

DIPLOMARBEIT

OPTIMIERUNG VON GEBÄUDEN MIT HOHEM GLASANTEIL

HINSICHTLICH ENERGIEEFFIZIENZ UND BEHAGLICHKEIT

eingereicht an der
FH JOANNEUM Gesellschaft mbH
Fachhochschulstudiengang
Baumanagement und Ingenieurbau

vorgelegt von:

Alfred Laserer
Schmölzergasse 5
8020 Graz

Betreuer:

Dipl.-Ing. Dr. Ewald HASLER
FH Joanneum University of Applied Sciences, Graz

Dr. Barry Jones
California Polytechnic State University, San Luis Obispo, USA

Graz, am 28.2.2013

Datum



Unterschrift

KURZFASSUNG

Die steigende Anzahl an modernen Gebäuden mit großen Glasflächen stellt Ingenieure und Architekten gleichermaßen vor große Herausforderungen. Primäres Ziel sind dabei klimaneutrale bzw. emissionsfreie Bauwerke, die den Energieverbrauch minimieren und die Umwelt schonen. Glasfassaden spielen dabei eine wesentliche Rolle, denn gerade schlecht geplante oder ausgeführte Glasflächen haben einen großen Einfluss auf den Heiz- bzw. den Kühlenergiebedarf.

Ein zentraler Bestandteil dieser Arbeit ist die Untersuchung der Verbindung des Glasanteils der Gebäudehülle zur Energieeffizienz des Gebäudes. Da ein hoher Verglasungsgrad in der Regel wesentlich aufwendiger in der Planung und Ausführung ist, bedarf es daher spezieller Maßnahmen – die im Zuge dieser Arbeit aufgearbeitet werden – um energieeffiziente Bauwerke zu verwirklichen. In weiterer Folge werden Lösungen für thermisch komfortable Gebäude aufgezeigt und der Zusammenhang von Energieeffizienz und Behaglichkeit untersucht.

Mittels einer Variantenstudie werden die theoretischen Grundlagen und Erkenntnisse erprobt und angewandt. Konkret werden dabei bauphysikalische Berechnungen an vordefinierten Raummodellen angestellt, mit deren Ergebnissen Optimierungspotenziale aufgezeigt werden sollen.

Ziel der Arbeit ist die Abschätzung der Folgen von hochverlasten Fassadenflächen mit speziellem Fokus auf Energieeffizienz und Behaglichkeit. Potenzielle Probleme und Risiken, die eventuell in Räumen mit großen Glasflächen auftreten können, sollen so schon frühzeitig erkennbar sein und vermieden werden können.

Stichworte: Glasfassaden | Energieeffizienz | Behaglichkeit | Variantenstudie | Optimierungspotenziale

ABSTRACT

The increasing number of modern glass buildings all around the world is one of the major challenges for construction engineers in terms of low emission constructions. Glass façades – if not designed correctly – cause an enormous waste of energy, to heat buildings during the winter and to cool them in the summer.

A major area of research in glass-architecture is the relationship of a building's glass surfaces and the total energy consumption of the building. A high ratio of glass surfaces in the building envelope requires a higher level of quality in the planning and construction stage, in order to deliver energy efficient buildings. Consequently, specific measures for glass surfaces will be discussed, to achieve a high standard of thermal room comfort.

The theoretical knowledge will be put into practice by analysing the energetic and thermal performance of different types of rooms. For this purpose a model room will be determined. Specific calculation- and investigation methods from the area of building-physics will be applied, in order to identify potential for optimization.

The results of this paper should help to evaluate problems and risks, which can occur in rooms with a high ratio of glazing. Consequently, it is of utmost importance, to apply this knowledge in an early stage of projects, in order to improve energy efficiency and living comfort of buildings.

Keywords: glass façades | thermal room comfort | optimization | energy efficiency | living comfort

DANKSAGUNG

Bis einem am Ende seines Studiums die Erstellung der Abschlussarbeit bevorsteht, ist es ein langer Weg. Ich möchte mich an dieser Stelle bei all Jenen bedanken, die mich im Laufe meiner Ausbildung unterstützt, begleitet und geprägt haben sowie während der Erstellung dieser Arbeit an meiner Seite gestanden haben.

Besonders möchte ich mich bei meinem Diplomarbeits-Betreuer von der *Fachhochschule Joanneum* in Graz, Herrn Dipl.-Ing. Dr. Ewald Hasler bedanken, der mit seiner fachlichen Kompetenz stets eine große Unterstützung darstellte und mir darüber hinaus interdisziplinäre Ansätze bzw. Ideen mit auf den Weg gab.

Weiters möchte ich mich bei der *Marshallplan-Jubiläumsstiftung* bedanken, mit deren großzügiger Unterstützung ein Studienaufenthalt an der *California Polytechnic State University* in den Vereinigten Staaten möglich wurde. Außerdem möchte ich mich bei Herrn Dr. Barry Jones vom Construction Management Department der *California Polytechnic State University* für seine Unterstützung und seine Impulse bei der Erstellung dieser Arbeit bedanken.

Abschließend möchte ich mich bei meiner Familie bedanken, die mir mit ihrer uneingeschränkten Unterstützung diese Ausbildung ermöglicht hat, sowie stets den nötigen Rückhalt gegeben hat.

INHALTSVERZEICHNIS

Kurzfassung	I
Abstract.....	II
Eidesstattliche Erklärung.....	III
Danksagung	IV
Inhaltsverzeichnis	V
1. Einführung und Zielsetzung	1
1.1. Allgemeine Problemstellung und Relevanz.....	1
1.2. Zielsetzung und Vorgehensweise.....	3
2. Grundlagen der Energieeffizienz	6
2.1. Nachhaltiges Planen und Bauen.....	6
2.2. Energiesituation im Gebäudesektor	11
2.3. Bauphysikalische Grundlagen	17
3. Raumklima und Behaglichkeit.....	26
3.1. Grundlagen des Menschlichen Wohlbefindens	26
3.2. Kriterien thermischer Behaglichkeit	27
3.3. Klassifikation thermischer Innenraumbedingungen	36
4. Probleme & Risiken von Gebäuden mit hohem Glasanteil.....	38
4.1. Allgemeine Problemstellungen	38
4.2. Glastechnologie.....	39
4.3. Lokale Thermische Behaglichkeit	45
5. Optimierungspotenzial betroffener Gebäudetypen.....	47
5.1. Optimierung des sommerlichen Wärmeschutzes.....	47
5.2. Optimierung des winterlichen Wärmeschutz	52
5.3. Raumklimatisierung.....	53
6. Variantenstudie.....	55
6.1. Allgemeines	55
6.2. Nachweisverfahren	57
6.3. Berechnungsgrundlagen	62
6.4. Variante A – Glasanteil 10%	65
6.5. Variante B – Glasanteil 50%	77
6.6. Variante C – Glasanteil 75%	109
6.7. Ergebnisauswertung.....	142
6.8. Beurteilung der verwendeten Nachweisverfahren.....	145
7. Schlussfolgerung	146

8. Quellen- und Literaturverzeichnis.....	148
8.1. Literaturverzeichnis.....	148
8.2. Verwendete Software	154
9. Abbildungsverzeichnis.....	155
10. Tabellenverzeichnis.....	156
11. Anhang - Berechnungsergänzung.....	157
11.1. Variante A – Glasanteil 10%	157
11.2. Variante B – Glasanteil 50%	162
11.3. Variante C – Glasanteil 75%	167

1. EINFÜHRUNG UND ZIELSETZUNG

1.1. ALLGEMEINE PROBLEMSTELLUNG UND RELEVANZ

Um in Zeiten des globalen Klimawandels den damit einhergehenden Anforderungen an den Umweltschutz gerecht zu werden, bedarf es gerade im Bauwesen immenser Anstrengungen. Durch intelligente Konstruktionen kann unsere gebaute Umwelt einen großen Beitrag zur Erreichung von nationalen sowie internationalen Klimaschutzzielen leisten. *Ressourceneffiziente Gebäude haben durch ihre Energie- und Materialeffizienz minimale negative Auswirkungen auf ihre Umwelt*¹. Umso bedeutender wird diese Aussage, wenn man bedenkt, dass über 30% des österreichischen Endenergiebedarfs für die Bereitstellung von Warmwasser bzw. zur Heizung und Kühlung des Gebäudesektors anfällt und somit für einen wesentlichen Teil des CO₂ Ausstoßes verantwortlich ist². Im europaweiten Vergleich schneiden österreichische Bauwerke verhältnismäßig gut ab, denn der durchschnittliche Anteil am Endenergieverbrauch beträgt auf EU-Ebene 40%³.

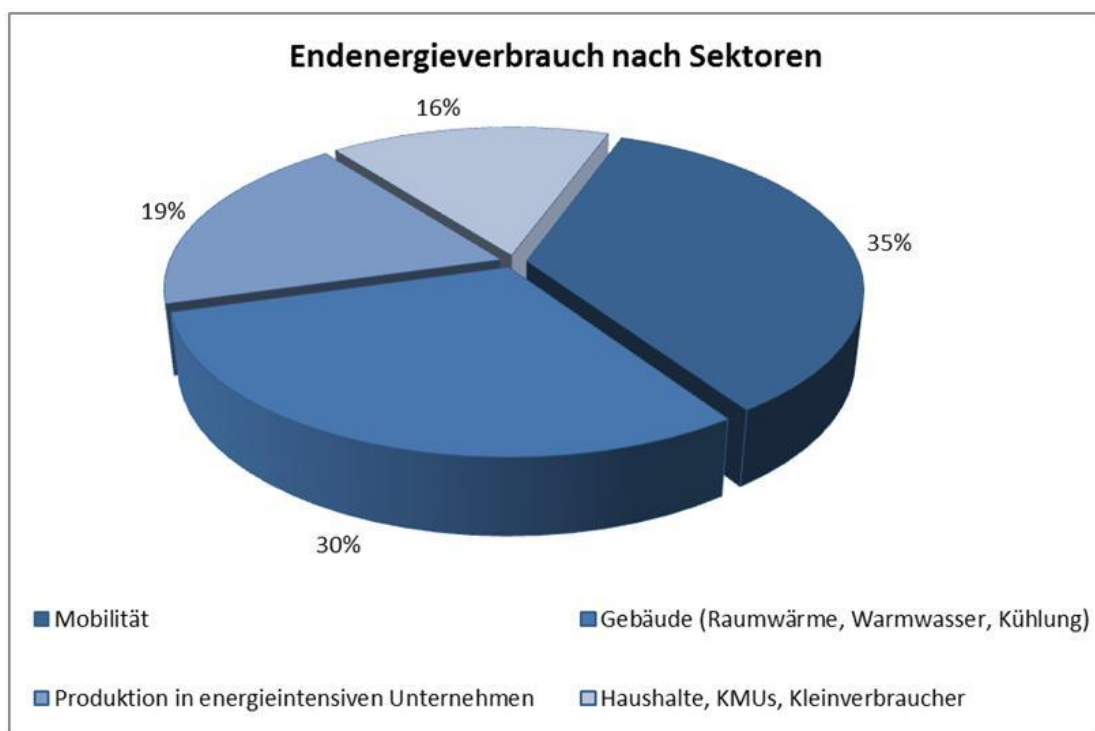


Abbildung 1 – Sektoraler Endenergieverbrauch in Österreich⁴

¹ Weller, B. / Tasche, S.: Glasbau 2012. 1. Auflage, Berlin: Ernst & Sohn Verlag 2012, S. 259

² Vgl. o.V.: Energiestrategie Österreich. http://www.bmwfj.gv.at/Ministerium/Staatspreise/Documents/energiestrategie_oesterreich.pdf, Abfrage am 25.10.2012, S. 52

³ Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, Amtsblatt L153 der Europäischen Gemeinschaften vom 18.6.2010., S.13

⁴ Vgl. Mitterlehner, R.: Die Rolle des Gebäudesektors in der Energie- und Klimapolitik. http://portal.wko.at/wk/format_detail.wk?angid=1&stid=661922&dstid=31, Abfrage am 6.11.2012

Umso bemerkenswerter werden diese Zahlen wenn man bedenkt, dass die nationalen Klimaschutzziele vor allem im Gebäudebereich das verhältnismäßig größte Einsparungspotenzial im Endenergieverbrauch vorsehen.

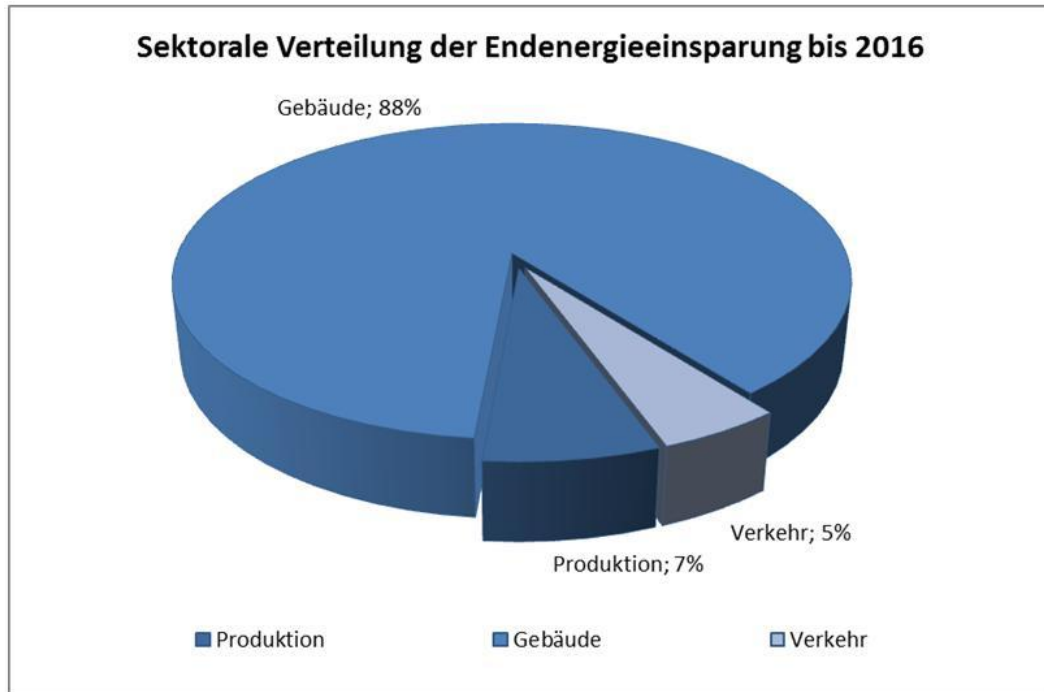


Abbildung 2 – Sektorale Verteilung der Endenergieeinsparung⁵

Der Begriff der Nachhaltigkeit ist in diesem Zusammenhang von größerer Bedeutung als jemals zuvor. Die Ansprüche an moderne Bauten gehen über den bloßen Verwendungszweck hinaus – maximaler Raumkomfort bei minimalem Energieaufwand. Diesen Balanceakt gilt es für Ingenieure und Architekten gleichermaßen zu bewältigen, um sowohl ökologisch, ökonomisch und soziokulturell entsprechende Bauwerke zu schaffen.

Seit jeher streben Menschen nach Bauwerken, die ihnen ein komfortables Raumklima zur Verfügung stellen und dabei noch sparsam im Umgang mit Ressourcen sind. Grundsätzliches Ziel ist es, im Winter die Wärme im Raum einzuschließen und im Sommer den Raum angenehm kühl zu halten. Seit Jahrtausenden wird nach Lösungen für dieses simple Problem gesucht. Schon in der Antike entwickelte der griechische Philosoph Sokrates ein Sonnenhaus. Er gestaltete dieses nach Süden hin offen, im Norden hingegen geschlossen. Somit stellte er einen solaren Energieeintrag an der sonnigen Südseite einerseits, sowie andererseits genügend Wärmeschutz zur schattigeren Nordseite des Gebäudes sicher. Dieses Prinzip ist natürlich heutzutage Grundvoraussetzung für ein modernes Bauwerk. Der technische Fortschritt eröffnet uns auf diese einfachen Grundsätze aufbauend enorme Möglichkeiten, unsere Ziele eines sparsamen Gebäudes mit angenehmem Raumklima zu erreichen.

⁵ Vgl. o.V.: Energiestrategie Österreich. http://www.bmwfj.gv.at/Ministerium/Staatspreise/Documents/energiestrategie_oesterreich.pdf, Abfrage am 25.10.2012, S.15

Wesentlicher Bestandteil eines jeden Gebäudes ist seine Hülle. Diese bietet in erster Linie Schutz vor den Witterungseinflüssen, muss jedoch unzähligen weiteren Ansprüchen wie Transparenz, Energieeffizienz und optischen Kriterien genügen. Im Sinne einer zukunftsfähigen Architektur gilt es daher beim Bau, dem Betrieb und Abbruch eines Gebäudes jede überflüssige Form des Verbrauchs und der Verschwendung von Energie, Material, Geld und Zeit zu vermeiden⁶. Aufgrund seiner Transparenz muss man beim Baustoff Glas im Vergleich zu massiven Bauteilen, mit Abstrichen im bauphysikalischen Verhalten rechnen. Vor allem wegen seiner vielseitigen Einsatz- und Gestaltungsmöglichkeiten ist der Baustoff Glas jedoch zentrale Komponente einer modernen Gebäudehülle. Zur Verwirklichung sämtlicher Anforderungen zu einem funktionierenden Ganzen, bedarf es einer multidisziplinären Herangehensweise von der frühen Planungsphase, über die Ausführung bis zur Fertigstellung. Das Ziel dabei ist, mithilfe von neuen Technologien, verbesserten Materialien und deren optimalen Einsatz, den Energiebedarf unserer Bauwerke zu decken bzw. sogar einen Energieüberschuss zu erreichen.

1.2. ZIELSETZUNG UND VORGEHENSWEISE

Aufgrund der großen Popularität von großflächig verglasten Flächen an Gebäudefronten bzw. Fassaden, gilt es die Folgen dieser Konstruktionsweise aufzuzeigen. Dabei sollen die Vorteile und Nachteile verschiedener Ausführungsvarianten dargestellt und aufgewogen werden, um deren Folgen besser abschätzen und vergleichen zu können. Viele Architekten sind sich der Konsequenzen, die große Glasflächen mit sich bringen, nicht oder nur in eingeschränktem Maße bewusst. Es ist daher von zentraler Bedeutung die wesentlichen Probleme und Risiken, die eine solche Architektur bewirkt im Bewusstsein der Planer zu verankern. Natürlich darf man deswegen die gestalterische Komponente – das Erscheinungsbild einer Immobilie – nicht außer Acht lassen, spielt es doch eine wichtige Rolle und ist ein gutes Marketing-Instrument. Damit die Vorteile eines optisch ansprechenden Gebäudes nicht durch Risiken im Bereich Energiebedarf oder thermische Behaglichkeit in Mitleidenschaft gezogen werden, ist jedoch große Vorsicht geboten.

⁶ Vgl. Weller, B. / Tasche, S.: Glasbau 2012. 1. Auflage, Berlin: Ernst & Sohn Verlag 2012, S.258

Der menschliche Körper benötigt, um seine Leistungsfähigkeit voll entfalten zu können, ein dementsprechendes Umfeld. Das Raumklima spielt dabei die entscheidende Rolle, wobei dieses durch

- thermische,
- lufthygienische,
- raumströmungstechnische,
- akustische und
- optische

Belange gekennzeichnet ist⁷. Letztendlich ist das Raumklima vom jeweiligen Nutzerverhalten und in weiterer Folge vom Beschäftigungsgrad der Personen innerhalb des Raumes abhängig. In diesem Zusammenhang ist eine flexible Bauweise von besonderer Bedeutung. Im Fall von sich ändernden Nutzerverhältnissen, können flexibel konzipierte Bauwerke ohne grobe Veränderungen der baulichen Substanz bzw. der Gebäudetechnik darauf reagieren. Gerade dieser Punkt wird bei Investitionen in die bauliche Substanz einer Immobilie bzw. bei Neubauten oft übersehen oder schlichtweg ignoriert, was fatale Folgen mit sich bringt. So wirkt sich die Behaglichkeit wesentlich auf die Leistungsfähigkeit des Menschen aus, was gerade bei gewerblich genutzten Gebäuden einen finanziellen Schaden verursacht.

Die wesentlichen bauphysikalischen Grundlagen bezüglich Energieeffizienz und Behaglichkeit werden in komprimierter Form aufgearbeitet, um so den Bezug zum Arbeitstitel herstellen zu können. Dabei soll ein Überblick über die Zusammenhänge von physikalischen Gesetzen sowie deren Auswirkungen und Folgen auf das Gebäude und seiner Benutzer gegeben werden.

Der Fokus dieser Arbeit liegt jedoch mit Sicherheit in der bauphysikalischen Betrachtung von hochverglasten Fassadenflächen und der Abschätzung der Folgen für das Raumklima bzw. den Energieverbrauch. Mittels vereinfachter Berechnungsmethoden in Kombination mit der Anwendung von thermischer bzw. energetischer Simulationssoftware sollen die Folgen von hohem Glasanteil in den Außenwandflächen ermittelt werden.

In einer Variantenstudie, wird ein vordefinierter Testraum bearbeitet. In einem weiteren Schritt werden die Ergebnisse der Berechnungsvorgänge gegenübergestellt, ausgewertet und mögliches Optimierungspotenzial aufgezeigt bzw. ermittelt.

⁷ Vgl. Schmidt, M. / Hertel, G.: Praxis energieeffizienter Gebäude. Leitfaden für Sachverständige Beurteilung. 1. Auflage, Berlin: HUSS-MEDIEN GmbH 2008, S. 33

Dadurch soll eine objektive Bewertung von verschiedenen Ausführungsvarianten ermöglicht werden, um im Sinne von effizienter Gebäudeplanung richtige Entscheidungen treffen zu können.

Die Folgen falscher Konstruktionsweisen sollen durch die Berechnungsergebnisse deutlich ersichtlich werden. Generell sollen die Berechnungsbeispiele auf die Wichtigkeit einer interdisziplinären Herangehensweise bei der Planung – die eben diese bauphysikalischen Aspekte berücksichtigt – hinweisen. Das Ziel ist es spezielle Maßnahmen, die der Verbesserung der Gebäudequalität und der Energieeffizienz dienen, hervorzuheben.

2. GRUNDLAGEN DER ENERGIEEFFIZIENZ

2.1. NACHHALTIGES PLANEN UND BAUEN

Bevor auf die spezifischen gesetzlichen Anforderungen an Gebäuden bezüglich Energieeinsparung eingegangen wird, sollen an dieser Stelle die wichtigsten planerischen Überlegungen umrissen werden. Um ein funktionierendes Bauwerk zu errichten, das modernsten Standards genügt, müssen die Grundlagen dafür schon in der Planungsphase geschaffen werden. Es gilt dabei einerseits das Gebäude möglichst maßgeschneidert auf seinen späteren Nutzen auszulegen, andererseits sollte aber keinesfalls die Flexibilität der Gebäudesubstanz wesentlich darunter leiden.

2.1.1. NUTZUNGSBEZOGENE UND KLIMAGERECHTE GEBÄUDEPLANUNG

Nutzerbezogene Planung:

Im Optimalfall kennt der Planer die Wünsche seines Klienten sehr genau, wodurch sich die zu erreichenden Ziele relativ einfach abgrenzen lassen. Der Vorteil liegt auf der Hand – es muss nur soviel geplant bzw. gebaut werden wie gewünscht und erforderlich, um die Ziele der Bauherren zu verwirklichen. Dadurch werden Investitionskosten gespart und die finanziellen Mittel können effizienter eingesetzt werden. Gerade in Zeiten funktioneller Gebäudearchitektur wird dadurch unnötiger Überfluss, auch in technischer Hinsicht vermieden. Die zentrale Rolle, sowohl im Hinblick auf Energieeffizienz als auch Behaglichkeit, spielt immer der Nutzer eines Gebäudes bzw. der tatsächliche Verwendungszweck der Immobilie. Eine durchdachte Planung erfordert daher ein intensives Studium bzw. gute Kenntnis des Nutzerverhaltens, um in weiterer Folge die richtigen Maßnahmen zu setzen. Je genauer die spätere Nutzung daher in einer frühen Projektphase bekannt ist, desto geringer sind die heiz- und raumluftechnischen Aufwendungen und umso kostengünstiger kann ein Gebäude in weiterer Folge betrieben werden⁸.

Klimagerechte Planung:

Im Hinblick auf eine dem Klima entsprechenden Architektur, spielen mehrere Faktoren eine Rolle und beeinflussen die Wahl der Konstruktionsweise. Grundsätzlich gilt es die beiden Extremfälle Winterklima und Sommerklima bei der Wahl der Konstruktionsweise zu berücksichtigen. Während im Winter – zur Minimierung des Heizaufwandes – möglichst leichte und somit besser wärmedämmende Baustoffe von Vorteil sind, gilt es im Sommer mittels schwerer, speicherfähiger Materialien eine Amplitudenverschiebung durch Wärmespeicherung – zur Reduktion des Kühlaufwandes – zu erzielen. Eine sinnvolle

⁸ Vgl. ebda

Kombination dieser Materialeigenschaften stellt somit eine der wichtigsten Herausforderungen beim Entwurf dar, um ein Gebäude energetisch optimal auszulegen.

Folgende Faustregel kann dabei herangezogen werden:

- Schwerere Bauteile im Inneren des Gebäudes zur Wärmespeicherung
- Leichtere Bauteile mit hohem Wärmedurchlasswiderstand außen⁹

Natürlich müssen in die Überlegungen weitere Faktoren wie etwa der Fensterflächenanteil miteinbezogen werden. Diese Faustregel bildet jedoch eine gesunde Basis für die Entwicklung eines nachhaltigen Bauwerks.

Fazit:

Moderne und funktionelle Architektur und die damit einhergehenden Nutzerinteressen und Forderungen an die Gebäudesubstanz – hohe Flexibilität im Innenraum mittels Leichtbauweise bzw. Transparenz nach außen mittels Glasfassaden – stehen sehr oft im Gegensatz zu einer klimagerechten Lösung. Damit die Zielsetzungen von nutzungsbezogener und klimagerechter Gebäudeplanung miteinander vereinbar sind, bedarf es einer guten und koordinierten Zusammenarbeit der einzelnen, an der Planung beteiligten Fachrichtungen. Dies sollte in Form eines integralen Planungsprozesses stattfinden, der neben einer interdisziplinären Herangehensweise auch im Sinne einer größeren Nachhaltigkeit geführt wird.

2.1.2. LEBENSZYKLUSBETRACHTUNG

Flexibilität:

Neben der Rücksichtnahme auf die spätere Nutzung des Gebäudes, darf gleichzeitig nicht auf eine ausreichende Flexibilität des Bauwerks vergessen werden. Da sich eine nutzerbezogene Planung oft zu Lasten der Flexibilität niederschlägt, sollte diese Korrelation immer sehr genau untersucht werden und je nach Erfordernis individuell bewertet werden. Um einer nachhaltigen Bauweise Rechnung zu tragen, muss der Flexibilität der Gebäudesubstanz eine zentrale Rolle angedacht werden. Eine Immobilie muss schließlich einen ganzen Lebenszyklus durchstehen, wodurch sie in ihrer Nutzungsmöglichkeit ein möglichst breites Spektrum abdecken sollte, um auf sich ändernde gesellschaftliche sowie wirtschaftliche Situationen reagieren zu können. Das Gebäude sollte so konzipiert sein, dass es ohne großen Aufwand einer anderen Nutzung zugeführt werden kann.

Der Vorteil einer flexiblen Bauweise liegt auf der Hand: Die eingesetzten Ressourcen werden effizienter genutzt, womit weniger graue Energie für neue Materialien aufgewendet werden

⁹ Vgl. ebda, S.119

muss. Andererseits darf der Kostenaspekt nicht außer Acht gelassen werden, denn natürlich können flexiblere Bauweisen oft mit Mehrkosten verbunden sein. In Anbetracht ständig steigender Rohstoffpreise, scheint eine solche Investition jedoch in den meisten Fällen sinnvoll zu sein, wobei darüber hinaus ein großer Schritt in Richtung einer nachhaltigen Bauweise getätigt wird.

Nachhaltigkeit:

Der Begriff der Nachhaltigkeit wird gerade im Bauwesen sehr oft strapaziert, jedoch ist dieses Thema von so großer Bedeutung für die Umsetzung von nationalen sowie von internationalen Klimaschutzzielen, dass darauf unbedingt Bedacht genommen werden muss. Die Vereinten Nationen haben bereits 1987 in Form des *Brundtland Berichts* den Begriff der Nachhaltigkeit als eine Entwicklung definiert, die *die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können*¹⁰. In der folgenden Grafik werden die wesentlichen Aspekte der Nachhaltigkeit in sehr anschaulicher Weise illustriert:

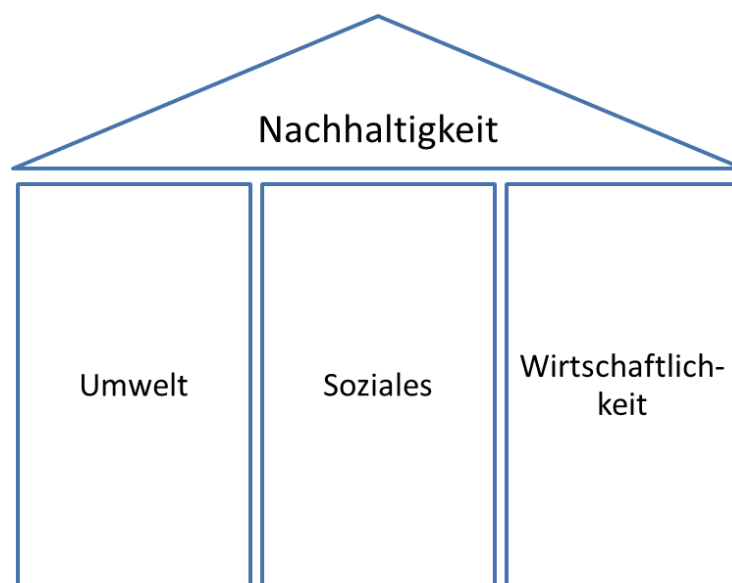


Abbildung 3 - Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit¹¹

Diese drei Nachhaltigkeitssäulen stehen nicht im Gegensatz zueinander, sondern beeinflussen einander und sind als zusammengehörendes Ganzes zu verstehen. Nachhaltigkeit kann also nicht als messbare Größe definiert werden, sondern ist vielmehr ein Prozess bzw. eine Philosophie, die sich der Folgen des menschlichen Handelns bewusst ist.

¹⁰ Hauff, V.: Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. Grevon: Eggenkamp Verlag 1987, S. 46

¹¹ Vgl. Spindler, E. A.: Geschichte der Nachhaltigkeit. Vom Werden und Wirken eines beliebten Begriffes. <http://www.nachhaltigkeit.info/media/1326279587phpeJPyvC.pdf>, Abfrage am 14.1.2013

Legt man diese ganzheitliche Sicht auf das Bauwesen um, so bedarf es eines Paradigmenwechsels – Lösungen die der kurzfristigen Befriedigung unserer Bedürfnisse zu einem bestimmten Zeitpunkt dienen, müssen einer ganzheitlichen Betrachtung des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes weichen. Verwendete Materialien und Bauteile müssen von der Rohstoffherstellung, der Bauphase, über die Nutzung bis hin zur Instandsetzung und Entsorgung im Sinne ihrer Nachhaltigkeit bewertet werden. Daher sollten neben der unter Punkt 2.1.1 erwähnten nutzungsbezogenen Gebäudeplanung immer auch Szenarien bezüglich einer möglichen Umnutzung einer Immobilie berücksichtigt werden.

Unter nachhaltigem Bauen versteht man also einen schonenden Umgang mit Ressourcen über den gesamten Lebenszyklus hinweg, wobei die Aspekte Ökonomie, Ökologie und Soziales vordergründig sind. Damit sind die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit einer Immobilie, der Schutz unserer natürlichen Umwelt sowie soziale bzw. gesellschaftliche Verantwortung im Bausektor gemeint.

Unabhängig von gewissen Gebäude-Zertifizierungssystemen enthält die folgende Grafik die wesentlichen Schutzziele einer nachhaltigen Bauweise. Für jede der drei Nachhaltigkeitssäulen sind gewisse Schutzziele aufgelistet, die für sämtliche Bauprojekte zu berücksichtigen sind, um die Auswirkungen des menschlichen Handelns auf ein Minimum zu reduzieren.

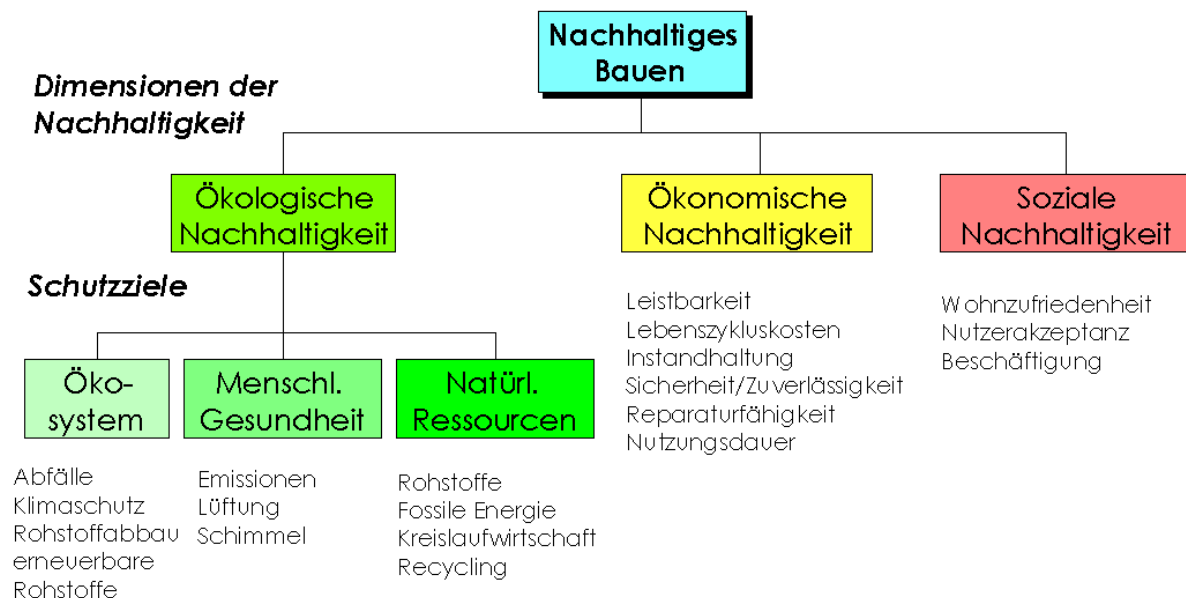


Abbildung 4 – Nachhaltiges Bauen¹²

¹² Maydl, P.: Nachhaltigkeit – ein Paradigmenwechsel für den Bausektor. http://portal.tugraz.at/portal/page/portal/Files/i2060/pdf/aktuelles/SymposiumNHB/1_Maydl.pdf, Abfrage am 8.11.2012

Neben der ökologischen und ökonomischen Nachhaltigkeit, die primär Schutzziele mit Bezug zu Umweltauswirkungen bzw. zur Wirtschaftlichkeit von Gebäuden enthalten, beeinflussen die sozialen Nachhaltigkeitsschutzziele den Nutzer der Bauwerke direkt. Diese soziokulturelle Komponente leistet einen wesentlichen Beitrag zum Erfolg von Bauprojekten, denn sowohl unästhetische als auch unbehagliche Gebäude führen zu Unzufriedenheit bzw. fehlender Nutzerakzeptanz. Die Folgen sind schwerwiegend: *Eine Verbesserung des Raumklimas hängt direkt mit verschiedenen wirtschaftlichen Vorteilen wie weniger krankheitsbedingter Fehltag, höherer Leistungsfähigkeit, weniger Personalwechsel sowie geringerer Wartungskosten für raumlufttechnische Gebäudeausrüstung – weil weniger Beschwerden über unbehagliche Luftzustände aufkommen – zusammen.*¹³ Aus ökonomischer Sicht macht es daher wenig Sinn, Investitions- bzw. Energiekosten zu Lasten eines schlechten Raumklimas zu sparen. Die Themen Behaglichkeit und Innenraum-Luftqualität sind – aufgrund der Verbindung zu Produktivität und Leistungsfähigkeit – genauso von zentraler Bedeutung für Immobilienprojekte wie design- oder kostenrelevante Themen.

Nachhaltigkeit von Baustoffen aus Glas: Die Beziehung von Nachhaltigkeit und Glasbaustoffen könnte widersprüchlicher nicht sein. Im Allgemeinen gilt Glas als ein relativ umweltfreundliches Material, da man von der guten Rezyklierfähigkeit aus dem alltäglichen Leben Bescheid wieß. Betrachtet man das im Bauwesen eingesetzte Glas, so rückt diese Ansicht wieder in ein anderes Licht. Die Herstellung von Glasbaustoffen ist mit dem Verbrauch einer hohen Menge an Grauer Energie verbunden. So werden zur Erzeugung von Dreischeiben-Isolierglas ca. 600-800 MJ/m² benötigt, um einen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) von ca. 0,6W/m²K zu erreichen. Im Vergleich dazu, erreicht eine Wand aus Ziegel bei gleichem Energieaufwand in der Herstellung einen halb so großen U-Wert¹⁴.

Verdeutlicht wird die Tatsache, dass Glas ein sehr energieintensiver Baustoff ist, wenn man den gesamten Lebenszyklus betrachtet. Um die hohen Anforderungen bezüglich Tragfähigkeit sowie Wärmeschutz und Sonnenschutz zu erfüllen, ist es erforderlich das einfache Flachglas weiterzuverarbeiten. Bei diesem Prozess wird ein Verbundwerkstoff aus Glas, Kunststoffen, Metallen sowie Beschichtungen aus Edelmetallen geschaffen. Während das einfache Flachglas nach seiner Lebensdauer zerkleinert wird und die Scherben dem Herstellungsprozess neuer Gläser zugeführt werden können, ist dies bei modernen Wärmeschutz-/Sonnenschutzverglasungen nicht möglich, da die vorhandenen Verunreinigungen in Baugläsern nicht mit den Qualitätsansprüchen an neue Flachgläser zu vereinbaren sind. Die glasfremden Bestandteile des Mehrscheiben-Isolierglases müssen in einem sehr kostenintensiven Aufbereitungsprozess – zum Teil händisch – entfernt werden.

¹³ Vgl. Rietschel, H. / Fitzner, K.: Raumklimatechnik Band 2: Raumluf- und Raumkühltechnik. 16. Auflage, Berlin / Heidelberg: Springer Verlag 2008, S.730.

¹⁴ Forum Nachhaltiges Bauen: Wärmeschutzgläser – Ökobilanz. <http://www.nachhaltiges-bauen.de/baustoffe/Waermschutzglaeser>, Abfrage am 23.11.2012

Der dauerelastische Randverbund muss dabei als Sondermüll auf Deponien entsorgt werden¹⁵. Verwendung findet aufbereitetes Isolierglas beispielsweise als Behälterglas oder als Dämmstoff – Schaumglas oder als Glasgranulat-Dämmstoff unter erdberührten Bauteilen.

Im Vergleich zu mineralischen Baustoffen, stellen Bauteile aus Glas daher einen großen Entsorgungsaufwand dar.

2.2. ENERGIESITUATION IM GEBÄUDESEKTOR

2.2.1. GESETZLICHE RAHMENBEDINGUNGEN UND ZIELSETZUNGEN

Wie bereits eingangs unter *Punkt 1.1* erwähnt, spielt der Gebäudesektor – mit einem Anteil von 40% am Gesamtenergieverbrauch und 36% am gesamten Kohlendioxydausstoß der Europäischen Union¹⁶ – eine zentrale Rolle bei der Umsetzung von nationalen sowie internationalen Klimaschutzzielen und damit der Reduktion von CO₂-Emissionen. Die wesentlichen rechtlichen Grundlagen zum Thema Energieeffizienz im Gebäudesektor werden in weiterer Folge übersichtsmäßig aufgelistet.

Europäische Union:

Vor dem Hintergrund ständig steigender Rohstoffpreise einerseits und steigender Importe im Energiebereich andererseits, wurden von der EU Strategien entwickelt, um sich dieser Misere entgegenzustemmen. Das Ziel ist es dabei, sich unabhängiger vom Import fossiler Energieträger aus dem Mittleren und Nahen Osten bzw. aus Russland zu machen und darüber hinaus den aktuellen Emissionsausstoß zu reduzieren bzw. gleichzeitig die wirtschaftliche Entwicklung im Bereich erneuerbarer Energien anzukurbeln. Zur Erreichung dieser, in Anbetracht des aktuellen Emissionsausstoßes, durchaus ambitionierten Klimaschutzziele der Europäischen Kommission, bedarf es einer enormen Steigerung beim effizienten Einsatz von Energie. Die Schwerpunkte der europäischen Strategie im Energiesektor bilden die Kernthemen

- *Umweltschutz und Bekämpfung des Klimawandels,*
- *Aufrechterhaltung und Verbesserung der Versorgungssicherheit,*
- *Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit der EU,*
- *sowie die Kostenreduktion innerhalb der EU¹⁷.*

¹⁵ Vgl. Bayerische Architektenkammer: Mehrscheiben-Isoliergläser. <http://www.wecobis.de/jahia/Jahia/Home/Bauproduktgruppen/Verglasungen/Funktions-Flachgläser/Mehrscheiben-Isoliergläser>, Abfrage am 22.11.2012

¹⁶ Vgl. Europäische Union: Energieeffizienz im Jahr 2020. http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/en0002_de.htm, Abfrage am 14.11.2012.

¹⁷ Vgl. ebda

Demnach soll der Primärenergieverbrauch bis zum Jahr 2020 – wie es der *Aktionsplan für Energieeffizienz* vorsieht – um 20% verringert werden¹⁸. Gerade die Importabhängigkeit von fossilen Brennstoffen sowie anderer Rohstoffe, macht es zur absoluten Notwendigkeit eine langfristige, nachhaltige Energiepolitik zu verfolgen.

Das Einsparpotenzial im Bereich des Gebäudesektors ist seit langem ein bekanntes Thema, weshalb bereits im vorigen Jahrhundert – besonders aber nach der Ölkrise in den 1970er Jahren – erste ernsthafte Anstrengungen zur Verbesserung der energetischen Situation von Bauwerken unternommen wurden.

Die EU-Gebäuderichtlinie: Auf europäischer Ebene gipfelten diese Maßnahmen schließlich in der EU-Gebäuderichtlinie 2002/91/EG¹⁹, die im Dezember 2002 vom Europäischen Parlament und dem Rat der Europäischen Union verabschiedet wurde, um ein europaweites System zur Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden zu etablieren.

Die Richtlinie liefert die Grundlagen für die wesentlichen Forderungen der Europäischen Union gegenüber ihren Mitgliedsstaaten:

Vier wesentliche Forderungen liefern die Grundlagen zur Richtlinie:

- *eine gemeinsame Methode zur Berechnung der integrierten Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden;*
- *Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz neuer Gebäude wie auch bestehender Gebäude, die einer größeren Renovierung unterzogen werden sollen;*
- *Zertifizierungssysteme (Erstellung von Energieausweisen) für neue und bestehende Gebäude und - wenn es sich um öffentliche Gebäude handelt - Anbringung der Energieausweise und anderer relevanter Informationen; die Ausweise sollten nicht älter als fünf Jahre sein;*
- *regelmäßige Inspektion von Heizkesseln und zentralen Klimaanlage in Gebäuden sowie Überprüfung von Heizungsanlagen, deren Kessel mehr als 15 Jahre alt sind.*²⁰

Damit können sämtliche Gebäude – sowohl Wohn- als auch Nicht-Wohngebäude – mittels eines Ausweises, hinsichtlich ihrer Gesamtenergieeffizienz bewertet werden, womit erstmals ein Standard zur objektiven Vergleichbarkeit der energetischen Gebäudequalität vorhanden war.

¹⁸ Vgl. Kommission der Europäischen Gemeinschaften: Aktionsplan für Energieeffizienz: Das Potenzial ausschöpfen. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0545:FIN:DE:PDF>, Abfrage am 15.11.2012.

¹⁹ Vgl. Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, Amtsblatt L1 der Europäischen Gemeinschaften vom 4.1.2003, S.65

²⁰ Europäische Union: Energieeffizienz: Energieprofil von Gebäuden. europa.eu/legislation_summaries/other/l27042_de.htm, Abfrage am 14.11.2012

Die ursprüngliche Richtlinie wurde im Jahr 2010 schließlich durch die aktuelle Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 ersetzt. Grundsätzlich knüpft diese nahtlos an ihre Vorgängerversion an, wodurch die Zielsetzung gleich bleibt:

Diese Richtlinie unterstützt die Verbesserung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden in der Union unter Berücksichtigung der jeweiligen äußeren klimatischen und lokalen Bedingungen sowie der Anforderungen an das Innenraumklima und der Kosteneffizienz.²¹

Generell haben die nachfolgenden Aspekte maßgeblichen Einfluss auf die Energieeffizienz von Gebäuden bzw. Gebäudeteilen, weshalb diese in den nationalen Berechnungsmethoden vollständig zu berücksichtigen und anzuwenden sind:

- *thermische Eigenschaften des Gebäudes (Wärmekapazität, Isolation, etc.)*
- *Heizungsanlage und Warmwasserversorgung,*
- *Klimaanlagen,*
- *Eingebaute Beleuchtung,*
- *Innenraumklimabedingungen.²²*

Darüber hinaus sollen weitere positive Aspekte wie etwa eine natürliche Beleuchtung oder die Verwendung alternativer Energiesysteme berücksichtigt werden.

Die Zielsetzung der Europäischen Union sieht auf dem Gebäudesektor eine verpflichtende Einführung des Niedrigstenergiehaus-Standards für alle Neubauten bis zum Jahr 2020 vor, was auch in der EU-Gebäuderichtlinie verankert ist. Hintergrund ist das „20-20-20 Ziel“, das eine Reduktion des Primärenergieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen um jeweils 20%, sowie einen Ausbau der erneuerbaren Energiequellen auf 20% vorsieht²³.

Österreich

Für die Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie sind in Österreich, aufgrund der föderalistischen Gesetzgebung sowohl der Bund als auch die einzelnen Bundesländer zuständig. Während Mietrechtsgesetz und Wohnungseigentumsgesetz Bundesangelegenheiten sind, gelten sämtliche bautechnischen Belange der Gebäuderichtlinie als Kompetenzen der Länder.

²¹ Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, Amtsblatt L153 der Europäischen Gemeinschaften vom 18.6.2010, Art.1, S.17

²² Vgl. Europäische Union: Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. http://europa.eu/legislation_summaries/internal_market/single_market_for_goods/construction/en0021_de.htm, Abfrage am 14.11.2012

²³ Vgl. Europäische Union: Energieeffizienz im Jahr 2020. http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/en0002_de.htm, Abfrage am 14.11.2012.

Energieausweis-Vorlagegesetz: Auf Bundesebene wurde 2006 das *Energieausweis-Vorlage-Gesetz* erlassen. In seiner aktuellen Form, das mit 1.12.2012 in Kraft getreten ist, regelt dieses Bundesgesetz die *Pflicht des Verkäufers oder Bestandgebers, beim Verkauf oder bei der In-Bestand-Gabe eines Gebäudes oder Nutzungsobjekts dem Käufer oder Bestandnehmer einen Energieausweis vorzulegen und auszuhändigen, sowie die Pflicht zur Angabe bestimmter Indikatoren über die energietechnische Qualität des Gebäudes oder Nutzungsobjekts in Anzeigen zur Vorbereitung solcher Rechtsgeschäfte.*²⁴

OIB Richtlinien: Das Österreichische Institut für Bautechnik koordiniert, unterstützt und begleitet die Harmonisierung der neun unterschiedlichen Landesbaugesetze in Österreich. Dabei wurden die sogenannten *OIB-Richtlinien* erarbeitet, die von den Bundesländern herangezogen und als verbindlich erklärt werden können, wobei das den Ländern selbst vorbehalten bleibt. Die notwendigen Landesgesetze zur Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie, werden dabei auf Grundlage der *OIB Richtlinie 6 – Energieeinsparung und Wärmeschutz*²⁵ beschlossen.

Die folgende Tabelle beinhaltet die wesentlichen gesetzlichen Verordnungen und ihre Ziele zur Umsetzung der europäischen Energiestrategie im Bereich des Gebäudesektors auf europäischer bzw. österreichischer Ebene:

VERORDNUNG / GESETZ	GÜLTIGKEITSBEREICH	ZIELSETZUNG
EU-Gebäuderichtlinie 2010/31/EU	Europäische Union	Senkung Gesamtenergiebedarf im Gebäudesektor
Energieausweis-Vorlage-Gesetz 2012	Österreich	Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie in österreichisches Recht Ausweispflicht über Heizenergiebedarf und Gesamtenergieeffizienz
OIB Richtlinie 6 – Energieeinsparung und Wärmeschutz	Österreich	Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie in österreichisches Recht Instrument zur Berechnung von Gesamtenergieeffizienz und Heizwärmebedarf

Abbildung 5 – Allgemeine Richtlinien zur Energieeffizienz im Gebäudesektor

²⁴ Bundesgesetzblatt Nr. 27/2012: Energieausweis-Vorlage-Gesetz 2012 – EAVG 2012, 20. April 2012, § 1

²⁵ Österreichisches Institut für Bautechnik: OIB Richtlinie 6: Energieeinsparung und Wärmeschutz. Ausgabe Oktober 2011

2.2.2. GEBÄUDEHÜLLE – FUNKTION UND ANFORDERUNG

Funktion:

Die Außenhaut eines Gebäudes muss als Schnittstelle zwischen der Umwelt und dem Nutzer im Innenraum wesentliche bauphysikalische Anforderungen erfüllen. Je effizienter eine Fassade bei gegebenem Außenklima das gewünschte Innenraumklima gewährleisten kann, desto geringer ist der Aufwand an Energie und Haustechnik²⁶. Allgemein kann die Gebäudehülle als das wesentliche Bestimmungskriterium für die Energieeffizienz von Gebäuden bezeichnet werden. Das Innenraumklima, und im Speziellen dessen Qualität wird durch die Ausführungsweise der Gebäudehülle bestimmt. Die folgende Grafik veranschaulicht die von der Gebäudehülle zu erfüllenden Funktionen und Anforderungen, mit speziellem Fokus auf ein behagliches bzw. komfortables Innenraumklima.

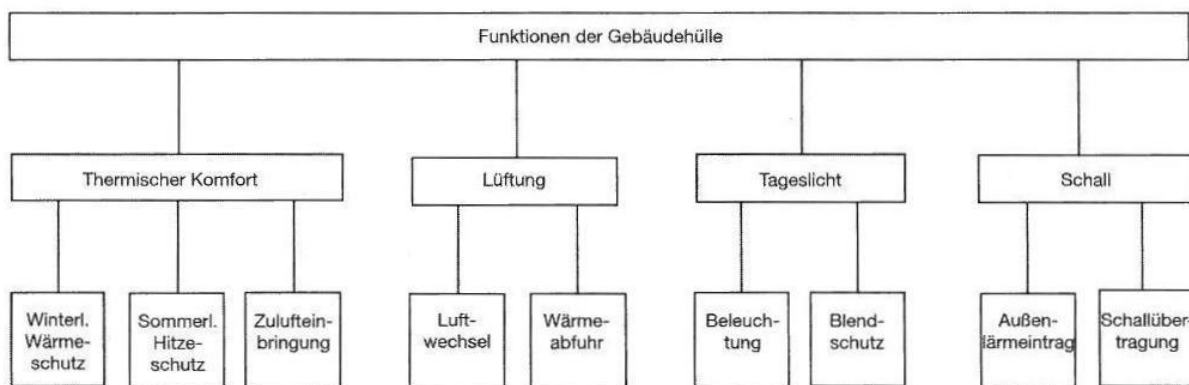


Abbildung 6 - Funktionen der Gebäudehülle²⁷

Darüber hinaus sind noch weitere Aspekte zu berücksichtigen, welche von der Gebäudehülle beeinflusst werden und große Auswirkungen auf das gesamte Bauprojekt haben.

- *Sicherheit und Schutz:* Brandschutz, Einbruchschutz, etc.
- *Funktionalität:* Barrierefreiheit, Flexibilität, etc.
- *Konstruktion und Montage:* Vorfertigung, Bauabläufe, etc.²⁸

²⁶ Vgl. Hausladen, G. / et al.: Einführung in die Bauklimatik: Klima und Energiekonzepte für Gebäude. Berlin: Ernst & Sohn Verlag 2003, S.50

²⁷ Vgl. ebda, S. 49

²⁸ Vgl. Baunetz Wissen: Anforderungen an Fassaden. http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Fassade-Anforderungen-an-Fassaden_1451893.html, Abfrage am 20.11.2012

Anforderung:

Im Wesentlichen wird die Gebäudehülle durch die Bauteile Dach, Außenwände, Fenster und Türen sowie Dach- und Wandflächen, die an nichtbeheizten Räumen angrenzen, gebildet. Diese Bauteile besitzen alle einen unterschiedlichen Aufbau in ihrer Konstruktion, weshalb auch ihr bauphysikalisches Verhalten nicht immer identisch ist. Erst die Qualität des Zusammenwirkens dieser Bauteile, bestimmt das energietechnische Verhalten der gesamten Gebäudehülle und damit auch den Einfluss auf das thermische Innenraumklima und das menschliche Wohlbefinden.

Wie bereits unter Punkt 2.2.1. erwähnt, fordert die EU Gebäuderichtlinie bis zum Jahr 2020 von den Mitgliedsstaaten, nur mehr Neubauten zuzulassen, die den Kriterien eines Niedrigstenergiegebäudes genügen. Demnach weisen Niedrigstenergiegebäude einen sehr geringen Energiebedarf auf, der zum Großteil durch erneuerbare Energien gedeckt wird²⁹. Die genauen Grenzwerte bezüglich des Energieverbrauchs werden dabei den Mitgliedsstaaten überlassen. In Österreich hat Oberösterreich als bisher einziges Bundesland einen Grenzwert definiert, der bei einer Nutzheiz-Energiekennzahl (NEZ) von höchstens 30 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr (kWh/m²a) liegt³⁰. Gebäude, die diesen Status derzeit erreichen, werden von öffentlicher Hand gefördert. Der gesetzlich festgeschriebene mindestens zu erreichende Heizwärmebedarf beträgt laut OIB Richtlinie 6 bei Neubau von Wohngebäuden 54,4 kWh/m²a.

Um diese Vorgaben zu erreichen, gilt es bei der Planung der Gebäudehülle wesentliche Aspekte wie

- Luftdichtheit ,
- Wärmeschutz,
- Wasserdampf-Diffusionsverhalten,
- sowie Wärmebrücken

im Bereich der Außenhaut des Bauwerks zu berücksichtigen und dementsprechend zu behandeln. Da diese Eigenschaften von Konstruktionen miteinander korrelieren, stehen etwaige Mängel oder gar Schäden an Bauteilen meist im Zusammenhang mit einer ganzen Fehlerkette.

²⁹ Vgl. Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, Amtsblatt L153 der Europäischen Gemeinschaften vom 18.6.2010, S.18, Art.2

³⁰ Vgl. Land Oberösterreich: Wohnbauförderung Land Oberösterreich. http://www.land-oberoesterreich.gv.at/cps/rde/xchg/ooe/hs.xsl/34819_DEU_HTML.htm, Abfrage am 24.11.2012

2.3. BAUPHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN

Neben der Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden, gilt es durch eine abgestimmte Konstruktionsweise mögliche Bauschäden zu verhindern. In Österreich stellen die ÖNORMEN der Reihe 8110 Teil 1 - 6 diesbezüglich einschlägige Regelwerke dar bzw. sind die entsprechenden Nachweise laut den Normen auszuführen. Das Ziel ist die Sicherstellung eines angenehmen Wohnklimas bei gleichzeitiger Minimierung der Raumwärmeverluste. Da jedoch grundsätzlich mehrere bauphysikalische Vorgänge gleichzeitig auftreten, genügt eine ausschließlich wärmetechnische Betrachtung nicht. Zusätzlich müssen auch Themen wie Tauwassereintrag in die Konstruktion und eine somit einhergehende Schimmelproblematik sowie Luftwechselraten berücksichtigt werden.

2.3.1. WINTERLICHER WÄRMESCHUTZ

Beim klassischen Wohngebäude in unseren Breiten, stellt der winterliche Wärmeschutz sicher das Hauptkriterium bezüglich Energieverbrauchs dar. Die physikalischen Hauptmechanismen der Wärmeübertragung bilden Wärmestrahlung, Wärmeleitung sowie Konvektion.

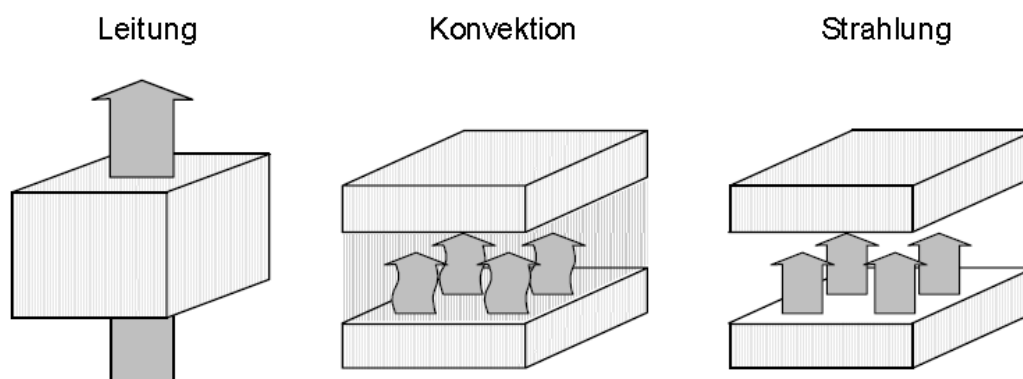


Abbildung 7 – Wärmetransportmechanismen³¹

Transmissionswärmeverluste:

Verluste durch die Gebäudehülle infolge von Wärmeleitung werden als Transmissionswärmeverluste bezeichnet. Diese stellen meist den größten Anteil in der Energiebilanz eines Gebäudes dar. Dabei strömt Wärme durch die Bauteile hindurch, was wiederum mit ausreichend wärmegeprägten Konstruktionen versucht wird zu verhindern. Für flächige Bauteile wird ein Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) ermittelt, der – um eine Baugenehmigung zu erwirken – unterhalb bestimmter gesetzlicher Vorgaben liegen muss.

³¹ Hauser G.: Bauphysikalische Grundlagen: Wärmelehre. Vorlesungsskript „Bauphysik I“ an der Technischen Universität München. September 2006. http://www.bp.bv.tum.de/Archiv/old.Site/de/lehre/Skript_Waermelehre_071018.pdf, Abfrage am 1.12.2012, S. 4.

Die nachfolgende Tabelle beinhaltet die wärmetechnischen Anforderungen an die wichtigsten Außenbauteile gemäß OIB Richtlinie 6:

Tabelle 1 – Anforderungen an Wärmeübertragende Bauteile³²

	BAUTEIL		U-WERT [W/m ² K]
1	WÄNDE	gegen Außenluft	0,35
2	BÖDEN / WÄNDE	erdberührt	0,40
3	FENSTER, FENSTERTÜREN, VERGLASTE TÜREN	jeweils in Wohngebäuden (WG) gegen Außenluft	1,40
4	FENSTER, FENSTERTÜREN, VERGLASTE TÜREN	jeweils in Nicht- Wohngebäuden (NWG) gegen Außenluft	1,70
5	SONSTIGE TRANSPARENTE BAUTEILE	vertikal gegen Außenluft	1,70
6	SONSTIGE TRANSPARENTE BAUTEILE	horizontal oder in Schrägen gegen Außenluft	2,00
7	DECKEN und DACHSCHRÄGEN	jeweils gegen Außenluft und gegen Dachräume (durchlüftet oder ungedämmt)	0,20

Wärmebrücken: Abhängig von der jeweiligen Architektur bzw. der gewählten Konstruktionsweise, entstehen zwangsläufig Wärmebrücken, die die thermisch gedämmte Außenhaut eines Gebäudes unterbrechen. Grundsätzlich handelt es sich dabei um Bereiche eines Bauteils, die geometrie- und/oder materialbedingt eine erhöhte Wärmestromdichte aufweisen. Diese Verlustzonen müssen dementsprechend berücksichtigt werden, um negative Auswirkungen, sowohl auf die Energiebilanz, die Bausubstanz selber sowie die menschliche Gesundheit durch Schimmelbildung zu vermeiden. Wärmebrücken finden in der Berechnung des Transmissionswärmeverlustes in Form des längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten (Ψ -Wert) Eingang. Dieser beschreibt eine Korrektur der tatsächlichen Wärmeverluste im homogenen Bauteil³³.

Lüftungswärmeverluste:

Undichtigkeiten in der Gebäudehülle: In energetischer Hinsicht, gilt es als erstrebenswert, möglichst luftdichte Gebäudehüllen zu bauen, um Wärmeverluste durch Undichtigkeiten der

³² Österreichisches Institut für Bautechnik: OIB Richtlinie 6: Energieeinsparung und Wärmeschutz. Ausgabe Oktober 2011

³³ Vgl. Schmidt, M. / Hertel, G.: Praxis energieeffizienter Gebäude. Leitfaden für Sachverständige Beurteilung. 1. Auflage, Berlin: HUSS-MEDIEN GmbH 2008, S.63

Konstruktion auszuschließen. Das Prinzip der wärmedämmenden Wirkung der Gebäudehülle kann nur funktionieren, wenn die in den Poren des Dämmmaterials eingeschlossene Luft nicht ständig zirkuliert. Daher sind zwei Dichtungsebenen – eine luftdichte Schicht im Gebäudeinneren einerseits und eine Winddichtung an der Außenseite andererseits – vorzusehen, womit die Wärmedämmung funktionsfähig bleibt. Gleichzeitig wird die Wärmedämmung auch vor dem Eindringen von Feuchtigkeit geschützt. Die Wärmedämmwirkung kann somit nicht durch Feuchtigkeit herabgesetzt werden und das Risiko eines evtl. Bauschadens durch ausfallendes Tauwasser kann reduziert werden.

Undichtigkeiten in der Gebäudehülle entstehen prinzipiell bei den Anschlüssen bzw. den Verbindungen von Bauteilen mit der thermischen Außenhaut des Gebäudes. Mittels Differenzdruckverfahren gemäß ÖNORM EN 13829 – auch als Blower Door Test bekannt – kann die Gebäudehülle auf ihre Dichtheit überprüft bzw. erhöhte Luftwechselraten aufgrund von Fehlstellen nachgewiesen werden. Dabei wird im Gebäudeinneren eine normierte Druckdifferenz von 50 Pascal zum Außenklima hergestellt, um anschließend die Luftwechselrate, bezogen auf das Raumvolumen, pro Stunde zu messen.

Gemäß OIB Richtlinie 6 dürfen dabei folgende Luftwechselraten n_{50} bei Neubauten nicht überschritten werden:

Tabelle 2 – Luftwechselraten

RICHTLINIE	LÜFTUNG	n_{50}
OIB-Richtlinie 6	ohne mechanisch betriebener Lüftungsanlage	$\leq 3,0$
	mit mechanisch betriebener Lüftungsanlage (mit oder ohne Wärmerückgewinnung)	$\leq 1,5$
Passivhausstandard	mit mechanisch betriebener Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	$\leq 0,6$

Hygienisch erforderlicher Luftwechsel: Dabei wird zwischen einer manuellen Lüftungsweise, durch händisches Öffnen der Fenster und der Lüftung mittels mechanischer Lüftungsanlage unterschieden. Letzteres ist – vor allem in Kombination mit einer Wärmerückgewinnung aus der verbrauchten Raumluft – die effektivere und energiesparendere Variante. Abhängig von der jeweiligen Betätigung des Bewohners bzw. der Raumfunktion gilt es ca. 20 bis 30m³³⁴ Frischluft pro Person und Stunde zuzuführen, um ein aus hygienischer Sicht einwandfreies Raumklima sicherzustellen.

³⁴ Vgl. Wosnitza, F. / Hilgers, H. G.: Energieeffizienz und Energiemanagement: Ein Überblick heutiger Möglichkeiten und Notwendigkeiten. 1. Auflage, Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, Springer Fachmedien 2012, S.287

2.3.2. FEUCHTESCHUTZ

Die Bauteile der Gebäudehülle gilt es generell vor übermäßigen Feuchteeinwirkungen bzw. dem Feuchtigkeitstransport ins Bauteilinnere zu schützen. Neben dem Schutz der Konstruktion stellt dies vor allem, wie bereits unter Punkt 2.3.1 erwähnt, die einwandfreie Funktion der Wärmedämmwirkung sowie die Vermeidung von gesundheitsgefährdendem Schimmelpilzwachstum sicher. Grundsätzlich gibt es drei verschiedene Transportmechanismen, wie Feuchtigkeit ins Bauteilinnere gelangt und so Schaden anrichten kann:

- Diffusion
- Kapillarleitung
- Luftleitung - Konvektion

In Mitteleuropa ist vor allem das Winterklima der maßgebliche Belastungsfall bezüglich Feuchteschutz. Die hohen Temperaturdifferenzen von Innen- und Außenklima bewirken einen Wärmestrom bei dem, infolge von Undichtheiten der inneren Bauteiloberfläche, Feuchtigkeit ins Bauteilinnere gelangen kann. Andererseits stellt sich ein hohes Dampfdruckgefälle ein, wodurch Wasserdampf permanent durch die Außenbauteile strömt. Dort kühlt der Wasserdampf ab und es kommt – in Abhängigkeit zur Temperatur und je nach Konstruktion – direkt an der Bauteiloberfläche oder im Bauteilinneren zur Kondensatbildung. Damit es zu keiner Schädigung der Bausubstanz kommt, ist darauf zu achten, dass die Bauteile derart konstruiert werden, dass Wasserdampf nur in geringen, unschädlichen Mengen eindringen kann und auch wieder abgeführt werden kann. Die im Hochbau zu erfüllenden Kriterien bezüglich Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz werden durch die ÖNORM B 8110-2 definiert. Darin heißt es, dass *unter Kondensationsschutz im Hochbau alle baulichen Maßnahmen zu verstehen sind, die unter den kennzeichnenden Betriebsbedingungen des Innenraumes (Temperatur und Luftfeuchtigkeit) und den maßgebenden Außenluftbedingungen (Temperatur und Luftfeuchtigkeit)*

- *eine solche Temperatur an der inneren Oberfläche der Außenbauteile sichern, dass (a) keine Wasserdampfkondensation erfolgt und (b) Schimmelbildung hintangehalten wird*
- *eine schädliche Wasserdampfkondensation im Inneren von Außenbauteilen verhindern³⁵.*

³⁵ Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM B 8110-2, Wärmeschutz im Hochbau Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz. Ausgabe 2003-07-01, S.4

Anforderungen an Bauteile bzw. deren Bemessung lt. ÖNORM 8110-2:

Für Außenbauteile und Bauteile, die Räume mit unterschiedlichen Luftzuständen (Temperatur und relative Feuchtigkeit) trennen, sind Berechnungen im Hinblick auf einen ausreichenden Tauwasserschutz der Bauteile nachzuweisen. Die Beurteilung der Bauteile erfolgt auf Basis dieser Ergebnisse:

Kondensation an innerer Bauteiloberfläche: Erhöht das Risiko der Schimmelpilzbildung, weshalb mittels eines adäquaten Wärmeschutzes eine ausreichende Oberflächentemperatur sicherzustellen ist:

- *Temperatur der inneren Bauteiloberfläche darf nicht unter die Taupunkttemperatur der Innenluft abfallen.*
- *Bezüglich Schimmelpilzrisiko, darf die Temperatur der inneren Bauteiloberfläche nicht unter die Temperatur, bei der die Innenluft 80% rel. Feuchtigkeit erreicht, abfallen.*

Kondensation im Inneren von Außenbauteilen: Kondensat im Bauteilinneren kann sowohl die bauphysikalischen als auch die statischen Funktionen des Bauteils bzw. einzelner Materialien negativ beeinflussen, weshalb folgende Grundsätze einzuhalten sind:

- *Bauteile und Bauteilstöße sind warmseitig luftdicht abzuschließen, um das Eindringen warmer und feuchter Raumluft zu verhindern;*
- *Betroffene Bauteilschichten müssen die Kondenswassermenge $M_{a,max}$ der Tauperiode zwischenspeichern können (max. $0,5 \text{ kg/m}^2$ kondensierte Wasserdampfmenge an Berührungsflächen von kapillar nicht oder wenig wasseraufnahmefähigen Schichten);*
- *Kondenswasser darf den Wärmedurchlasswiderstand eines Bauteils durch eine Erhöhung des Feuchtigkeitsgehalts einer Bauteilschicht um max. 10% verringern;*
- *Baustoffe dürfen durch Kondensat nicht geschädigt werden (Korrosion, Pilzbefall, Frostzerstörung o. Ä.) (Erhöhung des massebezogenen Feuchtigkeitsgehalts für Holz und Holzwerkstoffe max. 3 %);*
- *In der Tauperiode angefallenes Kondenswasser muss in der Verdunstungsphase vollständig austrocknen können, sodass eine fortschreitende Durchfeuchtung verhindert wird.*

Klimabedingungen: Diese werden entsprechend dem jeweiligen Gebäudestandort bzw. der Raumnutzung festgelegt und bilden die Grundlage der feuchtigkeitstechnischen Bemessung (nachfolgende Werte auf Basis von Wohnräumen):

- *Innenlufttemperatur 20 °C*
- *relative Feuchtigkeit der Innenluft:*
 - a) *Vermeidung von Kondenswasserbildung:*
 - *max. 65 % bei Außenlufttemperaturen von 0 °C bis 10 °C und*
 - *je 1 Prozentpunkt fallend je 1 K Temperaturabnahme der Außenluft unter 0 °C und*
 - *um je 1 Prozentpunkt steigend je 1 K Temperaturzunahme der Außenluft über 10 °C*
 - b) *Verminderung des Risikos der Schimmelbildung:*
 - *max. 55 % bei Außenlufttemperaturen von 0 °C bis 5 °C und*
 - *um je 1 Prozentpunkt ansteigend je 1 K Temperaturzunahme der Außenluft über 5°C bis 10°C*
 - *um je 1,5 Prozentpunkte ansteigend je 1 K Temperaturzunahme der Außenluft über 10°C und*
 - *um je 1 Prozentpunkt fallend je 1 K Temperatur der Außenluft unter 0 °C*
- *Außenluftbedingungen: Grundlage bilden die Monatsmittelwerte der Außenlufttemperatur, die hauptsächlich von der Seehöhe abhängen.*³⁶

Genauere Definitionen zu den Anforderungen, bezüglich Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz sowie zur genauen Berechnungsmethode, werden an dieser Stelle außen vor gelassen und sind der ÖNORM 8110 Teil 2 zu entnehmen.

Abschließend können einige einfache Konstruktionsregeln aufgezeigt werden, die eine Risikominimierung eines Schadens durch übermäßige Wasserdampfkondensation bewirken:

- *Wärmedämmwert der einzelnen Bauteilschichten nimmt von innen nach außen hin zu;*
- *Wasserdampf-Diffusionswiderstand nimmt von innen nach außen hin ab;*
- *Luftfeuchtigkeit der Raumluft ist durch ausreichende Belüftung zu regulieren.*

³⁶ Vgl. ebda, S.6 ff

2.3.3. SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ

Aufgrund der erhöhten solaren Strahlungsintensität in den Sommermonaten, kommt es zwangsläufig zu einem Anstieg der Innenraumtemperatur, der zu unakzeptablen Nutzungsbedingungen führen kann³⁷. Bei der Konzeption von Gebäuden müssen daher Maßnahmen ergriffen werden, die einer unzumutbaren Temperaturerhöhung entgegenwirken. Das primäre Ziel des sommerlichen Wärmeschutzes besteht darin, das Eindringen von Wärmeenergie zu reduzieren und die operative Temperatur in Innenräumen auf maximal 27 °C tagsüber bzw. 25 °C nachts zu begrenzen³⁸. Vor allem neigen Bürobauten sowie öffentliche Gebäude dazu, anfällig für zu hohe Temperaturen in den Sommer- sowie den Übergangsmonaten zu sein.

Abbildung 8 gibt einen Überblick über die wesentlichen bautechnischen Maßnahmen zur Vermeidung der Raumüberwärmung durch Sonneneinstrahlung:



Abbildung 8 – Typische Einflussgrößen auf den sommerlichen Wärmeschutz³⁹

³⁷ Willems, W. M. / Dinter, S. / Schild, K.: Vieweg Handbuch Bauphysik Teil 1: Wärme- und Feuchteschutz, Behaglichkeit, Lüftung. 1. Auflage, Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlag GWV Fachverlage GmbH 2006, S. 2.144

³⁸ Vgl. Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM B 8110-3, Wärmeschutz im Hochbau Teil 3: Vermeidung sommerlicher Überwärmung. Ausgabe 2012-03-15, S.7, Pkt. 6.2.

³⁹ Pottgiesser, U.: Prinzipien der Baukonstruktionen. Paderborn: Wilhelm Fink GmbH & Co. Verlag 2009, S. 40

Diese bautechnischen Maßnahmen, die der Stabilisierung der klimatischen Innenraumbedingungen dienen, müssen auf die wesentlichen auftretenden äußeren und inneren Einflussfaktoren wie

- Sonneneinstrahlung und Klimazone lt. ÖNORM 8110-5,
- spezielle lokale, standortbezogene Faktoren (z.B.: Verschattung durch Bäume oder Berge),
- vorhandene interne Wärmequellen (Personen, elektrische Geräte, Beleuchtung) sowie
- das Nutzerverhalten

abgestimmt werden und darauf reagieren können.

Diese Faktoren des sommerlichen Wärmeschutzes und die entsprechenden Regulierungsmaßnahmen stehen in Abhängigkeit zueinander und beeinflussen sich in ihrer Auswirkung auf das Raumklima gegenseitig. Aus den oben aufgelisteten Methoden zur Minimierung der Auswirkungen von übermäßigem Wärmeenergieeintrag können drei relativ simple Grundsätze abgeleitet werden, die die Zielsetzung des sommerlichen Wärmeschutzes gut beschreiben:

Begrenzung des Energieeintrages:

- Verglasungs- bzw. Fensterflächenanteil optimieren,
- Gesamtenergiedurchlassgrad transparenter Bauteile optimieren,
- fixer (z.B. auskragende Bauteile) bzw. verstellbarer Sonnenschutz mit optimiertem Wirkungsgrad,
- Nutzerverhalten abstimmen (Sonnenschutz)

Unmittelbare Abfuhr der Wärme:

- natürliche oder mechanische Lüftung (mit Erdreich-Wärmetauscher),
- Wärmeabfuhr über kernaktivierte Bauteile bzw. Erdwärmeregister.

Zwischenspeicherung der eingetragenen Energie und verzögerte Abgabe und Abfuhr zu einem weniger kritischen Zeitpunkt:⁴⁰

- Schwere, gut speicherfähige raumumschließende Bauteile

⁴⁰ Vgl. Baunetz Wissen: Sommerlicher Wärmeschutz. http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Fassade_SommerlicherWaermeschutz_154559.html, Abfrage am 2.12.2012

Bezieht man diese Überlegungen als Grundsätze in der Konstruktionswahl mit ein, können potenzielle Risiken betreffend sommerlicher Überwärmung im Vorhinein ausgeschlossen werden. Besonders durch eine intelligente Anordnung von wärmespeicherfähigen Bauteilen lässt sich ein großer Beitrag zur Effizienzsteigerung, sowohl im Hinblick auf sommerlichen als auch winterlichen Wärmeschutz erzielen. Vor allem massive raumumschließende Bauteile wie Wände, Fußböden und Decken eignen sich gut zur Zwischenspeicherung von Wärme und dem damit verbundenen Ausgleich von äußeren Temperaturschwankungen.

3. RAUMKLIMA UND BEHAGLICHKEIT

3.1. GRUNDLAGEN DES MENSCHLICHEN WOHLBEFINDENS

Menschen, die in Industrieländern leben, verbringen über 90%⁴¹ der Zeit in geschlossenen Räumen wie Wohnungen, Büros oder sonstigen Aufenthaltsorten innerhalb von Gebäuden. Daraus erwachsen Ansprüche an eine gewisse Qualität des Raumklimas, da dieses direkten Einfluss auf die menschliche Gesundheit, die Leistungsfähigkeit und das menschliche Wohlbefinden hat. Grundsätzlich empfindet jeder Mensch unterschiedlich, wodurch sich die einzelnen Kriterien bezüglich menschlichen Wohlbefindens zu einer subjektiven Sinneswahrnehmung vermischen⁴².

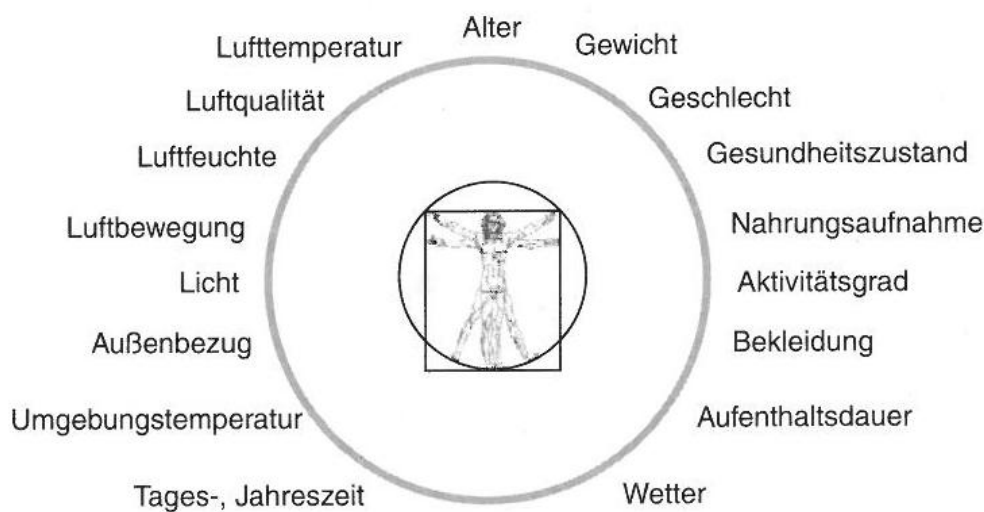


Abbildung 9 – Faktoren des menschlichen Wohlbefindens⁴³

Letztendlich kann die Zufriedenheit des Menschen mit seiner Umwelt bzw. seiner direkten Umgebung als Behaglichkeit definiert werden, wobei mehrere Arten der Behaglichkeit voneinander zu unterscheiden sind:

- thermische Behaglichkeit,
- lufthygienische Behaglichkeit,
- optische Behaglichkeit und
- akustische Behaglichkeit.

⁴¹ Bullinger, H. J.: Technologieführer: Grundlagen, Anwendungen, Trends. Berlin / Heidelberg: Springer Verlag, 2007, S.388

⁴² Vgl. Hausladen, G. / et al.: Einführung in die Bauklimatik: Klima und Energiekonzepte für Gebäude. Berlin: Ernst & Sohn Verlag 2003, S.15

⁴³ Ebda

Die Behaglichkeitsanforderungen an Innenräume werden über das Zusammenwirken dieser Formen der Behaglichkeit definiert, wobei diese je nach Verwendungszweck eines Raumes anders zu bewerten sind. Die wichtigsten raumklimatischen bzw. bauphysikalischen Einflussparameter, welche zur Sicherstellung angenehmer Umgebungsbedingungen in Betracht gezogen werden müssen, sind in Abbildung 10 dargestellt. Unter all den aufgelisteten Kriterien ist die thermische Komponente von größter Bedeutung – sowohl im Hinblick auf klimatische als auch auf wirtschaftliche Aspekte.

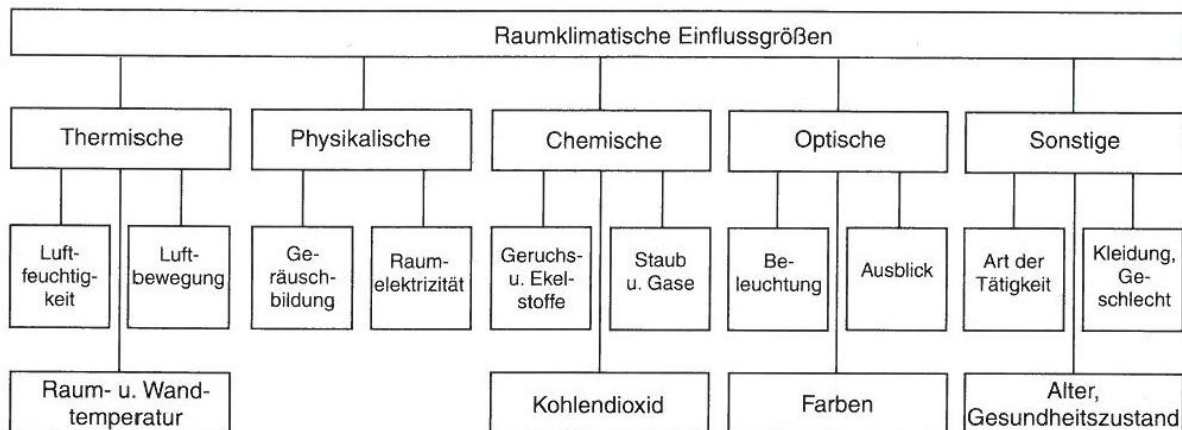


Abbildung 10 – Raumklimatische Einflussgrößen⁴⁴

Natürlich kann Behaglichkeit erst nach Berücksichtigung all dieser Komponenten genauer beschrieben werden. Aus energietechnischer Sicht stellt jedoch die Sicherstellung von thermisch optimierten Raumklimabedingungen die größte Herausforderung dar, weshalb sich diese Arbeit auf die thermische Behaglichkeitskomponente beschränkt.

3.2. KRITERIEN THERMISCHER BEHAGLICHKEIT

3.2.1. ALLGEMEINES

Die *ÖNORM EN ISO 7730* definiert thermische Behaglichkeit als *das Gefühl, das Zufriedenheit mit dem Umgebungsklima ausdrückt*⁴⁵. Aufgrund des direkten Zusammenhangs zwischen den thermischen Raumbedingungen und der körperlichen sowie der geistigen Leistungsfähigkeit eines Menschen, ist thermische Behaglichkeit nicht nur eine reine Frage des Komforts, sondern auch eine wirtschaftliche Überlegung. Mögliche Folgen von mangelndem thermischem Komfort sind etwa Konzentrationsschwäche, Müdigkeit bis hin zu einem erhöhten Risiko für Arbeitsunfälle. Damit kristallisiert sich die Notwendigkeit heraus,

⁴⁴Ebda, S.16

⁴⁵ Vgl. Österreichisches Normungsinstitut: *ÖNORM EN ISO 7730, Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit*. Ausgabe 2006-05-01

an unseren Arbeitsplätzen Klimabedingungen zu schaffen, die auf die jeweilige Tätigkeit optimal abgestimmt sind, um negative gesundheitliche Auswirkungen für Arbeiter bzw. Angestellte zu vermeiden.

Der Mensch befindet sich mit seiner Umgebung grundsätzlich in einer thermodynamischen Wechselwirkung. Thermische Behaglichkeit stellt sich dann ein, wenn der menschliche Körper durch Wärme- und Stoffaustausch in thermischem Gleichgewicht mit seiner Umgebung ist⁴⁶.

Die Kerntemperatur des menschlichen Körpers bzw. der zentral gelegenen Organe liegt in einer sehr engen Schwankungsbreite, im Bereich von 36 bis 37 °C . Um voll leistungsfähig zu sein, muss diese Temperatur konstant gehalten werden und es darf zu keinen größeren Abweichungen kommen. Die Oberflächentemperatur der Haut schwankt in einem breiteren Intervall. Sinkt diese unter 33 °C ab friert der Mensch, steigt sie jedoch über 37 °C setzt Schwitzen ein. Thermische Behaglichkeit ist daher nur gegeben, wenn diese Schwellenwerte eingehalten werden.⁴⁷

Prinzipiell wird das thermische Raumklima von vier klassischen Parametern bestimmt, die den Wärmehaushalt des Menschen beeinflussen:

- Lufttemperatur,
- mittlere Strahlungstemperatur (Raumumschließungsflächentemperatur),
- Luftgeschwindigkeit und
- Luftfeuchte.⁴⁸

Zusätzlich spielen der Aktivitätsgrad sowie die Art der Bekleidung eine wichtige Rolle, um thermische Behaglichkeitsanforderungen letztendlich zu definieren.

3.2.2. TEMPERATUR

Lufttemperatur:

Im Allgemeinen wird von den meisten Personen eine Raumlufthtemperatur im Bereich von 19°C - 23 °C⁴⁹ als angenehm empfunden.

⁴⁶ Klesse, A.: Modellierung und Bewertung unterschiedlichen Nutzerverhaltens in hochwärmedämmten Einfamilienhäusern: Berlin, Lit Verlag, 2012, S.35

⁴⁷ Vgl. Hausladen, G. / et al.: Einführung in die Bauklimatik: Klima und Energiekonzepte für Gebäude. Berlin: Ernst & Sohn Verlag 2003, S.17

⁴⁸ Vgl. Rietschel, H. / Esdorn, H.: Raumklimatechnik Band 1: Grundlagen. 16. Auflage, Berlin / Heidelberg: Springer Verlag 2008, S.128

⁴⁹ Vgl. Willems, W. M. / Dinter, S. / Schild, K.: Vieweg Handbuch Bauphysik Teil 1: Wärme- und Feuchteschutz, Behaglichkeit, Lüftung. 1. Auflage, Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlag GWV Fachverlage GmbH 2006, S. 4.6

Entsprechend der gesetzlichen Bestimmungen bzw. anhand normativer Vorgaben, gilt es in Innenräumen ein gewisses Temperaturniveau zu erreichen, um etwaige thermische Unzulänglichkeiten von vornherein auszuschließen.

Folgende Werte sind lt. ÖNORM EN 12831 bzw. lt. Arbeitsstättenverordnung zu gewährleisten:

Tabelle 3 – Innenraumtemperatur lt. ÖNORM50

Raumart	Norm-Innentemperatur
Wohn- und Schlafräume	20 °C
Büroräume, Sitzungszimmer, Ausstellungsräume, Haupttreppenräume, Schaltherhallen	20 °C
Hotelzimmer	20 °C
Verkaufsräume und Läden allgemein	20 °C
Unterrichtsräume allgemein	20 °C
Theater- und Konzerträume	20 °C
Bade- und Duschräume, Bäder, Umkleideräume, Untersuchungszimmer (generell jede Nutzung für den unbedeckten Bereich)	24 °C
WC-Räume	20 °C
Beheizte Nebenräume (Flure, Treppenhäuser)	15 °C
Unbeheizte Nebenräume (Keller, Treppenhäuser, Abstellräume)	10 °C

Tabelle 4 – Innenraumtemperaturen lt. Arbeitsstättenverordnung

Körperliche Belastung	Norm-Innentemperatur
gering	19 - 25 °C
normal	18 - 24 °C
hoch	≤ 12 °C

Oberflächentemperatur:

Die Oberflächentemperaturen von Bauteilen beeinflussen die Strahlungswärmeverluste bzw. -gewinne der Personen in dessen Nähe. Im Optimalfall hält sich der Strahlungsaustausch zwischen Menschen und den raumumschließenden Oberflächen im Gleichgewicht. Ist dies nicht der Fall, so kann ein geeignetes Heizsystem bzw. das Anheben der Raumlufttemperatur diesen Mangel bis zu einem gewissen Grad ausgleichen.

⁵⁰ Vgl. Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN 12831, Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast. Ausgabe 2003-12-01

Operative bzw. empfundene Temperatur (Raumtemperatur):

Die von Personen empfundene Raumtemperatur setzt sich aus der Strahlungstemperatur der raumumschließenden Oberflächen sowie der Raumlufttemperatur zusammen. Die operative Raumtemperatur kann näherungsweise durch die Ermittlung des Mittelwerts aus Lufttemperatur und mittlerer Oberflächentemperatur gebildet werden.

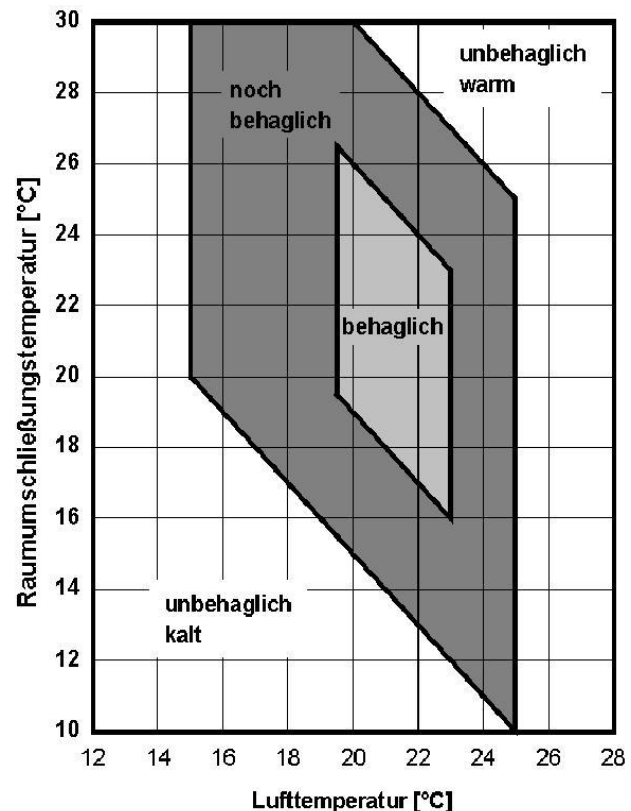
Daraus lässt sich ableiten, dass niedrigere Oberflächentemperaturen von höheren Raumlufttemperaturen ausgeglichen werden können. Dies ist jedoch nur in beschränktem Rahmen möglich, wobei *Willems eine maximale Differenz von 1,5 bis 3,0 K zwischen Raumlufttemperatur und mittlerer Oberflächentemperatur der Raumumschließungsflächen empfiehlt*⁵¹.

$$|\theta_i - \bar{\theta}_{si}| \leq 1,5 \div 3K$$

(Formel 3.2-1)

Stellen sich zu große Temperaturdifferenzen ein, können raumklimatische Probleme, wie Strahlungsasymmetrie bzw. Zuglufterscheinungen, auftreten.

Der Zusammenhang von Lufttemperatur und Strahlungstemperatur der raumumschließenden Bauteiloberflächen und dessen Auswirkungen auf das Wohlbefinden wird durch das Behaglichkeitsfeld in Abbildung 11 dargestellt.



**Abbildung 11 – Behaglichkeitsfeld
Umschließungsflächentemperatur -
Raumtemperatur⁵²**

⁵¹ Vgl. Willems, W. M. / Dinter, S. / Schild, K.: Vieweg Handbuch Bauphysik Teil 1: Wärme- und Feuchteschutz, Behaglichkeit, Lüftung. 1. Auflage, Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlag GWV Fachverlage GmbH 2006, S. 4.3

⁵² Sedlbauer, K. / et al.: Raumklima und Innovation: Eine Aufgabe der Bauphysik. http://www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/de/documents/Sedlbauer_Holm_Kuenzel2006RaumklimaundInnovationtc_m45-86529.pdf, Abfrage am 8.1.2013

3.2.3. LUFTFEUCHTIGKEIT

Idealerweise herrscht in Gebäuden ein relativer Luftfeuchtigkeitswert, der in einem Bereich zwischen 35% bis 70%⁵³ liegt, um ein behagliches Raumklima zu vermitteln. Da der Bereich der als behaglich empfundenen Luftfeuchte – wie aus Abbildung 12 hervorgeht – einen relativ großen Bereich umfasst, werden Anforderungen an den Feuchtegehalt der Luft primär aus gesundheitlichen sowie hygienischen Gründen gestellt⁵⁴. Zu geringe Luftfeuchtigkeit führt zu trockenen Schleimhäuten, was wiederum Atemwegserkrankungen hervorrufen kann. Eine zu große Luftfeuchtigkeit wirkt sich ebenfalls nicht gesundheitsfördernd aus, da so ein geeignetes Klima für mikrobielles Wachstum (Schimmelpilze) vorhanden ist.

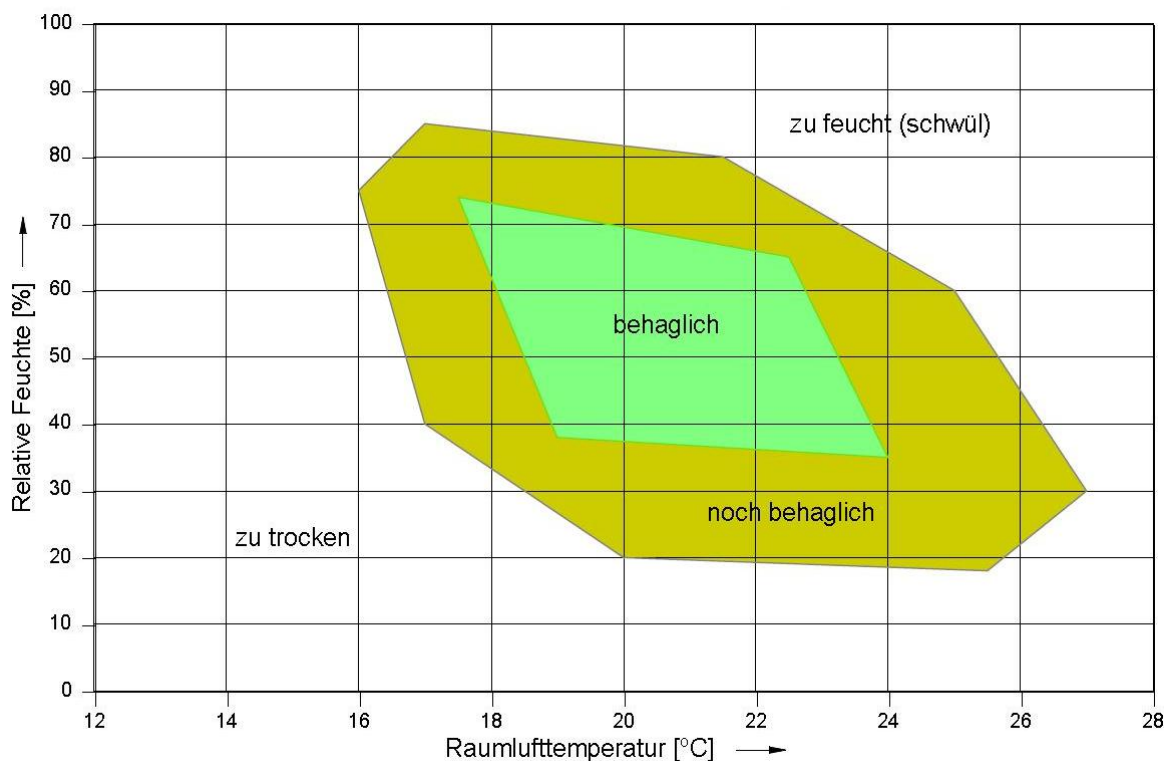


Abbildung 12 – Behaglichkeitsfeld Raumluftheuchte – Raumluftheuchte⁵⁵

⁵³ Vgl. Willems, W. M. / Dinter, S. / Schild, K.: Vieweg Handbuch Bauphysik Teil 1: Wärme- und Feuchteschutz, Behaglichkeit, Lüftung. 1. Auflage, Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlag GWV Fachverlage GmbH 2006, S. 4.6

⁵⁴ Vgl. ebda., S.4.7

⁵⁵ Dentel, A. / Dietrich, U.: Thermische Behaglichkeit – Komfort in Gebäuden. http://rom-umwelt-stiftung.de/wp-content/uploads/2006/02/Dokumentation_Thermische_Behaglichkeit.pdf, Abfrage am 7.1.2013

3.2.4. LUFTGESCHWINDIGKEIT

Da der Wärmehaushalt des Menschen bereits durch geringe Luftströmungen ($> 0,1\text{m/s}$) beeinflusst werden kann, sind erhöhte Zuglufterscheinungen in Räumen zu vermeiden. Abhängig vom Grad der körperlichen Aktivität sowie der Raumlufttemperatur, sind Luftgeschwindigkeiten bis maximal $0,5\text{ m/s}$ ⁵⁶ möglich. Bei normaler sitzender Tätigkeit sollte die maximale Luftbewegung $0,25\text{ m/s}$ im Sommer bzw. $0,15\text{ m/s}$ im Winter⁵⁷ nicht überschreiten.

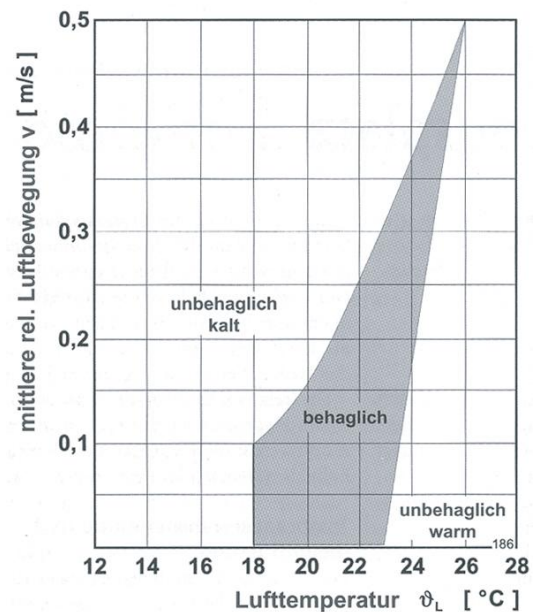


Abbildung 13 – Behaglichkeitsfeld Luftgeschwindigkeit – Raumlufttemperatur⁵⁸

Wie in Abbildung 13 ersichtlich ist, erhöht sich bei steigender Lufttemperatur auch die zulässige mittlere Luftgeschwindigkeit. Daraus lässt sich ableiten, dass auch bei erhöhter körperlicher Tätigkeit eine etwas höhere Luftbewegung durchaus als behaglich empfunden werden kann. Die Arbeitsstättenverordnung gibt folgende Grenzwerte der Luftgeschwindigkeiten an ortsgebundenen Arbeitsplätzen vor:

Tabelle 5 – zulässige Luftgeschwindigkeit an ortsgebundenen Arbeitsplätzen lt. Arbeitsstättenverordnung

Körperliche Belastung	Max. mittlere Luftgeschw.
gering	$\leq 0,10\text{ m/s}$
normal	$\leq 0,20\text{ m/s}$
hoch	$\leq 0,35\text{ m/s}$

⁵⁶ Vgl. Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN ISO 7730, Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit. Ausgabe 2006-05-01, S. 10

⁵⁷ Vgl. Zürchner, C / Frank, T.: Bauphysik: Bau und Energie, Leitfaden für Planung und Praxis, 2. Ausgabe, Zürich: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich 2004, S15

⁵⁸ Staatssekretariat für Wirtschaft SECO: Wegleitung zur Verordnung 3 zum Arbeitsgesetz: Artikel 16 – Raumklima. <http://www.seco.admin.ch/themen/00385/00390/00392/02003/index.html>, Abfrage am 9.1.2013

3.2.5. BEKLEIDUNG UND AKTIVITÄTSGRAD

Bekleidung:

Als Grenzschicht zwischen Körperoberfläche und Raumklima, trägt die Bekleidung einen wesentlichen Teil zur thermischen Behaglichkeit bei. Einerseits schützt ihre wärmedämmende Funktion den Körper vor dem Auskühlen, andererseits kann ein zu hoher Wärmeleitwiderstand zu Unbehagen führen, da überschüssige Hitze nicht vom Körper abgeführt werden kann. Um die Art der Bekleidung bei der Betrachtung von raumklimatischen Bedingungen berücksichtigen zu können, wurde der *Clothing Factor [clo]* eingeführt.

Tabelle 6 – Thermische Isolationswerte für typische Bekleidungskombinationen^{59,60}

Art der Bekleidung	[m ² K/W]	[clo]
unbekleidet	0	0
Leichte Sommerbekleidung (Hemd kurzärmelig, leichte Hose)	0,08	0,5
Normale Kleidung für Innenräume (Hemd, Hose)	0,110	0,70
Normale Arbeitskleidung (Hemd, Arbeitskittel, Hose)	0,140	0,9
Winterliche Innenbekleidung (Pollover/Hemd, Jacke, Hose)	0,155	1,0
Winterliche Außenbekleidung (Hemd, Weste, Jacke, Mantel, Hose)	0,230	1,5

Aktivitätsgrad:

Je nach Art und Umfang der körperlichen Tätigkeit, wird vom menschlichen Körper eine andere Menge Energie umgesetzt, was in weiterer Folge ein unterschiedliches Wärmeempfinden zur Folge hat. Der Aktivitätsgrad ist daher die Einheit, die den Energieumsatz des Menschen angibt. Die Einheit von einem *Metabolic Rate [met]* entspricht dabei einer Leistung von 58 W/m² Körperoberfläche.

Tabelle 7 – Energieumsätze verschiedener körperlicher Tätigkeiten⁶¹

Aktivität	Energieumsatz	
	[W/m ²]	[met]
Angelehnt	46	0,8

⁵⁹ Vgl. Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN ISO 7730, Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit. Ausgabe 2006-05-01, S. 22

⁶⁰ Vgl. Willems, W. M. / Dinter, S. / Schild, K.: Vieweg Handbuch Bauphysik Teil 1: Wärme- und Feuchteschutz, Behaglichkeit, Lüftung. 1. Auflage, Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlag GWV Fachverlage GmbH 2006, S. 4.15

⁶¹ Vgl. Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN ISO 7730, Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit. Ausgabe 2006-05-01, S. 21

Sitzend, entspannt	58	1,0
Sitzende Tätigkeit (Büro, Wohnung, Schule, Labor)	70	1,2
Stehende, leichte Tätigkeit (Einkaufen, Labor, leichte Industriearbeit)	93	1,6
Stehende, mittelschwere Tätigkeit (Verkaufstätigkeit, Hausarbeit, Maschinenbedienung)	116	2,0
Gehen auf der Ebene:		
2 km/h	110	1,9
3 km/h	140	2,4
4 km/h	165	2,8
5 km/h	200	3,4

Einfluss von Bekleidung und körperlicher Aktivität auf Raumtemperatur:

Mit den Werten aus den Tabellen für Aktivität und Bekleidung kann schließlich die optimale operative Temperatur lt. Abbildung 14 ermittelt werden.

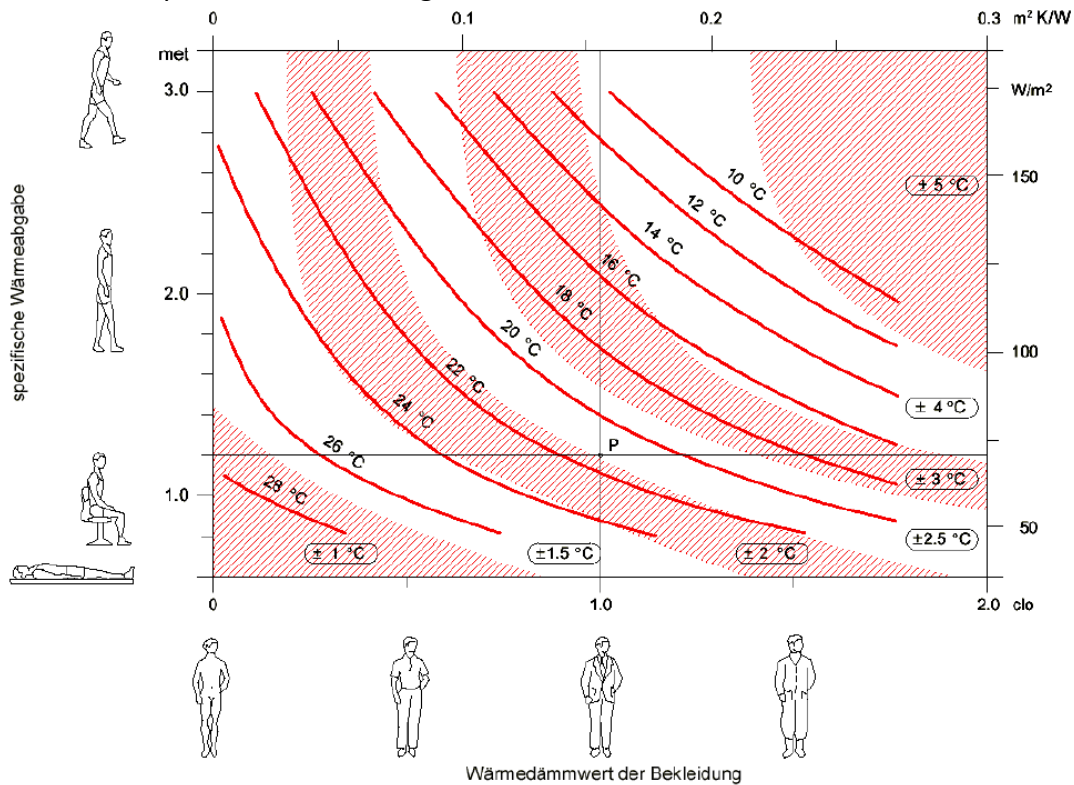


Abbildung 14 – Optimale operative Raumtemperatur in Abhängigkeit von Aktivität und Bekleidung⁶²

⁶² Dentel, A. / Dietrich, U.: Thermische Behaglichkeit – Komfort in Gebäuden. http://rom-umwelt-stiftung.de/wp-content/uploads/2006/02/Dokumentation_Thermische_Behaglichkeit.pdf, Abfrage am 7.1.2013

3.2.6. LOKALE THERMISCHE UNBEHAGLICHKEITERSCHEINUNGEN

Die Bewertung von lokalen thermischen Unbehaglichkeitserscheinungen erfolgt grundsätzlich unter Angabe eines Prozentsatzes an unzufriedenen Personen (PD = percentage of dissatisfied)

- **Zuglufterscheinungen:** häufigste Form, in der lokales thermisches Unbehaglichkeitsempfinden auftritt. Es wird der Prozentsatz (angegeben als DR = draught rating)⁶³ an Personen vorhergesagt werden, die sich durch Zuglufterscheinungen beeinträchtigt fühlen. Einflussparameter:
 - lokale Lufttemperatur,
 - lokale mittlere Luftgeschwindigkeit und
 - lokaler Turbulenzgrad.
- **Vertikaler Lufttemperaturunterschied:** Unbehaglichkeit aufgrund Temperaturunterschied Kopf – Fußgelenke einer sitzenden Person
 - gemessen in 1,1m bzw. 0,1m Höhe → Kopf-Fuß-Abstand
- **Fußbodentemperatur:** Zu warme oder zu kalte Fußbodenoberflächen werden aufgrund des Wärmeempfindens der Füße als unbehaglich empfunden.
- **Asymmetrische Strahlungstemperatur:** Unbehaglichkeitsempfinden aufgrund unterschiedlicher Oberflächentemperaturen von raumumschließenden Bauteilen:
 - zu warme/kalte Wand
 - zu warme/kalte Decke

⁶³ Vgl. Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN ISO 7730, Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit. Ausgabe 2006-05-01, S. 10

3.3. KLASSIFIKATION THERMISCHER INNENRAUMBEDINGUNGEN

3.3.1. BEWERTUNGSSYSTEMATIK

Die ersten Methoden zur Bewertung von Behaglichkeit basieren auf Untersuchungen von P.O. Fanger⁶⁴, der in den 1970er Jahren auf diesem Gebiet Pionierarbeit leistete. Zur statistischen Beurteilung der Behaglichkeit von raumklimatischen Bedingungen sind zwei Werte von zentraler Bedeutung:

- **PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied):** voraussichtlicher prozentueller Anteil der mit den thermischen Bedingungen im Raum unzufriedenen Personen, an der Gesamtheit der anwesenden Personen.
- **PMV (Predicted Mean Vote):** voraussichtliche mittlere Beurteilung der im Raum vorhandenen thermischen Bedingungen durch die anwesenden Personen.

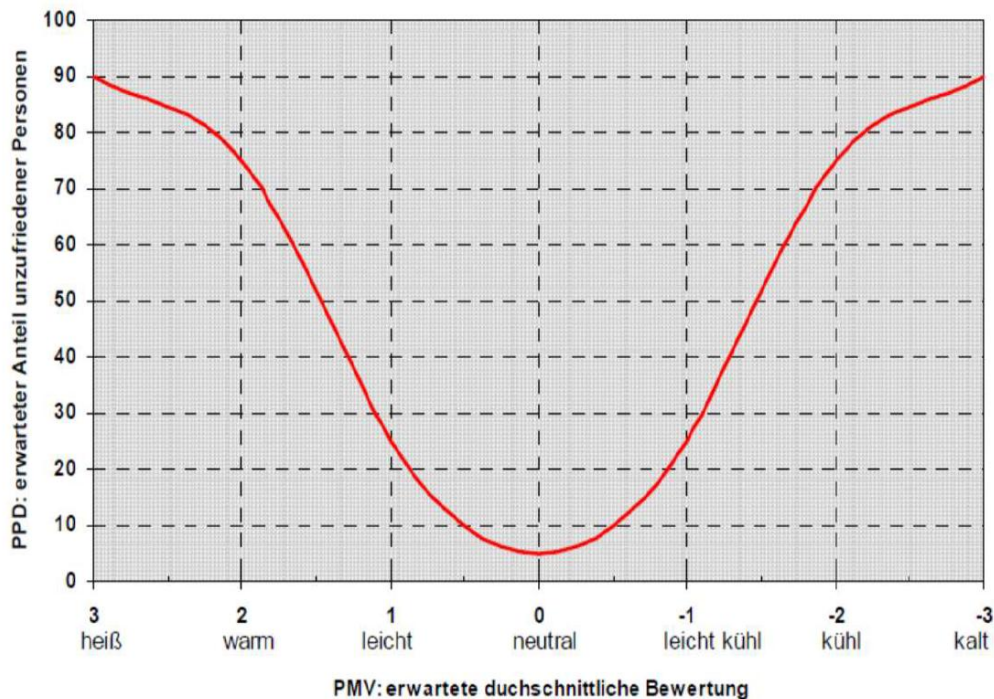


Abbildung 15 – Zusammenhang PPD und PMV⁶⁵

Aus der Grafik geht hervor, dass selbst im Idealfall – also bei neutralem Klima – ein gewisser Anteil an Personen nicht zufrieden mit dem Umgebungsklima ist. Dies mag in der Natur des Menschen bzw. seiner Individualität liegen und offenbart die Notwendigkeit von individueller Feinjustierbarkeit des Raumklimas.

⁶⁴ Vgl. Fanger, P. O.: Thermal Comfort. Analysis and Applications in Environmental Engineering. USA: McGraw-Hill 1972

⁶⁵ Hasler, E.: Ausgewählte Kapitel Bauphysik: Behaglichkeit. Skriptum der FH Joanneum, Bauwesen und Architektur, Wintersemester 2011/12

3.3.2. KATEGORIEN DES UMGEBUNGSKLIMAS

Zur Klassifizierung der klimatischen Bedingungen eines Innenraums, kann dieser in drei Kategorien eingestuft werden, wobei jedes Kriterium lt. Tabelle 8 zu erfüllen ist.

Tabelle 8 – Kategorien des Umgebungsklimas⁶⁶

Kategorie	Thermischer Zustand des Körpers insgesamt		Lokale Unbehaglichkeit			
	PPD %	PMV	DR %	Vertikaler Lufttemperaturunterschied	PD % warmer oder kalter Fußboden	asymmetrische Strahlung
A	< 6	$-0,2 < PMV < +0,2$	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	$-0,5 < PMV < +0,5$	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	$-0,7 < PMV < +0,7$	< 30	< 10	< 15	< 10

⁶⁶ Vgl. Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN ISO 7730, Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit. Ausgabe 2006-05-01, S. 16

4. PROBLEME & RISIKEN VON GEBÄUDEN MIT HOHEM GLASANTEIL

4.1. ALLGEMEINE PROBLEMSTELLUNGEN

Bei Bauwerken aller Art werden heutzutage vorzugsweise transparente Baustoffe zum Einsatz gebracht. Es geht dabei um ein modernes Erscheinungsbild der Architektur einerseits sowie um den nötigen Tageslichteinfall auf der anderen Seite. Dieser Wunsch nach einer transparenten Architektur bringt erhebliche technische Probleme mit sich. Glas weist im Vergleich zu anderen Baustoffen eine sehr geringe Biegezugfestigkeit auf. Dadurch kann Glas nur sehr eingeschränkt als tragender Bauteil eingesetzt werden bzw. ist ein solcher Einsatz mit erhöhtem Planungs- sowie Bauaufwand verbunden.

Aus energietechnischer Sicht ist vor allem die relativ hohe Wärmeleitfähigkeit ($\lambda=1,0\text{W/mK}$) bei gleichzeitig sehr geringer Wärmespeicherfähigkeit charakteristisch für den Baustoff Glas. Diese Eigenschaft hat folgende Auswirkungen auf einen klimatisierten Innenraum:

- Energieverluste durch hohe Wärmeleitfähigkeit während der Heizperiode
- Energiegewinne durch Sonneneinstrahlung ganzjährig.

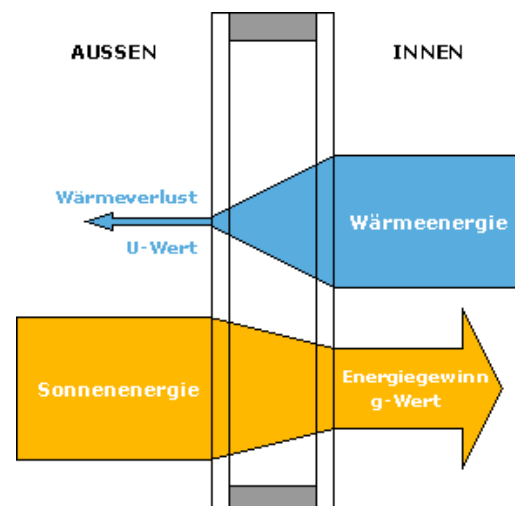


Abbildung 16 - Energiebilanz Verglasung⁶⁷

Durch diese physikalische Gegebenheit werden weitere Verarbeitungsprozesse für eine Glasscheibe nötig, um funktionsfähige Bauteile herzustellen, die den Anforderungen an moderne Gebäudehüllen genügen.

Für den Planer bedeuten großflächig verglaste Gebäudefassaden in jedem Fall einen erheblichen Mehraufwand; schließlich bedarf es neben gestalterischen Überlegungen spezieller bauphysikalischer Untersuchungen bzw. Nachweise, um übermäßige Heizenergieverluste bzw. übermäßigen Solarenergieeintrag im Vorhinein ausschließen zu können. Diese Nachweise bilden letztendlich die Grundlage für ein behagliches, der menschlichen Gesundheit förderliches, Raumklima.

⁶⁷ Kupil Fenster und Türen GmbH: Wärmeschutz. http://www.kupil.de/02_fenster/waermeschutz.html, Abfrage am 21.2.2013

4.2. GLASTECHNOLOGIE

4.2.1. ALLGEMEINES

Die unter 4.1 erwähnte Notwendigkeit der Weiterverarbeitung bzw. der Veredelung von Glas beruht in ihrer heutigen Form auf den Errungenschaften des amerikanischen Erfinders Thomas D. Stetson zurück, der im 19. Jahrhundert das erste Isolierglas patentieren ließ. Bis man die heute am Markt verfügbaren Isoliergläser herstellen konnte, war es jedoch ein langer Entwicklungsprozess. Das simple Prinzip des ersten Isolierglases – die relativ guten Dämmeigenschaften einer eingeschlossenen Luftschicht zwischen zwei Glasscheiben zu nutzen – wurde durch den Einsatz neuer Fertigungsmethoden sowie neuer Werkstoffe optimiert. Als wichtigste Errungenschaften gelten dabei der Einsatz von

- modernen Glas-Randverbundsystemen,
- Füllung des Scheibenzwischenraums mit hochwärmedämmenden Edelgasfüllungen,
- sowie metallischen Beschichtungen der Glasscheiben.

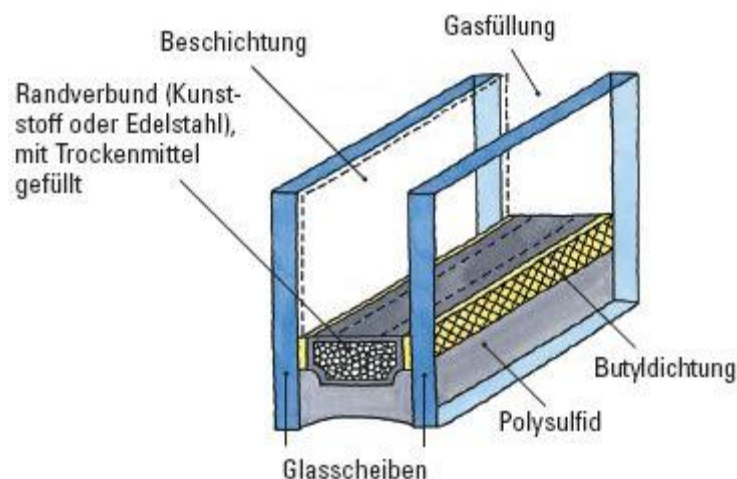


Abbildung 17 – Aufbau von Isolierglas⁶⁸

4.2.2. WÄRMESCHUTZGLAS

Um in der Heizperiode eine effiziente, sparsame Gebäudeklimatisierung bewerkstelligen zu können, bedarf es eines optimierten Gewinn-Verlust-Verhältnisses durch die vorhandenen Glasflächen. Eine gute wärmedämmende Wirkung des Glases wird durch einen niedrigen U-Wert erreicht. Dazu werden neben den bereits erwähnten Edelgasfüllungen, für die vor

⁶⁸ Arbeitsgemeinschaft für sparsame Energie- und Wasserverwendung (ASEW) im Verband kommunaler Unternehmen (VKU): Dämmung. <http://www.asew.de/featureGips/Gips?Anwendung=CMSWebpage&Methode=ShowHTMLOAusgabe&RessourceID=102283&SessionMandant=ContentDB>, Abfrage am 25.2.2013

allen Argon oder Krypton verwendet werden, niedrig-emissive Beschichtungen auf einzelne oder auch mehrere Scheiben der Isolierglaseinheit aufgebracht.

Die Grundmechanismen des Wärmetransportes teilen sich bei Standard-Isoliergläsern zu 2/3 auf Wärmestrahlung sowie zu 1/3 auf Konvektion und Wärmeleitung auf. Während die Edelgasfüllung vorwiegend der Reduzierung der Wärmeleitung dient, setzen die Beschichtungen beim größten Verursacher der Verluste, der Wärmestrahlung an.

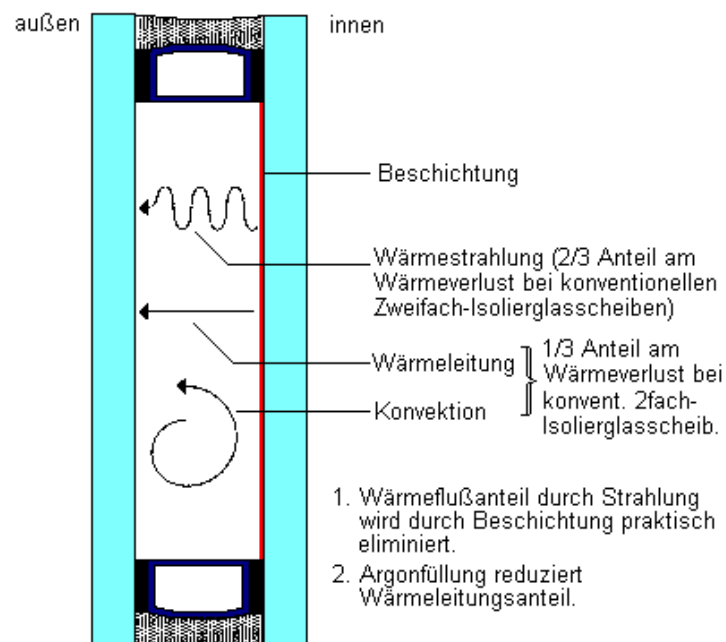


Abbildung 18 – Wärmetransport im Isolierglas⁶⁹

Diese sogenannten *low-e-Beschichtungen* können den Strahlungswärmeverlust der Glasscheibe nach außen hin, durch eine wesentliche Reduzierung der Emissivität der Glasoberfläche, bedeutend senken. Die Emissivität drückt die Fähigkeit der Glasoberfläche aus, die aufgenommene, absorbierte Wärme in Form von Strahlung abzugeben. Während normales Floatglas einen Emissivitätsgrad von $\epsilon=84\%$ aufweist, lässt sich mittels hochwertiger niedrig-emissiver Beschichtungen eine Emissivität der Glasoberfläche von 1-3%⁷⁰ erzielen.

Prinzipiell wird eine Wärmedämmbeschichtung an der Außenseite der inneren Scheibe des Isolierglases vorgesehen, weshalb die absorbierte Wärme zum Großteil wieder zurück ins Rauminnere reflektiert wird.

Moderne Isoliergläser erreichen heute unter Einsatz dieser Technologien U-Werte von 0,4 bis 0,7 W/m²K.

⁶⁹ Energieteufel: Wärmeschutzverglasung. <http://www.energieteufel.de/Wasser%20Spartipps.htm>, Abfrage am 25.2.2013

⁷⁰ Vgl. Glas Marte GmbH: Was ist die Emissivität? <http://www.glasmarte.at/de/service-links/faq/faq-glas/faq-emissivitaet/>, Abfrage am 24.2.2013

4.2.3. SONNENSCHUTZGLAS

Um im Bereich des sommerlichen Wärmeschutzes den solaren Energieeintrag zu reduzieren, wird ebenfalls mittels Beschichtungen der Glasoberfläche vorgegangen. Sonnenschutzbeschichtungen kommen dabei auf der Innenseite der äußeren Glasscheibe zum Einsatz. Grundsätzlich wird die Wirksamkeit der Sonnenschutz-Funktion mittels des Gesamtenergiedurchlassgrades (g-Wert) bestimmt, der den Eintrag der auf die Glasfläche wirkenden Sonnenenergie ins Rauminnere angibt. Der g-Wert setzt sich aus der Strahlungsenergie, die durch das Glas direkt ins Rauminnere gelangt sowie der vom Glas absorbierten Wärme die nach innen abgestrahlt wird zusammen.

Prinzipiell sind zwei Möglichkeiten zur Reduzierung des Energiedurchlasses vorhanden:

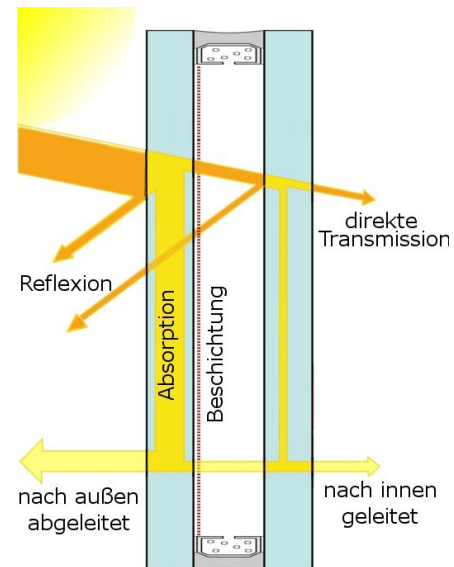


Abbildung 19 – Funktion Sonnenschutzglas⁷¹

Absorptionsgläser:

Die ältere Variante beruht auf Absorption der Sonnenstrahlung an der Außenseite der Verglasung. Die äußere Scheibe des Isolierglases wird dabei eingefärbt, wodurch der Großteil der Solarstrahlung in Wärmeenergie umgewandelt wird, die im Anschluss wieder nach außen abgegeben wird. Nur ein kleiner Teil gelangt trotzdem ins Gebäude. Der Nachteil dieser Gläser liegt in der geringen Tageslichttransmission. Durch die Einfärbung des Glases wirkt die Außenwelt sehr dunkel.

Reflexionsgläser:

Bei dieser Variante soll der Energieeintrag durch das Reflexionsvermögen metallischer Beschichtungen erhöht werden. Sinnvollerweise werden dabei hochselektive Beschichtungen appliziert, die den sichtbaren Spektralbereich des Lichtes transmittieren, während die für das menschliche Auge unsichtbare Infrarotstrahlung zum Großteil reflektiert wird.

Der Trend geht laut Herstellern⁷² zu relativ farbneutralen Gläsern, die ein optimales Verhältnis aus Tageslichttransmission sowie Solarenergiedurchlassgrad aufweisen.

⁷¹ Glaserei Exner und Hürdler: Sonnenschutzglas. <http://www.glaserei-exner-huerdler.de/leistungen/verglasungen/sonnenschutzglas.html>, Abfrage am 23.2.2013

⁷² Vgl. Interpane Glas Industrie AG: Ipasol Sonnenschutzglas: wegweisende Fassadenkonzepte. http://www.interpane.com/medien/service/ipasol_2012.pdf, Abfrage am 23.2.2013

Spezialgläser:

Mittlerweile sind schaltbare Sonnenschutzgläser erhältlich, die ihren Gesamtenergiedurchlassgrad an die einwirkenden äußeren klimatischen Bedingungen anpassen können. Es sind dabei mehrere Technologien verfügbar, bzw. zum Teil noch in der Entwicklung:

- **Elektrochrome Gläser:**
Farbänderung des Glases infolge elektrischer Ladung,
- **Gasochrome Gläser:**
Farbänderung durch Gasphasenreaktion von Wasserstoff mit Wolfram-Oxid,
- **Photochrome Gläser, Thermochrome Gläser:**
Farbänderung infolge Lichteinfall und Temperatur,
- **Thermotrope Gläser:**
Phasentrennung in Polymermischungen in Abhängigkeit von der Temperatur,
- **sowie Orientierung von Kristallen und Flüssigkristallen im elektrischen Feld (LCD,PDLC,SPD).**⁷³

Als serientauglich hat sich vor allem die Technologie der elektrochromen Gläser hervorgetan, die unter anderem der deutsche Hersteller *EControl-Glas GmbH & Co. KG* bereits in einer Vielzahl von Projekten zur Anwendung brachte.

*Die äußere Scheibe der Isolierglaseinheit wird dabei durch eine elektrochrome Verbundscheibe ersetzt. Durch Anbringen einer elektrischen Spannung färbt sich eine nanostrukturierte Beschichtung bläulich, wodurch die Transmissivität für das Sonnenlicht reduziert wird*⁷⁴.

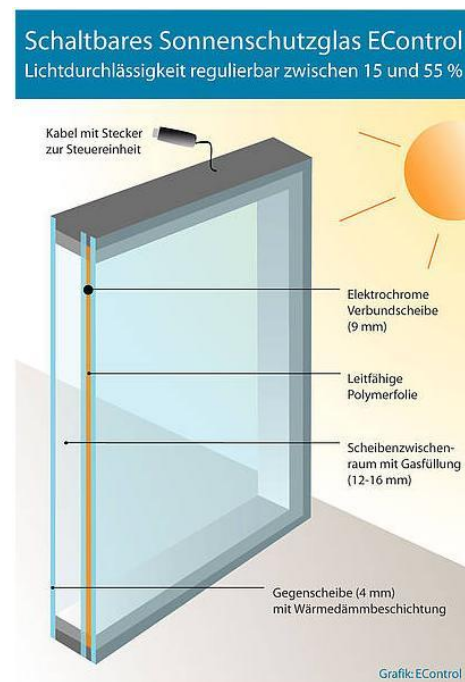


Abbildung 20 – Schaltbares elektrochromes Sonnenschutzglas⁷⁵

⁷³ Vgl. Weller, B. / Tasche, S.: Glasbau 2012. 1. Auflage, Berlin: Ernst & Sohn Verlag 2012, S.280

⁷⁴ Vgl. EControl-Glas GmbH & Co. KG: Wirkungsweise von ECONTROL. <http://www.econtrol-glas.de/econtrol-glas/produktbeschreibung/wirkungsweise/>, Abfrage am 20.2.2012

⁷⁵ EControl-Glas GmbH & Co. KG: Das Prinzip schaltbarer Gebäudeverglasung. <http://www.econtrol-glas.de/econtrol-glas/produktbeschreibung/produktaufbau/>, Abfrage am 20.2.2013.

4.2.4. TAGESLICHTTRANSMISSION

Problematischer Nebeneffekt von Gläsern mit guten g-Werten ist der verminderte Lichttransmissionsgrad im sichtbaren Lichtwellenbereich. Damit gerät der ursprüngliche Hauptgedanke von Verglasungen – der Nutzung des Sonnenlichts als natürliche Beleuchtungsquelle – ins Hintertreffen.

Entscheidendes Kriterium, ob ein Glas ausreichenden Sonnenschutz bei gleichzeitig gegebener Lichttransmission erfüllt, ist seine Selektivitätskennzahl S . Diese drückt das Verhältnis von Lichttransmissionsgrad τ_L und Gesamtenergiedurchlassgrad g aus und errechnet sich wie folgt:

$$S = \frac{\tau_L}{g}$$

Die Selektivitätskennzahl ist vor allem bei Sonnenschutzverglasungen bedeutend. *Wie aus Abbildung 21 hervorgeht, ist im sichtbaren Bereich des Sonnenlichtes 53% der solaren Energie enthalten. Um den g-Wert unter 0,53 senken zu können, bedarf es neben der Filterung des infraroten Strahlungsanteils auch einer teilweisen Filterung des sichtbaren Strahlungsanteils⁷⁶.* Dies geschieht zulasten des Lichttransmissionsgrads.

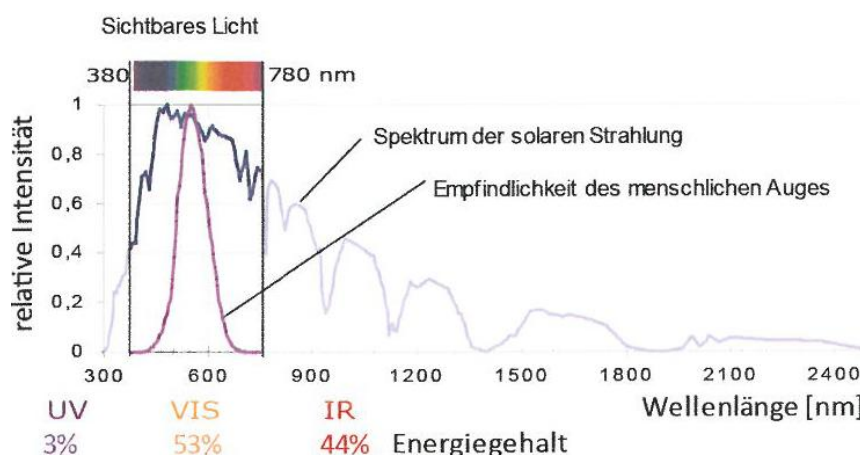


Abbildung 21 – Energiespektrum der solaren Einstrahlung⁷⁷

Moderne Sonnenschutzgläser sollten Selektivitätskennzahlen $> 1,5$ aufweisen, um trotz ihrer Schutzwirkung noch genügend Tageslichteintrag zu gewährleisten. Absolute Spitzenwerte bei der Selektivitätskennzahl liegen bei den momentan am Markt erhältlichen Spitzenprodukten bei 2,5.⁷⁸

⁷⁶ Weller, B. / Tasche, S.: Glasbau 2012. 1. Auflage, Berlin: Ernst & Sohn Verlag 2012S.294

⁷⁷ Ebda, S.295

⁷⁸ Vgl. Glas Trösch Beratungs-GmbH: SANCO SILVERSTAR SUPERSELEKT 35/14 T – Isolierglas. www.glastroesch.de/isolierglas-designglas/sonnenschutzglas-superselekt-3514-t.html, Abfrage am 20.2.2013

Lichttransmissionsermittlung:

Mittels eines einfachen Berechnungsbeispiels soll die Problematik verdeutlicht werden:

Ausgangslage:

Verglaste Fläche bzw. Lichteintrittsfläche = 10m²

- | | | | |
|---|-----------|----------|--------------|
| a) Standard Wärmeschutzverglasung ⁷⁹ : | $U_g=1,1$ | $g=0,62$ | $T_L = 0,80$ |
| b) Sonnenschutzverglasung ⁸⁰ : | $U_g=1,1$ | $g=0,32$ | $T_L = 0,49$ |

Effektive Sonneneinstrahlung:

- | | |
|-----------------------------------|---|
| c) Standard Wärmeschutzverglasung | <u>$A_{eff} = 8,0m^2$</u> |
| d) Sonnenschutzverglasung | <u>$A_{eff} = 4,9m^2$</u> |

Aus dieser Gegenüberstellung wird ersichtlich, dass der Einfluss der Tageslichttransmission keinesfalls zu vernachlässigen ist. Unter diesen Voraussetzungen ergibt sich bei Sonnenschutzgläsern mit geringen g-Werten, dass trotz hoher Selektivitätskennzahl weniger als 50% der ursprünglich einfallenden Lichtmenge im Rauminnen genutzt werden kann.

In den gültigen österreichischen Regelwerken wurde auf diese Problematik bereits reagiert und ein mindest erforderlicher Lichttransmissionsgrad festgelegt. Dieser beträgt lt. OIB-Richtlinie 3 $T_L = 0,65$.⁸¹

Liegt der Lichttransmissionsgrad einer Verglasung unterhalb dieses Grenzwertes, so ist die für einen Raum minimal erforderliche Lichteintrittsfläche von 10% der Nettogrundfläche entsprechend zu vergrößern.

⁷⁹ Vgl. Interpane Entwicklungs- und BeratungsGmbH & Co: 2-fach Isolierglas iplus neutral E. <http://www.interpane.net/interpane2013/teweint.php?lang=de&site=10127.html>, Abfrage am 21.2.2013

⁸⁰ Vgl. Interpane Entwicklungs- und BeratungsGmbH & Co: Sonnenschutzglas Sunergy Azur. <http://www.interpane.net/interpane2013/teweint.php?lang=de&site=10247.html>, Abfrage am 21.2.2013

⁸¹ Österreichisches Institut für Bautechnik: OIB Richtlinie 3: Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz. Ausgabe: Oktober 2011, S. 6

4.3. LOKALE THERMISCHE BEHAGLICHKEIT

Der Nachweis der lokalen thermischen Unbehaglichkeit wird, wie bereits unter *Punkt 3.2.6* erwähnt, nach ÖNORM 7730 geführt.

4.3.1. KALTLUFTABFALL

Stellt sich an Bauteiloberflächen eine im Vergleich zur Lufttemperatur zu geringe Oberflächentemperatur ein, so hat dies eine Luftzirkulation entlang der kalten Bauteiloberfläche zur Folge. Dieser Vorgang ist bedingt durch die zu geringe Wärmedämmwirkung des Außenbauteils. In erster Linie sind Oberflächen entlang von großflächig verglasten Fassaden davon betroffen. Je höher der verglaste Bauteil, desto größer ist die Luftgeschwindigkeit infolge des Kaltluftabfalls. Im Gegenzug bedarf es – um bei höheren Verglasungen keine Behaglichkeitseinbußen hinnehmen zu müssen – besserer wärmetechnisch ausgeführter Glasflächen. Darüber hinaus kann die Entstehung eines Kaltluftsees in Fußbodennähe mit der übermäßigen Zirkulation kalter Luft einhergehen.

Entscheidend für das lokale Behaglichkeitsgefühl in verglasten Räumen aufgrund von Kaltluftabfall ist die Luftgeschwindigkeit in der Aufenthaltszone. Grundsätzlich beginnt dieser Bereich in einem Abstand von einem Meter Entfernung von der Glasoberfläche.

Stellt sich bei genauerer Untersuchung eines betroffenen Bauteils eine unzulässige Luftgeschwindigkeit ein, so sind folgende Optimierungen der Fassaden möglich:

- **horizontale Riegel in der Fassadenkonstruktion:**
 - Unterbrechung des Luftvolumenstroms,
- **horizontale Riegel in Fassadenkonstruktion mit integrierten Warmluftkonvektoren:**
 - Unterbrechung des Luftvolumenstroms,
 - Erhöhung der Oberflächentemperatur,
 - Erzeugung eines nach oben wirkender Warmluftstroms,
- **Warmluft-Unterflurkonvektoren im Fußpunkt der Fassaden:**
 - Erhöhung der Oberflächentemperatur,
 - Erzeugung eines nach oben wirkender Warmluftstroms,
- **Verbesserung der Glasqualität (Ug-Wert)**
 - Erhöhung der Oberflächentemperatur,

4.3.2. STRAHLUNGSKOMFORT

Asymmetrische Strahlungstemperaturen sind eine der häufigsten Ursachen von lokaler thermischer Unbehaglichkeit. Als problematisch erweisen sich meist zu niedrige oder zu hohe Strahlungstemperaturen von Glasoberflächen. Diese Problematik lässt sich zum Teil durch den Einsatz von hochwertigeren Glasprodukten beheben. Die unter Punkt 4.2 vorgestellten Maßnahmen können Abhilfe schaffen. Darüber hinaus gibt es weitere technische Möglichkeiten, der Problematik Herr zu werden.

Grundsätzlich sollten die Oberflächentemperaturen von gegenüberliegenden Bauteilen folgende Grenzwerte nicht übersteigen:

Tabelle 9 – Asymmetrie der Strahlungstemperatur⁸²

Kategorie	Asymmetrie der Strahlungstemperatur °C			
	warme Decke	kühle Wand	kühle Decke	warme Wand
A	< 5	< 10	< 14	< 23
B	< 5	< 10	< 14	< 23
C	< 7	< 13	< 18	< 35

⁸² Vgl. Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN ISO 7730, Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit. Ausgabe 2006-05-01, S. 20

5. OPTIMIERUNGSPOTENZIAL BETROFFENER GEBÄUDETYPEN

5.1. OPTIMIERUNG DES SOMMERLICHEN WÄRMESCHUTZES

5.1.1. ÜBERSICHT

Im Sinne eines optimalen sommerlichen Raumklimas, hat sich folgende Strategie bewährt: Die zugeführte Wärmemenge wird von thermischer Speichermasse gepuffert, womit Temperaturspitzen reduziert werden können. Durch erhöhte Luftwechselraten in der Nacht kann die aufgenommene Wärme von den Bauteilen wieder abgegeben werden.

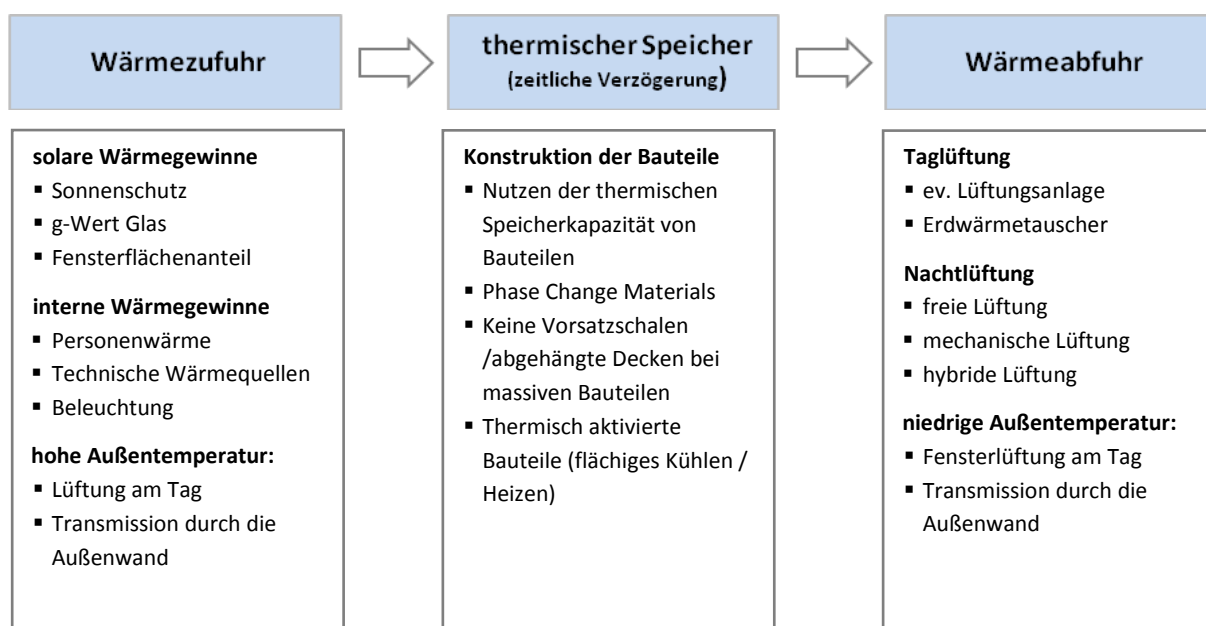


Abbildung 22 – Ablauf sommerliche Überwärmung

5.1.2. SONNENSCHUTZ-/ VERSCHATTUNGSSYSTEME

Ein effizienter Sonnenschutz ist gerade bei Gebäuden mit großflächigen Glasfassaden unerlässlich, um eine ausreichende Schutzfunktion vor der einwirkenden Solarstrahlung zu bieten. Grundsätzlich werden Verschattungssysteme nach ihrer Einbaulage bzw. ihrer Steuerbarkeit unterschieden. Folgende Anwendungen sind dabei möglich:

Tabelle 10 – Sonnenschutzvorrichtungen⁸³

Art der Verschattung	variabel	fix
außenliegender Sonnenschutz	drehbare Lamellen Jalousien Rollläden Markisen	Vordächer Loggien auskragende Gebäudeteile feststehende Lamellen
im Fenster	drehbare Lamellen Folien	feststehende Lamellen
innenliegend	drehbare Lamellen Vorhänge	

Der wirksamste Sonnenschutz lässt sich durch außenliegende Systeme erzielen. Die solare Wärmeenergie wird dabei reflektiert, bevor diese ins Gebäudeinnere gelangen kann. Sonnenschutzsysteme im Glaszwischenraum haben den Vorteil nicht von äußeren Wettereinflüssen beeinflusst zu werden. Dadurch bleibt der, im Vergleich zur außenliegenden Lösung, zwar etwas geringere Verschattungsfaktor konstant erhalten, ohne von Luftverschmutzungen beeinflusst zu werden. Ein innenliegender Sonnenschutz dient vor allem dem Blendschutz, da die Solarstrahlung bereits ins Gebäudeinnere gelangt ist.

Ein vorhandener Sonnenschutz alleine ist letztendlich keine Garantie für eine effektive Reduktion der eindringenden Wärmelasten. Viel hängt dabei von der richtigen Bedienung bzw. des richtigen Einsatzes des Verschattungssystems ab. Die optimalsten Ergebnisse lassen sich mit automatischen, strahlungsabhängigen Verschattungssystemen erreichen, mit denen eine Fehlbedienung durch Personen ausgeschlossen werden kann. Das Problem bei der manuellen Bedienung liegt in einer Überbeschattung – womit unnötig Beleuchtungsenergie verschwendet wird – bzw. in einer Unterbeschattung – was zu einem erhöhten Kühlenergiebedarf führt.

Nichtsdestotrotz sollte dennoch – alternativ zu einer automatischen Regelung – eine manuelle Ansteuerung des Sonnenschutzsystems möglich sein.

5.1.3. GESAMTENERGIEDURCHLASSGRAD DER VERGLASUNG

Standardmäßige 2-Scheiben Isolierverglasungen weisen einen g-Wert von 0,6 bis 0,7 auf. Hochwertige Sonnenschutzgläser können dagegen den g-Wert bis auf Werte von 10 bis 15% absenken. Nähere Erläuterungen zur Funktion von Sonnenschutzgläsern sind unter *Punkt 4.2.3* angeführt.

⁸³ Keller, P. / Rutz, S.: PinPoint Bauphysik: Fakten zu nachhaltigem Bauen. Zürich: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich 2007., S.75

Anhaltswerte zum Gesamtenergiedurchlassgrad von Verglasungen gibt Tabelle 11, in Anlehnung an DIN 4108-6.

Tabelle 11 – Gesamtenergiedurchlassgrad von Verglasungen⁸⁴

Art der Verglasung	g-Wert
Einfachverglasung	0,87
Doppelverglasung, normal	0,75
Doppelverglasung als Wärmeschutzverglasung mit niedrig-emissiver Beschichtung	0,50 bis 0,70
Dreifachverglasung, normal	0,60 bis 0,70
Dreifachverglasung als Wärmeschutzverglasung mit 2-facher niedrig-emissiver Beschichtung	0,35 bis 0,50
Sonnenschutzverglasung	0,12 bis 0,50

5.1.4. SPEICHERWIRKSAME MASSE

Da an heißen Sommertagen extreme Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht auftreten, hat das auch auf das Raumklima durchaus beträchtlichen Einfluss. Zu den hohen Temperaturen tagsüber kommen zusätzlich noch die internen Wärmelasten von Personenwärme und der Abwärme technischer Gerätschaften.

Diese Temperaturspitzen tagsüber können durch eine intelligente Bauweise gedämpft werden und während der Nachtstunden wieder abgeführt werden. Dazu bedarf es jedoch Baustoffen mit guter Wärmespeicherfähigkeit, die Wärmeenergie tagsüber puffern können und in der kalten Tageszeit wieder an die kühler werdende Luft abgeben.

Folgende Effekte können durch den Einsatz thermisch speichernder Baustoffe erzielt werden:

- *langsames Aufheizen der Räume,*
- *langsames Auskühlen bei Heizungsunterbrechung,*
- *geringe Temperaturschwankungen im Raum,*
- *verzögerte Wärmeabgabe bei Sonnenbestrahlung von außen.⁸⁵*

Als speicherfähige Baustoffe gelten Beton, Ziegelbaustoffe sowie massive Holzbauteile. Prinzipiell gilt, je größer die Rohdichte eines Baustoffes, umso größer seine Speicherfähigkeit. Zusätzlich fließt bei der Ermittlung der Speicherfähigkeit die spezifische

⁸⁴ Deutsches Institut für Normung: DIN V 4108-6 (06.03): Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs.

⁸⁵ Pech, A. / Pöhn, C.: Bauphysik. Wien: Springer Verlag 2012 S.77

Speicherkapazität ein. Diese ist mit 0,5kJ/(kgK) für metallische, 1,0kJ/(kgK) für mineralische, sowie 1,5kJ/(kgK) für organische Baustoffe anzunehmen.

Um die speicherwirksame Bauteilmasse thermisch nutzen zu können, muss diese direkt von der Raumluft umströmt werden. Jeglicher Verbau der massiven Bauteile mit hinterlüfteten Schichten ist somit tabu. Einerseits hat diese Anforderung einige Nachteile. So können beispielsweise die Leitungen der technischen Gebäudeausrüstung nur schwierig in die Bauteile integriert werden. Abhilfe kann jedoch eine durchdachte Planung schaffen, indem Lehrverrohrungen vorgesehen werden. Alternativ empfiehlt sich für Bürobauten die Anwendung eines Doppelbodensystems anstatt von abgehängten Decken. Auf diese Weise kann die speicherwirksame Massivdecke – die im Vergleich zu einem massiven Fußbodenaufbau besser zur Geltung kommt – mitwirken, die Wärmeentwicklung im Raum abzufedern.

Phase Change Materials:

Phasenwechselmaterialien werden im Bauwesen als Latentwärmespeicher eingesetzt. Diese Materialien haben die Eigenschaft bei Erreichen einer gewissen Phasenübergangstemperatur, Wärmeenergie im Zuge des Phasenübergangs vom festen in den flüssigen Zustand einzuspeichern. Das PCM Material kann in diesem Zustand solange Energie aufnehmen, bis es zur Gänze geschmolzen ist ohne dass dabei eine Temperaturerhöhung auftritt⁸⁶. Daher wird von latent wärmespeichernden Materialien gesprochen. Erstarrt das Material durch Zuführung kalter Luft nachts wieder, so wird die aufgenommene Wärmemenge wieder abgegeben und ein neuer Pufferungszyklus kann beginnen.

Im Bauwesen werden vor allem Paraffine als latente Wärmespeicher eingesetzt. Diese Paraffine werden mit einer Mikroverkapselung aus Kunststoff versehen. Durch diese Verkapselung können sie in Baustoffen verarbeitet werden, ohne sich mit diesem zu vermischen und seine Eigenschaften negativ zu beeinflussen.⁸⁷

Anwendung finden Phasenwechselmaterialien beispielsweise in Gipsbauplatten oder in Gipsputzen, die diesen dünnen Bauteilschichten eine vergleichsmäßig hohe thermische Speicherkapazität verleihen.

⁸⁶ Benedix, R.: Bauchemie: Einführung in die Chemie für Bauingenieure. 3. Auflage, Wiesbaden: Teubner Verlag 2006, S.494

⁸⁷ Ebda, S. 495

5.1.5. NACHTLÜFTUNG

Eine erhöhte Raumlüftung während der Nachtstunden, führt in Kombination mit dem Einsatz von gut speicherfähigen Baustoffen bzw. Bauweisen zu einer sehr effektiven natürlichen Raumklimatisierung. Temperaturspitzen werden durch Zwischenspeicherung der Wärmeenergie gedämpft und durch Entwärmung der Bauteile in den Nachtstunden abgeführt. Um die Wirksamkeit dieses passiven Kühlprinzips zu gewährleisten, empfiehlt sich während der Nachtstunden eine mindestens vierfache Luftwechselrate des Raumvolumens⁸⁸.

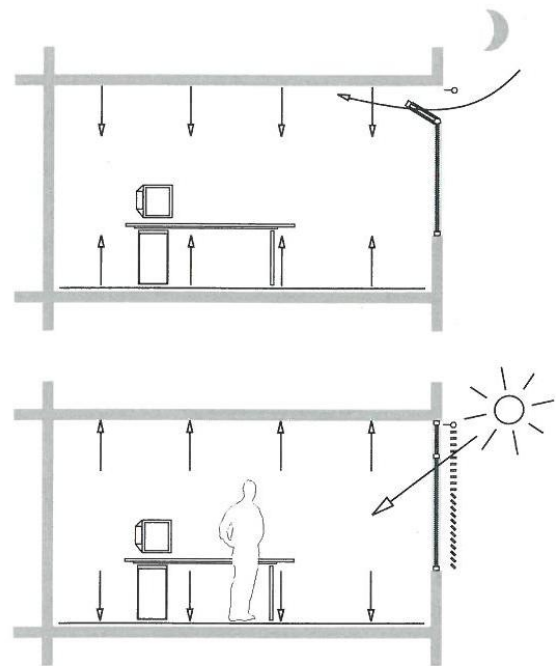


Abbildung 23 – Passive Kühlung mittels Nachtlüftung

Tag: Einspeicherung der Wärme,
Nacht: Entladung der Bauteile⁸⁹

Auf folgende Eigenschaften der Lüftungsöffnungen für die Nachtkühlung muss jedoch Rücksicht genommen werden:

- *Sicherheit (Einbruchschutz, etc.)*
- *Witterungsschutz (nächtlicher Niederschlag)*
- *Lüftungsintensität*
- *Zuverlässigkeit bei manueller Bedienung*⁹⁰

Mittels richtig ausgelegter natürlicher Lüftungssysteme, können zwanzigfache Luftwechselraten pro Stunde erreicht werden⁹¹.

⁸⁸ Vgl. Hausladen, G. / et al.: Einführung in die Bauklimatik: Klima und Energiekonzepte für Gebäude. Berlin: Ernst & Sohn Verlag 2003, S. 98

⁸⁹ Ebda, S. 99

⁹⁰ Pültz, G.: Bauklimatischer Entwurf für moderne Glasarchitektur. Passive Maßnahmen der Energieeinsparung. Berlin: Ernst & Sohn, 2002, S.120

⁹¹ Eicker, U. / Schulze, T.: Kontrollierte natürliche Lüftung für energieeffiziente Gebäude. http://www.hft-stuttgart.de/Forschung/Kompetenzen/zafh/Publikationen/publikationen_download/2012/Eicker_Schulze_Jahrbuch_Energieeffizienz_2012.pdf, Abfrage am 10.2.2013, S. 3

5.2. OPTIMIERUNG DES WINTERLICHEN WÄRMESCHUTZ

5.2.1. GEBÄUDEAUSRICHTUNG UND SOLARE WÄRMEGEWINNE

Die Optimierung der Gebäudeausrichtung bzw. seiner Belichtungsflächen gilt als eines der Hauptpotenziale, die im Bezug auf winterlichen Wärmeschutz genutzt werden können. Eine effektive Nutzung solarer Wärmegewinne trägt wesentlich zur Reduktion des Heizwärmebedarfs eines Gebäudes bei.

Südseitige Fenster gelten gemeinhin als Allheilmittel um dieses Ziel zu erreichen. Es darf jedoch nicht vergessen werden, dass auch im Winter gewisse Anforderungen bezüglich Behaglichkeit gestellt werden. So können aufgrund des tieferen Sonnenstandes Blenderscheinungen auftreten.

Bei günstiger Auslegung der Fenstergrößen sowie der Qualität der Verglasung, kann über Südfassaden mehr Wärme in einen Raum gelangen, als dieser durch die Bauteile hindurch nach außen hin, in Form von Wärmeverlusten abgibt.

5.2.2. WÄRMEDÄMMWIRKUNG DER AUßENBAUTEILE

Die Dämmwirkung der thermischen Gebäudehülle wird im Wesentlichen von mehreren Faktoren beeinflusst. Folgende Kriterien sind bei der Planung von energieeffizienten Gebäudehüllen zu berücksichtigen:

- **minimieren der Transmissionswärmeverluste**
 - Hoher Wärmedurchgangswiderstand der Außenbauteile,
 - Wärmebrücken konstruktiv vermeiden bzw. durch geeignete Maßnahmen (z.B.: Zusatzdämmung) optimieren
- **minimieren der Lüftungswärmeverluste**
 - Luftdichtheit der Gebäudehülle,
 - kontrollierte Wohnraumlüftung

5.2.3. SPEICHERFÄHIGE BAUTEILE

Abhängig von der Nutzung muss eine dazu passende Bauweise gefunden werden. Bei kurzzeitiger, intervallmäßiger Nutzung eines Gebäudes liegt eine Bauweise mit eher leichteren Baustoffen nahe, da die Räume so schneller auf die erforderliche Betriebstemperatur kommen. Aber auch beim winterlichen Wärmeschutz sind gut speicherfähige Bauteile oft von Vorteil. So können Heizspitzen durch die thermisch aktive Masse reduziert werden. Die Räume reagieren bei Vorhandensein einer großen Speichermasse träge auf Temperatureinflüsse.

5.3. RAUMKLIMATISIERUNG

5.3.1. LÜFTUNGSANLAGEN

Während beim Großteil unserer Bauwerke die Versorgung mit Frischluft über Fensteröffnungen erfolgt, gewinnen Lüftungsanlagen gerade durch den Passivhausbau enorm an Bedeutung. Mittels einer mechanischen Lüftung kann im Vergleich zur natürlichen Fensterlüftung ein enormer Beitrag zur Reduktion der Wärmeverluste geleistet werden. Ungewollte Wärmeverluste durch die eingebrachte Frischluft können mittels Wärmetauscher effizient vermindert werden. Darüber hinaus stellt eine kontrollierte Wohnraumlüftung ein ideales Instrument zur Optimierung der Raumluftqualität dar. Mittels integrierter Filter können Schadstoffe (z.B.: Allergene) der Außenluft teilweise gefiltert werden. Gleichzeitig ermöglicht eine mechanische Lüftung ein permanentes Abführen von Luftschadstoffe in Innenräumen. Ein wichtiger Aspekt ist jedoch eine korrekte Dimensionierung der Lüftungsanlage, um Fehlfunktionen und damit einhergehendes Unbehaglichkeitsgefühl beim Nutzer zu verhindern.

5.3.2. THERMISCHE BAUTEILAKTIVIERUNG

Zieht man eine Bauweise mit freiliegenden speicherfähigen Bauteilen konsequent durch, so bietet sich der zusätzliche Einsatz von thermischer Bauteilaktivierung an. Dabei werden im Regelfall wasserführende Rohre in den Beton integriert. Der Vorteil der Bauteilaktivierung liegt im sehr effizienteren Wärmetransport, aufgrund der hohen Wärmekapazität von Wasser. Mittels thermisch aktivierter Bauteile können Temperaturspitzen sowohl im Heiz-, als auch im Kühlbetrieb reduziert werden. Auch tagsüber können Temperaturspitzen deutlich effektiver gesenkt werden als bei normalen Betondecken.

Je nach den bautechnischen Anforderungen, können verschiedene Konstruktionsvarianten von thermoaktiven Decken angewandt werden. Die folgende Grafik zeigt drei mögliche Einbausituationen.

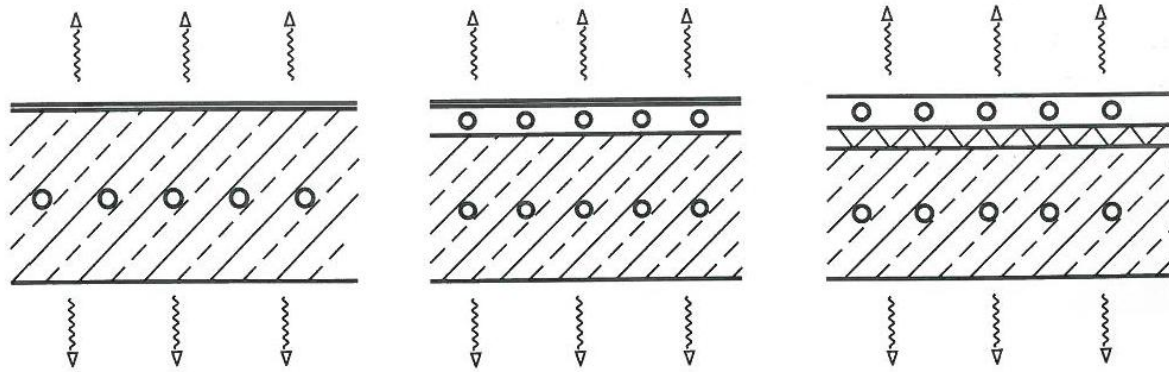


Abbildung 24 – Konstruktionsarten von Thermoaktiven Decken⁹²

Die effektive Kühl- bzw. Heizleistung dieser Systeme ist jedoch, aufgrund der geringen Bandbreite der Betriebstemperatur, begrenzt. Realistische Kühlleistungen liegen im Bereich von 80 bis 100W/m².⁹³ Da bei Kühldecken grundsätzlich Tauwassergefahr besteht, sollte die eingegrachte Frischluft vorkonditioniert werden, um die kritische Taupunkttemperatur nicht zu unterschreiten.

Für thermisch aktive Bauteile eignen sich – aufgrund der geringen Temperaturdifferenzen – sämtliche natürlichen Wärme- und Kältequellen besonders gut.

⁹²Hausladen, G. / et al.: Einführung in die Bauklimatik: Klima und Energiekonzepte für Gebäude. Berlin: Ernst & Sohn Verlag 2003, S. 105

⁹³Vgl. ebda., S.98

6. VARIANTENSTUDIE

6.1. ALLGEMEINES

6.1.1. HERANGEHENSWEISE

Zur Beurteilung von Gebäuden bzw. konkreten Raumsituationen innerhalb von Gebäuden bedarf es einer umfassenden Betrachtungsweise. Neben den technischen Schwierigkeiten die hoch verglaste Bauwerke mit sich bringen, müssen bauphysikalische Grundlagen in höherem Maße als bei üblichen Bauwerken berücksichtigt werden.

Diese Variantenstudie untersucht den Einfluss von diversen baulichen und planerischen Maßnahmen auf den Energieverbrauch bzw. das Raumklima. Generell wird versucht die Gebäudeperformance durch passive, bauliche Maßnahmen zu optimieren und haustechnische- und klimatechnische Anlagen bei der Betrachtung weitgehend außer Acht zu lassen. Mit dem Instrument des unter Kapitel 2.2 beschriebenen Energieausweises können Gebäude sehr gut hinsichtlich ihrer Energieeffizienz bewertet und kategorisiert werden.

Um jedoch eine Aussage zur raumklimatischen Situation treffen zu können, bedarf es der Betrachtung einzelner Räume bzw. Gebäudesektoren. Bei der gegenständlichen Variantenstudie wird deshalb ein Standardraum mit Nutzung als Doppelbüro definiert. Bautechnisch verfügt der Raum über eine standardmäßige Ausführung, die im Bürobau üblich ist: Stahlbeton-Außenwände mit Wärmedämmverbundsystem, Innenwände in Leichtbauweise, Fußbodenkonstruktion mit schwimmendem Estrich und abgehängte Decken.

6.1.2. VARIANTEN

Um die Auswirkungen von verschiedenen Glasanteilen in den Außenbauteilen zu beurteilen, werden nachfolgend drei Räume mit unterschiedlichen Glasanteilen – 10%, 50% sowie 75% der Nettogrundfläche des Raumes – untersucht.

Anschließend wird versucht diese Basisvarianten mit der oben erwähnten – für den Bürobau standardmäßigen Ausführung – zu optimieren. Das folgende Ablaufdiagramm soll die Variantenstudie übersichtlich aufbereiten bzw. den Optimierungsprozess skizzieren:

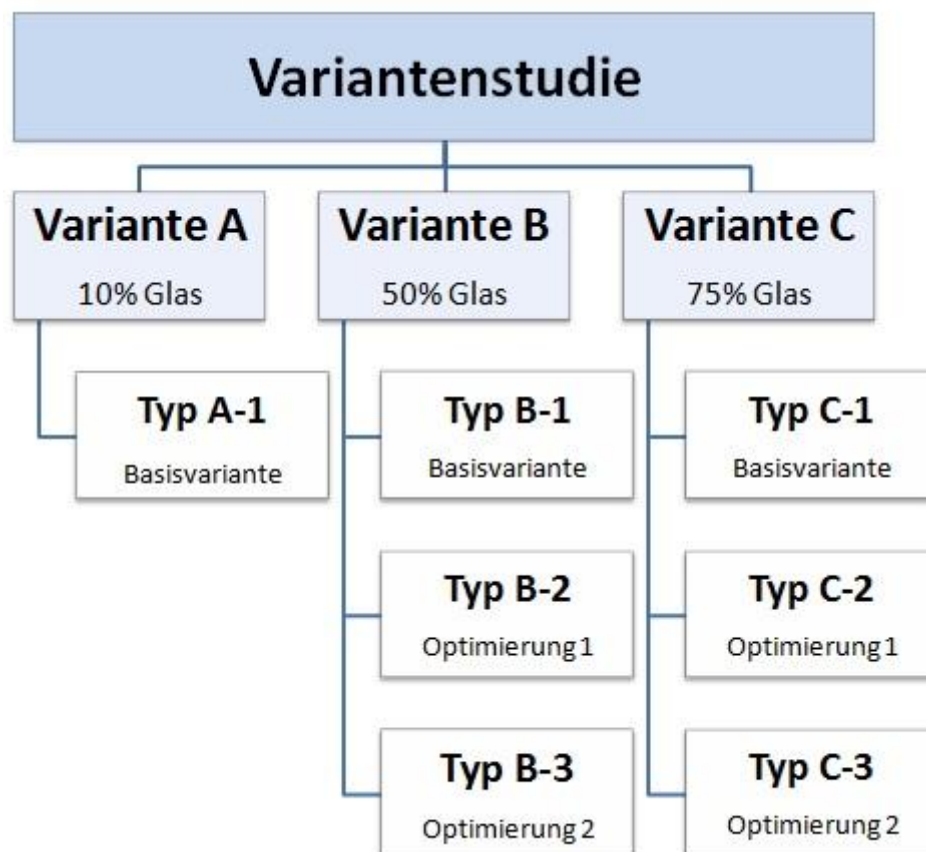


Abbildung 25 – Untersuchungsablauf Variantenstudie

6.1.3. RAUMTYPEN

Die kritischsten Räume eines Gebäudes sind immer jene mit dem größten Anteil an Außenwandflächen im Verhältnis zu ihrer gesamten Raumumschließungsfläche. Daher befindet sich der kritischste Raum – unter Annahme eines rechteckigen Gebäudegrundrisses – im Bereich der Gebäudeecken. Folglich dessen, wird zur Betrachtung ein Eckraum mit Süd- und Westfassade gewählt, welcher vor allem in den Sommermonaten sehr ungünstige Voraussetzungen mit sich bringt und dadurch bei hohem Verglasungsanteil besonders kritisch ist.

Die Raumskizzen befinden sich bei den jeweiligen Variantenuntersuchungen.

6.2. NACHWEISVERFAHREN

Folgende Nachweise werden im Zuge der Variantenstudie durchgeführt:

- *Vermeidung sommerlicher Überwärmung – vereinfachter Nachweis*
- *Vermeidung sommerlicher Überwärmung – Simulation der Raumtemperatur*
- *Energiekennwerte – Energieausweis*
- *Beurteilungsverfahren zur lokalen Behaglichkeit*

6.2.1. VERMEIDUNG SOMMERLICHER ÜBERWÄRMUNG – VEREINFACHTER NACHWEIS

Bei der vereinfachten Berechnung des sommerlichen Wärmeschutzes wird die vorhandene speicherwirksame Masse eines Raumes mit der erforderlichen immissionsflächenbezogenen speicherwirksamen Masse, bei einer vorhandenen Luftwechselrate verglichen. Der Berechnungsablauf erfolgt lt. *ÖNORM 8110-3 Ausgabe 1999-12-01⁹⁴ bzw. 2012-03-15⁹⁵*. Da für die gegenständliche Untersuchung der Einfluss von inneren Wärmequellen berücksichtigt werden soll, wird die Berechnung dieser Faktoren gemäß der älteren Normungsvariante vorgenommen:

- *Ermittlung der flächenbezogenen Bauteilspeichermassen,*

$$m_{w,B,A} = \frac{\chi}{c_0} \quad [kg/m^2]$$

Ermittlung von χ lt. ÖNORM EN ISO 13786⁹⁶

- *Ermittlung der gesamten Speichermasse des Raumes durch aufsummieren der flächenbezogenen Speichermassen*

$$m_{w,B} = m_{w,B,A} * A \quad [kg]$$

$$m_{w,E} = 38 \quad [kg]$$

$$m_w = \sum m_{w,B} + m_{w,E} \quad [kg]$$

- *Ermittlung der Immissionsflächen*

$$A_I = \sum A_{AL} * f_G * g * z * Z_{ON} + A_S + A_T \quad [m^2]$$

⁹⁴ Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM B 8110-3, Wärmeschutz im Hochbau Teil 3: Wärmespeicherung und Sonneneinflüsse. Ausgabe 1999-12-01

⁹⁵ Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM B 8110-3, Wärmeschutz im Hochbau Teil 3: Vermeidung sommerlicher Überwärmung. Ausgabe 2012-03-15

⁹⁶ Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN ISO 13786, Wärmetechnisches Verhalten von Bauteilen – Dynamisch thermische Kenngrößen – Berechnungsverfahren. Ausgabe 2008-04-01

$AS = \text{Personenwärme, } 0,2\text{m}^2/\text{Person}$

$AT = \text{technische Wärmequellen, } 2\text{m}^2/\text{1kW}$

- Ermittlung des immissionsflächenbezogenen stündlichen Luftvolumenstroms

$$V_{L,S} = \frac{n_L * V}{A_I} \quad [\text{m}^3/(\text{h} * \text{m}^2)]$$

- Ermittlung der mindest erforderlichen immissionsflächenbezogenen Speichermasse

$$\Delta m_{w,l} = m_{w,l} - m_{w,l,\min} > 0 \quad [\text{kg}/\text{m}^2]$$

6.2.2. VERMEIDUNG SOMMERLICHER ÜBERWÄRMUNG – SIMULATION DER RAUMTEMPERATUR

Die *ÖNORM EN ISO 13791*⁹⁷ stellt eine Methode dar, um die Entwicklung der Raumtemperatur in Gebäuden mit freier Klimatisierung (ohne technische Kühlung) – mittels eines instationären Berechnungsvorgangs – zu ermitteln.

Die Berechnung dieser komplexen Temperatursimulation wird im gegenständlichen Dokument mittels Simulationssoftware – unter Verwendung des Programms *Dämmwerk Bauphysik-Software* – vorgenommen.

Mit der instationären Finite-Differenzenmethode kann die zeitliche Temperaturentwicklung vorhergesagt werden. Folgende Parameter nehmen Einfluss auf die Ergebnisse:

- Standort, Klima, Strahlungsintensität
- Glasflächen: Ausrichtung, Verschattung, g-Wert
- Speicherfähigkeit der Bauteile (Bauweise)
- Luftwechselrate
- Innere Wärmelasten

Zur Beurteilung des Raumklimas wird eine 5-tägige Hitzeperiode mit dem Außentemperaturverlauf gemäß *Punkt 6.3.2* betrachtet.

⁹⁷ Österreichisches Normungsinstitut: *ÖNORM EN ISO 13791, Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Sommerliche Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik – Allgemeine Kriterien und Validierungsverfahren.* Ausgabe 2008-04-01

6.2.3. ENERGIEKENNWERTE – ENERGIEAUSWEIS

Die energietechnischen Vergleichswerte der einzelnen Varianten werden über das Berechnungsverfahren für Energieausweise gemäß *ÖNORM H 5055*⁹⁸ ermittelt. Das Berechnungsverfahren wird mittels der Energieausweis-Software *GEQ* vorgenommen.

Als wichtigster Kennwert zur Beurteilung der thermischen Qualität eines Gebäudes dient der Heizwärmebedarf (HWB). Dieser Kennwert wird daher zum Vergleich der Varianten herangezogen.

Grundsätzlich ist der HWB eine Kenngröße zur Beurteilung des gesamten Gebäudes. In der vorliegenden Variantenstudie werden jedoch einzelne Räume hinsichtlich ihrer Energieeffizienz verglichen. Da die Räume nur über Süd- und Westfassade verfügen, sind die ermittelten Werte nicht repräsentativ für den tatsächlichen HWB, der bei einer ganzheitlichen Gebäudebetrachtung anfallen würde. Zum Vergleich der einzelnen Varianten genügt diese Unschärfe in der Berechnung dennoch, da nur eine prozentuelle Gegenüberstellung vorgenommen wird.

Alternativ werden die ermittelte Heizlast sowie der außeninduzierte Kühlbedarf ebenfalls verglichen.

6.2.4. BEURTEILUNGSVERFAHREN ZUR LOKALEN BEHAGLICHKEIT

Die Beurteilung der lokalen thermischen Behaglichkeit erfolgt gemäß *ÖNORM EN ISO 7730*. Über die nachfolgenden Formelapparate können Aussagen über die voraussichtliche prozentuelle Anzahl, der mit dem Umgebungsklima unzufriedenen Personen, getroffen werden.

⁹⁸ Österreichisches Normungsinstitut: *ÖNORM H 5055, Energieausweis für Gebäude – Raumheizung und Wassererwärmung*. Ausgabe 2008-02-01

KALTLUFTABFALL & LUFTGESCHWINDIGKEIT

Die folgenden Formelapparate sind zur Berechnung der erforderlichen Grenzwerte anzuwenden:

- Grenzluftgeschwindigkeit an der Glasoberfläche⁹⁹:

$$v_{\max} = 0,54 * \left(\frac{g * \Delta\theta}{T} \right)^{0,5} * h^{0,5}$$

- Luftgeschwindigkeit in Aufenthaltszone: Glasabstand $\geq 1,00\text{m}$ ¹⁰⁰:

$$v_{\max} = 0,134 * \frac{\sqrt{h * \Delta\theta}}{x + 2,04} \quad 3 - \text{dimensionale F\u00e4lle}$$

$$v_{\max} = 0,095 * \frac{\sqrt{h * \Delta\theta}}{x + 1,32} \quad 2 - \text{dimensionale F\u00e4lle}$$

- Beeintr\u00e4chtigung durch Zugluft; Prozentsatz der Unzufriedenen¹⁰¹:

$$DR = (34 - t_{a,l}) * (\bar{v}_{a,l} - 0,05)^{0,62} * (0,37 * \bar{v}_{a,l} * Tu + 3,14)$$

VERTIKALER LUFTTEMPERATURUNTERSCHIED¹⁰²

- Min. Lufttemperatur am Boden

$$t_{\min} = t_{Raum} - (0,30 - 0,034 * x) * \Delta\theta$$

- Prozentsatz der Unzufriedenen

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(5,76 - 0,856 * \Delta t_{a,v})}$$

WARME UND KALTE FUSSB\u00d6DEN¹⁰³

- Prozentsatz der Unzufriedenen

$$PD = 100 - 94 * \exp(-1,387 + 0,118 * t_f - 0,0025 * t_f^2)$$

⁹⁹ Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: Dokumentation SIA D 0176: Geb\u00e4ude mit hohem Glasanteil – Behaglichkeit und Energieeffizienz. Ausgabe 2002-11, S.74

¹⁰⁰ Recknagel, H. / Sprenger, E. / Schramek, E.-R.: Taschenbuch f\u00fcr Heizung + Klimatechnik 07/08. M\u00fcnchen: Oldenbourg Industrieverlag 2006, S. 58ff.

¹⁰¹ Vgl. \u00d6sterreichisches Normungsinstitut: \u00d6NORM EN ISO 7730, Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit. Ausgabe 2006-05-01, S. 10

¹⁰² Vgl. ebda

¹⁰³ Vgl. ebda

STRAHLUNGSASYMMETRIE¹⁰⁴

Zur Beurteilung der asymmetrischen Strahlung kommt ein vereinfachtes Verfahren zur Anwendung, bei dem die Oberflächentemperaturen der Bauteile über den Einstrahlwinkel gewichtet werden. Auf diese Weise werden zwei Strahlungstemperaturen für den in zwei Halbräume geteilten Raum ermittelt.

Oberer Halbraum:

$$\nu_{r,H1} = \theta_1 * \frac{62,2}{180} + \theta_2 * \frac{92,4}{180} + \theta_3 * \frac{25,4}{180}$$

Unterer Halbraum:

$$\nu_{r,H2} = \theta_1 * \frac{42,0}{180} + \theta_2 * \frac{125,3}{180} + \theta_3 * \frac{12,7}{180}$$

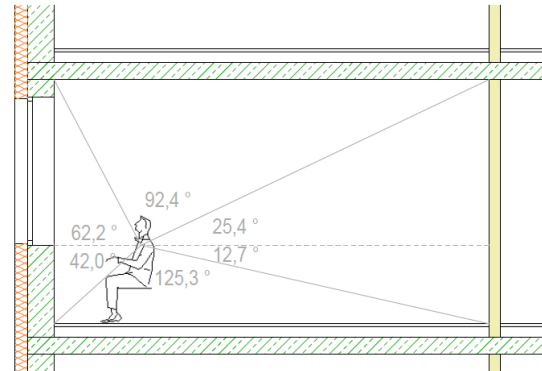


Abbildung 26 - Strahlungsasymmetrie

- Prozentsatz der Unzufriedenen – warme Decke

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(2,84 - 0,174 * \Delta t_{a,v})} - 5,5$$

- Prozentsatz der Unzufriedenen – kalte Wand

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(6,61 - 0,345 * \Delta t_{a,v})}$$

- Prozentsatz der Unzufriedenen – kalte Decke

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(9,93 - 0,50 * \Delta t_{a,v})}$$

- Prozentsatz der Unzufriedenen – warme Wand

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(3,72 - 0,052 * \Delta t_{a,v})} - 3,5$$

¹⁰⁴ Vgl. ebda

6.3. BERECHNUNGSGRUNDLAGEN

6.3.1. ALLGEMEINE PROJEKTDATEN

Standort	Graz-Liebenau
Seehöhe	345 m
Berechnung / Nachweise	<u>Sommerlicher Wärmeschutz</u> <ul style="list-style-type: none">▪ Vereinfachter Nachweis ÖNORM 8110-3▪ Thermische Raumsimulation lt. ÖNORM 13791 <u>Energieausweis</u> <ul style="list-style-type: none">▪ Heizwärmebedarf, Heizlast <u>Beurteilung der lokalen Behaglichkeit</u> <ul style="list-style-type: none">▪ Kaltluftabfall / Luftgeschwindigkeit▪ vertikaler Lufttemperaturunterschied▪ warmer und kalter Fußboden▪ Strahlungsasymmetrie

6.3.2. SOMMERLICHE AUßENTEMPERATURENTWICKLUNG¹⁰⁵

Temperaturdaten: **Außenlufttemperatur mit einer Überschreitungshäufigkeit von 130 Tagen in 10 Jahren** NAT Seite 1/1

1. Wahl des Bundeslandes

1	B	Burgenland	<input type="checkbox"/>		
2	K	Kärnten	<input type="checkbox"/>		
3	N	Niederösterreich	<input type="checkbox"/>		
4	O	Oberösterreich	<input type="checkbox"/>		
5	S	Salzburg	<input type="checkbox"/>		
6	ST	Steiermark	<input checked="" type="checkbox"/>	360	
7	T	Tirol	<input type="checkbox"/>		
8	V	Vorarlberg	<input type="checkbox"/>		
9	W	Wien	<input type="checkbox"/>		

2. Wahl der Katastralgemeinde

Katastralgemeindenname: **Graz Stadt-Thondorf**

Bundesland: **BL** Steiermark **ST**

Klimaregion: **Region Südost-südlicher Teil (S/SO)** **S/SO**

Katastralgemeindennummer: **63123**

ELEV_MIN: **336 m**

ELEV_MAX: **340 m** **4 m**

NAT(Tm_13): **22,4 °C**

3. Seehöhe **340 m** **o.k.**

Normaußentemperatur **22,41 °C** **NAT-T13**

1	W	Region West (W)	
2	NF	Region Nord -- Föhngelände (NF)	
3	N	Region Nord -- außerhalb von Föhngeländen (N)	
4	ZA	Region alpine Zentrallage (ZA)	
5	SB	Region Beckenlandschaften im Süden (SB)	
6	S/SO	Region Südost-südlicher Teil (S/SO)	6
7	N/SO	Region Südost-nördlicher Teil (N/SO)	

4. stündliche Lufttemperaturentwicklung

Tageszeit		Abweichung der Lufttemperatur vom Tagesmittelwert		Tageszeit		Abweichung der Lufttemperatur vom Tagesmittelwert	
		stündliche Temperatur				stündliche Temperatur	
h	K		h	K			K
01:00	-4,72	17,69	13:00	5,57	27,98		
02:00	-5,63	16,78	14:00	6,20	28,61		
03:00	-6,37	16,04	15:00	6,55	28,96		
04:00	-6,93	15,48	16:00	6,64	29,05		
05:00	-7,28	15,13	17:00	6,40	28,81		
06:00	-7,24	15,17	18:00	5,70	28,11		
07:00	-5,83	16,58	19:00	4,52	26,93		
08:00	-3,49	18,92	20:00	2,96	25,37		
09:00	-0,96	21,45	21:00	1,19	23,60		
10:00	1,33	23,74	22:00	-0,59	21,82		
11:00	3,18	25,59	23:00	-2,21	20,20		
12:00	4,58	26,99	00:00	-3,59	18,82		

¹⁰⁵ Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM B 8110-5 Beiblatt 2, Wärmeschutz im Hochbau Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile, Beiblatt 2: Außenlufttemperatur mit einer Überschreitungshäufigkeit von 130 Tagen in 10 Jahren. Ausgabe: 2010-03-01, S.4

6.3.3. INNERE WÄRMEQUELLEN

Die Testräume werden einheitlich als Büro mit 2 Arbeitsplätzen genutzt. Gemäß ÖNORM 8110-3 sind die inneren Wärmelasten lt. Tabelle 12 für die Nachweisführung anzusetzen.

Tabelle 12 – Anzunehmende innere Lasten – Büroarbeitsplatz¹⁰⁶

Büroarbeitsplatz				
Zeitraum	Wärmeabgabe der Geräte/ Arbeitsplatz	Wärmeproduktion und hygienischer Luftvolumenstrom/Person bzw. Arbeitsplatz		Raumlufttechnik Volumen- strom/Person bzw. Arbeitsplatz
		W	m³/h	m³/h
00:00 bis 01:00	0,0	0,0	0,0	0,0
01:00 bis 02:00	0,0	0,0	0,0	0,0
02:00 bis 03:00	0,0	0,0	0,0	0,0
03:00 bis 04:00	0,0	0,0	0,0	0,0
04:00 bis 05:00	0,0	0,0	0,0	0,0
05:00 bis 06:00	0,0	0,0	0,0	35,0
06:00 bis 07:00	0,0	0,0	0,0	35,0
07:00 bis 08:00	0,0	0,0	0,0	35,0
08:00 bis 09:00	150,0	80,0	35,0	35,0
09:00 bis 10:00	150,0	80,0	35,0	35,0
10:00 bis 11:00	150,0	80,0	35,0	35,0
11:00 bis 12:00	150,0	80,0	35,0	35,0
12:00 bis 13:00	150,0	80,0	35,0	35,0
13:00 bis 14:00	150,0	80,0	35,0	35,0
14:00 bis 15:00	150,0	80,0	35,0	35,0
15:00 bis 16:00	150,0	80,0	35,0	35,0
16:00 bis 17:00	150,0	80,0	35,0	35,0
17:00 bis 18:00	0,0	0,0	0,0	35,0
18:00 bis 19:00	0,0	0,0	0,0	35,0
19:00 bis 20:00	0,0	0,0	0,0	35,0
20:00 bis 21:00	0,0	0,0	0,0	35,0
21:00 bis 22:00	0,0	0,0	0,0	35,0
22:00 bis 23:00	0,0	0,0	0,0	0,0
23:00 bis 24:00	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabelle 13 – Vorhandene Wärmelasten Doppelbüro

Büro: 2 Arbeitsplätze	[W/Arbeitsplatz]	[W/Doppelbüro]
Innere Wärmequellen lt. ÖNORM 8110-3		
Wärmeabgabe Personen	80	160
Wärmeabgabe technische Geräte	150	300
Gesamtwärmeabgabe während Nutzungszeitraum (08⁰⁰ – 17⁰⁰)	230	460
Mittlere Wärmeabgabe ganztägig (für vereinfachten Nachweis)	86,25	172,5

6.3.4. TIEFSTWERT DES TEMPERATUR-TAGESMITTELS

Den Berechnungen zur Beurteilung der Behaglichkeitskriterien wird der Tiefstwert des *Temperatur-Tagesmittels* mit $9,4^{\circ}\text{C}$ für den Standort Graz¹⁰⁷ zugrunde gelegt.

¹⁰⁶ Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM B 8110-3, Wärmeschutz im Hochbau Teil 3: Vermeidung sommerlicher Überwärmung. Ausgabe 2012-03-15, S.11

¹⁰⁷ Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM B 8110-2, Wärmeschutz im Hochbau Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz. Ausgabe: 2003-07-01, S.10

6.4. VARIANTE A – GLASANTEIL 10%

Im Zuge der Betrachtung von Variante A wird folgender Raumtypus mit der aufgelisteten baulichen Ausführung (Aufbauten) sowie technischen Kennwerten untersucht:

Variante A		Typ A-1
Fußbodenkonstruktion		Boden massiv
Deckenkonstruktion		Abgehängte Decke
Innenwand 1		Leichtbau
Innenwand 2		Leichtbau
Außenwand		Massiv (STB + WDVS)
U _g -Wert [W/m ² K]		1,10
g-Wert [-]		0,63
Verschattungsfaktor [-]		0,25
Luftwechselrate [h ⁻¹]	08 ⁰⁰ - 20 ⁰⁰ h	0,50
	20 ⁰⁰ - 08 ⁰⁰ h	5,00

FLÄCHENERMITTLUNG

Pos.	Bauteil	Orientierung	Länge [m]	Breite [m]	lichte H. [m]	Fläche [m ²]
Pos. 1	Wand Außenmauer	Süd	6,00		2,80	16,80
	Abzug Fenster					-1,87
	Summe					14,93
Pos. 2	Wand Außenmauer	West		5,00	2,80	14,00
	Abzug Fenster					-1,87
	Summe					12,13
Pos. 3	Wand Innenmauer	Nord	6,00		2,80	16,80
	Abzug Tür					-2,31
	Summe					14,49
Pos. 4	Wand Innenmauer	Ost		5,00	2,80	14,00
	Summe					14,00
Pos. 5	Boden Bodenfläche Netto		6,00	5,00		30,00
Pos. 6	Decke Wärmeabstrahlende Fläche		6,00	5,00		30,00
Pos. 7	Türen Innentür		1,10		2,10	2,31
						2,31
Pos. 8	Fenster Architekturlichte (lichte Öffnung in Mauer)	Süd	1,10		1,70	1,87
	Fensterrahmenkonstruktion	20,00%				0,37
	Fensterglas	80,00%				1,50
	Summe					1,87
Pos. 9	Fenster Architekturlichte (lichte Öffnung in Mauer)	West		1,10	1,70	1,87
	Fensterrahmenkonstruktion	20,00%				0,37
	Fensterglas	80,00%				1,50
	Summe					1,87
Pos. 10	Rahmen Fensterrahmenkonstruktion					0,75
Pos. 11	Einrichtung Inneneinrichtung (auf Grundfläche bezogen)		6,00	5,00		30,00

6.4.1. TYP A-1: BASISVARIANTE

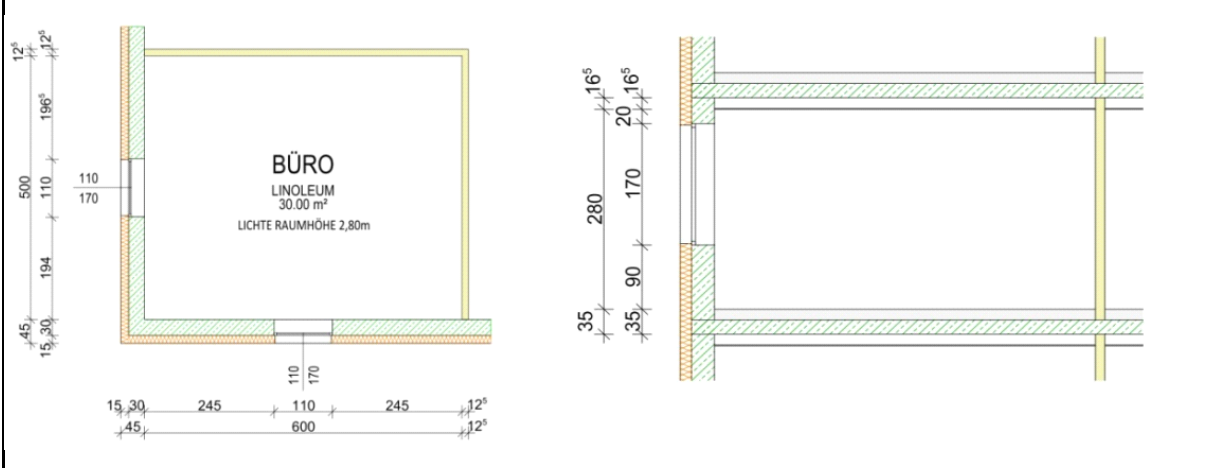
Var. A - Typ 1: Berechnungsgrundlagen

Technische Kennwerte

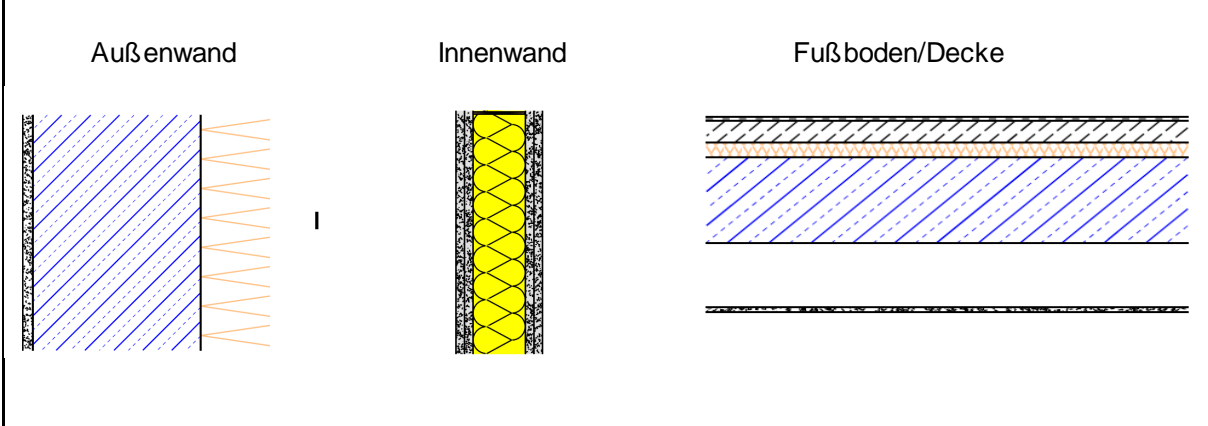
U _g -Wert	
g-Wert	
Verschattungsfaktor	
Luftwechselrate	
	08 ⁰⁰ - 20 ⁰⁰
	20 ⁰⁰ - 08 ⁰⁰

U _g =	1,10	[W/m ² K]
g =	0,63	[-]
F _c =	0,25	[-]
	0,50	[h ⁻¹]
	5,00	[m ² K/W]

Grundriss und Schnitt



Aufbauten Bauteile



VEREINFACHTER NACHWEIS SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ

ÖNORM - Solare Immissionsflächen

$$\text{Summe } A_I = F_{sc} \cdot Z_{ON} \cdot A_{AL} \cdot f_G \cdot F_c \cdot g$$

Orientierung SÜD

Bauteiltyp: **Fixverglasung / Fenster offenbar**

Fläche:

Bezeichnung: **Architekturlichte transparentes Bauteil**

$$A_{AL} = 1,87 \text{ [m}^2\text{]}$$

Verschattungsf. Umgeb., Auskragende BT., Laibungsrückspr.

$$F_{sc} = 1,00 \text{ [-]}$$

Orientierungs- u. Neigungsfaktor

$$Z_{ON} = 1,00 \text{ [-]}$$

Glasflächenanteil, dimensionslos

$$f_G = 0,80 \text{ [-]}$$

Rahmenanteil [$f_G + f_R = 1$]

$$f_R = 0,20 \text{ [-]}$$

Abminderungsfakt. Abschattung

$$F_c = 0,25 \text{ [-]}$$

Gesamtenergie-Durchlassgrad Verglasung

$$g = 0,63 \text{ [-]}$$

Teilergebnis: **Solare Immissionsfläche**

$$A_I = 0,24 \text{ [m}^2\text{]}$$

Orientierung WEST

Bauteiltyp: **Fixverglasung / Fenster offenbar**

Fläche:

Bezeichnung: **Architekturlichte transparentes Bauteil**

$$A_{AL} = 1,87 \text{ [m}^2\text{]}$$

Verschattungsf. Umgeb., Auskragende BT., Laibungsrückspr.

$$F_{sc} = 1,00 \text{ [-]}$$

Orientierungs- u. Neigungsfaktor

$$Z_{ON} = 1,13 \text{ [-]}$$

Glasflächenanteil, dimensionslos

$$f_G = 0,80 \text{ [-]}$$

Rahmenanteil [$f_G + f_R = 1$]

$$f_R = 0,20 \text{ [-]}$$

Abminderungsfakt. Abschattung

$$F_c = 0,25 \text{ [-]}$$

Gesamtenergie-Durchlassgrad Verglasung

$$g = 0,63 \text{ [-]}$$

Teilergebnis: **Solare Immissionsfläche**

$$A_I = 0,27 \text{ [m}^2\text{]}$$

Var. A - Typ 1; Basisvariante - vereinfachter Nachweis sommerlicher Wärmeschutz

Speicherwirksame Masse

Position	Bauteil	Fläche [m ²]	m _{w;B;A;24} [kg/m ²]	m _{w;B} [kg]
Pos. 1	Wand Süd	14,93	203,95	3044,96
Pos. 2	Wand West	12,13	203,95	2473,90
Pos. 3	Wand Nord	14,49	17,53	254,02
Pos. 4	Wand Ost	14,00	17,53	245,43
Pos. 5	Boden	30,00	117,65	3529,57
Pos. 6	Decke	30,00	65,85	1975,39
Pos. 7	Türen	2,31	23,78	54,92
Pos. 8	Fenster Süd	1,87	12,04	22,51
Pos. 9	Fenster West	1,87	12,04	22,51
Pos. 10	Fensterrahmen	0,75	34,91	26,12
Pos. 11	Einrichtung	30,00	38,00	1140,00
Ergebnis gesamt speicherwirksame Masse			m_w	12789,34 [kg]

Lüftung

Bodenfläche	A	30,00	[m ²]
Raumvolumen	V	84,00	[m ³]
Luftwechselzahl	n _L	2,75	[h ⁻¹]
Luftvolumenstrom	V _{L,S}	272,77	[m ³ /h.m ²]

Interne Wärmequellen vereinfacht (gemittelt über Tag)

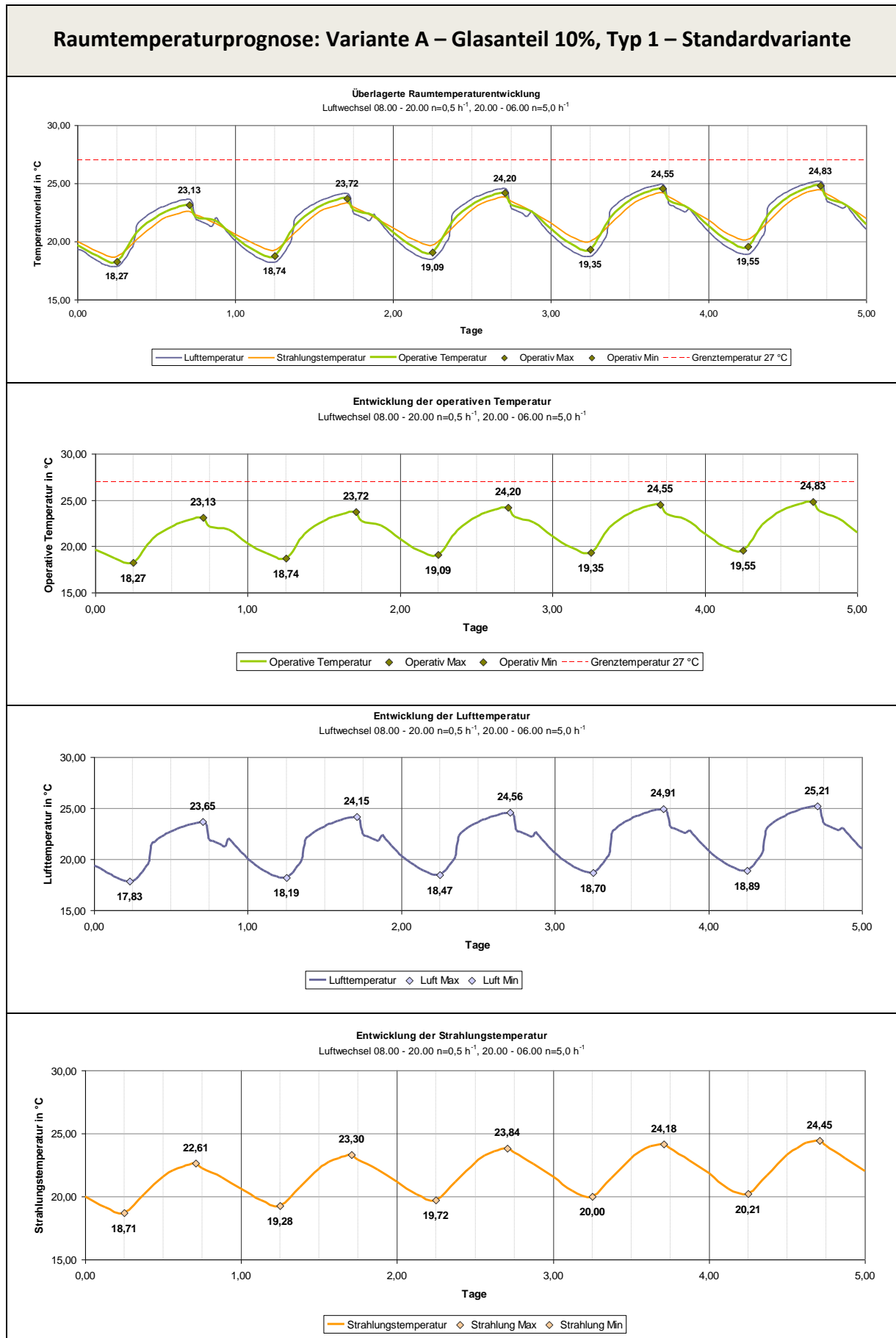
Personenwärme:			
Anzahl der Personen im Raum	n	2,00	[n]
Wärmeabgabe pro Person	kW	0,03	[kW]
Immissionsfl. für Personenwärme	A _S	0,12	[m ²]
Technische Wärmequellen			
Anzahl der Arbeitsplätze	n	2,00	[n]
Wärmeabgabe der Geräte	kW	0,06	[kW]
Immissionsfl. für Personenwärme	A _T	0,23	[m ²]

Nachweis

Immissionsfläche	$A_i = \sum A_{AL} + A_S + A_T$	0,85	[m ²]
vorh. immissionsflächenbezogene speicherwirksame Masse	$m_{w,i} = m_w / A_i$	15101,89	[kg/m ²]
erf. immissionsflächenbezogene speicherw. Masse	$m_{w,i} (V_{L,S} > 100 \text{ m}^3/\text{h.m}^2)$	>= 2000	[kg/m ²]
	$m_{w,i} (V_{L,S} 75 - 100 \text{ m}^3/\text{h.m}^2)$		[kg/m ²]
	$m_{w,i} (V_{L,S} 50 - 75 \text{ m}^3/\text{h.m}^2)$		[kg/m ²]
	$m_{w,i} (V_{L,S} < 50 \text{ m}^3/\text{h.m}^2)$		[kg/m ²]
	$\Delta m_{w,i} = m_{w,i} - m_{w,i,min}$	13101,89	[kg/m ²]
$\Delta m_{w,i} = m_{w,i} - m_{w,i,min} > 0 \text{ kg/m}^2$	Nachweis erfüllt		

Der Nachweis gilt somit als erbracht, wenn der Überschuss an speicherwirksamer Masse $\Delta m_{w,i}$ größer als null ist

RAUMTEMPERATURPROGNOSE



ENERGIEAUSWEIS

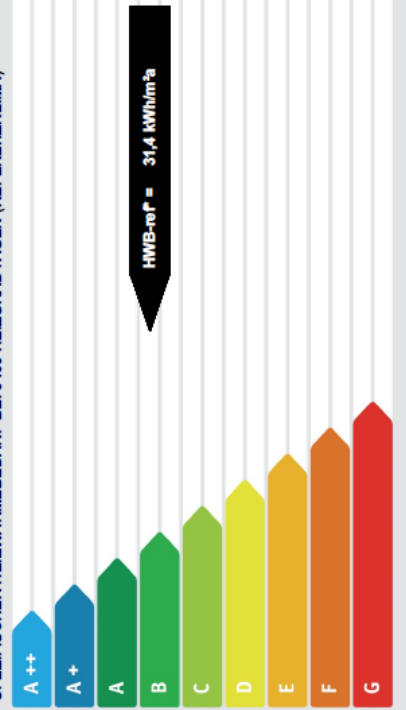
Energieausweis für Nicht-Wohngebäude - Planung

gemäß ÖNORM H5055 und Richtlinie 2002/91/EG Österreichisches Institut für Bautechnik

Gebäude Variante A - Glasanteil 10%; Typ 1 - Basisvariante
Gebäudeart Bürgebäude
Gebäudezone Eckraum Südwest
Straße 8041 Graz-Liebenau
PLZ/Ort
EigentümerIn

Erbaut im Jahr 2013
Katastralgemeinde Graz Stadt-Thondorf
KG - Nummer 63123
Einlagezahl
Grundstücksnr.

Spezifischer Heizwärmebedarf bei 3400 Heizgradtagen (Referenzklima)



ERSTELLT
ErstellerIn
ErstellerIn-Nr.
GWR-Zahl
Geschäftszahl

Organisation
Ausstellungsdatum 06.02.2013
Gültigkeitsdatum Planung

Unterschrift

Dieser Energieausweis entspricht dem Vorgaben der Richtlinie in Verbindung mit dem Werteschild der ÖNORM H5055. Er ist ein Dokument der Energieausweis-Vollzugs-Gesellschaft (EAVG).
 EA-01-2007-20W-A
 25.04.2007

Dieser Version dient nur zu Übungszwecken, der gewerbliche Gebrauch ist mit dieser Version nicht gestattet.
 GEQ von Zehentmayer Software GmbH www.geq.at
 v2012.090947 REPEARL6107 - Steiermark 06.02.2013

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude - Planung

gemäß ÖNORM H5055 und Richtlinie 2002/91/EG Österreichisches Institut für Bautechnik

GEBÄUDEDATEN

Brutto-Grundfläche 36 m²
konditioniertes Brutto-Volumen 118 m³
charakteristische Länge (lc) 3,00 m
Kompaktheit (AV) 0,33 1/m
mittlerer U-Wert (Um) 0,38 W/m²K
LEK - Wert 23

KLIMADATEN

Klimaregion SSO
Seehöhe 345 m
Heizgradtage 3563 Kd
Heiztage 211 d
Norm - Außentemperatur -12,2 °C
Soll - Innentemperatur 20 °C

Referenzklima zonenbezogen

HWB* 1,141 kWh/a
HWB 1,226 kWh/a
WWWB 33,73 kWh/m²a
NERLT-h 0 kWh/a
KB* 0 kWh/a

Standortklima zonenbezogen

HWB* 1,301 kWh/a
HWB 1,71 kWh/a
WWWB 35,79 kWh/m²a
NERLT-h 4,71 kWh/m²a
KB* 293 kWh/a

Anforderungen ab 01.01.2010

HWB* 119 kWh/m²a erfüllt
KB* 1,0 kWh/m²a erfüllt

Referenzklima zonenbezogen	spezifisch	Standortklima zonenbezogen	spezifisch	Anforderungen ab 01.01.2010
HWB*	1,141 kWh/a	1,301 kWh/a	35,79 kWh/m²a	119 kWh/m²a erfüllt
HWB	1,226 kWh/a	1,71 kWh/a	4,71 kWh/m²a	
WWWB	33,73 kWh/m²a			
NERLT-h	0 kWh/a	293 kWh/a	8,06 kWh/m²a	1,0 kWh/m²a erfüllt
KB*	0 kWh/a			
KB				
NERLT-k				
NERLT-d				
NE				
HTEB-RH		301 kWh/a	8,28 kWh/m²a	
HTEB-WW		1,187 kWh/a	32,64 kWh/m²a	
HTEB		1,866 kWh/a	51,33 kWh/m²a	
KTEB		3,338 kWh/a	91,82 kWh/m²a	
HEB				
KEB				
RLTEB				
BeIEB		k.A.* kWh/a	k.A.* kWh/m²a	
EEB		3,631 kWh/a	99,88 kWh/m²a	
PEB				
CO2				

* k.A. = keine Angabe, die Teile für die Berechnung wurden nicht ausgeführt

ERLÄUTERUNGEN

Endenergiebedarf (EEB): Energiemenge die dem Energiesystem des Gebäudes für Heizung und Warmwasserversorgung inklusive notwendiger Energiemengen für die Hilfsbetriebe bei einer typischen Standardnutzung zugeführt werden muss.

Die Energieausweise dieses Energieausweises dürfen ausschließlich der Information, Auftrags- und Projektdokumentation sowie bei behördlicher Nutzung abstrakter Nachfragen auf dem Internet-Portal der Energieausweis-Vollzugs-Gesellschaft (EAVG) verwendet werden. Insbesondere Nachfragen über die Berechnung der Energieausweise sind über das Internet-Portal der Energieausweis-Vollzugs-Gesellschaft (EAVG) zu stellen. Insbesondere Nachfragen über die Berechnung der Energieausweise sind über das Internet-Portal der Energieausweis-Vollzugs-Gesellschaft (EAVG) zu stellen. Insbesondere Nachfragen über die Berechnung der Energieausweise sind über das Internet-Portal der Energieausweis-Vollzugs-Gesellschaft (EAVG) zu stellen.
 EA-01-2007-20W-A
 EA-MWG
 25.04.2007

Dieser Version dient nur zu Übungszwecken, der gewerbliche Gebrauch ist mit dieser Version nicht gestattet.
 GEQ von Zehentmayer Software GmbH www.geq.at
 v2012.090947 REPEARL62NMG07 - Steiermark 06.02.2013

Heizlast
Übungsversion_Variante A - Glasanteil 10%; Typ 1 -
Vereinfachte Berechnung des zeitbezogenen
Wärmeverlustes (Heizlast) von Gebäuden gemäß
Energieausweis
 Berechnungsblatt

Bauherr Planer / Baumeister / Baufirma

Teil:

Norm-Außentemperatur:	-12,2 °C	Standort:	Graz-Liebertau
Berechnungs-Raumtemperatur:	20 °C	Brutto-Rauminhalt der	beheizten Gebäudeteile:
Temperatur-Differenz:	32,2 K	beheizten Gebäudeteile:	118,42 m ³
		Gebäudehüllfläche:	39,42 m ²

Bauteile	Fläche A [m ²]	Wärmed- koeffiz. U [W/m ² K]	Korr- faktor f _{th} [1]	Korr- faktor f _h [1]	A x U x f [W/K]
AW01 Außenwand	85,68	0,247	1,00		8,82
FE/TÜ Fenster, Türen	3,74	1,260			4,71
ZW01 ZW Gipskarton	37,53	0,430			
Summe Außenwandflächen	85,68				
Summe Wandflächen zum Bestand	37,53				
Fensteranteil in Außenwänden	3,74				
					9,5 %
Summe					14

Wärmebrücken (vereinfacht)	[W/K]	1
Transmissions - Leitwert L_T	[W/K]	14,88
Lüftungs - Leitwert L_V	[W/K]	11,36
Gebäude - Heizlast P_{tot}	[KW]	0,85
Flächenbez. Heizlast P₁ bei einer BGF von 36 m²	[W/m² BGF]	23,25
Gebäude - Heizlast P_{tot} (EN 12831 vereinfacht)	[KW]	1,52

Die berechnete Heizlast kann von jener gemäß ÖNORM H 7500 bzw. EN ISO 12831 abweichen und ersetzt nicht den Nachweis der Gebäude-Normheizlast gemäß ÖNORM H 7500 bzw. EN ISO 12831. Die vereinfachte Heizlast EN 12831 berücksichtigt nicht die Aufheizleistung und gilt nur für Standardfälle.

Diese Version dient nur zu Übungszwecken, der gewerbliche Gebrauch ist mit dieser Version nicht gestattet.
 GEO von Zehentmaier Software GmbH www.gsg.at
 v.2012.090947 REP03607 - Stelmark 06.02.2013

LOKALE THERMISCHE BEHAGLICHKEIT

Var. A - Typ 1: Kaltluftabfall / Zuglufterscheinungen

Berechnungsgrundlagen

Parameter

Gravitationskonstante
Außenlufttemperatur $\theta_{\text{TMit,min}}$ für Graz
Innenlufttemperatur Celsius
Innenlufttemperatur Kelvin
Oberflächentemperatur Bauteil
Wärmeübergangswiderstand innen
Temperaturdifferenz Luft - Oberfläche
Höhe des (transparenten) Bauteils
Abstand Aufenthaltszone zu Glas
U - Wert des Verglasungselements

U Wert fix

$g =$	9,81	[m/s ²]
$q_e =$	-9,40	[°C]
$q_i =$	20,00	[°C]
$T =$	293,00	[K]
$q_{o,i} =$	15,80	[°C]
$r_{s,i} =$	0,13	[m ² K/W]
$Dq =$	4,20	[K]
$h =$	1,70	[m]
$x =$	1,00	[m]
$U_g =$	1,10	[W/m ² K]

Grenzluftgeschwindigkeit an der Glasoberfläche

Methode **SIA D 0176**

$$v_{\max} = 0,54 * \left(\frac{g * \Delta\theta}{T} \right)^{0,5} * h^{0,5}$$

Teilergebnis: **Luftgeschwindigkeit max.**

$V_{\text{Gr,max}} =$ **0,264** [m/s]

Luftgeschwindigkeit in Aufenthaltszone: Glasabstand $\geq 1,00\text{m}$ Methode **Heiselberg**

$$v_{\max} = 0,095 * \frac{\sqrt{h * \Delta\theta}}{x + 1,32}$$

Teilergebnis: **Luftgeschwindigkeit max.**

$V_{\max} =$ **0,109** [m/s]

$V_{\text{zul,DR10}} =$ **0,112** [m/s]

Teilergebnis: **min. erforderlicher U-Wert der Verglasung
damit DR ≤ 10 %**

$U_g =$ **0,985** [W/m²K]

Unzufriedene durch Zuglufterscheinungen in Aufenthaltszone: Glasabstand $\geq 1,00\text{m}$ Methode **EN ISO 7730**

$$DR = (34 - t_{a,l}) * (\bar{v}_{a,l} - 0,05)^{0,62} * (0,37 * \bar{v}_{a,l} * Tu + 3,14)$$

Endergebnis **Prozentsatz der Unzufriedenen wegen
Zuglufterscheinungen**

$DR =$ **9,6** [%]

Var. A - Typ 1: Vertikaler Lufttemperaturunterschied

Lufttemperaturdifferenz in Aufenthaltszone: Glasabstand $\geq 1,00\text{m}$

Methode **Heiselberg**

$$t_{\min} = t_{\text{Raum}} - (0,30 - 0,034 * x) * \Delta \theta$$

Teilergebnis: **min. Lufttemperatur am Boden** $t_{\min} = 18,882$ [°C]
Temperatur in Höhe 1,1m => Raumlufitempe $t_{\text{Raum}} = 20,000$ [°C]

Endergebnis **Differenz** $\Delta t_{a,v} = 1,118$ [°C]

Unzufriedene durch Lufttemperaturdifferenz in Aufenthaltszone: Glasabstand $\geq 1,00\text{m}$

Methode **EN ISO 7730**

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(5,76 - 0,856 * \Delta t_{a,v})}$$

Endergebnis **Prozentsatz der Unzufriedenen wegen Lufttemperaturdifferenzen** DR **0,8** [%]

Var. A - Typ 1: Warme und kalte Fußböden

Unzufriedene durch zu warme oder kalte Böden

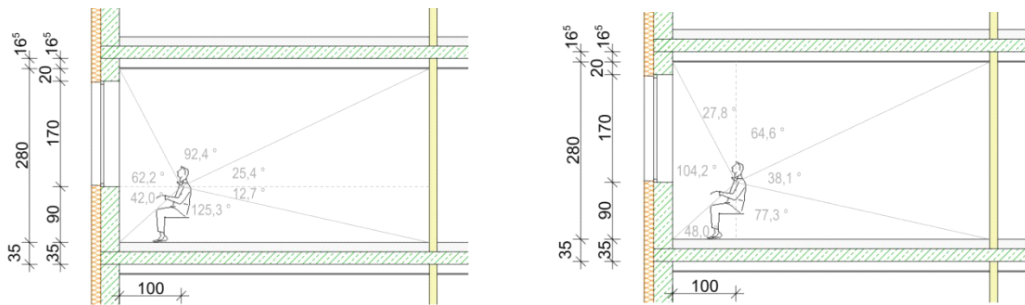
Methode **EN ISO 7730**

Fußbodentemperatur 20,00 °C

$$PD = 100 - 94 * \exp(-1,387 + 0,118 * t_f - 0,0025 * t_f^2)$$

Endergebnis **Prozentsatz der Unzufriedenen wegen zu warmen oder kalten Böden** DR **8,5** [%]

Var. A - Typ 1: Strahlungsasymmetrie in einer Schnittebene - Vereinfachtes Verfahren



Vertikale Asymmetrie

Einflussfläche		Strahlende Länge [m]	Winkel zu Person [°]	Strahlungs-Temperatur [°C]	Temperatur Teilfläche [°C]
Halbraum oben					
1	Fenster	1,90	62,24	15,80	5,46
2	Sturz				0,00
3	Decke	5,00	92,35	20,00	10,26
4	Innenwand	1,90	25,41	20,00	2,82
5					0,00
					18,55
Halbraum unten					
1	Fenster	0,90	41,99	15,80	3,68
2	Parapeth				0,00
3	Boden	5,00	125,33	20,00	13,93
4	Innenwand	0,90	12,68	20,00	1,41
5			0,00		0,00
					19,02
Temperaturdifferenz				$\Delta t_{a,v} =$	-0,47

Kalte Decke

Methode	EN ISO 7730	
Formel	$PD = \frac{100}{1 + \exp(9,93 - 0,50 * \Delta t_{a,v})}$	
Teilergebnis:	Temperaturdifferenz	$\Delta t_{a,v} =$ 0,47 °C
Endergebnis	Prozentsatz der Unzufriedenen wegen zu warmer Decke	PD = 0,47%

Horizontale Asymmetrie					
Einflussfläche		Strahlende Länge [m]	Winkel zu Person [°]	Strahlungs-Temperatur [°C]	Temperatur Teilfläche [°C]
Halbraum links					
1	Boden	1,00	48,01	20,00	5,33
2	Parapeth				0,00
3	Fenster	2,80	104,23	15,80	9,15
4	Sturz				0,00
5	Decke	1,00	27,76	20,00	3,08
					17,57 °C
Halbraum rechts					
1	Decke	4,00	64,59	20,00	7,18
2	Innenwand	2,80	38,09	20,00	4,23
3	Boden	4,00	77,32	20,00	8,59
4			0,00		0,00
5			0,00		0,00
					20,00 °C
Temperaturdifferenz				$\Delta t_{a,v} =$	-2,43 °C
Kalte Wand					
Methode	EN ISO 7730				
Formel	$PD = \frac{100}{1 + \exp(6,61 - 0,345 * \Delta t_{a,v})}$				
Teilergebnis:	Temperaturdifferenz			$\Delta t_{a,v} =$	2,43 °C
Endergebnis	Prozentsatz der Unzufriedenen wegen zu warmer Decke			PD =	0,31%

Var. A - Typ 1: lokale thermische Behaglichkeit

Kategorien des Umgebundsklimas

Kategorie	Lokale Unbehaglichkeit			
	DR %	Vertikaler Lufttemperaturunterschied	PD % warmer oder kalter Fußboden	asymmetrische Strahlung
A	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 30	< 10	< 15	< 10

Klimatische Beurteilung des untersuchten Raumes
--

Kategorie	Lokale Unbehaglichkeit			
	DR %	Vertikaler Lufttemperaturunterschied	PD % warmer oder kalter Fußboden	asymmetrische Strahlung
A	9,61	0,81	8,50	0,47%
B			8,50	0,47%
C				

6.5. VARIANTE B – GLASANTEIL 50%

Im Zuge der Betrachtung von Variante B werden folgende Raumtypen mit den aufgelisteten baulichen Ausführungen (Aufbauten) sowie technischen Kennwerten untersucht:

Variante B	Typ B-1	Typ B-2	Typ B-3
Fußbodenkonstruktion	Boden massiv	Doppelboden	Doppelboden
Deckenkonstruktion	Abgehängte Decke	Massivdecke	Massivdecke
Innenwand 1	Leichtbau	Leichtbau	Leichtbau
Innenwand 2	Leichtbau	Leichtbau	Massivbau
Außenwand	Massivbau (STB + WDVS)		
U_g -Wert [W/m^2K]	1,10	0,70	0,50
g-Wert [-]	0,63	0,38	0,38
Verschattungsfaktor [-]	0,25	0,25	0,25
Luftwechselrate [h^{-1}]	08 ⁰⁰ - 20 ⁰⁰ h	0,50	0,50
	20 ⁰⁰ - 08 ⁰⁰ h	5,00	5,00
		5,00	10,00

FLÄCHENERMITTLUNG

Pos.	Bauteil	Orientierung	Länge [m]	Breite [m]	lichte H. [m]	Fläche [m ²]
Pos. 1 Wand	Außenmauer	Süd	6,00		2,80	16,80
	Abzug Fenster					-9,69
	Summe					7,11
Pos. 2 Wand	Außenmauer	West		5,00	2,80	14,00
	Abzug Fenster					-7,99
	Summe					6,01
Pos. 3 Wand	Innenmauer	Nord	6,00		2,80	16,80
	Abzug Tür					-2,31
	Summe					14,49
Pos. 4 Wand	Innenmauer	Ost		5,00	2,80	14,00
	Summe					14,00
Pos. 5 Boden	Bodenfläche Netto		6,00	5,00		30,00
Pos. 6 Decke	Wärmeabstrahlende Fläche		6,00	5,00		30,00
Pos. 7 Türen	Innentür		1,10		2,10	2,31
						2,31
Pos. 8 Fenster	Architekturlichte (lichte Öffnung in Mauer)	Süd	5,70		1,70	9,69
	Fensterrahmenkonstruktion 20%					1,45
	Fensterglas 80%					8,24
	Summe					9,69
Pos. 9 Fenster	Architekturlichte (lichte Öffnung in Mauer)	West		4,70	1,70	7,99
	Fensterrahmenkonstruktion					1,20
	Fensterglas					6,79
	Summe					7,99
Pos. 10 Rahmen	Fensterrahmenkonstruktion					2,65
Pos. 11 Einrichtung	Inneneinrichtung (auf Grundfläche bezogen)		6,00	5,00		30,00

6.5.1. TYP B-1: BASISVARIANTE

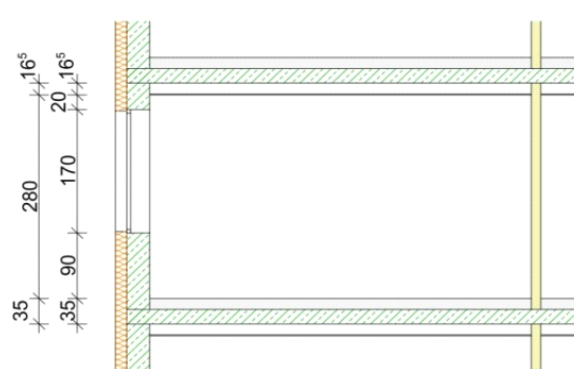
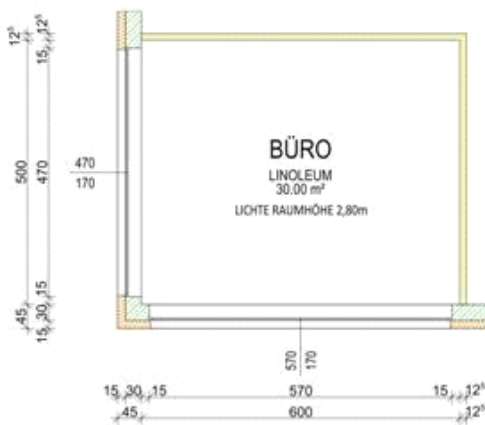
Var. B - Typ 1: Berechnungsgrundlagen

Technische Kennwerte

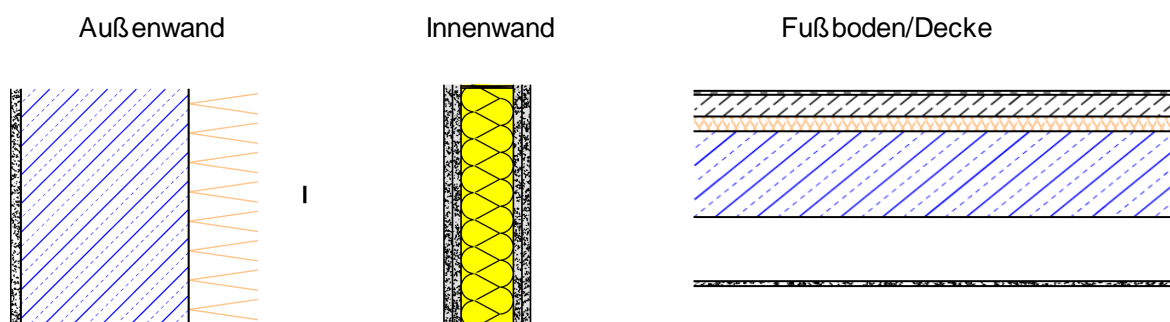
U _g -Wert
g-Wert
Verschattungsfaktor
Luftwechselrate
08 ⁰⁰ - 20 ⁰⁰
20 ⁰⁰ - 08 ⁰⁰

U _g =	1,10	[W/m ² K]
g =	0,63	[-]
F _c =	0,25	[-]
	0,50	[h ⁻¹]
	5,00	[m ² K/W]

Grundriss und Schnitt



Aufbauten Bauteile



VEREINFACHTER NACHWEIS SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ

ÖNORM - Solare Immissionsflächen

$$\text{Summe } A_I = F_{sc} \cdot Z_{ON} \cdot A_{AL} \cdot f_G \cdot F_c \cdot g$$

Orientierung SÜD

Bauteiltyp: **Fixverglasung / Fenster offenbar**

Fläche:

Bezeichnung: **Architekturlichte transparentes Bauteil**

$$A_{AL} = 9,69 \text{ [m}^2\text{]}$$

Verschattungsf. Umgeb., Auskragende BT., Laibungsrückspr.

$$F_{sc} = 1,00 \text{ [-]}$$

Orientierungs- u. Neigungsfaktor

$$Z_{ON} = 1,00 \text{ [-]}$$

Glasflächenanteil, dimensionslos

$$f_G = 0,85 \text{ [-]}$$

Rahmenanteil [$f_G + f_R = 1$]

$$f_R = 0,15 \text{ [-]}$$

Abminderungsfakt. Abschattung

$$F_c = 0,25 \text{ [-]}$$

Gesamtenergie-Durchlassgrad Verglasung

$$g = 0,63 \text{ [-]}$$

Teilergebnis: **Solare Immissionsfläche**

$$A_I = 1,30 \text{ [m}^2\text{]}$$

Orientierung WEST

Bauteiltyp: **Fixverglasung / Fenster offenbar**

Fläche:

Bezeichnung: **Architekturlichte transparentes Bauteil**

$$A_{AL} = 7,99 \text{ [m}^2\text{]}$$

Verschattungsf. Umgeb., Auskragende BT., Laibungsrückspr.

$$F_{sc} = 1,00 \text{ [-]}$$

Orientierungs- u. Neigungsfaktor

$$Z_{ON} = 1,13 \text{ [-]}$$

Glasflächenanteil, dimensionslos

$$f_G = 0,85 \text{ [-]}$$

Rahmenanteil [$f_G + f_R = 1$]

$$f_R = 0,15 \text{ [-]}$$

Abminderungsfakt. Abschattung

$$F_c = 0,25 \text{ [-]}$$

Gesamtenergie-Durchlassgrad Verglasung

$$g = 0,63 \text{ [-]}$$

Teilergebnis: **Solare Immissionsfläche**

$$A_I = 1,21 \text{ [m}^2\text{]}$$

Var. B - Typ 1; Basisvariante - vereinfachter Nachweis sommerlicher Wärmeschutz

Speicherwirksame Masse

Position	Bauteil	Fläche [m ²]	m _{w;B;A;24} [kg/m ²]	m _{w;B} [kg]
Pos. 1	Wand Süd	7,11	203,95	1450,08
Pos. 2	Wand West	6,01	203,95	1225,74
Pos. 3	Wand Nord	14,49	17,53	254,02
Pos. 4	Wand Ost	14,00	17,53	245,43
Pos. 5	Boden	30,00	117,65	3529,57
Pos. 6	Decke	30,00	65,85	1975,39
Pos. 7	Türen	2,31	23,78	54,92
Pos. 8	Fenster Süd	9,69	12,04	116,65
Pos. 9	Fenster West	7,99	12,04	96,18
Pos. 10	Fensterrahmen	2,65	34,91	92,59
Pos. 11	Einrichtung	30,00	38,00	1140,00

Ergebnis **gesamte speicherwirksame Masse** m_w **10180,57** [kg]

Lüftung

Bodenfläche	A	30,00	[m ²]
Raumvolumen	V	84,00	[m ³]
Luftwechselzahl	n_L	2,75	[h ⁻¹]
Luftvolumenstrom	V_{L,S}	81,03	[m ³ /h.m ²]

Interne Wärmequellen vereinfacht (gemittelt über Tag)

Personenwärme:			
Anzahl der Personen im Raum	n	2,00	[n]
Wärmeabgabe pro Person	kW	0,03	[kW]
Immissionsfl. für Personenwärme	A_S	0,12	[m ²]
Technische Wärmequellen			
Anzahl der Arbeitsplätze	n	2,00	[n]
Wärmeabgabe der Geräte	kW	0,06	[kW]
Immissionsfl. für Personenwärme	A_T	0,23	[m ²]

Nachweis

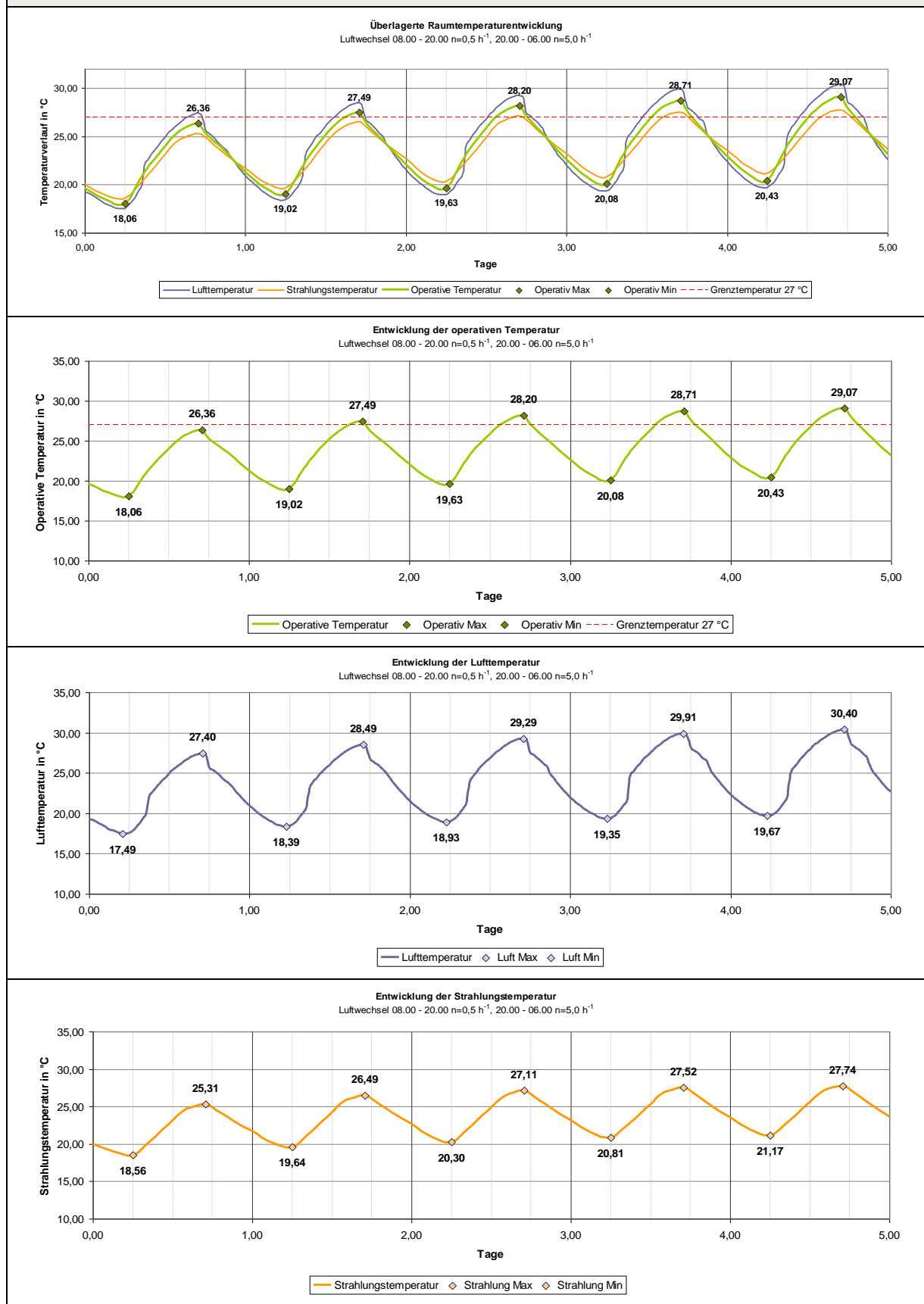
Immissionsfläche	$A_I = \Sigma A_{AL} + A_S + A_T$	2,85	[m ²]
vorh. immissionsflächenbezogene speicherwirksame Masse	$m_{w,I} = m_w / A_I$	3570,92	[kg/m ²]
erf. immissionsflächenbezogene speicherw. Masse	$m_{w,I} (V_{L,S} > 100 \text{ m}^3/\text{h.m}^2)$		[kg/m ²]
	$m_{w,I} (V_{L,S} 75 - 100 \text{ m}^3/\text{h.m}^2)$	3517,99	[kg/m ²]
	$m_{w,I} (V_{L,S} 50 - 75 \text{ m}^3/\text{h.m}^2)$		[kg/m ²]
	$m_{w,I} (V_{L,S} < 50 \text{ m}^3/\text{h.m}^2)$		[kg/m ²]
	$\Delta m_{w,I} = m_{w,I} - m_{w,I,min}$	52,93	[kg/m ²]

$\Delta m_{w,I} = m_{w,I} - m_{w,I,min} > 0 \text{ kg/m}^2$ **Nachweis erfüllt**

Der Nachweis gilt somit als erbracht, wenn der Überschuss an speicherwirksamer Masse $\Delta m_{w,I}$ größer als null ist

RAUMTEMPERATURPROGNOSE

Raumtemperaturprognose: Variante B – Glasanteil 50%, Typ 1 – Standardvariante



ENERGIEKENNZAHLEN

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude - Planung

gemäß ÖNORM H6065 und Richtlinie 2002/91/EG Österreichisches Institut für Bautechnik

GEBÄUDEDATEN		KLIMADATEN	
Brutto-Grundfläche	36 m ²	Klimaregion	SSO
konditioniertes Brutto-Volumen	118 m ³	Seehöhe	345 m
charakteristische Länge (lc)	3,00 m	Heizgradtage	3563 Kd
Kompaktheit (AV)	0,33 1/m	Heiztage	137 d
mittlerer U-Wert (Um)	0,75 W/m ² K	Norm - Außentemperatur	-12,2 °C
LEK - Wert	45	Soll - Innentemperatur	20 °C

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude - Planung

gemäß ÖNORM H6065 und Richtlinie 2002/91/EG Österreichisches Institut für Bautechnik

Gebäude	Variante B - Glasanteil 50%; Typ 1 - Basisvariante
Gebäudeart	Bürogebäude
Gebäudezone	Eckraum Südwest
Straße	8041 Graz-Liebenau
PLZ/Ort	
EigentümerIn	
Erbaut im Jahr	2013
Katastralgemeinde	Graz Stadt-Thondorf
KG - Nummer	63123
Einlagezahl	
Grundstücksnr.	

SPEZIFISCHER HEIZWÄRMEBEDARF BEI 3400 HEIZGRADTAGEN (REFERENZKLIMA)

Kategorie	Spezifischer Heizwärmebedarf (kWh/m ² a)
A++	< 10
A+	10 - 15
A	15 - 20
B	20 - 25
C	25 - 30
D	30 - 35
E	35 - 40
F	40 - 45
G	> 45

HWB-ref = 32,8 kWh/m²a

ERSTELLT	Organisation	
ErstellerIn	Ausstellungsdatum	17.02.2013
ErstellerIn-Nr.	Gültigkeitsdatum	Planung
GWR-Zahl		
Geschäftszahl		

Unterschrift

Dieser Energieausweis entspricht den Vorgaben der Richtlinie "Energieausweis und Wärmeinhalt" des Österreichischen Instituts für Bautechnik in Umsetzung der Richtlinie 2002/91/EG über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und des Energieausweis-Vollzugs-Gesetzes (EAVG).
EAVG 2007:2864
E-ANWG
25.04.2007

Diese Version dient nur zu Übungszwecken, der gewerbliche Gebrauch ist mit dieser Version nicht gestattet.
 GEO von Zehentmayer Software GmbH www.geq.at
 v2012.090947 REPEARL6107 - Steiermark 17.02.2013

ERLÄUTERUNGEN	
Endenergiebedarf (EEB):	Energiemenge, die dem Energiesystem des Gebäudes für Heizung und Warmwasserversorgung inklusive notwendiger Energiemengen für die Hilfsbetriebe bei einer typischen Standardnutzung zugeführt werden muss.

Referenzklima zonenbezogen	spezifisch	Standortklima zonenbezogen	spezifisch	Anforderungen ab 01.01.2010
HWB*	1.193 kWh/a	10,08 kWh/m ² a	11,9 kWh/m ² a	erfüllt
HWB	1.263 kWh/a	34,75 kWh/m ² a	35,28 kWh/m ² a	
WWWB			4,71 kWh/m ² a	
NERLT-h				
KB*	392 kWh/a	3,31 kWh/m ² a	1.103 kWh/a	30,34 kWh/m ² a
KB				1,0 kWh/m ² a nicht erfüllt
NERLT-k				
NERLT-d				
NE				
HTeB-RH			224 kWh/a	6,17 kWh/m ² a
HTeB-WW			1.187 kWh/a	32,64 kWh/m ² a
HTeB			1.684 kWh/a	46,32 kWh/m ² a
KTEB				
HEB			3.138 kWh/a	86,31 kWh/m ² a
KEB				
RLTEB				
BeIEB			k.A.* kWh/a	k.A.* kWh/m ² a
EEB			4.241 kWh/a	116,65 kWh/m ² a
PEB				
CO2				

* k.A. = keine Angabe, die Teile für die Berechnung wurden nicht ausgeführt

Diese Version dient nur zu Übungszwecken, der gewerbliche Gebrauch ist mit dieser Version nicht gestattet.
 GEO von Zehentmayer Software GmbH www.geq.at
 v2012.090947 REPEARL62NWG07 - Steiermark 17.02.2013

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude - Planung

gemäß ÖNORM H6065 und Richtlinie 2002/91/EG Österreichisches Institut für Bautechnik

GEBÄUDEDATEN		KLIMADATEN	
Brutto-Grundfläche	36 m ²	Klimaregion	SSO
konditioniertes Brutto-Volumen	118 m ³	Seehöhe	345 m
charakteristische Länge (lc)	3,00 m	Heizgradtage	3563 Kd
Kompaktheit (AV)	0,33 1/m	Heiztage	137 d
mittlerer U-Wert (Um)	0,75 W/m ² K	Norm - Außentemperatur	-12,2 °C
LEK - Wert	45	Soll - Innentemperatur	20 °C

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude - Planung

gemäß ÖNORM H6065 und Richtlinie 2002/91/EG Österreichisches Institut für Bautechnik

Gebäude	Variante B - Glasanteil 50%; Typ 1 - Basisvariante
Gebäudeart	Bürogebäude
Gebäudezone	Eckraum Südwest
Straße	8041 Graz-Liebenau
PLZ/Ort	
EigentümerIn	
Erbaut im Jahr	2013
Katastralgemeinde	Graz Stadt-Thondorf
KG - Nummer	63123
Einlagezahl	
Grundstücksnr.	

SPEZIFISCHER HEIZWÄRMEBEDARF BEI 3400 HEIZGRADTAGEN (REFERENZKLIMA)

Kategorie	Spezifischer Heizwärmebedarf (kWh/m ² a)
A++	< 10
A+	10 - 15
A	15 - 20
B	20 - 25
C	25 - 30
D	30 - 35
E	35 - 40
F	40 - 45
G	> 45

HWB-ref = 32,8 kWh/m²a

ERSTELLT	Organisation	
ErstellerIn	Ausstellungsdatum	17.02.2013
ErstellerIn-Nr.	Gültigkeitsdatum	Planung
GWR-Zahl		
Geschäftszahl		

Unterschrift

Dieser Energieausweis entspricht den Vorgaben der Richtlinie "Energieausweis und Wärmeinhalt" des Österreichischen Instituts für Bautechnik in Umsetzung der Richtlinie 2002/91/EG über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und des Energieausweis-Vollzugs-Gesetzes (EAVG).
EAVG 2007:2864
E-ANWG
25.04.2007

Diese Version dient nur zu Übungszwecken, der gewerbliche Gebrauch ist mit dieser Version nicht gestattet.
 GEO von Zehentmayer Software GmbH www.geq.at
 v2012.090947 REPEARL62NWG07 - Steiermark 17.02.2013

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude - Planung

gemäß ÖNORM H6065 und Richtlinie 2002/91/EG Österreichisches Institut für Bautechnik

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude - Planung

gemäß ÖNORM H6065 und Richtlinie 2002/91/EG Österreichisches Institut für Bautechnik

Heizlast	
Übungsversion_Variante B - Glasanteil 50%; Typ 1 -	
Vereinfachte Berechnung des zeitbezogenen	
Wärmeverlustes (Heizlast) von Gebäuden gemäß	
Energieausweis	
Berechnungsblatt	
Bauherr	
Planer / Baumeister / Baufirma	

Teil:				
Norm-Außentemperatur:	-12,2 °C			
Berechnungs-Raumtemperatur:	20 °C			
Temperatur-Differenz:	32,2 K			
Standort:	Graz-Liebenau			
Bauüb-Rauminhalt der	beheizten Gebäudeteile:			
	118,42 m ³			
Gebäudehüllfläche:	39,42 m ²			
Bauteile				
	Fläche	Wärmed- koeffiz.	Korr.- faktor	A x U x f
	[m ²]	[W/m ² K]	[1]	[W/K]
AW01 Außenwand	21,74	0,247	1,00	5,37
FETU Fenster u. Türen	17,68	1,225		21,65
ZW01 ZW Gipskarton	37,53	0,430		
Summe Außenwandflächen	21,74			
Summe Wandflächen zum Bestand	37,53			
Fensteranteil in Außenwänden 44,9 %	17,68			
Summe				27
				[W/K]
Wärmebrücken (vereinfacht)				3
				[W/K]
Transmissions - Leitwert L_T				29,72
				[W/K]
Lüftungs - Leitwert L_V				11,36
				[W/K]
Gebäude - Heizlast P_{tot}				1,32
				[kW]
Flächenbez. Heizlast P₁ bei einer BGF von 36 m²				36,39
				[W/m ² BGF]
Gebäude - Heizlast P_{tot} (EN 12831 vereinfacht)				1,99
				[kW]
Die berechnete Heizlast kann von einer gemäss ÖNORM H 7500 bzw. EN ISO 12831 abweichen und ersetzt nicht den Nachweis der Gebäude-Normheizlast gemäss ÖNORM H 7500 bzw. EN ISO 12831. Die vereinfachte Heizlast EN 12831 berücksichtigt nicht die Aufheizleistung und gilt nur für Standardfälle.				

Diese Version dient nur zu Übungszwecken, der gewerbliche Gebrauch ist mit dieser Version nicht gestattet.
 GEQ von Zehrer Mayer Software GmbH www.geq.at
 V2012.090547 REP03607 - Steiermark 17.02.2013

LOKALE THERMISCHE BEHAGLICHKEIT

Var. B - Typ 1: Kaltluftabfall / Zuglufterscheinungen

Berechnungsgrundlagen

Parameter

Parameter	U Wert fix	
Gravitationskonstante	g = 9,81	[m/s ²]
Außenlufttemperatur $\theta_{T_{Mit,min}}$ für Graz	q_e = -9,40	[°C]
Innenlufttemperatur Celsius	q_i = 20,00	[°C]
Innenlufttemperatur Kelvin	T = 293,00	[K]
Oberflächentemperatur Bauteil	q_{o,i} = 15,80	[°C]
Wärmeübergangswiderstand innen	r_{s,i} = 0,13	[m ² K/W]
Temperaturdifferenz Luft - Oberfläche	Dq = 4,20	[K]
Höhe des (transparenten) Bauteils	h = 1,70	[m]
Abstand Aufenthaltszone zu Glas	x = 1,00	[m]
U - Wert des Verglasungselements	U_g = 1,10	[W/m ² K]

Grenzluftgeschwindigkeit an der Glasoberfläche

Methode **SIA D 0176**

$$v_{\max} = 0,54 * \left(\frac{g * \Delta\theta}{T} \right)^{0,5} * h^{0,5}$$

Teilergebnis: **Luftgeschwindigkeit max.**zul. v_{\max} in Grenzschicht damit DR < 10

V_{Gr,max} = 0,264 [m/s]

V_{Gr,zul,DR10} = 0,250 [m/s]

Luftgeschwindigkeit in Aufenthaltszone: Glasabstand ≥ 1,00m

Methode **Heiselberg**

$$v_{\max} = 0,134 * \frac{\sqrt{h * \Delta\theta}}{x + 2,04}$$

Teilergebnis: **Luftgeschwindigkeit max.**

V_{max} = 0,118 [m/s]

V_{zul,DR10} = 0,112 [m/s]

Teilergebnis: **min. erforderlicher U-Wert der Verglasung
damit DR ≤ 10 %**

U_g = 0,985 [W/m²K]

Unzufriedene durch Zuglufterscheinungen in Aufenthaltszone: Glasabstand ≥ 1,00m

Methode **EN ISO 7730**

$$DR = (34 - t_{a,l}) * (\bar{v}_{a,l} - 0,05)^{0,62} * (0,37 * \bar{v}_{a,l} * Tu + 3,14)$$

Endergebnis **Prozentsatz der Unzufriedenen wegen
Zuglufterscheinungen**

DR = 10,6 [%]

Var. B - Typ 1: Vertikaler Lufttemperaturunterschied

Lufttemperaturdifferenz in Aufenthaltszone: Glasabstand $\geq 1,00\text{m}$

Methode **Heiselberg**

$$t_{\min} = t_{\text{Raum}} - (0,30 - 0,034 * x) * \Delta \theta$$

Teilergebnis: **min. Lufttemperatur am Boden** $t_{\min} = 18,882$ [°C]
Temperatur in Höhe 1,1m => Raumlufitempe $t_{\text{Raum}} = 20,000$ [°C]

Endergebnis **Differenz** $\Delta t_{a,v} = 1,118$ [°C]

Unzufriedene durch Lufttemperaturdifferenz in Aufenthaltszone: Glasabstand $\geq 1,00\text{m}$

Methode **EN ISO 7730**

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(5,76 - 0,856 * \Delta t_{a,v})}$$

Endergebnis **Prozentsatz der Unzufriedenen wegen Lufttemperaturdifferenzen** DR **0,8** [%]

Var. B - Typ 1: Warme und kalte Fußböden

Unzufriedene durch zu warme oder kalte Böden

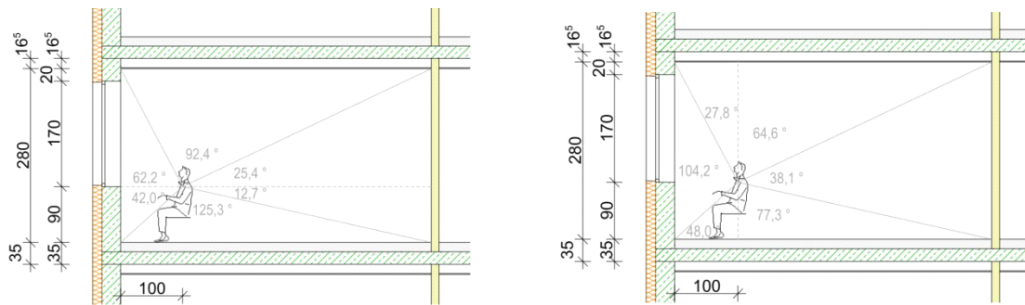
Methode **EN ISO 7730**

Fußbodentemperatur $20,00$ °C

$$PD = 100 - 94 * \exp(-1,387 + 0,118 * t_f - 0,0025 * t_f^2)$$

Endergebnis **Prozentsatz der Unzufriedenen wegen zu warmen oder kalten Böden** DR **8,5** [%]

Var. B - Typ 1: Strahlungsasymmetrie in einer Schnittebene - Vereinfachtes Verfahren



Vertikale Asymmetrie

Einflussfläche		Strahlende Länge [m]	Winkel zu Person [°]	Strahlungs-Temperatur [°C]	Temperatur Teilfläche [°C]
Halbraum oben					
1	Fenster	1,90	62,24	15,80	5,46
2	Sturz				0,00
3	Decke	5,00	92,35	20,00	10,26
4	Innenwand	1,90	25,41	20,00	2,82
5					0,00
					18,55
Halbraum unten					
1	Fenster	0,90	41,99	15,80	3,68
2	Parapeth				0,00
3	Boden	5,00	125,33	20,00	13,93
4	Innenwand	0,90	12,68	20,00	1,41
5			0,00		0,00
					19,02
Temperaturdifferenz				Δt_{a,v} =	-0,47

Kalte Decke

Methode	EN ISO 7730	
Formel	$PD = \frac{100}{1 + \exp(9,93 - 0,50 * \Delta t_{a,v})}$	
Teilergebnis:	Temperaturdifferenz	Δt_{a,v} = 0,47 °C
Endergebnis	Prozentsatz der Unzufriedenen wegen zu warmer Decke	PD = 0,47%

Horizontale Asymmetrie						
		Strahlende Länge [m]	Winkel zu Person [°]	Strahlungs-Temperatur [°C]	Temperatur Teilfläche [°C]	
Einflussfläche Halbraum links						
1	Boden	1,00	48,01	20,00	5,33	
2	Parapeth				0,00	
3	Fenster	2,80	104,23	15,80	9,15	
4	Sturz				0,00	
5	Decke	1,00	27,76	20,00	3,08	
					17,57 °C	
Einflussfläche Halbraum rechts						
1	Decke	4,00	64,59	20,00	7,18	
2	Innenwand	2,80	38,09	20,00	4,23	
3	Boden	4,00	77,32	20,00	8,59	
4			0,00		0,00	
5			0,00		0,00	
					20,00 °C	
Temperaturdifferenz				$\Delta t_{a,v} =$	-2,43 °C	
Kalte Wand						
Methode	EN ISO 7730					
Formel	$PD = \frac{100}{1 + \exp(6,61 - 0,345 * \Delta t_{a,v})}$					
Teilergebnis:	Temperaturdifferenz				$\Delta t_{a,v} =$	2,43 °C
Endergebnis	Prozentsatz der Unzufriedenen wegen zu warmer Decke				PD =	0,31%

Var. B - Typ 1: lokale thermische Behaglichkeit

Kategorien des Umgebundsklimas

Kategorie	Lokale Unbehaglichkeit			
	DR %	Vertikaler Lufttemperaturunterschied	PD % warmer oder kalter Fußboden	asymmetrische Strahlung
A	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 30	< 10	< 15	< 10

Klimatische Beurteilung des untersuchten Raumes
--

Kategorie	Lokale Unbehaglichkeit			
	DR %	Vertikaler Lufttemperaturunterschied	PD % warmer oder kalter Fußboden	asymmetrische Strahlung
A		0,81	8,50	0,47%
B	10,59		8,50	0,47%
C				

6.5.2. TYP B-2: OPTIMIERUNGSVARIANTE 1

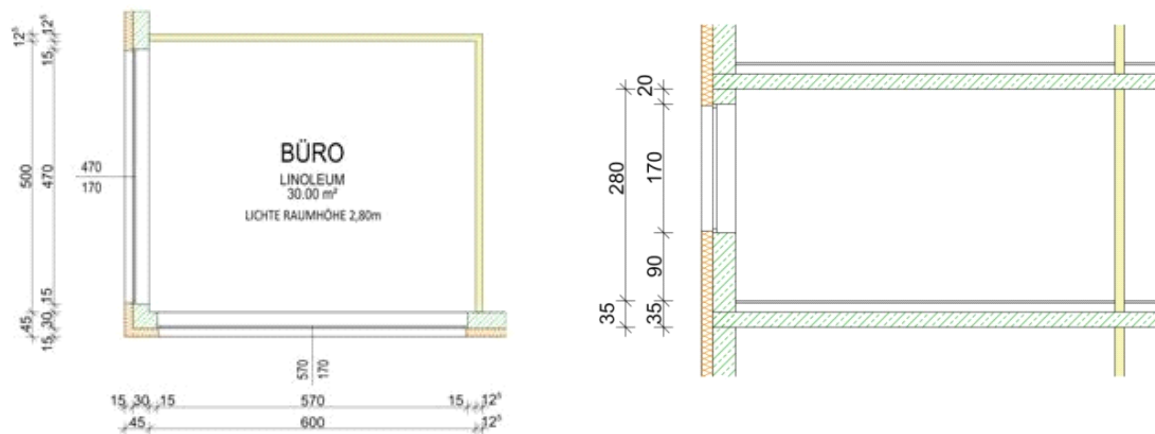
Var. B - Typ 2: Berechnungsgrundlagen

Technische Kennwerte

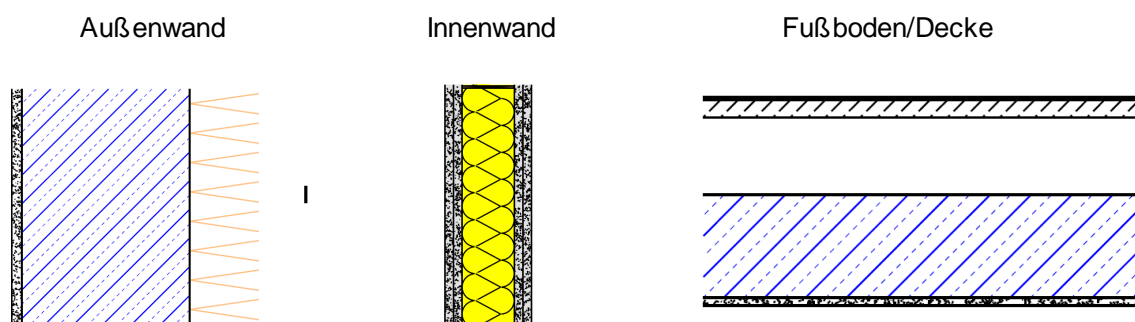
U _g -Wert
g-Wert
Verschattungsfaktor
Luftwechselrate
08 ⁰⁰ - 20 ⁰⁰
20 ⁰⁰ - 08 ⁰⁰

U _g =	0,70	[W/m ² K]
g =	0,38	[-]
F _c =	0,25	[-]
	0,50	[h ⁻¹]
	5,00	[m ² K/W]

Grundriss und Schnitt



Aufbauten Bauteile

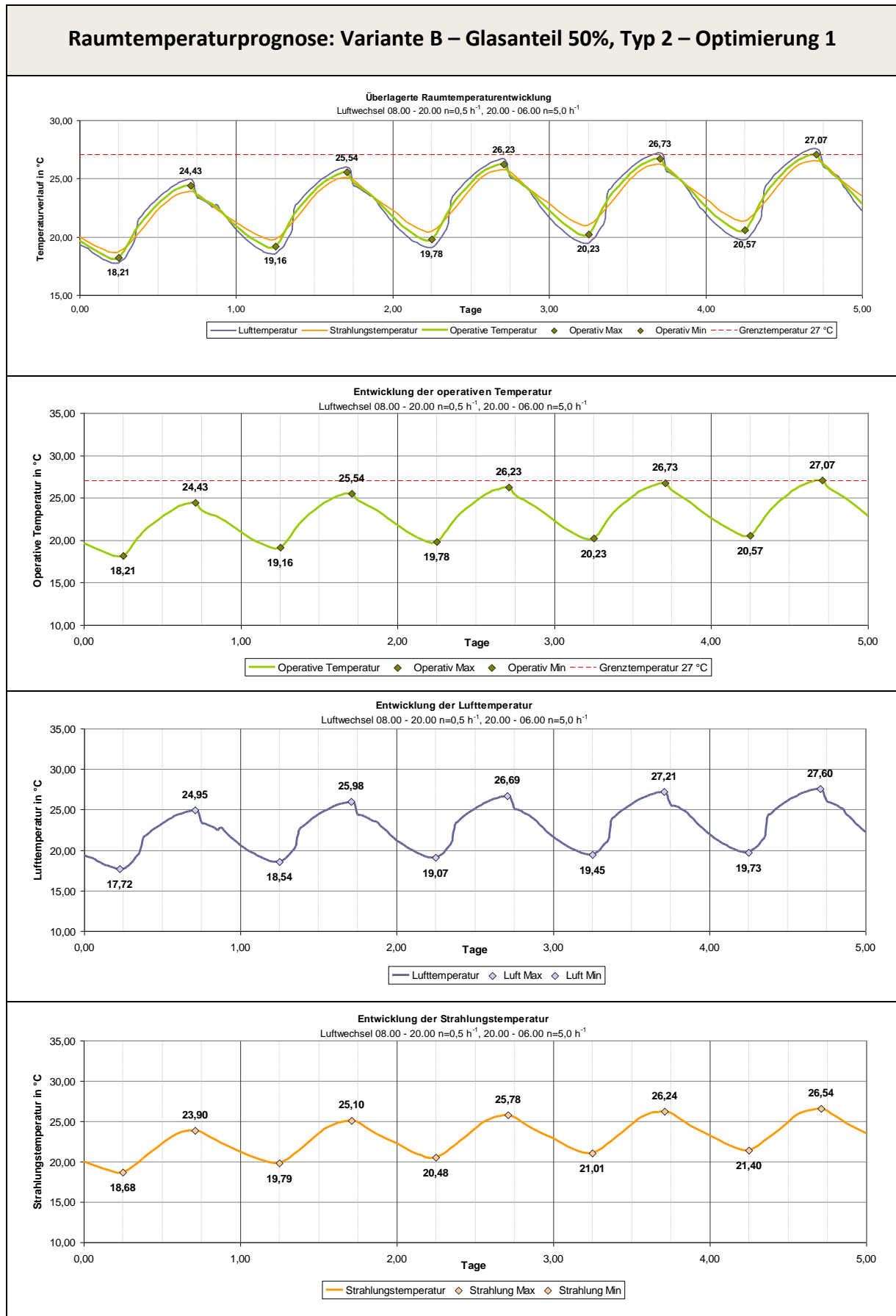


VEREINFACHTER NACHWEIS SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ

Auf den vereinfachten Nachweis gemäß ÖNORM 8110-3 kann verzichtet werden, da dieser bereits bei Typ B-1: Basisvariante ein positives Ergebnis lieferte

Nachweis erfüllt

RAUMTEMPERATURPROGNOSE



ENERGIEKENNZAHLEN

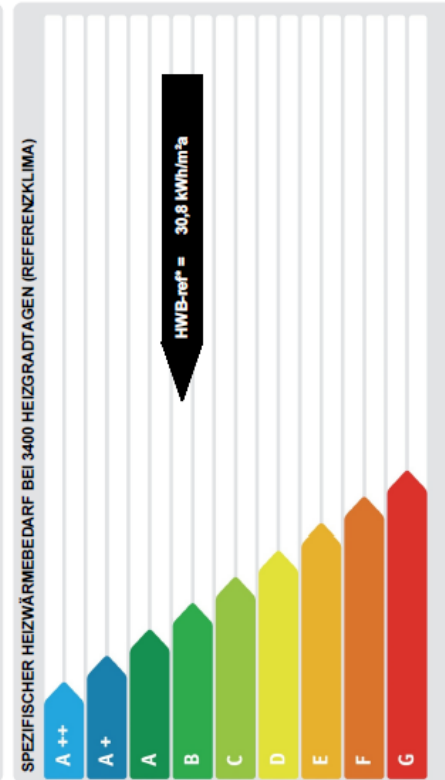
Energieausweis für Nicht-Wohngebäude - Planung
 gemäß ÖNORM H6065 und Richtlinie 2002/91/EG
 Österreichisches Institut für Bautechnik

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude - Planung
 gemäß ÖNORM H6065 und Richtlinie 2002/91/EG
 Österreichisches Institut für Bautechnik

GEBÄUDEDATEN		KLIMADATEN	
Brutto-Grundfläche	36 m²	Klimaregion	SSO
konditioniertes Brutto-Volumen	116 m³	Seehöhe	345 m
charakteristische Länge (lc)	3,00 m	Heizgradtage	3563 Kd
Kompaktheit (AV)	0,33 1/m	Heiztage	160 d
mittlerer U-Wert (Um)	0,58 W/m²K	Norm - Außentemperatur	-12,2 °C
LEK - Wert	35	Soil - Innentemperatur	20 °C

Gebäude	Variante B - Glasanteil 50%; Typ 2 - Optimierungsvariante 1
Gebäudeart	Bürogebäude
Gebäudezone	Eckraum Südwest
Straße	8041 Graz-Liebenau
PLZ/Ort	63123
EigentümerIn	Katastralgemeinde Graz Stadt-Thondorf
	KG - Nummer 63123
	Einlagezahl
	Grundstücks nr.

	Referenzklima zonenbezogen	spezifisch	Standortklima zonenbezogen	spezifisch	Anforderungen ab 01.01.2010
HWB*	1.119 kWh/a	9,61 kWh/m²a	1.232 kWh/a	33,89 kWh/m²a	11,9 kWh/m²a erfüllt
HMB	1.194 kWh/a	32,84 kWh/m²a	171 kWh/a	4,71 kWh/m²a	
WWWB					
NERLT-h					
KB*	148 kWh/a	1,27 kWh/m²a	762 kWh/a	20,95 kWh/m²a	1,0 kWh/m²a nicht erfüllt
KB					
NERLT-k					
NERLT-d					
NE					
HTEB-RH			239 kWh/a	6,58 kWh/m²a	
HTEB-WW			1.187 kWh/a	32,64 kWh/m²a	
HTEB			1.729 kWh/a	47,56 kWh/m²a	
KTEB					
HEB			3.132 kWh/a	86,16 kWh/m²a	
KEB					
RLTEB					
BelEB			k.A. * kWh/a	k.A. * kWh/m²a	
EEB			3.894 kWh/a	107,11 kWh/m²a	
PEB					
CO2					



ERSTELLT
 ErstellerIn
 ErstellerIn-Nr.
 GWR-Zahl
 Geschäfts-zahl

Organisation
 Ausstellungsdatum 17.02.2013
 Gültigkeitsdatum Planung

Unterschrift

ERSTELLT
 ErstellerIn
 ErstellerIn-Nr.
 GWR-Zahl
 Geschäfts-zahl

Organisation
 Ausstellungsdatum 17.02.2013
 Gültigkeitsdatum Planung

Unterschrift

* k.A. = keine Angabe, die Teile für die Berechnung wurden nicht ausgeführt

Der Energieausweis dieses Energieausweises dient ausschließlich der Information. Änderungen hinsichtlich Energieausweise können bei späterer Nutzung elektronischer Ausweise auf dem Inkubator ausgedruckt werden. In besonderen Ausnahmefällen ist besondere Lage Information am Standort der Gemeinde an der Lage Information ihrer Energieausweise von dem hier angegebenen abweichen.

Der Energieausweis entspricht den Vorgaben der Richtlinie "Energieausweis und Wärmehutz" des Europäischen Parlaments vom 13. Dezember 2002 (2002/91/EG) über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und den Energieausweis. (Volltext: <http://eur-lex.europa.eu>)

Dieser Energieausweis ist für die Energieausweise, die für die gewerbliche Nutzung des Gebäudes für Heizung und Warmwasserversorgung inklusive notwendiger Energiemengen für die Hilfsbetriebe bei einer typischen Standardnutzung zugeführt werden muss.

Diese Version dient nur zu Übungszwecken, der gewerbliche Gebrauch ist mit dieser Version nicht gestattet.
 GEO von Zehentmayer Software GmbH www.geo.at
 v2012.090947 REPEARL62NMW07 - Steiermark 17.02.2013

Dieser Energieausweis ist für die Energieausweise, die für die gewerbliche Nutzung des Gebäudes für Heizung und Warmwasserversorgung inklusive notwendiger Energiemengen für die Hilfsbetriebe bei einer typischen Standardnutzung zugeführt werden muss.

Diese Version dient nur zu Übungszwecken, der gewerbliche Gebrauch ist mit dieser Version nicht gestattet.
 GEO von Zehentmayer Software GmbH www.geo.at
 v2012.090947 REPEARL6107 - Steiermark 17.02.2013

EA-01-2007-0906
 EA-WG
 25.04.2007

EA-01-2007-0906
 EA-WG
 25.04.2007

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

Heizlast

Übungsversion_Variante B - Glasanteil 50%; Typ 2 -

Vereinfachte Berechnung des zeitbezogenen

Wärmeverlustes (Heizlast) von Gebäuden gemäß

Energieausweis

Berechnungsblatt

Planer / Baumeister / Baufrma

Bauherr

Teil:

Norm-Außen temperatur: -12,2 °C Standort: Graz-Liebenau
 Berechnungs-Raumtemperatur: 20 °C Brutto-Rauminhalt der
 Temperatur-Differenz: 32,2 K beheizten Gebäudeteile: 116,44 m³
 Gebäudefläche: 38,76 m²

Bauteile	Fläche A [m ²]	Wärmed- koeffiz. U [W/m ² K]	Korr.- faktor f [1]	Korr.- faktor f _h [1]	A x U x f [W/K]
AW01 Außenwand	21,08	0,247	1,00		5,21
FE/TU Fenster u. Türen	17,68	0,865			15,28
ZW01 ZW Gipskarton	36,87	0,430			
Summe Außenwandflächen	21,08				
Summe Wandflächen zum Bestand	36,87				
Fensteranteil in Außenwänden 45,6 %	17,68				

Summe

[W/K]

20

Wärmebrücken (vereinfacht)

[W/K]

2

Transmissions - Leitwert L_T

[W/K]

22,54

Lüftungs - Leitwert L_y

[W/K]

11,36

Gebäude - Heizlast P_{tot}

[kW]

1,09

Flächenbez. Heizlast P_{fl} bei einer BGF von 36 m²[W/m² BGF]

30,03

Gebäude - Heizlast P_{est} (EN 12831 vereinfacht)

[kW]

1,75

Die berechnete Heizlast kann von jeher gemäß ÖNORM H 7500 bzw. EN ISO 12831 abweichen und ersetzt nicht den Nachweis der Gebäude-Nominalheizlast gemäß ÖNORM H 7500 bzw. EN ISO 12831. Die vereinfachte Heizlast EN 12831 berücksichtigt nicht die Aufheizung und gilt nur für Standardfälle.

Diese Version dient nur zu Übungszwecken, der gewerbliche Gebrauch ist mit dieser Version nicht gestattet.
 GEQ von Zehntmayer Software GmbH www.geq.at

v2012.090947 REPO3607 - Steiermark
 17.02.2013

Seite 3

LOKALE THERMISCHE BEHAGLICHKEIT

Var. B - Typ 2: Kaltluftabfall / Zuglufterscheinungen

Berechnungsgrundlagen

Parameter

Gravitationskonstante
Außenufttemperatur $\theta_{T_{Mit, min}}$ für Graz
Innenlufttemperatur Celsius
Innenlufttemperatur Kelvin
Oberflächentemperatur Bauteil
Wärmeübergangswiderstand innen
Temperaturdifferenz Luft - Oberfläche
Höhe des (transparenten) Bauteils
Abstand Aufenthaltszone zu Glas
U - Wert des Verglasungselements

U Wert fix

$g =$	9,81	[m/s ²]
$q_e =$	-9,40	[°C]
$q_i =$	20,00	[°C]
$T =$	293,00	[K]
$q_{o,i} =$	17,32	[°C]
$r_{s,i} =$	0,13	[m ² K/W]
$Dq =$	2,68	[K]
$h =$	1,70	[m]
$x =$	1,00	[m]
$U_g =$	0,70	[W/m ² K]

Grenzluftgeschwindigkeit an der Glasoberfläche

Methode **SIA D 0176**

Formel

$$v_{\max} = 0,54 * \left(\frac{g * \Delta\theta}{T} \right)^{0,5} * h^{0,5}$$

Teilergebnis: **Luftgeschwindigkeit max.**
zul. v_{\max} in Grenzschicht damit DR<10

$V_{Gr, \max} =$ **0,211** [m/s]
 $V_{Gr, zul, DR10} =$ **0,250** [m/s]

Luftgeschwindigkeit in Aufenthaltszone: Glasabstand $\geq 1,00m$ Methode **Heiselberg**

Formel

$$v_{\max} = 0,134 * \frac{\sqrt{h * \Delta\theta}}{x + 2,04}$$

Teilergebnis: **Luftgeschwindigkeit max.**

Teilergebnis: **min. erforderlicher U-Wert der Verglasung
damit DR ≤ 10 %**

$V_{\max} =$ **0,094** [m/s]
 $V_{zul, DR10} =$ **0,112** [m/s]
 $U_g =$ **0,985** [W/m²K]

Unzufriedene durch Zuglufterscheinungen in Aufenthaltszone: Glasabstand $\geq 1,00m$ Methode **EN ISO 7730**

Formel

$$DR = (34 - t_{a,l}) * (\bar{v}_{a,l} - 0,05)^{0,62} * (0,37 * \bar{v}_{a,l} * Tu + 3,14)$$

Endergebnis **Prozentsatz der Unzufriedenen wegen
Zuglufterscheinungen**

$DR =$ **7,7** [%]

Var. B - Typ 2: Vertikaler Lufttemperaturunterschied

Lufttemperaturdifferenz in Aufenthaltszone: Glasabstand $\geq 1,00\text{m}$

Methode **Heiselberg**

$$t_{\min} = t_{\text{Raum}} - (0,30 - 0,034 * x) * \Delta \theta$$

Teilergebnis: **min. Lufttemperatur am Boden** $t_{\min} = 19,288$ [°C]
Temperatur in Höhe 1,1m => Raumlufitempe $t_{\text{Raum}} = 20,000$ [°C]

Endergebnis **Differenz** $\Delta t_{a,v} = 0,712$ [°C]

Unzufriedene durch Lufttemperaturdifferenz in Aufenthaltszone: Glasabstand $\geq 1,00\text{m}$

Methode **EN ISO 7730**

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(5,76 - 0,856 * \Delta t_{a,v})}$$

Endergebnis **Prozentsatz der Unzufriedenen wegen Lufttemperaturdifferenzen** DR **0,6** [%]

Var. B - Typ 2: Warme und kalte Fußböden

Unzufriedene durch zu warme oder kalte Böden

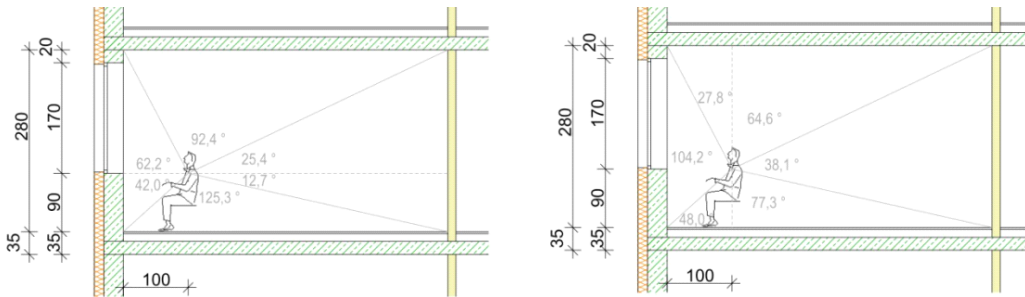
Methode **EN ISO 7730**

Fußbodentemperatur $20,00$ °C

$$PD = 100 - 94 * \exp(-1,387 + 0,118 * t_f - 0,0025 * t_f^2)$$

Endergebnis **Prozentsatz der Unzufriedenen wegen zu warmen oder kalten Böden** DR **8,5** [%]

Var. B - Typ 2: Strahlungsasymmetrie in einer Schnittebene - Vereinfachtes Verfahren



Vertikale Asymmetrie

Einflussfläche		Strahlende Länge [m]	Winkel zu Person [°]	Strahlungs-Temperatur [°C]	Temperatur Teilfläche [°C]
Halbraum oben					
1	Fenster	1,90	62,24	17,32	5,99
2	Sturz				0,00
3	Decke	5,00	92,35	20,00	10,26
4	Innenwand	1,90	25,41	20,00	2,82
5					0,00
					19,07
Halbraum unten					
1	Fenster	0,90	41,99	17,32	4,04
2	Parapeth				0,00
3	Boden	5,00	125,33	20,00	13,93
4	Innenwand	0,90	12,68	20,00	1,41
5			0,00		0,00
					19,38
Temperaturdifferenz				Δt_{a,v} =	-0,30

Kalte Decke

Methode	EN ISO 7730	
Formel	$PD = \frac{100}{1 + \exp(9,93 - 0,50 * \Delta t_{a,v})}$	
Teilergebnis:	Temperaturdifferenz	Δt_{a,v} = 0,30 °C
Endergebnis	Prozentsatz der Unzufriedenen wegen zu warmer Decke	PD = 0,30%

Horizontale Asymmetrie					
		Strahlende Länge [m]	Winkel zu Person [°]	Strahlungs-Temperatur [°C]	Temperatur Teilfläche [°C]
Einflussfläche Halbraum links					
1	Boden	1,00	48,01	20,00	5,33
2	Parapeth				0,00
3	Fenster	2,80	104,23	17,32	10,03
4	Sturz				0,00
5	Decke	1,00	27,76	20,00	3,08
					18,45 °C
Einflussfläche Halbraum rechts					
1	Decke	4,00	64,59	20,00	7,18
2	Innenwand	2,80	38,09	20,00	4,23
3	Boden	4,00	77,32	20,00	8,59
4			0,00		0,00
5			0,00		0,00
					20,00 °C
Temperaturdifferenz				$\Delta t_{a,v} =$	-1,55 °C
Kalte Wand					
Methode	EN ISO 7730				
Formel	$PD = \frac{100}{1 + \exp(6,61 - 0,345 * \Delta t_{a,v})}$				
Teilergebnis:	Temperaturdifferenz				$\Delta t_{a,v} =$ 1,55 °C
Endergebnis	Prozentsatz der Unzufriedenen wegen zu warmer Decke				PD = 0,23%

Var. B - Typ 2: lokale thermische Behaglichkeit

Kategorien des Umgebundsklimas

Kategorie	Lokale Unbehaglichkeit			
	DR %	Vertikaler Lufttemperaturunterschied	PD % warmer oder kalter Fußboden	asymmetrische Strahlung
A	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 30	< 10	< 15	< 10

Klimatische Beurteilung des untersuchten Raumes
--

Kategorie	Lokale Unbehaglichkeit			
	DR %	Vertikaler Lufttemperaturunterschied	PD % warmer oder kalter Fußboden	asymmetrische Strahlung
A	7,74	0,58	8,50	0,30%
B			8,50	0,30%
C				

6.5.3. TYP B-3: OPTIMIERUNGSVARIANTE 2

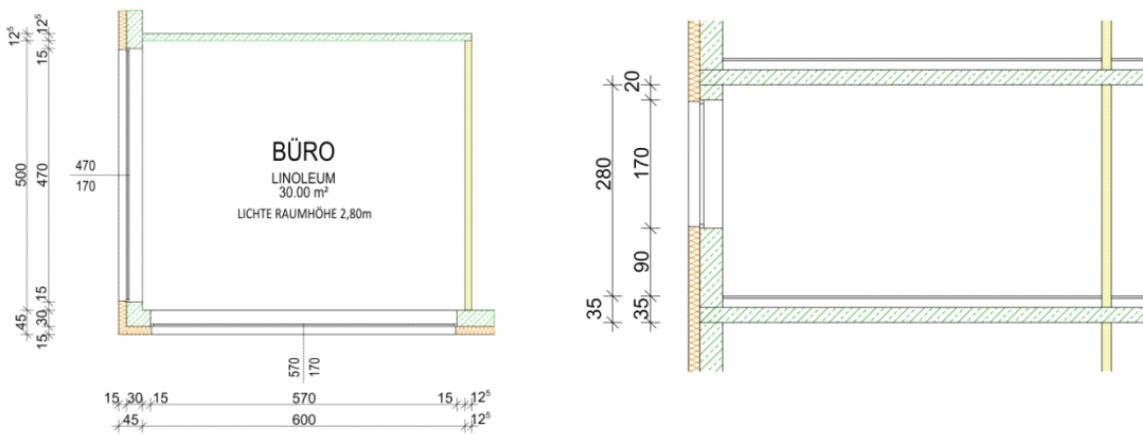
Var. B - Typ 3: Berechnungsgrundlagen

Technische Kennwerte

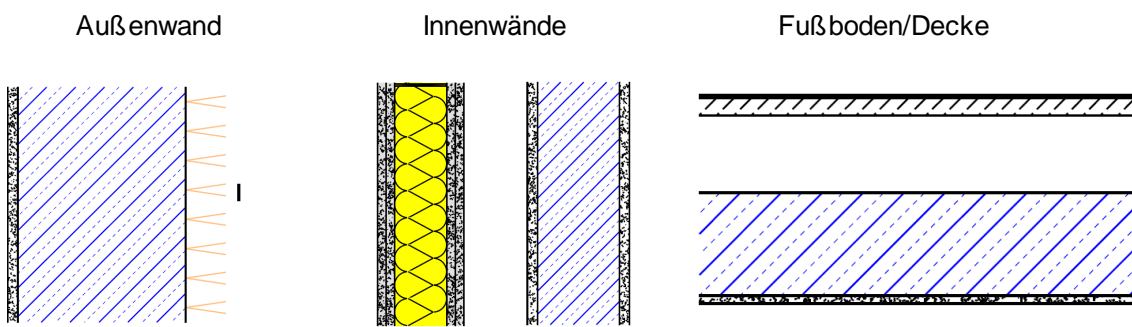
U _g -Wert	
g-Wert	
Verschattungsfaktor	
Luftwechselrate	
	08 ⁰⁰ - 20 ⁰⁰
	20 ⁰⁰ - 08 ⁰⁰

U _g =	0,50	[W/m ² K]
g =	0,38	[-]
F _c =	0,25	[-]
	0,50	[h ⁻¹]
	10,00	[m ² K/W]

Grundriss und Schnitt



Aufbauten Bauteile

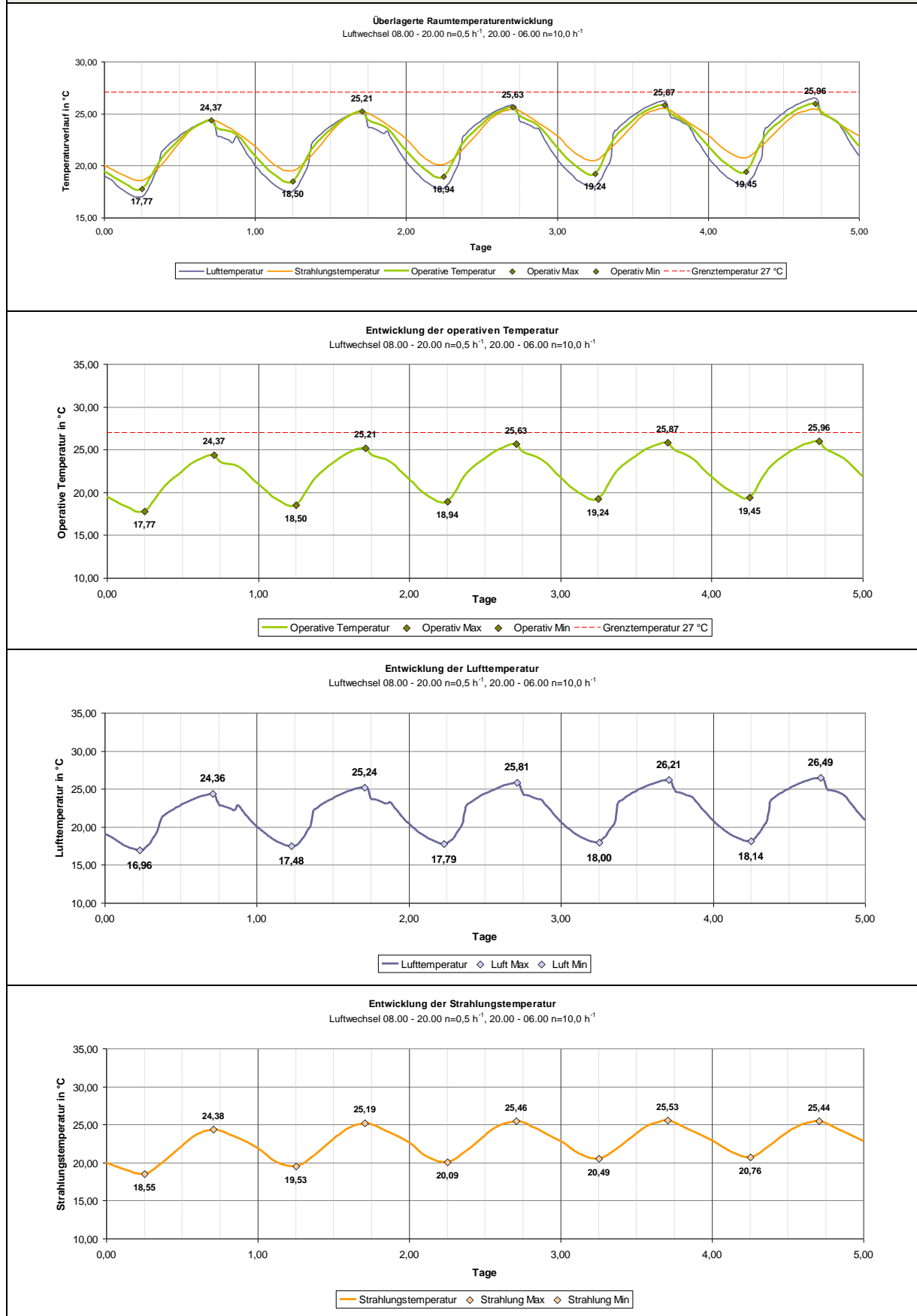


VEREINFACHTER NACHWEIS SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ

Auf den vereinfachten Nachweis gemäß ÖNORM 8110-3 kann verzichtet werden, da dieser bereits bei Typ B-1: Basisvariante ein positives Ergebnis lieferte

Nachweis erfüllt

Raumtemperaturprognose: Variante B – Glasanteil 50%, Typ 3 – Optimierung 2



ENERGIEKENNZAHLEN

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude - Planung

gemäß ÖNORM H005 und Richtlinie 2002/91/EG Österreichisches Institut für Bautechnik

Gebäude	Variante B - Glasanteil 50%; Typ 3 - Optimierungsvariante 2
Gebäudeart	Bürogebäude
Gebäudezone	Eckraum Südwest
Straße	Katastralgemeinde Graz Stadt-Thondorf
PLZ/Ort	8041 Graz-Liebenau
EigentümerIn	KG - Nummer 63123 Einlagezahl Grundstücksnr.
Erbaute im Jahr	2013

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude - Planung

gemäß ÖNORM H005 und Richtlinie 2002/91/EG Österreichisches Institut für Bautechnik

GEBAUDEDATEN	KLIMADATEN
Brutto-Grundfläche	36 m ²
konditioniertes Brutto-Volumen	116 m ³
charakteristische Länge (lc)	3,00 m
Kompaktheit (AV)	0,33 1/m
mittlerer U-Wert (Um)	0,50 W/m ² K
LEK - Wert	30
Klimaregion	SSO
Seehöhe	345 m
Heizgradtage	3563 Kd
Heiztage	148 d
Norm - Außentemperatur	-12,2 °C
Soil - Innentemperatur	20 °C

SPEZIFISCHER HEIZWÄRMEBEDARF BEI 3400 HEIZGRADTAGEN (REFERENZKLIMA)

ERSTELLT	Organisation
ErstellerIn	Ausstellungsdatum 17.02.2013
ErstellerIn-Nr.	Gültigkeitsdatum Planung
GWR-Zahl	Geschäftszahl
Unterschrift	

Dieser Energieausweis entspricht den Vorgaben der Richtlinie "Energieeffizienz und Wärmeschutz" des Europäischen Rates (Richtlinie 2002/91/EG über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden) und dem Energieausweis-Vollzugsverordnung (EAVV).

Dieser Energieausweis entspricht dem Inhalt der Richtlinie "Energieeffizienz und Wärmeschutz" des Europäischen Rates (Richtlinie 2002/91/EG über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden) und dem Energieausweis-Vollzugsverordnung (EAVV).

Diese Version dient nur zu Übungszwecken, der gewerbliche Gebrauch ist mit dieser Version nicht gestattet.
GEO von Zehentmayer Software GmbH www.gea.at
v2012.090947 REPEARL6107 - Steiermark

17.02.2013

Seite 1

Diese Version dient nur zu Übungszwecken, der gewerbliche Gebrauch ist mit dieser Version nicht gestattet.
GEO von Zehentmayer Software GmbH www.gea.at
v2012.090947 REPEARL62MMG07 - Steiermark

17.02.2013

Seite 2

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

Heizlast

Übungsversion_Variante B - Glasanteil 50%; Typ 3 -

Vereinfachte Berechnung des zeitbezogenen

Wärmeverlustes (Heizlast) von Gebäuden gemäß

Energieausweis

Berechnungsblatt

Bauherr

Planer / Baumeister / Baufrma

Teil:

Norm-Außentemperatur: -12,2 °C Standort: Graz-Liebenau
 Berechnungs-Raumtemperatur: 20 °C Btoto-Rauminhalt der
 Temperatur-Differenz: 32,2 K beheizten Gebäudeteile: 116,44 m³
 Gebäudehöhe: 38,76 m²

Bauteile	Fläche A [m ²]	Wärmed- koeff.z. U [W/m ² ·K]	Korr.- faktor f [1]	Korr.- faktor f _{th} [1]	A x U x f [W/K]
AW01 Außenwand	21,08	0,247	1,00		5,21
FETU Fenster u. Türen	17,68	0,695			12,28
ZW01 ZW Gipskarton	15,89	0,430			
ZW02 Zwischenwand Stahlbeton	20,98	2,850			
Summe Wandflächen zum Bestand	21,08				
Fensteranteil in Außenwänden 45,6 %	36,87				
Summe	17,68				17

Summe	[W/K]	17
Wärmebrücken (vereinfacht)	[W/K]	2
Transmissions - Leitwert L _T	[W/K]	19,24
Lüftungs - Leitwert L _V	[W/K]	11,36
Gebäude - Heizlast P _{tot}	[kW]	0,99
Flächenbez. Heizlast P _s bei einer BGF von 36 m ²	[W/m ² BGF]	27,10
Gebäude - Heizlast P _{ext} (EN 12831 vereinfacht)	[kW]	1,64

Die berechnete Heizlast kann von jeher gemäß ONORM H 7500 bzw. EN ISO 12831 abweichen und ersetzt nicht den Nachweis der Gebäude-Normheizlast gemäß ONORM H 7500 bzw. EN ISO 12831. Die vereinfachte Heizlast EN 12831 berücksichtigt nicht die Aufheizung und gilt nur für Standardfälle.

Diese Version dient nur zu Übungszwecken, der gewerbliche Gebrauch ist mit dieser Version nicht gestattet.

GEO von Zehentmayer Software GmbH www.geo.at

v.2012.090947 REPO3607 - Steiermark 17.02.2013

Seite 3

LOKALE THERMISCHE BEHAGLICHKEIT

Var. B - Typ 3: Kaltluftabfall / Zuglufterscheinungen

Berechnungsgrundlagen

Parameter

Gravitationskonstante
Außenlufttemperatur $\theta_{T_{Mit, min}}$ für Graz
Innenlufttemperatur Celsius
Innenlufttemperatur Kelvin
Oberflächentemperatur Bauteil
Wärmeübergangswiderstand innen
Temperaturdifferenz Luft - Oberfläche
Höhe des (transparenten) Bauteils
Abstand Aufenthaltszone zu Glas
U - Wert des Verglasungselements

U Wert fix

$g =$	9,81	[m/s ²]
$q_e =$	-9,40	[°C]
$q_i =$	20,00	[°C]
$T =$	293,00	[K]
$q_{o,i} =$	18,09	[°C]
$r_{s,i} =$	0,13	[m ² K/W]
$Dq =$	1,91	[K]
$h =$	1,70	[m]
$x =$	1,00	[m]
$U_g =$	0,50	[W/m ² K]

Grenzluftgeschwindigkeit an der Glasoberfläche

Methode **SIA D 0176**

Formel

$$v_{\max} = 0,54 * \left(\frac{g * \Delta \theta}{T} \right)^{0,5} * h^{0,5}$$

Teilergebnis: **Luftgeschwindigkeit max.**zul. v_{\max} in Grenzschicht damit DR<10 $V_{Gr, \max} =$ **0,178** [m/s] $V_{Gr, zul, DR10} =$ **0,250** [m/s]Luftgeschwindigkeit in Aufenthaltszone: Glasabstand $\geq 1,00m$ Methode **Heiselberg**

Formel

$$v_{\max} = 0,134 * \frac{\sqrt{h * \Delta \theta}}{x + 2,04}$$

Teilergebnis: **Luftgeschwindigkeit max.** $V_{\max} =$ **0,079** [m/s] $V_{zul, DR10} =$ **0,112** [m/s]Teilergebnis: **min. erforderlicher U-Wert der Verglasung
damit DR ≤ 10 %** $U_g =$ **0,985** [W/m²K]Unzufriedene durch Zuglufterscheinungen in Aufenthaltszone: Glasabstand $\geq 1,00m$ Methode **EN ISO 7730**

Formel

$$DR = (34 - t_{a,l}) * (\bar{v}_{a,l} - 0,05)^{0,62} * (0,37 * \bar{v}_{a,l} * Tu + 3,14)$$

Endergebnis **Prozentsatz der Unzufriedenen wegen
Zuglufterscheinungen** $DR =$ **5,9** [%]

Var. B - Typ 3: Vertikaler Lufttemperaturunterschied

Lufttemperaturdifferenz in Aufenthaltszone: Glasabstand $\geq 1,00\text{m}$

Methode **Heiselberg**

$$t_{\min} = t_{\text{Raum}} - (0,30 - 0,034 * x) * \Delta \theta$$

Teilergebnis: **min. Lufttemperatur am Boden** $t_{\min} = 19,492$ [°C]
Temperatur in Höhe 1,1m => Raumlufitempe $t_{\text{Raum}} = 20,000$ [°C]

Endergebnis **Differenz** $\Delta t_{a,v} = 0,508$ [°C]

Unzufriedene durch Lufttemperaturdifferenz in Aufenthaltszone: Glasabstand $\geq 1,00\text{m}$

Methode **EN ISO 7730**

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(5,76 - 0,856 * \Delta t_{a,v})}$$

Endergebnis **Prozentsatz der Unzufriedenen wegen Lufttemperaturdifferenzen** DR **0,5** [%]

Var. B - Typ 3: Warme und kalte Fußböden

Unzufriedene durch zu warme oder kalte Böden

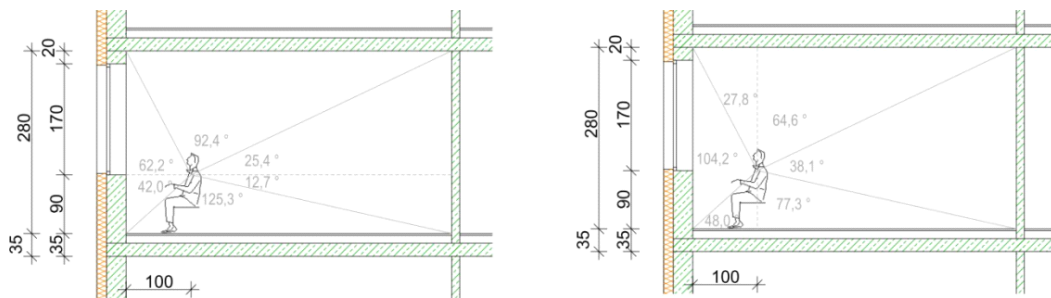
Methode **EN ISO 7730**

Fußbodentemperatur 20,00 °C

$$PD = 100 - 94 * \exp(-1,387 + 0,118 * t_f - 0,0025 * t_f^2)$$

Endergebnis **Prozentsatz der Unzufriedenen wegen zu warmen oder kalten Böden** DR **8,5** [%]

Var. B - Typ 3: Strahlungsasymmetrie in einer Schnittebene - Vereinfachtes Verfahren



Vertikale Asymmetrie

Einflussfläche		Strahlende Länge [m]	Winkel zu Person [°]	Strahlungs-Temperatur [°C]	Temperatur Teilfläche [°C]
Halbraum oben					
1	Fenster	1,90	62,24	18,09	6,25
2	Sturz				0,00
3	Decke	5,00	92,35	20,00	10,26
4	Innenwand	1,90	25,41	20,00	2,82
5					0,00
					19,34
Halbraum unten					
1	Fenster	0,90	41,99	18,09	4,22
2	Parapeth				0,00
3	Boden	5,00	125,33	20,00	13,93
4	Innenwand	0,90	12,68	20,00	1,41
5			0,00		0,00
					19,55
Temperaturdifferenz				$\Delta t_{a,v} =$	-0,22

Kalte Decke

Methode **EN ISO 7730**

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(9,93 - 0,50 * \Delta t_{a,v})}$$

Teilergebnis: **Temperaturdifferenz** **$\Delta t_{a,v} =$** 0,22 °CEndergebnis **Prozentsatz der Unzufriedenen wegen zu warmer Decke****PD =** 0,22%

Horizontale Asymmetrie						
Einflussfläche		Strahlende Länge [m]	Winkel zu Person [°]	Strahlungs-Temperatur [°C]	Temperatur Teilfläche [°C]	
Halbraum links						
1	Boden	1,00	48,01	20,00	5,33	
2	Parapeth				0,00	
3	Fenster	2,80	104,23	18,09	10,47	
4	Sturz				0,00	
5	Decke	1,00	27,76	20,00	3,08	
					18,89 °C	
Halbraum rechts						
1	Decke	4,00	64,59	20,00	7,18	
2	Innenwand	2,80	38,09	20,00	4,23	
3	Boden	4,00	77,32	20,00	8,59	
4			0,00		0,00	
5			0,00		0,00	
					20,00 °C	
Temperaturdifferenz				$\Delta t_{a,v} =$	-1,11 °C	
Kalte Wand						
Methode	EN ISO 7730					
Formel	$PD = \frac{100}{1 + \exp(6,61 - 0,345 * \Delta t_{a,v})}$					
Teilergebnis:	Temperaturdifferenz				$\Delta t_{a,v} =$	1,11 °C
Endergebnis	Prozentsatz der Unzufriedenen wegen zu warmer Decke				PD =	0,20%

Var. B - Typ 3: lokale thermische Behaglichkeit

Kategorien des Umgebundsklimas

Kategorie	Lokale Unbehaglichkeit			
	DR %	Vertikaler Lufttemperaturunterschied	PD % warmer oder kalter Fußboden	asymmetrische Strahlung
A	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 30	< 10	< 15	< 10

Klimatische Beurteilung des untersuchten Raumes
--

Kategorie	Lokale Unbehaglichkeit			
	DR %	Vertikaler Lufttemperaturunterschied	PD % warmer oder kalter Fußboden	asymmetrische Strahlung
A	5,87	0,48	8,50	0,22%
B			8,50	0,22%
C				

6.6. VARIANTE C – GLASANTEIL 75%

Im Zuge der Betrachtung von Variante C werden folgende Raumtypen mit den aufgelisteten baulichen Ausführungen (Aufbauten) sowie technischen Kennwerten untersucht:

Variante C	Typ C-1	Typ C-2	Typ C-3
Fußbodenkonstruktion	Boden massiv	Doppelboden	Doppelboden
Deckenkonstruktion	Abgehängte Decke	Massivdecke	Massivdecke
Innenwand 1	Leichtbau	Leichtbau	Leichtbau
Innenwand 2	Leichtbau	Leichtbau	Massivbau
Außenwand	Massivbau (STB + WDVS)		
U_g -Wert [W/m ² K]	1,10	0,70	0,50
g-Wert [-]	0,63	0,21	0,21
Verschattungsfaktor [-]	0,25	0,25	0,25
Luftwechselrate [h ⁻¹]	08 ⁰⁰ - 20 ⁰⁰ h	0,50	0,50
	20 ⁰⁰ - 08 ⁰⁰ h	5,00	5,00
			10,00

FLÄCHENERMITTLUNG

Pos.	Bauteil	Orientierung	Länge [m]	Breite [m]	lichte H. [m]	Fläche [m ²]	
Pos. 1	Wand	Außenmauer	Süd	6,00	2,80	16,80	
		Abzug Fenster				-14,14	
		Summe				2,66	
Pos. 2	Wand	Außenmauer	West		5,00	2,80	14,00
		Abzug Fenster					-11,34
		Summe				2,66	
Pos. 3	Wand	Innenmauer	Nord	6,00		2,80	16,80
		Abzug Tür					-2,31
		Summe				14,49	
Pos. 4	Wand	Innenmauer	Ost		5,00	2,80	14,00
		Summe					14,00
Pos. 5	Boden	Bodenfläche Netto		6,00	5,00	30,00	
Pos. 6	Decke	Wärmeabstrahlende Fläche		6,00	5,00	30,00	
Pos. 7	Türen	Innentür		1,10		2,10	2,31
							2,31
Pos. 8	Fenster	Architekturlichte (lichte Öffnung in Mauer)	Süd	5,05		2,80	14,14
		Fensterrahmenkonstruktion	12,00%				1,70
		Fensterglas	88,00%				12,44
		Summe					14,14
Pos. 9	Fenster	Architekturlichte (lichte Öffnung in Mauer)	West		4,05	2,80	11,34
		Fensterrahmenkonstruktion	12,00%				1,36
		Fensterglas	88,00%				9,98
		Summe					11,34
Pos. 10	Rahmen	Fensterrahmenkonstruktion				3,06	
Pos. 11	Einrichtung	Inneneinrichtung (auf Grundfläche bezogen)		6,00	5,00	30,00	

6.6.1. TYP C-1: BASISVARIANTE

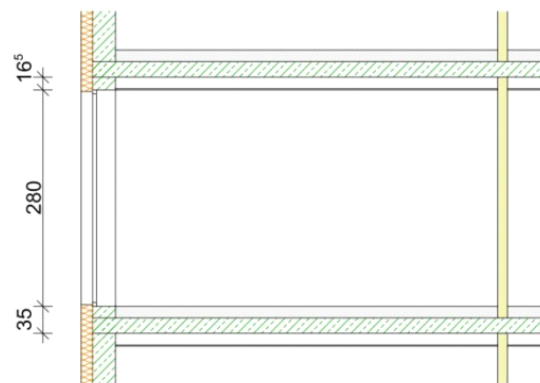
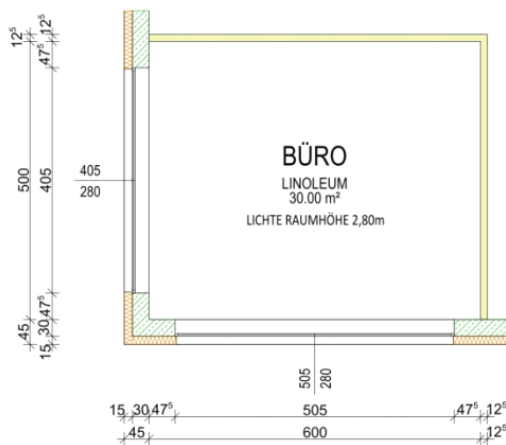
Var. C - Typ 1: Berechnungsgrundlagen

Technische Kennwerte

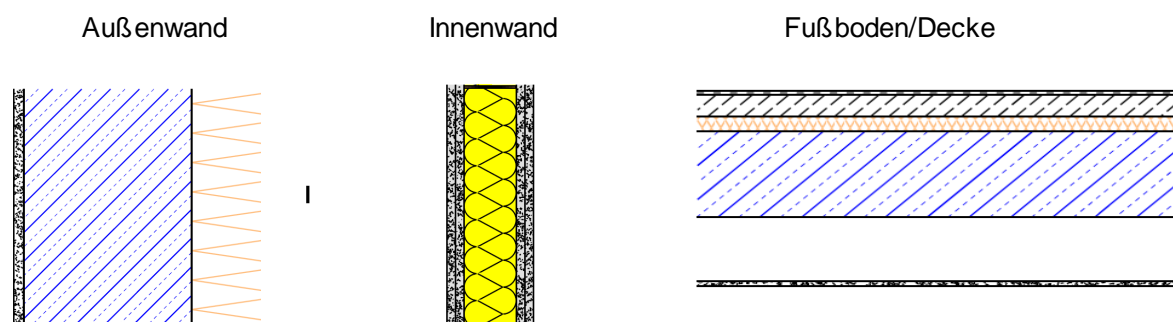
U _g -Wert	
g-Wert	
Verschattungsfaktor	
Luftwechselrate	
	08 ⁰⁰ - 20 ⁰⁰
	20 ⁰⁰ - 08 ⁰⁰

U _g =	1,10	[W/m ² K]
g =	0,63	[-]
F _c =	0,25	[-]
	0,50	[h ⁻¹]
	5,00	[m ² K/W]

Grundriss und Schnitt



Aufbauten Bauteile



VEREINFACHTER NACHWEIS SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ

ÖNORM - Solare Immissionsflächen

$$\text{Summe } A_I = F_{sc} \cdot Z_{ON} \cdot A_{AL} \cdot f_G \cdot F_c \cdot g$$

Orientierung SÜD

Bauteiltyp: **Fixverglasung / Fenster offenbar**

Fläche:

Bezeichnung: **Architekturlichte transparentes Bauteil**

$$A_{AL} = 14,14 \text{ [m}^2\text{]}$$

Verschattungsf. Umgeb., Auskragende BT., Laibungsrückspr.

$$F_{sc} = 1,00 \text{ [-]}$$

Orientierungs- u. Neigungsfaktor

$$Z_{ON} = 1,00 \text{ [-]}$$

Glasflächenanteil, dimensionslos

$$f_G = 0,88 \text{ [-]}$$

Rahmenanteil [$f_G + f_R = 1$]

$$f_R = 0,12 \text{ [-]}$$

Abminderungsfakt. Abschattung

$$F_c = 0,25 \text{ [-]}$$

Gesamtenergie-Durchlassgrad Verglasung

$$g = 0,63 \text{ [-]}$$

Teilergebnis: **Solare Immissionsfläche**

$$A_I = 1,96 \text{ [m}^2\text{]}$$

Orientierung WEST

Bauteiltyp: **Fixverglasung / Fenster offenbar**

Fläche:

Bezeichnung: **Architekturlichte transparentes Bauteil**

$$A_{AL} = 11,34 \text{ [m}^2\text{]}$$

Verschattungsf. Umgeb., Auskragende BT., Laibungsrückspr.

$$F_{sc} = 1,00 \text{ [-]}$$

Orientierungs- u. Neigungsfaktor

$$Z_{ON} = 1,13 \text{ [-]}$$

Glasflächenanteil, dimensionslos

$$f_G = 0,88 \text{ [-]}$$

Rahmenanteil [$f_G + f_R = 1$]

$$f_R = 0,12 \text{ [-]}$$

Abminderungsfakt. Abschattung

$$F_c = 0,25 \text{ [-]}$$

Gesamtenergie-Durchlassgrad Verglasung

$$g = 0,63 \text{ [-]}$$

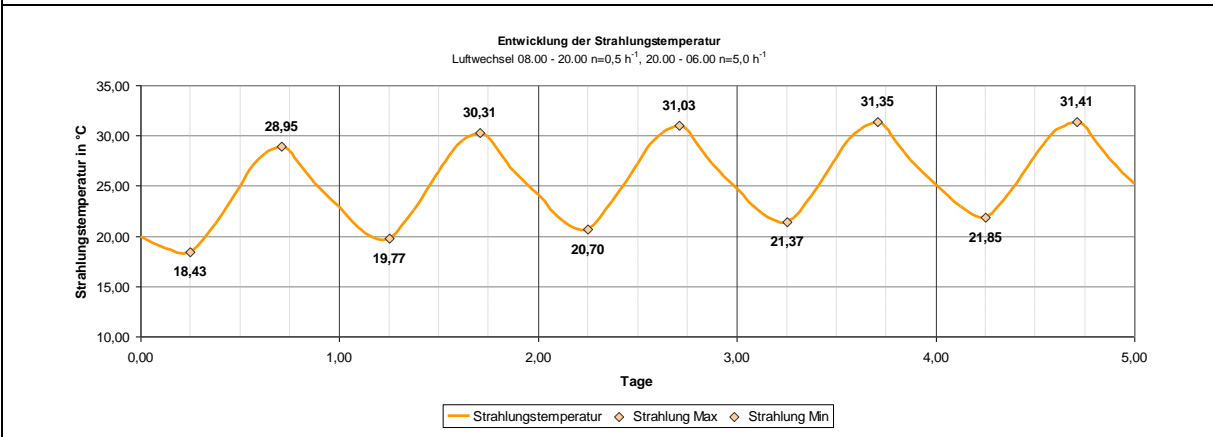
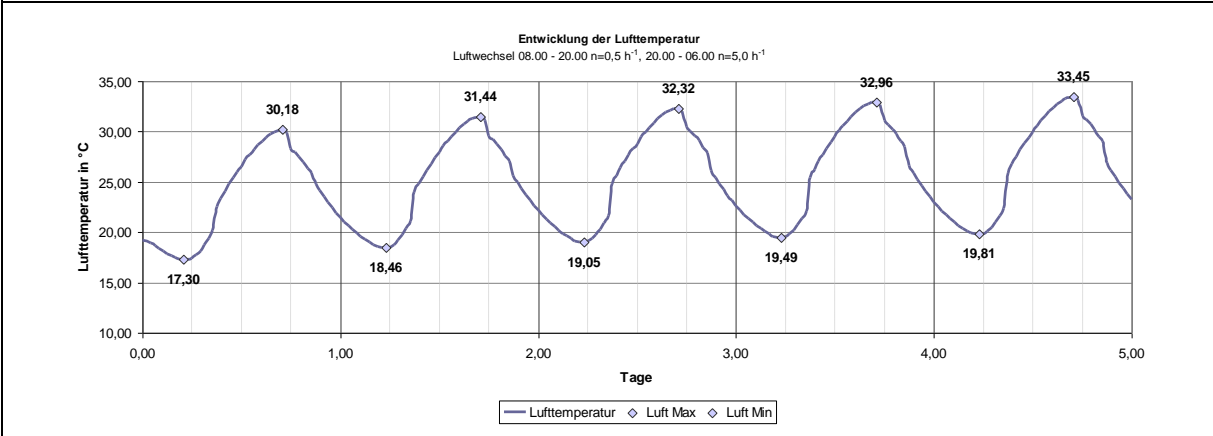
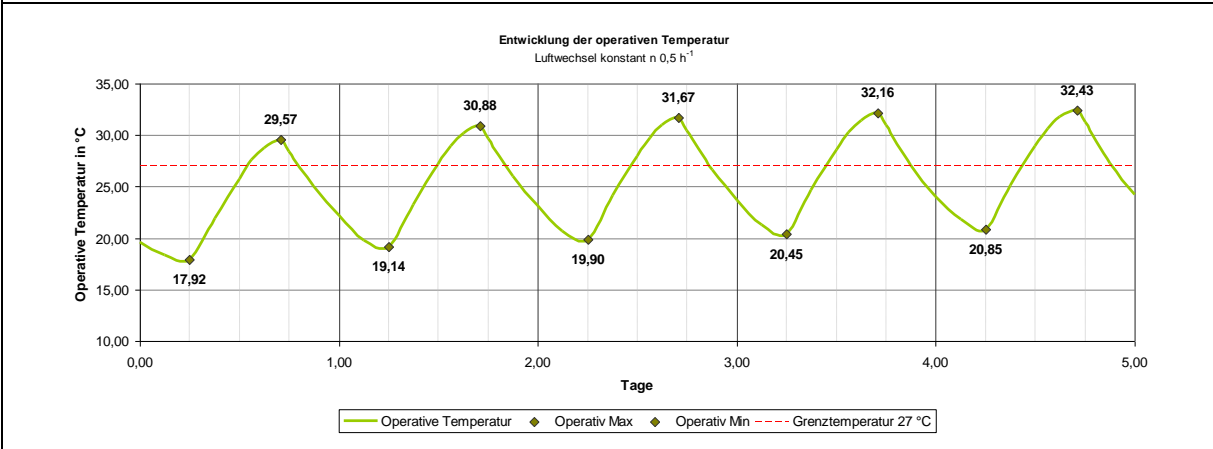
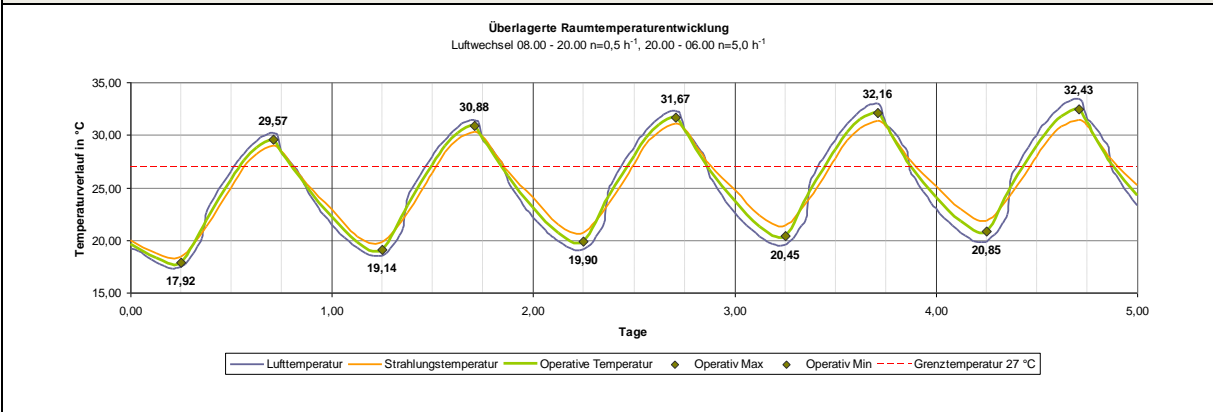
Teilergebnis: **Solare Immissionsfläche**

$$A_I = 1,78 \text{ [m}^2\text{]}$$

Var. C - Typ 1; Basisvariante - vereinfachter Nachweis sommerlicher Wärmeschutz

Speicherwirksame Masse				
Position	Bauteil	Fläche [m ²]	m _{w;B;A;24} [kg/m ²]	m _{w;B} [kg]
Pos. 1	Wand Süd	2,66	203,95	542,51
Pos. 2	Wand West	2,66	203,95	542,51
Pos. 3	Wand Nord	14,49	17,53	254,02
Pos. 4	Wand Ost	14,00	17,53	245,43
Pos. 5	Boden	30,00	117,65	3529,57
Pos. 6	Decke	30,00	65,85	1975,39
Pos. 7	Türen	2,31	23,78	54,92
Pos. 8	Fenster Süd	14,14	12,04	170,21
Pos. 9	Fenster West	11,34	12,04	136,51
Pos. 10	Fensterrahmen	3,06	34,91	106,75
Pos. 11	Einrichtung	30,00	38,00	1140,00
Ergebnis gesamt		m_w		8697,83 [kg]
Lüftung				
Bodenfläche		A	30,00	[m ²]
Raumvolumen		V	84,00	[m ³]
Luftwechselzahl		n _L	2,75	[h ⁻¹]
Luftvolumenstrom		V _{L,S}	56,61	[m ³ /h.m ²]
Interne Wärmequellen vereinfacht (gemittelt über Tag)				
Personenwärme:				
Anzahl der Personen im Raum		n	2,00	[n]
Wärmeabgabe pro Person		kW	0,03	[kW]
Immissionsfl. für Personenwärme		A _S	0,12	[m ²]
Technische Wärmequellen				
Anzahl der Arbeitsplätze		n	2,00	[n]
Wärmeabgabe der Geräte		kW	0,06	[kW]
Immissionsfl. für Personenwärme		A _T	0,23	[m ²]
Nachweis				
Immissionsfläche	$A_i = \Sigma A_{AL} + A_S + A_T$	4,08	[m ²]	
vorh. immissionsflächenbezogene speicherwirksame Masse	$m_{w,I} = m_w / A_i$	2131,37	[kg/m ²]	
erf. immissionsflächenbezogene speicherw. Masse	$m_{w,I} (V_{L,S} > 100 \text{ m}^3/\text{h.m}^2)$		[kg/m ²]	
	$m_{w,I} (V_{L,S} 75 - 100 \text{ m}^3/\text{h.m}^2)$		[kg/m ²]	
	$m_{w,I} (V_{L,S} 50 - 75 \text{ m}^3/\text{h.m}^2)$	6943,07	[kg/m ²]	
	$m_{w,I} (V_{L,S} < 50 \text{ m}^3/\text{h.m}^2)$		[kg/m ²]	
	$\Delta m_{w,I} = m_{w,I} - m_{w,I,min}$	-4811,69	[kg/m ²]	
$\Delta m_{w,I} = m_{w,I} - m_{w,I,min} > 0 \text{ kg/m}^2$		Nachweis nicht erfüllt		
Der Nachweis gilt somit als erbracht, wenn der Überschuss an speicherwirksamer Masse $\Delta m_{w,I}$ größer als null ist				

Raumtemperaturprognose: Variante C – Glasanteil 75%, Typ 1 – Standardvariante



ENERGIEKENNZAHLEN

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude - Planung
 gemäß ÖNORM H1005 und Richtlinie 2002/91/EG
 Österreichisches Institut für Bautechnik

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude - Planung
 gemäß ÖNORM H1005 und Richtlinie 2002/91/EG
 Österreichisches Institut für Bautechnik

KLIMADATEN

Klimaregion	SSO
Seehöhe	345 m
Heizgradtage	3563 Kd
Heiztage	120 d
Norm - Außentemperatur	-12,2 °C
Soil - Innentemperatur	20 °C

GEBÄUDEDATEN

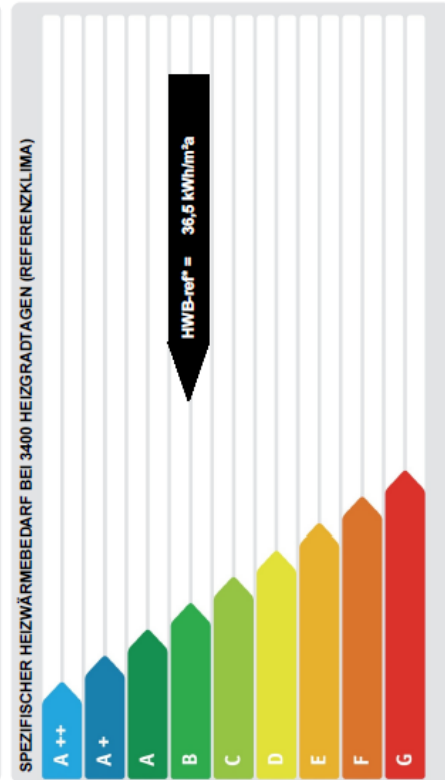
Brutto-Grundfläche	36 m²
konditioniertes Brutto-Volumen	118 m³
charakteristische Länge (lc)	3,00 m
Kompaktheit (AV)	0,33 1/m
mittlerer U-Wert (Um)	0,97 W/m²K
LEK - Wert	58

Gebäude	Variante C - Glasanteil 75%, Typ 1 - Basisvariante
Gebäudeart	Bürogebäude
Gebäudezone	Eckraum Südwest
Straße	
PLZ/Ort	8041 Graz-Liebenau
EigentümerIn	
Erbaut im Jahr	2013
Katastralgemeinde	Graz Stadt-Thondorf
KG - Nummer	63123
Einlagezahl	
Grundstücks nr.	

SPEZIFISCHER HEIZWÄRMEBEDARF BEI 3400 HEIZGRADTAGEN (REFERENZKLIMA)

Referenzklima zonenbezogen	spezifisch	Standortklima zonenbezogen	spezifisch	Anforderungen ab 01.01.2010
HWB* 1.325 kWh/a	11,19 kWh/m²a	1.398 kWh/a	38,46 kWh/m²a	11,9 kWh/m²a erfüllt
HMB 1.392 kWh/a	38,28 kWh/m²a	171 kWh/a	4,71 kWh/m²a	
WWWB 855 kWh/a	7,22 kWh/m²a	1.676 kWh/a	46,09 kWh/m²a	1,0 kWh/m²a nicht erfüllt
NERLT-h				
KB*				
KB				
NERLT-k				
NERLT-d				
NE				
HTEB-RH		190 kWh/a	5,23 kWh/m²a	
HTEB-WW		1.187 kWh/a	32,64 kWh/m²a	
HTEB		1.630 kWh/a	44,84 kWh/m²a	
KTEB		3.199 kWh/a	88,01 kWh/m²a	
HEB				
KEB				
RLTEB				
BeIEB				
EEB		k.A. * kWh/a	k.A. * kWh/m²a	
PEB		4.875 kWh/a	134,10 kWh/m²a	
CO2				

* k.A. = keine Angabe, die Teile für die Berechnung wurden nicht ausgeführt



ERSTELLT

ErstellerIn	Organisation
ErstellerIn-Nr.	Ausstellungsdatum 17.02.2013
GWR-Zahl	Gültigkeitsdatum Planung
Geschäftszahl	

Unterschrift

ERLÄUTERUNGEN

Endenergiebedarf (EEB):
 Energiemenge die dem Energiesystem des Gebäudes für Heizung und Warmwasserversorgung inklusive notwendiger Energiemengen für die Hilfsbetriebe bei einer typischen Standardnutzung zugeführt werden muss.

Die Energieausweise dieses Energieausweises dienen ausschließlich der Information. Änderungen hinsichtlich Energieausweise können bei sachlicher Nutzung ohne Rücksicht auf den Inhabenden vorgenommen werden. Insbesondere hinsichtlich der Angabe der Gebäudeart und der Angabe der Energieausweise. Die Angabe der Energieausweise ist nicht verbindlich. Die Angabe der Energieausweise ist nicht verbindlich. Die Angabe der Energieausweise ist nicht verbindlich.

Dieser Energieausweis entspricht den Vorgaben der Richtlinie "Energieeffizienz und Wärmeschutz" des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Dezember 2002 (EG) über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und den Energieausweis (2002/91/EG) (EED).

Diese Version dient nur zu Übungszwecken, der gewerbliche Gebrauch ist mit dieser Version nicht gestattet.
 GEO von Zehentmayer Software GmbH www.gea.at
 v2012.090947 REPEARL6107 - Steiermark

EA-01-2007-09047
 EA-WG
 25.04.2007

EA-01-2007-09047
 EA-WG
 25.04.2007

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

Heizlast

Übungsversion_Variante C - Glasanteil 75%; Typ 1 -

Vereinfachte Berechnung des zeitbezogenen
Wärmeverlustes (Heizlast) von Gebäuden gemäß
Energieausweis
Berechnungsblatt

Bauherr

Planer/ Baumeister / Baufrma

Teil:

Norm-Außen Temperatur:	-12,2 °C	Standort:	Graz-Liebenau			
Berechnungs-Raumtemperatur:	20 °C	Bau- Rauminhalt der beheizten Gebäudeteile:	116,42 m ³			
Temperatur-Differenz:	32,2 K	Gebäudehüllfläche:	39,42 m ²			
Bauteile		Fläche	Wärmed- koeffiz.	Korr- faktor	Korr- faktor	A x U x f
		A	U	f	f_{th}	[W/K]
		[m²]	[W/m² K]	[1]	[1]	[W/K]
AW01 Außenwand	13,94	0,247	1,00			3,44
FETTÜ Fenster u. Türen	25,48	1,226				31,23
ZW01 ZW Gipskarton	37,53	0,430				
Summe Außenwandflächen	13,94					
Summe Wandflächen zum Bestand	37,53					
Fensteranteil in Außenwänden 64,6 %	25,48					
Summe						35
						[W/K]
Wärmebrücken (vereinfacht)						3
						[W/K]
Transmissions - Leitwert L_T						38,14
						[W/K]
Lüftungs - Leitwert L_y						11,36
						[W/K]
Gebäude - Heizlast P_{tot}						1,59
						[kW]
Flächenbez. Heizlast P₁ bei einer BGF von 36 m²						43,85
						[W/m² BGF]
Gebäude - Heizlast P_{est} (EN 12831 vereinfacht)						2,27
						[kW]

Die berechnete Heizlast kann von jeher gemäß ÖNORM H 7500 bzw. EN ISO 12831 abgewichen und ersetzt nicht den Nachweis der Gebäude-Normheizlast gemäß ÖNORM H 7500 bzw. EN ISO 12831. Die vereinfachte Heizlast EN 12831 berücksichtigt nicht die Aufheizung und gilt nur für Standardfälle.

Diese Version dient nur zu Übungszwecken, der gewerbliche Gebrauch ist mit dieser Version nicht gestattet.

GEQ von Zehentmayer Software GmbH www.geq.at

v.2012.090947 REP03607 - Steiermark

17.02.2013

Seite 3

LOKALE THERMISCHE BEHAGLICHKEIT

Var. C - Typ 1: Kaltluftabfall / Zuglufterscheinungen

Berechnungsgrundlagen

Parameter

Gravitationskonstante
Außenlufttemperatur $\theta_{T_{Mit,min}}$ für Graz
Innenlufttemperatur Celsius
Innenlufttemperatur Kelvin
Oberflächentemperatur Bauteil
Wärmeübergangswiderstand innen
Temperaturdifferenz Luft - Oberfläche
Höhe des (transparenten) Bauteils
Abstand Aufenthaltszone zu Glas
U - Wert des Verglasungselements

U Wert fix

$g =$	9,81	[m/s ²]
$q_e =$	-9,40	[°C]
$q_i =$	20,00	[°C]
$T =$	293,00	[K]
$q_{o,i} =$	15,80	[°C]
$r_{s,i} =$	0,13	[m ² K/W]
$Dq =$	4,20	[K]
$h =$	2,80	[m]
$x =$	1,00	[m]
$U_g =$	1,10	[W/m ² K]

Grenzluftgeschwindigkeit an der Glasoberfläche

Methode **SIA D 0176**

Formel

$$v_{\max} = 0,54 * \left(\frac{g * \Delta\theta}{T} \right)^{0,5} * h^{0,5}$$

Teilergebnis: **Luftgeschwindigkeit max.**zul. v_{\max} in Grenzschicht damit DR<10 $V_{Gr,max} =$ **0,339** [m/s] $V_{Gr,zul,DR10} =$ **0,250** [m/s]Luftgeschwindigkeit in Aufenthaltszone: Glasabstand $\geq 1,00m$ Methode **Heiselberg**

Formel

$$v_{\max} = 0,134 * \frac{\sqrt{h * \Delta\theta}}{x + 2,04}$$

Teilergebnis: **Luftgeschwindigkeit max.** $V_{\max} =$ **0,151** [m/s] $V_{zul,DR10} =$ **0,112** [m/s]Teilergebnis: **min. erforderlicher U-Wert der Verglasung
damit DR ≤ 10 %** $U_g =$ **0,598** [W/m²K]Unzufriedene durch Zuglufterscheinungen in Aufenthaltszone: Glasabstand $\geq 1,00m$ Methode **EN ISO 7730**

Formel

$$DR = (34 - t_{a,l}) * (\bar{v}_{a,l} - 0,05)^{0,62} * (0,37 * \bar{v}_{a,l} * Tu + 3,14)$$

Endergebnis **Prozentsatz der Unzufriedenen wegen
Zuglufterscheinungen** $DR =$ **14,4** [%]

Var. C - Typ 1: Vertikaler Lufttemperaturunterschied

Lufttemperaturdifferenz in Aufenthaltszone: Glasabstand $\geq 1,00\text{m}$

Methode **Heiselberg**

$$t_{\min} = t_{\text{Raum}} - (0,30 - 0,034 * x) * \Delta \theta$$

Teilergebnis: **min. Lufttemperatur am Boden** $t_{\min} = 18,882$ [°C]
Temperatur in Höhe 1,1m => Raumlufitempe $t_{\text{Raum}} = 20,000$ [°C]

Endergebnis **Differenz** $\Delta t_{a,v} = 1,118$ [°C]

Unzufriedene durch Lufttemperaturdifferenz in Aufenthaltszone: Glasabstand $\geq 1,00\text{m}$

Methode **EN ISO 7730**

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(5,76 - 0,856 * \Delta t_{a,v})}$$

Endergebnis **Prozentsatz der Unzufriedenen wegen Lufttemperaturdifferenzen** DR **0,8** [%]

Var. C - Typ 1: Warme und kalte Fußböden

Unzufriedene durch zu warme oder kalte Böden

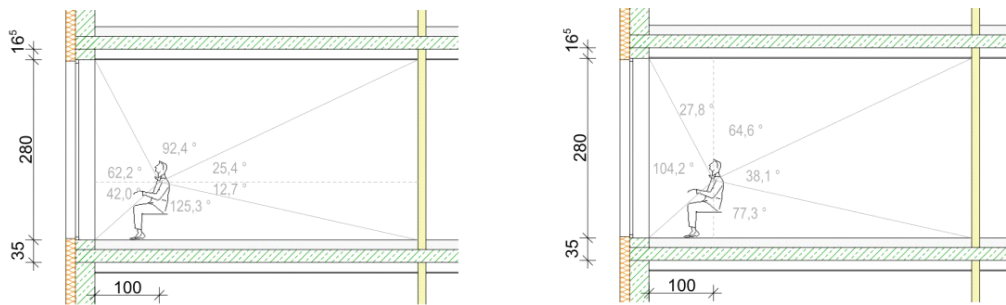
Methode **EN ISO 7730**

Fußbodentemperatur 20,00 °C

$$PD = 100 - 94 * \exp(-1,387 + 0,118 * t_f - 0,0025 * t_f^2)$$

Endergebnis **Prozentsatz der Unzufriedenen wegen zu warmen oder kalten Böden** DR **8,5** [%]

Var. C - Typ 1: Strahlungsasymmetrie in einer Schnittebene - Vereinfachtes Verfahren



Vertikale Asymmetrie

Einflussfläche		Strahlende Länge [m]	Winkel zu Person [°]	Strahlungs-Temperatur [°C]	Temperatur Teilfläche [°C]
Halbraum oben					
1	Fenster	1,90	62,24	15,80	5,46
2	Sturz				0,00
3	Decke	5,00	92,35	20,00	10,26
4	Innenwand	1,90	25,41	20,00	2,82
5					0,00
					18,55
Halbraum unten					
1	Fenster	0,90	41,99	15,80	3,68
2	Parapeth				0,00
3	Boden	5,00	125,33	20,00	13,93
4	Innenwand	0,90	12,68	20,00	1,41
5			0,00		0,00
					19,02
Temperaturdifferenz				$\Delta t_{a,v} =$	-0,47

Kalte Decke

Methode	EN ISO 7730	
Formel	$PD = \frac{100}{1 + \exp(9,93 - 0,50 * \Delta t_{a,v})}$	
Teilergebnis:	Temperaturdifferenz	$\Delta t_{a,v} =$ 0,47 °C
Endergebnis	Prozentsatz der Unzufriedenen wegen zu warmer Decke	PD = 0,47%

Horizontale Asymmetrie					
		Strahlende Länge [m]	Winkel zu Person [°]	Strahlungs- Temperatur [°C]	Temperatur Teilfläche [°C]
Einflussfläche Halbraum links					
1	Boden	1,00	48,01	20,00	5,33
2	Parapeth				0,00
3	Fenster	2,80	104,23	15,80	9,15
4	Sturz				0,00
5	Decke	1,00	27,76	20,00	3,08
					17,57 °C
Einflussfläche Halbraum rechts					
1	Decke	4,00	64,59	20,00	7,18
2	Innenwand	2,80	38,09	20,00	4,23
3	Boden	4,00	77,32	20,00	8,59
4			0,00		0,00
5			0,00		0,00
					20,00 °C
Temperaturdifferenz				$\Delta t_{a,v} =$	-2,43 °C
Kalte Wand					
Methode	EN ISO 7730				
Formel	$PD = \frac{100}{1 + \exp(6,61 - 0,345 * \Delta t_{a,v})}$				
Teilergebnis:	Temperaturdifferenz			$\Delta t_{a,v} =$	2,43 °C
Endergebnis	Prozentsatz der Unzufriedenen wegen zu warmer Decke			PD =	0,31%

Var. C - Typ 1: lokale thermische Behaglichkeit
--

Kategorien des Umgebundsklimas

Kategorie	Lokale Unbehaglichkeit			
	DR %	Vertikaler Lufttemperaturunterschied	PD % warmer oder kalter Fußboden	asymmetrische Strahlung
A	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 30	< 10	< 15	< 10

Klimatische Beurteilung des untersuchten Raumes
--

Kategorie	Lokale Unbehaglichkeit			
	DR %	Vertikaler Lufttemperaturunterschied	PD % warmer oder kalter Fußboden	asymmetrische Strahlung
A		0,81	8,50	0,47%
B	14,41		8,50	0,47%
C				

6.6.2. TYP C-2: OPTIMIERUNGSVARIANTE 1

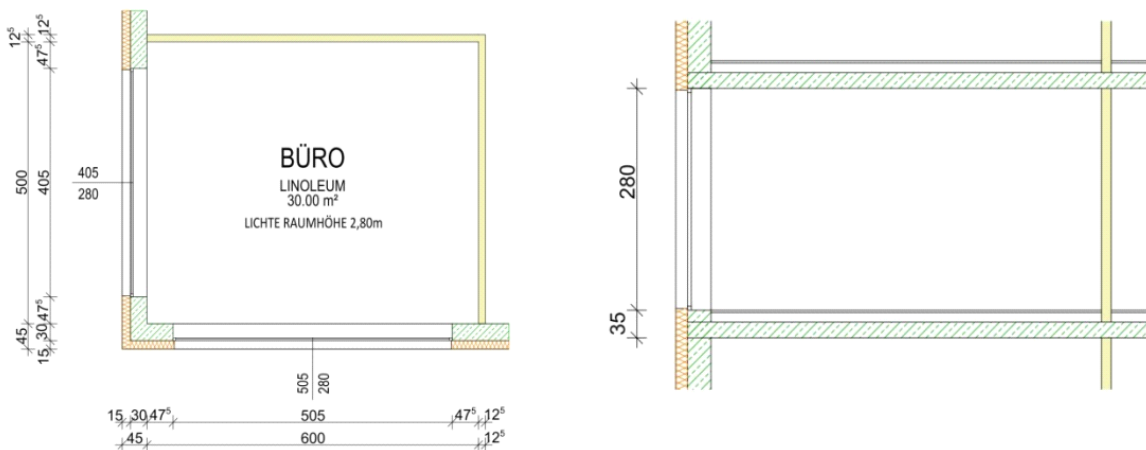
Var. C - Typ 2: Berechnungsgrundlagen

Technische Kennwerte

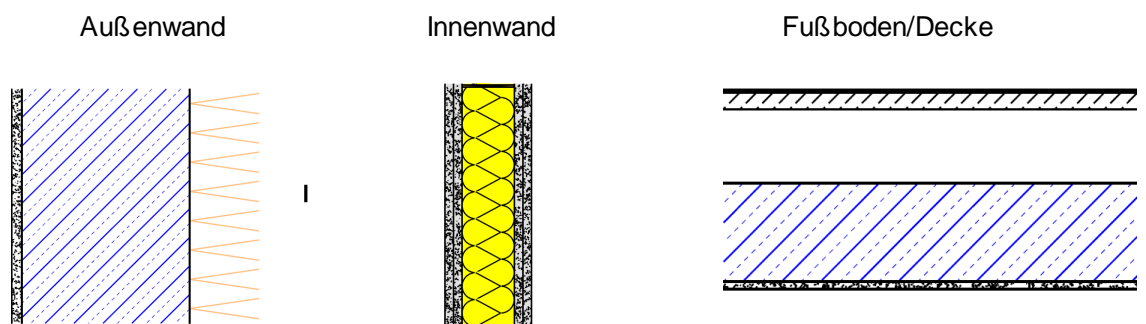
U _g -Wert	
g-Wert	
Verschattungsfaktor	
Luftwechselrate	
	08 ⁰⁰ - 20 ⁰⁰
	20 ⁰⁰ - 08 ⁰⁰

U _g =	0,70	[W/m ² K]
g =	0,21	[-]
F _c =	0,25	[-]
	0,50	[h ⁻¹]
	5,00	[m ² K/W]

Grundriss und Schnitt



Aufbauten Bauteile



VEREINFACHTER NACHWEIS SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ

ÖNORM - Solare Immissionsflächen

$$\text{Summe } A_I = F_{sc} \cdot Z_{ON} \cdot A_{AL} \cdot f_G \cdot F_c \cdot g$$

Orientierung SÜD

Bauteiltyp: **Fixverglasung / Fenster offenbar**

Fläche:

Bezeichnung: **Architekturlichte transparentes Bauteil**

$$A_{AL} = 14,14 \text{ [m}^2\text{]}$$

Verschattungsf. Umgeb., Auskragende BT., Laibungsrückspr.

$$F_{sc} = 1,00 \text{ [-]}$$

Orientierungs- u. Neigungsfaktor

$$Z_{ON} = 1,00 \text{ [-]}$$

Glasflächenanteil, dimensionslos

$$f_G = 0,88 \text{ [-]}$$

Rahmenanteil [$f_G + f_R = 1$]

$$f_R = 0,12 \text{ [-]}$$

Abminderungsfakt. Abschattung

$$F_c = 0,25 \text{ [-]}$$

Gesamtenergie-Durchlassgrad Verglasung

$$g = 0,21 \text{ [-]}$$

Teilergebnis: **Solare Immissionsfläche**

$$A_I = 0,65 \text{ [m}^2\text{]}$$

Orientierung WEST

Bauteiltyp: **Fixverglasung / Fenster offenbar**

Fläche:

Bezeichnung: **Architekturlichte transparentes Bauteil**

$$A_{AL} = 11,34 \text{ [m}^2\text{]}$$

Verschattungsf. Umgeb., Auskragende BT., Laibungsrückspr.

$$F_{sc} = 1,00 \text{ [-]}$$

Orientierungs- u. Neigungsfaktor

$$Z_{ON} = 1,13 \text{ [-]}$$

Glasflächenanteil, dimensionslos

$$f_G = 0,88 \text{ [-]}$$

Rahmenanteil [$f_G + f_R = 1$]

$$f_R = 0,12 \text{ [-]}$$

Abminderungsfakt. Abschattung

$$F_c = 0,25 \text{ [-]}$$

Gesamtenergie-Durchlassgrad Verglasung

$$g = 0,21 \text{ [-]}$$

Teilergebnis: **Solare Immissionsfläche**

$$A_I = 0,59 \text{ [m}^2\text{]}$$

Var. C - Typ 2; Optimierung 1 - vereinfachter Nachweis sommerlicher Wärmeschutz

Speicherwirksame Masse

Position	Bauteil	Fläche [m ²]	m _{w;B;A;24} [kg/m ²]	m _{w;B} [kg]
Pos. 1	Wand Süd	2,66	203,95	542,51
Pos. 2	Wand West	2,66	203,95	542,51
Pos. 3	Wand Nord	14,49	17,53	254,02
Pos. 4	Wand Ost	14,00	17,53	245,43
Pos. 5	Boden	30,00	42,18	1265,51
Pos. 6	Decke	30,00	201,02	6030,71
Pos. 7	Türen	2,31	23,78	54,92
Pos. 8	Fenster Süd	14,14	12,04	170,21
Pos. 9	Fenster West	11,34	12,04	136,51
Pos. 10	Fensterrahmen	3,06	34,91	106,75
Pos. 11	Einrichtung	30,00	38,00	1140,00

Ergebnis **gesamte speicherwirksame Masse** m_w **10489,09** [kg]

Lüftung

Bodenfläche	A	30,00	[m ²]
Raumvolumen	V	84,00	[m ³]
Luftwechselzahl	n _L	2,75	[h ⁻¹]
Luftvolumenstrom	V _{L,S}	145,26	[m ³ /h.m ²]

Interne Wärmequellen vereinfacht (gemittelt über Tag)

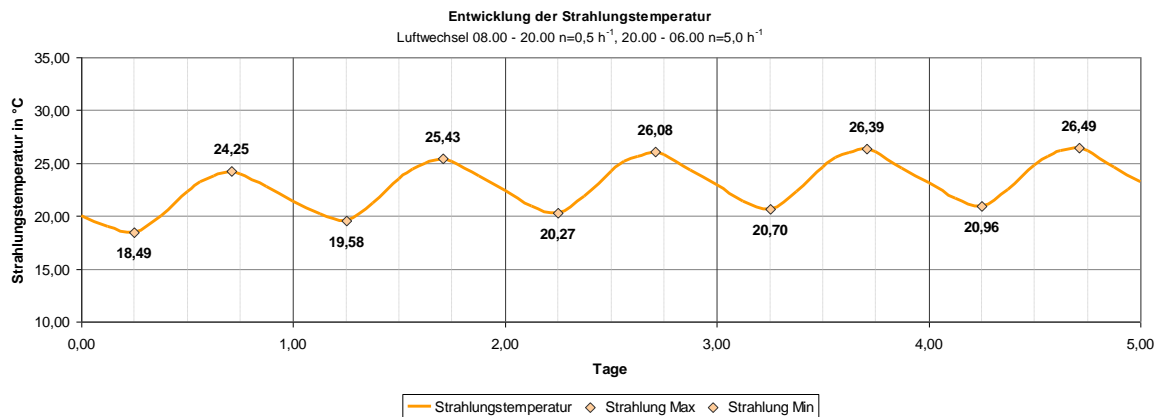
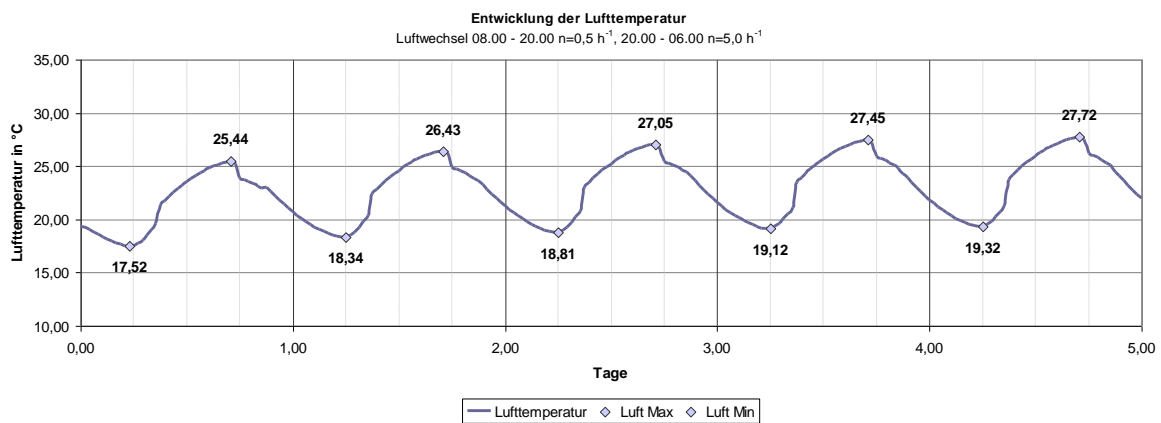
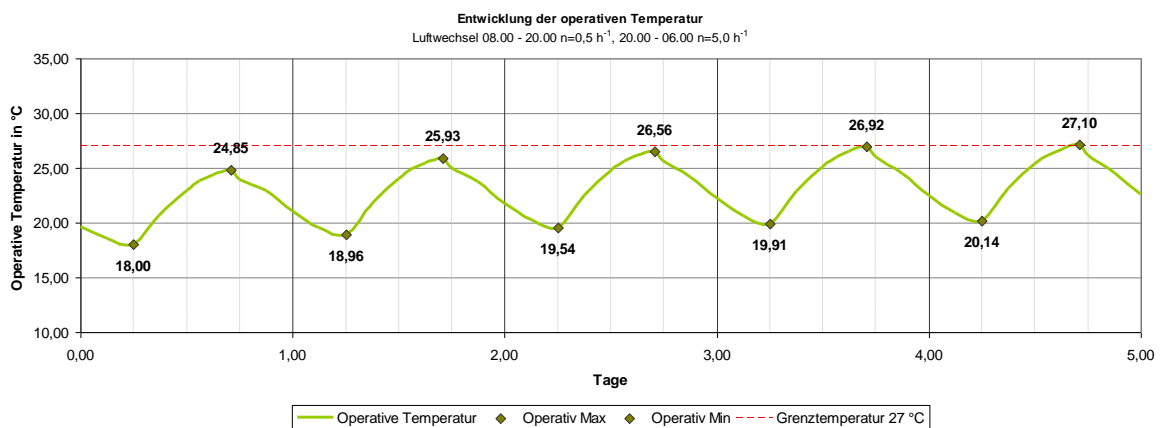
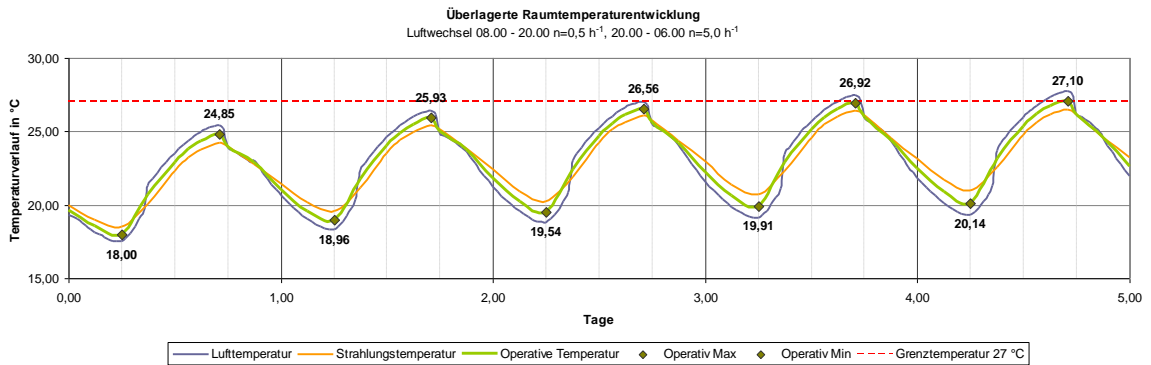
Personenwärme:			
Anzahl der Personen im Raum	n	2,00	[n]
Wärmeabgabe pro Person	kW	0,03	[kW]
Immissionsfl. für Personenwärme	A _S	0,12	[m ²]
Technische Wärmequellen			
Anzahl der Arbeitsplätze	n	2,00	[n]
Wärmeabgabe der Geräte	kW	0,06	[kW]
Immissionsfl. für Personenwärme	A _T	0,23	[m ²]

Nachweis

Immissionsfläche	$A_i = \Sigma A_{AL} + A_S + A_T$	1,59	[m ²]
vorh. immissionsflächenbezogene speicherwirksame Masse	$m_{w,I} = m_w / A_i$	6595,74	[kg/m ²]
erf. immissionsflächenbezogene speicherw. Masse	$m_{w,I} (V_{L,S} > 100 \text{ m}^3/\text{h.m}^2)$	>= 2000	[kg/m ²]
	$m_{w,I} (V_{L,S} 75 - 100 \text{ m}^3/\text{h.m}^2)$		[kg/m ²]
	$m_{w,I} (V_{L,S} 50 - 75 \text{ m}^3/\text{h.m}^2)$		[kg/m ²]
	$m_{w,I} (V_{L,S} < 50 \text{ m}^3/\text{h.m}^2)$		[kg/m ²]
	$\Delta m_{w,I} = m_{w,I} - m_{w,I,min}$	4595,74	[kg/m ²]
$\Delta m_{w,I} = m_{w,I} - m_{w,I,min} > 0 \text{ kg/m}^2$	Nachweis erfüllt		

Der Nachweis gilt somit als erbracht, wenn der Überschuss an speicherwirksamer Masse $\Delta m_{w,I}$ größer als null ist

Raumtemperaturprognose: Variante C – Glasanteil 75%, Typ 2 – Optimierung 1



ENERGIEKENNZAHLEN

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude - Planung

gemäß ÖNORM H1005 und Richtlinie 2002/91/EG Österreichisches Institut für Bautechnik

Gebäude	Variante C - Glasanteil 75%; Typ 2 - Optimierungsvariante 1
Gebäudeart	Bürogebäude
Gebäudezone	Eckraum Südwest
Straße	Katastralgemeinde Graz Stadt-Thondorf
PLZ/Ort	8041 Graz-Liebenau
EigentümerIn	Einlagezahl Grundstücks nr.
Erbaut im Jahr	2013
KG - Nummer	63123

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude - Planung

gemäß ÖNORM H1005 und Richtlinie 2002/91/EG Österreichisches Institut für Bautechnik

GEBÄUDEDATEN	KLIMADATEN
Brutto-Grundfläche	36 m ²
konditioniertes Brutto-Volumen	116 m ³
charakteristische Länge (lc)	3,00 m
Kompaktheit (AV)	0,33 1/m
mittlerer U-Wert (Um)	0,71 W/m ² K
LEK - Wert	43
Klimaregion	SSO
Seehöhe	345 m
Heizgradtage	3563 Kd
Heiztage	191 d
Norm - Außentemperatur	-12,2 °C
Soll - Innentemperatur	20 °C

SPEZIFISCHER HEIZWÄRMEBEDARF BEI 3400 HEIZGRADTAGEN (REFERENZKLIMA)

Kategorie	Spezifischer Heizwärmebedarf (kWh/m ² a)
A++	< 10
A+	10 - 15
A	15 - 20
B	20 - 25
C	25 - 30
D	30 - 35
E	35 - 40
F	40 - 45
G	> 45

ERSTELLT	Organisation
ErstellerIn	Ausstellungsdatum 17.02.2013
ErstellerIn-Nr.	Gültigkeitsdatum Planung
GWR-Zahl	Geschäftszahl
Unterschrift	

ERLÄUTERUNGEN

Endenergiebedarf (EEB): Energiemenge die dem Energiesystem des Gebäudes für Heizung und Warmwasserversorgung inklusive notwendiger Energiemengen für die Hilfsbetriebe bei einer typischen Standardnutzung zugeführt werden muss.

Der Energieausweis dieses Energieausweises dient ausschließlich der Information. Änderungen hinsichtlich Energieausweise können bei laufender Nutzung erhebliche Auswirkungen auf den Inhabenden haben. Insbesondere hinsichtlich der besonderen Lage, Natur und der Gemeindeförderung. Die Energieausweise werden von dem hier angegebenen Anbieter erstellt.

EA-01-2007-096-a
EA-WVG
25.04.2007

Referenzklima zonenbezogen

Referenzklima zonenbezogen	spezifisch	Standortklima zonenbezogen	spezifisch	Anforderungen ab 01.01.2010
HWB*	1,640 kWh/a	14,08 kWh/m ² a	1,799 kWh/a	11,9 kWh/m ² a nicht erfüllt
HMB	1,723 kWh/a	47,39 kWh/m ² a	1,71 kWh/a	4,71 kWh/m ² a
WWWB				
NERLT-h				
KB*	61 kWh/a	0,52 kWh/m ² a	524 kWh/a	14,41 kWh/m ² a
KB				
NERLT-k				
NERLT-d				
NE				
HTeB-RH			299 kWh/a	8,23 kWh/m ² a
HTeB-WW			1,187 kWh/a	32,64 kWh/m ² a
HTeB			1,789 kWh/a	49,20 kWh/m ² a
KTEB				
HEB			3,759 kWh/a	105,41 kWh/m ² a
KEB				
RLTEB				
BeIEB			k.A. * kWh/a	k.A. * kWh/m ² a
EEB			4,283 kWh/a	117,82 kWh/m ² a
PEB				
CO2				

* k.A. = keine Angabe, die Teile für die Berechnung wurden nicht ausgeführt

Die Energieausweise entsprechen den Vorgaben der Richtlinie "Energieeffizienz und Wärmeschutz" des Europäischen Parlaments vom 13. Dezember 2002 (EG) über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und den Energieausweise-Vollzugsverordnung (EGAS).

EA-01-2007-096-a
EA-WVG
25.04.2007

Dieser Energieausweis entspricht den Vorgaben der Richtlinie "Energieeffizienz und Wärmeschutz" des Europäischen Parlaments vom 13. Dezember 2002 (EG) über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und den Energieausweise-Vollzugsverordnung (EGAS).

Dieser Energieausweis ist ein Dokument, das für die gewerbliche Nutzung bestimmt ist. Die Energieausweise werden von dem hier angegebenen Anbieter erstellt.

Dieser Energieausweis ist ein Dokument, das für die gewerbliche Nutzung bestimmt ist. Die Energieausweise werden von dem hier angegebenen Anbieter erstellt.

Dieser Energieausweis ist ein Dokument, das für die gewerbliche Nutzung bestimmt ist. Die Energieausweise werden von dem hier angegebenen Anbieter erstellt.

Dieser Energieausweis ist ein Dokument, das für die gewerbliche Nutzung bestimmt ist. Die Energieausweise werden von dem hier angegebenen Anbieter erstellt.

Dieser Energieausweis ist ein Dokument, das für die gewerbliche Nutzung bestimmt ist. Die Energieausweise werden von dem hier angegebenen Anbieter erstellt.

Dieser Energieausweis ist ein Dokument, das für die gewerbliche Nutzung bestimmt ist. Die Energieausweise werden von dem hier angegebenen Anbieter erstellt.

Dieser Energieausweis ist ein Dokument, das für die gewerbliche Nutzung bestimmt ist. Die Energieausweise werden von dem hier angegebenen Anbieter erstellt.

Dieser Energieausweis ist ein Dokument, das für die gewerbliche Nutzung bestimmt ist. Die Energieausweise werden von dem hier angegebenen Anbieter erstellt.

Dieser Energieausweis ist ein Dokument, das für die gewerbliche Nutzung bestimmt ist. Die Energieausweise werden von dem hier angegebenen Anbieter erstellt.

Dieser Energieausweis ist ein Dokument, das für die gewerbliche Nutzung bestimmt ist. Die Energieausweise werden von dem hier angegebenen Anbieter erstellt.

Dieser Energieausweis ist ein Dokument, das für die gewerbliche Nutzung bestimmt ist. Die Energieausweise werden von dem hier angegebenen Anbieter erstellt.

Dieser Energieausweis ist ein Dokument, das für die gewerbliche Nutzung bestimmt ist. Die Energieausweise werden von dem hier angegebenen Anbieter erstellt.

Dieser Energieausweis ist ein Dokument, das für die gewerbliche Nutzung bestimmt ist. Die Energieausweise werden von dem hier angegebenen Anbieter erstellt.

Dieser Energieausweis ist ein Dokument, das für die gewerbliche Nutzung bestimmt ist. Die Energieausweise werden von dem hier angegebenen Anbieter erstellt.

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

Heizlast

Übungsversion_Variante C - Glasanteil 75%; Typ 2 -

Vereinfachte Berechnung des zeitbezogenen

Wärmeverlustes (Heizlast) von Gebäuden gemäß

Energieausweis

Berechnungsblatt

Bauherr

Planer/ Baumeister / Baufrma

Teil:

Norm-Außen-temperatur:	-12,2 °C	Standort:	Graz-Liebenau
Berechnungs-Raumtemperatur:	20 °C	Bau- und Raumhalt der	beheizten Gebäudeteile:
Temperatur-Differenz:	32,2 K	beheizten Gebäudeteile:	116,44 m ³
		Gebäudehüllfläche:	38,76 m ²

Bauteile	Fläche A [m ²]	Wärmed- koeffiz. U [W/m ² K]	Korr- faktor f [1]	Korr- faktor f _{th} [1]	A x U x f [W/K]
AW01 Außenwand	13,28	0,247	1,00		3,28
FETT0 Fenster u. Türen	25,48	0,856			21,80
ZW01 ZW Gipskarton	36,87	0,701			
Summe Außenwandflächen	13,28				
Summe Wandflächen zum Bestand	36,87				
Fensteranteil in Außenwänden 65,7 %	25,48				
Summe					25

[W/K]

Wärmebrücken (vereinfacht)

Transmissions - Leitwert L_T

Lüftungs - Leitwert L_y

Gebäude - Heizlast P_{pot}

Flächenbez. Heizlast P₁ bei einer BGF von 36 m²

Gebäude - Heizlast P_{est} (EN 12831 vereinfacht) Luftwechsel = 1,00 1/h

Die berechnete Heizlast kann von jeher gemäß ÖNORM H 7500 bzw. EN ISO 12831 abweichen und ersetzt nicht den Nachweis der Gebäude-Normheizlast gemäß ÖNORM H 7500 bzw. EN ISO 12831. Die vereinfachte Heizlast EN 12831 berücksichtigt nicht die Aufheizung und gilt nur für Standardfälle.

[W/K]

[W/K]

[W/K]

[W/K]

[kW]

[W/m² BGF]

[kW]

Diese Version dient nur zu Übungszwecken, der gewerbliche Gebrauch ist mit dieser Version nicht gestattet.

GEQ von Zehentmayer Software GmbH www.geq.at

v.2012.090047 REP03607 - Steiermark 17.02.2013

Seite 3

Ergebniszusammenstellung Energieausweis	
Heizwärmebedarf	14,08 kWh/m ³ a
Heizlast	1,25 kW
außeninduzierter Kühlbedarf	0,52 kwh/m ³ a

LOKALE THERMISCHE BEHAGLICHKEIT

Var. C - Typ 2: Kaltluftabfall / Zuglufterscheinungen

Berechnungsgrundlagen

Parameter

Gravitationskonstante
Außenlufttemperatur $\theta_{T_{Mit, min}}$ für Graz
Innenlufttemperatur Celsius
Innenlufttemperatur Kelvin
Oberflächentemperatur Bauteil
Wärmeübergangswiderstand innen
Temperaturdifferenz Luft - Oberfläche
Höhe des (transparenten) Bauteils
Abstand Aufenthaltszone zu Glas
U - Wert des Verglasungselements

U Wert fix

$g =$	9,81	[m/s ²]
$q_e =$	-9,40	[°C]
$q_i =$	20,00	[°C]
$T =$	293,00	[K]
$q_{o,i} =$	17,32	[°C]
$r_{s,i} =$	0,13	[m ² K/W]
$Dq =$	2,68	[K]
$h =$	2,80	[m]
$x =$	1,00	[m]
$U_g =$	0,70	[W/m ² K]

Grenzluftgeschwindigkeit an der Glasoberfläche

Methode **SIA D 0176**

Formel

$$v_{\max} = 0,54 * \left(\frac{g * \Delta\theta}{T} \right)^{0,5} * h^{0,5}$$

Teilergebnis: **Luftgeschwindigkeit max.**zul. v_{\max} in Grenzschicht damit DR<10 $V_{Gr, \max} =$ **0,270** [m/s] $V_{Gr, zul, DR10} =$ **0,250** [m/s]Luftgeschwindigkeit in Aufenthaltszone: Glasabstand $\geq 1,00m$ Methode **Heiselberg**

Formel

$$v_{\max} = 0,134 * \frac{\sqrt{h * \Delta\theta}}{x + 2,04}$$

Teilergebnis: **Luftgeschwindigkeit max.** $V_{\max} =$ **0,121** [m/s] $V_{zul, DR10} =$ **0,112** [m/s]Teilergebnis: **min. erforderlicher U-Wert der Verglasung
damit DR ≤ 10 %** $U_g =$ **0,598** [W/m²K]Unzufriedene durch Zuglufterscheinungen in Aufenthaltszone: Glasabstand $\geq 1,00m$ Methode **EN ISO 7730**

Formel

$$DR = (34 - t_{a,l}) * (\bar{v}_{a,l} - 0,05)^{0,62} * (0,37 * \bar{v}_{a,l} * Tu + 3,14)$$

Endergebnis **Prozentsatz der Unzufriedenen wegen
Zuglufterscheinungen** $DR =$ **10,9** [%]

Var. C - Typ 2: Vertikaler Lufttemperaturunterschied

Lufttemperaturdifferenz in Aufenthaltszone: Glasabstand $\geq 1,00\text{m}$

Methode **Heiselberg**

$$t_{\min} = t_{\text{Raum}} - (0,30 - 0,034 * x) * \Delta \theta$$

Teilergebnis: **min. Lufttemperatur am Boden** $t_{\min} = 19,288$ [°C]
Temperatur in Höhe 1,1m => Raumlufitempe $t_{\text{Raum}} = 20,000$ [°C]

Endergebnis **Differenz** $\Delta t_{a,v} = 0,712$ [°C]

Unzufriedene durch Lufttemperaturdifferenz in Aufenthaltszone: Glasabstand $\geq 1,00\text{m}$

Methode **EN ISO 7730**

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(5,76 - 0,856 * \Delta t_{a,v})}$$

Endergebnis **Prozentsatz der Unzufriedenen wegen Lufttemperaturdifferenzen** DR **0,6** [%]

Var. C - Typ 2: Warme und kalte Fußböden

Unzufriedene durch zu warme oder kalte Böden

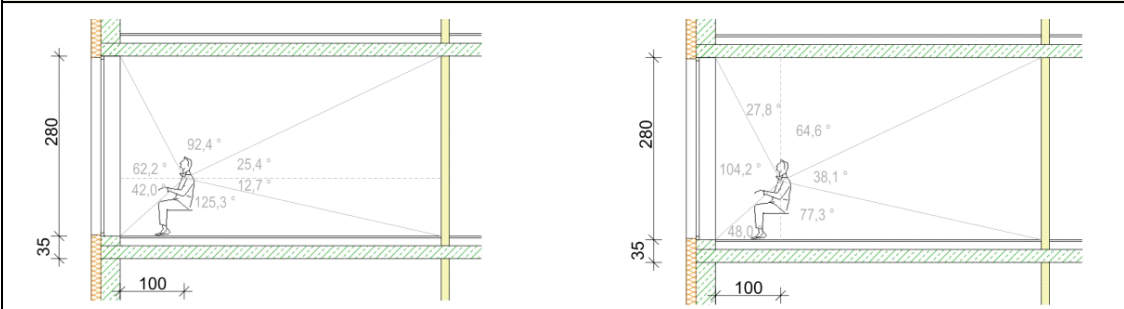
Methode **EN ISO 7730**

Fußbodentemperatur $20,00$ °C

$$PD = 100 - 94 * \exp(-1,387 + 0,118 * t_f - 0,0025 * t_f^2)$$

Endergebnis **Prozentsatz der Unzufriedenen wegen zu warmen oder kalten Böden** DR **8,5** [%]

Var. C - Typ 2: Strahlungsasymmetrie in einer Schnittebene - Vereinfachtes Verfahren



Vertikale Asymmetrie

Einflussfläche		Strahlende Länge [m]	Winkel zu Person [°]	Strahlungs-Temperatur [°C]	Temperatur Teilfläche [°C]
Halbraum oben					
1	Fenster	1,90	62,24	17,32	5,99
2	Sturz				0,00
3	Decke	5,00	92,35	20,00	10,26
4	Innenwand	1,90	25,41	20,00	2,82
5					0,00
					19,07
Halbraum unten					
1	Fenster	0,90	41,99	17,32	4,04
2	Parapeth				0,00
3	Boden	5,00	125,33	20,00	13,93
4	Innenwand	0,90	12,68	20,00	1,41
5			0,00		0,00
					19,38
Temperaturdifferenz				Δt_{a,v} =	-0,30

Kalte Decke

Methode	EN ISO 7730	
Formel	$PD = \frac{100}{1 + \exp(9,93 - 0,50 * \Delta t_{a,v})}$	
Teilergebnis:	Temperaturdifferenz	Δt_{a,v} = 0,30 °C
Endergebnis	Prozentsatz der Unzufriedenen wegen zu warmer Decke	PD = 0,30%

Horizontale Asymmetrie					
Einflussfläche		Strahlende Länge [m]	Winkel zu Person [°]	Strahlungs-Temperatur [°C]	Temperatur Teilfläche [°C]
Halbraum links					
1	Boden	1,00	48,01	20,00	5,33
2	Parapeth				0,00
3	Fenster	2,80	104,23	17,32	10,03
4	Sturz				0,00
5	Decke	1,00	27,76	20,00	3,08
					18,45 °C
Halbraum rechts					
1	Decke	4,00	64,59	20,00	7,18
2	Innenwand	2,80	38,09	20,00	4,23
3	Boden	4,00	77,32	20,00	8,59
4			0,00		0,00
5			0,00		0,00
					20,00 °C
Temperaturdifferenz				$\Delta t_{a,v} =$	-1,55 °C
Kalte Wand					
Methode	EN ISO 7730				
Formel	$PD = \frac{100}{1 + \exp(6,61 - 0,345 * \Delta t_{a,v})}$				
Teilergebnis:	Temperaturdifferenz			$\Delta t_{a,v} =$	1,55 °C
Endergebnis	Prozentsatz der Unzufriedenen wegen zu warmer Decke			PD =	0,23%

Var. C - Typ 2: lokale thermische Behaglichkeit

Kategorien des Umgebundsklimas

Kategorie	Lokale Unbehaglichkeit			
	DR %	Vertikaler Lufttemperaturunterschied	PD % warmer oder kalter Fußboden	asymmetrische Strahlung
A	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 30	< 10	< 15	< 10

Klimatische Beurteilung des untersuchten Raumes

Kategorie	Lokale Unbehaglichkeit			
	DR %	Vertikaler Lufttemperaturunterschied	PD % warmer oder kalter Fußboden	asymmetrische Strahlung
A		0,58	8,50	0,30%
B	10,92		8,50	0,30%
C				

6.6.3. TYP C-3: OPTIMIERUNGSVARIANTE 2

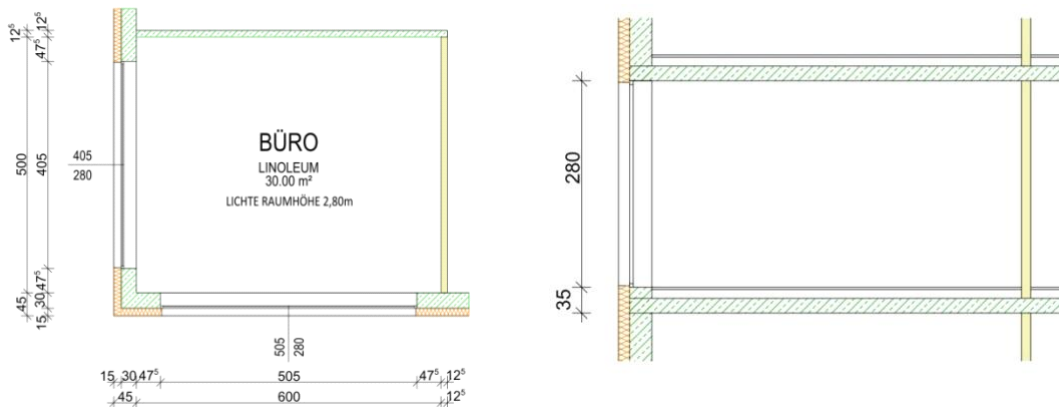
Var. C - Typ 3: Berechnungsgrundlagen

Technische Kennwerte

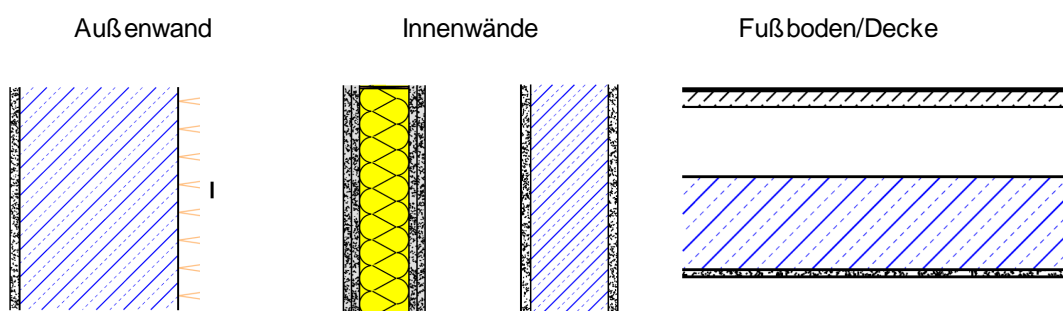
U _g -Wert	
g-Wert	
Verschattungsfaktor	
Luftwechselrate	
	08 ⁰⁰ - 20 ⁰⁰
	20 ⁰⁰ - 08 ⁰⁰

U _g =	0,50	[W/m ² K]
g =	0,21	[-]
F _c =	0,25	[-]
	0,50	[h ⁻¹]
	10,00	[m ² K/W]

Grundriss und Schnitt



Aufbauten Bauteile

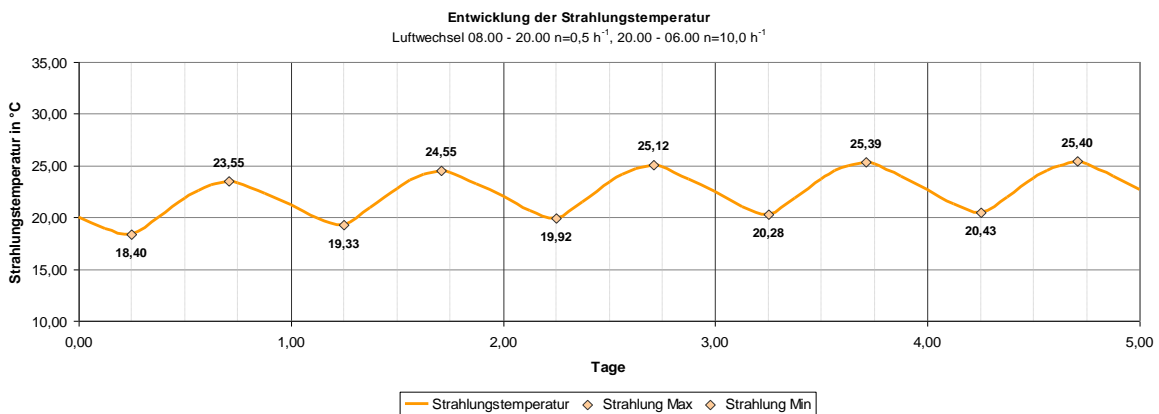
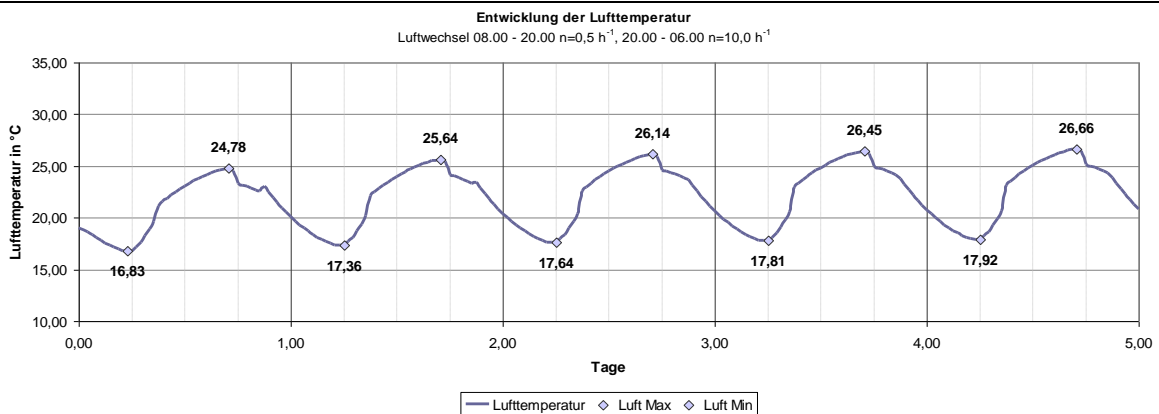
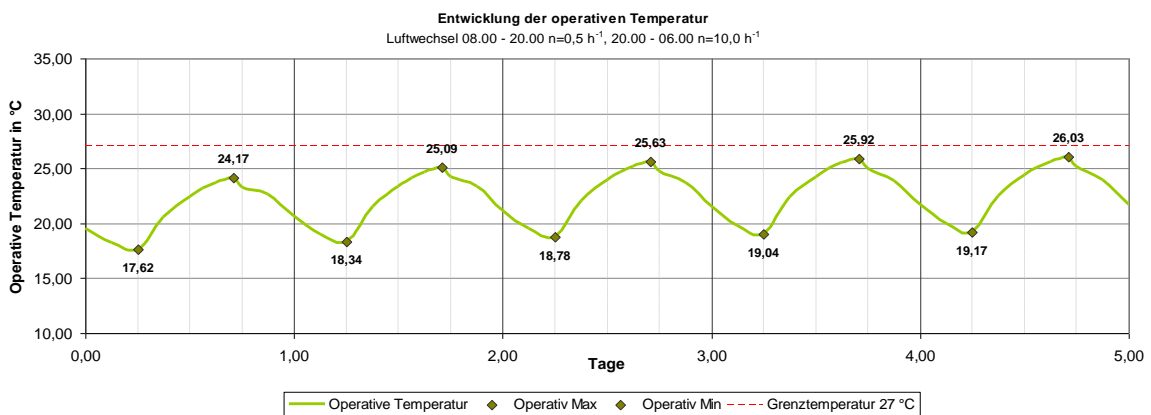
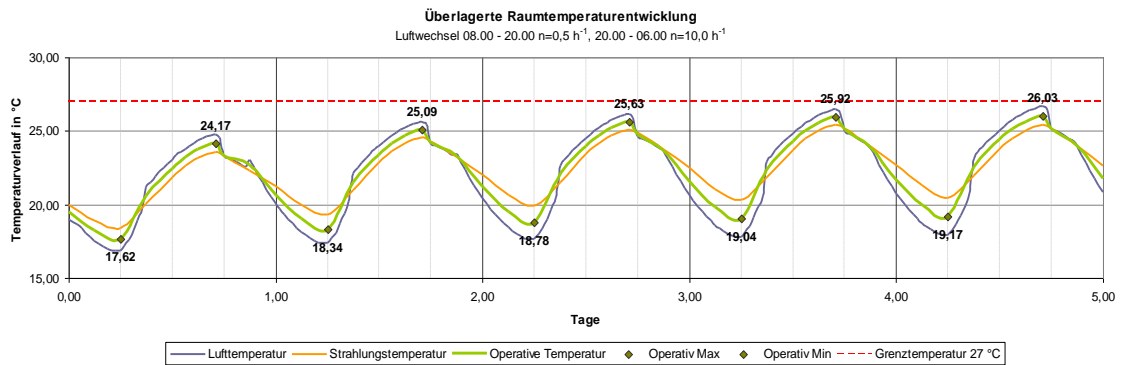


VEREINFACHTER NACHWEIS SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ

Auf den vereinfachten Nachweis gemäß ÖNORM 8110-3 kann verzichtet werden, da dieser bereits bei Typ C-2: Optimierung 1 ein positives Ergebnis lieferte

Nachweis erfüllt

Raumtemperaturprognose: Variante C – Glasanteil 75%, Typ 3 – Optimierung 2



ENERGIEKENNZAHLEN

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude - Planung
 gemäß ÖNORM H1005 und Richtlinie 2002/91/EG
 Österreichisches Institut für Bautechnik

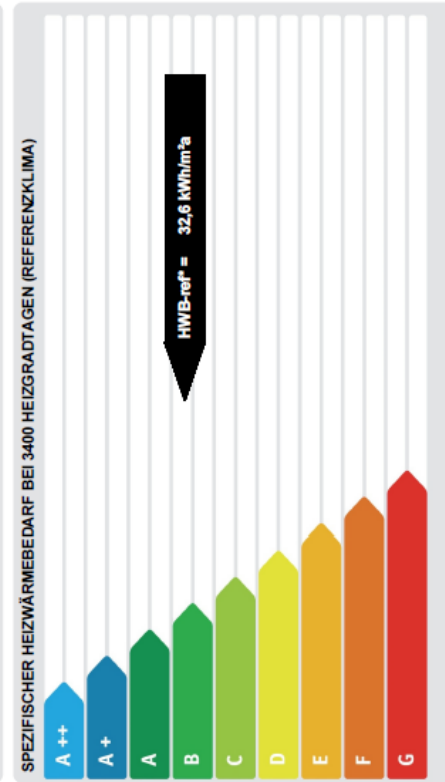
Energieausweis für Nicht-Wohngebäude - Planung
 gemäß ÖNORM H1005 und Richtlinie 2002/91/EG
 Österreichisches Institut für Bautechnik

KLIMADATEN
 Klimaregion SSO
 Seehöhe 345 m
 Heizgradtage 3563 Kd
 Heiztage 174 d
 Norm - Außentemperatur -12,2 °C
 Soll - Innentemperatur 20 °C

GEBÄUDEDATEN
 Brutto-Grundfläche 36 m²
 konditioniertes Brutto-Volumen 114 m³
 charakteristische Länge (lc) 3,00 m
 Kompaktheit (AV) 0,33 1/m
 mittlerer U-Wert (Um) 0,58 W/m²K
 LEK - Wert 35

Gebäude Variante C - Glasanteil 75%; Typ 3 - Optimierungsvariante 2
Gebäudeart Bürogebäude
Gebäudezone Eckraum Südwest
Straße Katastralgemeinde Graz Stadt-Thondorf
PLZ/Ort KG - Nummer 63123
 8041 Graz-Liebenau
EigentümerIn Einlagezahl
 Grundstücks nr.

	Referenzklima zonenbezogen	spezifisch	Standortklima zonenbezogen	spezifisch	Anforderungen ab 01.01.2010
HWB*	1.183 kWh/a	10,42 kWh/m²a	1.309 kWh/a	36,00 kWh/m²a	11,9 kWh/m²a erfüllt
HWB	1.281 kWh/a	34,68 kWh/m²a	171 kWh/a	4,71 kWh/m²a	
WWWB					
NERLT-h					
KB*	52 kWh/a	0,46 kWh/m²a	534 kWh/a	14,69 kWh/m²a	1,0 kWh/m²a erfüllt
KB					
NERLT-k					
NERLT-d					
NE					
HTeB-RH			258 kWh/a	7,09 kWh/m²a	
HTeB-WW			1.187 kWh/a	32,64 kWh/m²a	
HTeB			1.754 kWh/a	48,25 kWh/m²a	
KTEB					
HEB			3.233 kWh/a	88,94 kWh/m²a	
KEB					
RLTEB					
BeIEB			k.A.* kWh/a	k.A.* kWh/m²a	
EEB			3.768 kWh/a	103,65 kWh/m²a	
PEB					
CO2					



ERSTELLT
 Organisation
 ErstellerIn
 ErstellerIn-Nr.
 GWR-Zahl
 Geschäfts-zahl

ERLÄUTERUNGEN
 Endenergiebedarf (EEB):
 Energiemenge die dem Energiesystem des Gebäudes für Heizung und Warmwasserversorgung inklusive notwendiger Energiemengen für die Hilfsbetriebe bei einer typischen Standardnutzung zugeführt werden muss.
 Die Energieausweise dieses Energieausweises dienen ausschließlich der Information. Änderungen hinsichtlich Energieausweise können bei sachlicher Nutzung ohne Rücksicht auf den Inhabenden hinsichtlich der Energieausweise im Besonderen Lage Information am Grunde der Gemeinde und der Lage Information von dem hier angegebenen abweisen.
 EA-01-2007-09/a
 EA-WO
 25.04.2007

ERSTELLT
 Organisation
 Ausstellungsdatum 17.02.2013
 Gültigkeitsdatum
 Planung

Unterschrift

Dieser Energieausweis entspricht den Vorgaben der Richtlinie "Energieausweis und Wärmehaushalt" des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMWi) vom 23.09.2009 (BUNDESGESAMTZEITUNG Nr. 133/2009) über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und den Energieausweis (Energieausweisverordnung (EAWV)).
 EA-01-2007-09/a
 EA-WO
 25.04.2007

Diese Version dient nur zu Übungszwecken, der gewerbliche Gebrauch ist mit dieser Version nicht gestattet.
 GEO von Zehentmayer Software GmbH www.gec.at
 v2012.090947 REPEARL62NMW07 - Steiermark 17.02.2013 Seite 2

Diese Version dient nur zu Übungszwecken, der gewerbliche Gebrauch ist mit dieser Version nicht gestattet.
 GEO von Zehentmayer Software GmbH www.gec.at
 v2012.090947 REPEARL6107 - Steiermark 17.02.2013 Seite 1

Übungsversion für nichtgewerbliche Zwecke

Heizlast

Übungsversion_Variante C - Glasanteil 75%; Typ 3 -

Vereinfachte Berechnung des zeitbezogenen

Wärmeverlustes (Heizlast) von Gebäuden gemäß

Energieausweis

Berechnungsblatt

Bauherr **Planer/ Baumeister/ Baufrma**

Teil:

Nom-Außen-temperatur:	-12,2 °C	Standort:	Graz-Liebenau
Berechnungs-Raumtemperatur:	20 °C	Bau- und Raumhalt der	beheizten Gebäudeteile:
Temperatur-Differenz:	32,2 K	Gebäudehüllfläche:	113,53 m ² 37,79 m ²

Bauteile	Fläche A [m ²]	Wärmed- koeffiz. U [W/m ² K]	Korr- faktor f [1]	Korr- faktor f _{th} [1]	A x U x f [W/K]
AW01 Außenwand	12,31	0,247	1,00		3,04
FETT0 Fenster u. Türen	25,48	0,669			17,04
ZW01 ZW Gipskarton	15,44	0,430			
ZW02 Zwischenwand Stahlbeton	20,46	2,950			
Summe Wandflächen	12,31				
Summe Außenwandflächen	35,90				
Fensteranteil in Außenwänden	67,4 %				
Summe					20

Wärmebrücken (vereinfacht)	[W/K]	2
Transmissions - Leitwert L _T	[W/K]	22,09
Lüftungs - Leitwert L _y	[W/K]	11,36
Gebäude - Heizlast P _{tot}	[kW]	1,08
Flächenbez. Heizlast P _{fl} bei einer BGF von 36 m ²	[W/m ² BGF]	29,64
Gebäude - Heizlast P _{et} (EN 12831 vereinfacht)	[kW]	1,71

Die berechnete Heizlast kann von jeher gemäß ÖNORM H 7500 bzw. EN ISO 12831 abgewichen und ersetzt nicht den Nachweis der Gebäude-Normheizlast gemäß ÖNORM H 7500 bzw. EN ISO 12831. Die vereinfachte Heizlast EN 12831 berücksichtigt nicht die Aufheizung und gilt nur für Standardfälle.

Diese Version dient nur zu Übungszwecken, der gewerbliche Gebrauch ist mit dieser Version nicht gestattet.

GEQ von Zehentmayer Software GmbH www.geq.at
v.2012.090947 REP03607 - Steiermark 17.02.2013

Seite 3

Ergebniszusammenstellung Energieausweis	
Heizwärmebedarf	10,42 kWh/m³a
Heizlast	1,08 kW
außeninduzierter Kühlbedarf	0,46 kWh/m³a

LOKALE THERMISCHE BEHAGLICHKEIT

Var. C - Typ 3: Kaltluftabfall / Zuglufterscheinungen

Berechnungsgrundlagen

Parameter

Gravitationskonstante
Außenufttemperatur $\theta_{T_{Mit, min}}$ für Graz
Innenlufttemperatur Celsius
Innenlufttemperatur Kelvin
Oberflächentemperatur Bauteil
Wärmeübergangswiderstand innen
Temperaturdifferenz Luft - Oberfläche
Höhe des (transparenten) Bauteils
Abstand Aufenthaltszone zu Glas
U - Wert des Verglasungselements

U Wert fix

$g =$	9,81	[m/s ²]
$q_e =$	-9,40	[°C]
$q_i =$	20,00	[°C]
$T =$	293,00	[K]
$q_{o,i} =$	18,09	[°C]
$r_{s,i} =$	0,13	[m ² K/W]
$Dq =$	1,91	[K]
$h =$	2,80	[m]
$x =$	1,00	[m]
$U_g =$	0,50	[W/m ² K]

Grenzluftgeschwindigkeit an der Glasoberfläche

Methode **SIA D 0176**

Formel

$$v_{\max} = 0,54 * \left(\frac{g * \Delta\theta}{T} \right)^{0,5} * h^{0,5}$$

Teilergebnis: **Luftgeschwindigkeit max.**
zul. v_{\max} in Grenzschicht damit DR<10 $V_{Gr, \max} =$ **0,229** [m/s] $V_{Gr, zul, DR10} =$ **0,250** [m/s]Luftgeschwindigkeit in Aufenthaltszone: Glasabstand $\geq 1,00m$ Methode **Heiselberg**

Formel

$$v_{\max} = 0,134 * \frac{\sqrt{h * \Delta\theta}}{x + 2,04}$$

Teilergebnis: **Luftgeschwindigkeit max.** $V_{\max} =$ **0,102** [m/s] $V_{zul, DR10} =$ **0,112** [m/s]Teilergebnis: **min. erforderlicher U-Wert der Verglasung**
damit DR ≤ 10 % $U_g =$ **0,598** [W/m²K]Unzufriedene durch Zuglufterscheinungen in Aufenthaltszone: Glasabstand $\geq 1,00m$ Methode **EN ISO 7730**

Formel

$$DR = (34 - t_{a,l}) * (\bar{v}_{a,l} - 0,05)^{0,62} * (0,37 * \bar{v}_{a,l} * Tu + 3,14)$$

Endergebnis **Prozentsatz der Unzufriedenen wegen**
Zuglufterscheinungen $DR =$ **8,7** [%]

Var. C - Typ 3: Vertikaler Lufttemperaturunterschied

Lufttemperaturdifferenz in Aufenthaltszone: Glasabstand $\geq 1,00\text{m}$

Methode **Heiselberg**

$$t_{\min} = t_{\text{Raum}} - (0,30 - 0,034 * x) * \Delta \theta$$

Teilergebnis: **min. Lufttemperatur am Boden** $t_{\min} = 19,492$ [°C]
Temperatur in Höhe 1,1m => Raumlufitempe $t_{\text{Raum}} = 20,000$ [°C]

Endergebnis **Differenz** $\Delta t_{a,v} = 0,508$ [°C]

Unzufriedene durch Lufttemperaturdifferenz in Aufenthaltszone: Glasabstand $\geq 1,00\text{m}$

Methode **EN ISO 7730**

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(5,76 - 0,856 * \Delta t_{a,v})}$$

Endergebnis **Prozentsatz der Unzufriedenen wegen Lufttemperaturdifferenzen** DR **0,5** [%]

Var. C - Typ 3: Warme und kalte Fußböden

Unzufriedene durch zu warme oder kalte Böden

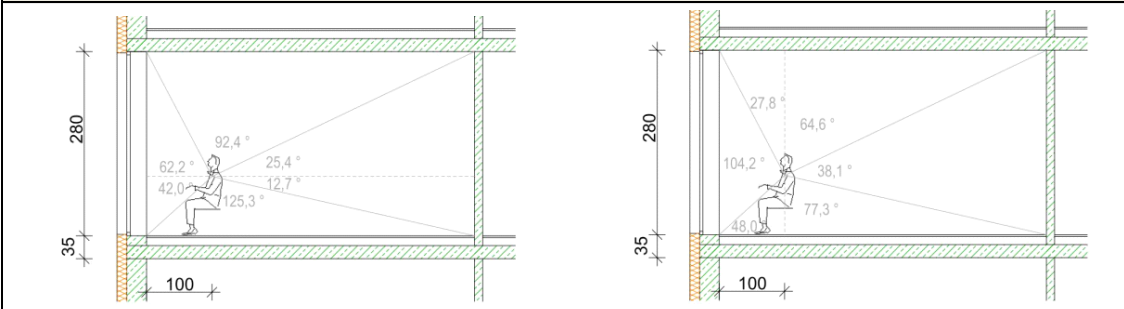
Methode **EN ISO 7730**

Fußbodentemperatur 20,00 °C

$$PD = 100 - 94 * \exp(-1,387 + 0,118 * t_f - 0,0025 * t_f^2)$$

Endergebnis **Prozentsatz der Unzufriedenen wegen zu warmen oder kalten Böden** DR **8,5** [%]

Var. C - Typ 3: Strahlungsasymmetrie in einer Schnittebene - Vereinfachtes Verfahren



Vertikale Asymmetrie

Einflussfläche		Strahlende Länge [m]	Winkel zu Person [°]	Strahlungs-Temperatur [°C]	Temperatur Teilfläche [°C]
Halbraum oben					
1	Fenster	1,90	62,24	18,09	6,25
2	Sturz				0,00
3	Decke	5,00	92,35	20,00	10,26
4	Innenwand	1,90	25,41	20,00	2,82
5					0,00
					19,34
Halbraum unten					
1	Fenster	0,90	41,99	18,09	4,22
2	Parapeth				0,00
3	Boden	5,00	125,33	20,00	13,93
4	Innenwand	0,90	12,68	20,00	1,41
5			0,00		0,00
					19,55
Temperaturdifferenz				$\Delta t_{a,v} =$	-0,22

Kalte Decke

Methode	EN ISO 7730	
Formel	$PD = \frac{100}{1 + \exp(9,93 - 0,50 * \Delta t_{a,v})}$	
Teilergebnis:	Temperaturdifferenz	$\Delta t_{a,v} =$ 0,22 °C
Endergebnis	Prozentsatz der Unzufriedenen wegen zu warmer Decke	PD = 0,22%

Horizontale Asymmetrie					
		Strahlende Länge [m]	Winkel zu Person [°]	Strahlungs-Temperatur [°C]	Temperatur Teilfläche [°C]
Einflussfläche Halbraum links					
1	Boden	1,00	48,01	20,00	5,33
2	Parapeth				0,00
3	Fenster	2,80	104,23	18,09	10,47
4	Sturz				0,00
5	Decke	1,00	27,76	20,00	3,08
					18,89 °C
Einflussfläche Halbraum rechts					
1	Decke	4,00	64,59	20,00	7,18
2	Innenwand	2,80	38,09	20,00	4,23
3	Boden	4,00	77,32	20,00	8,59
4			0,00		0,00
5			0,00		0,00
					20,00 °C
Temperaturdifferenz				$\Delta t_{a,v} =$	-1,11 °C
Kalte Wand					
Methode	EN ISO 7730				
Formel	$PD = \frac{100}{1 + \exp(6,61 - 0,345 * \Delta t_{a,v})}$				
Teilergebnis:	Temperaturdifferenz			$\Delta t_{a,v} =$	1,11 °C
Endergebnis	Prozentsatz der Unzufriedenen wegen zu warmer Decke			PD =	0,20%

Var. C - Typ 3: lokale thermische Behaglichkeit
--

Kategorien des Umgebundsklimas				
---------------------------------------	--	--	--	--

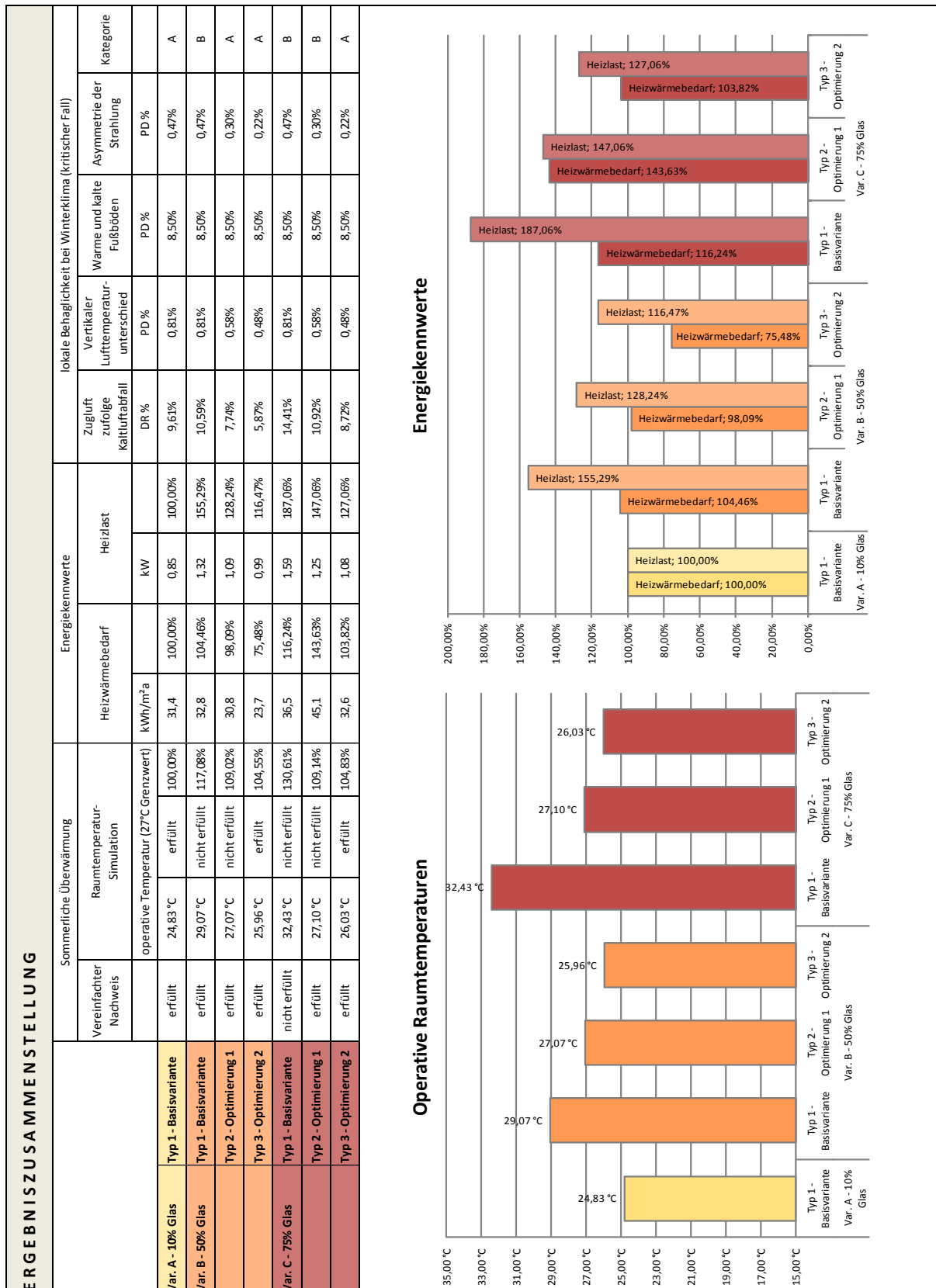
Kategorie	Lokale Unbehaglichkeit			
	DR %	Vertikaler Lufttemperaturunterschied	PD % warmer oder kalter Fußboden	asymmetrische Strahlung
A	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 30	< 10	< 15	< 10

Klimatische Beurteilung des untersuchten Raumes				
--	--	--	--	--

Kategorie	Lokale Unbehaglichkeit			
	DR %	Vertikaler Lufttemperaturunterschied	PD % warmer oder kalter Fußboden	asymmetrische Strahlung
A	8,72	0,48	8,50	0,22%
B			8,50	0,22%
C				

6.7. ERGEBNISAUSWERTUNG

6.7.1. ÜBERSICHT DER BERECHNUNGSERGEBNISSE



Aus dem Diagramm geht hervor, dass das 27 °C Kriterium der operativen Temperatur nur von drei Berechnungsvarianten bzw. von drei Raumtypen erfüllt wird.

6.7.2. VARIANTE A – GLASANTEIL 10%

Die Variante A mit dem minimalen Glasanteil von 10% der Nettoraumfläche schafft das Kriterium der operativen Grenztemperatur < 27 °C mühelos. Die geringe solare Emissionsfläche sowie der vorhandene Sonnenschutz regulieren die operative Raumtemperatur auf maximal 24,83 °C nach einer fünftägigen Hitzeperiode. Da die Temperatur bereits deutlich unter dem geforderten Grenzwert liegt, wurden keine weiteren Optimierungsvarianten vorgenommen. Der vereinfachte Nachweis zur sommerlichen Überwärmung liefert folgerichtig auch ein positives Ergebnis.

Die Ergebnisse der Energieausweisberechnung werden aufgrund der unter *Punkt 6.2.3* bereits erwähnten Problematik nur prozentuell ausgewertet. Die gegenständliche Variante weist aufgrund des geringen Fensteranteils die geringsten energetischen Aufwandswerte auf.

Darüber hinaus wurde die lokale thermische Behaglichkeit untersucht. Als kritischer Fall wurde winterliches Außenklima zur Untersuchung herangezogen. Die daraus resultierende Unbehaglichkeit aufgrund von Zuglufterscheinungen – verursacht durch den auftretenden Kaltluftabfall (DR = 9,61%) – stellt in diesem Fall keinerlei Probleme dar. Der Raum kann lt. ÖNORM EN ISO 7730 in die Kategorie A eingestuft werden.

6.7.3. VARIANTE B – GLASANTEIL 50%

Die deutlich erhöhte operative Temperatur von Variante B – Typ 1 ergibt sich aufgrund der durchschnittlichen Glasqualität sowie der bautechnischen Standardausführung. Diese besteht aus leichten Trennwänden und abgehängten Decken mit relativ wenig speicherwirksamer Masse.

Die Optimierungsvariante 1 (Typ B 2) weist eine deutlich günstigere Temperaturentwicklung auf, die mit der Reduktion des g-Wertes ($g=0,38$) sowie der höheren speicherwirksamen Masse zusammenhängt. Dadurch kann die operative Temperatur auf 27,07°C reduziert werden.

Bei Typ B 3 (Optimierungsvariante 2) können durch weitere Maßnahmen deutliche Verbesserungen erzielt werden. Durch eine Erhöhung der nächtlichen Luftwechselrate auf $n=10 \text{ h}^{-1}$ sowie der Einbau einer zusätzlichen massiven Stahlbeton-Innenwand, anstelle der leichten Trennwand, kann die Temperatur um über ein weiteres Grad, auf knapp unter 26°C (25,96°C), abgesenkt werden.

Die Energiekennwerte zeigen den zu erwartenden kontinuierlichen Rückgang mit steigender Bauteil- bzw. Ausführungsqualität. Dies ist vor allem auf die erhöhte Verglasungsqualität von $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ bei Typ B 1 bis auf $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ bei Typ B 3 zurückzuführen.

Der Einfluss des Kaltluftabfalls wird durch den verbesserten U_g -Wert ebenfalls stark abgeschwächt. Aufgrund der breiteren Verglasungsfläche im Vergleich zu Variante A, weist diese Variante eine höhere Unbehaglichkeit infolge von Zugluft auf, die zu einer Einstufung in Kategorie B führt. Mit der Anhebung des U_g -Werts auf $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Typ B 2) bzw. $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Typ B 3) ist eine Kategorisierung in die höchste Behaglichkeitskategorie möglich.

6.7.4. VARIANTE C – GLASANTEIL 75%

Darüber hinaus hat sich jedoch gezeigt, dass ein überaus effektiver Sonnenschutz in Kombination mit einer sehr guten Sonnenschutzverglasung nötig ist, um auch bei hohen Glasanteilen eine sommerliche Überwärmung des Raumes zu vermeiden. Zieht man in Betracht, dass bei Variante C (75% Glasanteil) eine Sonnenschutzverglasung mit einem g-Wert von 0,21 verwendet wird, so stellt dies doch eine erhebliche Reduktion des natürlichen Tageslichteintrags dar. Zwar ist durch eine relativ hohe Selektivitätskennzahl von $S=1,86$ ein Lichttransmissionsgrad von $T_L=39\%$ ¹⁰⁸ möglich, doch im Vergleich zu Standard-Wärmeschutzverglasungen mit Lichttransmissionsgraden von $>60\%$ bedeutet dies einen erheblichen Nachteil.

Deutlich wird die Problematik des geringen g-Werts auch bei der Betrachtung des Winterklimas. Durch die geringe Strahlungstransmission des Sonnenschutzglases weisen die Glasflächen relativ geringe solare Wärmegewinne auf. Zu lösen wäre diese Problematik durch den Einsatz individuell verdunkelbarer Sonnenschutzgläser.

Durch die raumhohe Verglasung entsteht natürlich ein erhöhter Luftvolumenstrom, der erst bei einer Reduzierung des U_g -Werts auf $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ bei Typ C 3 (Optimierungsvariante 2) die geforderten Ergebnisse zur Einstufung in Kategorie A erzielt.

¹⁰⁸ Vgl. Fa. minusdrei gmbh: Isolierglas SC75, 39-21. <http://www.minusdrei.de/glastypen.html>, Abfrage am 22.2.2013

6.8. BEURTEILUNG DER VERWENDETEN NACHWEISVERFAHREN

6.8.1. SOMMERLICHE ÜBERWÄRMUNG

Vereinfachter Nachweis

Die gegenständliche Variantenstudie zeigt, dass die Ergebnisse des vereinfachten Nachweises nach *ÖNORM B 8110-3* zu ungenau für eine konkrete Beurteilung sind. Tatsächlich ist der Nachweis in der Praxis nur für Wohngebäude zulässig. Eine erste Ergebnisabschätzung bzw. eine Vorbemessung kann aber durchaus unter Anwendung dieses Verfahrens auch für einfachere Bürogebäude vorgenommen werden.

Simulation der operativen Raumtemperatur

Die Ermittlung einer voraussichtlichen Raumtemperatur erfordert eine sorgfältige Vorgehensweise, um bei der Berechnung keine Einflussparameter außer Acht zu lassen. Durch das Verändern von gewissen Berechnungsgrundlagen können die Einflüsse dieser Maßnahmen sehr genau festgestellt werden, da als Berechnungsergebnis eine exakte Temperatur zur Verfügung steht. Vorgenommene Verbesserungsmaßnahmen und deren Auswirkungen lassen sich sehr effektiv vergleichen.

6.8.2. ENERGIEKENNZAHLEN

Die errechneten wärmetechnischen Kennwerte der betrachteten Räume zeigen deutlich den Einfluss, den Verglasungsqualität und Größe der Glasfläche auf den Heizwärmebedarf bzw. die Heizlast haben. Mittels der errechneten Ergebnisse lassen sich die vorgenommenen Optimierungen bei den einzelnen Varianten sehr deutlich nachvollziehen.

6.8.3. LOKALE THERMISCHE BEHAGLICHKEIT

Die iterativen Berechnungsvorgänge haben gezeigt, dass die durch den Kaltluftabfall an der kalten Glasoberfläche verursachten Zuglufterscheinungen den wichtigsten Einflussfaktor bei der lokalen thermischen Behaglichkeit darstellen. Strahlungsasymmetrie, zu kalte oder zu warme Böden bzw. vertikale Lufttemperaturunterschiede spielen bei der durchgeführten Variantenstudie eine eher untergeordnete Rolle.

7. SCHLUSSFOLGERUNG

Abschließend kann festgehalten werden, dass Gebäude, die großflächig verglaste Außenbauteile aufweisen, mit großer Sorgfalt zu planen sind. Besonders zu berücksichtigen sind alle Maßnahmen, die einer passiven Reduktion der Klimatisierungsenergie – sowohl im Winter- als auch im Sommerbetrieb – dienen. Um dieses Potenzial optimal auszuschöpfen, müssen grundlegende Prozesse schon während der Planungsphase optimal aufeinander abgestimmt werden. Eine vorliegende Planung muss aus der Perspektive von verschiedenen am Bau beteiligter Parteien überprüft werden. Diese interdisziplinäre Herangehensweise bringt einen ganzheitlichen Informationsaustausch mit sich. So können nicht nur der Planungs- und Bauprozess optimiert werden, sondern darüber hinaus die Zufriedenheit aller vom Bauwerk beeinflussten Personen gesteigert werden.

Letztendlich führt der Weg zu zufriedenen Gebäudenutzern immer auch über das jeweils vorherrschende Innenraumklima. Die geschaffenen Räume sollen eine – dem jeweiligen Nutzungszweck angepasste – Wohlfühlumgebung schaffen. Neben thermischen Einflüssen spielen auch akustische, optische sowie olfaktorische Einflüsse eine große Rolle bei der Beurteilung des Raumklimas.

Neu zu errichtende Gebäude sollten mit dem Anspruch konzipiert werden, mit minimalem Energieaufwand ein ganzjährig optimales Wohlfühlklima herzustellen bzw. aufrechtzuerhalten. Dieses Ziel zu erreichen, stellt gerade bei hoch-verglasten Außenbauteilen eine große Herausforderung dar – zu groß sind die bauphysikalischen Widersprüche des Baustoffs Glas: Hohe Wärmeleitfähigkeit im Vergleich zu opaken Bauteilen bei gleichzeitig hohem Eintrag von Solarenergie durch die Transparenz von Glas. Diese Konstellation beeinflusst sowohl die Energieeffizienz einerseits als auch die Behaglichkeit andererseits. Grundsätzlich geht es bei der Planung dieser Gebäudetypen darum, die Schwächen des Baustoffs Glas – mittels optimierter konstruktiver, materialtechnischer sowie klimatisierungstechnischer Maßnahmen – auszugleichen.

Es gilt winterliche Solarenergiegewinne optimal zu nutzen, um mit diesen sowie einer hochwertigen wärmetechnischen Ausführung des Glas-Außenbauteils die Verluste zu reduzieren. Während des Sommers bedarf es hingegen einer optimierten, strahlungsabhängigen Verschattung sowie dem Einsatz von Verglasungen, die die solare Einstrahlung zu reduzieren vermögen. Der Einsatz von thermischen Speichermassen im Gebäudeinneren – massive Böden, Decken und Innenwände – stellt einen weiteren wichtigen Baustein dar, um die außenklimabedingten Temperaturschwankungen im Gebäudeinneren abzufedern und den Raum so thermisch stabil zu halten.

Diese Maßnahmen stellen essenzielle Grundsätze bei der Planung von Gebäuden mit hohem Glasanteil dar. Diese Grundsätze gilt es projektspezifisch zu betrachten, um gleichermaßen energieeffiziente wie behagliche Gebäude zu bauen.

8. QUELLEN- UND LITERATURVERZEICHNIS

8.1. LITERATURVERZEICHNIS

Arbeitsgemeinschaft für sparsame Energie- und Wasserverwendung (ASEW) im Verband kommunaler Unternehmen (VKU): Dämmung.

<http://www.asew.de/featureGips/Gips?Anwendung=CMSWebpage&Methode=ShowHTMLAusgabe&RessourceID=102283&SessionMandant=ContentDB>, Abfrage am 25.2.2013.

Baunetz Wissen: Anforderungen an Fassaden.

http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Fassade-Anforderungen-an-Fassaden_1451893.html, Abfrage am 20.11.2012.

Baunetz Wissen: Sommerlicher Wärmeschutz.

http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Fassade_SommerlicherWaermeschutz_154559.html, Abfrage am 2.12.2012

Bayrische Architektenkammer: Mehrscheiben-Isoliergläser.

<http://www.wecobis.de/jahia/Jahia/Home/Bauproduktgruppen/Verglasungen/Funktions-Flachglaeser/Mehrscheiben-Isolierglaeser>, Abfrage am 22.11.2012.

Benedix, R.: Bauchemie: Einführung in die Chemie für Bauingenieure. 3. Auflage, Wiesbaden: Teubner Verlag 2006.

Bullinger, H. J.: Technologieführer: Grundlagen, Anwendungen, Trends. Berlin / Heidelberg: Springer Verlag, 2007.

Bundesgesetzblatt Nr. 27/2012: Energieausweis-Vorlage-Gesetz 2012 – EAVG 2012, 20. April 2012.

Dentel, A. / Dietrich, U.: Thermische Behaglichkeit – Komfort in Gebäuden.

http://rom-umwelt-stiftung.de/wp-content/uploads/2006/02/Dokumentation_Thermische_Behaglichkeit.pdf, Abfrage am 7.1.2013.

Deutsches Institut für Normung: DIN V 4108-6 (06.03): Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs.

EControl-Glas GmbH & Co. KG: Das Prinzip schaltbarer Gebäudeverglasung.

<http://www.econtrol-glas.de/econtrol-glas/produktbeschreibung/produktaufbau/>, Abfrage am 20.2.2013.

EControl-Glas GmbH & Co. KG: Wirkungsweise von ECONTROL.

<http://www.econtrol-glas.de/econtrol-glas/produktbeschreibung/wirkungsweise/>, Abfrage am 20.2.2012.

Eicker, U. / Schulze, T.: Kontrollierte natürliche Lüftung für energieeffiziente Gebäude.

http://www.hft-stuttgart.de/Forschung/Kompetenzen/zafh/Publikationen/publikationen_download/2012/Eicker_Schulze_Jahrbuch_Energieeffizienz_2012.pdf, Abfrage am 10.2.2013.

Energieteufel: Wärmeschutzverglasung.

<http://www.energieteufel.de/Wasser%20Spartipps.htm>, Abfrage am 25.2.2013.

Europäische Union: Energieeffizienz: Energieprofil von Gebäuden.

europa.eu/legislation_summaries/other/l27042_de.htm, Abfrage am 14.11.2012.

Europäische Union: Energieeffizienz im Jahr 2020.

http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/en0002_de.htm, Abfrage am 14.11.2012.

Europäische Union: Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden.

http://europa.eu/legislation_summaries/internal_market/single_market_for_goods/construction/en0021_de.htm, Abfrage am 14.11.2012

Fanger, P. O.: Thermal Comfort. Analysis and Applications in Environmental Engineering. USA: McGraw-Hill 1972.

Forum Nachhaltiges Bauen: Wärmeschutzgläser – Ökobilanz.

<http://www.nachhaltiges-bauen.de/baustoffe/Waermeschutzgläser>, Abfrage am 23.11.2012.

Glas Marte GmbH: Was ist die Emissivität?.

<http://www.glasmarte.at/de/service-links/faq/faq-glas/faq-emissivitaet/>, Abfrage am 24.2.2013.

Glas Trösch Beratungs-GmbH: SANCO SILVERSTAR SUPERSELEKT 35/14 T – Isolierglas.

www.glastroesch.de/isolierglas-designglas/sonnenschutzglas-superselekt-3514-t.html, Abfrage am 20.2.2013

Glaserei Exner und Hürdler: Sonnenschutzglas.

<http://www.glaserei-exner-huerdler.de/leistungen/verglasungen/sonnenschutzglas.html>,

Abfrage am 23.2.2013.

Hasler, E.: Ausgewählte Kapitel Bauphysik: Behaglichkeit. Skriptum der FH Joanneum, Bauwesen und Architektur, Wintersemester 2011/12.

Hauff, V.: Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. Greven: Eggenkamp Verlag 1987.

Hauser G.: Bauphysikalische Grundlagen: Wärmelehre. Vorlesungsskript „Bauphysik I“ an der Technischen Universität München. September 2006.

http://www.bp.bv.tum.de/Archiv/old.Site/de/lehre/Skript_Waermelehre_071018.pdf,

Abfrage am 1.12.2012.

Hausladen, G. / et al.: Einführung in die Bauklimatik: Klima und Energiekonzepte für Gebäude. Berlin: Ernst & Sohn Verlag 2003.

Heiselberg, P. / Overby, H. / Bjorn, E.: Energy-efficient measures to avoid downdraft from large glazed facades. Dänemark: ASHRAE Transactions 1996.

Interpane Glas Industrie AG: Ipasol Sonnenschutzglas: wegweisende Fassadenkonzepte.

http://www.interpane.com/medien/service/ipasol_2012.pdf, Abfrage am 23.2.2013.

Interpane Entwicklungs- und BeratungsGmbH & Co: 2-fach Isolierglas iplus neutral E.

<http://www.interpane.net/interpane2013/teweint.php?lang=de&site=10127.html>, Abfrage am 21.2.2013.

Interpane Entwicklungs- und BeratungsGmbH & Co: Sonnenschutzglas Sunergy Azur.

<http://www.interpane.net/interpane2013/teweint.php?lang=de&site=10247.html>, Abfrage am 21.2.2013.

Keller, P. / Rutz, S.: PinPoint Bauphysik: Fakten zu nachhaltigem Bauen. Zürich: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich 2007.

Kommission der Europäischen Gemeinschaften: Aktionsplan für Energieeffizienz: Das Potenzial ausschöpfen.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0545:FIN:DE:PDF>,

Abfrage am 15.11.2012.

Klesse, A.: Modellierung und Bewertung unterschiedlichen Nutzerverhaltens in hochwärmedämmten Einfamilienhäusern: Berlin, Lit Verlag, 2012.

Kupil Fenster und Türen GmbH: Wärmeschutz.

http://www.kupil.de/02_fenster/waermeschutz.html, Abfrage am 21.2.2013.

Land Oberösterreich: Wohnbauförderung Land Oberösterreich.

http://www.land-oberoesterreich.gv.at/cps/rde/xchg/ooe/hs.xsl/34819_DEU_HTML.htm, Abfrage am 24.11.2012.

Maydl, P.: Nachhaltigkeit – ein Paradigmenwechsel für den Bausektor.

http://portal.tugraz.at/portal/page/portal/Files/i2060/pdf/aktuelles/SymposiumNHB/1_Maydl.pdf,

Abfrage am 8.11.2012

Mitterlehner, R.: Die Rolle des Gebäudesektors in der Energie- und Klimapolitik.

http://portal.wko.at/wk/format_detail.wk?angid=1&stid=661922&dstid=31, Abfrage am 6.11.2012.

o.V.: Energiestrategie Österreich.

http://www.bmwfj.gv.at/Ministerium/Staatspreise/Documents/energiestrategie_oesterreich.pdf, Abfrage am 25.10.2012.

Österreichisches Institut für Bautechnik: OIB Richtlinie 6: Energieeinsparung und Wärmeschutz. Ausgabe Oktober 2011.

Österreichisches Institut für Bautechnik: OIB Richtlinie 3: Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz. Ausgabe: Oktober 2011.

Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM B 8110-2, Wärmeschutz im Hochbau Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz. Ausgabe 2003-07-01.

Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM B 8110-3, Wärmeschutz im Hochbau Teil 3: Wärmespeicherung und Sonneneinflüsse. Ausgabe 1999-12-01.

Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM B 8110-3, Wärmeschutz im Hochbau Teil 3: Vermeidung sommerlicher Überwärmung. Ausgabe 2012-03-15.

Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM B 8110-5 Beiblatt 2, Wärmeschutz im Hochbau Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile, Beiblatt 2: Außenlufttemperatur mit einer Überschreitungshäufigkeit von 130 Tagen in 10 Jahren. Ausgabe: 2010-03-01.

Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM H 5055, Energieausweis für Gebäude – Raumheizung und Wassererwärmung. Ausgabe 2008-02-01.

Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN 12831, Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast. Ausgabe 2003-12-01.

Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN ISO 7730, Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit. Ausgabe 2006-05-01.

Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN ISO 13786, Wärmetechnisches Verhalten von Bauteilen – Dynamisch thermische Kenngrößen – Berechnungsverfahren. Ausgabe 2008-04-01.

Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN ISO 13791, Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Sommerliche Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik – Allgemeine Kriterien und Validierungsverfahren. Ausgabe 2008-04-01.

Pech, A. / Pöhn, C.: Bauphysik. Wien: Springer Verlag 2012.

Pottgiesser, U.: Prinzipien der Baukonstruktionen. Paderborn: Wilhelm Fink GmbH & Co. Verlag 2009.

Pültz, G.: Bauklimatischer Entwurf für moderne Glasarchitektur. Passive Maßnahmen der Energieeinsparung. Berlin: Ernst & Sohn, 2002.

Recknagel, H. / Sprenger, E. / Schramek, E.-R.: Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik 07/08. München: Oldenbourg Industrieverlag 2006.

Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, Amtsblatt L1 der Europäischen Gemeinschaften vom 4.1.2003.

Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, Amtsblatt L153 der Europäischen Gemeinschaften vom 18.6.2010.

Rietschel, H. / Esdorn, H.: Raumklimatechnik Band 1: Grundlagen. 16. Auflage, Berlin / Heidelberg: Springer Verlag 2008.

Rietschel, H. / Fitzner, K.: Raumklimatechnik Band 2: Raumluf- und Raumkühltechnik. 16. Auflage, Berlin / Heidelberg: Springer Verlag 2008.

Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: Dokumentation SIA D 0176: Gebäude mit hohem Glasanteil – Behaglichkeit und Energieeffizienz. Ausgabe 2002-11.

Schmidt, M. / Hertel, G.: Praxis energieeffizienter Gebäude. Leitfaden für Sachverständige Beurteilung. 1. Auflage, Berlin: HUSS-MEDIEN GmbH 2008.

Sedlbauer, K. / et al.: Raumklima und Innovation: Eine Aufgabe der Bauphysik. http://www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/de/documents/Sedlbauer_Holm_Kuenzel2006RaumklimaundInnovationtcm45-86529.pdf, Abfrage am 8.1.2013.

Staatssekretariat für Wirtschaft SECO: Wegleitung zur Verordnung 3 zum Arbeitsgesetz: Artikel 16 – Raumklima.

<http://www.seco.admin.ch/themen/00385/00390/00392/02003/index.html>, Abfrage am 9.1.2013.

Spindler, E. A.: Geschichte der Nachhaltigkeit. Vom Werden und Wirken eines beliebten Begriffes.

<http://www.nachhaltigkeit.info/media/1326279587phpeJPyvC.pdf>, Abfrage am 14.1.2013.

Weller, B. / Tasche, S.: Glasbau 2012. 1. Auflage, Berlin: Ernst & Sohn Verlag 2012.

Willems, W. M. / Dinter, S. / Schild, K.: Vieweg Handbuch Bauphysik Teil 1: Wärme- und Feuchteschutz, Behaglichkeit, Lüftung. 1. Auflage, Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlag GWV Fachverlage GmbH 2006.

Wosnitza, F. / Hilgers, H. G.: Energieeffizienz und Energiemanagement: Ein Überblick heutiger Möglichkeiten und Notwendigkeiten. 1. Auflage, Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, Springer Fachmedien 2012.

Zürchner, C / Frank, T.: Bauphysik: Bau und Energie, Leitfaden für Planung und Praxis, 2. Ausgabe, Zürich: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich 2004.

8.2. VERWENDETE SOFTWARE

Dämmwerk Bauphysik-Software, Kern Ingenieurkonzepte, Berlin

Fa. Zehentmayer Software GmbH, GEQ – Gebäude, Energie, Qualität

9. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 – Sektoraler Endenergieverbrauch in Österreich	1
Abbildung 2 – Sektorale Verteilung der Endenergieeinsparung.....	2
Abbildung 3 - Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit	8
Abbildung 4 – Nachhaltiges Bauen	9
Abbildung 5 – Allgemeine Richtlinien zur Energieeffizienz im Gebäudesektor.....	14
Abbildung 6 - Funktionen der Gebäudehülle	15
Abbildung 7 – Wärmetransportmechanismen.....	17
Abbildung 8 – typische Einflussgrößen auf den sommerlichen Wärmeschutz.....	23
Abbildung 9 – Faktoren des menschlichen Wohlbefindens.....	26
Abbildung 10 – Raumklimatische Einflussgrößen	27
Abbildung 11 – Behaglichkeitsfeld Umschließungsflächentemperatur - Raumtemperatur....	30
Abbildung 12 – Behaglichkeitsfeld Raumlufftfeuchte – Raumluffttemperatur	31
Abbildung 13 – Behaglichkeitsfeld Luftgeschwindigkeit – Raumluffttemperatur	32
Abbildung 14 – Optimale operative Raumtemperatur in Abhängigkeit von Aktivität und Bekleidung.....	34
Abbildung 15 – Zusammenhang PPD und PMV	36
Abbildung 16 - Energiebilanz Verglasung.....	38
Abbildung 17 – Aufbau von Isolierglas	39
Abbildung 18 – Wärmetransport im Isolierglas	40
Abbildung 19 – Funktion Sonnenschutzglas	41
Abbildung 20 – Schaltbares elektrochromes Sonnenschutzglas	42
Abbildung 21 – Energiespektrum der solaren Einstrahlung	43
Abbildung 22 – Passive Kühlung mittels Nachtlüftung	51
Abbildung 23 – Konstruktionsarten von Thermoaktiven Decken	54
Abbildung 24 – Untersuchungsablauf Variantenstudie	56

10. TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 – Anforderungen an Wärmeübertragende Bauteile	18
Tabelle 2 – Luftwechselraten	19
Tabelle 3 – Innenraumtemperatur lt. ÖNORM	29
Tabelle 4 – Innenraumtemperaturen lt. Arbeitsstättenverordnung	29
Tabelle 5 – zulässige Luftgeschwindigkeit an ortsgebundenen Arbeitsplätzen lt. Arbeitsstättenverordnung.....	32
Tabelle 6 – Thermische Isolationswerte für typische Bekleidungskombinationen'.....	33
Tabelle 7 – Energieumsätze verschiedener körperlicher Tätigkeiten.....	33
Tabelle 8 – Kategorien des Umgebungsklimas	37
Tabelle 9 – Asymmetrie der Strahlungstemperatur	46
Tabelle 10 – Sonnenschutzvorrichtungen.....	48
Tabelle 11 – Gesamtenergiedurchlassgrad von Verglasungen.....	49
Tabelle 12 – Anzunehmende innere Lasten – Büroarbeitsplatz	64
Tabelle 13 – Vorhandene Wärmelasten Doppelbüro	64

11. ANHANG - BERECHNUNGSERGÄNZUNG

11.1. VARIANTE A – GLASANTEIL 10%

11.1.1. TYP A-1: BASISVARIANTE

VEREINFACHTER NACHWEIS SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ:

Bauteil-Speichermassen								
Pos. 1 Wand								
Typ:	Außenbauteil	14,93 [m²]						
Wärmeübergangswiderstand außen:		0,040 [m²K / W]						
außen		Dicke d	λ	C	ρ	m	Rt	
Schichtbezeichnung:		[m]	[W/m K]	[kJ/kgK]	[kg/m³]	[kg/m²]	[m²K/W]	
Schicht 1	Silikatputz	0,0030	0,700	1,000	1900,0	5,70	0,00	
Schicht 2	Wärmedämmung EPS	0,1500	0,035	1,500	35,0	5,25	4,29	
Schicht 3	Stahlbetonwand	0,2500	2,100	1,000	2400,0	600,00	0,12	
Schicht 4	Innenputz	0,0150	0,600	1,000	1700,0	25,50	0,03	
Schicht 5						0,0	0,0	
Schicht 6						0,0	0,0	
innen						gesamt	636,45	
Wärmeübergangswiderstand innen:		0,130 [m²K / W]						
Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert:		0,217 [W / m²K]						
ÖNORM	flächenbez. Speicherwirks. Masse innen (für Periode T=24h)					m _{w,B;A;i;24}	203,95 [kg/m²]	
	flächenbezogene Masse des Bauteils					m	636,45 [kg/m²]	
	Bauteildicke					d	0,418 [m]	

Bauteil-Speichermassen								
Pos. 2 Wand								
Typ:	Außenbauteil	12,13 [m²]						
Wärmeübergangswiderstand außen:		0,130 [m²K / W]						
außen		Dicke d	λ	C	ρ	m	Rt	
Schichtbezeichnung:		[m]	[W/m K]	[kJ/kgK]	[kg/m³]	[kg/m²]	[m²K/W]	
Schicht 1	Silikatputz	0,0030	0,700	1,000	1900,0	5,70	0,00	
Schicht 2	Wärmedämmung EPS	0,1500	0,035	1,500	35,0	5,25	4,29	
Schicht 3	Stahlbetonwand	0,2500	2,100	1,000	2400,0	600,00	0,12	
Schicht 4	Innenputz	0,0150	0,600	1,000	1700,0	25,50	0,03	
Schicht 5						0,0	0,0	
Schicht 6						0,0	0,0	
innen						gesamt	636,45	
Wärmeübergangswiderstand innen:		0,040 [m²K / W]						
Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert:		0,217 [W / m²K]						
ÖNORM	flächenbez. Speicherwirks. Masse innen (für Periode T=24h)					m _{w,B;A;i;24}	203,95 [kg/m²]	
	flächenbezogene Masse des Bauteils					m	636,45 [kg/m²]	
	Bauteildicke					d	0,418 [m]	

Pos. 3 Wand

Bezeichnung: **14,49** [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05
Schicht 2	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05
Schicht 3	Mineralwolle	0,0750	0,040	0,840	20,0	1,50	1,88
Schicht 4	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05
Schicht 5	Gipskartonplatte	0,013	0,250	1,04	680,0	8,50	0,05
Schicht 6						0,0	0,0

innen

Wärmeübergangswiderstand innen: [m²K / W] **gesamt** **35,50**

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: **0,428** [W / m²K]

ÖNORM	flächenbez. Speicherwirks. Masse innen (für Periode T=24h)	m_{w,B;A;i;24}	17,53 [kg/m²]
	flächenbezogene Masse des Bauteils	m	35,50 [kg/m²]
	Bauteildicke	d	0,125 [m]

Pos. 4 Wand

Bezeichnung: **14,00** [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05
Schicht 2	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05
Schicht 3	Mineralwolle	0,0750	0,040	0,840	20,0	1,50	1,88
Schicht 4	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05
Schicht 5	Gipskartonplatte	0,013	0,250	1,04	680,0	8,50	0,05
Schicht 6						0,0	0,0

innen

Wärmeübergangswiderstand innen: [m²K / W] **gesamt** **35,50**

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: **0,428** [W / m²K]

DIN **C_{wirk,10cm}**

ÖNORM	flächenbez. Speicherwirks. Masse innen (für Periode T=24h)	m_{w,B;A;i;24}	17,53 [kg/m²]
	flächenbezogene Masse des Bauteils	m	35,50 [kg/m²]
	Bauteildicke	d	0,125 [m]

Pos. 5		Boden	
Bezeichnung:	Innenbauteil	30,00	[m²]
Wärmeübergangswiderstand außen:		0,170	[m²K / W]
außen = unten Schichtbezeichnung:		Dicke d	λ C ρ m Rt
		[m]	[W/mK] [kJ/kgK] [kg/m³] [kg/m²] [m²K/W]
Schicht 1	Gipskartonplatte	0,0125	0,250 1,044 680,0 8,50 0,05
Schicht 2	Luftzwischenraum	0,1500	0,938 1,003 1,0 0,15 0,16
Schicht 3	Stahlbetondecke	0,2000	2,100 0,840 2400,0 480,00 0,10
Schicht 4	Schüttung	0,0600	0,700 1,000 1800,0 108,00 0,09
Schicht 5	Trittschalldämmung	0,0400	0,035 1,030 90,0 3,60 1,14
Schicht 6	Estrich	0,0500	1,400 1,130 2200,0 110,00 0,04
Schicht 7	Linoleum Belag	0,0030	0,170 1,000 1000,0 3,00 0,02
innen = oben		gesamt	
Wärmeübergangswiderstand innen:		0,170	[m²K / W] 710,25
Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert:		0,519	[W / m²K]
DIN	Wirksame Speicherfähigkeit	Cwirk,10cm	
ÖNORM	flächenbez. Speicherwirks. Masse innen (für Periode T=24h)	m _{w;B;A;i;24}	117,65 [kg/m²]
	flächenbezogene Masse des Bauteils	m	710,25 [kg/m²]
	Bauteildicke	d	0,513 [m]

Pos. 6		Decke	
Bezeichnung:		30,00	[m²]
Wärmeübergangswiderstand außen:		0,100	[m²K / W]
außen = oben Schichtbezeichnung:		Dicke d	λ C ρ m Rt
		[m]	[W/mK] [kJ/kgK] [kg/m³] [kg/m²] [m²K/W]
Schicht 1	Linoleum Belag	0,0030	0,170 1,000 1000,0 3,00 0,02
Schicht 2	Estrich	0,0500	1,400 1,130 2200,0 110,00 0,04
Schicht 3	Trittschalldämmung	0,0400	0,035 1,030 90,0 3,60 1,14
Schicht 4	Schüttung	0,0600	0,700 1,000 1800,0 108,00 0,09
Schicht 5	Stahlbetondecke	0,2000	2,100 0,840 2400,0 480,00 0,10
Schicht 6	Luftzwischenraum	0,1500	0,938 1,003 1,0 0,15 0,16
Schicht 7	Gipskartonplatte	0,0125	0,250 1,044 680,0 8,50 0,05
innen = unten		gesamt	
Wärmeübergangswiderstand innen:		0,100	[m²K / W] 704,75
Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert:		0,560	[W / m²K]
DIN	Wirksame Speicherfähigkeit	Cwirk,10cm	
ÖNORM	flächenbez. Speicherwirks. Masse innen (für Periode T=24h)	m _{w;B;A;i;24}	65,85 [kg/m²]
	flächenbezogene Masse des Bauteils	m	704,75 [kg/m²]
	Bauteildicke	d	0,503 [m]

Pos. 7 Türen

Bezeichnung: [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Holz	0,0400	0,150	2,500	500,0	20,00	0,27
Schicht 2						0,0	0,0
Schicht 3						0,0	0,0
Schicht 4						0,0	0,0
Schicht 5						0,0	0,0
Schicht 6						0,0	0,0

innen

Wärmeübergangswiderstand innen: [m²K / W]

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: [W / m²K]

DIN Wirksame Speicherfähigkeit **C_{wirk,10cm}**

ÖNORM flächenbez. Speicherwirks. Masse innen (für Periode T=24h) **m_{w,B;A;i;24}** [kg/m²]

flächenbezogene Masse des Bauteils **m** [kg/m²]

Bauteildicke **d** [m]

Pos. 8 Fenster

Bezeichnung: [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Glas	0,0040	0,810	0,840	2500,0	10,00	0,00
Schicht 2	Luft	0,0100		1,003	1,0	0,01	0,0
Schicht 3	Glas	0,0040	0,810	0,840	2500,0	10,00	0,00
Schicht 4	Luft	0,0100		1,003	1,0	0,01	0,0
Schicht 5	Glas	0,004	0,810	0,84	2500	10,00	0,00
Schicht 6						0,0	0,0

innen

Wärmeübergangswiderstand innen: [m²K / W]

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: [W / m²K]

DIN Wirksame Speicherfähigkeit **C_{wirk,10cm}**

ÖNORM flächenbez. Speicherwirks. Masse innen (für Periode T=24h) **m_{w,B;A;i;24}** [kg/m²]

flächenbezogene Masse des Bauteils **m** [kg/m²]

Bauteildicke **d** [m]

Pos. 9 Fenster

Bezeichnung: Außenbauteil [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Glas	0,0040	0,810	0,840	2500,0	10,00	0,00
Schicht 2	Luft	0,0100		1,003	1,0	0,01	0,0
Schicht 3	Glas	0,0040	0,810	0,840	2500,0	10,00	0,00
Schicht 4	Luft	0,0100		1,003	1,0	0,01	0,0
Schicht 5	Glas	0,004	0,810	0,84	2500	10,00	0,00
Schicht 6						0,0	0,0

innen

Wärmeübergangswiderstand innen: [m²K / W] gesamt **30,02**

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: [W / m²K]

DIN Wirksame Speicherfähigkeit **C_{wirk,10cm}**

ÖNORM flächenbez. Speicherwirks. Masse innen (für Periode T=24h) **m_{w,B;A;i;24}** **12,04** [kg/m²]

flächenbezogene Masse des Bauteils	m	30,02 [kg/m²]
Bauteildicke	d	0,032 [m]

Pos. 10 Rahmen

Bezeichnung: Außenbauteil [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Holz	0,0600	0,140	2,500	500,0	30,00	0,43
Schicht 2						0,0	0,0
Schicht 3						0,0	0,0
Schicht 4						0,0	0,0
Schicht 5						0,0	0,0
Schicht 6						0,0	0,0

innen

Wärmeübergangswiderstand innen: [m²K / W] gesamt **30,00**

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: [W / m²K]

DIN Wirksame Speicherfähigkeit **C_{wirk,10cm}**

ÖNORM flächenbez. Speicherwirks. Masse innen (für Periode T=24h) **m_{w,B;A;i;24}** **34,91** [kg/m²]

flächenbezogene Masse des Bauteils	m	30,00 [kg/m²]
Bauteildicke	d	0,060 [m]

Gesamte wirksame Speicherfähigkeit

ÖNORM siehe "Berechnung ÖNORM" **m_w** **12789,3** [kg]

11.2. VARIANTE B – GLASANTEIL 50%

11.2.1. TYP B-1: BASISVARIANTE

VEREINFACHTER NACHWEIS SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ:

Bauteil-Speichermassen							
Pos. 1 Wand							
Typ:	Außenbauteil	7,11 [m²]					
Wärmeübergangswiderstand außen:		0,040 [m²K / W]					
außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Silikatputz	0,0030	0,700	1,000	1900,0	5,70	0,00
Schicht 2	Wärmedämmung EPS	0,1500	0,035	1,500	35,0	5,25	4,29
Schicht 3	Stahlbetonwand	0,2500	2,100	1,000	2400,0	600,00	0,12
Schicht 4	Innenputz	0,0150	0,600	1,000	1700,0	25,50	0,03
Schicht 5						0,0	0,0
Schicht 6						0,0	0,0
innen						gesamt	636,45
Wärmeübergangswiderstand innen:		0,130 [m²K / W]					
Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert:		0,217 [W / m²K]					
ÖNORM	flächenbez. Speicherwirks. Masse innen (für Periode T=24h)			m_{w,B;A;i;24}	203,95 [kg/m²]		
	flächenbezogene Masse des Bauteils			m	636,45 [kg/m²]		
	Bauteildicke			d	0,418 [m]		

Pos. 2 Wand							
Typ:	Außenbauteil	6,01 [m²]					
Wärmeübergangswiderstand außen:		0,130 [m²K / W]					
außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Silikatputz	0,0030	0,700	1,000	1900,0	5,70	0,00
Schicht 2	Wärmedämmung EPS	0,1500	0,035	1,500	35,0	5,25	4,29
Schicht 3	Stahlbetonwand	0,2500	2,100	1,000	2400,0	600,00	0,12
Schicht 4	Innenputz	0,0150	0,600	1,000	1700,0	25,50	0,03
Schicht 5						0,0	0,0
Schicht 6						0,0	0,0
innen						gesamt	636,45
Wärmeübergangswiderstand innen:		0,040 [m²K / W]					
Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert:		0,217 [W / m²K]					
ÖNORM	flächenbez. Speicherwirks. Masse innen (für Periode T=24h)			m_{w,B;A;i;24}	203,95 [kg/m²]		
	flächenbezogene Masse des Bauteils			m	636,45 [kg/m²]		
	Bauteildicke			d	0,418 [m]		

Pos. 3 Wand

Bezeichnung: **14,49** [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05
Schicht 2	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05
Schicht 3	Mineralwolle	0,0750	0,040	0,840	20,0	1,50	1,88
Schicht 4	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05
Schicht 5	Gipskartonplatte	0,013	0,250	1,04	680,0	8,50	0,05
Schicht 6						0,0	0,0

innen **Wärmeübergangswiderstand innen:** [m²K / W] **gesamt** **35,50**

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: [W / m²K]

ÖNORM	flächenbez. Speicherwirks. Masse innen (für Periode T=24h)	m_{w,B;A;i;24}	17,53 [kg/m²]
	flächenbezogene Masse des Bauteils	m	35,50 [kg/m²]
	Bauteildicke	d	0,125 [m]

Pos. 4 Wand

Bezeichnung: **14,00** [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05
Schicht 2	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05
Schicht 3	Mineralwolle	0,0750	0,040	0,840	20,0	1,50	1,88
Schicht 4	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05
Schicht 5	Gipskartonplatte	0,013	0,250	1,04	680,0	8,50	0,05
Schicht 6						0,0	0,0

innen **Wärmeübergangswiderstand innen:** [m²K / W] **gesamt** **35,50**

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: [W / m²K]

DIN **C_{wirk,10cm}**

ÖNORM	flächenbez. Speicherwirks. Masse innen (für Periode T=24h)	m_{w,B;A;i;24}	17,53 [kg/m²]
	flächenbezogene Masse des Bauteils	m	35,50 [kg/m²]
	Bauteildicke	d	0,125 [m]

Pos. 5 Boden

Bezeichnung: [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen = unten Schichtbezeichnung:

Schicht	Schichtbezeichnung	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05
Schicht 2	Luftzwischenraum	0,1500	0,938	1,003	1,0	0,15	0,16
Schicht 3	Stahlbetondecke	0,2000	2,100	0,840	2400,0	480,00	0,10
Schicht 4	Schüttung	0,0600	0,700	1,000	1800,0	108,00	0,09
Schicht 5	Trittschalldämmung	0,0400	0,035	1,030	90,0	3,60	1,14
Schicht 6	Estrich	0,0500	1,400	1,130	2200,0	110,00	0,04
Schicht 7	Linoleum Belag	0,0030	0,170	1,000	1000,0	3,00	0,02

innen = oben

Wärmeübergangswiderstand innen: [m²K / W] **gesamt**

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: [W / m²K]

DIN **Cwirk,10cm**

ÖNORM **m_{w,B;A;i;24}** [kg/m²]

m [kg/m²]

d [m]

Pos. 6 Decke

Bezeichnung: [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen = oben Schichtbezeichnung:

Schicht	Schichtbezeichnung	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Linoleum Belag	0,0030	0,170	1,000	1000,0	3,00	0,02
Schicht 2	Estrich	0,0500	1,400	1,130	2200,0	110,00	0,04
Schicht 3	Trittschalldämmung	0,0400	0,035	1,030	90,0	3,60	1,14
Schicht 4	Schüttung	0,0600	0,700	1,000	1800,0	108,00	0,09
Schicht 5	Stahlbetondecke	0,2000	2,100	0,840	2400,0	480,00	0,10
Schicht 6	Luftzwischenraum	0,1500	0,938	1,003	1,0	0,15	0,16
Schicht 7	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05

innen = unten

Wärmeübergangswiderstand innen: [m²K / W] **gesamt**

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: [W / m²K]

DIN **Cwirk,10cm**

ÖNORM **m_{w,B;A;i;24}** [kg/m²]

m [kg/m²]

d [m]

Pos. 7 Türen

Bezeichnung: [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Holz	0,0400	0,150	2,500	500,0	20,00	0,27
Schicht 2						0,0	0,0
Schicht 3						0,0	0,0
Schicht 4						0,0	0,0
Schicht 5						0,0	0,0
Schicht 6						0,0	0,0
innen						gesamt	20,00

Wärmeübergangswiderstand innen: [m²K / W]

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: [W / m²K]

DIN Wirksame Speicherfähigkeit C_{wirk,10cm}

ÖNORM flächenbez. Speicherwirks. Masse innen (für Periode T=24h) m_{w,B;A;i;24} [kg/m²]

flächenbezogene Masse des Bauteils	m	<input type="text" value="20,00"/> [kg/m²]
Bauteildicke	d	<input type="text" value="0,040"/> [m]

Pos. 8 Fenster

Bezeichnung: [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Glas	0,0040	0,810	0,840	2500,0	10,00	0,00
Schicht 2	Luft	0,0100		1,003	1,0	0,01	0,0
Schicht 3	Glas	0,0040	0,810	0,840	2500,0	10,00	0,00
Schicht 4	Luft	0,0100		1,003	1,0	0,01	0,0
Schicht 5	Glas	0,004	0,810	0,84	2500	10,00	0,00
Schicht 6						0,0	0,0
innen						gesamt	30,02

Wärmeübergangswiderstand innen: [m²K / W]

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: [W / m²K]

DIN Wirksame Speicherfähigkeit C_{wirk,10cm}

ÖNORM flächenbez. Speicherwirks. Masse innen (für Periode T=24h) m_{w,B;A;i;24} [kg/m²]

flächenbezogene Masse des Bauteils	m	<input type="text" value="30,02"/> [kg/m²]
Bauteildicke	d	<input type="text" value="0,032"/> [m]

Pos. 9 Fenster

Bezeichnung: Außenbauteil [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Glas	0,0040	0,810	0,840	2500,0	10,00	0,00
Schicht 2	Luft	0,0100		1,003	1,0	0,01	0,0
Schicht 3	Glas	0,0040	0,810	0,840	2500,0	10,00	0,00
Schicht 4	Luft	0,0100		1,003	1,0	0,01	0,0
Schicht 5	Glas	0,004	0,810	0,84	2500	10,00	0,00
Schicht 6						0,0	0,0

innen

Wärmeübergangswiderstand innen: [m²K / W] gesamt **30,02**

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: [W / m²K]

DIN C_{wirk,10cm}

ÖNORM m_{w,B;A;i;24} **12,04** [kg/m²]

<input type="text" value="flächenbezogene Masse des Bauteils"/>	m	30,02 [kg/m²]
<input type="text" value="Bauteildicke"/>	d	0,032 [m]

Pos. 10 Rahmen

Bezeichnung: Außenbauteil [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Holz	0,0600	0,140	2,500	500,0	30,00	0,43
Schicht 2						0,0	0,0
Schicht 3						0,0	0,0
Schicht 4						0,0	0,0
Schicht 5						0,0	0,0
Schicht 6						0,0	0,0

innen

Wärmeübergangswiderstand innen: [m²K / W] gesamt **30,00**

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: [W / m²K]

DIN C_{wirk,10cm}

ÖNORM m_{w,B;A;i;24} **34,91** [kg/m²]

<input type="text" value="flächenbezogene Masse des Bauteils"/>	m	30,00 [kg/m²]
<input type="text" value="Bauteildicke"/>	d	0,060 [m]

Gesamte wirksame Speicherfähigkeit

ÖNORM siehe "Berechnung ÖNORM" **m_w** **10180,6** [kg]

11.3. VARIANTE C – GLASANTEIL 75%

11.3.1. TYP C-1: BASISVARIANTE

VEREINFACHTER NACHWEIS SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ:

Bauteil-Speichermassen: Var. B - Typ 1							
Pos. 1 Wand							
Typ:	<input type="text" value="Außenbauteil"/>	<input type="text" value="2,66"/>	[m²]				
Wärmeübergangswiderstand außen:		<input type="text" value="0,040"/>	[m²K / W]				
außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d	λ	C	ρ	m	Rt
		[m]	[W/mK]	[kJ/kgK]	[kg/m³]	[kg/m²]	[m²K/W]
Schicht 1	Silikatputz	0,0030	0,700	1,000	1900,0	5,70	0,00
Schicht 2	Wärmedämmung EPS	0,1500	0,035	1,500	35,0	5,25	4,29
Schicht 3	Stahlbetonwand	0,2500	2,100	1,000	2400,0	600,00	0,12
Schicht 4	Innenputz	0,0150	0,600	1,000	1700,0	25,50	0,03
Schicht 5						0,0	0,0
Schicht 6						0,0	0,0
innen						gesamt	
Wärmeübergangswiderstand innen:		<input type="text" value="0,130"/>	[m²K / W]				
Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert:		<input type="text" value="0,217"/>	[W / m²K]				
ÖNORM	flächenbez. Speicherwirks. Masse innen (für Periode T=24h)				m_{wr,B;A;i;24}	203,95	[kg/m²]
	flächenbezogene Masse des Bauteils				m	636,45	[kg/m²]
	Bauteildicke				d	0,418	[m]

Pos. 2							
Wand							
Typ:	<input type="text" value="Außenbauteil"/>	<input type="text" value="2,66"/>	[m²]				
Wärmeübergangswiderstand außen:		<input type="text" value="0,130"/>	[m²K / W]				
außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d	λ	C	ρ	m	Rt
		[m]	[W/mK]	[kJ/kgK]	[kg/m³]	[kg/m²]	[m²K/W]
Schicht 1	Silikatputz	0,0030	0,700	1,000	1900,0	5,70	0,00
Schicht 2	Wärmedämmung EPS	0,1500	0,035	1,500	35,0	5,25	4,29
Schicht 3	Stahlbetonwand	0,2500	2,100	1,000	2400,0	600,00	0,12
Schicht 4	Innenputz	0,0150	0,600	1,000	1700,0	25,50	0,03
Schicht 5						0,0	0,0
Schicht 6						0,0	0,0
innen						gesamt	
Wärmeübergangswiderstand innen:		<input type="text" value="0,040"/>	[m²K / W]				
Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert:		<input type="text" value="0,217"/>	[W / m²K]				
ÖNORM	flächenbez. Speicherwirks. Masse innen (für Periode T=24h)				m_{wr,B;A;i;24}	203,95	[kg/m²]
	flächenbezogene Masse des Bauteils				m	636,45	[kg/m²]
	Bauteildicke				d	0,418	[m]

Pos. 3 Wand

Bezeichnung: **14,49** [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05
Schicht 2	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05
Schicht 3	Mineralwolle	0,0750	0,040	0,840	20,0	1,50	1,88
Schicht 4	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05
Schicht 5	Gipskartonplatte	0,013	0,250	1,04	680,0	8,50	0,05
Schicht 6						0,0	0,0

innen **Wärmeübergangswiderstand innen:** [m²K / W] **gesamt** **35,50**

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: [W / m²K]

ÖNORM flächenbez. Speicherwirks. Masse innen (für Periode T=24h) **m_{w,B;A;i;24}** **17,53** [kg/m²]
 flächenbezogene Masse des Bauteils **m** **35,50** [kg/m²]
 Bauteildicke **d** **0,125** [m]

Pos. 4 Wand

Bezeichnung: **14,00** [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05
Schicht 2	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05
Schicht 3	Mineralwolle	0,0750	0,040	0,840	20,0	1,50	1,88
Schicht 4	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05
Schicht 5	Gipskartonplatte	0,013	0,250	1,04	680,0	8,50	0,05
Schicht 6						0,0	0,0

innen **Wärmeübergangswiderstand innen:** [m²K / W] **gesamt** **35,50**

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: [W / m²K]

DIN **C_{wirk,10cm}**

ÖNORM flächenbez. Speicherwirks. Masse innen (für Periode T=24h) **m_{w,B;A;i;24}** **17,53** [kg/m²]
 flächenbezogene Masse des Bauteils **m** **35,50** [kg/m²]
 Bauteildicke **d** **0,125** [m]

Pos. 5 Boden

Bezeichnung: [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen = unten Schichtbezeichnung:

Schicht	Schichtbezeichnung	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05
Schicht 2	Luftzwischenraum	0,1500	0,938	1,003	1,0	0,15	0,16
Schicht 3	Stahlbetondecke	0,2000	2,100	0,840	2400,0	480,00	0,10
Schicht 4	Schüttung	0,0600	0,700	1,000	1800,0	108,00	0,09
Schicht 5	Trittschalldämmung	0,0400	0,035	1,030	90,0	3,60	1,14
Schicht 6	Estrich	0,0500	1,400	1,130	2200,0	110,00	0,04
Schicht 7	Linoleum Belag	0,0030	0,170	1,000	1000,0	3,00	0,02

innen = oben

Wärmeübergangswiderstand innen: [m²K / W] **gesamt**

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: [W / m²K]

DIN **C_{wirk,10cm}**

ÖNORM **m_{w;B;A;i;24}** [kg/m²]

m [kg/m²]

d [m]

Pos. 6 Decke

Bezeichnung: [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen = oben Schichtbezeichnung:

Schicht	Schichtbezeichnung	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Linoleum Belag	0,0030	0,170	1,000	1000,0	3,00	0,02
Schicht 2	Estrich	0,0500	1,400	1,130	2200,0	110,00	0,04
Schicht 3	Trittschalldämmung	0,0400	0,035	1,030	90,0	3,60	1,14
Schicht 4	Schüttung	0,0600	0,700	1,000	1800,0	108,00	0,09
Schicht 5	Stahlbetondecke	0,2000	2,100	0,840	2400,0	480,00	0,10
Schicht 6	Luftzwischenraum	0,1500	0,938	1,003	1,0	0,15	0,16
Schicht 7	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05

innen = unten

Wärmeübergangswiderstand innen: [m²K / W] **gesamt**

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: [W / m²K]

DIN **C_{wirk,10cm}**

ÖNORM **m_{w;B;A;i;24}** [kg/m²]

m [kg/m²]

d [m]

Pos. 7 Türen

Bezeichnung: [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Holz	0,0400	0,150	2,500	500,0	20,00	0,27
Schicht 2						0,0	0,0
Schicht 3						0,0	0,0
Schicht 4						0,0	0,0
Schicht 5						0,0	0,0
Schicht 6						0,0	0,0
innen						gesamt	

Wärmeübergangswiderstand innen: [m²K / W]

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: [W / m²K]

DIN C_{wirk,10cm}

ÖNORM m_{w,B;A;i;24} [kg/m²]

<input type="text" value="flächenbezogene Masse des Bauteils"/>	m	<input type="text" value="20,00"/> [kg/m²]
<input type="text" value="Bauteildicke"/>	d	<input type="text" value="0,040"/> [m]

Pos. 8 Fenster

Bezeichnung: [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Glas	0,0040	0,810	0,840	2500,0	10,00	0,00
Schicht 2	Luft	0,0100		1,003	1,0	0,01	0,0
Schicht 3	Glas	0,0040	0,810	0,840	2500,0	10,00	0,00
Schicht 4	Luft	0,0100		1,003	1,0	0,01	0,0
Schicht 5	Glas	0,004	0,810	0,84	2500	10,00	0,00
Schicht 6						0,0	0,0
innen						gesamt	

Wärmeübergangswiderstand innen: [m²K / W]

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: [W / m²K]

DIN C_{wirk,10cm}

ÖNORM m_{w,B;A;i;24} [kg/m²]

<input type="text" value="flächenbezogene Masse des Bauteils"/>	m	<input type="text" value="30,02"/> [kg/m²]
<input type="text" value="Bauteildicke"/>	d	<input type="text" value="0,032"/> [m]

Pos. 9 Fenster

Bezeichnung: Außenbauteil [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Glas	0,0040	0,810	0,840	2500,0	10,00	0,00
Schicht 2	Luft	0,0100		1,003	1,0	0,01	0,0
Schicht 3	Glas	0,0040	0,810	0,840	2500,0	10,00	0,00
Schicht 4	Luft	0,0100		1,003	1,0	0,01	0,0
Schicht 5	Glas	0,004	0,810	0,84	2500	10,00	0,00
Schicht 6						0,0	0,0

innen

Wärmeübergangswiderstand innen: [m²K / W] gesamt **30,02**

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: [W / m²K]

DIN C_{wirk,10cm}

ÖNORM m_{w;B;A;i;24} **12,04** [kg/m²]

<input type="text" value="flächenbezogene Masse des Bauteils"/>	m	30,02 [kg/m²]
<input type="text" value="Bauteildicke"/>	d	0,032 [m]

Pos. 10 Rahmen

Bezeichnung: Außenbauteil [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Holz	0,0600	0,140	2,500	500,0	30,00	0,43
Schicht 2						0,0	0,0
Schicht 3						0,0	0,0
Schicht 4						0,0	0,0
Schicht 5						0,0	0,0
Schicht 6						0,0	0,0

innen

Wärmeübergangswiderstand innen: [m²K / W] gesamt **30,00**

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: [W / m²K]

DIN C_{wirk,10cm}

ÖNORM m_{w;B;A;i;24} **34,91** [kg/m²]

<input type="text" value="flächenbezogene Masse des Bauteils"/>	m	30,00 [kg/m²]
<input type="text" value="Bauteildicke"/>	d	0,060 [m]

Gesamte wirksame Speicherfähigkeit

ÖNORM siehe "Berechnung ÖNORM" **m_w** **8697,8** [kg]

11.3.2. TYP C-2: OPTIMIERUNGSVARIANTE 1

VEREINFACHTER NACHWEIS SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ:

Bauteil-Speichermassen: Var. C - Typ 2								
Pos. 1 Wand								
Typ:	<input type="text" value="Außenbauteil"/>	<input type="text" value="2,66"/>	[m²]					
Wärmeübergangswiderstand außen:		<input type="text" value="0,040"/>	[m²K / W]					
außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d	λ	C	ρ	m	Rt	
		[m]	[W/mK]	[kJ/kgK]	[kg/m³]	[kg/m²]	[m²K/W]	
Schicht 1	Silikatputz	0,0030	0,700	1,000	1900,0	5,70	0,00	
Schicht 2	Wärmedämmung EPS	0,1500	0,035	1,500	35,0	5,25	4,29	
Schicht 3	Stahlbetonwand	0,2500	2,100	1,000	2400,0	600,00	0,12	
Schicht 4	Innenputz	0,0150	0,600	1,000	1700,0	25,50	0,03	
Schicht 5						0,0	0,0	
Schicht 6						0,0	0,0	
innen						gesamt		
Wärmeübergangswiderstand innen:		<input type="text" value="0,130"/>	[m²K / W]					636,45
Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert:		<input type="text" value="0,217"/>	[W / m²K]					
ÖNORM	flächenbez. Speicherwirks. Masse innen (für Periode T=24h)		$m_{w,B;A;i;24}$		203,95 [kg/m²]			
	flächenbezogene Masse des Bauteils		m		636,45 [kg/m²]			
	Bauteildicke		d		0,418 [m]			

Pos. 2								
Wand								
Typ:	<input type="text" value="Außenbauteil"/>	<input type="text" value="2,66"/>	[m²]					
Wärmeübergangswiderstand außen:		<input type="text" value="0,130"/>	[m²K / W]					
außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d	λ	C	ρ	m	Rt	
		[m]	[W/mK]	[kJ/kgK]	[kg/m³]	[kg/m²]	[m²K/W]	
Schicht 1	Silikatputz	0,0030	0,700	1,000	1900,0	5,70	0,00	
Schicht 2	Wärmedämmung EPS	0,1500	0,035	1,500	35,0	5,25	4,29	
Schicht 3	Stahlbetonwand	0,2500	2,100	1,000	2400,0	600,00	0,12	
Schicht 4	Innenputz	0,0150	0,600	1,000	1700,0	25,50	0,03	
Schicht 5						0,0	0,0	
Schicht 6						0,0	0,0	
innen						gesamt		
Wärmeübergangswiderstand innen:		<input type="text" value="0,040"/>	[m²K / W]					636,45
Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert:		<input type="text" value="0,217"/>	[W / m²K]					
ÖNORM	flächenbez. Speicherwirks. Masse innen (für Periode T=24h)		$m_{w,B;A;i;24}$		203,95 [kg/m²]			
	flächenbezogene Masse des Bauteils		m		636,45 [kg/m²]			
	Bauteildicke		d		0,418 [m]			

Pos. 3 Wand

Bezeichnung: **14,49** [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05
Schicht 2	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05
Schicht 3	Mineralwolle	0,0750	0,040	0,840	20,0	1,50	1,88
Schicht 4	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05
Schicht 5	Gipskartonplatte	0,013	0,250	1,04	680,0	8,50	0,05
Schicht 6						0,0	0,0

innen

Wärmeübergangswiderstand innen: [m²K / W] **gesamt** **35,50**

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: **0,428** [W / m²K]

ÖNORM

flächenbez. Speicherwirks. Masse innen (für Periode T=24h)	m_{w;B;A;i;24}	17,53 [kg/m²]
flächenbezogene Masse des Bauteils	m	35,50 [kg/m²]
Bauteildicke	d	0,125 [m]

Pos. 4 Wand

Bezeichnung: **14,00** [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05
Schicht 2	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05
Schicht 3	Mineralwolle	0,0750	0,040	0,840	20,0	1,50	1,88
Schicht 4	Gipskartonplatte	0,0125	0,250	1,044	680,0	8,50	0,05
Schicht 5	Gipskartonplatte	0,013	0,250	1,04	680,0	8,50	0,05
Schicht 6						0,0	0,0

innen

Wärmeübergangswiderstand innen: [m²K / W] **gesamt** **35,50**

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: **0,428** [W / m²K]

DIN

C_{wirk,10cm}

ÖNORM

flächenbez. Speicherwirks. Masse innen (für Periode T=24h)	m_{w;B;A;i;24}	17,53 [kg/m²]
flächenbezogene Masse des Bauteils	m	35,50 [kg/m²]
Bauteildicke	d	0,125 [m]

Pos. 5 Boden

Bezeichnung: Innenbauteil [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen = unten Schichtbezeichnung:

Schicht	Schichtbezeichnung	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Innenputz	0,0150	0,600	1,000	1700,0	25,50	0,03
Schicht 2	Stahlbetondecke	0,2000	2,100	0,840	2400,0	480,00	0,10
Schicht 3	Luftzwischenraum	0,0700	0,318	1,003	1,0	0,07	0,22
Schicht 4	Trägerplatte	0,0350	0,130	2,100	700,0	24,50	0,27
Schicht 5	Linoleum Belag	0,0030	0,170	1,000	1000,0	3,00	0,02
Schicht 6						0,0	0,0
Schicht 7						0,0	0,0

innen = oben Wärmeübergangswiderstand innen: [m²K / W] **gesamt**

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: [W / m²K]

DIN Wirksame Speicherfähigkeit **C_{wirk,10cm}**

ÖNORM flächenbez. Speicherwirks. Masse innen (für Periode T=24h) [kg/m²] **m_{w,B;A;i;24}**

flächenbezogene Masse des Bauteils [kg/m²] **m**

Bauteildicke [m] **d**

Pos. 6 Decke

Bezeichnung: Innenbauteil [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen = oben Schichtbezeichnung:

Schicht	Schichtbezeichnung	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Linoleum Belag	0,0030	0,170	1,000	1000,0	3,00	0,02
Schicht 2	Trägerplatte	0,0350	0,130	2,100	700,0	24,50	0,27
Schicht 3	Luftzwischenraum	0,0700	0,318	1,003	1,0	0,07	0,22
Schicht 4	Stahlbetondecke	0,2000	2,100	0,840	2400,0	480,00	0,10
Schicht 5	Innenputz	0,0150	0,600	1,000	1700,0	25,50	0,03
Schicht 6						0,0	0,0
Schicht 7						0,0	0,0

innen = unten Wärmeübergangswiderstand innen: [m²K / W] **gesamt**

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: [W / m²K]

DIN Wirksame Speicherfähigkeit **C_{wirk,10cm}**

ÖNORM flächenbez. Speicherwirks. Masse innen (für Periode T=24h) [kg/m²] **m_{w,B;A;i;24}**

flächenbezogene Masse des Bauteils [kg/m²] **m**

Bauteildicke [m] **d**

Pos. 7 Türen

Bezeichnung: [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Holz	0,0400	0,150	2,500	500,0	20,00	0,27
Schicht 2						0,0	0,0
Schicht 3						0,0	0,0
Schicht 4						0,0	0,0
Schicht 5						0,0	0,0
Schicht 6						0,0	0,0
innen						gesamt	20,00

Wärmeübergangswiderstand innen: [m²K / W]

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: [W / m²K]

DIN C_{wirk,10cm}

ÖNORM m_{w,B;A;i;24} [kg/m²]

<input type="text" value="flächenbezogene Masse des Bauteils"/>	m	<input type="text" value="20,00"/> [kg/m²]
<input type="text" value="Bauteildicke"/>	d	<input type="text" value="0,040"/> [m]

Pos. 8 Fenster

Bezeichnung: [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Glas	0,0040	0,810	0,840	2500,0	10,00	0,00
Schicht 2	Luft	0,0100		1,003	1,0	0,01	0,0
Schicht 3	Glas	0,0040	0,810	0,840	2500,0	10,00	0,00
Schicht 4	Luft	0,0100		1,003	1,0	0,01	0,0
Schicht 5	Glas	0,004	0,810	0,84	2500	10,00	0,00
Schicht 6						0,0	0,0
innen						gesamt	30,02

Wärmeübergangswiderstand innen: [m²K / W]

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: [W / m²K]

DIN C_{wirk,10cm}

ÖNORM m_{w,B;A;i;24} [kg/m²]

<input type="text" value="flächenbezogene Masse des Bauteils"/>	m	<input type="text" value="30,02"/> [kg/m²]
<input type="text" value="Bauteildicke"/>	d	<input type="text" value="0,032"/> [m]

Pos. 9 Fenster

Bezeichnung: Außenbauteil [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Glas	0,0040	0,810	0,840	2500,0	10,00	0,00
Schicht 2	Luft	0,0100		1,003	1,0	0,01	0,0
Schicht 3	Glas	0,0040	0,810	0,840	2500,0	10,00	0,00
Schicht 4	Luft	0,0100		1,003	1,0	0,01	0,0
Schicht 5	Glas	0,004	0,810	0,84	2500	10,00	0,00
Schicht 6						0,0	0,0

innen

Wärmeübergangswiderstand innen: [m²K / W] gesamt **30,02**

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: [W / m²K]

DIN C_{wirk,10cm}

ÖNORM m_{w;B;A;i;24} **12,04** [kg/m²]

<input type="text" value="flächenbezogene Masse des Bauteils"/>	m	30,02 [kg/m²]
<input type="text" value="Bauteildicke"/>	d	0,032 [m]

Pos. 10 Rahmen

Bezeichnung: Außenbauteil [m²]

Wärmeübergangswiderstand außen: [m²K / W]

außen	Schichtbezeichnung:	Dicke d [m]	λ [W/mK]	C [kJ/kgK]	ρ [kg/m³]	m [kg/m²]	Rt [m²K/W]
Schicht 1	Holz	0,0600	0,140	2,500	500,0	30,00	0,43
Schicht 2						0,0	0,0
Schicht 3						0,0	0,0
Schicht 4						0,0	0,0
Schicht 5						0,0	0,0
Schicht 6						0,0	0,0

innen

Wärmeübergangswiderstand innen: [m²K / W] gesamt **30,00**

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert: [W / m²K]

DIN C_{wirk,10cm}

ÖNORM m_{w;B;A;i;24} **34,91** [kg/m²]

<input type="text" value="flächenbezogene Masse des Bauteils"/>	m	30,00 [kg/m²]
<input type="text" value="Bauteildicke"/>	d	0,060 [m]

Gesamte wirksame Speicherfähigkeit

ÖNORM siehe "Berechnung ÖNORM" **m_w** **10489,1** [kg]