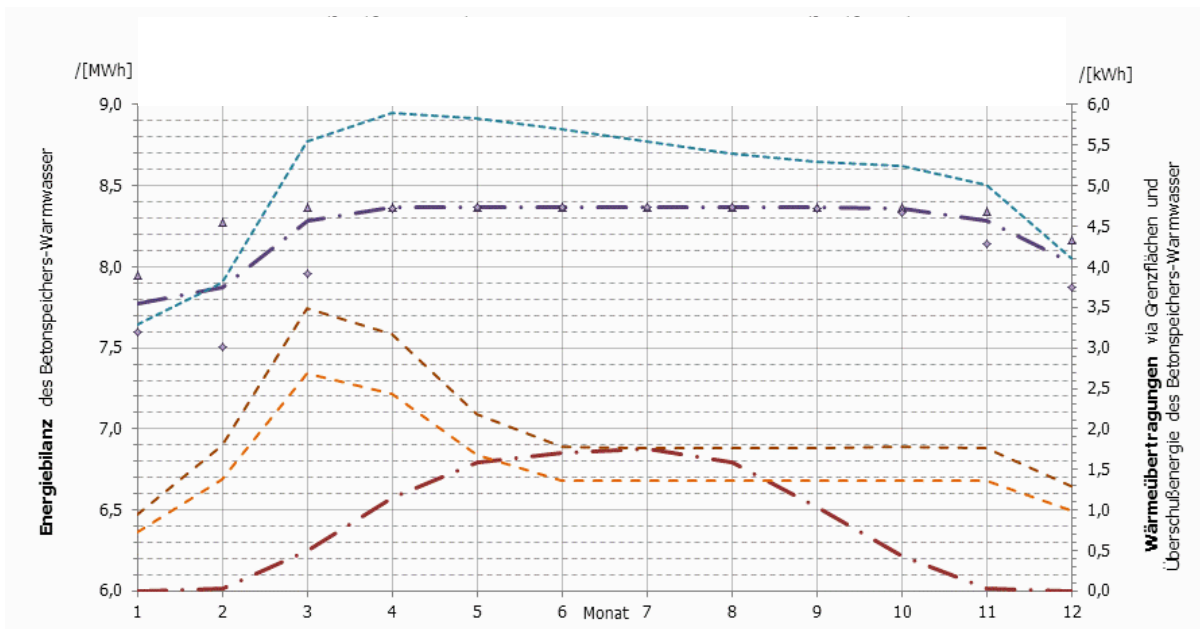


Abb. 4-9: Jahrgänge der Energieflüsse des Betonspeichers Warmwasserwärme Hohe Warte Wien

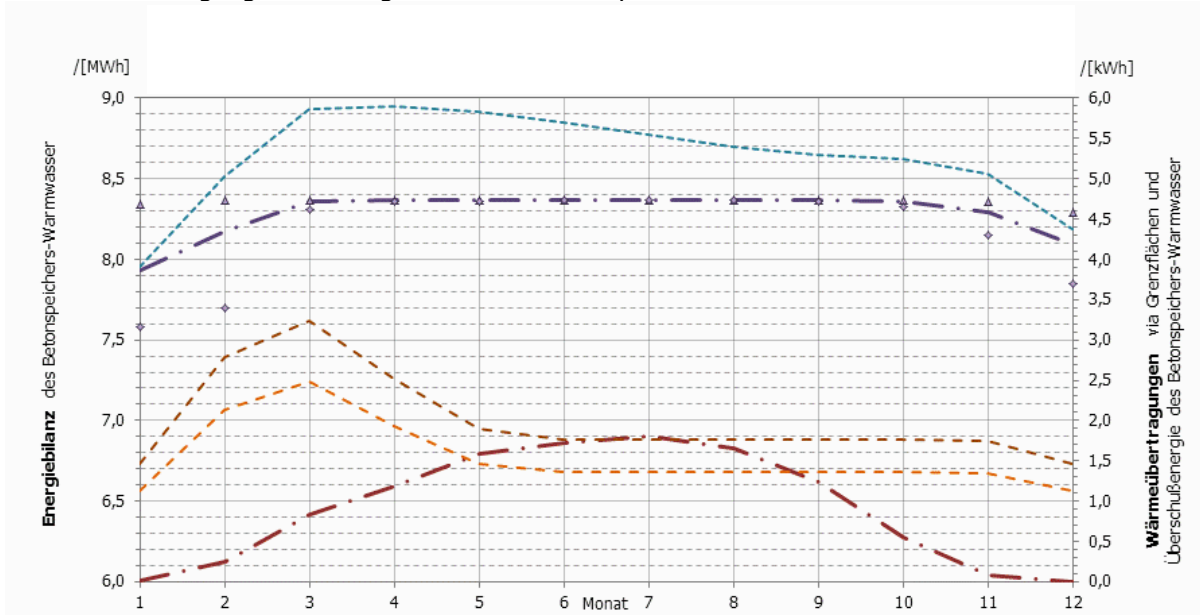


Abb. 4-10: Jahrgänge der Energieflüsse des Betonspeichers Warmwasserwärme Klagenfurt

Um den fehlenden Energieeintrag zu kompensieren können folgende Maßnahmen getroffen werden:

- Heben der maximalen Speichertemperatur des Betonspeichers Warmwasserwärme,
- Erhöhung der Dämmstoffstärke gegen Erde speziell unterhalb des Warmwasserspeichers,
- Im Modell wurde für die Solaranlage ein Anstellwinkel von 40 ° angesetzt. Um die direkte Strahlung der Wintermonate besser nutzen zu können besteht die Möglichkeit den Energieeintrag zu steigern, indem tlw. Kollektorfelder steiler angestellt werden,
- Eine größere Flächendimensionierung der solarthermischen Anlage in Verbindung der Speicherdimensionierung,
- Verminderung der Wärmeverluste der Einspeiseleitung von den Solar-kollektoren zum Warmwasserspeicher durch Ausführung guter Wärmedämmung.

Alternativ zu dem untersuchten, rein mit Solarthermie berücksichtigenden System bestehen grundsätzlich zwei Möglichkeiten um die Warmwasserbereitstellung an Tagen mit Unterdeckung sicherzustellen:

- Einspeichern der Energie in einem Brauchwasserspeicher der gesondert mit einer Heizpatrone ausgestattet ist
- Additive Implementierung eines Elektro-Durchlauferhitzers
- Einsatz einer Wärmepumpe in Verbindung mit einem Wasserspeicher zum Anheben der Abgabetemperatur

4.6.2 Heizungsspeicher

Der benötigte Heizwärmebedarf ist bei beiden Standorten (s. Abb. 4-11 und Abb. 4-12), sowohl Wien als auch Klagenfurt gedeckt und hat an beiden Standorten eine Kapazität bei gegebenen Temperaturniveau von ca. 90 MWh. Für den Heizungsspeicher sind die detaillierten Auswertungsergebnisse (s. Tab. 4-5; Tab. 4-6 und Tab. 4-7; Tab. 4-8). Bedingt durch die zentrierte Anordnung des Warmwasserspeichers kommen dessen Wärmeübertragungsverluste über die Kontaktflächen dem Heizungsspeicher zu Gute. Augenscheinlich ist auch hier wie beim Warmwasserspeicher die geringere gespeicherte Energiemenge in der Heizperiode, wo die Energie benötigt wird zu erkennen. Signifikant ist bei der Linie des Heizungsspeichers am Standort Wien der Einbruch der gespeicherten Energie im ersten Quartal gegenüber Klagenfurt abgebildet. Die geometriebedingten Verlusteffekte übertreffen, trotz der geringeren Temperaturgradienten, jene des höher temperierten Warmwasser-Betonspeichers. Der Heizungsspeicher am Standort Wien ist gegenüber dem Heizungsspeicher in Klagenfurt ca. 1 Monat später vollständig geladen. Durch die klimatischen Rahmenbedingungen ist daher der Standort Wien für solare Heizung und Heizungsunterstützung gegenüber Klagenfurt für die solare Deckung benachteiligt. Die grüne Linie ($Q_{ÜBS}$) stellt den Überschuss des Energieangebotes für die Heizungseinspeicherung dar.

Tab. 4-13: Legende für die Abb. 4-11 und Abb. 4-12

Lfd. Nr	Kürzel	phys. Einheit	Symbol	Bezeichnung	Gleichung Nr.
1	EB _{BS RW}	[kWh]	—	Energiebilanz des Betonspeichers Raumwärme, Mittel	4.15a
2	EB _{BS RW MAX.}	[kWh]	▲	Energiebilanz des Betonspeichers Raumwärme, max. Mittel	-
3	EB _{BS RW MIN.}	[kWh]	◆	Energiebilanz des Betonspeichers Raumwärme, min. Mittel	-
4	Θ _{BS RW}	[°C]	n.a.	Temperatur des Betonspeichers Raumwärme	4.12, 4.13
5	Q _{BS RW, 5}	[Wh]	---	Verluste der Wärmeübertragung via horizontaler Grenzfläche des Betonspeichers Raumwärme an die Erde	4.13g
6	Q _{BS RW, 1-4}	[Wh]	---	Verluste der Wärmeübertragung via vertikaler Grenzfläche des Betonspeichers Raumwärme an die Erde	4.13f
7	Q _{BS RW, 6}	[Wh]	---	Wärmeübertragung via horizontaler Grenzfläche des Betonspeichers Raumwärme an die Fußbodenkonstruktion	4.13h
8	QÜ _{BS}	[kWh]	---	theoretischer Energieüberschuß des Systems	4.15b
9	ED _{BS WWW}	[kWh]	n.a.	Energiedefizit des Betonspeichers Warmwasserwärme	-
10	ED _{BS RW}	[kWh]	n.a.	Energiedefizit des Betonspeichers Raumwärme	-

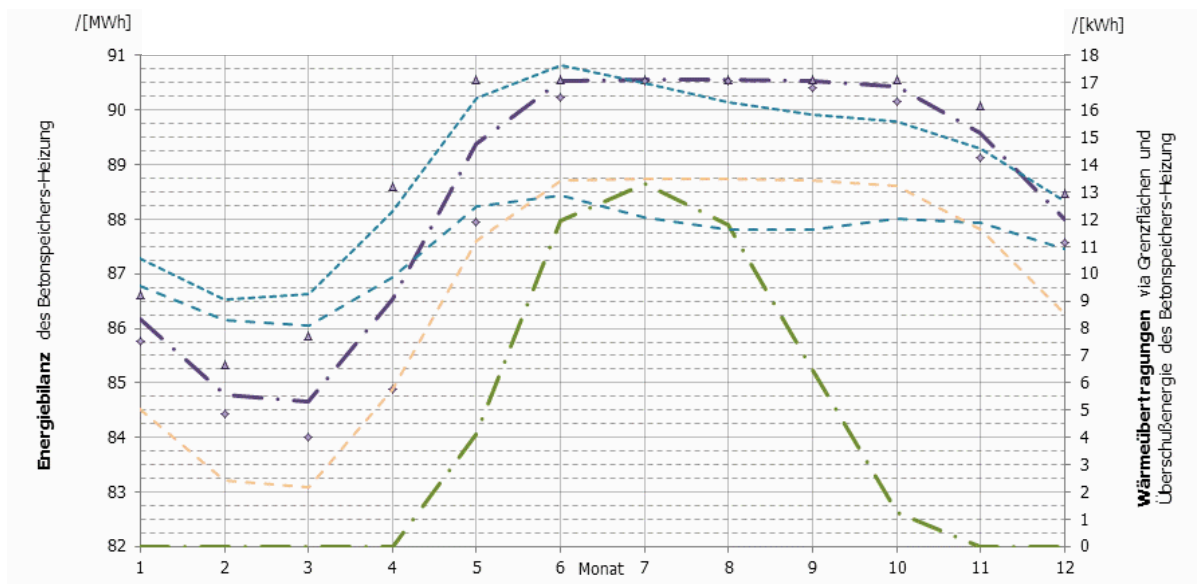


Abb. 4-11: Jahrgänge der Energieflüsse des Betonspeichers Heizung Hohe Warte Wien

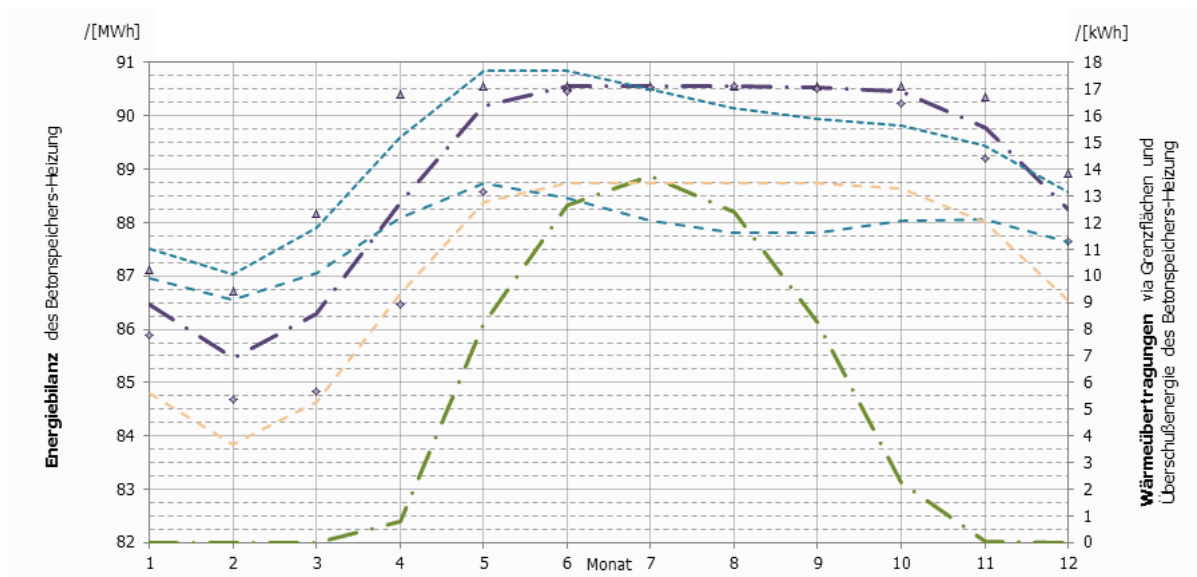


Abb. 4-12: Jahrgänge der Energieflüsse des Betonspeichers Heizung Klagenfurt

Die Transmissionswärmeverluste aus dem Heizungsspeicher durch Wärmeübertragung durch die Grenzflächen sind in der rechten Ordinate dargestellt und bewegen sich in einem Bereich von ca. 3.500 - ca. 17.500 Wh Wärmeverluste pro Tag. Das entspricht einem Bereich von ca. 0,04 ‰ bis 0,2 ‰ bezogen auf den maximalen energetischen Ladezustand des Betonspeichers Raumwärme. Auswirkungen der Abwärme aus dem Betonspeicher gegenüber dem Modellgebäude werden im Kapitel 4.8.1 untersucht.

4.7 Energiebilanzierung (monatliche Referenzwerte)

Im Folgenden werden die energetischen Speicherzustände der Betonspeicher in Bezug auf die energetischen Abgänge in Form von Diagrammen dargestellt. Die folgende Tab. 4-14 bildet die Grundlage für die sowohl tabellarisch als auch in Form von Diagrammen dargestellten Ergebnisse.

Tab. 4-14: Legende für die Tab. 4-15 und Tab. 4-16

Lfd. Nr	Kürzel	phys. Einheit	Bezeichnung	Gleichung Nr.
1	$Q_{\text{PRIM BS}}$	[kWh]	Verfügbare Energie "Primärkreise" Betonspeicher Warmwasserwärme und Raumwärme	4.6
2	$E_{\text{BS WWW}}$	[kWh]	Energiebilanz des Betonspeichers Warmwasserwärme	4.14
3	$\Theta_{\text{BS WWW}}$	[°C]	monatliches Temperaturmittel des Betonspeichers Warmwasserwärme	4.11, 4.13
4	$Q_{\text{BS WWW}, 6}$	[kWh]	Transmissionswärme-Verluste durch Wärmeübertragung via horizontaler Grenzfläche des Betonspeichers Warmwasserwärme an die Erde	4.13d
5	$Q_{\text{BS WWW}, 5}$	[kWh]	Wärmeübertragung via horizontaler Grenzfläche des Betonspeichers Warmwasserwärme in den Betonspeicher Raumwärme oben	4.13c
6	$Q_{\text{BS WWW}, 1-4}$	[kWh]	Wärmeübertragung via vertikaler Grenzfläche des Betonspeichers Warmwasser in den Betonspeicher Raumwärme	4.13b
7	WWWB	[kWh]	Energie für den Warmwasserwärmebedarf	ECO-TECH
8	$Q_{\text{BS WWW BS RW}}$	[kWh]	gesteuerte Wärmeübertragung (aktive Abschöpfung) der Überschußenergie aus dem Betonspeicher Warmwasser an den Betonspeicher Raumwärme	4.14b
9	$E_{\text{BS RW}}$	[kWh]	Energiebilanz des Betonspeichers Raumwärme	4.15a
10	$\Theta_{\text{BS RW}}$	[°C]	monatliches Temperaturmittel des Betonspeichers Raumwärme	4.12, 4.13
11	$Q_{\text{BS RW}, 5}$	[kWh]	Verluste der Wärmeübertragung via horizontaler Grenzfläche des Betonspeichers Raumwärme an die Erde	4.13g
12	$Q_{\text{BS RW}, 1-4}$	[kWh]	Verluste der Wärmeübertragung via vertikaler Grenzfläche des Betonspeichers Raumwärme an die Erde	4.13f
13	$Q_{\text{BS RW}, 6}$	[kWh]	Wärmeübertragung via horizontaler Grenzfläche des Betonspeichers Raumwärme an die Fußbodenkonstruktion	4.13h
14	RWB	[kWh]	Heiz- bzw. Raumwärmebedarf lt. ECOTECH	ECO-TECH
15	$Q\dot{U}_{\text{BS}}$	[kWh]	theoretischer Energieüberschuß des Systems	4.15b
16	$Q\dot{V}_{\text{BS}}$	[kWh]	Gesamtverluste aus dem Betonspeicher	4.16
17	$ED_{\text{BS WWW}}$	[kWh]	Energiedefizit des Betonspeichers Warmwasserwärme	-
18	$ED_{\text{BS RW}}$	[kWh]	Energiedefizit des Betonspeichers Raumwärme	-

Tab. 4-15: Statistische Auswertung der monatlichen Energiezustände, -flüsse und Temperaturkennwerte der Modellergebnisse für Wien, Hohe Warte

Referenzmittelwerte																		
	Q _{PR,IM,BS}	E _{BS,WWW}	Θ _{BS,WWW}	Q _{BS,WWW,6}	Q _{BS,WWW,5}	Q _{BS,WWW,1-4}	WWWB	Q _{BS,WWW,BS,RW}	E _{BS,RW}	Θ _{BS,RW}	Q _{BS,RW,5}	Q _{BS,RW,1-4}	Q _{BS,RW,6}	RWB	Q _{Ü,BS}	Q _{V,BS}	ED _{BS,WWW}	ED _{BS,RW}
Monat	[kWh]	[kWh]	[°C]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[°C]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Jan	162	241067	42,9	102	29	22	160	0	2671167	33,4	327	296	157	1190,6	0	724	8455	0
Feb	787	222376	46,8	108	51	39	144	74	2395433	28,5	256	235	68	495	0	598	6259	2309
Mar	2308	256831	63,6	172	108	83	160	1530	2624747	28,0	288	252	68	75,4	0	712	671	7483
Apr	3976	250989	66,9	177	95	73	154	3474	2595891	34,7	368	296	172	0,9	2	841	0	197
Mai	5395	259405	67,0	181	68	52	160	4932	2770614	44,8	510	387	348	0	1275	1078	0	0
Jun	5544	251050	67,0	171	53	41	154	5124	2715680	48,9	530	386	402	0	3577	1087	0	0
Jul	5865	259412	67,0	172	55	42	160	5436	2807270	49,0	526	374	418	0	4118	1072	0	0
Aug	5362	259415	67,0	167	55	42	160	4939	2807262	49,0	506	360	418	0	3659	1032	0	0
Sep	3531	250991	66,9	159	53	41	154	3127	2716056	48,9	476	348	403	0	1937	983	0	0
Okt	1771	259125	66,6	163	55	42	160	1362	2803115	48,5	484	373	410	8	393	1019	0	0
Nov	333	248484	63,5	150	53	41	154	101	2687784	45,6	438	357	349	559,5	0	945	5	0
Dez	57	248767	53,0	127	40	31	160	0	2727960	39,9	393	339	266	1101,7	0	860	1892	0
Jahr	35091	250659	61,5	1849	714	550	1880	30099	2693582	41,6	5101	4002	3478	3431	14960	10951	17281	9989

Tab. 4-16: Statistische Auswertung der monatlichen Energiezustände, -flüsse und Temperaturkennwerte der Modellergebnisse für Kärnten, Klagenfurt

Referenzmittelwerte																		
	Q _{PR,IM,BS}	E _{BS,WWW}	Θ _{BS,WWW}	Q _{BS,WWW,6}	Q _{BS,WWW,5}	Q _{BS,WWW,1-4}	WWWB	Q _{BS,WWW,BS,RW}	E _{BS,RW}	Θ _{BS,RW}	Q _{BS,RW,5}	Q _{BS,RW,1-4}	Q _{BS,RW,6}	RWB	Q _{Ü,BS}	Q _{V,BS}	ED _{BS,WWW}	ED _{BS,RW}
Monat	[kWh]	[kWh]	[°C]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[°C]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Jan	365	245873	49,2	121	45	35	160	25	2680165	34,4	341	307	174	1088,8	0	769	5007	0
Feb	1476	230953	59,1	142	79	60	144	687	2414008	30,8	285	258	104	272,5	0	685	1693	73
Mar	3135	259230	66,7	182	100	77	160	2583	2675184	33,8	367	314	164	31,9	0	863	2	70
Apr	4018	250990	66,9	177	76	58	154	3550	2651378	41,2	455	365	279	1,2	245	997	0	0
Mai	5385	259402	67,0	181	59	45	160	4938	2795823	47,7	549	418	396	0	2531	1148	0	0
Jun	5568	251047	67,0	171	53	41	154	5148	2716599	49,0	531	388	404	0	3793	1090	0	0
Jul	6017	259420	67,0	172	55	42	160	5588	2807303	49,0	526	374	418	0	4266	1072	0	0
Aug	5546	259420	67,0	167	55	42	160	5123	2807287	49,0	506	360	418	0	3845	1033	0	0
Sep	4095	251008	66,9	159	53	41	154	3689	2716383	48,9	476	349	404	0	2476	984	0	0
Okt	2123	259149	66,6	163	55	42	160	1720	2804101	48,6	485	374	412	4,9	698	1022	0	0
Nov	499	248880	64,0	152	52	40	154	230	2693704	46,3	447	364	360	445,4	5	963	3	0
Dez	147	250767	55,6	135	45	35	160	5	2736100	40,8	406	349	281	1139,3	0	891	1163	0
Jahr	38373	252178	63,6	1921	726	559	1880	33285	2708170	43,3	5375	4218	3814	2984	17860	11515	7869	143

Gegenübergestellt sind in den vorangeführten Tab. 4-15 (Standort Wien, Hohe Warte) und Tab. 4-16 (Standort Kärnten, Klagenfurt) die energetischen Zustände, die Energieeinträge der Solaranlage, die Transmissions- und Wärmeübertragungsverluste, den Warmwasserwärme- und Raumwärmebedarf, den Energieüberschuss, die Energiedefizite in monatlicher Auflösung und die Temperatur Monatsmittel der Betonspeicher Warmwasserwärme und Raumwärme bezogen auf die statische Auswertung in den Tab. 4-5 bis Tab. 4-8.

Die energetischen Werte der vorangeführten Tabellen sind in den folgenden Abb. 4-13 bis Abb. 4-16 (Standort Wien, Hohe Warte und Klagenfurt, Kärnten) visualisiert und zeigen das Ergebnis der energetischen Speicherzustände in monatlicher Auflösung.

4.7.1 Betonspeicher Warmwasserwärme

In den Diagrammen Abb. 4-13 und Abb. 4-14 sind die Wärmeübertragungsverluste ($Q_{BS, WWW, 1-4, 5}$), der Transmissionswärmeverlust ($Q_{BS, WWW, 6}$) und der Verlust durch Abgabe auf der linken Ordinate in [kWh] dargestellt. Auf der rechten Ordinate ist der Solare Ertrag ($Q_{PRIM, BS}$) und der Überschuss ($Q_{BS, WWW, BS, RW}$), der an den Betonspeicher Raumwärme eingespeist wird, in [MWh] eingetragen.

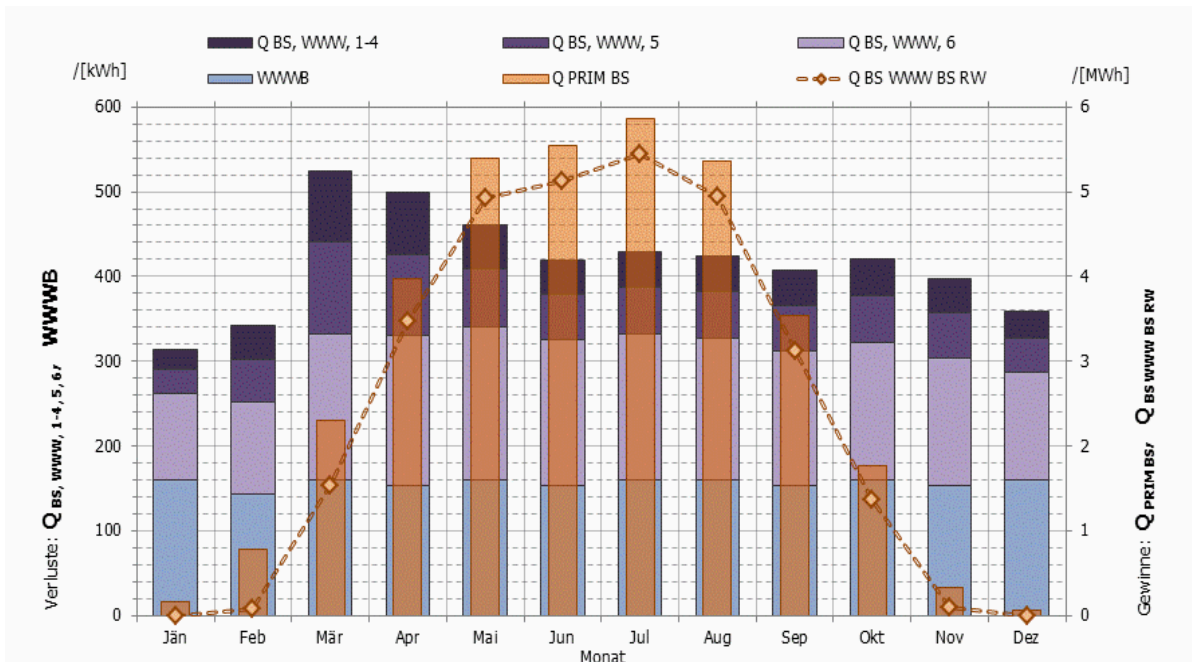


Abb. 4-13: Jahrgang des Betonspeichers Warmwasserwärme Wien, Hohe Warte

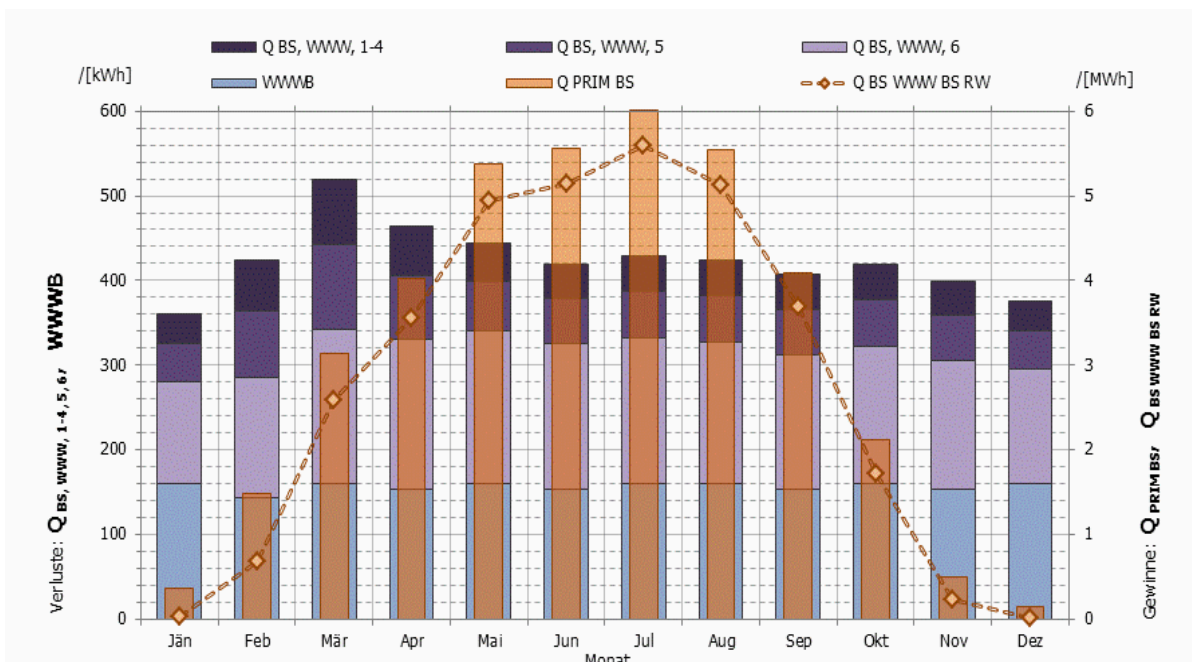


Abb. 4-14: Jahrgang des Betonspeichers Warmwasserwärme Kärnten, Klagenfurt

Die Speichereinträge sind an der Länge der orangenen Säulen zu erkennen. Der solare Eintrag, der im Warmwasserwärmespeicher verbleibt, ist jedoch die Differenz zwischen Gesamtertrag und dem Ertrag, der in den Raumwärmespeicher überführt wird. Diese Differenz ist in den Diagrammen zwischen der gelben Raute und dem oberen Ende der Säulen dargestellt. Der Großteil der solaren Erträge wird somit an den Raumwärmespeicher abgeführt, um die Raumwärme im Winter bereitstellen zu können.

Den solaren Erträgen gegenüber stehen die Verluste durch die Abgabe in Form von Warmwasserwärme, die in der Abbildung hellblau, mit annähernd gleich hohen Säulen dargestellt ist. Der Warmwasserbedarf verhält sich über das Jahr gleich. Die Anzahl der Tage je Monat ändern die Höhe der Balken.

Die Verluste durch Wärmeübertragung gekennzeichnet durch die dunkelvioletten Säulen steigen im Jänner bis März signifikant an. Das Verhalten begründet sich durch die steigende Betonspeicher Temperatur $\Theta_{BS\ WWW} = 42,9^{\circ}\text{C}$ im Jänner bis $63,6^{\circ}\text{C}$ im März (Standort Wien) im Warmwasserwärmespeicher. Die, durch die Heizsaison bedingten, geringen Temperaturen $\Theta_{BS\ RW} = 33,4^{\circ}\text{C}$ im Jänner bis $28,0^{\circ}\text{C}$ im März (Standort Wien) im Betonspeicher Raumwärme ergeben ein großes Temperaturgefälle und haben daher entsprechend große Abkühlverluste aus dem Warmwasserwärmespeicher zu Folge. Diese Verluste aus dem Betonspeicher Warmwasserwärme werden durch diese Speicherlösung jedoch dem Raumwärmespeicher gutgeschrieben und sind daher nicht als Verluste aus dem System anzusehen.

Auch steigen die Transmissionswärmeverluste gegen Erde, in den Diagrammen hellviolett dargestellt. Wie auch bei den Wärmeübertragungen in diesen Monaten begründet sich der höhere Verlust durch die Temperaturzunahme im Warmwasserwärmespeicher und die um diese Jahreszeit tieferen Erdtemperaturen. Eine Aufladung des umgebenden Erdkörpers wurde bei der Berechnung nicht berücksichtigt.

Gegenüber dem Betonspeicher Warmwasserwärme am Standort Wien hat der Betonspeicher am Standort Klagenfurt größere Übertragungsverluste in diesem Zeitraum. Die Grenztemperaturdifferenzen sind niedriger, jedoch ladet der Warmwasserwärmespeicher durch die besseren Globalstrahlungssummen schneller und arbeitet daher früher in einem höheren Temperaturniveau. Die Betonspeicherwarmwasserwärme Temperaturen bewegen sich zwischen $\Theta_{BS\ WWW} = 49,2^{\circ}\text{C}$ im Jänner bis $66,7^{\circ}\text{C}$ im März (Standort Klagenfurt). Im Betonspeicher Raumwärme bewegen sich die Temperaturen zwischen $\Theta_{BS\ RW} = 34,4^{\circ}\text{C}$ im Jänner bis $33,8^{\circ}\text{C}$ im März (Standort Klagenfurt).

Die Globalstrahlungssummen bewegen sich zwischen April und August annähernd gleich, jedoch sind in der Übergangszeit und Heizsaison in Klagenfurt, Kärnten die Werte gegenüber dem Standort Wien besser. Die größten Unterschiede zeigen sich gerade in der Heizsaison von Dezember bis Februar, wo die Werte um mehr als die Hälfte differieren.

4.7.2 Heizungsspeicher

In den Diagrammen Abb. 4-15 und Abb. 4-16 sind die Transmissionswärmeverluste ($Q_{BS, RW, 1-4, 6}$), der Wärmeübertragungsverlust ($Q_{BS, RW, 6}$), und der Verlust durch Abgabe an die Heizung (RWB), der bereits in der Tabelle um den Wärmeübertragungsverlust aus dem Betonspeicher raumwärme gemindert wurde, auf der linken Ordinate in [MWh] dargestellt. Auf der rechten Ordinate ist der Solare Ertrag ($Q_{PRIM, BS}$) und der ungenutzte Überschuss ($Q_{Ü, BS}$), der durch Abkühlung verloren wird, in [MWh] eingetragen.

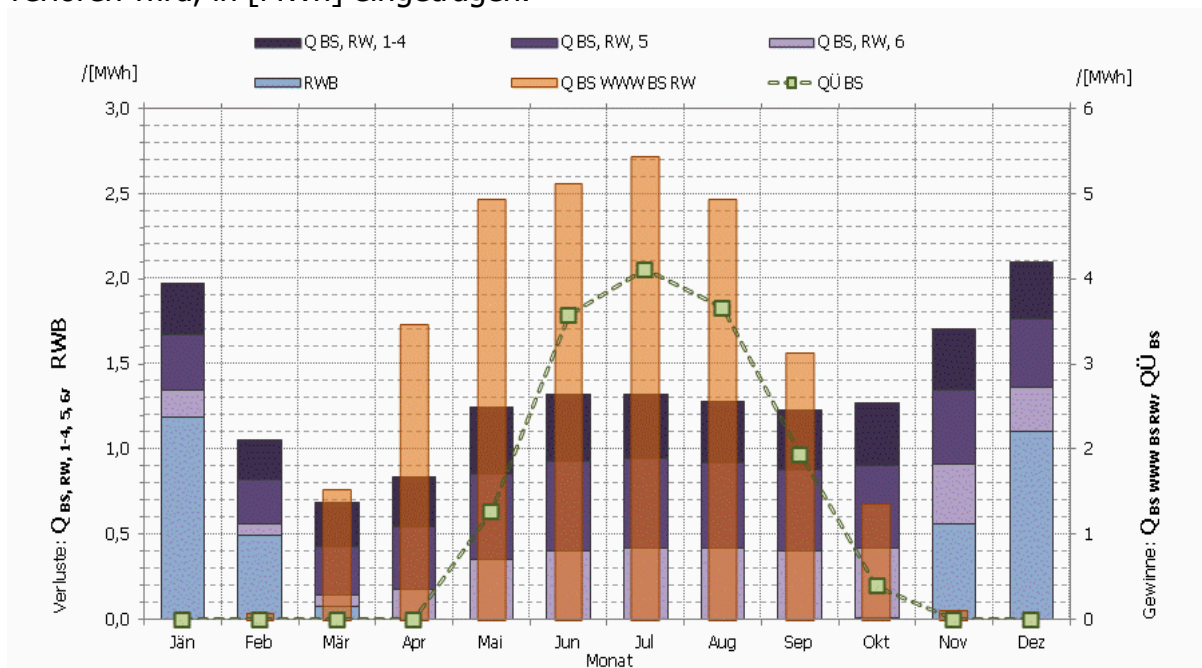


Abb. 4-15: Jahrgang des Betonspeichers Raumwärme Wien, Hohe Warte

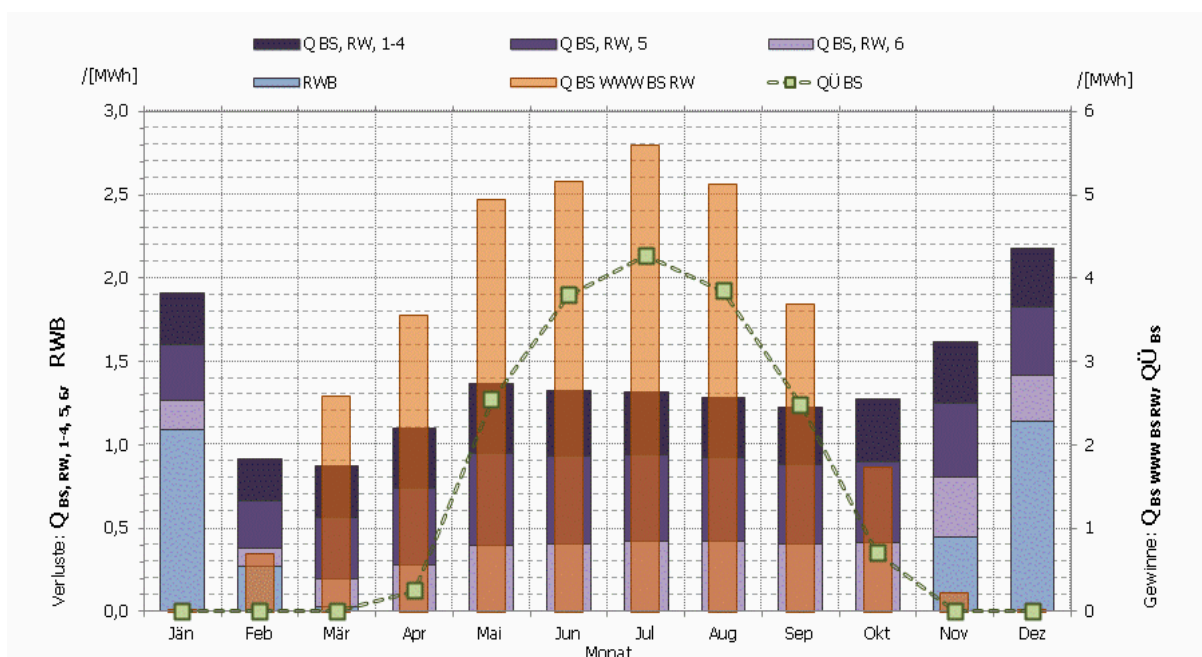


Abb. 4-16: Jahrgang des Betonspeichers Raumwärme Kärnten, Klagenfurt

Beim Betonspeicher Raumwärme sind wie bei den Abbildungen des Warmwasserwärmespeichers die Solaren Erträge gegenüber den Abgabe-, Transmissionswärme- und Übertragungsverlusten dargestellt. Die Differenz zwischen den Erträgen, die durch den Warmwasserwärmespeicher nicht genutzt werden konnten und dem Solaren Überschuss werden im Diagramm zwischen den grünen Quadraten und dem oberen Säulenende erkennbar und stellen den genutzten solaren Eintrag des Raumwärmespeichers dar.

Die Spitze der solaren Überdeckung ist zwischen April und Oktober im Juli zu erkennen und weist einen Wert von ca. 4.100 kWh/mo im Mittel aus. Dieses ungenutzte Überangebot an solarer Wärme könnte zum Beispiel:

- für eine Warmwasserbereitung einer nahegelegenen Wohnhausanlage oder
- für eine Schwimmbaderwärmung oder
- für die Wärmebereitstellung in eine Energiesenke gespeichert werden und über eine Wärmepumpe bei Bedarf „veredelt“ und nutzbar gemacht werden.

Dieser mögliche Überschuss wird bei der Anlage durch Begrenzung der Speicherladung mit einer maximalen IST- Temperatur von $\Theta_{BS\ RW\ MAXIMUM} = 49^{\circ}\text{C}$ des Betonspeichers Raumwärme nicht genutzt.

Die Verluste verhalten sich ähnlich der aus dem Warmwasserwärmespeicher. Durch die größere Kontaktfläche zur Erde findet der Energieaustausch in anderen Größenordnungen statt. Dem Raumwärmebedarf wurden einerseits die Verluste aus dem Betonspeicher abgezogen, jedoch auf der anderen Seite wirkt sich dieser Verlust als Belastung für den Kühlbedarf aus. Betrachtet wurden in den Diagrammen die energetischen Speicherzustände und daraus folgernd der Verlust in Form von Abgang durch Deckung des Raumwärmebedarfs und Speicherverlust durch Wärmeübertragung im Diagramm hellblau dargestellt.

Vergleicht man die Abbildungen an beiden Standorten so ist auch beim Betonspeicher der Raumwärmebereitstellung zu erkennen, dass die solaren Erträge am Standort Klagenfurt in den Monaten Februar und März wesentlich höher sind als am Standort Wien, Hohe Warte.

4.8 Systembetrachtung aus den Rechenergebnissen

4.8.1 Wärmeverluste aus dem Speicher

Untersucht wird der Einfluss der Abwärme aus dem Heizungsspeicher auf den Heizwärmebedarf auf Basis der Datenauswertung Wien Hohe Warte in Bezug auf die Tab. 4-5 und Tab. 4-6.

Die Transmissionswärmeverluste aus dem Heizungsspeicher erwärmen den umgebenden Gründungsbereich. Diese in der umgebenden Erde gespeicherte „Abwärme“ wurde in der Modellrechnung nicht berücksichtigt.

Die Transmissionsverluste aus dem Speicher gegenüber dem Wohnbereich wurden in einer monatsbezogenen Minderung des Heizwärmebedarfs in der Modellierung berücksichtigt (s. Tab. 4-17). In der folgenden Betrachtung wird mit den mittleren Monatswerten gerechnet.

Tab. 4-17: Heizwärmebereitstellung aus dem Betonspeicher

Monat	Heizwärme- bedarf Q_h ¹ [kWh]	Wärmeübertragung aus Betonspeicher ² $Q_{BS, RW, 6}$ [kWh]	Erforderliche Heizwärmebereitstellung aus dem Speicher [kWh]
Jänner	1.190,6	156,6	1.034,0
Februar	495,0	68,3	426,7
März	75,4	67,5	7,9
April	0,9	172,5	0,0
Mai	0,0	347,5	0,0
Juni	0,0	402,4	0,0
Juli	0,0	417,9	0,0
August	0,0	417,9	0,0
September	0,0	403,1	0,0
Oktober	8,0	409,9	0,0
November	559,5	348,9	210,6
Dezember	1.101,7	265,6	836,1
Jahr	3.431,2	3.478,2	2.515,2

¹lt. ECOTECH s. Anhang Abb. 8-20 Standortwerte Wien Hohe Warte

²s.Gleichung 4.13 h

Der Transmissionsverlust in Form von Wärmeübertragung aus dem Betonspeicher Raumwärme an den Wohnraum über den gesamten jahresverlauf entspricht dem Heizwärmebedarf in der Heizsaison. Durch den Abwärmeverlust aus dem Heizungsspeicher sind bereits ca. 73 % des Heizwärmebedarfs gedeckt (s. Anhang Energieausweis). Der Einfluss der Abwärme aus dem Betonspeicher in Bezug auf den Heizwärmebedarf ist einerseits für das Wärmeabgabesystem und andererseits für den Kühlbedarf im Sommer zu berücksichtigen.

Der Einfluss des Betonspeichers auf den Kühlbedarf wird in der Arbeit nicht behandelt. Vor Realisierung des Projektes ist der Kühlbedarf in Verbindung mit der Abwärme aus dem Betonspeicher Raumwärme nachzuweisen.

Die Raumtemperatur darf lt. ÖNORM B 8110-5 den Maximalwert von 26°C im Wohnraumbereich nicht übersteigen. Die Oberflächentemperatur der Fußbodenkonstruktion ist gem. DIN EN 1264 Teil 2 begrenzt (nach Brugman, 2009).

Diese zonenabhängigen Grenztemperaturen betragen für die

- Aufenthaltszone 29 °C,
- Randzone 35 °C und
- Bäder 33 °C.

Diese Grenztemperaturen sind ggf. durch Steuerung der IST- Temperatur des Betonspeichers-Raumwärme einzuhalten. Auch diese Untersuchung ist vor Realisierung dieses Projektes zu prüfen und wird in der Arbeit nicht behandelt.

4.8.2 Solarerträge Modellrechnung, Get Solar, ECOTECH

Um die Solarerträge der zwei Programme Get- Solar und ECOTECH mit der Modellrechnung vergleichen zu können, sind die Ausgangsparameter zu prüfen. Da beide Rechenprogramme Wasser als Speichermedium vorsehen, sind die Speichermassen vom Warmwasserwärmespeicher und vom Raumwärmespeicher über die spezifische Wärmespeicherkapazität vom Sand/ Kies- Beton auf die Masse des Wassers umzurechnen.

Ausgehend von der Tabelle mit den Parametern zur Modellrechnung aus Tab. 4-3 und der Tabelle zur Bestimmung des Betonvolumen für den Warmwasserspeicher Tab. 3-3 und der Gleichung 3.8 wird das Speichervolumen unter Berücksichtigung von normalen Druckbedingungen und einer mittleren Speichertemperatur von Temperatur von 45°C in Form von Wasser bestimmt.

Tab. 4-18: Grundparameter für den Vergleich der Solarerträge

Speichermedium	Einheiten	Beton (Sand- / Kiesbeton)	Wasser ¹
Wärmespeicherkapazität c	[kJ/(kg K)]	1,08	4,18
Dichte ρ	[kg/m ³]	2.250	990
Warmwasserwärmespeicher	[kg]	82.013	20.660
m _{BS WWW}	[m ³]	36,45	20,869
Raumwärmespeicher	[kg]	937.062	238.747
m _{BS RW}	[m ³]	416	241,159
Speichermasse Summe	[kg]	1.019.075	259.407

¹)990 kg/m³ (1013 mbar Normaldruck bei 45°C)

Standort: Wien Hohe Warte, geogr. Breite 48,3 °
 Kollektoren: Vakuumröhren mit 60m² Aperturfläche
 Anstellwinkel: 40° /180° Süd

Tab. 4-19: Vergleich der Solarerträge unterschiedlicher Quellen

Referenzmittelwerte	$Q_{PRIM\ BS}$	Solarertrag lt. Get Solar	Solarertrag lt. ECOTECH
Monat	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Jan	162	1319	432
Feb	787	2431	255
Mar	2308	3520	952
Apr	3976	4627	3937
Mai	5395	5903	5056
Jun	5544	5284	5052
Jul	5865	4732	5212
Aug	5362	3553	4889
Sep	3531	3020	3825
Okt	1771	2139	2046
Nov	333	674	250
Dez	57	491	397
Jahr	35091	37693	32303

Bei der Eingabe sind in beiden Solarthermie- Programmen die Speichergrößen und die Art der Einspeicherung auszuwählen (s. Abb. 8-22 bis Abb. 8-24). Bei Get Solar wurde ein Zwei- Speichersystem gewählt. Bei ECOTECH konnte die Trinkwassererwärmung der Heizwärmebereitstellung bevorrangt eingegeben werden. Der Konversionsfaktor war bei Get Solar änderbar und wurde mit $\eta_{0\ eff.} = 0,8$ gemäß der Modellrechnung angesetzt.

Die Summen der solaren Erträge bewegen sich in einem Bereich von ca. 5.000 kWh, wobei die Modellrechnung ein Ergebnis innerhalb der beiden Programmresultate ausweist. Das Speichersystem hat entscheidenden Einfluss auf die Verwertung der solaren Erträge.

Auf Grund der unterschiedlichen Eingabeparameter und der nicht verifizierbaren Datengrundlage der implementierten Eingangsparameter ist die alleinige Verwendung eines Programmes als Basis für eine Projektauslegung nicht zu empfehlen.

5 Zusammenfassung, Schlussfolgerung

Die Abkehr von fossilen Energieträgern impliziert die Entwicklung neuer Energiestrukturen und Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen für eine effiziente Erschließung nachhaltiger Energiesysteme. Die Herausforderung regenerative Energien in modernen Gebäudesystemen nutzen zu können, definiert sich in der effizienten Speicherung von Wärmeenergie. Das Bestreben Langzeitspeichermodelle zu entwickeln begründet sich darin, das sommerliche Überangebot an Sonnenenergie für den Winter nutzbar zu machen. Voraussetzung für das Verwirklichen eines Langzeitspeichersystems für die Wärmebereitstellung eines Gebäudes ist ein geringer Heizwärmebedarf (HWB), welcher durch entsprechende Gebäudedämmung, durch Gebäudegeometrie, Winddichtheit, durch wärmebrückenfreie Detailausbildungen, durch entsprechend große und qualitativ hochwertige Fenster sowie auch durch ein kontrolliertes Lüftungssystem sichergestellt werden kann.

Bei den Versuchen Langzeitwärmespeicherkonzepte zu realisieren wurden wie eingangs vorgestellt unter hohen finanziellen Aufwand Deckungsraten von ca. 32 bis 65 % erzielt. Um den saisonalen Warmwasserwärme- und Heizwärmebedarf eines Wohngebäudes ausschließlich mit Sonnenenergie bereitstellen zu können, bedarf es großer Speicherkapazitäten und eines gut abgestimmten, temperaturdynamischen Speicherkonzeptes. Um ein System dieser Art effizient betreiben zu können, besteht die Hauptaufgabe darin, die drei Hauptakteure, den Nutzer, die solarthermische Anlage und das Speicherkonzept als auch das Speichermedium im Zusammenwirken zu betrachten und zu analysieren.

Gegenstand dieser Arbeit war es den Endenergiebedarf eines Modellgebäudes durch Bauteilaktivierung bzw. Langzeitwärmespeicherung zu minimieren. Durch iteratives Prüfen mit Software-Programmen (Get-Solar und ECOTECH) wurde die Solaranlage mit 60 m² Vakuumröhrenkollektoren gewählt. Auf Grund der unterschiedlichen Temperaturniveaus und Wärmeanforderungen wurden zwei Betonspeicher, (Warmwasserbereitung und Raumwärmebereitstellung) die gegeneinander thermisch entkoppelt sind, innerhalb der Fundamentplatte vorgesehen. Einerseits wurde das Betonspeichervolumen über den Warmwasserwärmebedarf und andererseits über den Heizwärmebedarf iterativ mit den Gebäuderechenprogrammen Get-Solar und ECOTECH als auch über einen Warmwasserwärmebedarfs Deckungszeitraum angenommen. Daraus wurde ein Betonspeichervolumen bezogen auf die geometrische Ausdehnung der Fundamentplatte bestimmt. Um den Rechenansatz der Modellrechnung möglichst allgemein zu halten, war die Grundintention nur über die Fundamentplattendicke die saisonale solare Deckung eines Gebäudes zu erreichen. Der Betonspeicher unter dem Modellgebäude wurde mit einer Dicke von drei Meter angenommen und untersucht.

In dieser Arbeit wurde ein Betonspeicherkonzept für ein eingeschossiges Einfamilienhaus dimensioniert und anhand von geprüften, vollständigen Klimadaten mit der erstellten Modellrechnung in EXCEL über vier Dekaden bilanziert. Die Standorte sind Hohe Warte, Wien und Klagenfurt, Kärnten. Das Ergebnis ist eine Analyse der Temperatur- und Energiezustände im Betonspeicher für Warmwasserwärme- wie auch im Betonspeicher für Raumwärmebereitstellung sowohl in Tagesauflösung als auch in Form einer Monatsbilanzierung. Im Zusammenhang mit einem Speichersystem dieser Art sind ein Lüftungs- und Beschattungskonzept, der Kühlbedarf, die Fußbodenoberflächentemperaturen als auch die Raumtemperaturen unter Einflussnahme der Wärmeübertragung aus dem Betonspeicher zu untersuchen. Die Wärmeübertragung innerhalb der Speicher, die bei dieser Arbeit sowohl für den Betonspeicher Warmwasserwärme als auch für den Betonspeicher Raumwärme mit 7°C angenommen wurde, ist zu überprüfen.

Trotz der großen Betonspeicherkubaturen konnte eine Abdeckung des Warmwasserwärmebedarfs an beiden Standorten nicht nachgewiesen werden. Ausgehend von einer minimalen Bereitstellungstemperatur von 50°C wurde unter Berücksichtigung von Übertragungsverlusten innerhalb des Betonspeichers von 7°C, die minimale Temperatur des Warmwasserwärmespeichers mit 57°C angenommen. Durch den geringen Temperaturunterschied zwischen Wärmebereitstellung mit einer Minimalen Temperatur von 57°C und der angenommenen maximalen Temperatur des Betonspeichers für die Warmwasserwärmebereitstellung von 67°C ist eine unzureichende Energiemenge für die Warmwasserbereitung speicherbar. Der Betonspeicher Warmwasserwärme am Standort Wien hat eine Unterdeckung von 22% der Tage des untersuchten Zeitraumes ausgewiesen. Der Standort Klagenfurt hat eine Unterdeckung von 13.8% der untersuchten Tage ausgewertet. Eine Warmwasserbereitung in dieser Form kann daher bei den getroffenen Annahmen entweder in Ergänzung einer Nachheizung (z.B. ein Speichersystem mit einer E- Heizpatrone, mit einem Durchlauferhitzer oder einer Wärmepumpe mit Unterstützung des Betonspeichers Warmwasserwärme) betrieben werden. Weitere Ansätze für die Verbesserung der Deckung des Warmwasserwärmebedarfs sind:

- Heben der maximalen Speichertemperatur des Betonspeichers Warmwasserwärme,
- Erhöhung der Dämmstoffstärke des Betonspeichers gegen Erde speziell unterhalb des Warmwasserspeichers,
- Im Modell wurde für die Solaranlage ein Anstellwinkel von 40 ° angesetzt. Um die direkte Strahlung der Wintermonate besser nutzen zu können besteht die Möglichkeit den Energieeintrag zu steigern, indem die Kollektorfelder steiler montiert werden,
- Eine größere Flächendimensionierung der solarthermischen Anlage in Verbindung der Speicherdimensionierung,
- Verminderung der Wärmeverluste der Einspeiseleitung von den Solar-kollektoren zum Warmwasserspeicher.



Der Raumwärmebedarf konnte unter Berücksichtigung der gewählten und berechneten Parametern am Standort Wien mit 99,9% und am Standort Klagenfurt zu 100% nachgewiesen werden. Im Gegensatz zur Warmwasserbereitung konnte für die Raumwärmebereitstellung eine Deckung mit dieser Speicherauslegung und mit den getroffenen Annahmen nachgewiesen werden.

Mit Hilfe des erstellten Rechenmodells ist es möglich das Betonspeichervolumen für Wohngebäude iterativ anzunehmen und die Deckung durch Nachweis der Speichertemperaturverteilung und durch die Betonspeicherbilanz rechnerisch zu überprüfen. Erforderlich ist jedoch eine detaillierte Grundlagenermittlung der Untersuchung voranzustellen. Die Komplexität der einflussnehmenden Parameter ist umfangreich, wobei durch die Untersuchung der Einfluss einzelner Annahmen als signifikante Schaltstellen erkannt wurde. Großen Einfluss auf das System nehmen die Gebäudedämmung, der Betonspeicher und dessen Wärmeisolierung in Abstimmung mit der Solarthermie- Anlage, Rohrleitungsverluste der solarthermischen Anlage als auch der Warmwasserwärme- und Heizwärmebedarf sowie die angenommenen Temperaturniveaus der Betonspeicher für ein Gebäudesystem dieser Art.

Um die fossilen Energieträger aus den bestehenden Energiekonzepten durch regenerative Systeme abzulösen gebietet es sich weiterführende Forschungs- und Entwicklungsarbeit im Bereich der Speichertechnologien zu leisten.

6 Verzeichnisse

6.1 Literaturverzeichnis

- Adam, D. (2007): Effizienzsteigerung durch Nutzung der Bodenspeicherung, (Ring)- Vorlesung „Ökologie“, Institut für Grundbau und Bodenmechanik, Technische Universität Wien
- AGES, (2005): Kontrolle und Prävention der reiseassoziierten Legionärskrankheit, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH in Zusammenarbeit mit Bundesministerium für Gesundheit und Frauen (BMGF) und Medizinische Universität Innsbruck, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit, Spargelfeldstraße 191, 1226 Wien, http://www.ages.at/uploads/media/Leitlinie_Legionellen_07.pdf, abgerufen am 28.04.2012, um 14.20 Uhr
- Al-Addous, M. (2006): Berechnen der Größe von Wasserspeichern zum saisonalen Speichern von Wärme bei der ausschließlichen Wärmeversorgung von Häusern mit Solarkollektoren, Dissertation an der Fakultät für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg, Freiberg, 2006
- Austria Solar (2011): Roadmap 2020, Austria Solar - Verein zur Förderung der thermischen Solarenergie, 1060 Wien, Mariahilferstraße 89/22, Österreich, <http://www.solarwaerme.at/Austria-Solar/> abgerufen am 28.01.2012 um 14.00 Uhr
- Biermayr, P. (2011): Erneuerbare Energien in Zahlen, die Entwicklung erneuerbarer Energie in Österreich im Jahr 2009, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Abt. V/10, Umwelt und Wasserwirtschaft, Stubenring 1, 1012 Wien, von www.lebensministerium.at, Erneuerbare Energie in Zahlen 2010_web.pdf, abgerufen am 13.02.2012, um 13.20 Uhr
- Bine Informationsdienst (2010): Thermochemische Speicher, Projektinfo 2/01, Fachinformationszentrum Karlsruhe, http://www.cleaner-production.de/fileadmin/assets/pdfs/Externe_Projektbeschreibungen/Thermochemische_Speicher.pdf, abgerufen am 07.04.2012 um 20:40 Uhr
- Bongard, J. (2010): Präsentation KUBOX- Oldenburg Bauträger KUBUS- Immobilien, Norddeutschland, SBK-Wirtschaftsberatung GmbH., Joachim Bongard, René-Magritte-Promenade 11, 50858 Köln, Tel. 0221-99226650, <http://www.das-baudenkmal.de/denkmalerschutz/immobilien/Oldenburg/Kubox-Appartements>, abgerufen am 02.03.2012 um 23.40 Uhr
- Brugmann (2009): The Essence of Warmth, Technik Juni 2009, The Heating Company Germany GmbH Offenbergweg 5, 48432 Rheine Internet: www.brugman.de http://www.brugman.net/fileadmin/de/documenten/downloads/THB_Fussbodenheizung.pdf, abgerufen am 04.05.2012 um 14.15 Uhr
- Cervený M. (2010): ÖGUT, Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik bei der Fachtagung „Wie sicher ist die Rohstoffversorgung für die Energietechnologien der Zukunft?“ am 11. Oktober 2010 in Wien, <http://www.youtube.com/watch?v=sZfEAverOLs>, abgerufen am 13.02.2012 um 13.30 Uhr
- Dieckmann, J. (2008): Energiespeicherbeton - ein Beton mit integriertem Latentwärmespeicher material, Bauphysik, Deutschland, Fraunhofer IRB- Bibliothek: IRB Z 1354, S. 137 – 142
- Dieckmann, J. H. & Heinrich, H. (2008): Neuer Beton mit hoher Wärmespeicherfähigkeit, ein innovativer „Latentwärmespeicherbeton“ hilft dem Planer effektiv beim nachhaltigen Bauen; Deutsches Ingenieurblatt, Journal 06/08, Deutschland, http://dib.schieleschoen.de/118/12807/dib20806028/Neuer_Beton_mit_hoher_Waermespeicherfaehigkeit_Ein_innovativer_Latentwaermespeicherbeton_hilft_dem_Planer_effektiv_beim_nachhaltigen_Bauen.html; abgerufen am 31.10.2010 um 10.30 Uhr

- ECOTECH, (2010): Rechenprogramm für Warmwasserwärme- und Heizwärmebedarf, Ecotech Trend, der neue Gebäuderechner, Software für Bauphysik und Energietechnik Fa. BuildDesk Österreich GmbH., Kapuzinerstraße 84e, 4020 Linz, www.ecotech.cc
- EnergieAgentur.NRW (2008): Solarsiedlung Steinfurt- Borghorst; 50 Solarsiedlungen für Nordrhein Westfalen; c/o Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, Deutschland; https://services.nordrheinwestfalendirekt.de/broschuerenservice/-download/70269/solars_steinfurt.pdf, abgerufen am 01.01.2012 um 13.20 Uhr
- Energiespeicherbeton Innovationspreis (2010): Die besten Bauwerke mit thermischer Bauteilaktivierung, Zement + Beton Handels und Werbeges. m. b. H., Gruppe Betonmarketing Österreich
- Energiestatus Österreich, (2011): Energiestatus Österreich, Bundesministerium für Wirtschaft und Jugend, Stubenring 1, 1011 Wien, [http://www.bmwfj.gv.at/EnergieUndBergbau/Energieversorgung/Documents/A4_Kern_doppelseitig%22gross%20\(korr\).pdf](http://www.bmwfj.gv.at/EnergieUndBergbau/Energieversorgung/Documents/A4_Kern_doppelseitig%22gross%20(korr).pdf), abgerufen am 23.12.2011 um 12.30 Uhr
- EPBD (2010): die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden vom 19. Mai 2010 (Neufassung), des EU Parlaments und des Rates, Amtsblatt der Europäischen Union <http://www.justiz.gv.at/internet/file/2c94848525f84a630131a971ea184fc3.de.0/geb%C3%A4uderl.pdf;jsessionid=193B9758BC9732951832EF08878C1414>, abgerufen am 05.01.2012 um 13.15 Uhr
- Fechner, J.; Panic, E.& Mairinger, E. (2011): Qualitätspakete für Häuser der Zukunft, Qualitätslinien: Haustechnik, Vakuumdämmung, Innendämmung; Berichte aus Energie- und Umweltforschung 53/2011, aus der Schriftenreihe nachhaltig wirtschaften konkret, Haus der Zukunft, im Auftrag des Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, http://download.nachhaltigwirtschaften.at/hdz_pdf/endbericht_1153_qualitaetspakete.pdf, abgerufen am 06.03.2012 um 12.00 Uhr
- Ferle, A. (2008): Fachvortrag „Keine Heizkosten ein Leben lang?“, ein Forschungsprojekt in Kooperation mit der Donau- Universität, Referent Anton Ferle, Blitzblau Architektur GmbH., Innovative Schritte zur Autarkie, St. Pölten, Österreich, 5. Juni 2008, http://www.aee-now.at/cms/fileadmin/downloads/projekte/Homepageuploads/FT-ISzA_Keine%20Heizkosten.PDF, abgerufen am 22.12.2010 um 13.40 Uhr
- Ferle, A. (2009): Sommerhaus Langenlois, Architekturbüro Blitzblau, <http://www.blitzblau.at/index.php/wohnhaus-in-langenlois-noe.html>, abgerufen am 20.12.2010 um 23:10 Uhr
- Frauenhofer ISE (2000): Sommersonne für den Winter - Saisonaler Wärmespeicher ermöglicht solare Deckung des Heizbedarfs bis zu 100 %, <http://www.solarserver.de/solarmagazin/anlagejan2000.html>, abgerufen am 07.04.2012 um 21:15 Uhr
- GtV-Bundesverband Geothermie (2000): (GtV-BV), dem Einstieg in die faszinierende Welt der Geothermie!, Berlin, Deutschland, <http://www.geothermie.de/wissenswelt/geothermie/einstieg-in-die-geothermie/ursprung-geothermischer-energie-und-geothermischer-gradient.html>, abgerufen am 06.03.2012 um 13.20 Uhr
- Hauer; A. (2011): Thermische Energiespeicher- Stand und Entwicklung, ZAE Bayern, Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung E. V., Walther-Meißner-Str.6, 85748 Garching www.zae-bayern.de Deutschland http://www.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Elementbibliothek/Bibliothek_Politik_und_Verwaltung/Bibliothek_LLFG/dokumente/KoNaRo/veranstaltungsbeitraege/2011/EBMT2011_05102011/Dr_Hauer_05102011_Bernburg.pdf, abgerufen am 23.03.2012 um 14.30
- Ihle, C.; Bader, R. & Golla, M. (2002): Tabellenbuch Sanitär, Heizung, Lüftung, 4.Auflage, Gehlen, Bildungsverlag EINS

- Kaltschmitt; M. & Streicher; N. (2009): Regenerative Energien in Österreich, Grundlagen, Systemtechnik, Umweltaspekte, Kostenanalysen, Potenziale, Nutzung; Viehweg und Teubner, Wiesbaden, Deutschland, S. 127, S. 183
- Kranz, St.; Huenges, E.; Albers, J.; Ziegler, F.; Opel, O.; Ruck, W. K. L.; Bartels, J.; Wolfgramm, M.; Kabus, F. (2009): Aquiferspeicher für die Wärme- und Kälteversorgung von Gebäuden, Statusseminar EnOB 2009: Forschung für energieoptimiertes Bauen, Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Telegrafenberg, 14473 Potsdam, Technische Universität Berlin, Institut für Energietechnik, Marchstraße 2, 10587 Berlin, Leuphana Uni. Lüneburg, Inst. für Ökologie & Umweltchemie, Scharnhorststr. 1/13, 21335 Lüneburg, Geothermie Neubrandenburg GmbH, Seestraße 7A, 17033 Neubrandenburg, Deutschland (2009)
- Laing; D & Tamme; R.(2008): Speichertechnik nicht nur für Solarenergie; 4. Solartagung Rheinland-Pfalz „Klimaschutz durch Sonnenenergie“ 11. September 2008 Institut für Technische Thermodynamik; ; DLR – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Deutschland; <http://www.stoffstrom.org/fileadmin/userdaten/dokumente/Solartagung/Vortraege/Laing.pdf>, abgerufen am 12. 02.2012 um 15.30 Uhr
- Lebensministerium (2011): Energiestrategie Österreich, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft am 12. 10. 2011, <http://www.lebensministerium.at/umwelt/energie-erneuerbar/Energiestrategie.html>, abgerufen am 12.12.2011 um 10.17 Uhr
- Mehling, H. (2001): Latentwärmespeicherung - "Neue Materialien und Materialkonzepte", Forschungsverbund Sonnenenergie, Workshop Wärmespeicherung, 28.-29.05.2001 in Köln
- Mehling, H. (2002): Latentwärmespeicher, BINE Informationsdienst, Themeninfo IV/ 02, Fachinformationszentrum Karlsruhe, Gesellschaft für wissenschaftlich- technische Information mbH, Eggerstein-Leopoldshafen, Deutschland; http://www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Themen-Infos/IV_2002/themen0402internetx.pdf; abgerufen am 25.03.2012 um 22.30 Uhr
- Müller; A. & Biermayr; P. (2010): RaumWärme der Zukunft – Szenarien für eine nachhaltige Wärmebereitstellung in Österreich, Power Point Präsentation, Energy Economics Group (EEG), Technische Universität Wien, www.eeg.tuwien.ac.at
- Naval Oceanography Portal (2000): Complete Sun and Moon Data for One Day for Vienna and Klagenfurt, http://aa.usno.navy.mil/data/docs/RS_OneDay.php, abgerufen am 08.07.2012, um 11.30 Uhr
- Neupert; U, Euting; Th, Kretschmer; Th., Notthoff; C, Ruhlig; K. & Weimert; B.(2009): Energiespeicher Technische Grundlagen und energiewirtschaftliches Potenzial, Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen; Appelsgarten 2, 53879 Euskirchen, Deutschland, Fraunhofer IRB Verlag Stuttgart, S. 14- 19
- OIB - Richtlinie 6 (2011): Energieeinsparung und Wärmeschutz, Österreichisches Institut für Bautechnik, Ausgabe Oktober 2011, <http://www.oib.or.at/> abgerufen am 05.01.2012
- ÖNORM B 5019, 2007: Hygienerrelevante Planung, Ausführung, Betrieb, Wartung und Überwachung und Sanierung von zentralen Trinwasser-Erwärmungsanlagen, ON Österreichisches Normungsinstitut, Austrian Standards Institute, Heinestraße 38, 1020 Wien, <http://www.solarwaerme.at/docs/832.pdf>, abgerufen am 15.03.2012, um 15.30 Uhr
- Paeger J. (2006-2011). Ökosystem Erde Hintergrundinformation. Vom Urknall zum Planeten Erde wie unser Sonnensystem und die Erde entstanden sind. Aus dem Staub geboren – die Entstehung von Sonne und Erde, Jürgen Paeger, <http://www.oekosystem-erde.de/html/sonnensystem.html>, abgerufen am 21.12.2012, 13.15 Uhr
- Pfeil; M. & Koch; H. (2004): Kies/ Wasser- Wärmespeicher Langzeitwärmespeicherung kostengünstig ökologisch; pki. Pfeil & Koch Ingenieure; Stuttgart; Deutschland; http://www.pk-i.de/publikationen/docs/kieswasser_otti_2004.pdf, abgerufen am 30.12.2011 um 13.20 Uhr

- Quaschnig, V. (2009): Regenerative Energiesysteme, Technologie – Berechnung – Simulation, 6. Neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Carl Hanser Verlag, München, Deutschland, S. 36-42, S. 33
- Quaschnig, V. (2010): Erneuerbare Energien und Klimaschutz, 2. aktualisierte Auflage, Carl Hanser Verlag, München, Deutschland, S. 93
- Recknagel; H., Sprenger; E. & Schramek; E.-R. (2009): Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik einschließlich Warmwasser- und Kältetechnik, 74. Auflage, Oldenburg Industrieverlag, München, Deutschland, S. 711
- Reuß; M. (2002): Saisonale Wärmespeicherung im Untergrund – eine Lösung für die effiziente Wärmenutzung auch bei Biogas? ZAE Bayern, Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung, Walther-Meißner-Str. 6, Garching, Deutschland; <http://www.carmen-ev.de/dt/portrait/sonstiges/reuss.pdf>, abgerufen am 23.03.2011 um 23.30
- Reuß; M. (2009): Solare Nahwärme Attenkirchen, ZAE Bayern - Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung, Walther-Meißner-Str. 6, Garching, Deutschland; http://www.kreisfreising.de/fileadmin/docs/SG41/2009/Solare_Nahwaerme_Attenkirchen_-_Kurzbeschreibung_Stand_Feb__2009.pdf, abgerufen am 21.03.2012 um 19:10 Uhr
- Riccabona; Ch. & Mezera; K. (2011): Baukonstruktionslehre 3 mit DVD, Haustechnik, Manz Verlag Schulbuch GmbH, Johannesgasse 23, 1010 Wien, Österreich, S. 34, S. 314
- Rubitherm (2012): Latentwärmespeicher in der Heizungs-, Klima-, Lüftungs- und Sanitärtechnik?, http://www.rubitherm.com/deutsch/pages/04d_lws.htm, abgerufen am 07.04.2012 um 17.30 Uhr
- Schäfer; L. & Hanel; B. (2006): Wärmedämmung von Sanitär- und Heizungsrohrleitungen gegen Energieverluste. – Eine Aufgabe von „gestern“ oder Umsatzsteigerung für den SHK-Fachbetrieb?, Missel-Fachbeitrag, <http://www.ecotec-energiesparhaus.de/Daten/Waermedaemmung-Sanitaer--und-Heizungsrohre-gegen-Energieverluste.pdf>, abgerufen am 07.07.2012 um 17.30 Uhr
- Schmidt; T. & Müller-Steinhagen; H. (2004): Die solar unterstützte Nahwärmeversorgung mit saisonalem Aquifer-Wärmespeicher in Rostock- Ergebnisse nach vier Betriebsjahren beim 5. Symposium Erdgekoppelte Wärmepumpen, 8. Geothermische Fachtagung, Landau in der Pfalz, 10.-12.11.2004, Solar- und Wärmetechnik Stuttgart (SWT), Forschungsinstitut der Steinbeis-Stiftung Stuttgart, Deutschland; <http://www.solites.de/download/literatur/04-07.pdf>, abgerufen am 12.12.2011 um 11.20 Uhr
- Solarwärme (2010): Austria Solar - Verein zur Förderung der thermischen Solarenergie 1060 Wien, Mariahilferstraße 89/22, <http://www.solarwaerme.at/Sonne-und-Energie/Warmwasser/> abgerufen am 25.01.2012 um 12.30 Uhr
- Statistik Austria (2011): Energieeinsatz der Haushalte, Energieträgereinsatz für die Raumheizung 3003- 2010 Mikrozensus Energiestatistik,, erstellt am 12.07.2011, http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energieeinsatz_der_haushalte/index.html#Top, abgerufen am 13.12.2011 um 13.15 Uhr
- Straka; W., Ponweiser; K. & Haider; M (2009): 26. Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien G02 IEWT 2009, der Beitrag der Geothermie, Universität für Bodenkultur, Institut f. Angewandte Geologie, Wien, Technische Universität Wien, Institut f. Thermodynamik und Energiewandlung, Wien. Seite 4 und 6
- Uponor (2009): Praxishandbuch der technischen Gebäudeausrüstung (TGA), Installationssysteme, Flächenheiz- und -kühlsysteme, 1. Auflage, Beuth Verlag GmbH, Berlin, Wien, Zürich, S. 436, S. 517, S. 724 u. S. 780
- Werschy; M. (2010): Sachbericht Technologierecherche Abwärmenutzung im Auftrag der Sächsische Energieagentur - SAENA GmbH, Dresden und ausgeführt durch DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, Leipzig, Deutschland; www.abwaermeatlas-sachsen.de, abgerufen am 12.03.2012 um 7.25 Uhr



- Wind, G (2009): Regenerative Energieen, Skriptum zur Vorlesung an der Fachhochschule Pinkafeld, Günter Wind, Technisches Büro für Physik, 7000- Eisenstadt, Burgenland, Österreich, S.145
- Wienerberger (2012): Das e4 ZIEGELHAUS 2020 - Innovatives Modellhaus für energieeffizientes, nachhaltiges Bauen, <http://www.wienerberger.at/energieeffizientes-bauen/das-e4-ziegelhaus-2020/das-e4-ziegelhaus-2020.html?lpi=1315323360890>, abgerufen am 31.03.2012 um 18:20 Uhr
- WKO, Wirtschaftskammer Österreichs; Niederösterreich (2011): OIB-Richtlinien 2011 veröffentlicht, Österreichisches Institut für Bautechnik (OIB) beschließt neue Fassung http://portal.wko.at/wk/format_detail.wk?angid=1&stid=641621&dstid=951, abgerufen am 09.01.2012 um 12.12 Uhr
- ZAMG (2010): Stellungnahme zum Klimawandel, ZAMG Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, 25. November 2010, http://www.zamg.ac.at/docs/aktuell/ZAMG-Klimastatement_2010.pdf, abgerufen am 16.12.2010 um 13.20 Uhr
- ZAMG (2010): Projekt Sonalp, Interpolationen der Sonnenscheindauer sowie Globalstrahlung in Hinblick auf Klimaänderungen im Alpenraum, ZAMG Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, <http://www.zamg.ac.at/forschung/klimatologie/klimamodellierung/son-alp/>, abgerufen am 16.03. 2010, 14.30 Uhr
- Zement+ Beton Handels- u. Werbeges. m. b. H., (2010): Energiespeicherbeton, Innovationspreis 2010, Die besten Objekte mit thermischer Bauteilaktivierung, Friedrich VDV GmbH & co KG, Wien, Österreich, S. 10

6.2 Abbildungsverzeichnis

ABB. 1-1: ANTEILE DER ERNEUERBAREN ENERGIETRÄGER IN ÖSTERREICH IM JAHR 2009 (BIERMAYR, 2011).....	2
ABB. 1-2: ENERGETISCHER ENDVERBRAUCH NACH VERBRAUCHERZWECKEN IM JAHR 2009 (ENERGIESTATUS ÖSTERREICH, 2011).....	3
ABB. 1-3: ENERGIE- TRÄGEREINSATZ FÜR DIE RAUMHEIZUNG 2003 - 2010 (STATISTIK AUSTRIA, 2011).....	4
ABB. 1-4: DIE ENERGIE-/ KLIMASCHUTZVISION BIS 2050: MINUS 90 % CO ₂ PLUS 100 % BIP (CERVENY, 2010).....	7
ABB. 1-5: ENERGIEEFFIZIENZTABELLE FÜR DEN HEIZWÄRMEBEDARF LT. OIB- RICHTLINIE 6 (NACH OIB, 2011)	8
ABB. 2-1: MONATSBILANZIERUNG DES MODELLGEBÄUDES MIT ECOTECH AM STANDORT WIEN HOHE WARTE	12
ABB. 2-2: FLUSSDIAGRAMM, JAHRESBILANZIERUNG DES MODELLGEBÄUDES (ECOTECH-RECHENPROGRAMM).....	13
ABB. 2-3: KONZEPTE ZUR LANGZEITWÄRMESPEICHERUNG INKL. REFERENZOBJEKTE	15
ABB. 2-4: SKIZZE ZUR BEGRIFFSABGRENZUNG VON UMGEBUNGSWÄRME UND ERDWÄRME (KALTSCHMITT & STREICHER, 2009, S. 183)	16
ABB. 2-5: DARSTELLUNG DER FUNKTIONSWEISE EINER BOHRUNGSDUBLETTE FÜR EINEN AQUIFERSPEICHER (KRANZ ET AL., 2009).....	18
ABB. 2-6: VERLAUF DER TEMPERATUREN AN DER WARMEN BOHRUNG BEI ENTNAHME VON AQUIFERWASSER (KRANZ ET AL., 2009)	18
ABB. 2-7: SOLAR UNTERSTÜTZTE NAHWÄRMEVERSORGUNG IN ROSTOCK-BRINCKMANSHÖHE (SCHMIDT & MÜLLER-STEINHAGEN, 2004).....	19
ABB. 2-8: HYDRAULIKSCHEMA DER WÄRMEVERSORGUNG WOHNHAUSANLAGE ROSTOCK (SCHMIDT & MÜLLER-STEINHAGEN, 2004)	20
ABB. 2-9: MONATLICHE WÄRMEBILANZ DER JAHRE 2002 (WEIß, GRAU, SCHWARZ) UND 2003 (GELB, ROT, BLAU) (SCHMIDT & MÜLLER-STEINHAGEN, 2004)	21
ABB. 2-10: EINBRINGEN DER PFAHLBEWEHRUNG UND BETONIEREN (ADAM, 2007)	23
ABB. 2-11: CHEMISCHE SPEICHERMETHODEN (HAUER, 2011)	25
ABB. 2-12: FUNKTIONSWEISE EINER LATENTWÄRMESPEICHERUNG IM VERGLEICH ZU SPEICHERN MIT SENSIBLER WÄRME (DIECKMANN & HEINRICH, 2008)	26
ABB. 2-13: SENSIBLER SPEICHER OHNE BZW. LATENTER SPEICHER MIT PHASENWECHSEL (AGGREGATZUSTANDSÄNDERUNG) (HAUER, 2011).....	26
ABB. 2-14: GEMESSENE SPEICHERBARE WÄRMEMENGE (TEMPERATURINTERVALL: 10 KELVIN) (DIECKMANN, 2008).....	27
ABB. 2-15: SCHEMA LATENTWÄRMESPEICHER (WERSCHY, 2010)	28
ABB. 2-16: MÖGLICHKEITEN DER PCM-EINBRINGUNG IN DIE FUNDAMENTPLATTE (MEHLING, 2002).....	28
ABB. 2-17: WÄRMESPEICHERKAPAZITÄT – HYBRIDSPEICHER (RUBITHERM, 2012)	29
ABB. 2-18: LATENTWÄRMESPEICHERMATERIALIEN (MEHLING, 2001).....	30
ABB. 2-19: SPEICHERZYKLUS EINES THERMOCHEMISCHEN SPEICHERS (BINE INFORMATIONSDIENST, 2010).....	32
ABB. 2-20: SYSTEMKONZEPT DES SORPTIONSSPEICHERS (BINE INFORMATIONSDIENST, 2010)	33
ABB. 2-21: SIMULATIONSERGEBNISSE FÜR DIE KOLLEKTORFLÄCHE UND SPEICHERVOLUMEN (FRAUNHOFER ISE, 2000)	33
ABB. 2-22: AUBENABDICHTUNG GEGEN DRÜCKENDES WASSER MIT BENTONIT-DICHTUNGSBAHNEN UND 60 CM GLASSCHAUMGRANULAT- WÄRMEDÄMMUNG (PFEIL & KOCH, 2004)	34
ABB. 2-23: SOLARSIEDLUNG STEINFURT-BORGHORST (ENERGIE AGENTUR.NRW, 2008).....	35
ABB. 2-24: DER WÄRMESPEICHER IM BAU UND FERTIGGESTELLT (ENERGIE AGENTUR.NRW, 2008)	35
ABB. 2-25: TEMPERATUREN IM SPEICHER STEINFURT-BERGHORST SEIT INBETRIEBNAHME, (ENERGIE AGENTUR.NRW, 2008)	36
ABB. 2-26: WÄRMEBILANZ FÜR DAS JAHR 2003, (ENERGIE AGENTUR.NRW, 2008)	37
ABB. 2-27: E4 ZIEGELHAUS 2020 (WIENERBERGER, 2012)	37
ABB. 2-28: DARSTELLUNG DER HAUSTECHNIK - E4 ZIEGELHAUS (WIENERBERGER, 2012)	39
ABB. 2-29: BAUTEILAKTIVIERUNG - SYSTEMGEGENÜBERSTELLUNG (FERLE, 2008)	43
ABB. 2-30: ARBEITSSCHRITTE BEI DER BODENPLATTENAKTIVIERUNG (FERLE, 2008).....	44
ABB. 2-31: WÄRMETAUSCHER - EBENE 1 (FERLE, 2008).....	44
ABB. 2-32: GLASSCHAUMGRANULAT (FERLE, 2008)	45
ABB. 2-33: WÄRMETAUSCHER - EBENE 2 (FERLE, 2008).....	45
ABB. 2-34: WÄRMETAUSCHER - EBENE 3 (FERLE, 2008).....	46
ABB. 2-35: DER BETONSPEICHER (FERLE, 2008).....	46
ABB. 2-36: SCHEMAZEICHNUNG DES KOMBINIERTEN ERDBECKEN/ERDWÄRMESONDEN-SPEICHERS (REUB, 2009)	47
ABB. 2-37: ENERGIEBILANZ DES SYSTEMS IM ZEITRAUM 04/2005 BIS 03/2006 (REUB, 2009).....	48
ABB. 2-38: BAU DES ERDBECKENSPEICHERS, IM HINTERGRUND DIE SOLARANLAGE AUF DEN SOMMERSTOCKBAHNEN (REUB, 2009)	48
ABB. 2-39: APPARTEMENTWOHNHAUSANLAGE KUBOX OLDENBURG, NORDDEUTSCHLAND (BONGARD, 2010).....	49
ABB. 2-40: ENERGIEKONZEPT DER APPARTEMENTWOHNHAUSANLAGE KUBOX OLDENBURG (BONGARD, 2010).....	50
ABB. 3-1: SYSTEMDARSTELLUNG DES MODELLGEBÄUDES	52
ABB. 3-2: EINFLUSS DER KLIMAÄNDERUNG AUF DEN ENERGIEBEDARF (NACH MÜLLER & BIERMAYR, 2010)	54
ABB. 3-3: DIE ANFORDERUNGEN AN DEN HEIZWÄRMEBEDARF IN NEUBAU UND SANIERUNG: OIB ENTSPRICHT DER MINDESTANFORDERUNG IM SINNE DER BAUORDNUNG, ART. 15A B-VG. IST DIE GRUNDLAGE DER WOHNBAUFÖRDERUNG DER BUNDESLÄNDER (NACH FECHNER ET AL, 2011)	56
ABB. 3-4: DER ENERGIELIEFERANT SONNE - ORIGINAL DER ABBILDUNG: NASA (PAEGER, 2006-2011)	57
ABB. 3-5: DIE SONNENEINSTRALHUNG SCHWANKT IN EINEM ETWA 11-JÄHRIGEN ZYKLUS, DER MIT DER ZAHL DER SONNENFLECKEN ÜBEREINSTIMMT - DATENQUELLE NASA SOHO (PAEGER, 2006-2011)	58
ABB. 3-6: SOLARSTRALHUNG IN ÖSTERREICH AUF HORIZONTALE FLÄCHE (FINK & BRUNNER, 2010)	59
ABB. 3-7: FUNKTIONSSCHEMA HERKÖMMLICHER WARMWASSERSPEICHER MIT SONNENKOLLEKTOREN UND HEIZKESSEL (SOLARWÄRME 2010)	60
ABB. 3-8: PUFFERSPEICHER MIT WÄRMETAUSCHER IN DER MITTE DES SYSTEMS. DIE SONNE UND EINE HERKÖMMLICHE ENERGIEQUELLE SPEISEN DENSELBEN SPEICHER (WWW.HAUSTECHNIK-PETERSEEHUBER.DE)	61
ABB. 3-9: FLACHKOLLEKTOR (RECKNAGEL ET AL., 2009)	62
ABB. 3-10: VAKUUM- RÖHRENKOLLEKTOR, DIREKT DURCHSTRÖMT UND MIT WÄRMEROHR (RECKNAGEL ET AL., 2009).....	63
ABB. 3-11: KOLLEKTORWIRKUNGSGRAD IN ABHÄNGIGKEIT DER TEMPERATURDIFFERENZ KOLLEKTOR (ABSORBER)/ UMGEBUNG (FINK & BRUNNER, 2010)	63
ABB. 3-12: UNVERGLASTER ABSORBER FÜR DIE SCHWIMMBADERWÄRMUNG (WIND G., 2009).....	64
ABB. 3-13: ALLGEMEINE WIRKUNGSGRAD- KENNLINIE FÜR SONNENKOLLEKTOREN(NACH RECKNAGEL ET AL., 2009)	66

Abb. 3-14: BERECHNUNGS-BLATT VON GET- SOLAR DER GEPLANTEN SOLARTHERMIEANLAGE.....	67
Abb. 3-15: ANORDNUNG DER KOLLEKTOREN AUF DEM DACH.....	68
Abb. 3-16: SKIZZE DER BETONSPEICHER - ANNAHMEN FÜR DAS RECHENMODELL	73
Abb. 3-18: ROHRSYSTEM AUF DER WÄRMEDÄMMUNG IM NASSESTRICH UND ROHRSYSTEM IN DER WÄRMEDÄMMUNG UNTER DEM NASSESTRICH (UPONOR, 2009)	78
Abb. 3-19: SYSTEMKOMPONENTEN UND DER ENERGIEFLUSS MIT VERLUSTEN	79
Abb. 3-20: BETONSPEICHERVERLUSTE DURCH WÄRMEÜBERTRAGUNG UND TRANSMISSIONSWÄRMEVERLUSTE.....	80
Abb. 3-21: ENERGIEFLUSSDIAGRAMM DER ANLAGE AUS DER STANDARDSTATISTISCHEN JAHRESBILANZ	81
Abb. 4-1: FLUSSDIAGRAMM ENERGIEBEREITSTELLUNG.....	85
Abb. 4-2: FLUSSDIAGRAMM ANLAGENKOMPONENTEN BETONSPEICHER WARMWASSERWÄRME UND RAUMWÄRME BEDARF UND KONSTRUKTIVE PARAMETER.....	86
Abb. 4-3: HÄUFIGKEITSVERTEILUNG DER WARMWASSERSPEICHERTEMPERATUR ÜBER DEN ZEITRAUM VON 40 JAHREN	101
Abb. 4-4: HÄUFIGKEITSVERTEILUNG DER HEIZUNGSSPEICHERTEMPERATUR ÜBER DEN ZEITRAUM VON 40 JAHREN	103
Abb. 4-5: KLIMADATENVERLAUF IM JAHR 1995/1996 DER HEIZGRADSUMMEN (HGS) UND GLOBALSTRAHLUNGSSUMME (RG) – WIEN HOHE WARTE (NACH DATENSÄTZEN VON ZAMG, 2011)	105
Abb. 4-6: GEGENÜBERSTELLUNG VON KUMULIERTEN HEIZGRADSUMMEN (KUM. HGS) UND KUMULIERTER GLOBALSTRAHLUNGSSUMME (KUM. SUM. RG) – WIEN HOHE WARTE (NACH DATENSÄTZEN VON ZAMG, 2011).....	105
Abb. 4-7: KLIMADATENVERLAUF IM JAHR 1978/1979 DER HEIZGRADSUMMEN (HGS) UND GLOBALSTRAHLUNGSSUMME (RG) – KLAGENFURT (NACH DATENSÄTZEN VON ZAMG, 2011).....	106
Abb. 4-8: GEGENÜBERSTELLUNG VON KUMULIERTEN HEIZGRADSUMMEN (KUM. HGS) UND KUMULIERTER GLOBALSTRAHLUNGSSUMME (KUM. SUM. RG) – KLAGENFURT (NACH DATENSÄTZEN VON ZAMG, 2011)	106
Abb. 4-9: JAHRESGÄNGE DER ENERGIEFLÜSSE DES BETONSPEICHERS WARMWASSERWÄRME HOHE WARTE WIEN	108
Abb. 4-10: JAHRESGÄNGE DER ENERGIEFLÜSSE DES BETONSPEICHERS WARMWASSERWÄRME KLAGENFURT	108
Abb. 4-11: JAHRESGÄNGE DER ENERGIEFLÜSSE DES BETONSPEICHERS HEIZUNG HOHE WARTE WIEN	110
Abb. 4-12: JAHRESGÄNGE DER ENERGIEFLÜSSE DES BETONSPEICHERS HEIZUNG KLAGENFURT	110
Abb. 4-13: JAHRESGANG DES BETONSPEICHERS WARMWASSERWÄRME WIEN, HOHE WARTE	113
Abb. 4-14: JAHRESGANG DES BETONSPEICHERS WARMWASSERWÄRME KÄRNTEN, KLAGENFURT	113
Abb. 4-15: JAHRESGANG DES BETONSPEICHERS RAUMWÄRME WIEN, HOHE WARTE	115
Abb. 4-16: JAHRESGANG DES BETONSPEICHERS RAUMWÄRME KÄRNTEN, KLAGENFURT.....	115
Abb. 8-1: KONSTRUKTIONSAUFBAUTEN EINREICHPLAN MUSTERHAUS	134
Abb. 8-2: GRUNDRISS EINREICHPLAN MUSTERHAUS	134
Abb. 8-3: SCHNITTE A-A UND B-B	135
Abb. 8-4: ANSICHT NORDEN UND OSTEN	135
Abb. 8-5: ANSICHT SÜDEN UND WESTEN	135
Abb. 8-6: AXONOMETRIE DES MODELLGEBÄUDES MIT UND OHNE DEN DACHAUFBAU.....	136
Abb. 8-7: PERSPEKTIVEN DES MODELLGEBÄUDES	137
Abb. 8-8: GRUNDRISS MODELLGEBÄUDE IN MASSIVBAUWEISE.....	139
Abb. 8-9: SCHNITTE MODELLGEBÄUDE IN MASSIVBAUWEISE	139
Abb. 8-10: ANSICHTEN MODELLGEBÄUDE IN MASSIVBAUWEISE	139
Abb. 8-11: GRUNDRISS MODELLGEBÄUDE IN LEICHTBAUWEISE (RIEGELWANDKONSTRUKTION)	141
Abb. 8-12: SCHNITTE MODELLGEBÄUDE IN LEICHTBAUWEISE (RIEGELWANDKONSTRUKTION)	141
Abb. 8-13: ANSICHTEN MODELLGEBÄUDE IN LEICHTBAUWEISE (RIEGELWANDKONSTRUKTION).....	141
Abb. 8-14: GRUNDRISS MODELLGEBÄUDE IN MASSIVER BAUFORM MIT MINIMALEN FENSTERFLÄCHEN LT. BAUORDNUNG	142
Abb. 8-15: SCHNITTE MODELLGEBÄUDE IN MASSIVER BAUFORM JEDOCH MIT MINIMALEN FENSTERFLÄCHEN LT. BAUORDNUNG	142
Abb. 8-16: ANSICHTEN MODELLGEBÄUDE IN MASSIVER BAUFORM JEDOCH MIT MINIMALEN FENSTERFLÄCHEN LT. BAUORDNUNG.....	143
Abb. 8-17: GRUNDRISS MODELLGEBÄUDE IN LEICHTER BAUFORM (RIEGELWÄNDE) JEDOCH MIT MINIMALEN FENSTERFLÄCHEN.....	143
Abb. 8-18: SCHNITTE MODELLGEBÄUDE IN LEICHTER BAUFORM (RIEGELWÄNDE) JEDOCH MIT MINIMALEN FENSTERFLÄCHEN	144
Abb. 8-19: ANSICHTEN MODELLGEBÄUDE IN LEICHTER BAUFORM (RIEGELWÄNDE) MIT MINIMALEN FENSTERFLÄCHEN.....	144
Abb. 8-20: STANDORTWERTE WIEN HOHE WARTE LT. ECOTECH- GEBÄUDERECHENPROGRAMM	169
Abb. 8-21: STANDORTWERTE KLAGENFURT LT. ECOTECH- GEBÄUDERECHENPROGRAMM.....	170
Abb. 8-22: SOLARERTRÄGE IN MONATSAUFLÖSUNG GET SOLAR MIT DEN EINGABEPARAMETERN	173
Abb. 8-23: PARAMETER FÜR SOLARTHERMIE ECOTECH (SPEICHERTEILUNG IN WWW UND RW NICHT MÖGLICH)	173
Abb. 8-24: SUMMENBLATT DER JAHRESBILANZ ECOTECH MIT DEN PARAMETER S. ABB. 8-23.....	173

6.3 Tabellenverzeichnis

TAB. 1-1: ERNEUERBARE ENERGIE IN ÖSTERREICH NACH SPARTEN, ENERGIE IN [GWh] BZW. PROZENT (BIERMAYR, 2011).....	2
TAB. 2-1: BETRIEBSMÖGLICHKEITEN VON ENERGIEFUNDIERUNGEN (NACH ADAM, 2007)	22
TAB. 2-2: ENTZUGSLEISTUNG VON ENERGIEFUNDIERUNGEN (ADAM, 2007).....	23
TAB. 2-3: SPEICHERMATERIAL STOFFDATEN:.....	30
TAB. 2-4: DATEN UND FAKTEN - E4 ZIEGELHAUS 2020 (NACH WIENERBERGER, 2012).....	38
TAB. 2-5: U-WERTE DER BAUTEILE (NACH WIENERBERGER, 2012).....	38
TAB. 2-6: PRIMÄRENERGIEBILANZ PRO JAHR (NACH WIENERBERGER, 2012)	38
TAB. 2-7: SENSIBLER FESTSTOFFSPEICHER BETON (LAING & TAMME, 2008).....	40
TAB. 2-8: FUßBODENKONSTRUKTIONEN GEGENÜBERGESTELLT	42
TAB. 2-9: VERGLEICH ZWISCHEN MODELLGEBÄUDE UND DEM GEBÄUDE DER FAM. MOSER & FERLE	43
TAB. 3-1: TÄGLICHER WARMWASSERWÄRMEBEDARF (WWWB) FÜR WOHNUNGEN PRO PERSON (NACH IHLE ET AL., 2002).....	70
TAB. 3-2: WARMWASSERWÄRMEBEDARF FÜR DAS MODELLGEBÄUDE (EIGENE BERECHNUNG)	71
TAB. 3-3: BETONSPEICHERVOLUMEN - WARMWASSERWÄRMEBEDARF	72
TAB. 3-4: ÖSTERREICHISCHE INSTITUTE – LEGIONELLEN-UNTERSUCHUNG VON WASSERPROBEN (NACH AGES, 2005).....	75
TAB. 3-5: STANDORTE UND HEIZWÄRMEBEDARF ÜBERSICHT (S. ANHANG ABB. 8-8- ABB. 8-19 UND TAB. 8-1- TAB. 8-5).....	77
TAB. 4-1: PARAMETER STANDORT, KOLLEKTOR UND BETONSPEICHER	82
TAB. 4-2: PARAMETER BETONSPEICHER GEOMETRIE UND HÜLLFLÄCHEN SOWIE ROHRLEITUNGSDIMENSIONEN	83
TAB. 4-3: ROHRLEITUNGEN, GRENZTEMPERATUREN UND STOFFSPEZIFISCHE WERTE.....	84
TAB. 4-4: LEGENDE ZUR STATISTISCHEN AUSWERTUNG	96
TAB. 4-5: STATISTISCHE AUSWERTUNG DER TÄGLICHEN ENERGIEZUSTÄNDE, -FLÜSSE UND TEMPERATURKENNWERTE DER MODELLERGESNISSE FÜR WIEN HOHE WARTE; JÄNNER- JUNI	97
TAB. 4-6: STATISTISCHE AUSWERTUNG DER TÄGLICHEN ENERGIEZUSTÄNDE, -FLÜSSE UND TEMPERATURKENNWERTE DER MODELLERGESNISSE FÜR WIEN HOHE WARTE; JULI- DEZEMBER.....	98
TAB. 4-7: STATISTISCHE AUSWERTUNG DER TÄGLICHEN ENERGIEZUSTÄNDE, -FLÜSSE UND TEMPERATURKENNWERTE DER MODELLERGESNISSE FÜR KÄRNTEN KLAGENFURT; JÄNNER – JUNI	99
TAB. 4-8: STATISTISCHE AUSWERTUNG DER TÄGLICHEN ENERGIEZUSTÄNDE, -FLÜSSE UND TEMPERATURKENNWERTE DER MODELLERGESNISSE FÜR KÄRNTEN KLAGENFURT; JULI-DEZEMBER	100
TAB. 4-9: DECKUNGSRATEN WARMWASSERBEREITUNG	102
TAB. 4-10: DECKUNGSRATEN RAUMWÄRMEBEREITSTELLUNG.....	104
TAB. 4-11: LADEZEITRAUM DER BETONSPEICHER	104
TAB. 4-12: LEGENDE FÜR DIE ABB. 4-9 UND ABB. 4-10	108
TAB. 4-13: LEGENDE FÜR DIE ABB. 4-11 UND ABB. 4-12	110
TAB. 4-14: LEGENDE FÜR DIE TAB. 4-14 UND TAB. 4-15	111
TAB. 4-15: STATISTISCHE AUSWERTUNG DER MONATLICHEN ENERGIEZUSTÄNDE, -FLÜSSE UND TEMPERATUR-KENNWERTE DER MODELLERGESNISSE FÜR WIEN, HOHE WARTE	112
TAB. 4-16: STATISTISCHE AUSWERTUNG DER MONATLICHEN ENERGIEZUSTÄNDE, -FLÜSSE UND TEMPERATUR-KENNWERTE DER MODELLERGESNISSE FÜR KÄRNTEN, KLAGENFURT	112
TAB. 4-17: HEIZWÄRMEBEREITSTELLUNG AUS DEM BETONSPEICHER	117
TAB. 4-18: GRUNDPARAMETER FÜR DEN VERGLEICH DER SOLARERTRÄGE	118
TAB. 4-19: VERGLEICH DER SOLARERTRÄGE UNTERSCHIEDLICHER QUELLEN	119
TAB. 8-1: BAU- VARIANTEN MODELLGEBÄUDE:	138
TAB. 8-2: AUFBAUTEN – MODELLGEBÄUDE MASSIVBAUWEISE (EIGENE DARSTELLUNG).....	138
TAB. 8-3: AUFBAUTEN – MODELLGEBÄUDE LEICHTBAUWEISE (EIGENE DARSTELLUNG)	140
TAB. 8-4: MODELLGEBÄUDE WÄRMEBEDARF UND ENERGIEKENNZAHLEN, BAUART ZIEGEL MASSIV	171
TAB. 8-5: MODELLGEBÄUDE WÄRMEBEDARF UND ENERGIEKENNZAHLEN, BAUART LEICHT MIT RIEGELWÄNDEN	172

7 Glossar

Kenngrößen und Kriterien zur Bewertung von Energiespeicher

Speicherkapazität: Die Speicherkapazität stellt die gesamte nutzbare Energie eines Speichers in Joule [J] oder Wattstunden [Wh] dar.

Speicherleistung: Sie ist die maximal abrufbare Energie eines Speichers pro Zeiteinheit. Ihre Einheit ist das Watt [W].

Wirkungsgrad: Der Wirkungsgrad einer Anlage ergibt sich aus dem Verhältnis von abgegebener zu zugeführter Leistung für einen stationären Zustand. Er ist ein Maß für die Energieeffizienz und für den notwendigen Ressourceneinsatz. Der Wirkungsgrad wird häufig in Prozent angegeben.

Nutzungsgrad: Im Gegensatz zum Wirkungsgrad ist der Nutzungsgrad das Verhältnis abgegebener zu zugeführter Energie über einen bestimmten Zeitraum betrachtet und wird ebenfalls in Prozent angegeben.

Be- und Entladezeit: Die Be- und Entladezeit ist die Zeit, die benötigt wird, um dem Speicher eine bestimmte Energiemenge zuzuführen oder zu entnehmen.

Speicherzyklus: Die Dauer eines Speicherzyklus ergibt sich aus der Summe von Lade-, Halte- und Entladezeit.

Entladetiefe: Die Entladetiefe ist die Energiemenge eines Nennzyklus bezogen auf die Speicherkapazität ausgedrückt als Prozentwert.

Verluste: Die bei der Energiespeicherung nicht zu vermeidenden Verluste lassen sich in diejenigen, die bei der Ladung und Entladung auftreten und in die meist zeitabhängigen Selbstentladeverluste, die stark von den Einsatzbedingungen abhängen, unterteilen. Sie werden in Prozent pro Zeitintervall angegeben.

Zugriffszeiten: Die Zugriffszeit beschreibt die Zeitspanne, in der das System in der Lage ist, 50 % seiner Leistung abzugeben.

Energieinhalt: Beim Energieinhalt in [J] oder [Wh] unterscheidet man zwischen dem theoretischen und dem praktischen Energieinhalt, wobei letzterer u.a. die bei der technischen Realisierung auftretenden Verluste berücksichtigt. Der tatsächlich technisch entnehmbare Energieinhalt entspricht dem praktischen Energieinhalt abzüglich der Energie, die zum Funktionieren des Speichers in diesem verbleiben muss.

Energiedichte: Die Energiedichte ist das Verhältnis des nutzbaren Energieinhalts zu seiner Masse oder seinem Volumen. Dementsprechend spricht man von der spezifischen/ gravimetrischen [Wh/kg] bzw. von der volumetrischen Energiedichte [Wh/l]. Die Energiedichte kann sich dabei auf das Gesamtsystem oder nur auf den Speicher beziehen.

Leistungsdichte: Die Leistungsdichte setzt die maximale Abgabeleistung bezogen auf die Masse oder das Volumen in Beziehung. Diese Größe hat daher die Einheit [W/kg] oder [W/l].

Lebensdauer: Man unterscheidet zwischen der Zyklenlebensdauer und der kalendarischen Lebensdauer. Treten bei den Lade- und Entladeprozessen Verschleißerscheinungen auf, so verwendet man die Zyklenlebensdauer. Die kalendarische Lebensdauer wird verwendet, wenn bei dem System auch ohne Nutzung Verschleiß auftritt bzw. die typischen Zyklenzahlen nicht der begrenzende Faktor für die Lebensdauer sind.

Leistungsgradient: Wie schnell ein System die Leistungsabgabe variieren kann, wird durch den Leistungsgradienten beschrieben, der die Einheit [W/s] besitzt.

Ladefaktor: Der Ladefaktor gibt das Verhältnis der eingeladenen zur entnommenen Energie an. Dieser Wert kann z.B. bei Batterien abhängig von den Ladeströmen sein.

Wärmekapazität: Die spezifische bzw. volumetrische Wärmekapazität eines Materials geben an, welche Energie in 1 kg bzw. 1 m³ eines Stoffes gespeichert ist, wenn dessen Temperatur um 1K erhöht wurde. Die Wärmekapazität hängt dabei von der Art der Zustandsänderung (isobar bei gleich bleibendem Druck oder isochor bei gleich bleibendem Volumen) und von der Temperatur ab. Sie ist vor allem zur Charakterisierung der bei kapazitiven Wärmespeichern verwendeten Speichermaterialien eine wichtige Größe.

Verdampfungsenthalpie: Die Verdampfungsenthalpie ist die Energie, die erforderlich ist, um ein Mol einer Substanz vom flüssigen in den gasförmigen Zustand zu überführen und wird häufig in [kJ/mol] angegeben. Sie spielt vor allem bei thermochemischen Speichern Rolle.

Schmelzenthalpie: Die Schmelzenthalpie ist die Energie, die notwendig ist, um eine Stoffprobe vom festen in den flüssigen Aggregatzustand zu überführen und ist bei Latentwärmespeichern eine zentrale Größe. Die meist angewandte Einheit ist [kJ/mol].

Wärmeverlust: Der Wärmeverlust ist eine zentrale Größe zur Charakterisierung von Wärmespeichern und ist proportional zur Wärmeverlustrate, zur Oberfläche des Speichers sowie zum Wärmedurchgangskoeffizienten des Dämmmaterials.

Wärmeverlustrate: Die Wärmeverlustrate, die in [W/K] angegeben wird, beschreibt den Leistungsverlust eines Speichers pro Kelvin Temperaturdifferenz zwischen Speicher und Umgebung.

Wärmedurchgangskoeffizient: Der Wärmedurchgangskoeffizient in [W/m² K] eines Materials gibt an, welche Wärmestromdichte beim Wärmedurchgang bei einer Temperaturdifferenz von 1K übertragen wird. Er ist proportional zur Wärmeleitfähigkeit des Dämmmaterials sowie umgekehrt proportional zur Dicke der Dämmschicht.

Wärmeleitfähigkeit: Die Wärmeleitfähigkeit beschreibt die Fähigkeit eines Stoffes, thermische Energie mittels Wärmeleitung in Form von Wärme zu transportieren. Sie ist definiert als die Wärmemenge, die bei einem bestimmten Temperaturgradienten durch eine Fläche strömt, und wird in [W/(m·K)] angegeben. Die Wärmeleitfähigkeit ist eine wichtige Größe zur Charakterisierung der Wärmeübertragung sowohl



innerhalb des Speichers als auch zwischen Speichermaterial und Arbeitsmittel des Heizungskreislaufs, sofern hier unterschiedliche Materialien zum Einsatz kommen.

Daneben gibt es eine Reihe weiterer nicht technischer oder schwieriger quantifizierbarer Aspekte für die Beurteilung von Energiespeichern. Dazu gehört die Umweltverträglichkeit, die Herstellung als auch die Entsorgung, der Wartungsaufwand oder anders und die LifeCycle-Kosten (nach Neupert et al., 2009).

8 ANHANG

Plangrundlage für die Aufgabenstellung

AUFBAUTEN:

AW1 AUSSENWAND OG

- u-Wert = 0,101 W/m²K
- 49,2 cm GESAMTDICKE
- 2,4 cm Vertikalschalung Lärchenbretter sägerauh, grau lasiert
- 5,0 cm Lattung KH 5/8 cm, dazw. Hinterlüftung
- winddichte Folie
- 1,5 cm Holzfaserplatte DHF
- 32,0 cm Dämmständer 32/8cm, dazw. Zellulose
- 1,8 cm OSB-Platte, Stöße verklebt
- 5,0 cm Kantholz KH 5/5 cm, dazw. Flachs
- 1,5 cm GKF-Platte

AW2 AUSSENWAND OG

- 49,8 cm GESAMTDICKE
- 2,4 cm Vertikalschalung Lärchenbretter, sägerauh, grau lasiert
- 5,0 cm Lattung KH 5/8 cm, dazw. Hinterlüftung
- winddichte Folie
- 1,5 cm Holzfaserplatte DHF
- 32,0 cm Dämmständer 32/8cm, dazw. Zellulose
- 1,5 cm Holzfaserplatte DHF
- winddichte Folie
- 5,0 cm Lattung KH 5/8 cm, dazw. Hinterlüftung
- 2,4 cm Vertikalschalung Lärchenbretter, sägerauh, grau lasiert

IW1 INNENWAND tragend

- 14,10 cm GESAMTDICKE
- 1,25 cm GKF-Platte
- 1,80 cm OSB-Platte
- 8,00 cm Kantholz KH 8/5cm, dazw. Flachs
- 1,80 cm OSB-Platte
- 1,25 cm GKF-Platte

FB1 FUSSBODEN erdberührt

- u-Wert = 0, W/m²K
- 117,0 cm GESAMTDICKE
- 2,0 cm Belag oder Ardex Spachtelmasse, grau
- 5,0 cm Verbundestrich
- 50,0 cm Stahlbeton-Platte
- PE-Folie
- 60,0 cm Rollierung aus Schaumglas-Granulat
- Vlies

FB2 FUSSBODEN Loggia

- 45,0 cm GESAMTDICKE
- 4,0 cm Holzbohlen Lärche
- 5,0 cm Holz-UK mit Gegengefälle 2% auf Distanzdübeln
- Feuchtigkeitsisolierung
- 6,0 cm Gefällebeton mit 2% Gefälle
- 15,0 cm Betonplatte, armiert
- 15,0 cm Rollierung

DA1 FLACHDACH

- u-Wert = 0,095 W/m²K
- 51,1 cm GESAMTDICKE
- 5,0 cm Kies
- Dachfolie
- Vlies
- 1,8 cm OSB-Platten
- 36,0 cm KVH 28/8 cm mit Aufdopplung
- Kellposten, Gefälle 2%, dazw. Zellulose
- 1,8 cm OSB-Platte, Stöße verklebt
- 5,0 cm Lattung KH 5/5cm, dazw. Flachs
- 1,5 cm GKF-Platte

Abb. 8-1: Konstruktionsaufbauten Einreichplan Musterhaus

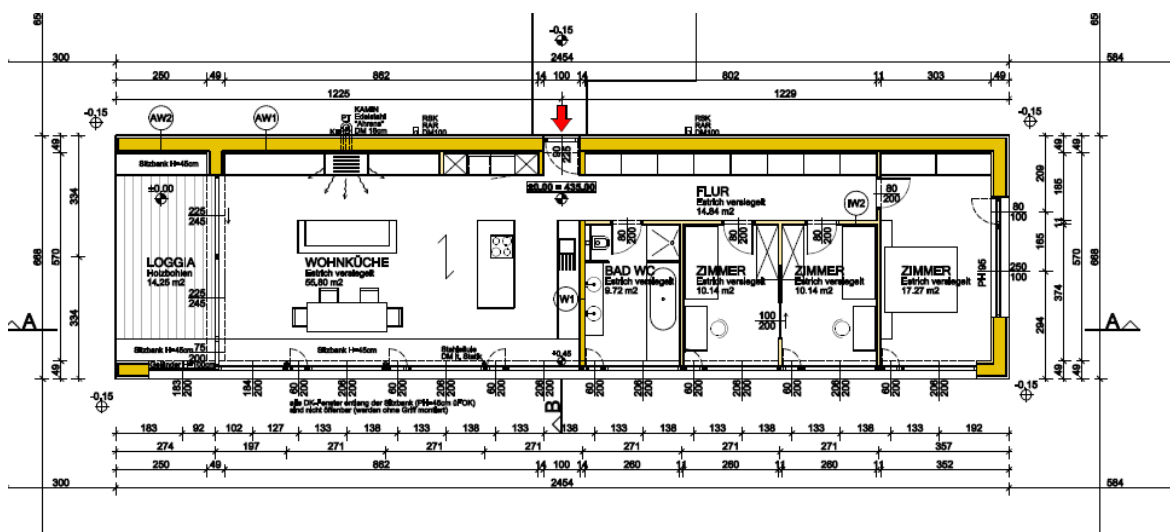


Abb. 8-2: Grundriss Einreichplan Musterhaus

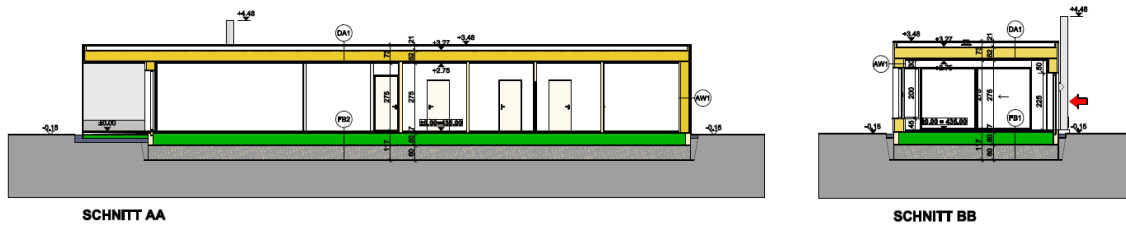


Abb. 8-3: Schnitte A-A und B-B

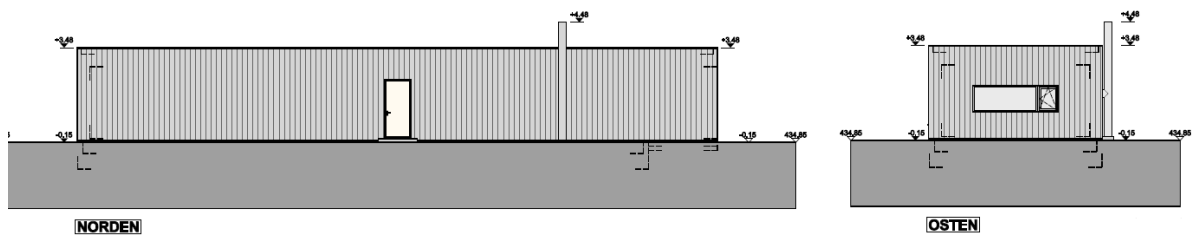


Abb. 8-4: Ansicht Norden und Osten

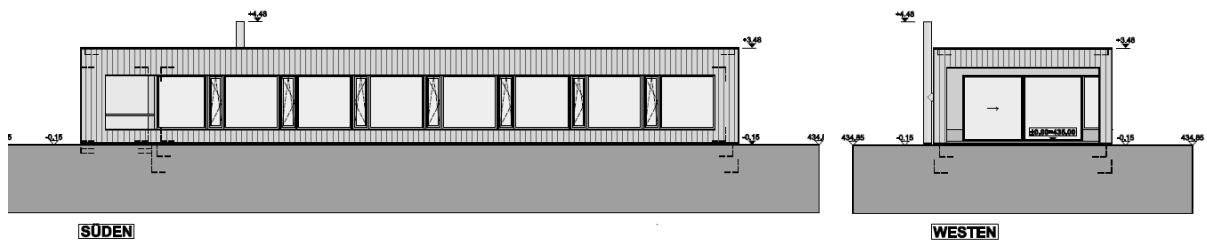


Abb. 8-5: Ansicht Süden und Westen

Erstellte Plangrundlage aus der Aufgabenstellung

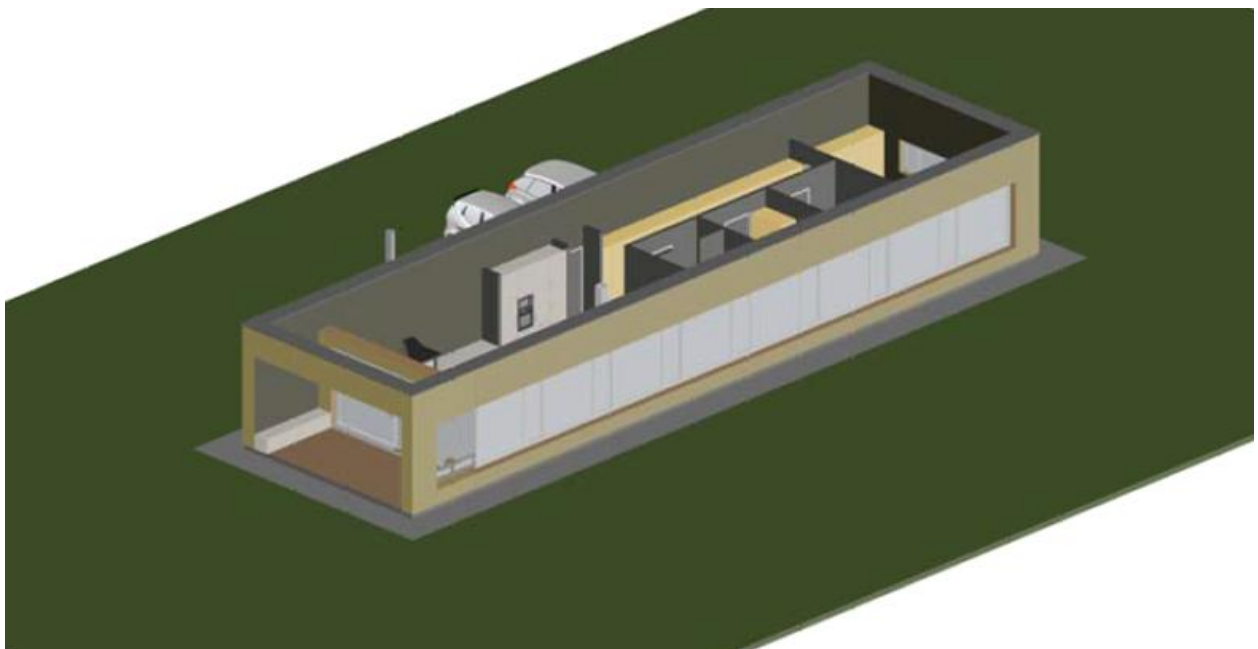
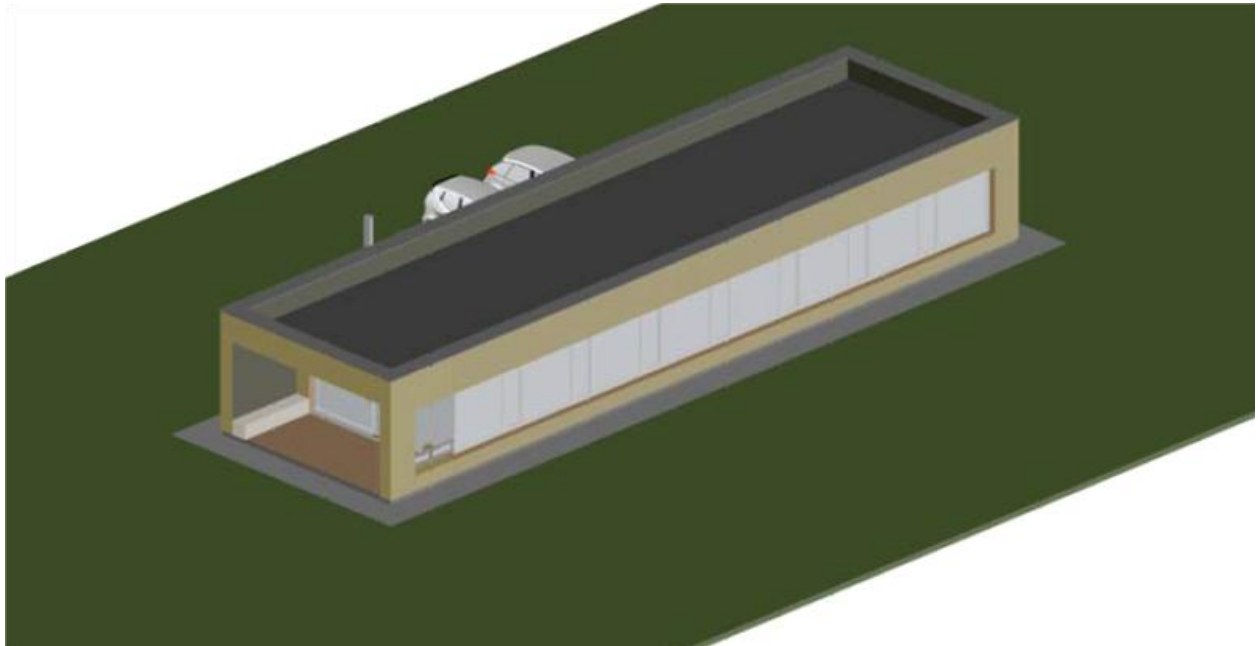


Abb. 8-6: Axonometrie des Modellgebäudes mit und ohne den Dachaufbau



Abb. 8-7: Perspektiven des Modellgebäudes

Folgende Varianten für die Untersuchung des Modellgebäudes wurden erstellt:

Tab. 8-1: BAU- Varianten Modellgebäude:

Varianten Modellgebäudes	It. Vorlage Fensterflächen		Min. Fensterflächen lt. BO	
	Massive Bauweise	Leichte Bauweise (Riegelwände)	Massive Bauweise	Leichte Bauweise (Riegelwände)

Die Varianten wurden wie folgt erstellt und bilden die Grundlage für die wärmetechnische Untersuchung mit dem ECOTECH- Gebäuderechenprogramm.

Modellgebäude in Massivbauweise

Im Folgenden sind die Aufbauten der Bauteilkonstruktionen für eine massive Ausführung des zu untersuchenden Gebäudes ersichtlich (s. Tab. 8-2).

Tab. 8-2: Aufbauten – Modellgebäude Massivbauweise (eigene Darstellung)

Massiv-Bau

AW1

u-Wert = 0,13 W/m²K **50,5**
28,8

17,0
4,7

cm Gesamtdicke
0,30 cm Strukturputz
0,50 cm Klebe- und Spachtelmasse
28,00 cm Fassadendämmplatte EPS- F
17,00 cm Porotherm 17-50 N+F
0,40 cm Sanova Vorspritzer
4,00 cm Sanova Pufferputz
0,30 cm Putzspachtel

AW2

Loggia- Flügelmauer **49,6**
43,8

5
0,8

cm Gesamtdicke
0,30 cm Strukturputz
0,50 cm Klebe- und Spachtelmasse
5,00 Fassadendämmplatte EPS- F
38,00 cm Porotherm 38 N+F
5,00 cm Fassadendämmplatte EPS- F
0,50 cm Klebe- und Spachtelmasse
0,30 cm Strukturputz

IW1

u-Wert = 1,53 W/m²K **14,5**

cm Gesamtdicke
1,25 cm Innenputz
12,00 cm Hochlochziegel
1,25 cm Innenputz

IW2

u-Wert = 1,87 W/m²K **10,5**

cm Gesamtdicke
1,25 cm Innenputz
8,00 cm Hochlochziegel
1,25 cm Innenputz

FB1

u-Wert = 0,22 W/m²K **117,4**

cm Gesamtdicke
2,00 cm Belag oder Ardex Spachtelmasse, grau
5,00 cm Verbundestrich
0,40 Elastofill EGG- 4
50,00 cm Stahlbeton-Platte, PE-Folie
PAE- Folie
60,00 cm Rollierung aus Schaumglas-Granulat, Vlies
Filtervlies

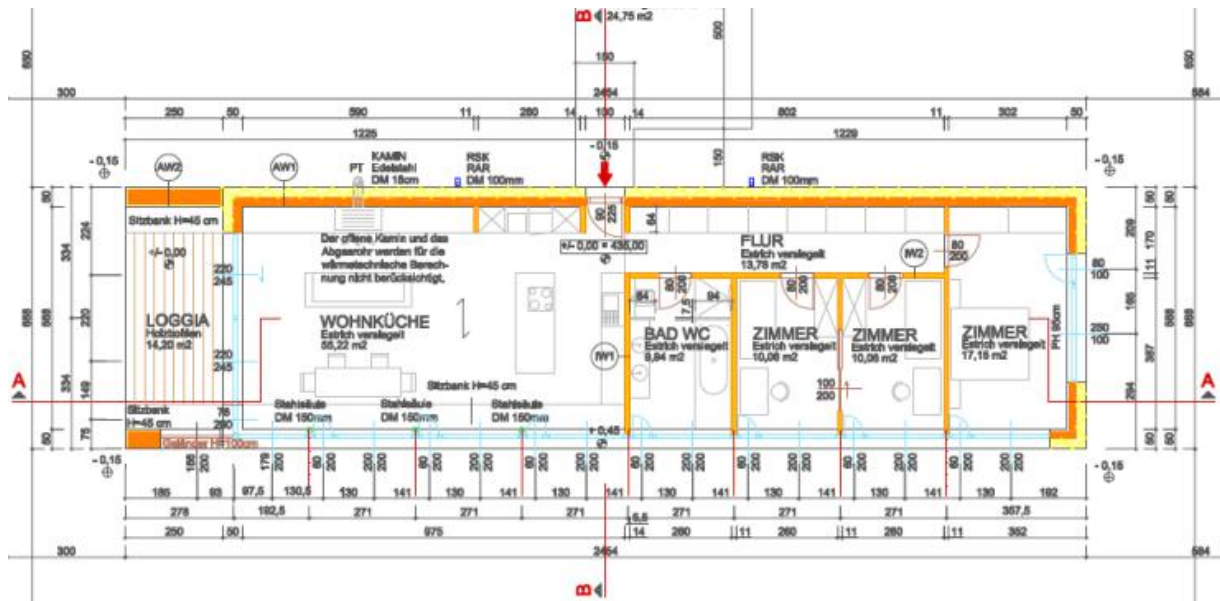


Abb. 8-8: Grundriss Modellgebäude in Massivbauweise

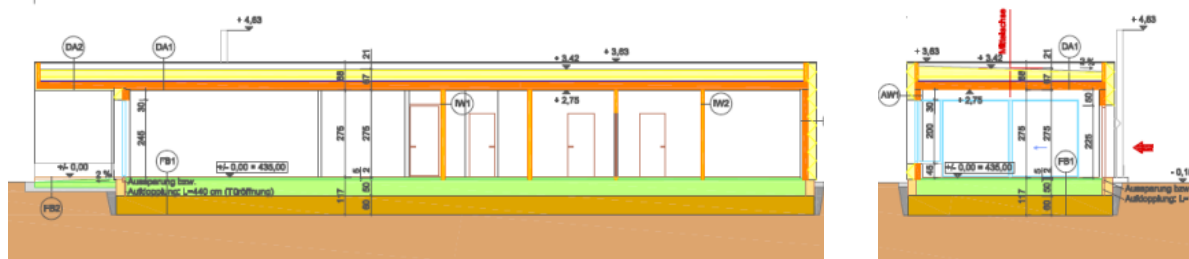


Abb. 8-9: Schnitte Modellgebäude in Massivbauweise

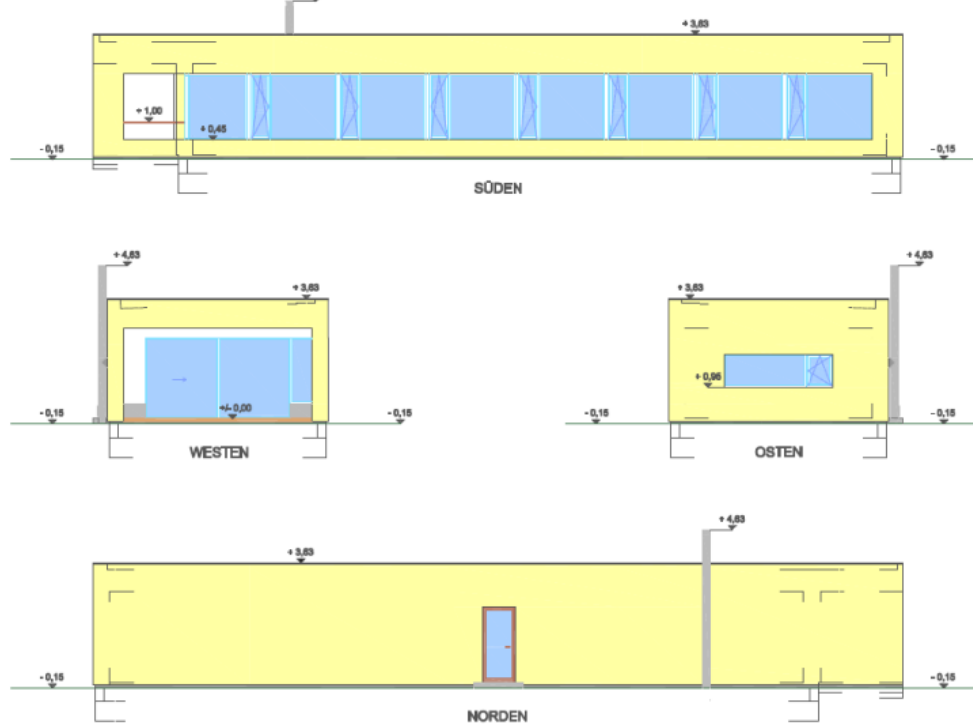


Abb. 8-10: Ansichten Modellgebäude in Massivbauweise

Modellgebäude in Leichtbauweise

In Tab. 8-3 sind die Konstruktionsaufbauten der verschiedenen Bauteile des Modellhauses in Leichtbauweise angeführt.

Tab. 8-3: Aufbauten – Modellgebäude Leichtbauweise (eigene Darstellung)

HOLZ-RIEGELWAND

AW1

u-Wert = 0,12 W/m ² K	50,0	cm	Gesamtdicke
	8,7	2,40 cm	Vertikalschalung Lärchenbretter sägerauh, grau lasiert
		5,00 cm	Lattung KH 5/8 cm, dazw. Hinterlüftung
			winddichte dampfdiffusions offene Folie
		1,30 cm	Holzfaserverplatte DHF
	33,0	33,00 cm	Dämmständer 33/8cm, dazw. Zellulose 20kg/m ³
	8,3	1,80 cm	OSB-Platte, Stöße verklebt
		5,00 cm	Kantholz KH 5/5cm, dazw. Flachs
		1,50 cm	GKF-Platte

AW2

Loggia-Flügelmauer	50,4	cm	Gesamtdicke
	8,7	2,4 cm	Vertikalschalung Lärchenbretter sägerauh, grau lasiert
		5 cm	Lattung KH 5/8 cm, dazw. Hinterlüftung
			winddichte dampfdiffusions offene Folie
		1,3 cm	Holzfaserverplatte DHF
	33	33 cm	Dämmständer 33/8cm, dazw. Luft
	8,7	1,3 cm	Holzfaserverplatte DHF
			winddichte dampfdiffusions offene Folie
		5 cm	Lattung KH 5/8 cm, dazw. Hinterlüftung
		2,4 cm	Vertikalschalung Lärchenbretter sägerauh, grau lasiert

IW1

u-Wert = 0,44 W/m ² K	14,1	cm	Gesamtdicke
		1,25 cm	GKF-Platte
		1,80 cm	OSB-Platte
		8,00 cm	Kantholz KH 8/5cm, dazw. Flachs
		1,80 cm	OSB-Platte
		1,25 cm	GKF-Platte

IW2

u-Wert = 0,50 W/m ² K	11,0	cm	Gesamtdicke
		1,50 cm	GKF-Platte
		8,00 cm	Kantholz KH 8/5cm, dazw. Flachs
		1,50 cm	GKF-Platte

FB1

u-Wert = 0,22 W/m ² K	117,0	cm	Gesamtdicke
		2,00 cm	Belag oder Ardex Spachtelmasse, grau
		5,00 cm	Verbundestrich
		50,00 cm	Stahlbeton-Platte, PE-Folie
		60,00 cm	Rollierung aus Schaumglas-Granulat, Vlies

FB2

	45,0	cm	Gesamtdicke
		4,00 cm	Holzbohlen Lärche
		5,00 cm	Holz-UK mit Gegengefälle 2% auf Distanzklötzen, Feuchtigkeitsisolierung
		6,00 cm	Gefällebeton mit 2% Gefälle
		15,00 cm	Betonplatte, armiert
		15,00 cm	Rollierung

DA1

u-Wert = 0,14 W/m ² K	43,1	cm	Gesamtdicke
	6,80	5,00 cm	Kies UV-Schutz und Gewicht
			Dachfolie
			Vlies
		1,80 cm	OSB-Platte
	28,00	36,90 cm	KVH 28/8cm mit Aufdopplung, Keilpfosten, Gefälle 2%, dazw. Zellulose
	8,30	1,80 cm	OSB-Platte, Stöße verklebt
		5,00 cm	Lattung KH 5/5cm, dazw. Flachs
		1,50 cm	GKF-Platte

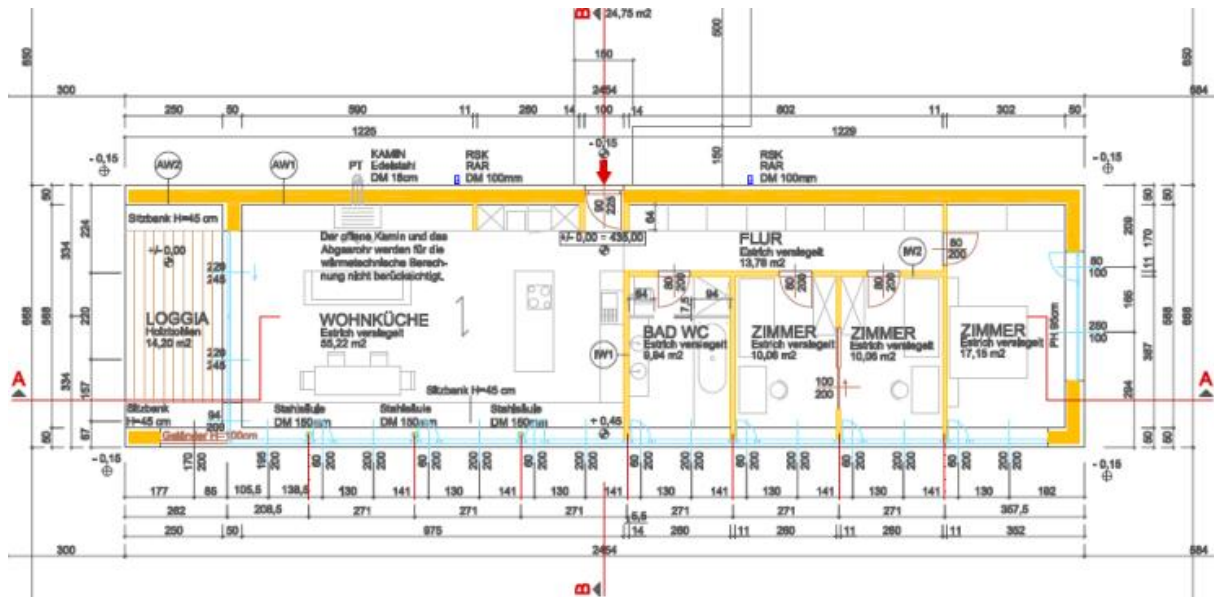


Abb. 8-11: Grundriss Modellgebäude in Leichtbauweise (Riegelwandkonstruktion)

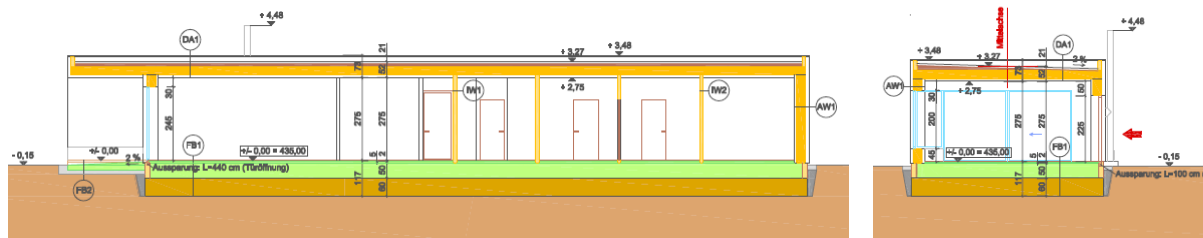


Abb. 8-12: Schnitte Modellgebäude in Leichtbauweise (Riegelwandkonstruktion)

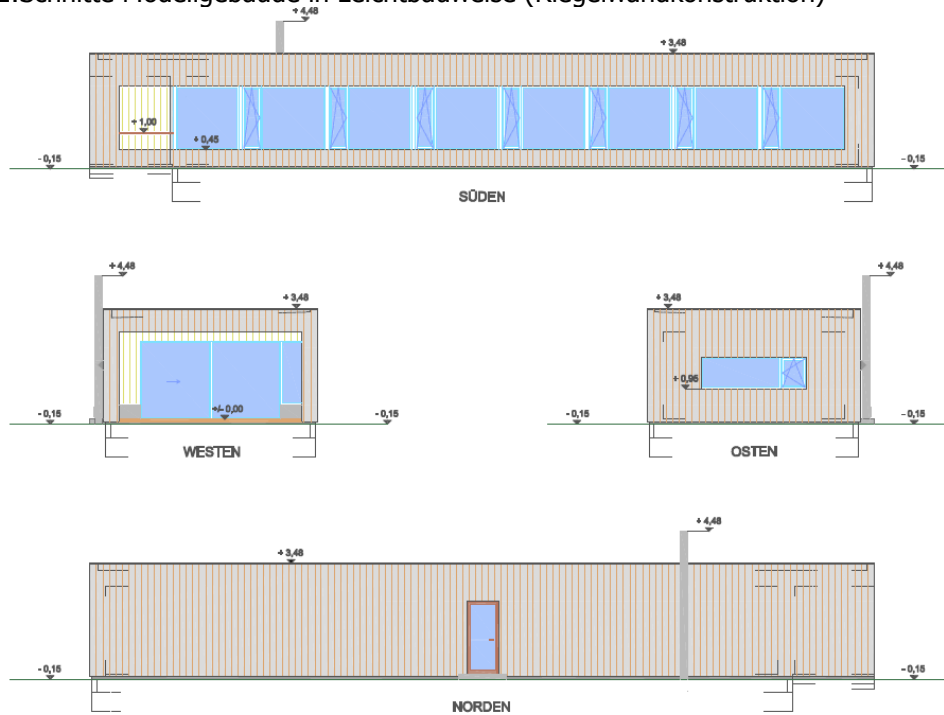


Abb. 8-13: Ansichten Modellgebäude in Leichtbauweise (Riegelwandkonstruktion)

Modellgebäude mit verminderten Fensterflächen

Als jeweilige Variante zu beiden Plangrundlagen werden die Fensterflächen minimiert, um den Einfluss bzw. die Auswirkungen bei Minderung der passiven solaren Gewinne zu untersuchen.

Minimalen Fensterflächen bei der Ausführung des Modellgebäudes in massiver Bauform

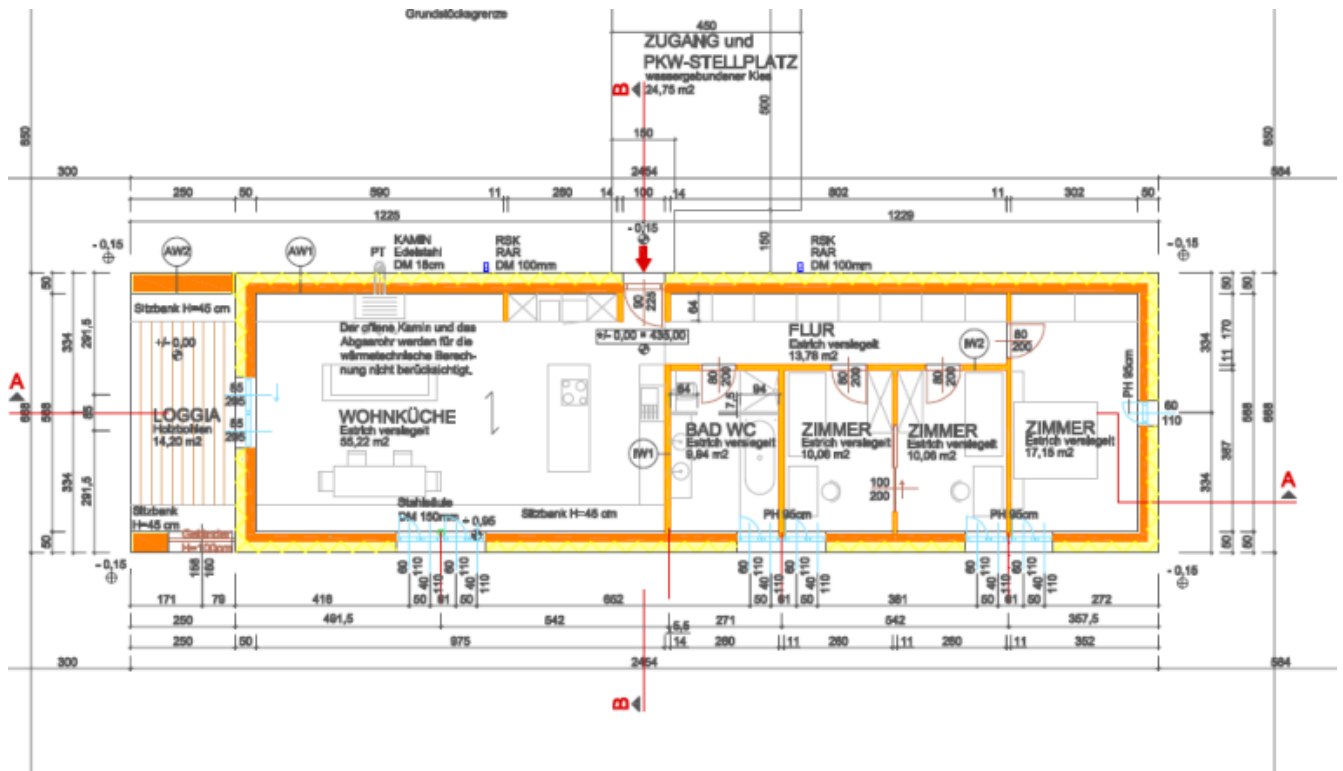


Abb. 8-14: Grundriss Modellgebäude in massiver Bauform mit minimalen Fensterflächen lt. Bauordnung

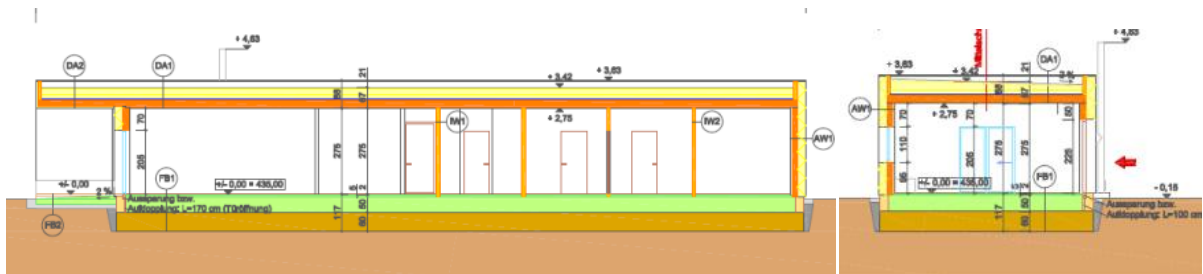


Abb. 8-15: Schnitte Modellgebäude in massiver Bauform jedoch mit minimalen Fensterflächen lt. Bauordnung

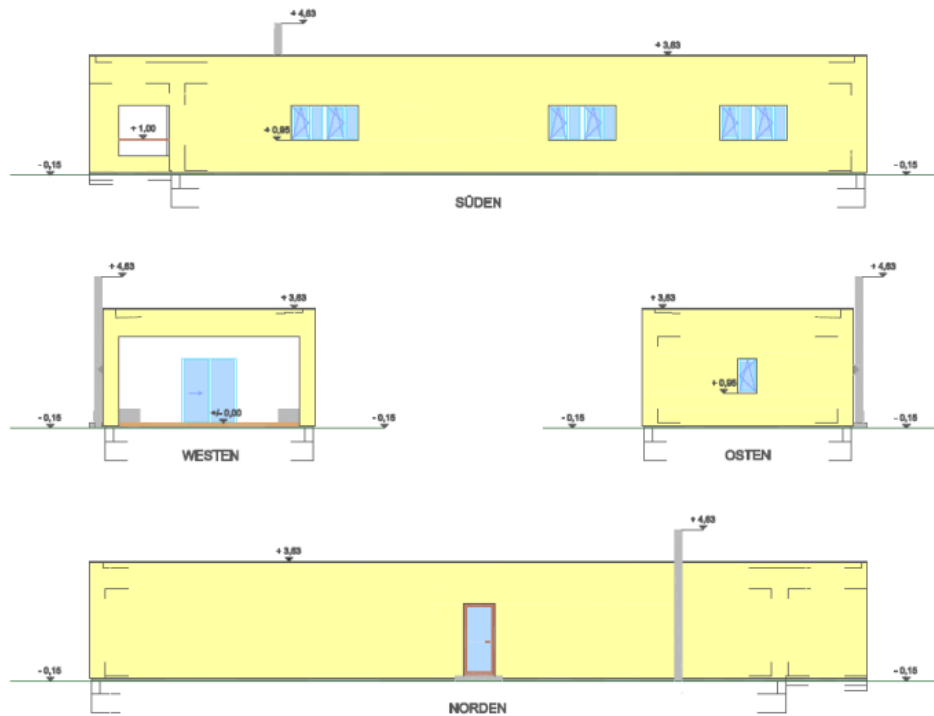


Abb. 8-16: Ansichten Modellgebäude in massiver Bauform jedoch mit minimalen Fensterflächen. Ita. Bauordnung

Minimalen Fensterflächen bei der Ausführung des Modellgebäudes in leichter Bauform

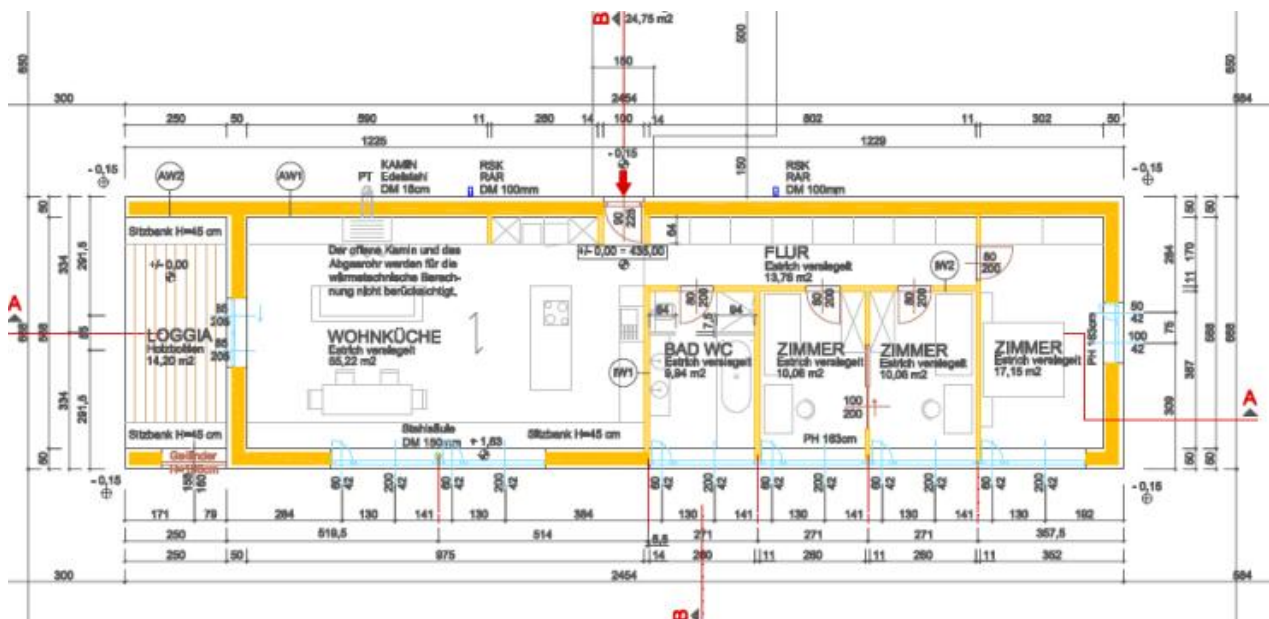


Abb. 8-17: Grundriss Modellgebäude in leichter Bauform (Riegelwände) jedoch mit minimalen Fensterflächen

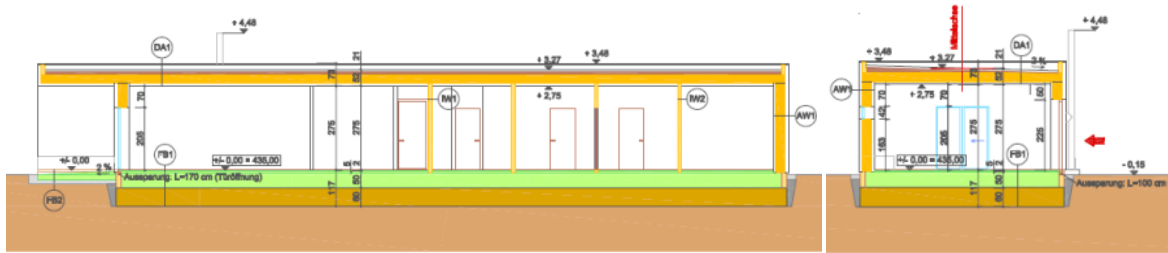


Abb. 8-18: Schnitte Modellgebäude in leichter Bauform (Riegelwände) jedoch mit minimalen Fensterflächen

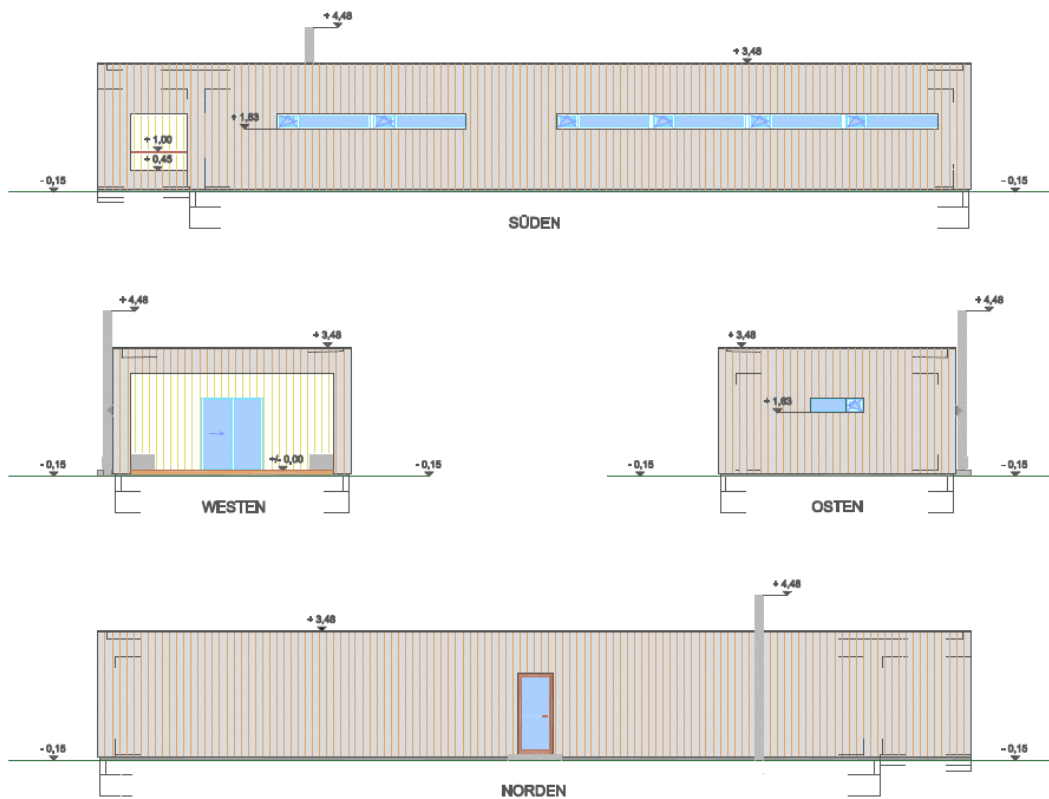


Abb. 8-19: Ansichten Modellgebäude in leichter Bauform (Riegelwände) mit minimalen Fensterflächen

Energieausweis:

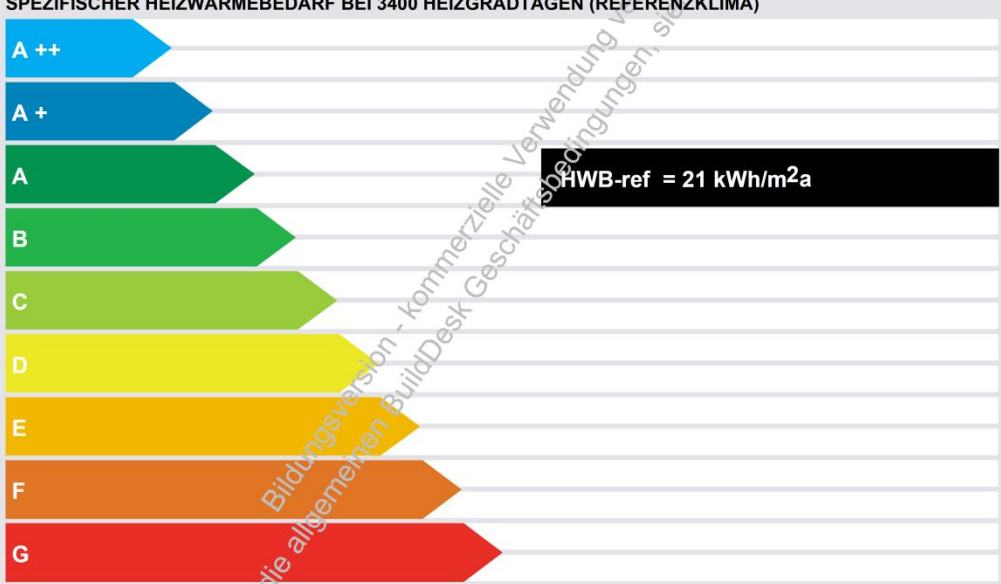
Beispielhaft wird der Energieausweis am Standort Wien Hohe Warte in massiver Bauausführung dargestellt:

Energieausweis für Wohngebäude **ecOTECH**
Wien

gemäß Önorm H 5055 und Richtlinie 2002/91/EG **OIB**
Oösterreichisches Institut für Bautechnik

GEBÄUDE	
Gebäudeart	Einfamilienhaus
Erbaut	2012
Gebäudezone	
Katastralgemeinde	
Straße	
KG-Nummer	
PLZ/Ort	1190 Wien-Döbling
Einlagezahl	
Eigentümer	
Grundstücksnummer	

SPEZIFISCHER HEIZWÄRMEBEDARF BEI 3400 HEIZGRADTAGEN (REFERENZKLIMA)



HWB-ref = 21 kWh/m²a

ERSTELLT	
ErstellerIn	Organisation
ErstellerIn-Nr.	Ausstellungsdatum
GWR-Zahl	Gültigkeitsdatum
Geschäftszahl	Unterschrift

Dieser Energieausweis entspricht den Vorgaben der Richtlinie 6 "Energieeinsparung und Wärmeschutz" des Österreichischen Institutes für Bautechnik in Umsetzung der Richtlinie 2002/91/EG über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und des Energieausweis-Vorlage-Gesetzes (EAVG).

EA-01-2007-SW-a
EA-WG
25.04.2007

Berechnet mit ECOTECH Software, Version 3.1. Ein Produkt der BuildDesk Österreich GmbH; Snr: ECT-20120228XXXA576251

Energieausweis für Wohngebäude

gemäß Önorm H 5055
und Richtlinie 2002/91/EG

OIB
Oesterreichisches Institut für Bautechnik

ecOTECH
Wien

GEBÄUDEDATEN

Brutto-Grundfläche	147,23 m ²
beheiztes Brutto-Volumen	641,9 m ³
charakteristische Länge (lc)	1,18 m
Kompaktheit (A/V)	0,85 1/m
mittlerer U-Wert (Um)	0,21 W/m ² K
LEK-Wert	20

KLIMADATEN

Klimaregion	N
Seehöhe	200 m
Heizgradtage	3491 Kd
Heiztage	125 d
Norm-Außentemperatur	-12,0 °C
mittlere Innentemperatur	20 °C

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF

	Referenzklima		Standortklima		Anforderungen	
	zonenbezogen	spezifisch	zonenbezogen	spezifisch		
HWB	3.021 kWh/a	20,52 kWh/m ² a	3.431 kWh/a	23,31 kWh/m ² a	51,32 kWh/m ² a	erfüllt
WWWB			1.881 kWh/a	12,78 kWh/m ² a		
HTEB-RH			96 kWh/a	0,65 kWh/m ² a		
HTEB-WW			-1.677 kWh/a	-11,39 kWh/m ² a		
HTEB			28.042 kWh/a	190,47 kWh/m ² a		
HEB			5.492 kWh/a	37,30 kWh/m ² a		
EEB			5.492 kWh/a	37,30 kWh/m ² a	68,19 kWh/m ² a	erfüllt
PEB						
CO2						

ERLÄUTERUNGEN

Heizwärmebedarf (HWB):

Heiztechnikenergiebedarf (HTEB):

Endenergiebedarf (EEB):

Vom Heizsystem in die Räume abgegebenen Wärmemenge die benötigt wird, um während der Heizsaison bei einer standardisierten Nutzung eine Temperatur von 20°C zu halten. Energiemenge die bei der Wärmeerzeugung und -verteilung verloren geht. Energiemenge die dem Energiesystem des Gebäudes für Heizung und Warmwasserversorgung inklusive notwendiger Energiemengen für die Hilfsbetriebe bei einer typischen Standardnutzung zugeführt werden muss.

Die Energiekennzahlen dieses Energieausweises dienen ausschließlich der Information. Aufgrund der idealisierten Eingangsparameter können bei tatsächlicher Nutzung erhebliche Abweichungen auftreten. Insbesondere Nutzungseinheiten unterschiedlicher Lage können aus Gründen der Geometrie und der Lage hinsichtlich ihrer Energiekennzahlen von den hier angegebenen abweichen.

EA-01-2007-SW-a 2
EA-WG
25.04.2007

Berechnet mit ECOTECH Software, Version 3.1. Ein Produkt der BuildDesk Österreich GmbH; Snr: ECT-20120228XXXXA576251

Anhang zum Energieausweis gemäß OIB-Richtlinie 6 (8.1.2)

Verwendete Hilfsmittel und ÖNORMen:

Ermittlung der Eingabedaten:

Kommentare:

maximale U-Werte von Bauteile

Bauteil	U (max)	U (anf)	
Wände gegen Außenluft	0,13	0,35	erfüllt
Kleinflächige Wände gegen Außenluft	-	0,70	
Trennwände zwischen Wohn- oder Betriebseinheiten	-	0,90	
Wände gegen unbeheizte, frostfrei zu haltende Gebäudeteile	-	0,60	
Wände gegen unbeheizte oder nicht ausgebaute Dachräume	-	0,35	
Wände gegen andere Bauwerke an Grundstücks- bzw. Bauplatzgrenzen	-	0,50	
Erdberührende Wände und Fußböden	0,06	0,40	erfüllt
Fenster, Fenstertüren, verglaste oder unverglaste Türen gegen unbeheizt	-	2,50	
Fenster, Fenstertüren gegen Außenluft	-	1,40	
Sonstige Fenster, Fenstertüren, verglaste oder unverglaste Außentüren	0,87	1,70	erfüllt
Dachflächenfenster gegen Außenluft	-	1,70	
Sonstige transparente Bauteile gegen Außenluft	0,90	2,00	erfüllt
Decken gegen Außenluft, gegen Dachräume	0,14	0,20	erfüllt
Innendecken gegen unbeheizte Gebäudeteile	-	0,40	
Innendecken gegen getrennte Wohn- und Betriebseinheiten	-	0,90	

Anforderungen an wärmeübertragende Bauteile

Alle (relevanten) Anforderungen an die wärmeübertragenden Bauteile sind erfüllt.

Heizung

Wärmeabgabe

Regelung	Einzelraumregelung mit Thermostatventilen
Abgabesystem	Flächenheizung (35/28 °C)
Verbrauchsermittlung	Individuelle Verbrauchsermittlung und Heizkostenabrechnung (Fixwert)

Wärmeverteilung

Lage der Verteilungen	50% beheizt
Lage der Steigleitungen	50% beheizt
Lage der Anbindeleitungen	100% beheizt
Dämmung der Verteilungen	2/3 Durchmesser
Dämmung der Steigleitungen	2/3 Durchmesser
Dämmung der Anbindeleitungen	3/3 Durchmesser
Armaturen der Verteilungen	Armaturen ungedämmt
Armaturen der Steigleitungen	Armaturen ungedämmt
Armaturen der Anbindeleitungen	Armaturen ungedämmt
Länge der Verteilungen [m]	45,00 Freie Eingabe (Default = 13,15)
Länge der Steigleitungen [m]	2,50 Freie Eingabe (Default = 11,78)
Länge der Anbindeleitungen [m]	40,00 Freie Eingabe (Default = 41,22)

Wärmespeicherung

Baujahr des Speichers	ab 1994
Art des Speichers	Lastausgleichsspeicher Solar (ohne WW-Bereitung)
Basisanschluss	Anschlüsse gedämmt
E-Patrone	Anschluß nicht vorhanden
HeizregisterSolar	Anschluß gedämmt
Speicher im beheizten Bereich	Ja
Speichervolumen $V_{s,ws}$ [l]	172,8 (Default)
Verlust $q_{b,ws}$ [kWh/d]	2,46 (Default)

Wärmebereitstellung (Zentral)

Bereitstellung	Nah-/Fernwärme, Wärmetauscher
Art	Sekundärkreislauf

Warmwasser

Wärmeabgabe

Verbrauchsermittlung Art der Armaturen	Individuelle Verbrauchsermittlung und -abrechnung (Fixwert) Zweigriffarmaturen (Fixwert)
---	---

Wärmeverteilung

Lage der Verteilungen	100% beheizt	
Lage der Steigleitungen	100% beheizt	
Dämmung der Verteilungen	2/3 Durchmesser	
Dämmung der Steigleitungen	2/3 Durchmesser	
Armaturen der Verteilungen	Armaturen ungedämmt	
Armaturen der Steigleitungen	Armaturen ungedämmt	
Zirkulation	Nein	
Stichleitungen	Kupfer	
Länge der Verteilungen [m]	10,00	Freie Eingabe (Default = 8,53)
Länge der Steigleitungen [m]	0,00	Freie Eingabe (Default = 5,89)
Länge der Stichleitungen [m]	4,00	Freie Eingabe (Default = 23,56)
Zirkulation Verteilungen [m]	0,00	(Default)
Zirkulation Steigleitungen [m]	0,00	(Default)

Wärmespeicherung

Baujahr des Speichers	ab 1994	
Art des Speichers	Indirekt beheizter Speicher (Solar, Wärmepumpe) ab 1994	
Basisanschluss	Anschlüsse gedämmt	
E-Patrone	Anschluß nicht vorhanden	
HeizregisterSolar	Anschluß gedämmt	
Speicher im beheizten Bereich	Ja	
Speichervolumen $V_{TW,WS}$ [l]	200,0	Freie Eingabe (Default = 294,5)
Verlust $q_{b,WS}$ [kWh/d]	2,07	(Default)
Mittl. Betriebstemperatur $\vartheta_{TW,WS,m}$ [°C]	50,0	Freie Eingabe (Default = 45,0)

Wärmebereitstellung (Zentral)

Bereitstellung	Warmwasserbereitung mit Heizung kombiniert
----------------	--

Solaranlage

Solaranlage

Art der Anlage Volumen [l]	Primär Warmwasser, sekundär Heizung 35.000,0
-------------------------------	---

Solarkollektor

Art des Solarkollektors	Vakuum-Röhrenkollektor	
Apertur [m ²]	60,00	
Richtungswinkel [°]	180,0	
Neigungswinkel [°]	60,0	
Geländewinkel [°]	0,0	
Regelungswirkungsgrad η_R [-]	0,95	(Default)
Konversionsrate $\eta_{0,Ap}$ [-]	0,77	(Default)
Lin. Verlustfaktor des Kollektors $a_{1,Ap}$ [-]	1,90	(Default)

Leitungen Kollektorkreis

Lage horizontal	Unbeheizt	
Lage vertikal	Unbeheizt	
Dämmung horizontal	3/3 Durchmesser	
Dämmung vertikal	3/3 Durchmesser	
Länge horizontal [m]	50,00	Freie Eingabe (Default = 4,12)
Länge vertikal [m]	2,00	Freie Eingabe (Default = 15,89)



RLT

RLT Anlage

Art der Anlage

RLT-Anlage ohne Heiz- und Kühlfunktion (Lüftungsanlage)

Kühlung

Kein Kühlsystem vorhanden

*Es gelten die allgemeinen BuildDesk Geschäftsbedingungen, siehe www.builddesk.at
Bildungsversion - kommerzielle Verwendung verboten!*

Ergebnisse ÖNORM H5056

	Gesamt	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
HEB	37,30	8,21	4,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,84	7,68

1. Spalte "Gesamt": HEB_BGF [kWh/m²]
 Monatliche Spalten: HEB_H,BGF + HEB_TW,BGF [kWh/m²], ohne Hilfsenergie

Ergebnisse ÖNORM H5057

	Gesamt	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Q_h	3431,2	1190,6	495,0	75,4	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	559,5	1101,7
Q_c	17852,3	512,5	1112,5	1608,0	1835,7	2166,0	2010,5	2058,0	2070,2	1767,0	1393,7	749,4	568,8
Q_LF,h,LE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q_LF,h,RLT	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q_LF,c,LE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q_LF,c,RLT	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q_h,LE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q_h,RLT	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q_c,LE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q_c,RLT	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q_St,LE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q_St,RLT	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Ergebnisse ÖNORM H5058

	Gesamt	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Q_h	3431,2	1190,6	495,0	75,4	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	559,5	1101,7
Q_c	17852,3	512,5	1112,5	1608,0	1835,7	2166,0	2010,5	2058,0	2070,2	1767,0	1393,7	749,4	568,8
Q_C*,RLT,s	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q_C*,KON,s	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q_St	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q_Be	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q_C*,Kom	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q_C*,Abs	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q_C*,Rück	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q_kon,p,n	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q_mech,p,n	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q_LF,RLT,c	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Berechnet mit ECOTECH Software, Version 3.1. Ein Produkt der BuildDesk Österreich GmbH; Snr: ECT-20120228XXXA576251



ecotech GEBÄUDERECHNER

BM Ing. A. Pleyer, 2345 Brunn am Gebirge

Energiekennzahlen

Projekt: **M Wien HW massiv entkoppelte Platte**

Datum: 27. März 2012

Blatt 1

HWB Referenzklima	20,52	kWh/m ² a
HWB Standort	23,31	kWh/m ² a
BGF (beheizt)	147,23	m ²
Oberfläche (A)	544,89	m ²
Bruttorauminhalt (V)	641,91	m ³
AV	0,85	1/m

*Bildungsversion - kommerzielle Verwendung verboten!
Es gelten die allgemeinen BuildDesk Geschäftsbedingungen, siehe www.builddesk.at*

ecotech GEBÄUDERECHNER

BM Ing. A. Pleyer, 2345 Brunn am Gebirge

Optionen Heizwärmebedarf gemäß OIB-Richtlinie 6

Projekt: **M Wien HW massiv entkoppelte Platte**

Datum: 27. März 2012

Blatt 2

Allgemeine Einstellungen

Einreichung für	<input checked="" type="checkbox"/> Neubau	<input type="checkbox"/> Sanierung	<input type="checkbox"/> Bestand	
Bauweise	<input type="checkbox"/> leicht	<input type="checkbox"/> mittel	<input checked="" type="checkbox"/> schwer	<input type="checkbox"/> sehr schwer
Wärmebrückenzuschlag	<input checked="" type="checkbox"/> vereinfacht 12 [W/K]	<input type="checkbox"/> detailliert lt. Baukörpereingabe 42 [W/K]		
Verschattung	<input checked="" type="checkbox"/> vereinfacht	<input type="checkbox"/> detailliert lt. Baukörpereingabe		
Erdverluste	<input checked="" type="checkbox"/> vereinfacht	<input type="checkbox"/> detailliert lt. EN ISO 13370		

Anforderungen

Bestimmung ab 1.1.2010

Lüftung

Art der Lüftung	mechanische Lüftung
Wärmetauscher	Gegenstromwärmetauscher (75 %)
Luftwechsel n50 aus Blower-Door-Test	Luftwechselrate n50 < 0,6/h
Erdwärmetauscher Art des EWT	berücksichtigt Erdwärmetauscher unbekannt (10% Wärmebereitstellungsgrad)

Transparente Wärmedämmung

Transparente Wärmedämmung nicht berücksichtigt

ecotech GEBÄUDERECHNER

BM Ing. A. Pleyer, 2345 Brunn am Gebirge

Optionen Heizwärmebedarf gemäß OIB-Richtlinie 6

Projekt: **M Wien HW massiv entkoppelte Platte**

Datum: 27. März 2012

Blatt 3

Gebäudetyp / Innere Gewinne

Nutzungsprofil	Einfamilienhaus		
Nutzungstage Jänner	d_Nutz,1 [d]	31	(Lt. ÖNORM B 8110-5)
Nutzungstage Februar	d_Nutz,2 [d]	28	(Lt. ÖNORM B 8110-5)
Nutzungstage März	d_Nutz,3 [d]	31	(Lt. ÖNORM B 8110-5)
Nutzungstage April	d_Nutz,4 [d]	30	(Lt. ÖNORM B 8110-5)
Nutzungstage Mai	d_Nutz,5 [d]	31	(Lt. ÖNORM B 8110-5)
Nutzungstage Juni	d_Nutz,6 [d]	30	(Lt. ÖNORM B 8110-5)
Nutzungstage Juli	d_Nutz,7 [d]	31	(Lt. ÖNORM B 8110-5)
Nutzungstage August	d_Nutz,8 [d]	31	(Lt. ÖNORM B 8110-5)
Nutzungstage September	d_Nutz,9 [d]	30	(Lt. ÖNORM B 8110-5)
Nutzungstage Oktober	d_Nutz,10 [d]	31	(Lt. ÖNORM B 8110-5)
Nutzungstage November	d_Nutz,11 [d]	30	(Lt. ÖNORM B 8110-5)
Nutzungstage Dezember	d_Nutz,12 [d]	31	(Lt. ÖNORM B 8110-5)
Nutzungstage pro Jahr	d_Nutz,a [d]	365	(Lt. ÖNORM B 8110-5)
Tägliche Nutzungszeit	t_Nutz,d [h]	24	(Lt. ÖNORM B 8110-5)
Tägliche Betriebszeit Heizung	t_h,d [h]	24	(Lt. ÖNORM B 8110-5)
Betriebstage Heizung pro Jahr	d_h,a [d]	365	(Lt. ÖNORM B 8110-5)
Innentemperatur Heizfall	theta_ih [°C]	20	(Lt. ÖNORM B 8110-5)
Temperatur unkonditionierter Raum	theta_iu [°C]	13	(Lt. ÖNORM B 8110-5)
Luftwechselrate Fensterlüftung	n_L,FL [1/h]	0,40	(Lt. ÖNORM B 8110-5)
Innere Gewinne Heizfall (bezogen auf Bezugsfläche BF)	q_i,h,n [W/m²]	3,75	(Lt. ÖNORM B 8110-5)
Tägl. Warmwasser-Wärmebedarf (bezogen auf Bezugsfläche BF)	wwwb [Wh/(m²·d)]	35,0	(Lt. ÖNORM B 8110-5)

Flächenheizung

Flächenheizung	berücksichtigt			
Vorlauftemperatur bei Normalaußentemperatur [°C]	35			
Rücklauftemperatur bei Normalaußentemperatur [°C]	28			
Bauteil	Flächenheizung	R-Wert	Ranf	
AW 0,51m U=0,13, ZIEGEL 17cm	<input type="checkbox"/>	7,71	4,00	erfüllt
DA 0,58m U=0,14, Massiv	<input type="checkbox"/>	6,94	-	-
entkoppelt	<input checked="" type="checkbox"/>	15,66	3,50	erfüllt

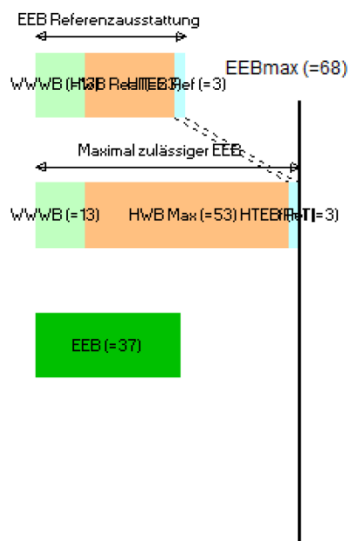
ecotech GEBÄUDERECHNER

BM Ing. A. Pleyer, 2345 Brunn am Gebirge

Endenergiebedarfsgrafik

Projekt: **M Wien HW massiv entkoppelte Platte**

Datum: 27. März 2012 Blatt 4



Alle Angaben in [kWh/m²]

Bild
Es gelten die allgemeine

Fenster und Türen im Baukörper - kompakt

Projekt: M Wien HW massiv entkoppelte Platte

Datum: 27. März 2012 Blatt 5

Fenster und Türen im Baukörper - kompakt																		
Ausricht. / Neig.	Anz	Bezeichnung	Breite [m]	Höhe [m]	Fläche [m²]	U _g [W/m²K]	U _f [W/m²K]	PSI [W/mK]	l _g [m]	U _w [W/m²K]	AxU [W/K]	Ag [%]	g [-]	gw [-]	fs [-]	Awirk [m²]	Q _s [kWh/a]	Ant.Q _s [%]
SÜDEN																		
180/90	7	AF 0,80/1,00m U=0,98	0,80	1,00	5,60	0,70	0,87	0,060	2,80	0,98	5,49	60,00	0,60	0,53	0,85	1,51	1217	7,9
180/90	1	AF 1,95/2,00m U=0,84	1,95	2,00	3,90	0,70	0,87	0,060	7,10	0,84	3,28	80,77	0,60	0,53	0,85	1,42	1141	7,4
180/90	7	AF 2,00/2,00m U=0,83	2,00	2,00	28,00	0,70	0,83	0,060	7,20	0,83	23,24	81,00	0,60	0,53	0,85	10,20	8214	53,6
SUM	15				37,50						32,01						10.572,0	69,01
OSTEN																		
90/90	1	AF 0,60/2,00m U=0,99	0,60	2,00	1,20	0,70	0,87	0,060	4,40	0,99	1,19	60,00	0,60	0,53	0,85	0,32	213	1,4
90/90	1	AF 2,50/1,00m U=0,88	2,50	1,00	2,50	0,70	0,83	0,060	6,20	0,88	2,20	73,60	0,60	0,53	0,85	0,83	544	3,6
SUM	2				3,70						3,39						756,73	4,94
WESTEN																		
270/90	2	AF 2,20/2,45m U=0,82	2,20	2,45	10,78	0,70	0,87	0,060	8,50	0,82	8,84	83,49	0,60	0,53	0,85	4,05	2660	17,4
270/90	1	AF 2,20/2,45m U=0,82	2,20	2,45	5,39	0,70	0,87	0,060	8,50	0,82	4,42	83,49	0,60	0,53	0,85	2,02	1330	8,7
SUM	3				16,17						13,26						3.990,58	26,05
NORDEN																		
0/90	1	AT 1,00/2,35m U=0,87	1,00	2,35	2,35	0,00	0,87	0,060	5,60	0,87	2,04	0,00	0,60	0,53	0,85	0,00	0	0,0
SUM	1				2,35						2,04						0,00	0,00

Legende: Ausricht./Neig. = Ausrichtung / Neigung [°]. Breite = Architekturlichte Breite, Höhe = Architekturlichte Höhe, Fläche = Gesamtfläche (außen), U_g = U-Wert des Glases, U_f = U-Wert des Rahmens, PSI = PSI-Wert, l_g = Länge d. Glasrandverbundes (pro Fenster), U_w = gesamter U-Wert des Fensters, AxU = Fläche mal U-Wert, Ag = Anteil Glasfläche, g = Gesamtenergiedurchlaßgrad (g-wert) lt. Bauteil, gw = wirksamer Gesamtenergiedurchlaßgrad (g * 0,9 * 0,98), fs = Verschattungsfaktor (Winter/Sommer), aWirk = wirksame Fläche (Glasfläche * gw * fs), Q_s = solare Wärmegewinne, Ant. Q_s = Anteil an den gesamten solaren WärmegeWINnen, Qt = Transmissionswärmeverluste

Berechnet mit ECOTECH Software, Version 3.1. Ein Produkt der BuildDesk Österreich GmbH, Snr: ECT-20120226XXXA576251

ecotech GEBÄUDERECHNER

BM Ing. A. Pleyer, 2345 Brunn am Gebirge

Globalstrahlungssummen

Projekt: **M Wien HW massiv entkoppelte Platte**
Beiblatt: **1 a**

Datum: 27. März 2012 Blatt 6

Standardisierte Klimadaten: (Referenzklima)

Monatliche mittlere Außentemperaturen und monatliche mittlere Globalstrahlungssummen in kWh/m².

	°C	Hori- zontal	Süd	Südost	Ost	Nordost	Nord	Nordwes- t	West	Südwest	Dauer [Tage]
Jänner	-1,5	107,24	142,67	115,02	70,24	49,61	47,20	49,61	70,24	115,02	31
Februar	0,7	185,11	216,58	178,16	115,70	81,43	75,89	81,43	115,70	178,16	28
März	4,8	300,24	282,20	247,68	187,63	126,11	102,10	126,11	187,63	247,68	31
April	9,6	406,12	284,26	278,17	243,65	182,74	142,13	182,74	243,65	278,17	30
Mai	14,2	552,10	314,68	329,87	317,45	252,58	198,76	252,58	317,45	329,87	31
Juni	17,3	558,79	279,40	310,14	318,53	266,83	212,36	266,83	318,53	310,14	30
Juli	19,1	578,09	294,84	330,95	335,30	273,13	213,88	273,13	335,30	330,95	31
August	18,6	498,60	314,10	322,85	294,16	215,64	159,55	215,64	294,16	322,85	31
September	15,0	356,29	295,70	269,89	217,33	155,88	128,27	155,88	217,33	269,89	30
Oktober	9,6	231,66	252,50	212,54	147,10	96,73	85,72	96,73	147,10	212,54	31
November	4,2	113,26	150,66	120,06	72,50	50,11	47,56	50,11	72,50	120,06	30
Dezember	0,2	80,39	123,80	96,88	52,67	35,78	34,56	35,78	52,67	96,88	31

Standortbezogene Klimadaten: (Wien-Döbling)

Monatliche mittlere Außentemperaturen und monatliche mittlere Globalstrahlungssummen in kWh/m².

	°C	Hori- zontal	Süd	Südost	Ost	Nordost	Nord	Nordwes- t	West	Südwest	Dauer [Tage]
Jänner	-1,8	94,01	125,03	100,59	62,05	43,24	41,36	43,24	62,05	100,59	31
Februar	0,2	170,95	200,01	164,11	107,70	75,22	70,09	75,22	107,70	164,11	28
März	4,1	291,27	273,79	241,75	183,50	122,33	99,03	122,33	183,50	241,75	31
April	9,0	415,30	290,71	286,56	249,18	186,89	145,36	186,89	249,18	286,56	30
Mai	13,7	567,74	323,61	340,65	329,29	261,16	204,39	261,16	329,29	340,65	31
Juni	16,8	575,87	287,94	322,49	328,25	276,42	218,83	276,42	328,25	322,49	30
Juli	18,5	578,47	295,02	329,73	335,51	271,88	214,03	271,88	335,51	329,73	31
August	18,0	505,40	318,40	328,51	298,18	217,32	161,73	217,32	298,18	328,51	31
September	14,4	353,29	293,23	268,50	215,50	155,45	127,18	155,45	215,50	268,50	30
Oktober	9,1	225,23	245,50	207,21	144,15	94,60	83,33	94,60	144,15	207,21	31
November	3,8	103,83	138,09	110,06	66,45	45,68	43,61	45,68	66,45	110,06	30
Dezember	0,2	69,66	107,27	84,29	45,97	31,35	29,95	31,35	45,97	84,29	31

ecotech GEBÄUDERECHNER

BM Ing. A. Pleyer, 2345 Brunn am Gebirge

Wärmebedarf Standort

Projekt: **M Wien HW massiv entkoppelte Platte**

Datum: 27. März 2012

Blatt 7

Monatliche Berechnung des Wärmebedarfs:

Standort	Wien-Döbling	
Klimaregion	N	
Seehöhe	200	m
LT	116,12	W/K
LV	13,54	W/K
Innentemperatur	20	°C
t_Heiz,d	24	h/d
q_ihn	3,75	W/m ²
BGF	147,23	m ²
C	19.257,32	Wh/K

Monate	Trans.- verluste [kWh/a]	Lüft.- verluste [kWh/a]	Wärme- verluste [kWh/a]	Innere Gewinne [kWh/a]	Solare Gewinne [kWh/a]	Gesamt- gewinne [kWh/a]	Gewinn/ verlust Verhältn.	Nutz.- grad	Bedarf [kWh/a]
Jan	1.880	219	2.100	329	587	909	0,43	1,00	1.190,6
Feb	1.545	180	1.725	297	946	1.242	0,72	0,99	495,0
Mar	1.370	160	1.529	329	1.367	1.695	1,11	0,86	75,4
Apr	920	107	1.027	318	1.560	1.878	1,83	0,55	0,9
Mai	546	64	610	329	1.841	2.170	3,56	0,28	0,0
Jun	268	31	300	318	1.709	2.027	6,76	0,15	0,0
Jul	132	15	147	329	1.749	2.078	14,14	0,07	0,0
Aug	171	20	191	329	1.760	2.088	10,92	0,09	0,0
Sep	471	55	526	318	1.502	1.820	3,46	0,29	0,0
Okt	945	110	1.055	329	1.185	1.513	1,43	0,69	8,0
Nov	1.354	158	1.511	318	637	955	0,63	1,00	559,5
Dez	1.714	200	1.914	329	484	812	0,42	1,00	1.101,7
Summe	11.317	1.319	12.636	3.869	15.319	19.188	1,52	0,48	3.431

Monate	0e [°C]	T [h]	a [-]
Jan	-1,77	148,53	10,28
Feb	0,20	148,53	10,28
Mar	4,15	148,53	10,28
Apr	9,00	148,53	10,28
Mai	13,68	148,53	10,28
Jun	16,79	148,53	10,28
Jul	18,48	148,53	10,28
Aug	18,02	148,53	10,28
Sep	14,37	148,53	10,28
Okt	9,06	148,53	10,28
Nov	3,81	148,53	10,28
Dez	0,16	148,53	10,28

Der flächenbezogene Heizwärmebedarf beträgt:

23,31 [kWh/(m²a)]

ecotech GEBÄUDERECHNER

BM Ing. A. Pleyer, 2345 Brunn am Gebirge

Wärmebedarf Referenzstandort

Projekt: **M Wien HW massiv entkoppelte Platte**

Datum: 27. März 2012

Blatt 8

Monatliche Berechnung des Wärmebedarfs:

Standort	Referenzklima	
Klimaregion	N	
Seehöhe	0	m
LT	116,10	W/K
LV	13,54	W/K
Innentemperatur	20	°C
t_Heiz,d	24	h/d
q_ihn	3,75	W/m ²
BGF	147,23	m ²
C	19.257,32	Wh/K

Monate	Trans.- verluste [kWh/a]	Lüft.- verluste [kWh/a]	Wärme- verluste [kWh/a]	Innere Gewinne [kWh/a]	Solare Gewinne [kWh/a]	Gesamt- gewinne [kWh/a]	Gewinn/ verlust Verhältn.	Nutz.- grad	Bedarf [kWh/a]
Jan	1.860	217	2.077	329	667	990	0,48	1,00	1.086,9
Feb	1.503	175	1.679	297	1.022	1.319	0,79	0,98	385,1
Mar	1.312	153	1.465	329	1.406	1.734	1,18	0,82	47,1
Apr	868	101	969	318	1.526	1.844	1,90	0,53	0,6
Mai	501	58	559	329	1.785	2.113	3,78	0,26	0,0
Jun	223	26	249	318	1.658	1.976	7,93	0,13	0,0
Jul	76	9	85	329	1.748	2.077	24,47	0,04	0,0
Aug	124	15	139	329	1.736	2.065	14,86	0,07	0,0
Sep	415	48	464	318	1.515	1.833	3,95	0,25	0,0
Okt	895	104	999	329	1.216	1.545	1,55	0,64	4,0
Nov	1.324	154	1.478	318	695	1.013	0,69	0,99	472,1
Dez	1.711	199	1.911	329	557	886	0,46	1,00	1.025,0
Summe	10.813	1.261	12.074	3.869	15.525	19.394	1,61	0,47	3.021

Monate	0e [°C]	T [h]	a [-]
Jan	-1,53	148,55	10,28
Feb	0,73	148,55	10,28
Mar	4,81	148,55	10,28
Apr	9,62	148,55	10,28
Mai	14,20	148,55	10,28
Jun	17,33	148,55	10,28
Jul	19,12	148,55	10,28
Aug	18,56	148,55	10,28
Sep	15,03	148,55	10,28
Okt	9,64	148,55	10,28
Nov	4,16	148,55	10,28
Dez	0,19	148,55	10,28

Der flächenbezogene Heizwärmebedarf beträgt:

20,52 [kWh/(m²a)]

ecotech GEBÄUDERECHNER

BM Ing. A. Pleyer, 2345 Brunn am Gebirge

Solare Gewinne Standort

Projekt: **M Wien HW massiv entkoppelte Platte**

Datum: 27. März 2012 Blatt 9

Solare Aufnahmefläche	Jan [kWh]	Feb [kWh]	Mar [kWh]	Apr [kWh]	Mai [kWh]	Jun [kWh]	Jul [kWh]	Aug [kWh]	Sep [kWh]	Okt [kWh]	Nov [kWh]	Dez [kWh]	Jahr [kWh]
AF 2,20/2,45m U=0,82	69,8	121,1	206,4	280,2	370,3	369,1	377,3	335,3	242,3	162,1	74,7	51,7	2.660,3
AF 2,20/2,45m U=0,82	34,9	60,6	103,2	140,1	185,2	184,6	188,7	167,7	121,2	81,1	37,4	25,9	1.330,6
AT 1,00/2,35m U=0,87	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AF 0,60/2,00m U=0,99	5,6	9,7	16,5	22,4	29,6	29,5	30,2	26,8	19,4	13,0	6,0	4,1	212,8
AF 2,50/1,00m U=0,88	14,3	24,8	42,2	57,3	75,7	75,5	77,1	68,6	49,5	33,1	15,3	10,6	544,0
AF 0,80/1,00m U=0,98	52,5	84,0	114,9	122,0	135,9	120,9	123,9	133,7	123,1	103,1	58,0	45,0	1.217,0
AF 1,95/2,00m U=0,84	49,2	78,7	107,8	114,4	127,4	113,3	116,1	125,3	115,4	96,6	54,4	42,2	1.140,8
AF 2,00/2,00m U=0,83	354,3	566,8	775,9	823,8	917,1	816,0	836,0	902,3	831,0	695,7	391,3	304,0	8.214,2
SUMME	580,6	945,7	1.366,9	1.560,2	1.841,2	1.708,9	1.749,3	1.759,7	1.501,9	1.184,7	637,1	483,5	15.319,7

Solare Aufnahmeflächen

Projekt: **M Wien HW massiv entkoppelte Platte**

Datum: 27. März 2012 Blatt 10

Solare Aufnahmeflächen

Die Verschattung wurde vereinfacht berechnet

Wand	Fenster	Richtung [°]	Neigung [°]	Fläche [m²]	gw [-]	Glasanteil [%]	F _s [-]	A _{trans} [m²]	Q _s [kWh]
Regelgeschoss West	AF 2,20/2,45m U=0,82	270,00	90,00	10,78	0,53	83,49	0,85	4,05	2.660,39
Regelgeschoss West	AF 2,20/2,45m U=0,82	270,00	90,00	5,39	0,53	83,49	0,85	2,02	1.330,19
Regelgeschoss Nord	AT 1,00/2,35m U=0,87	0,00	90,00	2,35	0,53	0,00	0,85	0,00	0,00
Regelgeschoss Ost	AF 0,60/2,00m U=0,99	90,00	90,00	1,20	0,53	60,00	0,85	0,32	212,83
Regelgeschoss Ost	AF 2,50/1,00m U=0,88	90,00	90,00	2,50	0,53	73,60	0,85	0,83	543,90
Regelgeschoss Süd	AF 0,80/1,00m U=0,98	180,00	90,00	5,60	0,53	60,00	0,85	1,51	1.216,93
Regelgeschoss Süd	AF 1,95/2,00m U=0,84	180,00	90,00	3,90	0,53	80,77	0,85	1,42	1.140,87
Regelgeschoss Süd	AF 2,00/2,00m U=0,83	180,00	90,00	28,00	0,53	81,00	0,85	10,20	8.214,26

ecotech GEBÄUDERECHNER

BM Ing. A. Pleyer, 2345 Brunn am Gebirge

Transmissionsverluste

Projekt: **M Wien HW massiv entkoppelte Platte**

Datum: 27. März 2012

Blatt 11

Le Verluste zu Außenluft

Bezeichnung	A [m ²]	U [W/m ² K]	f _{ih} [-]	F _{FH} [-]	A*U*f _{ih} *F _{FH} [W/K]
Regelgeschoss West	12,95	0,13	1,000	1,000	1,68
AF 2,20/2,45m U=0,82	10,78	0,82	1,000	1,000	8,84
AF 2,20/2,45m U=0,82	5,39	0,82	1,000	1,000	4,42
Regelgeschoss Nord	93,74	0,13	1,000	1,000	12,19
AT 1,00/2,35m U=0,87	2,35	0,87	1,000	1,000	2,04
Regelgeschoss Ost	25,42	0,13	1,000	1,000	3,31
AF 0,60/2,00m U=0,99	1,20	0,99	1,000	1,000	1,19
AF 2,50/1,00m U=0,88	2,50	0,88	1,000	1,000	2,20
Regelgeschoss Süd	58,59	0,13	1,000	1,000	7,62
AF 0,80/1,00m U=0,98	5,60	0,98	1,000	1,000	5,49
AF 1,95/2,00m U=0,84	3,90	0,84	1,000	1,000	3,28
AF 2,00/2,00m U=0,83	28,00	0,83	1,000	1,000	23,24
Regelgeschoss Flachdach	147,23	0,14	1,000	1,000	20,61
Summe	397,67				96,10

Lg Verluste zu Erdreich oder zu unconditioniertem Keller

Bezeichnung	A [m ²]	U [W/m ² K]	f _{ih} [-]	F _{FH} [-]	A*U*f _{ih} *F _{FH} [W/K]
Regelgeschoss Fußboden	147,23	0,06	0,700	1,351	8,35
Summe	147,23				8,35

Leitwerte

Hüllfläche AB	544,89	m ²
Leitwert für Bauteile, die an Außenluft grenzen L _e	96,10	W/K
Leitwert für Bauteile, die an unbeheizte Räume grenzen L _u	0,00	W/K
Leitwert für bodenberührte Bauteile und Bauteile, die an unconditionierte Keller grenzen L _k	8,35	W/K
Leitwert der Gebäudehülle L _T	116,12	W/K
Leitwertzuschlag für Wärmebrücken (vereinfacht)	11,66	W/K
Leitwertzuschlag für Wärmebrücken (detailliert lt. Baukörper) (informativ)	42,38	W/K
Lüftungsleitwert L _v	13,54	W/K

Heizlast

Innentemperatur T _i	20,0	°C
Normaußentemperatur T _{Ne}	-12,0	°C
Temperaturdifferenz delta T	32,0	°C
Heizlast P _{tot}	4.149	W
Flächenbez. Heizlast P ₁	28,2	W/m ²

ecotech GEBÄUDERECHNER

BM Ing. A. Pleyer, 2345 Brunn am Gebirge

Lüftungsverluste

Projekt: **M Wien HW massiv entkoppelte Platte**
Beiblatt: **2 c**

Datum: 27. März 2012 Blatt 12

Lüftungsverluste Wohngebäude - mechanische Lüftung

Brutto-Grundfläche B_{GF} [m ²]	147,23
Energetisch wirksames Luftvolumen V_v [m ³]	306,23
Falschluft rate (Infiltrationsrate) n_j [1/h]	0,04
Wärmebereitstellungsgrad des Lüftungsgerätes mit Wärmerückgewinnung η_{WRG} [-]	0,75
Wärmebereitstellungsgrad des Erdwärmetauschers η_{EWT} [-]	0,10
Wärmebereitstellungsgrad des Gesamtsystems η_{Vges} [-]	0,78
Luftvolumenstrom v_v [m ³ /h]	39,81
Wärmekapazität der Luft $\rho_L \cdot c_{p,L}$ [Wh/(m ³ ·K)]	0,34
Lüftungsleitwert L_v [W/K]	13,54

Der Lüftungs-Leitwert L_v wird gemäß ÖNORM B 8110-6:2007 wie folgt ermittelt:

$$L_v = c_{p,L} \cdot \rho_L \cdot v_v \dots \text{ in W/K}$$

Der Luftvolumenstrom v_v ist mit $v_v = [0,4 \cdot (1 - \eta_{Vges}) + n_j] \cdot V_v = 39,81 \text{ m}^3/\text{h}$ anzusetzen.

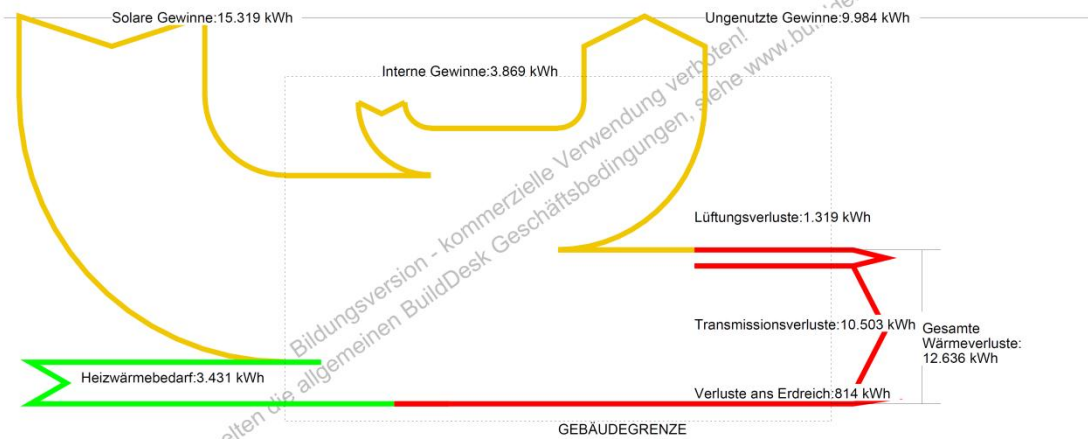
ecotech
GEBÄUDERECHNER

BM Ing. A. Pleyer, 2345 Brunn am Gebirge

Energiebilanz:

Projekt: **M Wien HW massiv entkoppelte Platte**
Blatt: **Energiebilanz**

Datum: 27. März 2012 Blatt 13



Berechnet mit ECOTECH Software, Version 3.1. Ein Produkt der BuildDesk Österreich GmbH; Snr: ECT-20120228XXXA576251

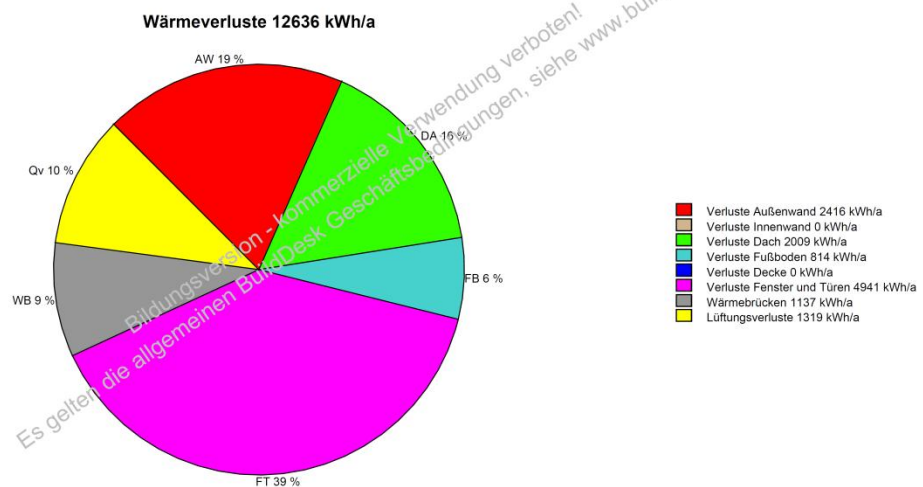
ecotech
GEBÄUDERECHNER

BM Ing. A. Pleyer, 2345 Brunn am Gebirge

Diagramm Wärmeverluste

Projekt: **M Wien HW massiv entkoppelte Platte**

Datum: 27. März 2012 Blatt 14

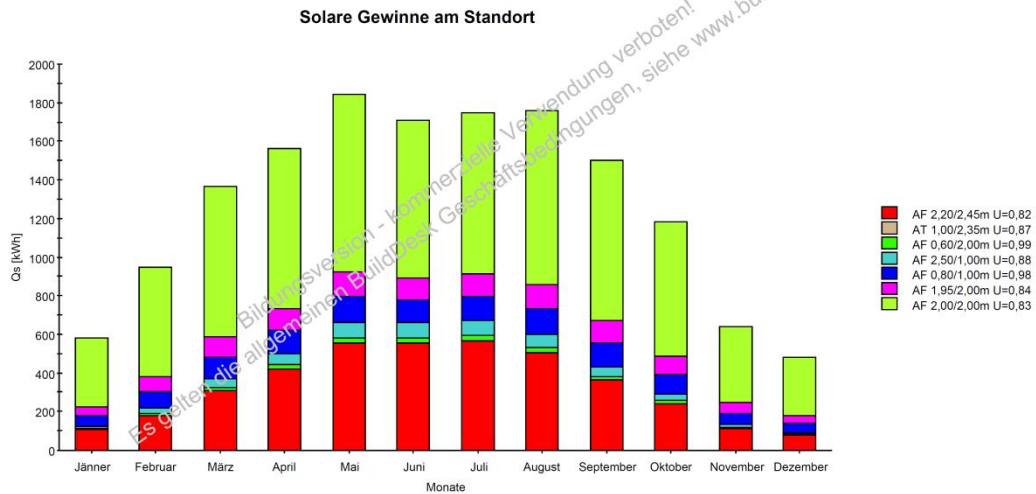


Berechnet mit ECOTECH Software, Version 3.1. Ein Produkt der BuildDesk Österreich GmbH; Snr: ECT-20120228XXXA576251

Diagramm Solare Gewinne am Standort

Projekt: **M Wien HW massiv entkoppelte Platte**

Datum: 27. März 2012 Blatt 15

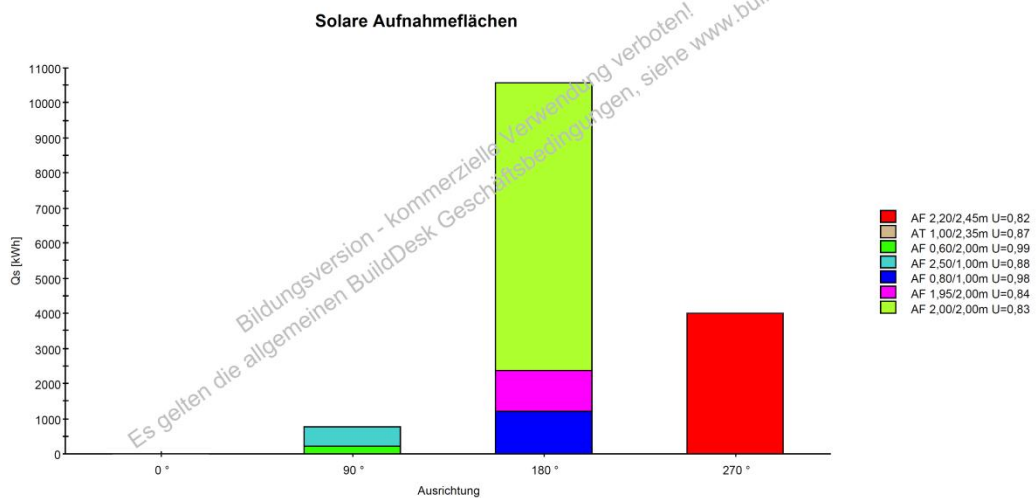


Berechnet mit ECOTECH Software, Version 3.1. Ein Produkt der BuildDesk Österreich GmbH; Snr: ECT-20120228XXXXA576251

Diagramm Solare Aufnahmeflächen

Projekt: **M Wien HW massiv entkoppelte Platte**

Datum: 27. März 2012 Blatt 16



Berechnet mit ECOTECH Software, Version 3.1. Ein Produkt der BuildDesk Österreich GmbH; Snr: ECT-20120228XXXXA576251

ecotech GEBÄUDERECHNER

BM Ing. A. Pleyer, 2345 Brunn am Gebirge

Bauteil - Dokumentation

Wärmeübertragung durch Bauteile (U-Wert) nach EN ISO 6946

Projekt: **M Wien HW massiv entkoppelte Platte**

Datum: 27. März 2012

Blatt 17

AW 0,51m U=0,13, ZIEGEL 17cm

Verwendung : Außenwand

U	OI3	Nr	Bezeichnung	d[m]	Lambda	d/Lambda
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	Capatect KD-Strukturputz	0,003	0,750	0,004
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2	Capatect Klebe-u. Spachtelmasse 190	0,005	1,000	0,005
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3	Capatect PS-Fassadendämmplatte (EPS-F)	0,280	0,040	7,000
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4	POROTHERM 17-50 N+F	0,170	0,289	0,588
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5	Baumit SanovaVorspritzer	0,004	0,800	0,005
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6	Baumit SanovaPufferputz	0,040	0,400	0,100
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	7	Baumit PutzSpachtel (Sackware)	0,003	0,800	0,004
				Rse+Rsi = 0,17	Bauteil-Dicke [m]: 0,505	U-Wert [W/(m²K)]: 0,13

wird in der U-Wert Berechnung / OI3 Berechnung berücksichtigt

entkoppelt

Verwendung : erdanliegender Fußboden

U	OI3	Nr	Bezeichnung	d[m]	Lambda	d/Lambda
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	Baumit BauKleber und Spachtelmasse	0,020	0,800	0,025
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2	Zementestrich	0,050	1,700	0,029
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3	FOAMGLAS S3	0,300	0,045	6,667
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4	3.304.004 Beton, Bewehrt (2 vol% Stahl) oder Stahlbeton 2400	0,500	2,500	0,200
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5	FOAMGLAS S3	0,300	0,045	6,667
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6	Polyethylenbahn	0,001	0,500	0,001
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	7	Schaumglasschotter - erdfucht (keine Staunässe)	0,300	0,145	2,069
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	8	Filtervlies	0,000	1,000	0,000
				Rse+Rsi = 0,17	Bauteil-Dicke [m]: 1,471	U-Wert [W/(m²K)]: 0,06

wird in der U-Wert Berechnung / OI3 Berechnung berücksichtigt

DA 0,58m U=0,14, Massiv

Verwendung : Dach mit Hinterlüftung

U	OI3	Nr	Bezeichnung	d[m]	Lambda	d/Lambda
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	7.1 Kies	0,050	0,470	0,106
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2	STYRODUR 2800 C XPS-R C 120	0,120	0,038	3,158
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3	STYRODUR 2800 C XPS-R C 120	0,120	0,038	3,158
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4	Villatop DUO dolomitgrau	0,005	1,000	0,005
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5	Elastovill E-GG-4	0,004	1,000	0,004
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6	Elastovill E-GG-4	0,004	1,000	0,004
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	7	Filtervlies 2)	0,000	1,000	0,000
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	8	1.202.06 Estrichbeton	0,030	1,400	0,021
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	9	POROTHERM Ziegeldecke EZ 60/17 + 7 cm Aufbeton	0,240	0,510	0,471
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	10	Baumit MPI 25	0,010	0,800	0,013
				Rse+Rsi = 0,22	Bauteil-Dicke [m]: 0,583	U-Wert [W/(m²K)]: 0,14

wird in der U-Wert Berechnung / OI3 Berechnung berücksichtigt

2) Für diese Baustoffe wurden die ECOTECH-Baustoffdaten vom Benutzer individuell abgeändert!

ecotech GEBÄUDERECHNER

BM Ing. A. Pleyer, 2345 Brunn am Gebirge

Baukörper-Dokumentation ZIEGEL 17 cm Modell


Projekt: **M Wien HW massiv entkoppelte Platte**
Baukörper: **ZIEGEL 17 cm Modell**

Datum: 27. März 2012 Blatt 18

Beheizte Hülle

Bezeichnung	Anz.	Breite	Höhe	Bauteil	Ausrichtung	Zustand	Brutto-Fläche	Netto-Fläche
Regelgeschoss West	1	6,68 m	4,36 m	AW 0,51m U=0,13, ZIEGEL 17cm	West	warm / außen	29,12 m ²	12,95 m ²
Abzüge/Zuschläge								
AF 2,20/2,45m U=0,82				Zeichnung	Parameter	Anz.	Einzelfl.	Gesamtlf.
						2	-5,39 m ²	-10,78 m ²
AF 2,20/2,45m U=0,82						1	-5,39 m ²	-5,39 m ²
Fenster-Fläche								-16,17 m ²
Regelgeschoss Nord	1	22,04 m	4,36 m	AW 0,51m U=0,13, ZIEGEL 17cm	Nord	warm / außen	96,09 m ²	93,74 m ²
Abzüge/Zuschläge								
AT 1,00/2,35m U=0,87				Zeichnung	Parameter	Anz.	Einzelfl.	Gesamtlf.
						1	-2,35 m ²	-2,35 m ²
Tür-Fläche								-2,35 m ²
Regelgeschoss Ost	1	6,68 m	4,36 m	AW 0,51m U=0,13, ZIEGEL 17cm	Ost	warm / außen	29,12 m ²	25,42 m ²
Abzüge/Zuschläge								
AF 0,60/2,00m U=0,99				Zeichnung	Parameter	Anz.	Einzelfl.	Gesamtlf.
						1	-1,20 m ²	-1,20 m ²
AF 2,50/1,00m U=0,88						1	-2,50 m ²	-2,50 m ²
Fenster-Fläche								-3,70 m ²
Regelgeschoss Süd	1	22,04 m	4,36 m	AW 0,51m U=0,13, ZIEGEL 17cm	Süd	warm / außen	96,09 m ²	58,59 m ²
Abzüge/Zuschläge								
AF 0,80/1,00m U=0,98				Zeichnung	Parameter	Anz.	Einzelfl.	Gesamtlf.
						7	-0,80 m ²	-5,60 m ²
AF 1,95/2,00m U=0,84						1	-3,90 m ²	-3,90 m ²
AF 2,00/2,00m U=0,83						7	-4,00 m ²	-28,00 m ²
Fenster-Fläche								-37,50 m ²
Regelgeschoss Flachdach	1	22,04 m	6,68 m	DA 0,58m U=0,14, Massiv	Horizontal	warm / außen	147,23 m ²	147,23 m ²
Regelgeschoss Fußboden	1	22,04 m	6,68 m	entkoppelt	Erdanliegend <= 1,5m unter Erdreich	warm / außen	147,23 m ²	147,23 m ²

Beheiztes Volumen

Bezeichnung	Typ	Zeichnung	Parameter	Anzahl	Abzug	Zuschlag
Regelgeschoss	Kubus		a = 22,04 m b = 6,68 m c = 4,36 m	1		641,91 m ³
Summe						641,91 m³

Beheizte Brutto-Geschoßfläche



ecotech GEBÄUDERECHNER

BM Ing. A. Pleyer, 2345 Brunn am Gebirge

Baukörper-Dokumentation ZIEGEL 17 cm Modell

Projekt: **M Wien HW massiv entkoppelte Platte**
Baukörper: **ZIEGEL 17 cm Modell**

Datum: 27. März 2012 Blatt 19

Bezeichnung	Anz.	Länge	Breite	Bauteil	Ausrichtung	Zustand	Brutto-Fläche	Netto-Fläche
Regelgeschoss Fußboden	1	22,04 m	6,68 m	entkoppelt	Erdanliegend <= 1,5m unter Erdreich	warm / außen	147,23 m ²	147,23 m ²
Summe								147,23 m ²
Reduktion								0,00 m ²
BGF								147,23 m²

Es gelten die allgemeinen BuildDesk Geschäftsbedingungen, siehe www.builddesk.at
 Bildungsversion - kommerzielle Verwendung verboten!

Heizwärmebedarf lt. ECOTECH Wien HW Platte entkoppelt

Monate	Trans.- verluste [kWh/mo]	Lüft.- verluste [kWh/mo]	Wärme- verluste [kWh/mo]	Innere Gewinne [kWh/mo]	Solare Gewinne [kWh/mo]	Gesamt- Gewinne [kWh/mo]	Gewinn/ verlust Verhältn.	Nutz.- grad	Heizwärme bedarf [kWh/mo]
Jan	1880	219	2100	329	581	909	0,43	1,00	1191
Feb	1545	180	1725	297	946	1242	0,72	0,99	495
Mar	1370	160	1529	329	1367	1695	1,11	0,86	75
Apr	920	107	1027	318	1560	1878	1,83	0,55	1
Mai	546	64	610	329	1841	2170	3,56	0,28	0
Jun	268	31	300	318	1709	2027	6,76	0,15	0
Jul	132	15	147	329	1749	2078	14,14	0,07	0
Aug	171	20	191	329	1760	2088	10,92	0,09	0
Sep	471	55	526	318	1502	1820	3,46	0,29	0
Okt	945	110	1055	329	1185	1513	1,43	0,69	8
Nov	1354	158	1511	318	637	955	6,30	1,00	560
Dez	1714	200	1914	329	484	812	4,20	1,00	1102
Summe	11316	1319	12635	3872	15321	19187	1,28	0,52	3431

Die Monatswerte werden proportional der Tagessummen geteilt und in das Rechenmodell übernommen

Warmwasserbedarf

Monate	Bedarf Warmwasser [kWh/mo]	Verluste (Verteilung u. Speicherung) Warmwasser : [kWh/m²]
Jänner	160	0,5
Februar	144	0,5
März	160	0,5
April	154	0,5
Mai	160	0,5
Juni	154	0,5
Juli	160	0,5
August	160	0,5
September	154	0,5
Oktober	160	0,5
November	154	0,5
Dezember	160	0,5
	1880,00	6,00

Heiz- und Warmwasser- wärmebedarf

Monate	SUMME Heiz- und Warmwasser- wärmebedarf [kWh/mo]
Jänner	1350,6
Februar	639,0
März	235,4
April	154,9
Mai	160,0
Juni	154,0
Juli	160,0
August	160,0
September	154,0
Oktober	168,0
November	713,5
Dezember	1261,7
	5311,1

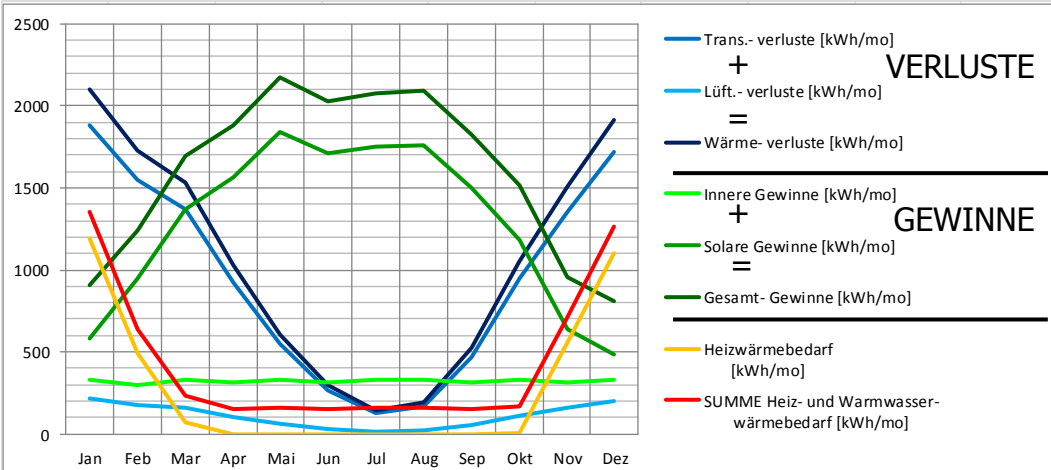


Abb. 8-20: Standortwerte Wien Hohe Warte lt. ECOTECH- Gebäuderechenprogramm

Heizwärmebedarf lt. ECOTECH Klagenfurt Platte entkoppelt

Monate	Trans.- verluste [kWh/mo]	Lüft.- verluste [kWh/mo]	Wärme- verluste [kWh/mo]	Innere Gewinne [kWh/mo]	Solare Gewinne [kWh/mo]	Gesamt- Gewinne [kWh/mo]	Gewinn/ verlust Verhältn.	Nutz.- grad	Heizwärme bedarf [kWh/mo]
Jan	2055	240	2295	329	878	1207	0,53	1,00	1088,8
Feb	1620	189	1809	297	1312	1609	0,89	0,95	272,5
Mar	1412	165	1576	329	1664	1992	1,26	0,78	31,9
Apr	960	112	1072	318	1601	1919	1,79	0,56	1,2
Mai	585	68	653	329	1732	2061	3,16	0,32	0,0
Jun	293	34	327	318	1640	1958	5,98	0,17	0,0
Jul	143	17	160	329	1786	2115	13,25	0,08	0,0
Aug	204	24	228	329	1808	2137	9,38	0,11	0,0
Sep	483	56	539	318	1679	1997	3,70	0,27	0,0
Okt	987	115	1102	329	1354	1683	1,53	0,65	4,9
Nov	1468	171	1639	318	890	1208	0,74	0,99	445,4
Dez	1935	226	2161	329	693	1022	0,47	1,00	1139,3
Summe	12145	1416	13561	3869	17037	20906	1,54	0,51	2984

Die Monatswerte werden proportional der Tagessummen geteilt und in das Rechenmodell übernommen

Warmwasserbedarf

Monate	Bedarf Warmwasser: [kWh/mo]	Verluste (Verteilung u. Speicherung) Warmwasser: [kWh/m ²]
Jänner	160	0,5
Februar	144	0,5
März	160	0,5
April	154	0,5
Mai	160	0,5
Juni	154	0,5
Juli	160	0,5
August	160	0,5
September	154	0,5
Oktober	160	0,5
November	154	0,5
Dezember	160	0,5
	1880,00	6,00

Heiz- und Warmwasser- wärmebedarf

Monate	SUMME Heiz- und Warmwasser- wärmebedarf [kWh/mo]
Jänner	1248,8
Februar	416,5
März	191,9
April	155,2
Mai	160,0
Juni	154,0
Juli	160,0
August	160,0
September	154,0
Oktober	164,9
November	599,4
Dezember	1299,3
	4864,0

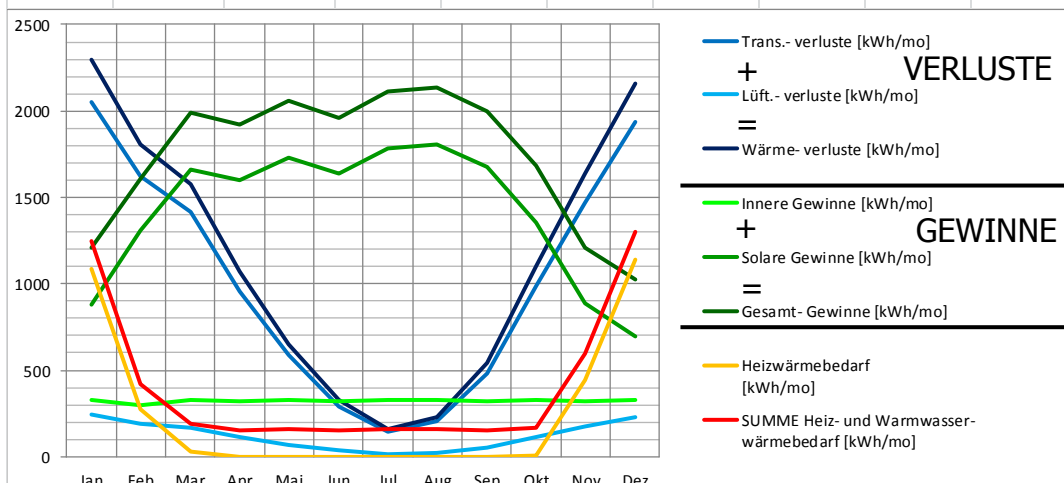


Abb. 8-21: Standortwerte Klagenfurt lt. ECOTECH- Gebäuderechenprogramm

Tab. 8-4: Modellgebäude Wärmebedarf und Energiekennzahlen, Bauart Ziegel massiv

Bauart: massiv mit Ziegel									
Klagenfurt									
	Referenzklim	0	0	Standortklim	0	0	Anforderung	0	0
	zonenbezog	0	spezifisch	zonenbezog	0	spezifisch	0	0	0
HWB	3021 kWh/a		20,52 kWh/m ² a	2984 kWh/a		20,27 kWh/m ² a	51,32 kWh/m ² a	erfüllt	0
WWWB	0	0	0	1881 kWh/a		12,78 kWh/m ² a	0	0	0
HTEB-RH	0	0	0	-280 kWh/a		-1,9 kWh/m ² a	0	0	0
HTEB-WW	0	0	0	-1879 kWh/a		-12,76 kWh/m ² a	0	0	0
HTEB	0	0	0	32546 kWh/a		221,06 kWh/m ² a	0	0	0
HEB	0	0	0	4371 kWh/a		29,69 kWh/m ² a	0	0	0
EEB	0	0	0	4371 kWh/a		29,69 kWh/m ² a	66,78 kWh/m ² a	erfüllt	0
Innsbruck									
	Referenzklim	0	0	Standortklim	0	0	Anforderung	0	0
	zonenbezog	0	spezifisch	zonenbezog	0	spezifisch	0	0	0
HWB	3021 kWh/a		20,52 kWh/m ² a	3123 kWh/a		21,21 kWh/m ² a	51,32 kWh/m ² a	erfüllt	0
WWWB	0	0	0	1881 kWh/a		12,78 kWh/m ² a	0	0	0
HTEB-RH	0	0	0	132 kWh/a		0,9 kWh/m ² a	0	0	0
HTEB-WW	0	0	0	-1753 kWh/a		-11,91 kWh/m ² a	0	0	0
HTEB	0	0	0	30220 kWh/a		205,26 kWh/m ² a	0	0	0
HEB	0	0	0	5119 kWh/a		34,77 kWh/m ² a	0	0	0
EEB	0	0	0	5119 kWh/a		34,77 kWh/m ² a	76,17 kWh/m ² a	erfüllt	0
Litschau									
	Referenzklim	0	0	Standortklim	0	0	Anforderung	0	0
	zonenbezog	0	spezifisch	zonenbezog	0	spezifisch	0	0	0
HWB	3021 kWh/a		20,52 kWh/m ² a	3808 kWh/a		25,87 kWh/m ² a	51,32 kWh/m ² a	erfüllt	0
WWWB	0	0	0	1881 kWh/a		12,78 kWh/m ² a	0	0	0
HTEB-RH	0	0	0	-69 kWh/a		-0,47 kWh/m ² a	0	0	0
HTEB-WW	0	0	0	-1706 kWh/a		-11,59 kWh/m ² a	0	0	0
HTEB	0	0	0	29074 kWh/a		197,48 kWh/m ² a	0	0	0
HEB	0	0	0	5708 kWh/a		38,77 kWh/m ² a	0	0	0
EEB	0	0	0	5708 kWh/a		38,77 kWh/m ² a	76,01 kWh/m ² a	erfüllt	0
Wien HW									
	Referenzklim	0	0	Standortklim	0	0	Anforderung	0	0
	zonenbezog	0	spezifisch	zonenbezog	0	spezifisch	0	0	0
HWB	3021 kWh/a		20,52 kWh/m ² a	3431 kWh/a		23,31 kWh/m ² a	51,32 kWh/m ² a	erfüllt	0
WWWB	0	0	0	1881 kWh/a		12,78 kWh/m ² a	0	0	0
HTEB-RH	0	0	0	96 kWh/a		0,65 kWh/m ² a	0	0	0
HTEB-WW	0	0	0	-1677 kWh/a		-11,39 kWh/m ² a	0	0	0
HTEB	0	0	0	28042 kWh/a		190,47 kWh/m ² a	0	0	0
HEB	0	0	0	5492 kWh/a		37,3 kWh/m ² a	0	0	0
EEB	0	0	0	5492 kWh/a		37,3 kWh/m ² a	68,19 kWh/m ² a	erfüllt	0
Wien HW, MonoPlatte, gekoppelt									
	Referenzklim	0	0	Standortklim	0	0	Anforderung	0	0
	zonenbezog	0	spezifisch	zonenbezog	0	spezifisch	0	0	0
HWB	4468 kWh/a		30,34 kWh/m ² a	4963 kWh/a		33,71 kWh/m ² a	51,32 kWh/m ² a	erfüllt	0
WWWB	0	0	0	1881 kWh/a		12,78 kWh/m ² a	0	0	0
HTEB-RH	0	0	0	-295 kWh/a		-2,01 kWh/m ² a	0	0	0
HTEB-WW	0	0	0	-1796 kWh/a		-12,2 kWh/m ² a	0	0	0
HTEB	0	0	0	26423 kWh/a		179,47 kWh/m ² a	0	0	0
HEB	0	0	0	6605 kWh/a		44,86 kWh/m ² a	0	0	0
EEB	0	0	0	6605 kWh/a		44,86 kWh/m ² a	65,17 kWh/m ² a	erfüllt	0
Wien HW, Min. Fensterflächen									
	Referenzklim	0	0	Standortklim	0	0	Anforderung	0	0
	zonenbezog	0	spezifisch	zonenbezog	0	spezifisch	0	0	0
HWB	4717 kWh/a		32,04 kWh/m ² a	4967 kWh/a		33,74 kWh/m ² a	51,32 kWh/m ² a	erfüllt	0
WWWB	0	0	0	1881 kWh/a		12,78 kWh/m ² a	0	0	0
HTEB-RH	0	0	0	229 kWh/a		1,56 kWh/m ² a	0	0	0
HTEB-WW	0	0	0	-1457 kWh/a		-9,9 kWh/m ² a	0	0	0
HTEB	0	0	0	21240 kWh/a		144,27 kWh/m ² a	0	0	0
HEB	0	0	0	7826 kWh/a		53,16 kWh/m ² a	0	0	0
EEB	0	0	0	7826 kWh/a		53,16 kWh/m ² a	73,97 kWh/m ² a	erfüllt	0

Tab. 8-5: Modellgebäude Wärmebedarf und Energiekennzahlen, Bauart leicht mit Riegelwänden

Bauart: leicht mit Riegelwänden									
Klagenfurt									
	0 Referenzklim	0	0	0 Standortklim	0	0	0 Anforderung	0	0
	0 zonenbezogen	0 spezifisch	0	0 zonenbezogen	0 spezifisch	0	0	0	0
HWB	3395 kWh/a	23,06 kWh/m ² a		3458 kWh/a	23,48 kWh/m ² a		51,32 kWh/m ² a	erfüllt	0
WWWB	0	0	0	1881 kWh/a	12,78 kWh/m ² a		0	0	0
HTEB-RH	0	0	0	-494 kWh/a	-3,35 kWh/m ² a		0	0	0
HTEB-WW	0	0	0	-1879 kWh/a	-12,77 kWh/m ² a		0	0	0
HTEB	0	0	0	32501 kWh/a	220,76 kWh/m ² a		0	0	0
HEB	0	0	0	4629 kWh/a	31,44 kWh/m ² a		0	0	0
EEB	0	0	0	4629 kWh/a	31,44 kWh/m ² a		66,32 kWh/m ² a	erfüllt	0
Innsbruck									
	0 Referenzklim	0	0	0 Standortklim	0	0	0 Anforderung	0	0
	0 zonenbezogen	0 spezifisch	0	0 zonenbezogen	0 spezifisch	0	0	0	0
HWB	3395 kWh/a	23,06 kWh/m ² a		4247 kWh/a	28,85 kWh/m ² a		51,32 kWh/m ² a	erfüllt	0
WWWB	0	0	0	1881 kWh/a	12,78 kWh/m ² a		0	0	0
HTEB-RH	0	0	0	-108 kWh/a	-0,74 kWh/m ² a		0	0	0
HTEB-WW	0	0	0	-1727 kWh/a	-11,73 kWh/m ² a		0	0	0
HTEB	0	0	0	29126 kWh/a	197,83 kWh/m ² a		0	0	0
HEB	0	0	0	6090 kWh/a	41,37 kWh/m ² a		0	0	0
EEB	0	0	0	6090 kWh/a	41,37 kWh/m ² a		76,23 kWh/m ² a	erfüllt	0
Litschau									
	0 Referenzklim	0	0	0 Standortklim	0	0	0 Anforderung	0	0
	0 zonenbezogen	0 spezifisch	0	0 zonenbezogen	0 spezifisch	0	0	0	0
HWB	3395 kWh/a	23,06 kWh/m ² a		3634 kWh/a	24,68 kWh/m ² a		51,32 kWh/m ² a	erfüllt	0
WWWB	0	0	0	1881 kWh/a	12,78 kWh/m ² a		0	0	0
HTEB-RH	0	0	0	128 kWh/a	0,87 kWh/m ² a		0	0	0
HTEB-WW	0	0	0	-1773 kWh/a	-12,04 kWh/m ² a		0	0	0
HTEB	0	0	0	30336 kWh/a	206,05 kWh/m ² a		0	0	0
HEB	0	0	0	5613 kWh/a	38,13 kWh/m ² a		0	0	0
EEB	0	0	0	5613 kWh/a	38,13 kWh/m ² a		76,99 kWh/m ² a	erfüllt	0
Wien HW									
	0 Referenzklim	0	0	0 Standortklim	0	0	0 Anforderung	0	0
	0 zonenbezogen	0 spezifisch	0	0 zonenbezogen	0 spezifisch	0	0	0	0
HWB	3.395 kWh/a	23,06 kWh/m ² a		3.785 kWh/a	25,71 kWh/m ² a		51,32 kWh/m ² a	erfüllt	0
WWWB	0	0	0	1.881 kWh/a	12,78 kWh/m ² a		0	0	0
HTEB-RH	0	0	0	143 kWh/a	0,97 kWh/m ² a		0	0	0
HTEB-WW	0	0	0	-1.734 kWh/a	-11,78 kWh/m ² a		0	0	0
HTEB	0	0	0	28.094 kWh/a	190,82 kWh/m ² a		0	0	0
HEB	0	0	0	5.838 kWh/a	39,65 kWh/m ² a		0	0	0
EEB	0	0	0	5.838 kWh/a	39,65 kWh/m ² a		69 kWh/m ² a	erfüllt	0
Wien HW, MonoPlatte, gekoppelt									
	0 Referenzklim	0	0	0 Standortklim	0	0	0 Anforderung	0	0
	0 zonenbezogen	0 spezifisch	0	0 zonenbezogen	0 spezifisch	0	0	0	0
HWB	5476 kWh/a	37,19 kWh/m ² a		5980 kWh/a	40,62 kWh/m ² a		51,32 kWh/m ² a	erfüllt	0
WWWB	0	0	0	1881 kWh/a	12,78 kWh/m ² a		0	0	0
HTEB-RH	0	0	0	-601 kWh/a	-4,08 kWh/m ² a		0	0	0
HTEB-WW	0	0	0	-1849 kWh/a	-12,56 kWh/m ² a		0	0	0
HTEB	0	0	0	25895 kWh/a	175,88 kWh/m ² a		0	0	0
HEB	0	0	0	7292 kWh/a	49,53 kWh/m ² a		0	0	0
EEB	0	0	0	7292 kWh/a	49,53 kWh/m ² a		63,64 kWh/m ² a	erfüllt	0

Datengrundlage für den Solarertrag Modellrechnung, Get Solar und ECOTECH

Projekt:	Hohe Warte; Wien	
Standort:	WHW	geogr. Breite: 48,3°
Kollektor:	60,00 m ²	GetSolar Kopie von Vakuumröhrenkollektor
Kennlinie:	eta0 = 0,800 a1 = 1,000 W/(m ² ·K) a2 = 0,0090 W/(m ² ·K ²)	
Neigung:	40,0°	Südabweichung: 0,0°
Anlagentyp:	Kombi-Pufferspeicher (2)	
Speicher:	238747 + 20660 Liter (Heiz- + Warmwasser)	
Temperatur:	max. 80°C / min. 47°C	
Wärmebedarf:	9,30 kWh/Tag = 200 Liter/Tag von 10°C auf 50°C 3,43 MWh/Jahr Heizwärmebedarf bei T außen < 15°C	
Solares Heizen:	Heizkreis: 55/40°C, 1 kW bei -16°C	

Monat	Solarertrag [kWh]	Solares Heizen * [kWh]	Einstrahlung [kWh]	Fremdenergie [kWh]	Deckungsrate Warmw. [%]	Heizg. [%]	Wirkungsgrad [%]
Januar:	4319	474	2200	308	73	82	60
Februar:	2431	1230	3976	212	85	100	61
März:	3520	1835	6146	263	86	100	57
April:	4627	2577	7903	174	92	100	59
Mai:	5903	3270	10085	144	95	100	59
Juni:	5284	2109	9581	0	100	0	55
Juli:	4732	1155	10230	0	100	0	46
August:	3553	-37	9301	69	98	-396	38
September:	3020	622	6457	1073	69	100	47
Oktober:	2139	288	4899	1508	55	96	44
November:	674	0	2218	2216	23	0	30
Dezember:	491	0	1665	1925	20	0	30
Summe:	37694	13522	74662	7892	75	100	50

Gesamtdeckungsrate für Warmwasser und Heizung: 100,0%

Spezifischer Kollektor-Jahresertrag: 628 kWh/m²

Abb. 8-22: Solarerträge in Monatsauflösung Get Solar mit den Eingabeparametern

Abb. 8-23: Parameter für Solarthermie ECOTECH (Speicherteilung in WWW und RW nicht möglich)

Ergebnisse für **gesamtes Jahr**

	[kWh]	[kWh/m ²]	[%]
Verluste Heizung			
Abgabe	1.264	4,3	10,5
Verteilung	8.098	27,5	67,4
Speicherung	0	0,0	0,0
Bereitstellung	2.648	9,0	22,1
Gesamt	12.010	40,8	100,0
Verluste Warmwasser			
Abgabe	171	0,6	1,6
Verteilung	8.665	29,4	83,0
Speicherung	988	3,4	9,5
Bereitstellung	617	2,1	5,9
Gesamt	10.441	35,5	100,0
Erträge			
Solaranlage	32.303	109,7	100,0
Wärmepumpe	0	0,0	0,0
Endenergie			
Heizung	12.177	41,4	62,2
Warmwasser	3.951	13,4	20,2
Hilfsenergie	3.453	11,7	17,6
Gesamt	19.581	66,5	100,0

Abb. 8-24: Summenblatt der Jahresbilanz ECOTECH mit den Parameter s. Abb. 8-23



EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Hiermit erkläre ich ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Ort, Datum

Unterschrift