

DIPLOMARBEIT

Der Einfluss mikroklimatischer Randbedingungen auf die Prognose der Energieperformance in der Architektur

Ausgeführt zum Zwecke der Erlangung
des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Ardeshir Mahdavi

259/3

Abteilung für Bauphysik und Bauökologie
Institut für Architekturwissenschaften

Eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

Von

Volker Leinich

0025663

Dr. Heinrich Maierstraße 22
1180 Wien

Wien, am

Danksagung

Ich möchte mich bei meinem Betreuer Herrn Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Ardeshir Mahdavi bedanken, der mich stets gut beraten und sich immer Zeit für mich genommen hat.

Mein größter Dank gilt meinen Eltern, die mir mein Studium erst ermöglicht haben und mir bei Fragen und Herausforderungen immer zur Seite gestanden sind.

Weiters sei an dieser Stelle auch meiner Familie und meinen engsten Freunden und Studienkollegen gedankt, die mich begleitet und unterstützt haben und denen es an aufbauenden Worten nie gemangelt hat.

Alles was zustande kommt
geht auf Mühe und Notwendigkeit zurück.

(Heraklit, 500 v. Chr.)

Inhaltsverzeichnis

1.Einführung	1
1.1 Motivation.....	2
1.1.1 Energieeffizienz.....	2
1.1.2 Globale Erwärmung.....	4
1.2 Hintergrund	6
1.2.1 Stand der Forschung.....	6
1.2.2 Rechtliche Situation.....	9
2.Methodik	10
2.1 Berechnungen.....	10
2.1.1 Thermische Gebäudesimulation	10
2.1.2 Der Vergleich der Methoden ASHRAE und CIBSE	10
2.1.3 Die Funktionsweise von A-Tas – Simulationsprinzipien	11
2.1.4 OIB Excel Sheet zur Berechnung der Energiekennzahlen (ON)	13
2.2 Klimatologie	15
2.2.1 Klimadaten	15
2.2.2 Wetterelemente	15
2.2.3 Indikatoren der Energiebedarfsberechnung.....	17
2.2.4 Meteorologische Messstationen.....	17
2.2.5 Die Beschaffenheit einer meteorologischen Messstation	18
2.2.6 Die Funktionsweise von Meteonorm	19
2.2.7 Die Eingabe in Meteonorm.....	20
2.2.8 Die Arbeit mit Wetterdaten	20
2.2.9 Lokalklimate	22
2.2.10 Beobachtungsreihen	23
2.3 Referenzmodelle	25
2.3.1 EFH - Wohngebäude Altbau, freistehend, periphere Lage.....	25
2.3.2 MFH - Wohngebäude, Blockrandbebauung, semiperiphere Lage.....	27
2.3.3 BÜRO - Bürogebäude Neubau, semizentrale, parkähnliche Lage	29
2.3.4 Nutzerprofile	31

3.Resultate	32
3.1 Einleitung	32
3.2 Zeitlicher Vergleich	33
3.2.1 Heizwärmebedarf	38
3.2.2 Kühlbedarf	40
3.3 Räumlicher Vergleich.....	44
3.3.1 Heizwärmebedarf	44
3.3.2 Kühlbedarf	46
3.4 Gegenüberstellung.....	48
3.4.1 Heizwärmebedarf	48
3.4.2 Kühlbedarf	50
3.5 Vergleich nach Methode	52
4.Diskussion	55
4.1 Heizgradtage.....	55
4.2 Kühlgradstunden.....	56
4.3 Globalstrahlung.....	57
4.4 Standard Klimadaten	58
5.Schlussfolgerung	60
5.1 Ergebnis der Studie.....	60
5.2 Künftige Forschung.....	61
6.Quellenverzeichnis	62
Abbildungsverzeichnis	64
Weiterführende Informationen	64
Anhänge	65
A.Klimadaten.....	65
B. Ergebnisse.....	69
C. Planunterlagen	72
D. Bauteilkatalog.....	77

1.Einführung

Die thermischen Anforderungen der Hochbauplanungspraxis an die Gebäudehülle werden immer höher. Gerade deswegen ist es für den Architekten wichtig in jeder Phase der Planung über Kontroll- und Steuerungsmöglichkeiten zu verfügen. Die thermische Gebäudesimulation ist ein hilfreiches Werkzeug, das den Architekten in der Ausübung seiner Tätigkeit unterstützt.

Aber was wäre das Werkzeug ohne das Wissen zur Bedienung?

Darum ist die Definition der Randbedingungen bei der Gebäudesimulation, im Sinne der Prognose der Energieperformance, von großer Bedeutung. Eine dieser Randbedingungen sind die Umwelteinflüsse und ganz speziell der Klimaeinfluss.

In dieser Arbeit wird ein Überblick über den Einfluss der klimatischen Randbedingungen in der thermischen Gebäudesimulation verschafft. Von den Berechnungsmethoden über die Klimatologie bis hin zur Darstellung der Ergebnisse aus den Simulationen wird ein informativer Bogen gespannt.

Anhand von Modellen verschiedener Gebäudetypologie werden die Abweichungen unterschiedlicher Klimamodelle und Berechnungsmethoden des Energiebedarfs zueinander aufgezeigt und erklärt. Das Ziel ist es die Auswirkungen der Wahl des Klimamodells zu veranschaulichen und deren Tauglichkeit aufgrund standardisierter Referenzzeiträume (Vergangenheit) für die Planung von Gebäuden im Hinblick auf deren Lebenszyklus (Zukunft) kritisch zu hinterfragen.

1.1 Motivation

Die computergestützten Möglichkeiten zur Berechnung und Darstellung der Energieperformance in der Architektur sind zahlreich. Die Vorgänge bei der Berechnung lassen sich vielfach erst durch die Analyse der Ergebnisse nachvollziehen. Es kommt durchaus vor, dass bestimmte Anwendungen dann aufgrund nicht zufriedenstellender Ergebnisse oder der komplizierten, schwer zu durchschauenden Handhabung fallen gelassen werden und ein Umstieg auf ein anderes Programm notwendig wird. Das Verständnis der Methodik der Programme ist sehr wichtig für die Bewertung der Ergebnisse. In der Analyse wird daher auf dieses Thema noch ausführlich eingegangen.

Wie bereits eingangs erwähnt sind die klimatischen Randbedingungen der Schwerpunkt dieser Studie. Neben der Konfiguration der Gebäudehülle und der Determination des Nutzerverhaltens, bestimmt durch die Gebäudetypologie, stellen die Umwelteinflüsse bzw. vor allem der Klimaeinfluss einen wesentlichen Faktor in den Berechnungen dar.

Das Klimamodell das für die Simulation der thermischen Performance benötigt wird ist vom Anwender zu bestimmen. Das Wissen über den Einfluss der zu verwendenden Klimadaten ist für den Architekten somit von entscheidender Bedeutung. Nur so kann eine aussagekräftige den realen Verhältnissen entsprechende Simulation bewerkstelligt werden.

Jede vollwertige Gebäudesimulationssoftware bietet eine Schnittstelle für die Eingabe von Klimadaten. Einerseits lässt sich aus dem Herstellerangebot das bestimmte Modell für das Planungsgebiet auswählen bzw. bietet sich andererseits die Möglichkeit eigens erstellte Klimamodelle zu importieren. Die Standardmodelle, wie sie seitens der Hersteller angeboten werden, sind eine einfache Möglichkeit zu einem schnellen Ergebnis in der Planung zu kommen.

Aber wie aussagekräftig sind diese tatsächlich?

Für die in dieser Studie verwendete Gebäudesimulationssoftware Tas (Edsl, 2007a) sind vom Hersteller zurzeit die Klimadaten folgender Länder erhältlich:

Australien	Belgien	Dänemark	Deutschland	China
Frankreich	Griechenland	Holland	Kanada	Italien
Österreich	Portugal	Russland	Südkorea	Irland
Spanien	Schweden	Schweiz	USA	

Eine Alternative dazu stellen der Einsatz von Klimadatenbanken oder der Bezug der Daten meteorologischer Messstationen dar. Die Erstellung eigener Klimamodelle ist jedoch erwartungsgemäß mit hohem Aufwand verbunden und setzt das nötige Verständnis für die Handhabung der Daten voraus um Fehlerquellen auszuschließen. Wie die tatsächliche Schwankungsbreite bei der Anwendung der verschiedenen Modelle aussieht wird im Weiteren untersucht.

Die Motivation für diese Untersuchungen ist unter anderem der nachhaltige Umgang mit den Energieressourcen.

1.1.1 Energieeffizienz

In der Hochbauplanung wird viel Zeit in Ökonomie und Kosteneffektivität investiert. Ebenso sollte es sich heute mit der Ökologie und der Energieeffizienz verhalten. Nicht zuletzt wegen der Diskussion über den Energieverbrauch und dem damit verbundenen Treibhauseffekt. Tatsächlich stehen Energieeffizienz und Ökologie oft wirtschaftlichen Interessen bei der Umsetzung von Bauprojekten entgegen und werden nur im rechtlichen Kontext realisiert. Es liegt auch am Architekten Verantwortung zu übernehmen und für Aufklärung zu sorgen.

Die Beschaffenheit der Gebäudehülle bestimmt die thermische Performance des Gebäudes und den Komfort des Innenraumes. In der Planungsphase ist es daher notwendig so zeitig und so präzise wie möglich Aussagen über den prognostizierten Energiebedarf gegenüber dem Auftraggeber treffen zu können. Die späteren Nutzer des Gebäudes sind schließlich an den zu erwartenden Betriebskosten interessiert und die Information in Form des Energieausweises ist Vorschrift.

Je geringer die Wärmeverluste über die Gebäudehülle und je höher die Gewinne durch Sonneneinstrahlung und Nutzung sind (bei gleichzeitiger Vermeidung von Überwärmung), desto geringer ist der tatsächliche Heizwärmebedarf. Die klimatischen Gegebenheiten spielen dabei eine entscheidende Rolle. Je aktueller die zu Verfügung stehenden Klimadaten sind desto präziser ist die Prognose der Energieperformance bzw. des Heizwärme- und Kühlbedarfs.

Über die Raumlüftung geht ebenfalls ein Teil der Energie verloren. Diese lässt sich bei einer ausreichenden Belüftung nur über eine Wärmerückgewinnungsanlage mit entsprechendem Wirkungsgrad vermeiden. Außerdem kann damit die Qualität der Raumluft wesentlich verbessert werden.

Ein weiteres Kriterium ist die Winddichtheit der Gebäudehülle z.B. im Bereich der Bauteilanschlüsse. Bei Undichtigkeiten kommt es zu ungewollter Infiltration und einem steten Wärmeverlust, der die Energieperformance verschlechtert. Im Bereich des Niedrigenergie- und Passivhausbaus ist die Winddichtheit eine der wichtigsten Voraussetzungen für das Erreichen der thermischen Vorgaben.

Über einen passenden Sonnenschutz und angemessene Wärmeschutzgläser lassen sich die solaren Gewinne steuern und eine mögliche sommerliche Überwärmung verhindern. Alle diese Effekte werden bei der Gebäudesimulation berücksichtigt und liefern ein dementsprechendes Ergebnis.

Die Bereitstellung der Energie für die Gebäudenutzung ist neben der Umweltverträglichkeit der Bauprodukte eine wichtige ökologische Frage. In dieser Hinsicht sind erneuerbare **Energieträger** den fossilen, auf Basis des mit der Verbrennung einhergehenden CO₂-Ausstoßes und der weltweiten Verknappung, vorzuziehen (siehe Abbildung 1.01 – Anteil erneuerbare Energien). Die Lösung der Energieproblematik führt jedoch auch über die Verringerung des Energieverbrauches.

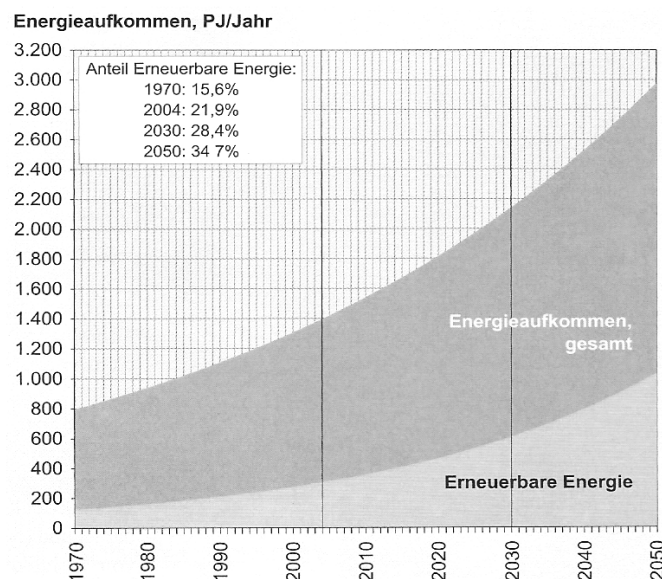


Abbildung 1.1: Energieprognose für Österreich bis 2050 und möglicher Anteil erneuerbarer Energien (Faninger, 2006)

Der Anteil der Raumheizung bzw. -kühlung und Warmwasserbereitstellung am **Gesamtenergieverbrauch** in Österreich macht in etwa 30% aus. Gemeinsam mit dem Verkehr (32%) stellen diese beiden Kategorien einen Großteil des Energieverbrauches dar (Mader, 2005).

Durch eine energieeffiziente Gebäudeausrüstung kann der Energieverbrauch gesenkt und dem Treibhauseffekt wirksam entgegnet werden.

1.1.2 Globale Erwärmung

Das Klima prägt das Leben des Menschen. Zugleich nimmt der Mensch Einfluss auf das Klima, wenn auch nur in geringfügiger Weise. **Anthropogene Veränderungen** betreffen vor allem den Energiehaushalt aber auch den Wasserhaushalt im Klimasystem. Das exponentielle Bevölkerungswachstum und die zunehmende Industrialisierung sind Hauptgründe für die anthropogene Klimabeeinflussung. Durch die anthropogene Emission von Gasen und Aerosolen (v.a. aus Verbrennungsprozessen) wird global gesehen der atmosphärische **Strahlungshaushalt** beeinflusst. Da die Emissionskurven exponentiell ansteigen, kann angenommen werden, dass ein Erwärmungsprozess schneller abläuft, als es durch natürliche Faktoren in der Klimageschichte der Fall war. Durch großräumige Veränderung der Landbedeckung (Abholzung von Regenwäldern etc.) ändern sich die planetare Albedo (Rückstrahlungsvermögen) und der terrestrische Wasserhaushalt. Viele anthropogene Effekte und ihr Einfluss auf das Klimasystem sind aber noch wenig bekannt. Gut untersucht ist die Wirkung ansteigender Treibhausgaskonzentration auf die Ausprägung des anthropogenen Treibhauseffekts.

Im Vergleich zur vorindustriellen Phase wird in Summe aller emittierten Gase mit einem positiven Strahlungsantrieb von etwa $2,5 \text{ W/m}^2$ aufgrund einer verstärkten atmosphärischen Gegenstrahlung gerechnet (bzw. Temperaturen von $\sim 1 \text{ K}$).

Eine Vielzahl von **Szenarienrechnungen** mit numerischen Modellen deuten auf eine globale Temperaturzunahme von $>4^\circ\text{C}$ hin. Zurzeit gibt es durchaus Anzeichen die ein Abschmelzen des nordpolaren Meereseises als mögliche Folge darstellen. Daraus würde ein Meeresspiegelanstieg von $1,2 \text{ mm/a}$ resultieren. Die **Gesamtkonsequenz** bei einer schnellen Erwärmung des Klimas wäre eine regionale Verschiebung der jetzigen Klimagürtel. Wenn auch der mit fortgeschrittenen Modellen berechnete anthropogene Anteil einer zukünftigen Klimaentwicklung noch mit großen Unsicherheiten behaftet ist, so ist dennoch dem anthropogenen Treibhauseffekt mit hoher Wahrscheinlichkeit ein großer Anteil am derzeitigen Erwärmungstrend zuzuschreiben.

Das Ausmaß des anthropogenen Treibhauseffekts hängt entscheidend von der zukünftigen Entwicklung der Bevölkerung, der Energieerzeugung, des Kraftfahrzeugverkehrs und auch der Landwirtschaft/Landnutzung ab.

Eine Szenarienrechnung (IPCC, 2001) auf der Basis verschiedener Modelle, in der die lokalen Besonderheiten (Geburtenhäufigkeit, ökonomische Entwicklung etc.) erhalten bleiben und das Wachstum der Weltbevölkerung, die Zunahme von Emissionen und Landschaftsverbrauch in realistischen Größenordnungen verlaufen, zeigt deutliche Auswirkungen auf die bodennahe Temperatur und den Niederschlag.

Temperaturzunahmen bis $>5 \text{ K}$ betreffen vor allem die Polargebiete sowie die kontinentaleren Mittelbreiten der Nordhalbkugel. Die Ozeangebiete zeigen mit $1\text{-}3 \text{ K}$ die geringsten Erwärmungsraten, die Südhalbkugel ist insgesamt weniger betroffen. **Niederschlagszunahmen** $>20\%$ sind ebenfalls in den nordhemisphärischen Polargebieten, aber auch in der Antarktis zu erwarten. Auch über dem Äquator sowie im Sahel treten höhere Niederschläge auf. Dramatisch ist der erwartete Einbruch von teils $>20\%$ in Nordafrika und dem angrenzenden Mittelmeerraum sowie im Nordosten Brasiliens, da diese Gebiete in trockenen Jahren bereits jetzt unter Wasserknappheit zu leiden haben.

Es werden zunächst langfristige und kurzfristige **Klimaschwankungen** unterschieden. Diese bestehen aufgrund der Variation von solarer Aktivität, innerer Ursachen des Systems Erde/Atmosphäre (Vulkanausbrüche), natürlicher bzw. anthropogener Klimaschwankungen und Elemente der Erdumlaufbahn (Erdachsen-Inklination und -Exzentrizität, Daten des Perihels/Aphels). Die anthropogenen Klimaschwankungen die kurzfristige Veränderungen bedingen sind vor allem Folgen des Treibhauseffektes. Durch den erhöhten Ausstoß klimawirksamer Gase, wie CO₂ oder FCKW, kommt es zwangsläufig zu einer Erhöhung der atmosphärischen Gegenstrahlung, die zu einer Erwärmung der unteren Troposphäre führt. Gleichzeitig kommt aus Gründen der Kompensation zu einer Abkühlung der höheren Atmosphäre (Stratosphäre).

Die Zunahme der Weltmitteltemperatur von 0,35-0,65 K (Schönwiese, 1996) ausgelöst durch den Menschen wird daher als **anthropogener Treibhauseffekt** bezeichnet. Auch wenn der anthropogene gegenüber dem natürlichen Treibhauseffekt vergleichsweise gering ausfällt, ist unumstritten, dass der exponentielle Anstieg durch den Menschen eine zu rasche Erwärmung zur Folge haben kann. Allfällige Rückkopplungseffekte einer Erwärmung auf zentrale Elemente des Strahlungshaushaltes sind noch weitgehend unbekannt. Der atmosphärische Wasserdampfgehalt und die Wolkenbildung führen zu einer erhöhten atmosphärischen Gegenstrahlung, da bei einer Temperaturerhöhung grundsätzlich mit verstärkter Verdunstung, Konvektion und Wolkenbildung zu rechnen ist. Dabei kann abhängig von der Art der Wolkenbildung der anthropogene Treibhauseffekt entweder verstärkt oder auch abgeschwächt werden.

*„Eine höhere Frequenz **niedriger stratiformer Wolken** hätte wohl eher eine abkühlende Wirkung, da sie die planetare Albedo (Rückstrahlungsvermögen) großflächig erhöhen und damit die kurzweilige Globalstrahlung abschwächen würden. Es kommt zwar gleichzeitig zu einer erhöhten atmosphärischen Gegenstrahlung, welche allerdings die Verluste aufgrund der Ausstrahlung an der warmen Wolkenobergrenze nicht abdecken kann.*

*Auf der anderen Seite kommt es bei einer großen Häufigkeit hoch reichender **konvektiver Bewölkung** zu einer stärkeren Gegenstrahlung an der warmen tief liegenden Wolkenbasis gegenüber einer reduzierten Wärmeabstrahlung an der kalten, hoch liegenden Wolkenobergrenze.*

Die Unsicherheiten bei der Prognose des Treibhauseffektes durch das sogenannte „cloud forcing“ (positiver bzw. negativer Effekt auf den Strahlungshaushalt) reichen im Zusammenhang mit der Erhöhung des atmosphärischen Wasserdampfgehaltes von einer Zunahme des anthropogenen Treibhauseffektes um bis zu 4K bis hin zu einer Abschwächung um 0,5 K.“ (Lauer und Bendix, 2004)

1.2 Hintergrund

1.2.1 Stand der Forschung

Für die Berechnung der sommerlichen Überwärmung, die für die Auslegungsgröße der klimatechnischen Ausrüstung eines Gebäudes herangezogen wird, und für die Erhebung der Heizlast zur Bestimmung der heizungstechnischen Ausstattung bedienen sich Planer standardisierter Klimamodelle. Diese beinhalten meist langjährige Daten der jeweiligen meteorologischen Stationen und beziehen sich bei den Bemessungen auf den Referenzzeitraum (1961 bis 1990) von der World Meteorological Organisation (WMO). Für die sommerliche Überwärmung werden empirische Extremwerte in das Klimamodell übernommen.

Aufgrund des fortschreitenden Klimawandels ist die Aktualität dieser Daten allerdings stark zu bezweifeln.

Der Einfluss von Wetterdaten auf die Überschreitungshäufigkeit sommerlicher Grenztemperaturen, wurde an der FH Köln (Krischker, 2007) untersucht. Verschiedene Wettermodelle wurden anhand des Gebäudemodells eines typischen Bürohauses in München getestet. Bei den Wettermodellen handelt es sich um Meteornorm (METaverage, METextrem), Testreferenzjahre des Deutschen Wetterdienstes (TRY – DWD: Deutschland in 15 verschiedene Regionen unterteilt), Internationales Wetter für Energiebedarfsberechnungen (IWEC), Hadley Regionalklimamodell für die Zukunft (HAD), und dem heißen Vergleichsjahr München 2003.

Die Ergebnisse der Arbeit in Abbildung 1.02 zeigen, dass die Standardmodelle METaverage, IWEC und TRY bei Temperaturen über 26°C sehr ähnliche Ergebnisse (~120 h/a) liefern. Die Analysen der Modelle TRYextrem, TRYcity und METextrem liegen 200-250% darüber und München2003 sowie die in die Zukunft gerichteten Modelle HAD2050 und HAD2080 übertreffen das Ausgangsergebnis um bis zu 560%.

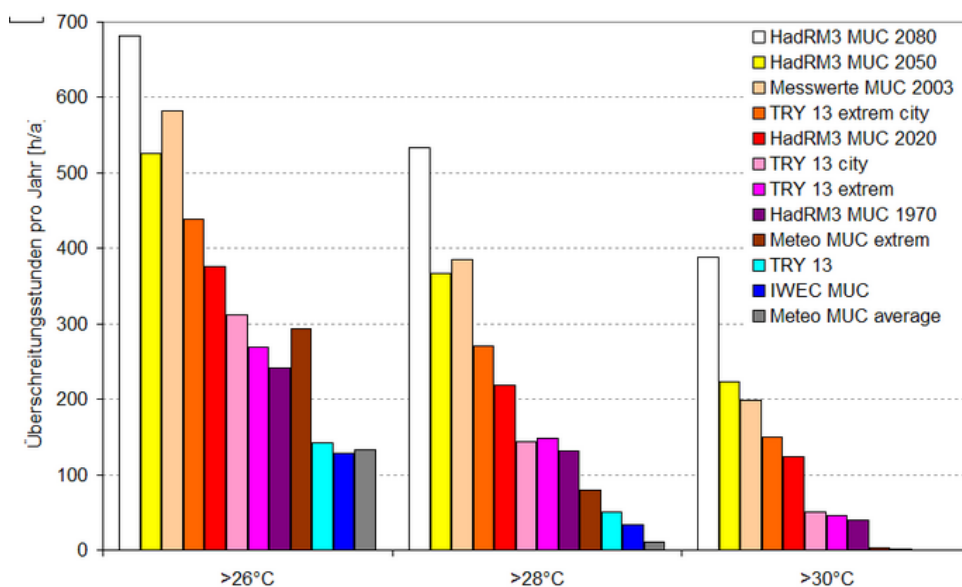


Abbildung 1.2: Die Überschreitungshäufigkeit sommerlicher Grenztemperaturen anhand verschiedener Wettermodelle (Krischker, 2007)

Bei der 7. IBPSA Konferenz in Rio de Janeiro wurde die Entwicklung eines TRY Modells anhand einer limitierten Datensammlung für passives Heizen und Kühlen in Chile (Müller, 2001) veröffentlicht. Darin werden einerseits die Erstellung des Klimamodells aufgrund lückenhafter Datenbestände sowie die

Möglichkeiten zur thermischen Gebäudesimulation für Entwicklungsländer, deren Mittel stark eingeschränkt sind, beschrieben.

Es zeigt sich, dass auch die innerstädtische Lage einen großen Einfluss auf das Ergebnis hat. In der städtebaulichen Klimafibel (Baumüller et al., 2007) findet sich zum Thema urbane Wärmeinseln eine Grafik (siehe Abbildung 1.3) mit den Temperaturunterschieden Zentrum/Umland in Abhängigkeit von der Größe der Stadt in Form der Bevölkerungszahl.

In sehr bevölkerungsreichen Städten, wie beispielsweise London, ist das Temperaturgefälle mit 10 K wesentlich größer als in bevölkerungsarmen Städten (Utrecht: 6K).

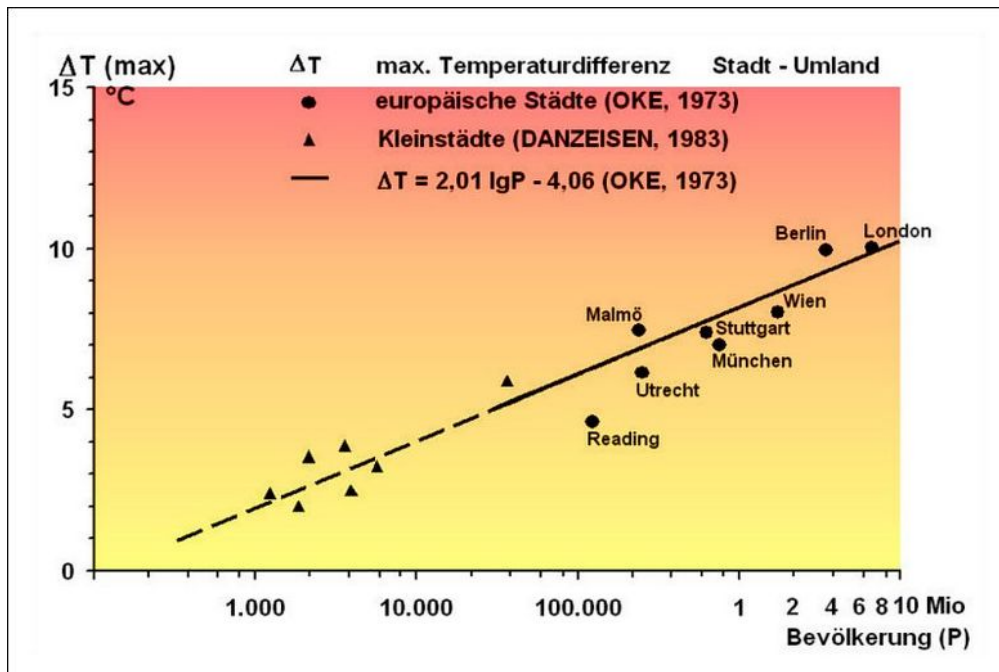


Abbildung 1.3: Temperaturdifferenz zwischen Zentrum und Umland europäischer Städte (Baumüller et al., 2007)

Eine weitere Forschungsarbeit zum Thema Thermische Performance Simulation und das urbane Mikroklima entstand in einer Kooperation zwischen einer australischen und einer israelischen Universität (Williamson und Erell, 2001). Diese behandelt städtische Wärmeinseln in Adelaide/ Australien. Es wurden im urbanen Bereich mittels eigens eingerichteter Temperatursensoren mikroklimatische Unterschiede von bis zu 2,3 K festgestellt.

Im Hinblick auf den Klimawandel findet sich ein Vortrag im Rahmen des Projekts „Gebäude2050: Kühlen statt Heizen“ (Holzer und Hammer, 2007). Es wird der zu erwartende Heiz-/ bzw. Kühlbedarf für ein Bürogebäude in der Region Wien anhand eines prognostizierten Klimamodells in Vergleich zur momentanen Situation analysiert. Die Grundlage für diese Studie stellt das Projekt reclip:more (Loibl et al., 2004) dar, woran fünf internationale Forschungseinrichtungen beteiligt waren. Das Ergebnis zeigt, dass aufgrund des Anstieges des Jahrestemperaturmittels von bis zu 2,5°C, der Abnahme der Frosttage um bis zu 50% und dem gleichzeitigen Anstieg der Hitzetage um 200% der Heizwärmebedarf um 30% zurückgehen und der Kühlbedarf um mehr als 1000% ansteigen wird.

In einer Münchner Fachpublikation findet sich eine Untersuchung der Sommertemperaturen am Münchner Flughafen im Zeitraum 1992 – 2006 (Münchner Rückversicherungsgesellschaft, 2005). In der Gegenüberstellung zum langjährigen Mittelwert von 1961-1990 (siehe Abbildung 1.4) zeigt sich, dass die Temperaturmittel den langjährigen Mittelwert in keinem Jahr erreichten.

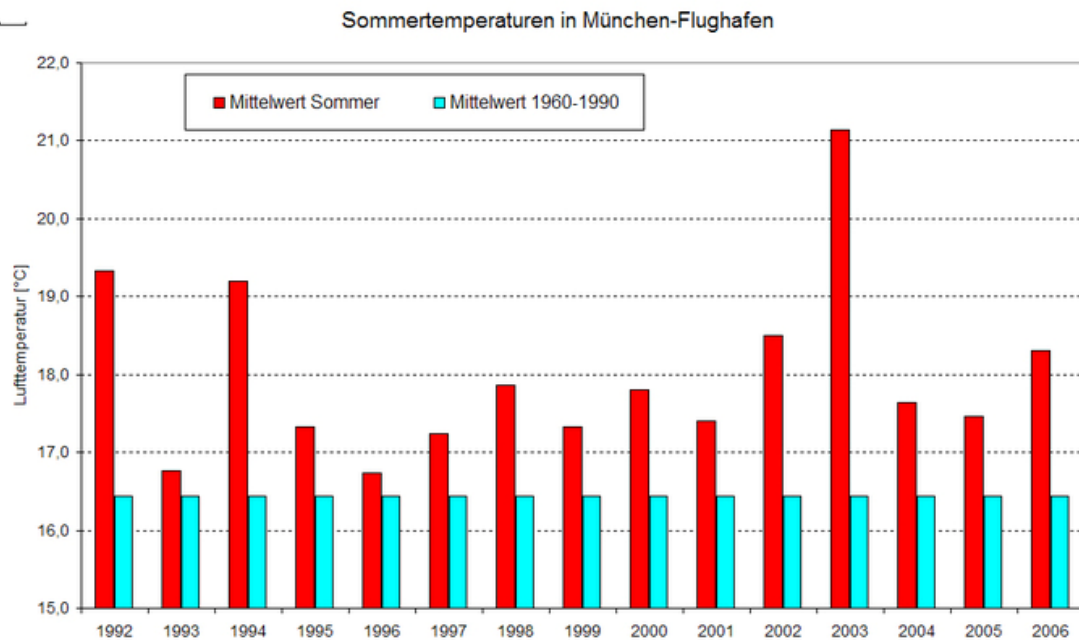


Abbildung 1.4: Jährliche Temperaturen im Vergleich zu langjährigem Durchschnitt
(Münchner Rückversicherungsgesellschaft, 2005)

1.2.2 Rechtliche Situation

Europäische Richtlinie 2002/91/EG

In dieser Richtlinie sind Forderungen des Europäischen Rates bezüglich der „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ gestellt. Als Basis gilt die Europäische Richtlinie 1993/76/EWG zur Begrenzung der Kohlendioxidemissionen durch eine effizientere Energienutzung.

Das Ziel ist es den Energieverlust bestehender sowie geplanter Gebäude zu minimieren, Information über die Energiesituation der Gebäude bereitzustellen und somit Transparenz auf dem Immobilienmarkt zu schaffen. *„Die Mitgliedstaaten setzen die Rechts- und Verwaltungsvorschriften in Kraft, die erforderlich sind, um dieser Richtlinie spätestens am 4. Januar 2006 nachzukommen.“*

Österreichische Judikatur

Die rechtlichen Vorgaben für die Hochbauplanung sind zunächst in den Bauordnungen der Länder zu finden. Im §75 der Wiener Bauordnung ist der bauliche Wärmeschutz geregelt. Die Vorgaben sind anhand des volumenbezogenen Transmissionsleitwerts für Gebäude unterschiedlichen Rauminhalts und die Wärmedurchgangskoeffizienten aller wesentlichen Bauteile getroffen.

Darüber hinaus wird die Festlegung und Abänderung der Flächenwidmungs- und Bebauungspläne hinsichtlich der stadtklimatischen Einflüsse in den §§1 und 2 geregelt. Dies betrifft beispielsweise die Luftreinhaltung, Bodenversiegelung oder andere ökologische Grundlagen, die sich auch auf das urbane Klima auswirken.

Speziellere Regelungen finden sich im Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz (UVPG), und im Naturschutzgesetz (NaschG), die aber an dieser Stelle nicht weiter behandelt werden.

2.Methodik

Der Einfluss der Mikroklimatik wird über **Berechnungen** der Energieperformance anhand von **Gebäudemodellen** und **Klimadaten** untersucht.

Variable Parameter: Klimadaten, Berechnungsmethode

Konstante Parameter: Gebäudemodelle (Beschaffenheit der Gebäudehülle, Interne Gewinne)

2.1 Berechnungen

2.1.1 Thermische Gebäudesimulation

Auf dem Gebiet der Gebäudesimulation sind verschiedene Teilbereiche angesiedelt. Es gibt Programme zur Simulation des Tragwerkes, zur statischen Berechnung, zur Visualisierung der räumlichen Strukturen, für lichttechnische, akustische oder strömungstechnische Analysen und zur thermischen Simulation.

Mit der thermischen Gebäudesimulation steht dem Bauwesen ein hilfreiches Werkzeug zur Verfügung mit dem das thermisch-energetische Verhalten eines Gebäudes untersucht werden kann. Je nach Ausstattung der Software kann diese Untersuchung an diversen Punkten vertieft werden (z.B. der stündliche Strahlungsgewinn in einzelnen Zonen des Gebäudes).

In der einschlägigen Fachliteratur (VDI, 2001) ist definiert was ein genormtes Gebäudesimulationsprogramm an Vorgaben erfüllen muss. Auf dem Sektor der thermischen Gebäudesimulation werden jedenfalls unterschiedliche Berechnungsmodelle verwendet.

2.1.2 Der Vergleich der Methoden ASHRAE und CIBSE

Die folgenden Rechenmodelle finden in Nordamerika bzw. England Anwendung und wurden in einer Publikation von Sommer und Yavuzturk, 2001 erläutert. Die ASHRAE (American Society of heating, refrigerating, air-conditioning and engeneering) und CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers) Methode für die Berechnung des Wärmeverlustes durch Wandabschnitte sind grundsätzlich sehr ähnlich. Bei beiden Verfahren ist der Gesamtwärmeverlust vom mittleren U-Wert des Bauteilabschnitts abhängig. Der Wärmeleitfähigkeitskoeffizient ist durch den Kehrwert der Wärmedurchgangswiderstände einzelner Bauteilschichten und die Summe der Wärmeübergangswiderstände festgelegt.

Die Unterschiede zwischen den beiden Methoden liegen in der Berechnung der Wärmeübergangswiderstände. Die **Cibse** methode schließt Strahlungseffekte im Raum ein, indem Emissivität und Strahlungswärmetransport zusätzlich zu Konvektionswärmtransport berücksichtigt werden. Diese Annäherung resultiert in höheren Gesamtwärmewiderständen und folglich geringeren Wärmedurchgangskoeffizienten für die Bauteilabschnitte im Cibse Modell. Weiters bietet die Cibse Methode die Eingabe eines Raumwärmeleitungsfaktors F_{cu} , um den Ventilationsleitwert, den Strahlungsanteil der Wärmequelle und die Raumgeometrie berücksichtigen zu können. Während im **Ashrae** Modell das Temperaturpotenzial durch den Unterschied zwischen Innen- und Außentemperatur bestimmt ist, wird in der Cibse Annäherung die Differenz zwischen Außentemperatur und der resultierenden Lufttrockentemperatur aus der Raummitte berechnet.

Der Unterschied zwischen der Cibse „steady state heat loss“ Methode und der dynamischen Simulation ist die Fähigkeit der dynamischen Methode Variationen des Wetters über einzelne Tage hinweg zu berücksichtigen. Die Cibse Methode ist das Äquivalent zu einem 24 Stunden beheizten Gebäude ohne interne Gewinne, unter gleichen Wetterbedingungen über einen längeren Zeitraum hinweg, ohne solare Gewinne. Entfernt man die internen Gewinne aus der Tas Datei und fügt eine

Wetterdatei mit konstanter Außentemperatur, ohne Sonnenschein hinzu, erhält man nach einer 30 Tage Periode exakt dieselbe Heizlast wie bei der Cibse Methode. Die „admittance-procedure“ verwendet ein 24 Stunden Mittel und idealisierte Wetterdaten um eine Prognose über die sommerliche Überwärmung zu liefern. Die Prozedur bietet keine Möglichkeit den Einfluss der vorhergehenden Tage zu berücksichtigen. Um genau zu sein wird bei dieser Methode davon ausgegangen, dass dem entsprechenden Tag identische Tage vorangegangen sind. Mit idealisierten Wetterdaten kann die Cibse Methode in Tas umgesetzt werden (Edsl, 2008).

2.1.3 Die Funktionsweise von A-Tas – Simulationsprinzipien

Im Handbuch zur Gebäudesimulation A-Tas (Edsl, 2007b) ist die Funktionsweise des Programmes erklärt und Rechenvorgänge nachvollziehbar dargestellt. A-Tas, im Weiteren als Tas bezeichnet, ist ein Werkzeug mit welchem die thermische Performance eines Gebäudes simuliert wird. Die Hauptbestandteile des Programms in Hinblick auf die ökologische Performance sind die Berechnung des Energieaufwands, Erhebung der Anlagengröße, Analyse der Möglichkeiten zur Energieerhaltung und des Energiehaushalts.

Die grundlegende Näherungsmethode die in Tas angewandt wird ist die dynamische Simulation. Diese Methode verfolgt den thermischen Zustand des Gebäudes in einer stundenweisen Aufnahme, welche den Benutzer mit detaillierter Information über die Verhaltensweise des Gebäudes, aber nicht unter extremen Bedingungen, sondern während eines typischen Jahresverlaufes, versorgt. Mit dieser Annäherung können die Einflussgrößen der zahlreichen thermischen Prozesse, wie sie in einem Gebäude stattfinden (Zeit, Ort und Wechselbeziehung), bestimmt werden. In Abbildung 2.01 wird das Prinzip der Wärmebewegung aus dem und um das Gebäude durch die verschiedenen Wärmetransportmechanismen dargestellt.

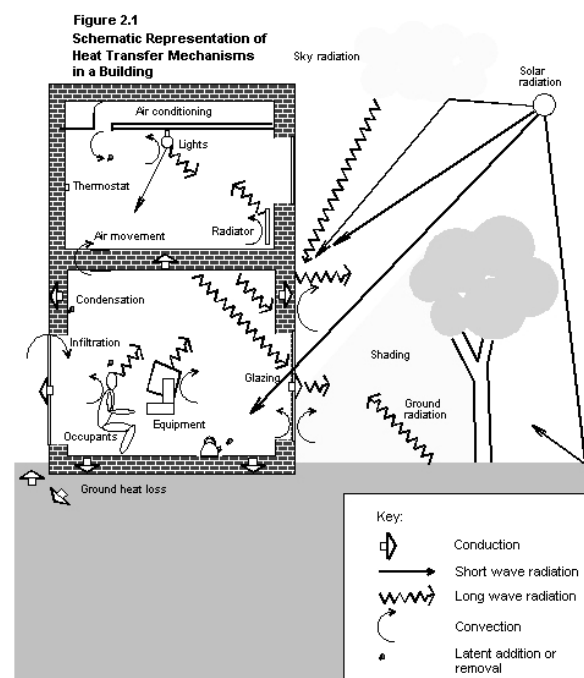


Abbildung 2.01: Prozesse der Wärmebewegung in Tas (Edsl, 2007b)

Die **Wärmeleitung** im Gefüge des Gebäudes wird dynamisch anhand einer von Ashrae abgeleiteten Methode behandelt. Diese effiziente Computerprozedur berechnet die Wärmeströme durch Wärmeleitung an den Oberflächen der Wände und anderer Bauteile als Funktion der Temperatur dieser Oberflächen. Konstruktionen mit bis zu 12 Schichten können behandelt werden. Aus der

beiliegenden Datenbank kann aus einem großen Angebot an opaken, transparenten und gasförmigen Schichten gewählt werden.

Konvektion an Bauteiloberflächen wird anhand einer Kombination aus empirischen und theoretischen Beziehungen betreffend konvektive Wärmeströme zu Temperaturdifferenzen, Oberflächenorientierung und im Falle von externer Konvektion, Windgeschwindigkeit ermittelt.

Langwelliger Strahlungsaustausch wird anhand des Stefan Boltzmann Gesetzes berechnet wobei die Daten der Oberflächenemissivität aus einer Datenbank bezogen werden. Langwellige Strahlung aus der Luft und vom Boden wird mittels empirischer Beziehungen behandelt.

Absorbierte, reflektierte und transmittierte **Solarstrahlung** jedes Bauteils werden anhand der Werte aus der Wetterdatei errechnet. Die Berechnung beinhaltet die Auflösung der Strahlung in direkte und diffuse Komponenten und berechnet einfallende Ströme anhand des Sonnenstandes und empirischer Modelle der Himmelsstrahlung. Absorption, Reflexion und Transmission werden von den thermophysikalischen Eigenschaften der Bauteile errechnet. Externe Beschattung und die Verfolgung des „Sonnenstands“ an Raumboflächen kann anwenderseitig untersucht werden.

Solarstrahlung welche über einen transparenten Bauteil in eine Zone gelangt, fällt dort auf eine Oberfläche und wird abhängig von der Beschaffenheit absorbiert, reflektiert oder transmittiert.

Die Ausschüttung reflektierter und transmittierter Solarstrahlung hält an bis die gesamte Strahlung verteilt ist.

Innenraumbedingungen, welche interne Gewinne durch Beleuchtung, technische Geräte und Nutzer, sowie Infiltrationsraten und Daten aus dem Betrieb der Anlagen werden in Profile zusammengefasst welche den verschiedenen Zonen zugewiesen werden. Diese Profile werden zur späteren Verwendung in einer Datenbank gespeichert.

Interne Gewinne werden mittels der Auflösung in einen Strahlungs- und einen Konvektionsanteil modelliert. Der konvektive Anteil wird der Luft der Zone und der Strahlungsanteil den Oberflächen der Zone zugeschrieben. Die Personennutzungsgewinne werden über die Nettogrundfläche und die Zonenprofilaten ermittelt.

Infiltration, **Ventilation** und Luftbewegung zwischen den verschiedenen Zonen des Gebäudes verursachen Wärmetransport zwischen den entsprechenden Luftmassen welche durch Luftwechselzahl, Massenstrom, Temperaturdifferenz und Wärmekapazität beschrieben werden.

Heiz- und Kühlanlagen werden über die Anlagenkapazitäten berücksichtigt. Gleich den Gewinnen haben Anlageninputs sowohl Strahlungs- als auch Konvektionsanteile.

Tas bewerkstelligt den **sensiblen Wärmehaushalt** einer Zone mittels Gleichungen, die die individuelle Energiebalance der Luft und aller umgebenden Oberflächen repräsentiert. Diese werden mit weiteren Gleichungen der Energiebalance an außenliegenden Oberflächen kombiniert und schließlich als Gesamtgleichung simultan gelöst um Lufttemperaturen, Oberflächentemperaturen und Raumlasten zu erhalten. Diese Prozedur wird für jede Stunde der Simulation wiederholt.

Die **latente Balance** wird ebenfalls für jede Zone errechnet, welche latente Gewinne, Feuchtigkeitstransfer durch Luftbewegung und Eingriffe wie Be- und Entfeuchtungsanlagen berücksichtigen.

Nachfolgend sind einige der Faktoren aufgelistet, die das thermische Verhalten eines Gebäudes beeinflussen und Auswirkungen welche der Nutzer mit Tas untersuchen kann:

- Wärmedämmung
- Wärmekapazität
- Verglasungsparameter
- Gebäudeform und -orientierung
- Klima
- Verschattung von Nachbargebäuden und Selbstverschattung

- Infiltration
- Natürliche Belüftung
- Mechanische Belüftung
- Solare Gewinne
- Gewinne durch Nutzer und Equipment (sensibel und latent)
- Kontrollpunkte, Optimalstart, Frostschutz
- Verfügbare Anlagenkapazitäten
- Anlagenzeitplan
- Strahlungs- und Konvektionscharakteristika der Anlagen

Darstellung der Ergebnisse in grafischer und tabellarer Form:

- Lufttemperatur
- Mittlere Strahlungstemperatur
- Temperaturresultierende
- Oberflächentemperatur
- Feuchtigkeit
- Kondensationsrisiko
- Sensible und latente Lasten
- Energieverbrauch
- Anlagendimensionierung

Die **solaren Gewinne** (Q_s) werden aus den der Wetterdatei entnommenen Strahlungswerten ermittelt. Transmittierte Strahlung wird über Informationen des Sonnenstandes und der Himmelsstrahlung ermittelt und den Zonen zugewiesen ($q_{s,int}$). Die Summe der Zonenwerte ergibt die solaren Wärmegevinne gemäß Gleichung 2.1.

$$Q_s = \sum q_{s,int} \quad \text{Gleichung 2.1}$$

Die Lüftungswärmeverluste ergeben sich gemäß Gleichung 2.2 aus dem Lüftungsleitwert (L_V) in Gleichung 2.3, dem Temperaturunterschied der Innen- und der Außenluft (T_{air}) und dem Zeitfaktor (t).

$$Q_V = L_V \times (T_{air,i} - T_{air,e}) \times t \quad \text{Gleichung 2.2}$$

$$L_V = \rho_a \times c_a \times n \times V_N \quad \text{Gleichung 2.3}$$

Die internen Gewinne werden über die Wärmestromdichte (q_i), die beheizte Nettogeschoßfläche (NGF_B) und dem Zeitfaktor (t) laut Gleichung 2.3 berechnet.

$$Q_i = NGF_B \times q_i \times t \quad \text{Gleichung 2.4}$$

2.1.4 OIB Excel Sheet zur Berechnung der Energiekennzahlen (ON)

Das Österreichische Institut für Bautechnik (Koordinierungsplattform für das Bauwesen) hat gemeinsam mit der Magistratsabteilung für Stadterneuerung (MA25) ein Excel Programm entwickelt, mit dem über vereinfachte Eingabe der Gebäudedaten der zugehörige Energieausweis erstellt werden kann.

Mittels der Eingabe von Gebäudetyp, Gebäudegeometrie, Bauweise, Standort, den Bauteilen sowie weiterer technischer Eckdaten erhält man Aufschluss über die wichtigsten Energiekennzahlen des Gebäudes. Die Funktionsweise ist im Leitfaden zur Berechnung der Energiekennzahlen (Demacsek, 1999) dokumentiert.

Die **Internen Wärmegewinne** (Q_i) werden gemäß Gleichung 2.5 ermittelt. Die Wärmestromdichte (q_i) wird über die Nutzungsart zugewiesen. Diese beträgt für Wohngebäude 3,0 W/m² und für Bürogebäude 4,0 W/m². Die Heiztage (HT) werden dem standardisierten Klimadatenblatt entnommen.

$$Q_i = 0,024 \times q_i \times BGF_B \times HT \quad \text{Gleichung 2.5}$$

Solare Wärmegewinne werden über die Strahlungssummen nach Orientierung (I_j) und der Verglasungsfläche (A_g), zuzüglich des Verschattungsfaktors (f) und des Gesamtenergiedurchlassgrades (g_w) gemäß Gleichung 2.6 berechnet. Die Strahlungssummen werden wiederum dem Klimadatenblatt entnommen.

$$Q_s = \sum_j I_j \times (\sum A_g \times f_s \times g_w)_j \quad \text{Gleichung 2.6}$$

Die **Lüftungswärmeverluste** (Q_v) werden über den Lüftungsleitwertes (L_v) und die Heizgradtagzahl (HGT) berechnet (siehe Gleichung 2.7). Der Lüftungsleitwert ergibt sich gemäß Gleichung 2.3 aus der Dichte (ρ_a) und der Wärmekapazität (c_a) der Luft, dem belüfteten Volumen (V_N), und der Luftwechselzahl (n). Das belüftete Volumen wird nach dem vereinfachten Ansatz - beheiztes Bruttovolumen * 0,75 - berechnet. Die Heizgradtagzahl befindet sich im Klimadatenblatt.

$$Q_v = 0,024 \times L_v \times HGT \quad \text{Gleichung 2.7}$$

Die **Transmissionswärmeverluste** (Q_T) über die Gebäudehülle ergeben sich anhand der Gleichung 2.8. Der Transmissionsleitwert (L_T) wird über den Leitwert der Bauteile gegen Außenluft (L_e), gegen unbeheizte Räume (L_u) und gegen Erdreich (L_g) sowie der zwei- und dreidimensionalen Wärmebrückenleitwerte (L_ψ , L_χ) berechnet (siehe Gleichung 2.9).

$$Q_T = 0,024 \times L_T \times HGT \quad \text{Gleichung 2.8}$$

$$L_T = L_e + L_u + L_g + L_\psi + L_\chi \quad \text{Gleichung 2.9}$$

Der **Heizwärmebedarf** (Q_h) ergibt sich durch die Differenz der Wärmeverluste und der effektiven Wärmegewinne (siehe Gleichung 2.5).

$$Q_h = (Q_T + Q_v) - \eta \times (Q_i + Q_s) \quad \text{Gleichung 2.10}$$

Der Nutzungsgrad wird anhand der Bauweise (leicht/mittel/schwer) ermittelt (Demacsek, 1999).

„Als leichte Bauweisen ($\eta=0,9$) können eingestuft werden:

Gebäude in Holzbauart ohne massive Innenbauteile

Gebäude mit abgehängten Decken und überwiegend leichten Trennwänden

Als mittelschwere Bauweisen ($\eta=0,98$) können eingestuft werden:

Gebäude mit großteils massiven Außen- und Innenbauteilen, schwimmenden Estrichen und ohne abgehängte Decken

Als schwere Bauweisen ($\eta=1,0$) können eingestuft werden:

Gebäude mit sehr massiven Außen- und Innenbauteilen (Altbaubestand)“

2.2 Klimatologie

2.2.1 Klimadaten

Es ist leicht nachzuvollziehen, dass die Klimasituation am Standort des Gebäudes als wesentlicher Umwelteinfluss zu betrachten ist. Für die Prognose der Energieperformance sind diese Randbedingungen notwendig um Aspekte wie die Lüftungs- und Transmissionswärmeverluste sowie die solaren Gewinne berechnen zu können.

Die für die Gebäudesimulation benötigten Wetter- oder Klimadaten werden standardmäßig von Seiten der Softwareentwickler zur Verfügung gestellt. Allerdings sind diese **Standardwetterdateien** vielleicht nicht aktuell, die Herkunft nicht nachvollziehbar und somit nicht vertrauenswürdig, oder sie werden möglicherweise für den konkreten Planungsstandort gar nicht angeboten. In diesem Fall bieten sich andere Möglichkeiten. Eine Variante wäre der Einsatz von **standardisierten Klimadatenbanken**, die die gewünschten Wetterelemente in eine Datei schreiben und für die Weiterverwendung verfügbar machen. Ein Beispiel dafür ist das Programm Meteororm auf das im weiteren Verlauf noch eingegangen wird. Eine andere Möglichkeit besteht darin sich die gewünschten Wetterdaten von einer öffentlichen oder privaten **Wetterstation** zu besorgen. Entweder man wählt ein bestimmtes Jahr aus – ein besonders warmes/kaltes oder ein durchschnittliches Jahr – oder man entscheidet sich auf ein nach langjährigen Daten zusammengestelltes Standardjahr. Dafür werden die internationalen Referenzzeiträume der World Meteorological Organisation (WMO) herangezogen.

In Österreich betreibt das **Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik** (ZAMG, 2008) 252 Wetterstationen. Hinzu kommen weitere 43 Stationen die zur Beobachtung phänologischer Ereignisse eingerichtet wurden.

Die Daten die diese teilautomatisierten Klimastationen (TAKLIS) liefern werden in Datenbanken archiviert und können gegen Gebühr beim Zentralamt Hohe Warte bestellt werden. Allerdings sind nicht alle Stationen gleich ausgestattet. So kann es sein, dass von einer bestimmten Station keine Globalstrahlungswerte vorliegen, weil diese über keinen Sternpyranometer verfügt. Doch gerade diese Werte sind für ein Programm, welches Wärmeströme über die Strahlungswerte berechnet, unbedingt erforderlich. In Wien werden 5 Messstationen betrieben - einige davon erst seit sehr kurzer Zeit.

Für die vorliegende Studie wurden 3 Wiener Stationen des ZAMG sowie eine weitere der Technischen Universität Wien gewählt um einen mikroklimatischen, räumlichen Vergleich ziehen zu können. Diese liegen auf einer Nord/Süd Achse und geben einen Querschnitt durch die Klimabedingungen im Großraum Wien.

Die Auswahl des Beobachtungszeitraumes wurde dahingehend getroffen, dass gewisse Extremwerte der Wetterelemente verfügbar sind um die zu erwartenden Schwankungsbreiten aufzuzeigen.

2.2.2 Wetterelemente

Für die thermodynamische Simulation in Tas sind folgende Wetterelemente erforderlich:

Globalstrahlung

Die Gesamtstrahlung, die von der Sonne auf die Erde einwirkt, ist die nur auf der Tagseite der Erde vorhandene Globalstrahlung. Diese setzt sich aus den Komponenten direkte Sonneneinstrahlung (I) und diffuse Himmelsstrahlung (D) zusammen und wird auf senkrecht zum Sonnenstand gerichtete Flächen gemessen und in $[W/m^2]$ angeführt. Ein Teil der direkten Sonnenstrahlung erreicht die Erdoberfläche nur bei wolkenfreiem Himmel. Der Anteil an diffuser Himmelsstrahlung gelangt aus dem unteren Halbraum an die Erdoberfläche. Durch atmosphärische Reflexion sowie planetare Albedo (Rückstrahlung) geht ein Teil ungenutzt verloren. Die annähernd konstante Bestrahlungsstärke (Intensität) der Sonnenstrahlung an der Obergrenze der Erdatmosphäre nennt man Solarkonstante.

Jeder m^2 einer zum Strahlungsgang senkrechten Fläche empfängt pro Minute bei einem mittleren Sonnenabstand von $1,496 \times 10^8 km$ Wärme von rund $1368 W/m^2$. Die mittlere Solarkonstante erhöht sich zur Zeit des Perihels auf etwa $1420 W/m^2$ und nimmt im Aphel einen Wert von ca. $1319 W/m^2$ an.

Temperatur und Feuchtigkeit

Die Lufttemperatur ist eine zentrale klimatologische Beobachtungsgröße. Sie ist das Maß für den Wärmezustand der Luft, der im wesentlichen durch die turbulente Wärmeabgabe der Erdoberfläche bestimmt wird, gemessen unter Ausschaltung aller Strahlungseinflüsse. Die Angabe erfolgt in unseren Breiten in Grad Celsius [$^{\circ}C$].

Die durch Verdunstung in die Atmosphäre gelangten Wassermoleküle bilden dort das unsichtbare Gas Wasserdampf. Wie jedes atmosphärische Gas im Luftgemisch üben die Wassermoleküle einen Druck auf ihre Umgebung aus und tragen damit zum Luftdruck bei. Dieser sogenannte Partialdruck des Wasserdampfs wird auch als Dampfdruck bezeichnet und ist gleichzeitig ein Maß für den aktuellen Wasserdampfgehalt der Atmosphäre. Er wird in Druckeinheiten [hPa] angegeben. Je höher der Dampfdruck ist desto höher ist die atmosphärische Wasserdampfmenge.

Die relative Luftfeuchtigkeit ist das Verhältnis zwischen aktuellem Dampfdruck und Sättigungsdampfdruck (Sättigungsverhältnis) in Prozent [%]. Das international benutzte Standardgerät zur Messung der Luftfeuchte ist das Psychrometer.

Bewölkungsgrad

Wolken sind das sichtbare Produkt der Kondensation und Deposition von Wasserdampf in der Atmosphäre. Sie sind durch die Freisetzung latenter Wärme Energielieferanten für die Troposphäre und spielen damit eine zentrale Rolle im Wärmehaushalt des Klimasystems.

Das Ausmaß der Bewölkung wird von Wetterkameras aufgezeichnet oder von Beobachtern geschätzt. Die Angabe erfolgt nach unterschiedlichen Modellen in Achtel oder Zehntel mit dem jeweils geringsten Wert für wolkenfreien und dem höchsten Wert für bedeckten Himmel.

Windgeschwindigkeit und -richtung

Die Entstehung von Luftbewegung hängt von der Verteilung des Luftdruckes ab. Er beschreibt die Beschleunigung einer Masse von Luftmolekülen aufgrund der Erdanziehung in einer Luftsäule, die eine definierte Grundfläche aufweist und bis zur Obergrenze der Atmosphäre reicht. Der Luftdruck ist die Kraft, die senkrecht auf die Luftsäule wirkt.

Als Messgrößen der Luftbewegung gelten Windrichtung und Windstärke. Die Windrichtung wird in Grad (Nord= 0° , Ost= 90° , Süd= 180° , West= 270°) gemessen und entspricht der Himmelsrichtung aus der der Wind weht. Die Windgeschwindigkeit beschreibt die Bewegung von Luftpaketen und wird in [m/s] angegeben.

2.2.3 Indikatoren der Energiebedarfsberechnung

Die Heizgradtagzahl

Die Heizgradtagzahl stellt einen Referenzwert für das Klima einer Region dar. Dieser Wert gibt Auskunft über den gebäudeunabhängigen Heizbedarf eines Kalenderjahres.

Zunächst wird eine Heizgrenztemperatur definiert, welche gemäß Norm (Önorm, 2003) mit 12°C angesetzt wird. Die Heiztage (HT) ergeben sich aus den Tagen an denen die Heizgrenztemperatur vom Tagesstemperaturmittel (θ_e) unterschritten wird. Für jeden Heiztag errechnet man die Differenz zum Soll der Innenraumtemperatur ($\theta_i = 20^\circ\text{C}$, gemäß Önorm, 2007). Die jährliche Summe der Tagesgrade ergibt die so genannte Heizgradtagzahl in Kelvintagen [Kd] gemäß Gleichung 2.8.

$$HGT = HT \times (\theta_i - \theta_e) \quad \text{Gleichung 2.11}$$

Kühlgradstunden

In Österreich gibt es noch keine gängige Beschreibung zur Darstellung des Kühlbedarfes eines Jahres. Für die Auslegung der Raumkonditionierung ist laut Norm (Önorm, 2007) lediglich eine Kühlgrenztemperatur von 26°C angeführt. In der internationalen Literatur findet sich eine gängige Methode für die Berechnung der sogenannten Kühlgradstunden (Szokolay, 2004). Im Gegensatz zu den Heizgradtagen wird eine jährliche Summe aus stündlichen Überschreitungen einer bestimmten Grenztemperatur gebildet. Diese Kühlgrenztemperatur wird standardmäßig mit 26°C festgelegt. Für jede Kühlstunde (KH) in der die Außenlufttemperatur (θ_e) die Grenztemperatur überschreitet wird die Differenz zum Sollwert der Innenraumtemperatur errechnet. Die Summe der Temperaturdifferenzen der Kühlstunden ergibt die Kühlgradstunden (KGH) gemäß Gleichung 2.9. Der Wert wird in Kelvinstunden [Kh] angegeben.

$$KGH = KH \times (\theta_i - \theta_e) \quad \text{Gleichung 2.12}$$

2.2.4 Meteorologische Messstationen

An dieser Stelle werden die Standorte der Wetterstationen, von denen Daten bezogen wurden, mit ihren Charakteristika kurz beschrieben. Die Lage innerhalb Wiens ist in untenstehender Abbildung 2.2 ersichtlich.

Hohe Warte

Im Norden von Wien, auf einer Anhöhe gelegen, befindet sich die Messstation Hohe Warte. Die exponierte Lage führt zu höheren Windgeschwindigkeiten und niedrigeren Temperaturen als im Stadtinneren. Weitere Merkmale der Umgebung sind der hohe Vegetationsanteil und die geringere Baudichte.

Innere Stadt

Auf dem Dach der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien ist die Messstation Innere Stadt positioniert. Sie befindet sich an der Grenze zum Karlsplatz. An dieser Stelle ist mit höheren Windgeschwindigkeiten zu rechnen als im Zentrum. Im Norden öffnet sich eine große Freifläche, an die übrigen Seiten schließt dichte Bebauung an. Der Vegetationsanteil ist für eine innerstädtische Lage vergleichsweise hoch. Trotzdem ist der Grad an Bodenversiegelung hoch.

Unterlaa

Am Rande eines Siedlungsgebietes im Süden von Wien befindet sich die Messstation Unterlaa. Im Osten befinden sich weitläufige Flächen, landwirtschaftlicher Nutzung. Dies begünstigt höhere Windgeschwindigkeiten. Im Norden liegt das Erholungszentrum Laaer Berg – eine Parkanlage mit hohem Vegetationsanteil. Die Baudichte ist an diesem Standort relativ gering.

TU

Hierbei handelt es sich um die Wetterstation der Abteilung Bauphysik des Instituts für Architekturwissenschaften. Diese befindet sich in der Nähe der Messstation Innere Stadt, auf dem Dach des Universitätshauptgebäudes. Die Höhenlage unterscheidet sich zur Station Innere Stadt um etwa +5m.

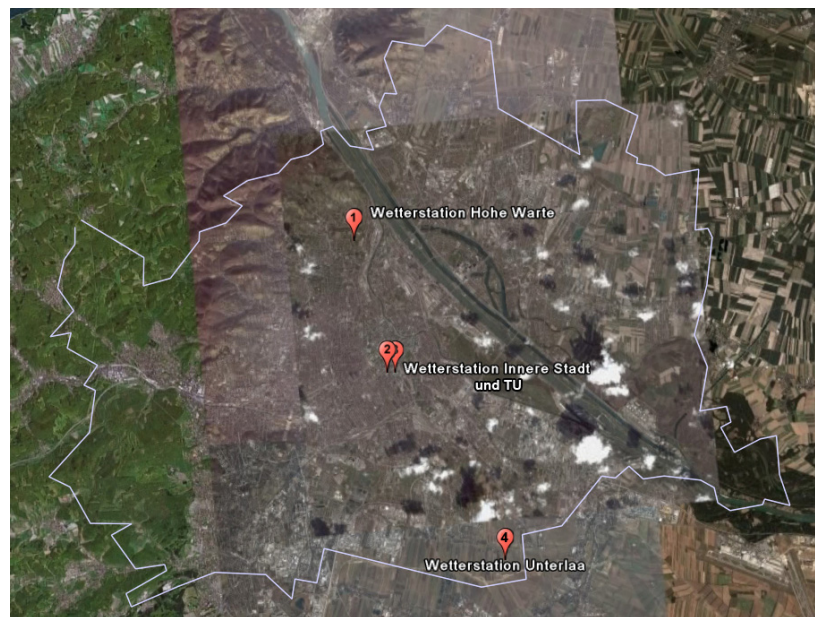


Abbildung 2.2: Ausgewählte Wetterstationen im Großraum Wien (Google, 2007)

2.2.5 Die Beschaffenheit einer meteorologischen Messstation

Beim Errichten einer Wetterstation sind einige Dinge zu beachten um die Richtigkeit der eigenen Daten und die Vergleichbarkeit mit fremden Daten garantieren zu können. Auf der Internetseite der Meteomedia AG, 2008 sind die wichtigsten zu berücksichtigenden Punkte festgehalten.

Zunächst muss eine freie Stelle ausgesucht werden, die sich zum Himmel hin öffnet und Fremdeinwirkung ausschließt. Die Ergebnisse der Messungen müssen unverzerrt sein. Ein Gebäude oder ein Teil eines solchen kann beispielsweise eine Wind- oder Lichtverschattung verursachen. Der Temperatursensor muss in gewissem Abstand zu den umgebenden Oberflächen angebracht sein damit das Messergebnis nicht durch Wärmestrahlung beeinflusst wird. Flachdächer eignen sich hierfür optimal, sofern diese nicht allgemein zugänglich sind und dadurch Ergebnisse verfälscht werden könnten. Als problematisch könnten sich hier auch Kamine oder Lüftungsschächte erweisen, wenn diese die Messungen des Windsensors oder des Temperatur-/Feuchtesensors beeinflussen.

In Übereinstimmung mit den technischen Normen müssen der Windrichtungs- und der Windgeber 10m über dem anschließenden Terrain aufgestellt werden, wie in Abbildung 2.03 dargestellt. Der Pyranometer und der Sensor für die Sonnenscheindauer sind in 6m Höhe, das Hygro- und das Thermometer in 2m Höhe anzubringen.

Über einen Datenlogger und die passende Schnittstelle können die Daten an einen Computer weitergegeben werden, wo diese analysiert und archiviert werden.

Ein weiteres Kriterium ist auch der Abstand zur umgebenden Bebauung oder Vegetation. Dieser sollte 10m betragen. Für die Einrichtung der Station empfiehlt sich eine freie Fläche von etwa 300m².

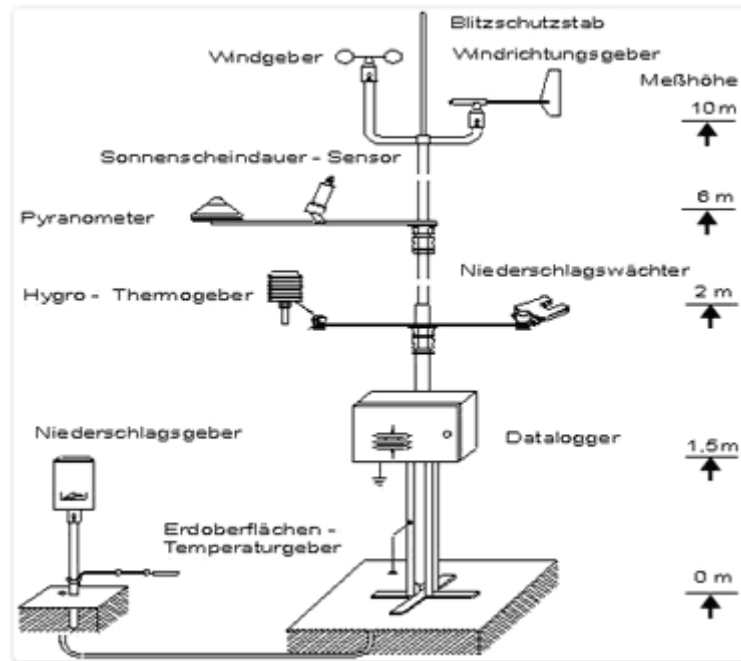


Abbildung 2.3: Aufbau einer Wetterstation (Meteoedia AG, 2008)

2.2.6 Die Funktionsweise von Meteonorm

Meteonorm (Meteotest, 2007b) ist eine umfassende klimatologische Datenbank für zahlreiche Anwendungen. Es versorgt den Anwender mit meteorologischen Daten für die Solartechnik, oder für klimatologische Berechnungen. Es dient als Datenquelle für den Entwurf haustechnischer Konzepte, aber auch für Fachgebiete wie die Umweltforschung sowie die Land- und Forstwirtschaft.

Grundsätzlich bietet Meteonorm die Möglichkeit die Solarstrahlung auf beliebigen Oberflächen zu kalkulieren. Die Methode basiert auf Datenbanken und Algorithmen die nach einem vordefinierten Schema zusammengeführt werden. Zu Beginn wird der Ort definiert, für welchen die entsprechenden Daten benötigt werden. Am Ende werden die Daten in der gewünschten Struktur und dem entsprechenden Dateiformat ausgegeben. Es wird zwischen 4 verschiedenen Berechnungsmodellen unterschieden:

- Interpolierung mit monatlichen Durchschnittswerten (raumabhängige Interpolierung von horizontaler Strahlung und Temperatur anhand von Wetterdaten entsprechend Höhenlage, Topographie und Region)
- Generierung stündlicher Werte (stochastische Generierung zeitabhängiger Globalstrahlung und Temperatur anhand des natürlichen Verlaufes und durchschnittlicher Monatswerte)
- Auflösung der Strahlung (in direkte und diffuse Komponenten)
- Strahlung auf geneigten Flächen (Berechnung der hemisphärischen Strahlung auf beliebig orientierte Flächen anhand des Sonnenstandes)

Gemessene und interpolierte Monatswerte sind ähnlicher Präzision. Auch wenn gemessene Werte die spezifischen Charakteristika eines Ortes reflektieren, sind diese doch immer gewissen

Messungenauigkeiten unterworfen, welche bei der Interpolierung nicht auftreten. Sollte also innerhalb der direkten Umgebung (20km) keine Wetterstation zu finden sein, bietet es sich an auf die Interpolierung zurückzugreifen.

Aufgrund des umfassenden Rahmenwerks können gewisse Unstimmigkeiten nicht ausgeschlossen werden. Jedenfalls ist nachvollziehbar welche Datenquelle oder welcher Algorithmus verwendet wurden. Es wurden Abweichungen der Basisdaten um 9% bei der Globalstrahlung bzw. 1,5°C bei den Temperaturen festgestellt. Die Datenbanken und Computermodelle mit denen Meteororm arbeitet sind nur eine Annäherung an die tatsächliche Situation. Wenn man allerdings die jährlichen Variationen der gemessenen Werte der Globalstrahlung betrachtet, so wird man feststellen, dass diese wesentlich höher sind als die Ungenauigkeiten in den Modellen.

Die in Meteororm integrierte Datenbank enthält Daten von 3.200 Städten, 7.750 Wetterstationen, 22 TRY Städten der Schweiz und ca. 3.020 Stadtverwaltungen. Die Daten der Wetterstationen liegen monatlich vor. Wenn stündliche Werte benötigt werden, generiert Meteororm diese entsprechend. Im ersten Schritt werden die monatlichen Werte interpoliert und anschließend die stündlichen Werte generiert. Für nicht in der Datenbank enthaltene Städte werden die monatlichen Werte aufgrund von Höhen- und Koordinatenlage interpoliert und anschließend die stündlichen Werte generiert. (Meteotest, 2007a)

2.2.7 Die Eingabe in Meteororm

In 4 Schritten werden die Parameter für die Ausgabe der Daten fixiert. Zuerst definiert man den **Standort**, der entweder aus der Datenbank gewählt werden kann oder selbst definiert wird.

Dann wählt man die **Form** der auszugebenden Daten:

- Strahlungsmodell (Stunde, Minute, freier Himmel)
- Temperaturmodell (Standard, 10 Jahres Extrem)
- Strahlungsmodell geneigter Flächen (4 Optionen)
- Zeitperiode für Strahlung (1981-1990 od. 1981-2000)
- Zeitperiode für Temperatur und sonstige Parameter (1961-1990 od. 1996-2005).

Schließlich wählt man den **Dateityp** (Standard, TRNSYS, PHPP, PVSol, TMY2, etc.) der auszugebenden Daten, um dann nach der **Berechnung** die fertige Datei zu speichern.

2.2.8 Die Arbeit mit Wetterdaten

Ungenauigkeiten bei der Erhebung von Wetterdaten

Trotz der geringen Distanz zwischen den Stationen Innere Stadt und TU (siehe Abbildung 2.04) lassen sich bei den Klimadaten Abweichungen erkennen. So kommt es beim Jahresmittel der Lufttemperatur zu einer Abweichung von -0,3 K gegenüber der Station Innere Stadt. An einem heißen Julitag (bspw. 5.7.2004 15.00) bei einer Temperatur von 29,8°C (Innere Stadt) kommt es zu einem Messunterschied von 0,5 K. Dies könnte zum Teil mit der Höhenlage der Station TU von ca. +5m über der Station Innere Stadt zusammenhängen. Da die Lufttemperatur mit zunehmender Höhe abnimmt kommt es zu einer dementsprechenden Abweichung. Die Heizgradtagzahl, die von der Lufttemperatur abgeleitet wird, weicht folglich ebenfalls ab.

Bei den Werten der Globalstrahlung ist ebenfalls eine Abweichung zu bemerken. Diese beträgt bei der Station TU im Mittel -6%. Die Erklärung dafür liegt wahrscheinlich in der Kalibrierung des Pyranometers. Diese musste bei der Station der TU neu durchgeführt und die Daten für die Jahre 2004 und 2005 nachträglich korrigiert werden, da erhöhte Werte gemessen wurden. Die Kalibrierung des Pyranometers erfolgt üblicherweise mit einem Standardradiometer, der die Strahlung auf einer Fläche normal zur Sonne misst (Lauer und Bendix 2004). Die Werte des Pyranometers werden dann entsprechend der Messungen adaptiert.

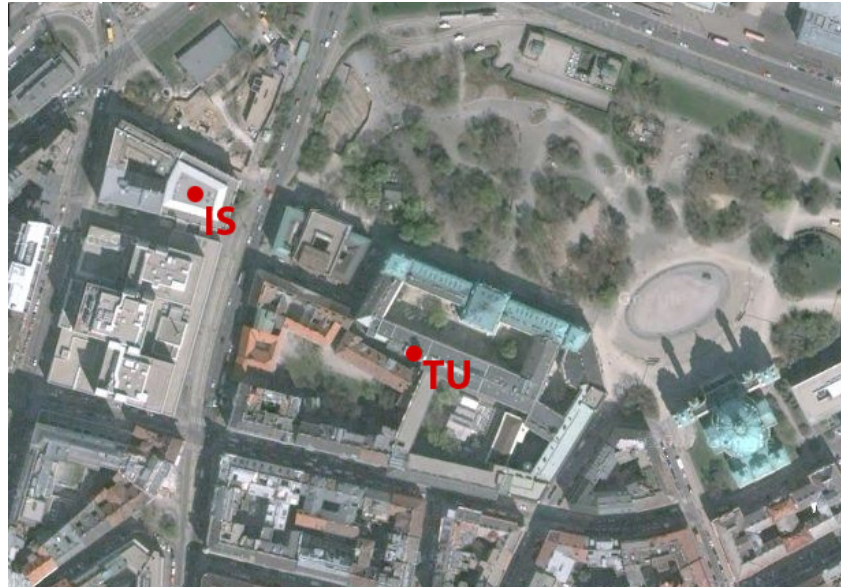


Abbildung 2.4 Entfernung der Wetterstationen Technische Universität und Innere Stadt (Google, 2008)

Bevor die Daten der Wetterstation der Abteilung Bauphysik verwendet werden können, müssen diese aufbereitet werden. Die Daten werden sekundenweise von der Wetterstation über den Datenlogger abgefragt und abgespeichert. Mit einem in LabView (National Instruments, 2003) erstellten Programm werden diese Werte interpoliert und in stündliche Mittelwerte umgerechnet.

Zeitformat der Wetterdatei

Bei der Erhebung der Wetterdaten wird nicht zwischen Sommer- und Winterzeit umgestellt. Die sogenannte Winterzeit wird als **Referenzzeit** verwendet. Dies führte bei der Aufbereitung der Daten der abteilungseigenen Wetterstation zu Komplikationen, da der Server, auf dem die Daten gesammelt werden, eine automatische Zeitkorrektur zur Winter- bzw. Sommerzeit vornimmt. Deswegen musste an dieser Stelle manuell korrigiert werden. Wenn im März beispielsweise die Uhren um eine Stunde vorgestellt werden, fehlt im Wettermodell eine Stunde, da diese beim Vorstellen der Uhren von 2.00 auf 3.00 übergangen wird. Im Oktober hingegen, beim Zurückstellen der Uhren, sind für die 3. Stunde doppelt so viele Werte vorhanden, da diese Stunde zweimal durchlaufen wird.

Datenausfälle bei Wetterstationen

Aufgrund von Arbeiten bzw. Wartungen an der Wetterstation oder am Serversystem und bei Stromausfällen kommt es immer wieder zu Datenausfällen. Diese können zwischen einzelnen Stunden, im schlimmsten Fall jedoch auch mehrere Tage betragen. Die **Korrektur** dieser Fehlzeiten wurde anhand der mittleren Abweichung der betreffenden Werte zur nächstgelegenen Wetterstation vorgenommen.

Bewölkungsgrad

Der Bewölkungsgrad wird von den meteorologischen Messstationen in Form der Sonnenscheindauer stündlich in Werten zwischen 0-1 ermittelt. Ermittelt man die Differenz zu 1 erhält man den Bewölkungsgrad.

$$CC = 1 - SD \quad \text{Gleichung 2.13}$$

CC.....Bewölkungsgrad SD.....Sonnenscheindauer

Lässt man dieses Element im Klimamodell aus, nimmt das Programm den Wert mit 0 an und geht von unbedecktem Himmel aus. In diesem Fall sind die Ergebnisse für den Heizwärmebedarf extrem hoch, da davon ausgegangen wird, dass während der Nacht die gesamte Wärme in den Himmel abstrahlt. Der Grund für die Bedeutsamkeit des Bewölkungsgrades liegt also im Wärmehaushalt. Bei geschlossener Wolkendecke reflektiert diese die Strahlung zur Erde und erwärmt die Oberflächen. Der Anteil der Diffusstrahlung wird dadurch ebenfalls erhöht. Auf der anderen Seite blockiert die Wolkendecke das direkte Sonnenlicht und führt somit zu höheren Heizlasten. Ist der Bewölkungsgrad im Klimamodell angeführt, kann die Berechnung des Strahlungshaushaltes entsprechend erfolgen.

Die Einbindung in die Gebäudesimulation

Die gesammelten und aufbereiteten Wetterdaten müssen in einer für die Gebäudesimulationssoftware erkennbaren **Wetterdatei** gespeichert werden. Für die verwendete Software gibt es ein Excelprogramm (Edsl, 2007a), das mit den eingefügten Wetterdaten die benötigte Wetterdatei generiert.

2.2.9 Lokalklimate

In der Klimatologie wird grundsätzlich zwischen folgenden Beobachtungsräumen unterschieden (Lauer und Bendix, 2004):

Makroklima bzw. Großraum-, Regionalklima
Mesoklima (Stadt-, Wald- oder Seengebiet, größeres Tal, Berg)
und Mikroklima (Straßen, Park)

Die Topographie ist ein Einflussfaktor für den Tagesgang der Lufttemperatur. In hügeligen Regionen kann die Temperatur im windgeschützten Tal höher sein als im umliegenden Land. In Seen- und Wäldergebieten kann die Temperatur verringert werden. Im städtischen Raum sorgen vor allem die Bodenrauigkeit und die damit verbundenen geringeren Windgeschwindigkeiten für höhere Temperaturen. Im windgeschützten Stadtkern liegen die Temperaturen höher als im ungeschützten Randbereich. Auf größeren Straßen und Plätzen liegen sie niedriger als in engen Gassen und gedungenen Höfen, da hier mit höheren Windgeschwindigkeiten zu rechnen ist und ein stärkerer Abkühlungseffekt auftritt.

Die Stadt zeigt im Vergleich zum umliegenden Freiland einen höheren Wärmeumsatz. Dieser entsteht aufgrund der höheren Emissionen durch Verkehr, Industrie und der Haushalte, sowie der differenzierten Oberflächenbeschaffenheit. Diese Veränderung im Strahlungshaushalt führt zu so genannten urbanen Wärmeinseln. Es werden zwei Arten unterschieden. Erstens die sommerlichen Wärmeinseln, die infolge der Luftverunreinigungen und der veränderten Struktur der Oberflächen entstehen. Und zweitens die winterlichen Wärmeinseln, die der Wärmeentwicklung durch Verbrennungsprozesse (Heizen) zuzuschreiben sind. Die Lage zum Äquator ist hier von bedeutender Rolle. Die eben genannten Effekte treten vor allem in Lagen mittlerer bis höherer Breite auf.

Die effektive Ausstrahlung wird durch das Phänomen der Dunstglocke (Luftverunreinigungen) gebremst. Die eintreffende Strahlung wird reflektiert und zur atmosphärischen Gegenstrahlung (im thermischen Bereich). Durch dieses Phänomen wird allerdings die direkte Strahlung zugunsten der diffusen Strahlung vermindert. Im Umland liegen die Werte der solaren bzw. kurzwelligen Strahlung im Vergleich zur Stadt um durchschnittlich 7-10% höher.

Temperaturerhöhende Faktoren

Strahlung

Die dichte Bebauung in der Stadt weist eine viel höhere Wärmekapazität auf als der im Freiland gewachsene Erdboden. Dies bedingt die Speicherung von Wärme und verzögert somit die Auskühlung über die Nachtstunden. Im Gegensatz dazu kommt es im Umland aufgrund der geringeren Wärmekapazität des Erdbodens und der höheren Windgeschwindigkeiten, zu einer stärkeren nächtlichen Auskühlung. Die Wärme kann nur langsam abgegeben werden, da der freie Horizont durch die umliegende Bebauung verdeckt ist. Es kommt zu Mehrfachemissionen bzw. -absorptionen. Im Sommer kann die Lufttemperatur tagsüber durch Abschattung in engen Straßenschluchten geringer ausfallen. Die Oberflächentemperatur der künstlichen, unbeschatteten Bausubstanz liegt bei hohem direktem Strahlungsanteil wesentlich höher als die des natürlich gewachsenen Erdbodens.

Wind

Die hohe Bodenrauigkeit im städtischen Raum vermindert die Stärke des Windes. Dies wird unter anderem durch die Reibungen an den Häuserfronten verursacht. Durch den Temperaturunterschied zwischen Stadt und Land kommt es zu Druckunterschieden. Die dadurch entstehende Stadt-Umlandzirkulation wird mit Flurwind bezeichnet. Die Böigkeit kann im Bereich von Hochhäusern bzw. Türmen zunehmen.

Verdunstungskälte

Tagsüber kommt es im Freiland durch Verdunstung des in Pflanzen, Bäumen und Boden gespeicherten Wassers zu weiteren Abkühlungen. Durch den geringen Pflanzenanteil bleibt dieser Effekt in der Stadt aus. Die Bodenversiegelung in der Stadt führt hingegen zu einer raschen Ableitung der Niederschlagswasser und verringert somit die Auskühlung im Vergleich zum Freiland.

Die dadurch entstehenden so genannten städtischen Wärmeinseln sind maßgeblich für die Temperaturunterschiede zwischen Stadt und Land verantwortlich. Allerdings tritt dieses Phänomen nur bei Nacht und im Winter auf. Hochdruckwetter und Wind schwächen diesen Effekt. Diese Wärmeinseln sind jedoch nicht flächendeckend zu verstehen. Es kann beispielsweise lokal in Parks oder auf breit ausgebauten Straßen oder Plätzen zu stärkeren Auskühlungen und höheren Windgeschwindigkeiten kommen. In Siedlungsgebieten mit weniger dichter Bebauung kann ebenfalls eine Tendenz in Richtung Landklima beobachtet werden.

2.2.10 Beobachtungsreihen

Die Untersuchung des klimatischen Einflusses wird über verschiedene Beobachtungsreihen vorgenommen. Eine Beobachtungsreihe sich auf einen Standort über einen elfjährigen Zeitraum beschränken. Des Weiteren wird ein räumlicher Vergleich an drei Standorten über den Zeitraum von drei Jahren angestellt. Die standardisierten Klimadaten werden ebenfalls in einer eigenen Reihe untersucht. Und schließlich wird ein Vergleich zwischen der thermodynamischen Simulation TAS und der vereinfachten Berechnung ON dargestellt. Eine Aufstellung aller verwendeten Klimamodelle findet sich in Tabelle 2.1.

Tabelle 2.1: Überblick der verwendeten Klimamodelle

Bezeichnung	Jahr	Ort	Index
Hohe Warte	1996	Wien, Hohe Warte	H96
	1997		H97
	1998		H98
	1999		H99
	2000		H00
	2001		H01
	2002		H02
	2003		H03
	2004		H04
	2005		H05
Innere Stadt	2004	Wien, Karlsplatz	IS04
	2005		IS05
	2006		IS06
TU	2004	Wien, Karlsplatz	T04
	2005		T05
	2006		T06
Unterlaa	2006	Wien, Unterlaa	U06
Tas Standard	1993	Wien	TAS
Meteonorm	1961-1990	Wien	M1
Meteonorm	1996-2005	Wien	M2
Meteonorm extrem	1996-2005	Wien	M3

2.3 Referenzmodelle

Im Anschluss werden die Modelle, die für die Gebäudesimulation ausgewählt wurden beschrieben. Für die Auswahl waren Kriterien wie Bauweise, Typologie, Fensterfläche, Standort und umgebende Bebauung maßgeblich.

Die **beheizte Bruttogrundfläche** (BGF) besteht aus der **beheizten Nettogrundfläche** (NGF_B) und der Konstruktionsgrundfläche (KGF)

Die Angabe der **Verglasungsfläche** (A_w) bezieht sich anteilmäßig auf die **beheizte Nettogrundfläche** (NGF_B).

Die **Gebäudehüllfläche** (A) ist die Summe aller Flächen, die das konditionierte Bruttovolumen umschließt. Flächen, die an konditionierte Räume anderer Gebäude oder Gebäudeteile grenzen, sind gemäß Norm (Önorm, 2007) nicht einzubeziehen.

Das **beheizte/konditionierte Bruttovolumen** (V) ergibt sich aus der Summe der Brutto-Rauminhalte aller konditionierten Räume. Fremdverschattung und Sonnenschutzelemente der Gebäudehülle wurden berücksichtigt. Beim **LEK-Wert** handelt es sich um einen Kennwert für die thermische Qualität der Gebäudehülle unter Berücksichtigung der Gebäudegeometrie. Die **charakteristische Länge** (l_c) ist ein Maß für die Kompaktheit eines Gebäudes, welches in Form des Verhältnisses des konditionierten Brutto Volumens (V) zur umschließenden Oberfläche (A) des beheizten Bruttovolumens dargestellt wird.

2.3.1 EFH - Wohngebäude Altbau, freistehend, periphere Lage

Hierbei handelt es sich um ein 1891 an einem Südhang gebautes Landhaus mit einer Erweiterung an der Westseite aus 1992. Die gesamte Anlage ist in kompakter und massiver Bauweise errichtet und ist gänzlich unterkellert. Die beiden Nachbargebäude im Osten und Westen, überragen das freistehende Haus jeweils um ca. 6m. Durch diesen Verschattungseffekt fallen die solaren Gewinne in den Morgen- und Abendstunden sehr gering aus. auf der anderen Seite beeinflusst dieser auch die Windsituation. Der Anteil der Verglasung an der Nettogrundfläche beträgt 51m^2 (siehe Tabelle 2.1). Das Gebäude besteht aus dem unbeheizten Keller, dem Erdgeschoß (RH:3,30m), dem Dachgeschoß (RH:2,60) und dem unbeheizten Dachraum (siehe Abbildung 2.6). Die Gebäudehülle setzt sich aus dem ungedämmten Ziegelmauerwerk und dem gedämmten Sparrendach zusammen. Die Geschoßdecke gegen den Keller ist nicht gedämmt.

Tabelle 2.1 Gebäudedaten EFH

BGF	287 m ²	100%
NGF_B	233 m ²	81%
KGF	54 m ²	19%
V	976 m ³	-
A	737 m ²	-
A_w	51 m ²	22%
Um	0,72 W/m ² K	
l_c	1,32 m	
LEK	65	



Abbildung 2.5: Perspektive Süd EFH



Abbildung 2.6: Zonenmodell EFH aus Tas

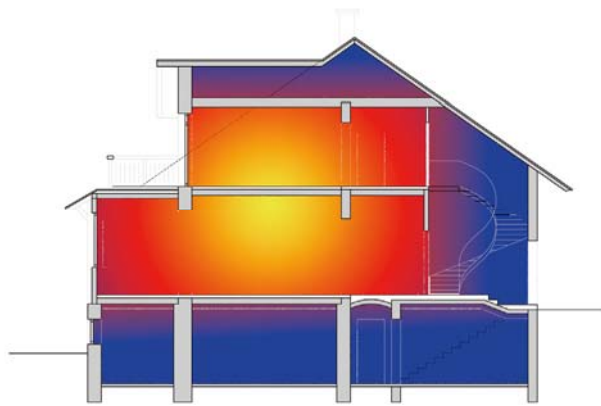


Abbildung 2.7: Schnitt EFH: Beheizte und unbeheizte Zonen

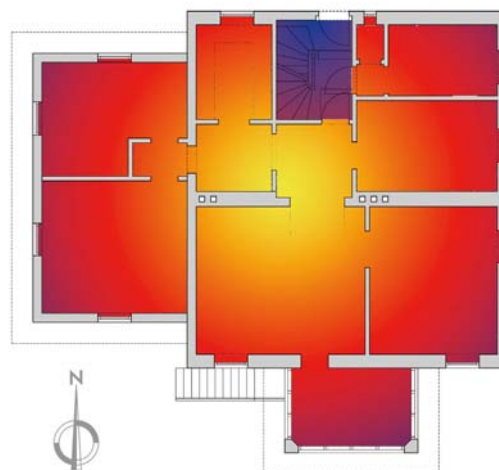


Abbildung 2.8: Grundriss EFH beheizte und unbeheizte Zonen

2.3.2 MFH - Wohngebäude, Blockrandbebauung, semiperiphere Lage

Hierbei handelt es sich um ein im Bezirk Fünfhaus gelegenes Wohngebäude. Es besteht aus einem kernförmigen Stiegenhaus um welches die Wohneinheiten gruppiert sind. Im Erdgeschoß befinden sich eine Wohneinheit sowie die für die Organisation des Hauses notwendigen Nebenräume. Neben dem Dachgeschoß weist das Gebäude 4 Obergeschoße auf. Das für die Berechnung herangezogene Modell beschränkt sich auf das 3.Obergeschoß.

Da in das obere und untere Geschoß sowie in die beiden benachbarten Wohngebäude kaum ein Wärmeübergang zu erwarten ist, wurde an diesen Stellen eine adiabatische Schicht verwendet. Die speicherwirksamen Massen im Bereich des Fußbodens und der Geschoßdecke wurden berücksichtigt. Die Außenmauern bestehen aus Stahlbeton und sind gänzlich gedämmt. Aufgrund der dichten Bebauung kommt es durch die gegenüberliegende Straßenfassade zu einer Verschattung der Südseite.

Tabelle 2.2: Gebäudedaten BÜRO

BGF	222m ²	100%
NGF _B	191m ²	86%
KGF	31m ²	14%
V	687m ³	-
A	143m ²	-
A _w	19,4m ²	10%
Um	0,63 W/m ² K	
lc	4,33 m	
LEK	30	



Abbildung 2.9: Perspektive Süd MFH

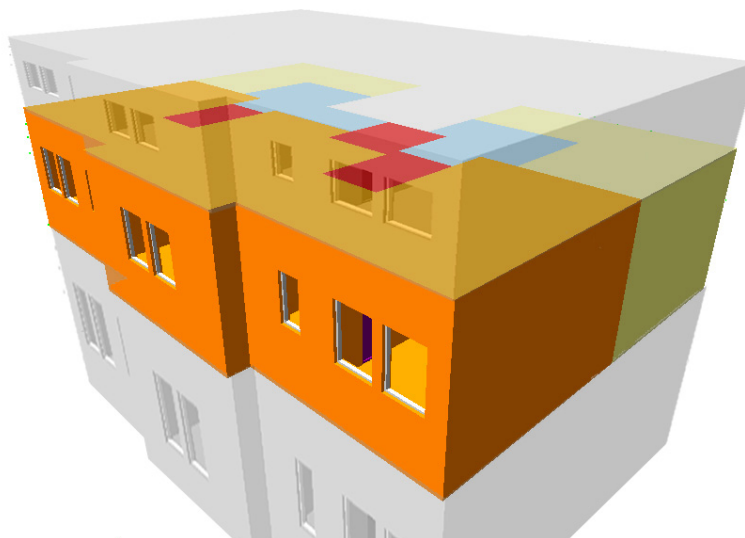


Abbildung 2.10: Zonenmodell MFH aus Tas

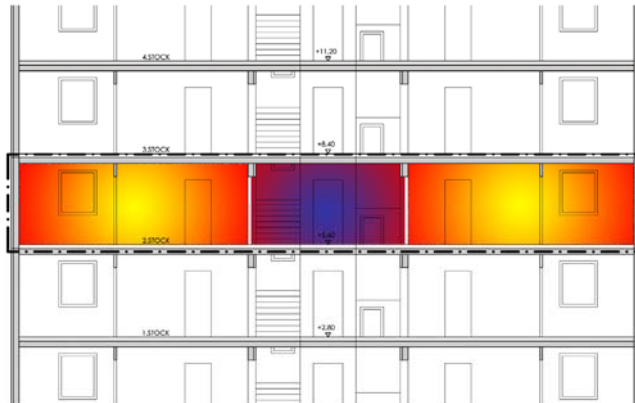


Abbildung 2.11: Schnitt MFH - beheizte und unbeheizte Zonen

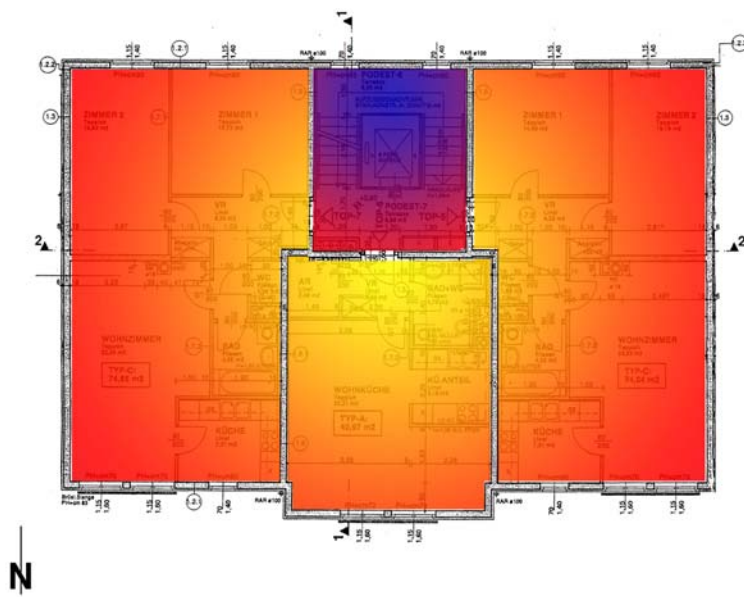


Abbildung 2.12: Grundriss MFH - beheizte und unbeheizte Zonen

2.3.3 BÜRO - Bürogebäude Neubau, semizentrale, parkähnliche Lage

Hierbei handelt es sich um ein in Planung befindliches Bürogebäude auf dem Gelände des Arsenal. Es setzt sich aus einem Nord-, einem Ost und einem Südtrakt zusammen, die höhenweise gestaffelt sind. In den beiden Untergeschoßen befindet sich eine Tiefgarage. Die vom Erdgeschoß über die drei Obergeschoße bis hin zu den beiden Dachgeschoßen befindlichen Räume sind vorrangig für Büronutzung vorgesehen. Die Gebäudehülle besteht aus einer vorgehängten Glasfassade in Pfosten-Riegelkonstruktion.

Für die Simulation wurde eine Büroebene - Regelgeschoß - gewählt. In die darüber und darunter gelegenen Ebenen ist kaum ein Wärmeübergang zu erwarten. Daher wurde an diesen Stellen eine adiabatische Schicht verwendet. Die speicherwirksamen Massen in der Decke und dem Fußboden wurden berücksichtigt.

Um der sommerlichen Überwärmung vorzubeugen wurde ein passiver Sonnenschutz in Form von geschloßweisen 1,5m auskragenden horizontalen Aluminiumpanelen eingesetzt.

Tabelle 2.3: Gebäudedaten BÜRO

BGF	2887 m ²	100%
NGF _B	2656 m ²	92%
KGF	233 m ²	8%
V	10.025 m ³	-
A	1594 m ²	-
A _w	1409 m ²	53%
U _m	1,37 W/m ² K	
l _c	6,29 m	
LEK	50	

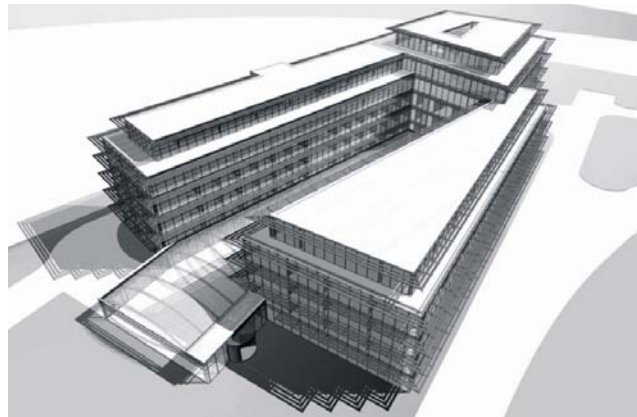


Abbildung 2.13: Perspektive West BÜRO (Ovcina, 2007)

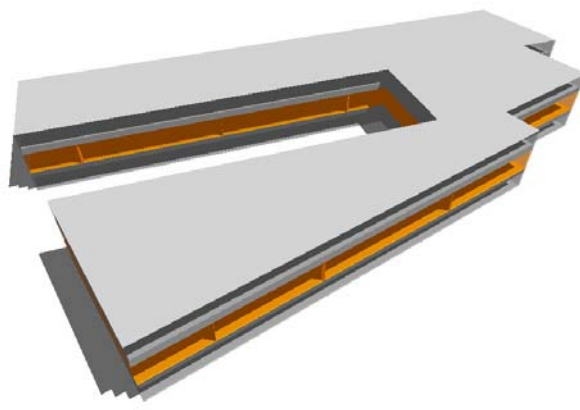


Abbildung 2.14: Zonenmodell BÜRO aus Tas

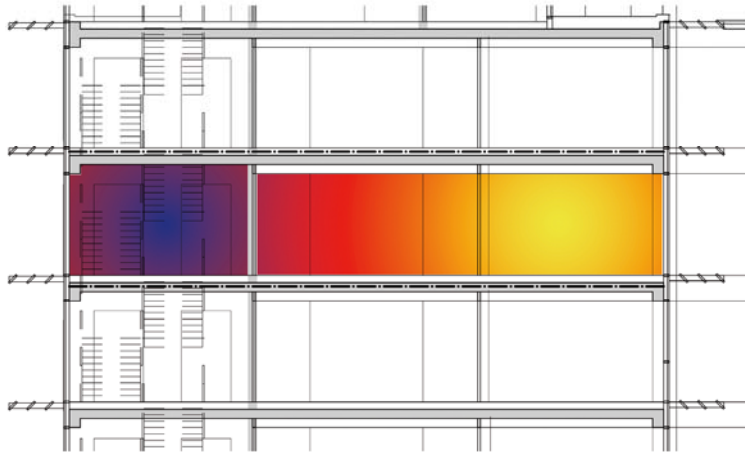


Abbildung 2.15: Schnitt BÜRO: beheizte und unbeheizte Zonen

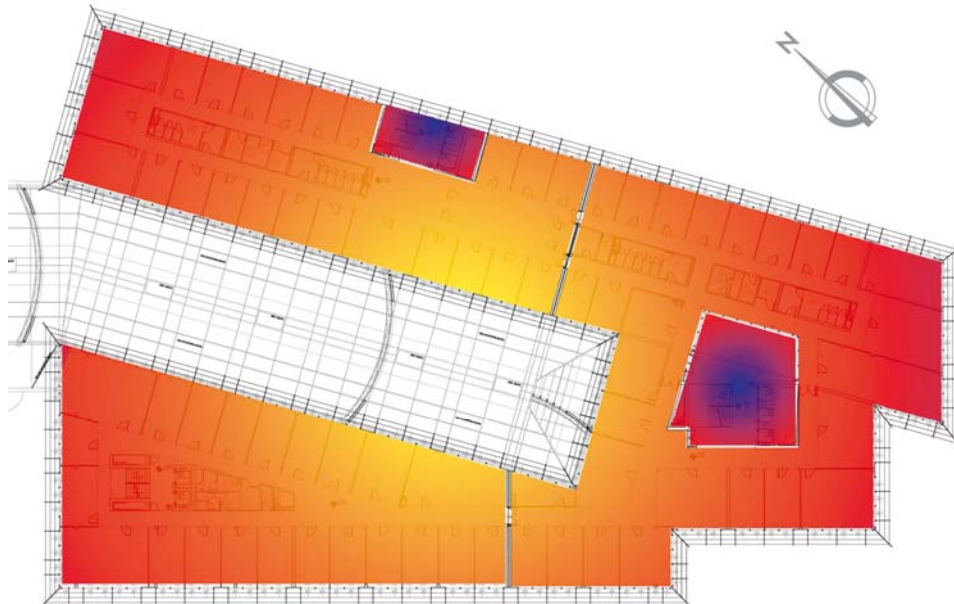


Abbildung 2.16: Grundriss BÜRO: beheizte und unbeheizte Zonen

2.3.4 Nutzerprofile

Für die Prognose der Energieperformance ist die Festlegung des Nutzerverhaltens notwendig. Um eine Vergleichbarkeit mit anderen Berechnungen zu ermöglichen werden die Nutzerprofile gemäß Önorm B8110-5 (Önorm, 2007) festgelegt. Nachstehende Tabelle 2.4 gibt einen Überblick der Profile.

Tabelle 2.4: Nutzerprofile für die Konditionierung des Innenraumes

	Wohnbau	Bürobau
Solltemperatur (Heizfall)	20°C	20°C
Solltemperatur (Kühlfall)	27°C *)	26°C
Solltemperatur (unkond.)	13°C	13°C
Betriebsdauer Heizung	24 h	14 h
Betriebsdauer Kühlung	-	12 h
Luftwechselrate (Fensterlüft.)	0,4	1,2
Innere Wärmegewinne/m ² (Personen+Geräte) Heizfall	3,75 W/m ²	3,75 W/m ²
Betriebstage	365 d	269 d

*ist laut Norm nicht vorgesehen, zur Bewertung der Energieperformance allerdings erforderlich.

Die inneren Wärmegewinne der Büronutzung werden nur zu den Betriebszeiten ermittelt. Außerhalb der Betriebszeiten wird die Luftwechselzahl auf 0,2 zurückgesetzt um die Ventilation aufgrund bautechnischer Gegebenheiten zu berücksichtigen.

Die Nutzerprofile der ON Methode sind im Leitfaden für die Berechnung der Energiekennzahlen (Demacsek, 1999) beschrieben.

3. Resultate

3.1 Einleitung

Hier werden nun die Ergebnisse aus den Untersuchungen in Form von Diagrammen dargestellt. Zunächst werden die verschiedenen Modelle aufgrund einer **zeitlichen Beobachtungsreihe** behandelt, im Anschluss wird auf den **Einfluss des Standortes** in mikroklimatischer Hinsicht eingegangen und ein Vergleich **standardisierter Methoden** mit der dynamischen Gebäudesimulation gezogen.

Modelle (siehe Abschnitt 2.3):

EFH - Wohngebäude, Altbau

MFH - Wohngebäude, Blockrandbebauung

BÜRO - Bürogebäude, Neubau

Beobachtungsreihen:

Zeitlicher Vergleich:

1996-2006: Hohe Warte

2004-2006: Hohe Warte, Innere Stadt, TU

Räumlicher Vergleich:

Hohe Warte, Innere Stadt, TU, Unterlaa

Vergleich standardisierter Daten:

Tas, Meteororm

Vergleich nach Methode:

Vereinfachte Heizwärmebedarfsberechnung (ON), dynamische Gebäudesimulation (TAS)

Schwankungsbereich

Die Untersuchung der Ergebnisse beinhaltet die Angabe des Schwankungsbereiches zwischen einem Höchst- und einem Tiefstwert. Bei der Berechnung der Schwankung bzw. der relativen Abweichung wird immer der Tiefstwert als Referenz verwendet (siehe Gleichung 3.1).

$$RA = \frac{(x-y)}{y} \times 100 = [\%] \quad \text{Gleichung 3.1}$$

RA.....Relative Abweichung

y.....Referenzwert

3.2 Zeitlicher Vergleich

Die erste Beobachtungsreihe behandelt den Standort **Hohe Warte** und ist auf einen Zeitraum von 11 Jahren ausgelegt. Die Abbildungen 3.2-3.4 zeigen den Heizwärme- und den Kühlbedarf im Vergleich zu ihren Indikatoren, den Heizgradtagen und den Kühlgradstunden.

Für die folgenden Untersuchungen des Heizwärme- und Kühlbedarfes am Standort Hohe Warte ist es wichtig den Verlauf bzw. die Schwankungsbreiten der Klimaelemente sowie der Indikatoren des Energiebedarfes zu betrachten (siehe Abbildung 3.1). Die Werte sind in Tabelle 3.2 aufgelistet.

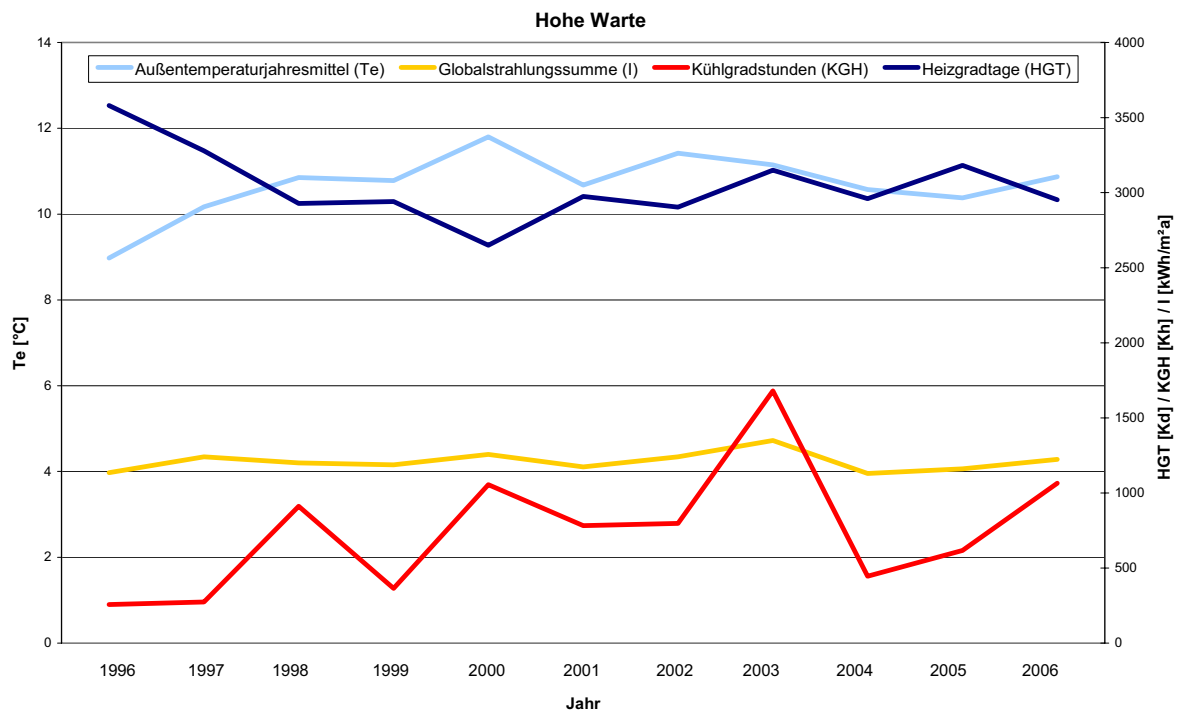


Abbildung 3.1: Diagramm der Klimadaten Hohe Warte 1996–2006

In Abbildung 3.2 ist der langjährige mikroklimatische Einfluss am Standort Hohe Warte auf das Modell **EFH** dargestellt. Der Heizwärmebedarf des Modells EFH fällt sehr hoch aus. Auffallend ist ebenso der geringe Kühlbedarf. Der Verlauf der Kühlgradstunden weist große Schwankungen auf.

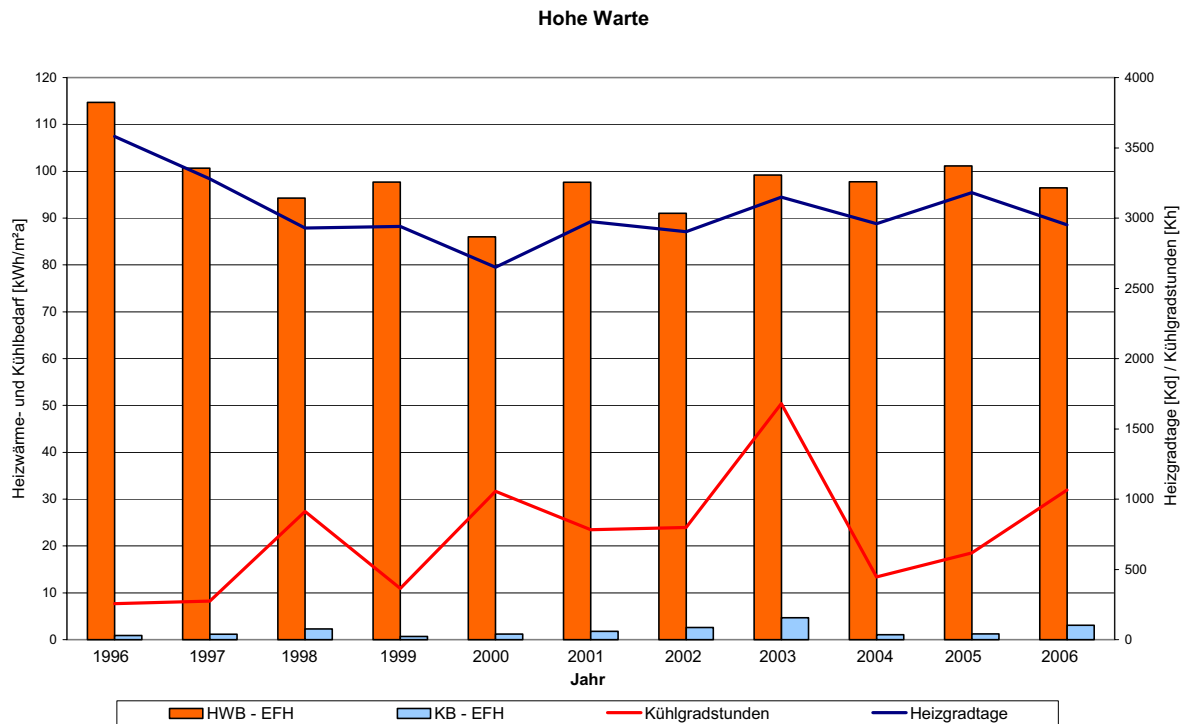


Abbildung 3.2: Heizwärme- und Kühlbedarf Hohe Warte 1996-2006 für Modell EFH

In Abbildung 3.3 ist der langjährige mikroklimatische Einfluss am Standort Hohe Warte auf das Modell **MFH** dargestellt. Der Heizwärmebedarf fällt relativ gering aus.

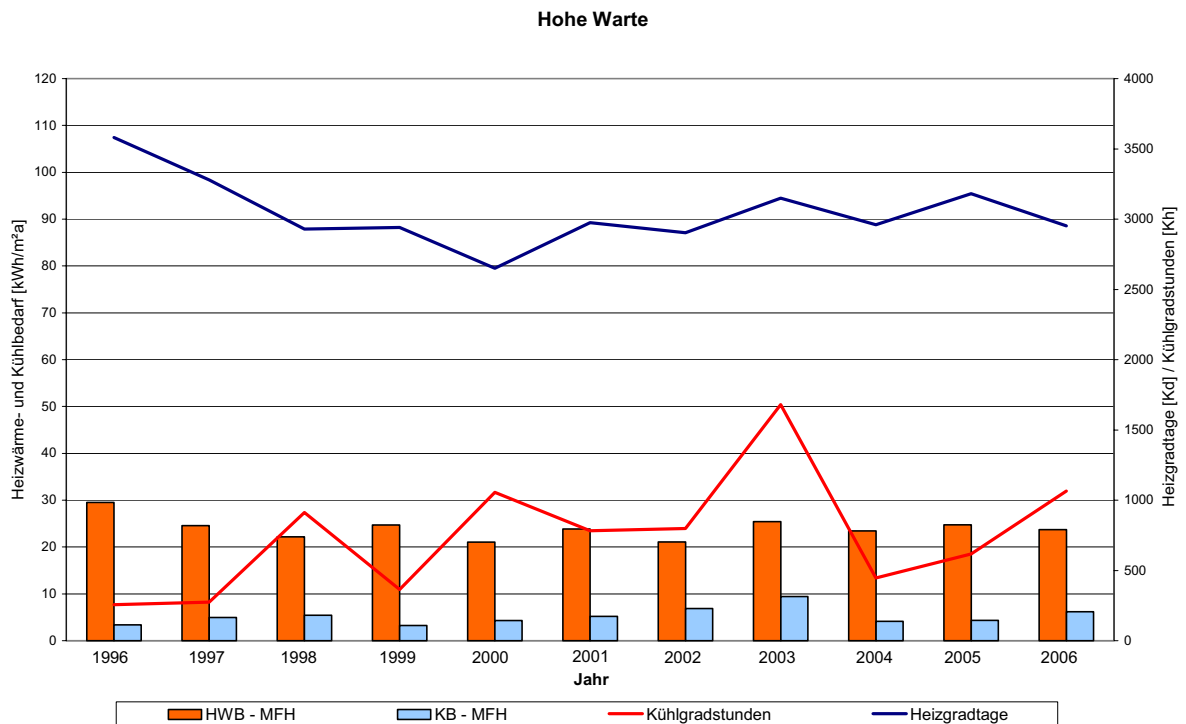


Abbildung 3.3: Heizwärme- und Kühlbedarf Hohe Warte 1996-2006 für Modell MFH

In Abbildung 3.4 ist der langjährige mikroklimatische Einfluss am Standort Hohe Warte auf das Modell **BÜRO** dargestellt. Der Kühlbedarf erreicht bei diesem Modell ein signifikantes Ausmaß.

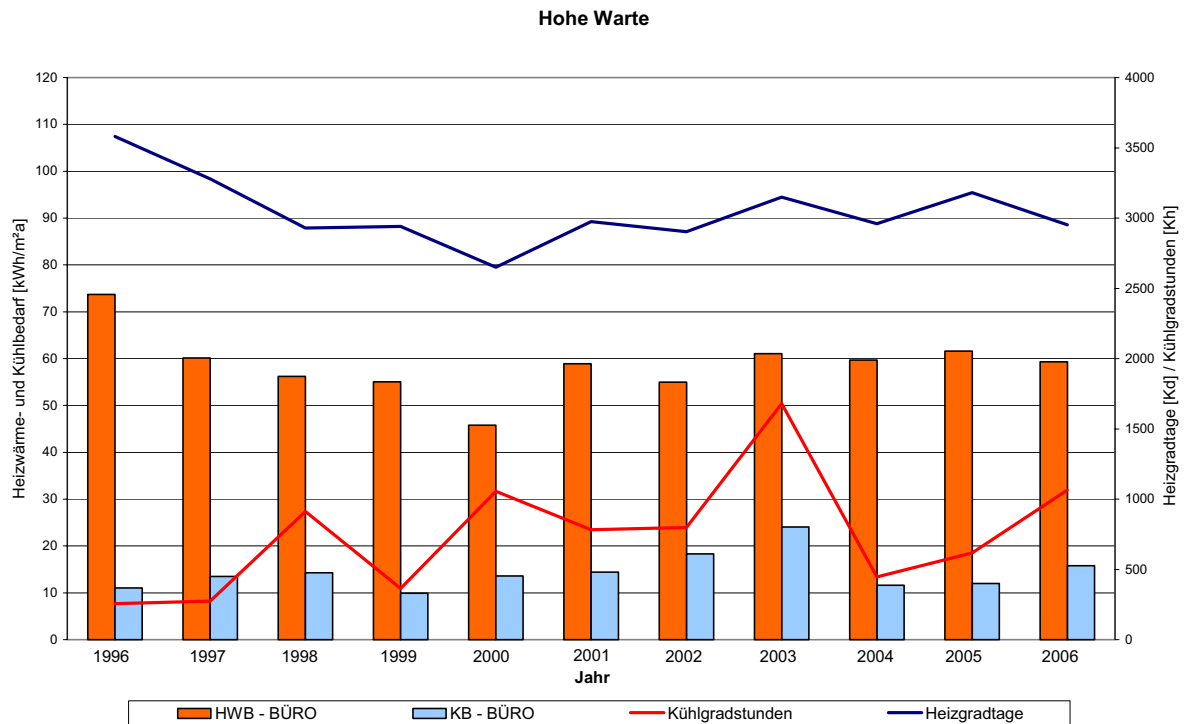


Abbildung 3.4: Heizwärme- und Kühlbedarf Hohe Warte 1996-2006 für Modell BÜRO

Tabelle 3.1 Ergebnisse der Heizwärme- und Kühlbedarfsberechnung am Standort Hohe Warte

Jahr	EFH		MFH		BÜRO	
	HWB	KB	HWB	KB	HWB	KB
1996	114,7	0,9	29,5	3,4	73,7	11,1
1997	100,7	1,2	24,6	4,9	60,2	13,5
1998	94,3	2,3	22,2	5,4	56,2	14,3
1999	97,7	0,7	24,7	3,3	55,1	9,9
2000	86,0	1,2	21,1	4,3	45,8	13,6
2001	97,7	1,8	23,9	5,2	58,9	14,4
2002	91,0	2,6	21,1	6,9	55,0	18,3
2003	99,2	4,7	25,5	9,4	61,1	24,1
2004	97,8	1,1	23,4	4,1	59,7	11,6
2005	101,1	1,3	24,8	4,4	61,6	12,0
2006	96,4	3,1	23,7	6,2	59,3	15,8
Maximum	114,7	4,7	29,5	9,4	73,7	24,1
Minimum	86,0	0,7	21,1	3,3	45,8	9,9
Schwankungs- breite	33%	566%	40%	66%	61%	143%
Mittelwert	97,9	1,9	24,0	5,22	58,8	14,4

Tabelle 3.2: Klimadaten Hohe Warte 1996-2006

	Außentemperatur-jahresmittel [°C]	Globalstrahlungs-summe [kWh/m²a]	Heizgradtage [Kd]	Kühlgradstunden [Kh]
1996	9	1136	3581	256
1997	10,2	1240	3279	275
1998	10,9	1201	2929	912
1999	10,8	1187	2940	364
2000	11,8	1257	2650	1056
2001	10,7	1174	2975	783
2002	11,4	1241	2903	797
2003	11,1	1350	3150	1680
2004	10,6	1130	2960	446
2005	10,4	1161	3181	618
2006	10,9	1224	2952	1065
Schwankungs-breite	31%	19%	35%	555%
Mittelwert	10,7	1209	3045	750

In Abbildung 3.5 sind die Ergebnisse des Heizwärmebedarfes aller drei Modelle gegenübergestellt.

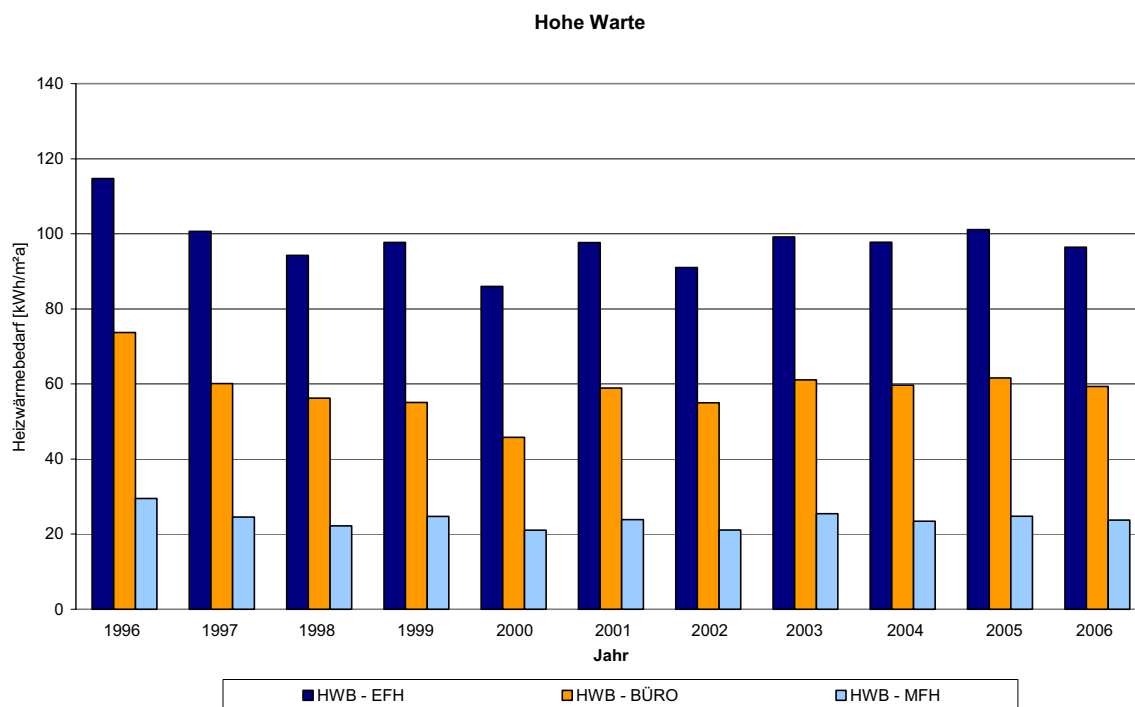


Abbildung 3.5: Heizwärmebedarf Hohe Warte 1996-2006 der drei Modelle

In Abbildung 3.6 sind die Ergebnisse des Kühlbedarfes aller drei Modelle gegenübergestellt.

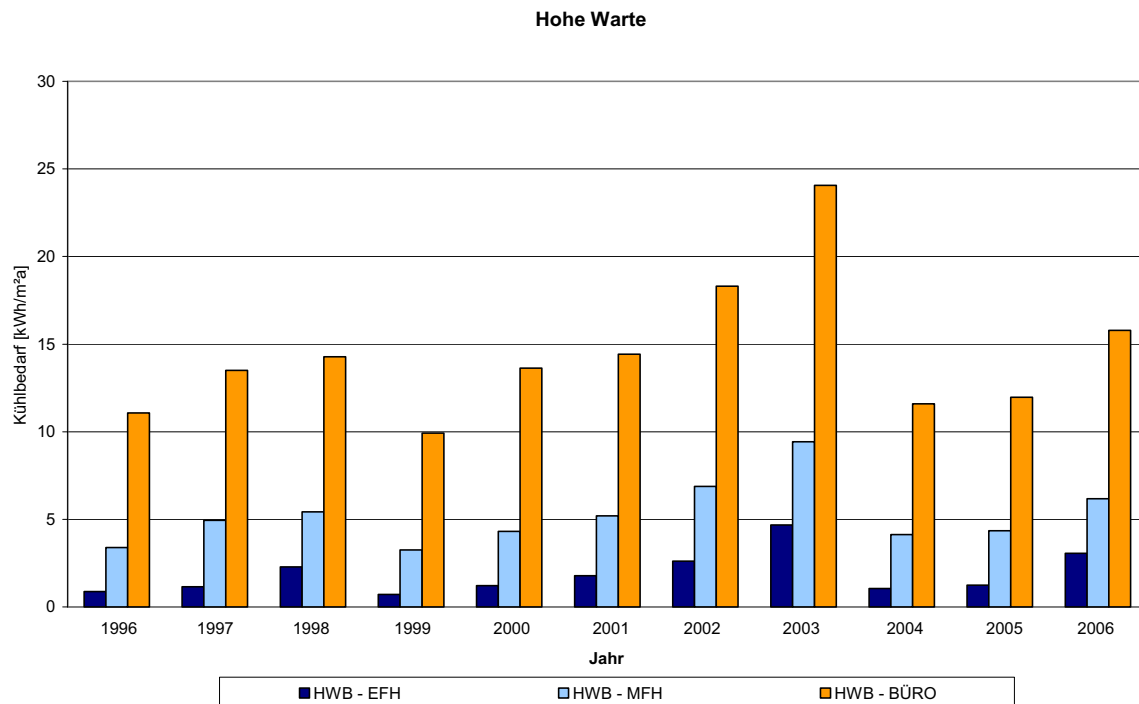


Abbildung 3.6: Kühlbedarf Hohe Warte 1996-2006 der drei Modelle

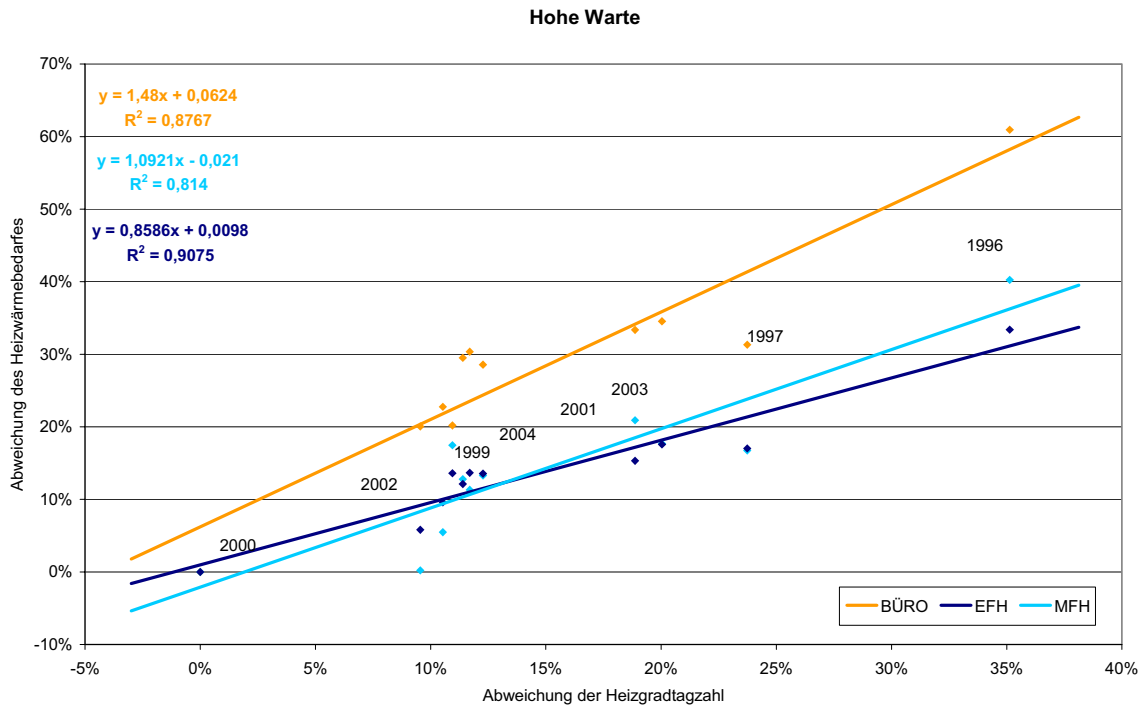
Regressionsanalyse

In weiterer Folge soll der Zusammenhang des Heizwärme- und Kühlbedarfs von deren Indikatoren den Heizgradtagen und Kühlgradstunden untersucht werden. Dies geschieht mit der statistischen Methode der Regressionsanalyse. In den Diagrammen werden zur Bewertung der Zusammenhänge die Regressionsgerade, deren Funktion (siehe Gleichung 3.2) und Bestimmtheit dargestellt.

$$y = k \times x + d \quad \text{Gleichung 3.2}$$

3.2.1 Heizwärmebedarf

In Abbildung 3.7 ist der Zusammenhang zwischen dem Heizwärmebedarf und den **Heizgradtagen** für die Modelle EFH, MFH und BÜRO dargestellt. Auf der Skala der Heizgradtage und des Heizwärmebedarfs ist die Abweichung zum Referenzjahr 2000 ablesbar. Die Ermittlung der relativen Abweichung erfolgt gemäß Gleichung 3.1.



**Abbildung 3.7: Zusammenhang des Heizwärmebedarfs und der Heizgradtage der drei Modelle
Hohe Warte 1996-2006 mit Referenzjahr 2000**

Die Regressionsgerade des Modells BÜRO zeigt einen stärkeren Anstieg als jene der anderen Modelle. Das Maß der Bestimmtheit fällt für das Modell EFH am höchsten aus.

Das folgende Diagramm (siehe Abbildung 3.8) zeigt die Abweichungen der simulierten Ergebnisse des Heizwärmebedarfes von deren Prognose über die Heizgradtage. Die Null Prozent Linie entspricht der Regressionsgeraden. Der prognostizierte Energiebedarf (EB') wird über die Funktion der Regressionsgeraden (siehe Gleichung 3.2) ermittelt. Die Berechnung der relativen Abweichung erfolgt dann gemäß Gleichung 3.1 über den simulierte Energiebedarf (EB) und den Referenzwert EB'.

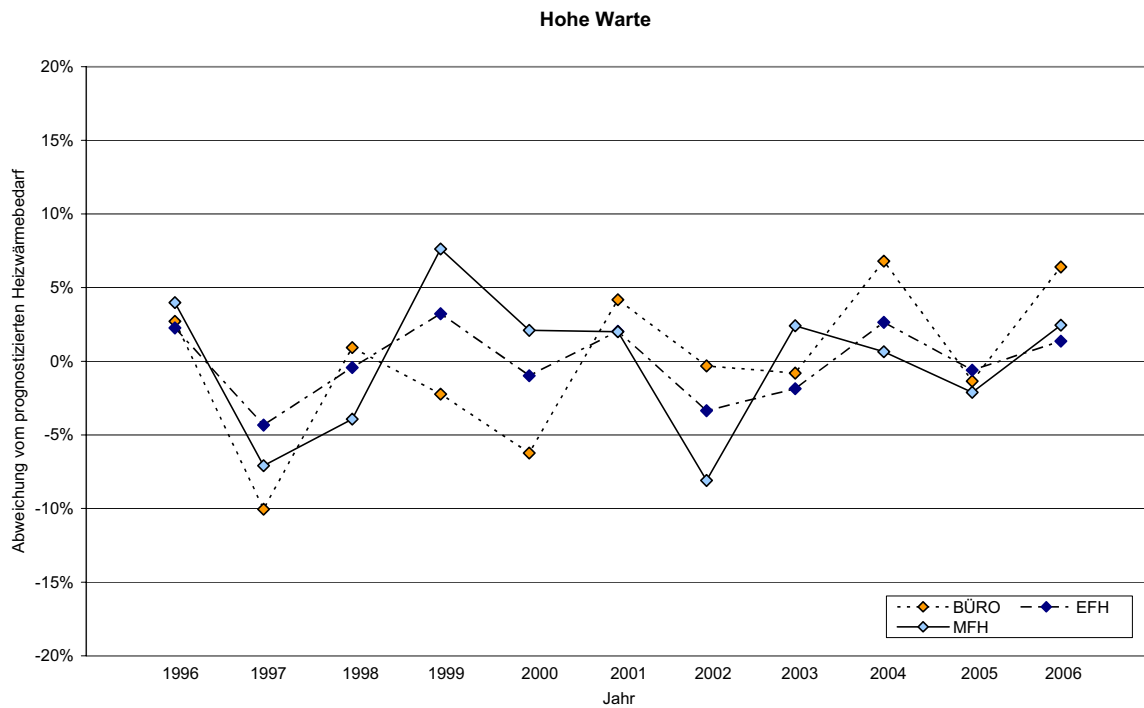


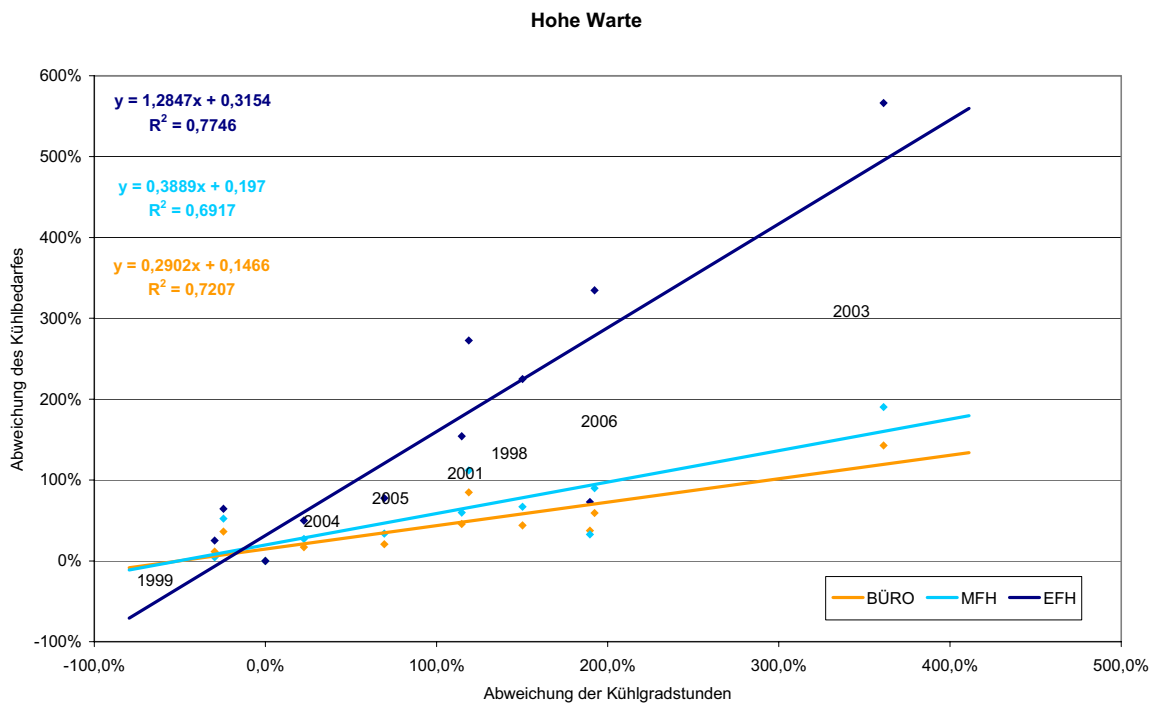
Abbildung 3.8: Abweichung des Heizwärmebedarfes von der Prognose über die Heizgradtage der drei Modelle Hohe Warte 1996-2006

Die Abweichungen der Modelle MFH und BÜRO sind höher als jene des Modells EFH.

3.2.2 Kühlbedarf

In Abbildung 3.9 ist der Zusammenhang zwischen dem Kühlbedarf und den **Kühlgradstunden** für die Modelle EFH, MFH und BÜRO dargestellt.

Auf der Skala der Kühlgradstunden und des Kühlbedarfes ist die Abweichung zum Referenzjahr 1999 ablesbar. Die Ermittlung der relativen Abweichung erfolgt gemäß Gleichung 3.1.



**Abbildung 3.9: Zusammenhang des Kühlbedarfes und der Kühlgradstunden der drei Modelle
Hohe Werte 1996-2006 mit Referenzjahr 1999**

Die Regressionsgerade des Modells EFH weist eine stärkere Steigung als die Modelle MFH und BÜRO auf. Die Abweichungen von der Regressionsgeraden sind bei EFH stellenweise sehr hoch.

Das folgende Diagramm (siehe Abbildung 3.10) zeigt die Abweichungen der simulierten Ergebnisse des Kühlbedarfs von deren Prognose über die Kühlgradstunden. Die Null Prozent Linie entspricht der Regressionsgeraden.

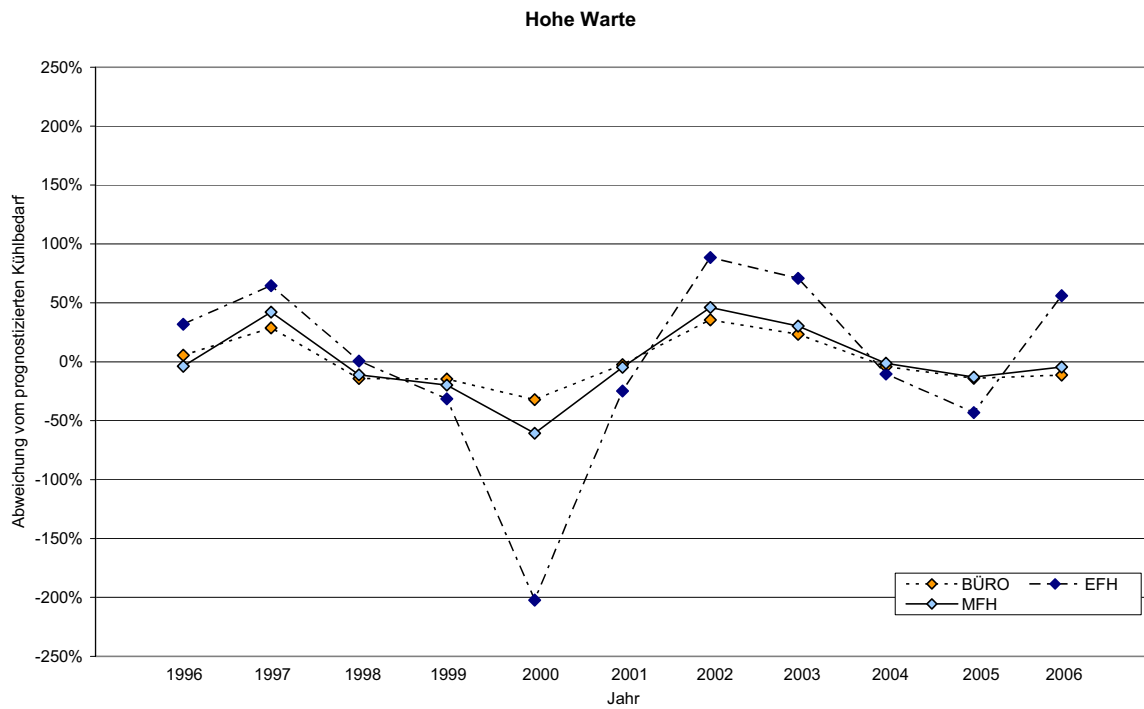
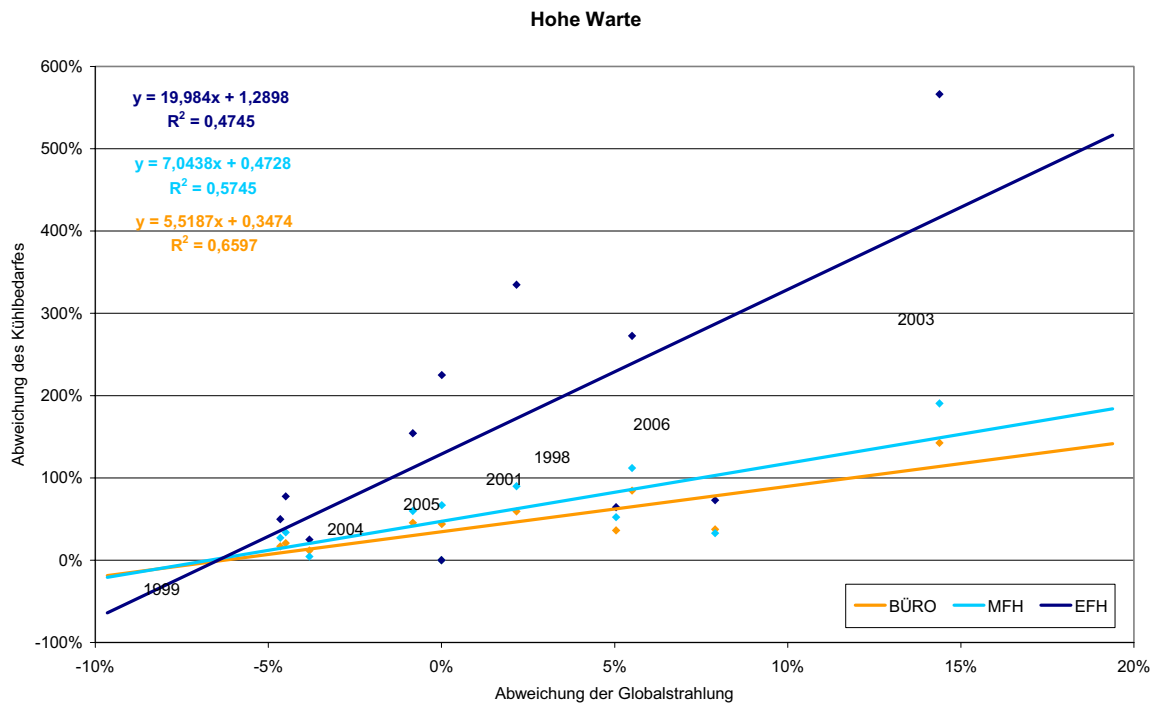


Abbildung 3.10: Abweichung des Kühlbedarfes von der Prognose über die Kühlgradstunden der drei Modelle Hohe Warte 1996-2006

In Abbildung 3.11 ist der Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der Simulation des Kühlbedarfes der Modelle und der **Globalstrahlung** dargestellt. Für die Untersuchung des Zusammenhanges der beiden Größen wurden die Werte der Globalstrahlung auf die Kühlperiode (April-September) ausgelegt.

Auf der Skala der Kühlgradstunden und des Kühlbedarfes ist die Abweichung zum Referenzjahr 1999 ablesbar. Die Ermittlung der relativen Abweichung erfolgt gemäß Gleichung 3.1.



**Abbildung 3.11: Zusammenhang des Kühlbedarfes und der Globalstrahlung der drei Modelle
Hohe Werte 1996-2006 mit Referenzjahr 1999**

Die Abweichungen von der Regressionsgeraden sind beim Modell EFH höher als bei den anderen Modellen.

Das folgende Diagramm (siehe Abbildung 3.12) zeigt die Abweichungen der simulierten Ergebnisse des Kühlbedarfs von deren Prognose über die Globalstrahlung. Die Null Prozent Linie entspricht der Regressionsgeraden.

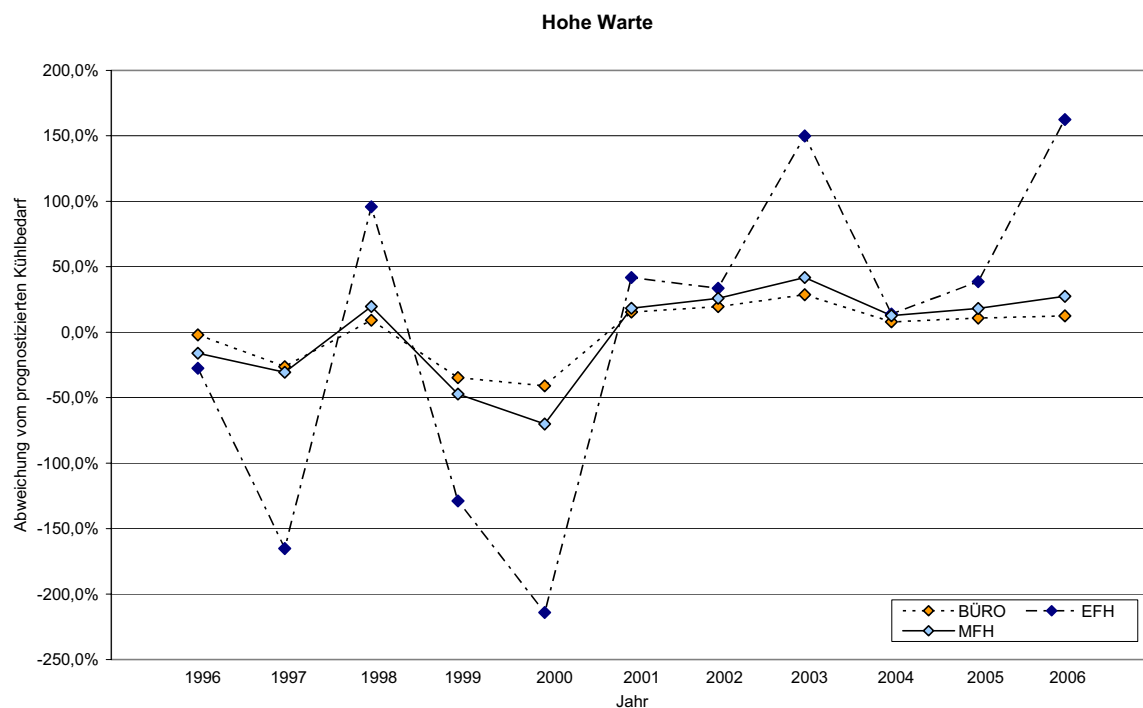


Abbildung 3.12: Abweichung des Kühlbedarfes von der Prognose über die Globalstrahlung der drei Modelle Hohe Werte 1996-2006

3.3 Räumlicher Vergleich

Der Einfluss der Mikroklimatik an den drei Standorten Hohe Warte, Innere Stadt und TU (siehe Abschnitt 2.2) wird in drei aufeinander folgenden Jahren an den Gebäudemodellen untersucht. Zunächst wird eine Analyse anhand des Heizwärmebedarfes vorgenommen.

3.3.1 Heizwärmebedarf

In Abbildung 3.13 ist der dreijährige Verlauf des Heizwärmebedarfes der verschiedenen Modelle dargestellt. Zunächst zeigt sich ein ähnlicher Verlauf bei den drei Standorten. Beim Modell BÜRO fällt allerdings auf, dass der Heizwärmebedarf für den Standort TU zu jenem der Inneren Stadt tendiert. Bei den anderen Modellen liegt dieser ungefähr im Mittelfeld. Der Schwankungsbereich des Heizwärmebedarfes des Modells MFH ist wesentlich geringer als jener der beiden anderen Modelle (siehe Tabelle 3.3).

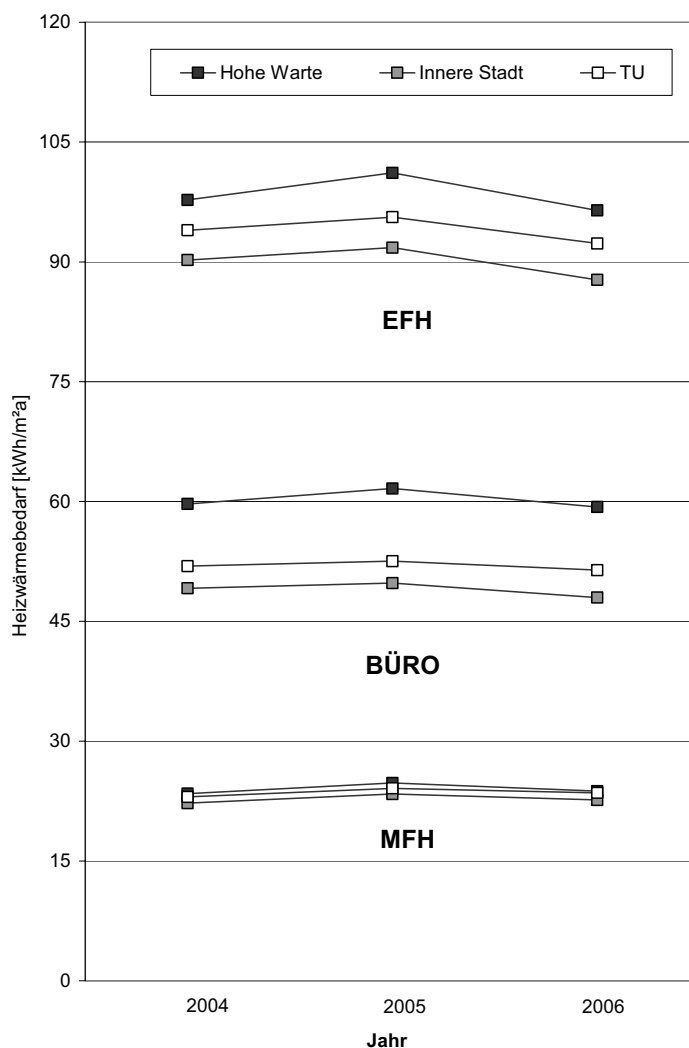


Abbildung 3.13: Verlauf des Heizwärmebedarfes aller Modelle im dreijährigen Vergleich

In der Tabelle 3.3 sind in den Zeilen die jährlichen Ergebnisse des Heizwärmebedarfs der Modelle und dem zugehörigen Standort zu finden. Zusätzlich sind in den Zeilen die standortbedingte und in den Spalten die zeitliche Schwankungsbreite angeführt.

Tabelle 3.3: Ergebnisse des Heizwärmebedarfes im dreijährigen Vergleich (in kWh/m²a)

Jahr	EFH				MFH				BÜRO			
	HW	IS	TU	Schw.	HW	IS	TU	Schw.	HW	IS	TU	Schw.
2004	97,8	90,2	94,0	8%	23,4	22,2	23,0	5%	59,7	49,1	51,9	22%
2005	101,1	91,8	95,6	10%	24,8	23,4	24,1	6%	61,2	49,8	52,5	23%
2006	96,4	87,7	92,3	10%	23,7	22,6	23,5	5%	59,3	48,0	51,4	24%
Schw.	5%	3%	4%	-	6%	5%	5%	-	3%	4%	2%	-

HW..... Hohe Warte

IS.....Innere Stadt

Schw.Schwankungsbereich

3.3.2 Kühlbedarf

In Abbildung 3.14 ist der dreijährige Verlauf des **Kühlbedarfs** der verschiedenen Modelle dargestellt. Beim Modell **BÜRO** fällt im Vergleich zu den beiden anderen Modellen ein stärkerer Anstieg des Kühlbedarfs zum Jahr 2006 hin auf (siehe Tabelle 3.4). Die Werte der Modelle MFH und EFH sind wesentlich niedriger als jene des Modells **BÜRO**. Am Standort TU ist der Anstieg des Kühlbedarfs zum Jahr 2006 hin bei allen drei Modellen schwächer als jener der anderen Standorte. Der Schwankungsbereich beim Modell **BÜRO** ist am größten. Außerdem weicht der Verlauf des Kühlbedarfs am Standort TU stärker von den anderen Standorten ab als bei den Modellen MFH und EFH.

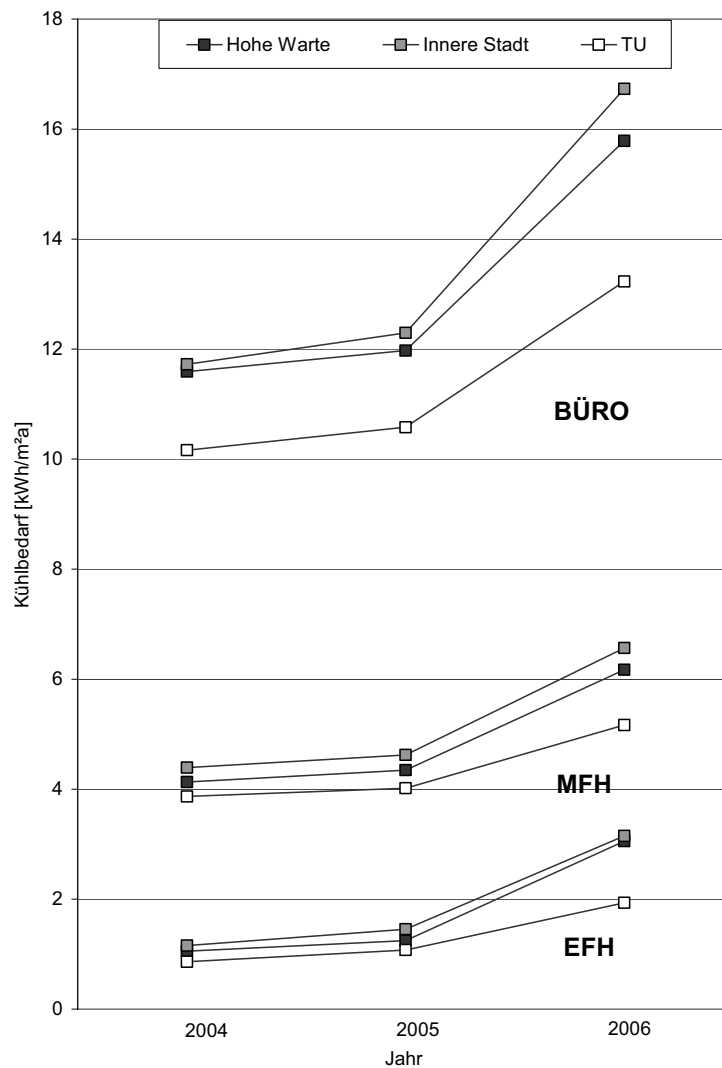


Abbildung 3.14: Verlauf des Kühlbedarfes aller Modelle im dreijährigen Vergleich

In der Tabelle 3.4 sind in den Zeilen die jährlichen Ergebnisse des Kühlbedarfs der Modelle und dem zugehörigen Standort zu finden. Zusätzlich sind in den Zeilen die standortbedingte und in den Spalten die zeitliche Schwankungsbreite angeführt.

Tabelle 3.4: Ergebnisse des Kühlbedarfs im dreijährigen Vergleich (in kWh/m²a)

Jahr	EFH				MFH				BÜRO			
	HW	IS	TU	Schw.	HW	IS	TU	Schw.	HW	IS	TU	Schw.
2004	1,1	1,1	0,9	22%	4,1	4,4	3,9	13%	11,6	11,7	10,2	15%
2005	1,3	1,5	1,1	36%	4,4	4,6	4,0	15%	12,0	12,3	10,6	16%
2006	3,1	3,2	1,9	68%	6,2	6,6	5,2	27%	15,8	16,7	13,2	27%
Schw.	182%	191%	111%	-	51%	50%	33%	-	36%	43%	29%	-

HW..... Hohe Werte

IS.....Innere Stadt

Schw.Schwankungsbereich

Tabelle 3.5: Klimadaten der verschiedenen Messstationen der Jahre 2004-2006

	Außentemperatur-jahresmittel [°C]			Heizgradtage [Kd]			Kühlgradstunden [Kh]			Globalstrahlungssumme [kWh/m ² a]		
	HW	IS	TU	HW	IS	TU	HW	IS	TU	HW	IS	TU
2004	10,6	11,6	11,4	2960	2667	2766	446	637	617	1130	1201	1150
2005	10,4	11,5	11,2	3181	2861	2919	618	825	782	1161	1236	1192
2006	10,9	12	11,7	2952	2718	2777	1065	1476	1303	1224	1267	1144
Mittelwert	10,6	11,7	11,4	3031	2749	2821	750	979	901	1209	1235	1162
Schwankungsbereich	5%	5%	4%	8%	7%	6%	139%	132%	111%	8%	6%	4%

HW..... Hohe Werte

IS.....Innere Stadt

3.4 Gegenüberstellung

Zusätzlich zu den Klimamodellen aus den Kapiteln 3.2 und 3.3 (Hohe Warte, Innere Stadt und TU) werden die Daten der Messstation **Unterlaa**, sowie die eines Standardmodells der Gebäudesimulation **TAS** und der Klimadatenbank **Meteonorm** dargestellt. Das Klimamodell für Unterlaa stammt aus dem Jahr 2006.

Vom Gebäudesimulationsprogramm TAS wird ein Standardmodell für Wien verwendet. Bei den Meteonorm Modellen handelt es sich um die Daten für den Standort Wien für eine Zeitperiode 1961-1990 und 1996-2005 sowie zehnjährige Extremwerte aus 1996-2005. Die Gegenüberstellung der Klimamodelle zeigt deren Auswirkungen im räumlichen und zeitlichen Vergleich sowie den Einfluss standardisierter Daten.

3.4.1 Heizwärmebedarf

Zunächst werden die Auswirkungen auf den Heizwärmebedarf der Modelle untersucht (siehe Abbildung 3.15). Am Standort Unterlaa liegt der Heizwärmebedarf im Vergleichszeitraum 2006 höher als bei den Stationen Innere Stadt und TU (siehe Tabelle 3.10). Für das Standardmodell TAS ergibt sich ein sehr hoher Heizwärmebedarf, der nur vom Wert der Hohen Warte 1996 übertroffen wird. Die Ergebnisse für die Klimamodelle aus Meteonorm zeigen niedrigere Werte für den Zeitraum 1961-1990 gegenüber 1996-2005.

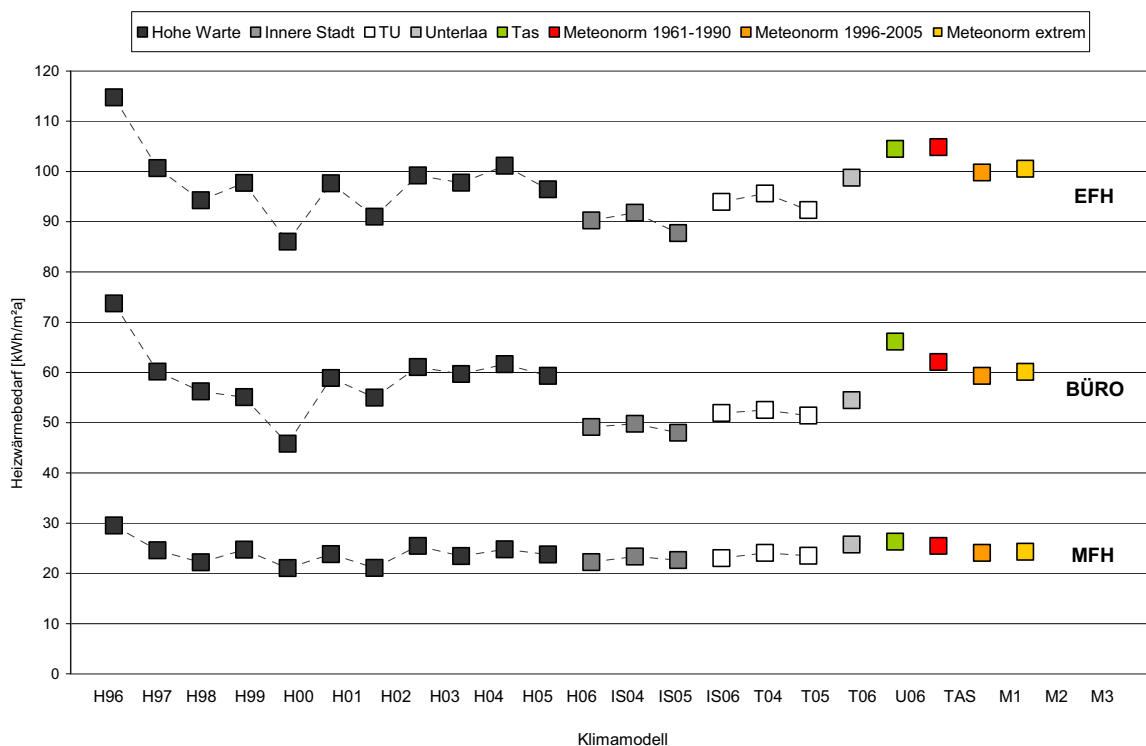


Abbildung 3.15: Gegenüberstellung der Ergebnisse des Heizwärmebedarfes der Klimamodelle

In Abbildung 3.16 ist der Vergleich des Heizwärmebedarfes zwischen dem Mittelwert der Messstation Hohe Warte für den Zeitraum 1996-2006 und den standardisierten Klimamodellen dargestellt.

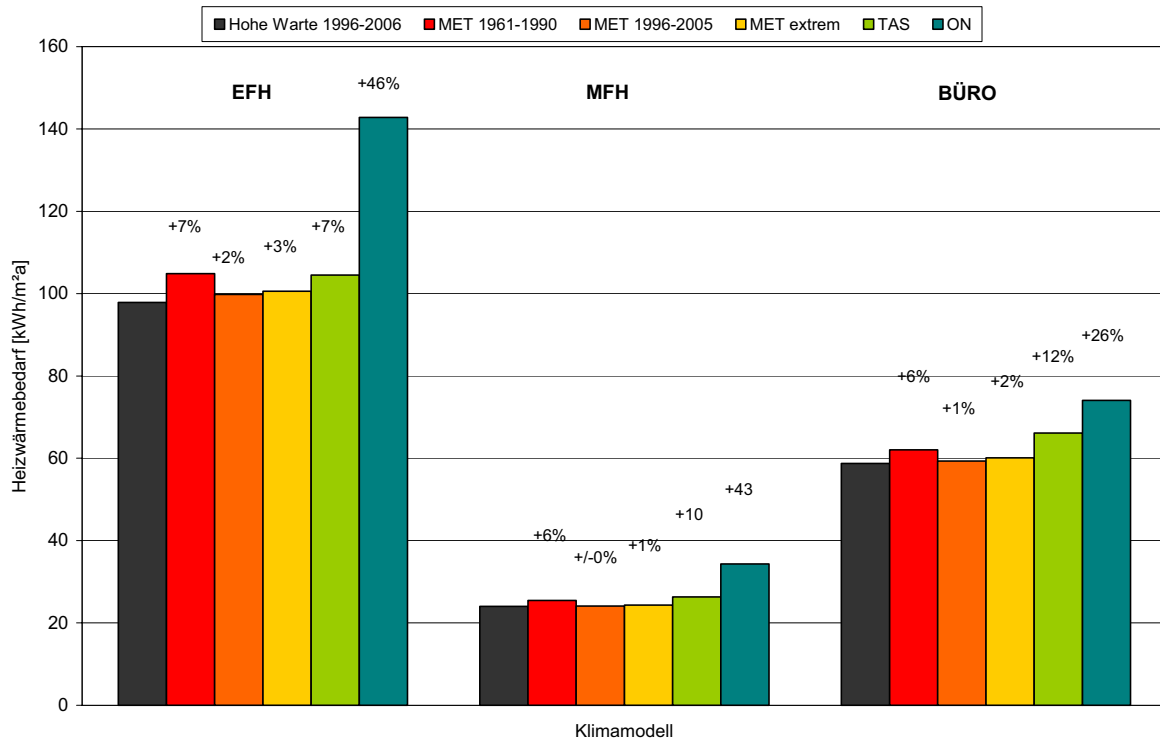


Abbildung 3.16: Abweichung des Heizwärmebedarfes der standardisierten Klimamodelle vom Mittelwert der Messstation Hohe Warte 1996-2006

3.4.2 Kühlbedarf

In Abbildung 3.17 ist der Einfluss der verschiedenen Klimamodelle auf den Kühlbedarf der Gebäudemodelle dargestellt. Am Standort Unterlaa fällt der Kühlbedarf im Vergleichszeitraum 2006 geringer aus als bei den anderen Messstationen. Die Ergebnisse für Meteonorm 1961-1990 sind im Vergleich zu den anderen Klimamodellen sehr niedrig (siehe Tabelle 3.10).

In Abbildung 3.18 ist der Vergleich des Kühlbedarfes zwischen dem Mittelwert der Messstation Hohe Warte für den Zeitraum 1996-2006 und den standardisierten Klimamodellen dargestellt.

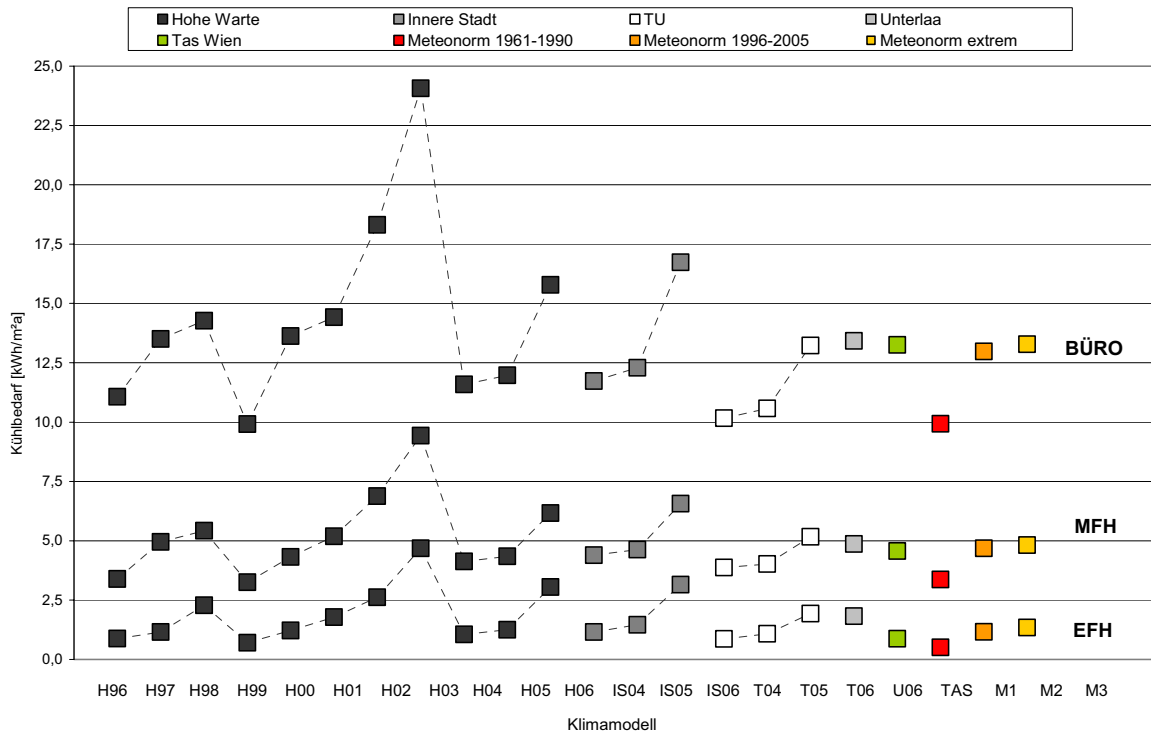


Abbildung 3.17: Gegenüberstellung der Ergebnisse des Kühlbedarfes der Klimamodelle

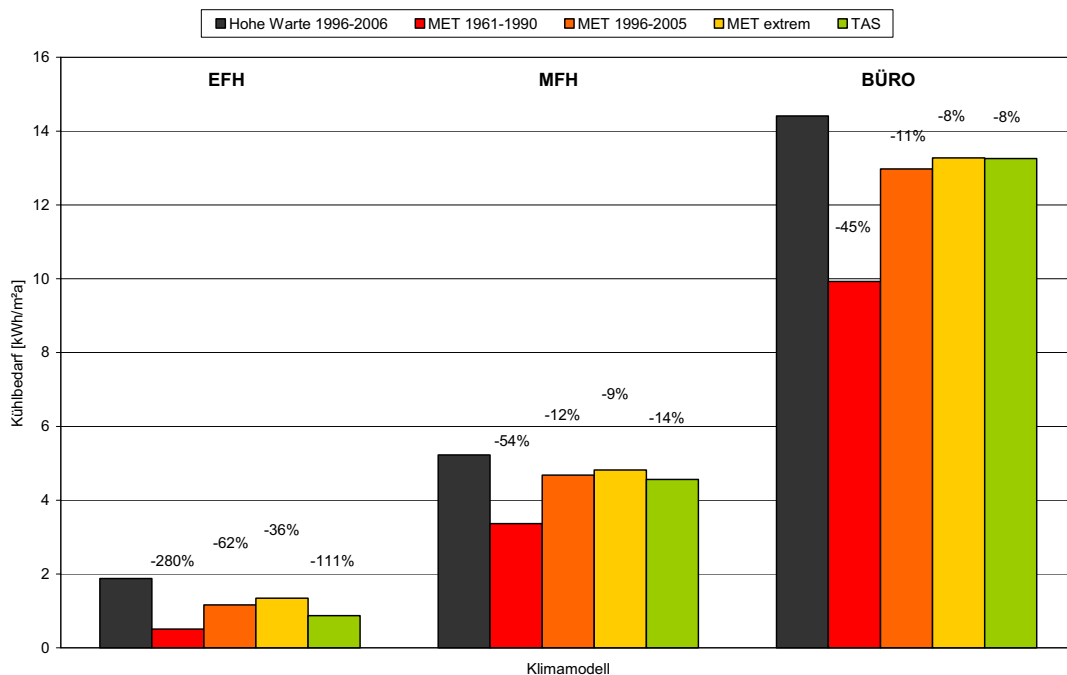


Abbildung 3.18: Abweichung des Kühlbedarfes der standardisierten Klimamodelle vom Mittelwert der Messstation Hohe Warte 1996-2006

Tabelle 3.6: Daten der verschiedenen Klimamodelle

	Außentemperatur-jahresmittel [°C]	Heizgradtage [Kd]	Kühlgradstunden [Kh]	Globalstrahlungs-summe [kWh/m²a]
MET 1961-1990	9,9	3254	253	1104
MET 1996-2005	10,6	3081	427	1125
MET Extrem	10,6	3094	604	1125
TAS 1993	10,2	3140	630	1195
Schwankungs- bereich	7%	6%	149%	8%
Unterlaa 2006	10,7	3002	976	1309

Tabelle 3.7: Ergebnisse des Energiebedarfes der standardisierten Klimamodelle (kWh/m²a)

	EFH		MFH		BÜRO	
	HWB	KB	HWB	KB	HWB	KB
MET 1961-1990	104,8	0,5	25,5	3,4	62,1	9,9
MET 1996-2005	99,8	1,2	24,1	4,7	59,3	13,0
MET Extrem	100,6	1,4	24,3	4,8	60,1	13,3
TAS 1993	104,5	0,9	26,3	4,6	66,1	13,3
Schwankungs- bereich	5%	180%	9%	41%	11%	34%
Unterlaa 2006	98,8	1,8	25,7	4,9	54,5	13,4

3.5 Vergleich nach Methode

Bei der vereinfachten Heizwärmebedarfsberechnung ON wird auf standardisierte Klimadaten zurückgegriffen. Die Auswirkungen auf die Energieperformance werden hier untersucht. Für die ON Berechnung wurde der Standort 1190 Wien gewählt, welcher mit dem Klimamodell Hohe Warte 1997 in TAS vergleichbar ist. Die Heizgradtagzahl entspricht annähernd der bei ON (siehe Tabelle 3.8).

Tabelle 3.8: Klimadaten für den Vergleich nach Methode

	HGT [Kd]	HT [d]	Globalstrahlungssumme d. Heiztage [kWh/m ² a]
TAS - Hohe Warte 1997	3279	206	437
ON – Klimadaten für 1190 Wien	3355	206	364

In den Abbildungen 3.19 bis 3.21 ist der Vergleich zwischen der dynamischen Simulation mit TAS und der vereinfachten Methode ON anhand der verschiedenen Gebäudemodelle dargestellt. Für den Vergleich wurden die expliziten Ausgabedaten der Programme verwendet. Bei TAS werden die Lüftungs- und Transmissionswärmeverluste nicht ausgegeben. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Tabelle 3.9 aufgelistet.

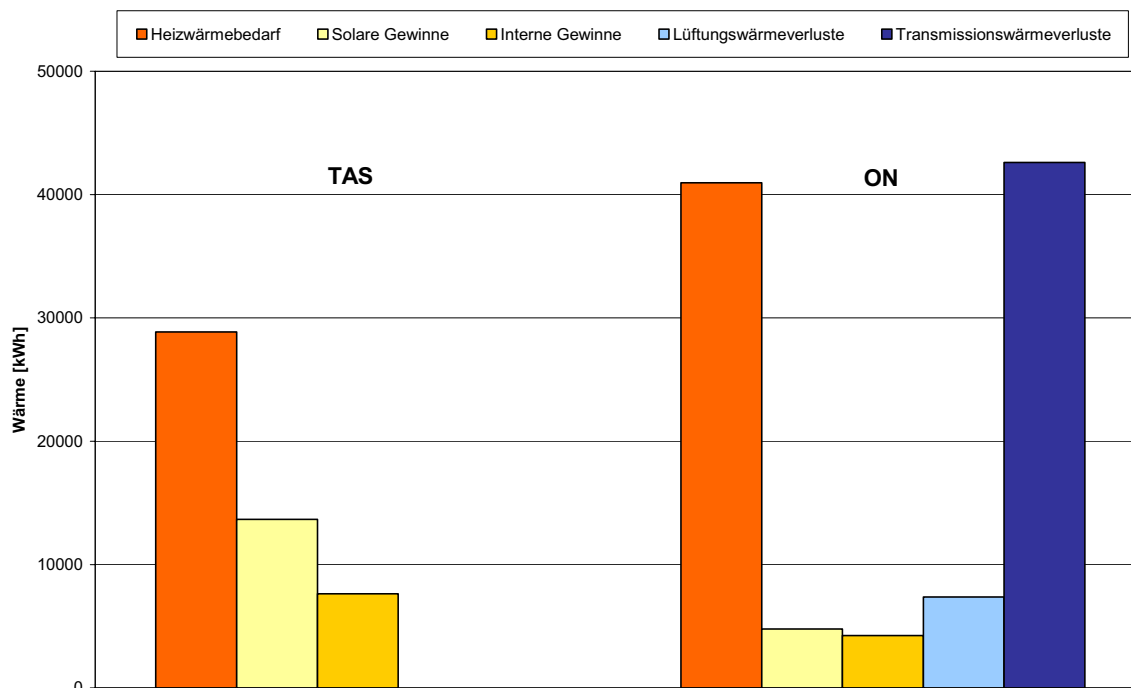


Abbildung 3.19: Vergleich der beiden Methoden TAS und ON am Beispiel EFH

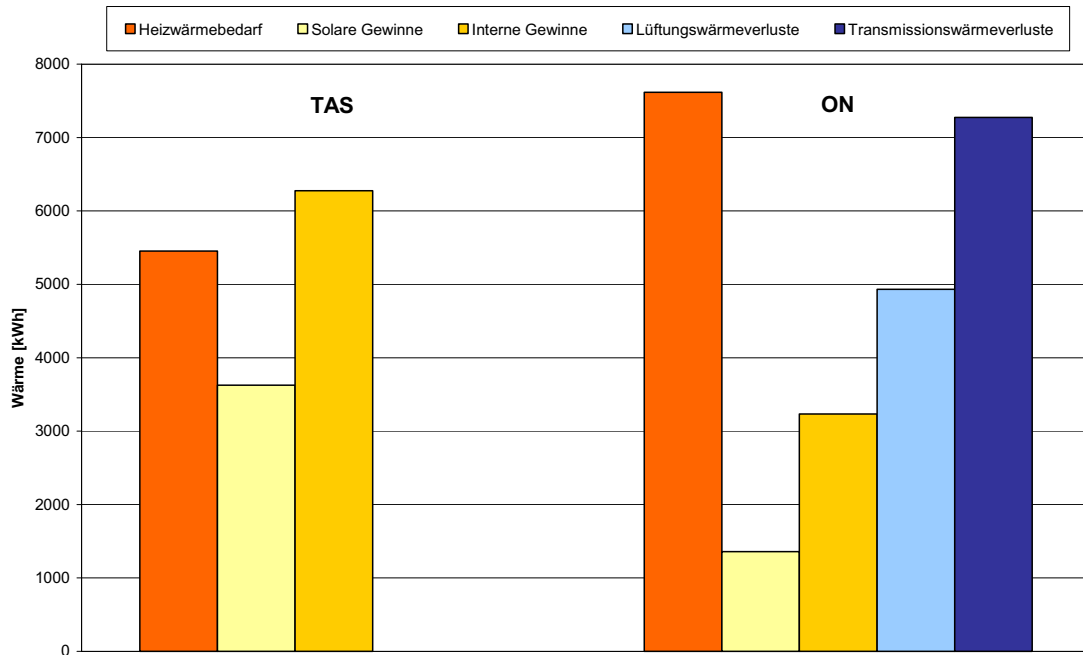


Abbildung 3.20: Vergleich der beiden Methoden TAS und ON am Beispiel MFH

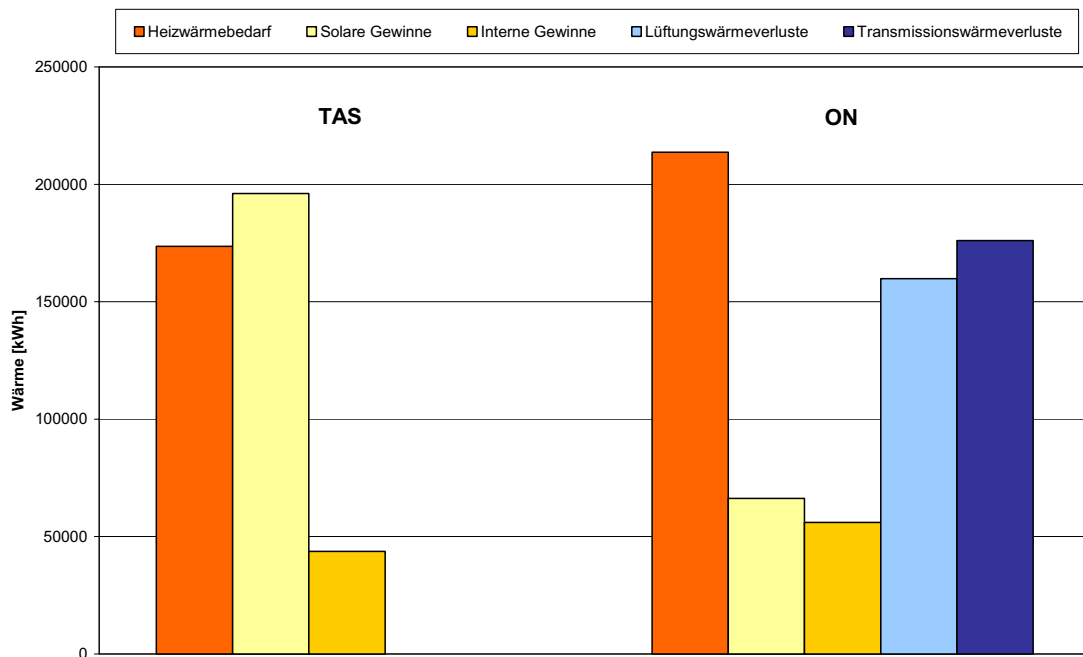


Abbildung 3.21: Vergleich der beiden Methoden TAS und ON am Beispiel BÜRO

Tabelle 3.9: Ergebnisse der Wärmegewinne und –verluste der Methoden ON und TAS (kWh)

	EFH		MFH		BÜRO	
	ON	TAS	ON	TAS	ON	TAS
Heizwärmebedarf	40.952 (142%)	28.859 (100%)	7.615 (140%)	5.454 (100%)	213.691 (123%)	173.621 (100%)
Solare Gewinne	4.780	13.656	1.358	3.624	66.187	196.116
Interne Gewinne	4.252	7.640	3233	6275	55.977	43.640
Transmissionswärmeverluste	42.611	-	7.273	-	176.027	-
Lüftungswärmeverluste	7.374	-	4933	-	159.828	-

Tabelle 3.10: Ergebnisse des Energiebedarfes aller Berechnungen (kWh/m²a)

	EFH		MFH		BÜRO	
	HWB	KB	HWB	KB	HWB	KB
Hohe Warte 1996	114,7	0,9	29,5	3,4	73,7	11,1
Hohe Warte 1997	100,7	1,2	24,6	4,9	60,2	13,5
Hohe Warte 1998	94,3	2,3	22,2	5,4	56,2	14,3
Hohe Warte 1999	97,7	0,7	24,7	3,3	55,1	9,9
Hohe Warte 2000	86,0	1,2	21,1	4,3	45,8	13,6
Hohe Warte 2001	97,7	1,8	23,9	5,2	58,9	14,4
Hohe Warte 2002	91,0	2,6	21,1	6,9	55,0	18,3
Hohe Warte 2003	99,2	4,7	25,5	9,4	61,1	24,1
Hohe Warte 2004	97,8	1,1	23,4	4,1	59,7	11,6
Hohe Warte 2005	101,1	1,3	24,8	4,4	61,6	12,0
Hohe Warte 2006	96,4	3,1	23,7	6,2	59,3	15,8
Innere Stadt 2004	90,2	1,1	22,2	11,7	49,1	4,4
Innere Stadt 2005	91,8	1,5	23,4	12,3	49,8	4
Innere Stadt 2006	87,7	3,2	22,6	16,7	48,0	6,6
TU 2004	94,0	0,9	51,9	10,2	23,0	3,9
TU 2005	95,6	1,1	52,5	10,6	24,1	4,0
TU 2006	92,3	1,9	51,4	13,2	23,5	5,2
Unterlaa 2006	98,8	1,8	25,7	4,9	54,5	13,4
MET 1961-1990	104,8	0,5	25,5	3,4	62,1	9,9
MET 1996-2005	99,8	1,2	24,1	4,7	59,3	13,0
MET Extrem	100,6	1,4	24,3	4,8	60,1	13,3
Tas 1993	104,5	0,9	26,3	4,6	66,1	13,3
ON	142,8	-	34,3	-	74,03	-

4. Diskussion

4.1 Heizgradtage

Für die Berechnung des Heizwärmebedarfes bedient man sich des Indikators der Heizgradtage. Dieser wird von der Außentemperatur eines Standortes abgeleitet (siehe Abschnitt 2.2.3). Der langjährige Verlauf der Heizgradtage ist tendenziell gegengleich zu dem des Außentemperaturjahresmittels (siehe Abbildung 3.1). Stellenweise lassen sich allerdings Abweichungen von dieser Tendenz feststellen. Dies kann damit zusammenhängen, dass in zwei aufeinander folgenden Jahren mit ähnlichen Heizperioden und unterschiedlichen Sommertemperaturen das Außentemperaturjahresmittel im Vergleich zu den Heizgradtagen variiert. Das passende Referenztemperaturmittel sollte sich daher auf die Heiztage beziehen.

Der Zusammenhang der Heizgradtage und des Heizwärmebedarfes wird an dieser Stelle näher untersucht. In den Abbildungen 3.2 - 3.4 sind die Ergebnisse des Heizwärmebedarfes dargestellt. Betrachtet man den Verlauf des Heizwärmebedarfes und der Heizgradtage so lassen sich Ähnlichkeiten erkennen. Nimmt die Heizgradtagzahl ab so sinkt auch der Heizwärmebedarf. Allerdings sind auch einzelne Abweichungen festzustellen. Dies ist zum Beispiel beim Modell EFH von 1998 auf 1999 der Fall, wo die Heizgradtage annähernd unverändert bleiben, der Heizwärmebedarf hingegen signifikant ansteigt. Der Schwankungsbereich der Heizgradtage für den Standort Hohe Warte beträgt 35% (gemäß Tabelle 3.2). Im Vergleich dazu schwanken die Ergebnisse des Heizwärmebedarfes für die untersuchten Gebäudemodelle zwischen 33 und 61% (siehe Tabelle 3.1). Für die gleiche Schwankungsbreite der Heizgradtage ergeben sich demnach unterschiedliche Schwankungen des Heizwärmebedarfes bei den Gebäudemodellen.

In den Untersuchungen des Zusammenhanges der beiden Größen mittels der Regressionsanalyse (siehe Abbildung 3.7) ergibt sich je nach Gebäudemodell eine Bestimmtheit von 0,81 bis 0,91. Für die Darstellung wurde die relative Abweichung der Ergebnisse zum Referenzjahr 2000 (mit dem geringsten Heizwärmebedarf - siehe Tabelle 3.1) angegeben. Daher lassen sich die Werte in Form der Abweichung zu diesem Referenzjahr ablesen.

In weiterer Folge könnte man für den entsprechenden Gebäudetyp anhand der Abweichung der Heizgradtage den entsprechenden Heizwärmebedarf ermitteln. Dies sollte allerdings unter Berücksichtigung der Toleranzen geschehen. In Abbildung 3.8 finden sich dazu die Abweichungen des Heizwärmebedarfes von der Prognose über die Heizgradtage. Die Abweichungen von der Regressionsgeraden (Null Prozent Linie) für die Wohngebäude betragen für EFH: +/-4% und für MFH: +/-8%. Für das Bürogebäude ergibt sich eine höhere Abweichung von ca. +/-10%. Bei einem Anstieg der Heizgradtage um 20% bei BÜRO würde sich somit eine Erhöhung des Heizwärmebedarfes um ca. 37% mit einer Toleranz von +/- 10% ableiten lassen.

Die Steigung der Regressionsgeraden gibt an wie stark der Einfluss der Heizgradtage auf die Änderung des Heizwärmebedarfes ist. Die größte Steigung weist das Modell BÜRO auf. Dies lässt sich bereits an der Schwankungsbreite der Ergebnisse des Heizwärmebedarfes (61%) erkennen. Die Verwendung der Regressionstrends zur Ableitung des Heizwärmebedarfes wäre aufgrund der hohen Bestimmtheit eine gute Möglichkeit langwierige Simulationen zu umgehen. Mit der Simulation eines Jahres könnten die folgenden Jahre über die Heizgradtage ermittelt werden. Durch Interpolation könnte man eine gemeinsame Regressionsgerade für den Wohnbau (EFH und MFH) erstellen. Für die Verwendung dieser Diagramme als Planungsinstrument wäre allerdings eine umfassende Studie einer großen Zahl an Gebäudemodellen notwendig.

Im dreijährigen Vergleich ergeben sich gemäß Tabelle 3.3 Schwankungen von 2-6% je nach Standort. Die größte relative Schwankungsbreite weist das Modell BÜRO mit 6% an der Hohen Warte auf. Eine interessante Beobachtung ist in Bezug auf den Standort TU zu machen. Bei den Modellen MFH und EFH liegen die Ergebnisse in etwa zwischen denen der Hohen Warte und der Inneren Stadt. Beim Modell BÜRO hingegen fallen die Ergebnisse deutlich niedriger aus (siehe Abbildung 3.13). Dies

könnte damit zusammenhängen, dass die Globalstrahlungswerte der TU im Vergleich zu den anderen Messstationen niedriger sind obwohl das Außentemperaturjahresmittel relativ hoch liegt (Tabelle 3.5). Die beiden Standorte Hohe Warte und Unterlaa repräsentieren die klimatischen Bedingungen an der Peripherie von Wien. Der Heizwärmebedarf für den Standort Unterlaa für das Jahr 2006 liegt bei den Modellen EFH und MFH über der Hohen Warte, bei BÜRO hingegen liegt dieser darunter (siehe Abbildung 3.15). Es fällt auf, dass Unterlaa eine höhere Globalstrahlungssumme bei geringerem Außentemperaturjahresmittel als die Hohe Warte aufweist (siehe Tabelle 3.6).

4.2 Kühlgradstunden

Die Kühlgradstunden werden von der Außenlufttemperatur anhand der Kühlgrenze abgeleitet (siehe Kapitel 2.2.3). Der Einfluss dieses Indikators auf den Kühlbedarf wird an dieser Stelle untersucht.

Im Vergleich zum Verlauf des Außentemperaturjahresmittels lassen sich nur vereinzelt Tendenzen der Kühlgradstunden dahingehend erkennen (siehe Abbildung 3.1). In den Abbildungen 3.2 - 3.4 sind die Ergebnisse der langjährigen Beobachtungsreihe Hohe Warte dargestellt. Die Kühlgradstunden weisen eine Schwankungsbreite von 555% auf (siehe Tabelle 3.2). Im Vergleich zu den anderen Klimaelementen fällt diese sehr hoch aus. Bei den verschiedenen Gebäudemodellen lassen sich Ähnlichkeiten beim Verlauf des Kühlbedarfs zu den Kühlgradstunden erkennen. Der Schwankungsbereich des Kühlbedarfs der Modelle beträgt zwischen 66 und 566% (siehe Tabelle 3.1). Der Zusammenhang zwischen den Kühlgradstunden und dem Kühlbedarf ist in der Regressionsanalyse in Abbildung 3.9 dargestellt. Ausgehend von einem Referenzjahr (mit dem geringsten Kühlbedarf – siehe Tabelle 3.2) sind die weiteren Ergebnisse in relativer Abweichung ablesbar. Somit lässt sich für jedes gewünschte Jahr anhand der Abweichung der Kühlgradstunden der Kühlbedarf ermitteln. Die Abweichungen von dieser Prognose sind in Abbildung 3.10 dargestellt. Abgesehen von einzelnen starken Abweichungen des Modells EFH (+90%/-200%) bewegen sich die Ergebnisse im Bereich von ca. +/-50%.

Bei einem Anstieg der Kühlgradstunden um 200% ergibt sich somit für das Modell BÜRO eine Änderung des Kühlbedarfs von ca. 70% gegenüber dem Referenzjahr mit einer Toleranz von +/-50%. Eine Prognose des Kühlbedarfes ist daher aufgrund der hohen Ungenauigkeit nur bedingt möglich.

Der dreijährige Vergleich in Bezug auf den Kühlbedarf ist in Abbildung 3.14 dargestellt. Betrachtet man im Vergleich die Steigung der Kühlgradstunden (siehe Abbildung A.2) so lässt sich eine ähnliche Entwicklung erkennen. Die Schwankungsbreite des Kühlbedarfes liegt zwischen 29 und 191% (siehe Tabelle 3.4). Von 2005 auf 2006 ist zudem eine signifikante Zunahme des Außentemperaturjahresmittels zu erkennen (siehe Tabelle 3.5). Die Steigung des Kühlbedarfs für den Standort TU ist allerdings etwas geringer als die der anderen Modelle. Weiters lässt sich feststellen, dass beim Modell BÜRO die Ergebnisse für den Kühlbedarf am Standort TU weit hinter denen der anderen Gebäudemodelle liegen, obwohl der Wert der Kühlgradstunden vergleichsweise hoch ist.

In der Gegenüberstellung aller Klimamodelle fällt auf, dass beim Gebäudemodell BÜRO die Schwankungen wesentlich höher sind als bei den anderen Modellen (siehe Abbildung 3.17). Das Modell Meteor Norm 1961-1990 zeigt bei EFH, MFH sowie BÜRO sehr niedrige Werte für den Kühlbedarf. Die weiteren Meteor Norm Modelle und das Tas Modell liefern Ergebnisse des Kühlbedarfes von -8 bis -62% unter dem Mittelwert der Hohen Warte 1996-2006 (Abbildung 3.18).

4.3 Globalstrahlung

Die Globalstrahlung hat in Hinblick auf die solaren Gewinne einen Einfluss auf die Energieperformance eines Gebäudes.

Die Verteilung der Globalstrahlungssummen innerhalb eines Jahres am Beispiel Hohe Warte ist in Tabelle 4.1 dargestellt. Während der Heitztage werden durchschnittlich 28% der jährlichen Globalstrahlungssumme verzeichnet. In Abbildung 3.1 ist der Verlauf der jährlichen Globalstrahlungssummen am Standort Hohe Warte dargestellt. Die Schwankungsbreite für die Beobachtungsreihe von 1996 bis 2006 beträgt 19% (siehe Tabelle 3.2).

Der Zusammenhang der Globalstrahlung und des Kühlbedarfes ist in Abbildung 3.11 in einer Regressionsanalyse untersucht. Die relativen Abweichungen der Werte beziehen sich auf das Referenzjahr 1999, mit dem geringsten Kühlbedarf. Da die niedrigste Globalstrahlungssumme allerdings im Jahr 2004 verzeichnet wurde verläuft die Regressionsgerade nicht durch den Schnittpunkt der 0% Linien.

Die Steigung der Regressionsgeraden des Modells EFH ist am größten, was eine höhere relative Zunahme des Kühlbedarfes bei steigender Globalstrahlungssumme bedeutet. Das Maß der Bestimmtheit nimmt vom BÜRO (0,66) über MFH hin zu EFH ab (siehe Abbildung 3.11). Der Verglasungsanteil des Modells BÜRO ist im Vergleich zu den anderen Gebäudemodellen mit 55% der beheizten Nettogrundfläche am höchsten (siehe Abschnitt 2.3.3).

Die Abweichungen von der Prognose des Kühlbedarfes über die Globalstrahlung sind in Abbildung 3.12 dargestellt. Für das Modell EFH ergeben sich Abweichungen über +/-150%. Die anderen beiden Modelle schwanken zwischen +/-50%.

Der Verlauf des Kühlbedarfes im dreijährigen Vergleich zeigt beim Modell BÜRO einen signifikanten Unterschied der Ergebnisse für den Standort TU zu den anderen Standorten (siehe Abbildung 3.14).

Die Globalstrahlungssumme der Messstation TU liegt 2006 weit unter der der anderen Standorte wo hingegen die Kühlgradstunden relativ hoch liegen (siehe Tabelle 3.5).

Tabelle 4.1: Globalstrahlungssummen an der Hohen Warte (kWh/m²a)

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Mittel
Globalstrahlungssumme jährlich	1136	1240	1201	1187	1257	1174	1241	1350	1130	1161	1224	1209 (100%)
Globalstrahlungssumme d. Heitztage	344	437	347	295	296	306	340	353	308	372	306	337 (28%)
Differenz	792	803	854	892	961	868	901	997	822	789	918	872 (72%)

4.4 Standard Klimadaten

Bei der **vereinfachten Heizwärmebedarfsberechnung** ON ergeben sich für die untersuchten Modelle signifikante Abweichungen. Diese liegen im Bereich von +23 bis +43% (siehe Tabelle 3.9).

Die Ergebnisse für die solaren und die internen Gewinne fallen bei TAS höher aus (siehe Abbildungen 3.19 - 3.21). Dies liegt unter anderem daran, dass diese Werte in TAS für das gesamte Jahr berechnet werden. Für die Berechnung des Heizwärmebedarfes werden nur die die Heizperiode betreffenden Gewinne berücksichtigt. Mit einer Korrektur ließen sich die Größen auf ein vergleichbares Maß bringen. Der Berechnungszeitraum bei TAS müsste lediglich auf die Heiztage verkürzt werden. Bei den solaren Gewinnen könnte man für eine grobe Annäherung an das Ergebnis aus ON die Globalstrahlungssummen der Heiztage zur Berechnung heranziehen (siehe Tabelle 4.1).

Bei der ON Methode dient der vereinfachten Berechnung der Energiekennzahlen. So wird beispielsweise zur Berechnung der Lüftungswärmeverluste (Q_v) das belüftete Volumen (V_N) über 3/4 des beheizten Bruttovolumens ermittelt (siehe Gleichung 2.7 u. 2.3). Es ergeben sich Abweichungen vom tatsächlichen Volumen von -18 bis +5% (siehe Tabelle 4.1). Bei TAS werden die Lüftungswärmeverluste gemäß Gleichung 2.2 stündlich ermittelt.

Für die Berechnung der internen Gewinne (Q_i) wird bei ON die beheizte Bruttogeschoßfläche (siehe Gleichung 2.5) verwendet. Bei TAS hingegen wird über die Nettogeschoßfläche gerechnet (siehe Gleichung 2.4) und die Wärmestromdichte gemäß Norm (Önorm, 2007) angesetzt ($q_i=3,75 \text{ W/m}^2$). Es ergeben sich Abweichungen zwischen den Werten von bis zu -15% (siehe Tabelle 4.2).

Die solaren Gewinne werden bei ON anhand der Orientierung (j) der Glasflächen (A_g) berechnet (siehe Gleichung 2.6). In den ON Klimadaten befinden sich Standardwerte der Bestrahlungsstärke je nach Orientierung der Fläche. Diese können aus der Önorm B8110-5 (Önorm, 2007) für Standorte in Österreich abgeleitet werden.

Bei TAS werden die solaren Gewinne mit den aus der Wetterdatei entnommenen Strahlungswerten berechnet. Transmittierte Strahlung wird über Informationen des Sonnenstandes und der Himmelsstrahlung ermittelt und der Temperatur der Bauteiloberflächen zugewiesen.

In Tabelle 3.7 sind die Werte des Vergleichs der Methoden angeführt. Die Heizgradtagzahl der Klimadaten der ON Methode übersteigen jene aus TAS um 76 Kd. Das entspricht zusätzlichen 4 Heiztagen bei einer mittleren Außentemperatur von +1°C oder +0,37 K pro Heiztag.

Tabelle 4.2: Abweichungen bei der ON Methode aufgrund vereinfachter Annahmen

	Methode		EFH		MFH		BÜRO	
			Wert	Abw.	Wert	Abw.	Wert	Abw.
Interne Gewinne (Q_i)	ON	BGFB x 3,00*	860 W	-1,4%	666 W	-7,6%	8.660 W	-15,0%
	TAS	NGFB x 3,75*	872 W		716 W		9.959 W	
Lüftungswärmeverluste (Q_v)	ON	$V_B \times 0,75$	732 m ³	5,2%	464 m ³	-2,9%	7.519 m ³	-18,3%
	TAS	V_N	694 m ³		478 m ³		8.897 m ³	

*Wert der Wärmestromdichte q_i (siehe Abschnitt 2.3.4)

Die Ergebnisse der dynamischen Gebäudesimulation mit den **standardisierten Klimadaten** aus Meteororm sind in den Abbildungen 3.15 bis 3.18 dargestellt. Beim Heizwärmebedarf ergeben sich für die Modelle Meteororm 1961-1990 und Tas erhöhte Werte von bis zu +7% gegenüber den Mittelwerten der Messstationen (siehe Tabelle 4.3). Die Meteororm Modelle 1996-2005 und 10 jährige Extremwerte fallen dagegen mit max. +3% nur etwas höher aus.

Beim Kühlbedarf weist Meteororm 1961-1990 mit max. -280% die niedrigsten Werte auf. Für Meteororm 1996-2005 und TAS-Wien ergeben sich relativ niedrige Werte von max. -62%.

Tabelle 4.3: Vergleich der Standardklimamodelle und der Mittelwerte der Messstationen [kWh/m²a]

		Standardklima					Messstationen (Mittelwerte)		
		ON	MET 1961-1990	MET 1996-2005	MET extrem	TAS Wien	Hohe Warte 1996-2006	Innere Stadt 2004-2006	TU 2004-2006
EFH	HWB	142,8	104,8	99,8	100,6	104,5	97,9	89,9	94,0
	KB	-	0,5	1,2	1,4	0,9	1,9	1,9	1,3
MFH	HWB	34,3	25,5	24,1	24,3	26,3	24,0	22,8	23,6
	KB	-	3,4	4,7	4,8	4,6	5,2	5,2	4,4
BÜRO	HWB	74,0	62,1	59,3	60,1	66,1	58,8	49,0	52,0
	KB	-	9,9	13,0	13,3	13,3	14,2	13,6	11,3

Sämtliche Ergebnisse der Energiebedarfsberechnung sowie die Klimadaten befinden sich im Anhang.

5. Schlussfolgerung

5.1 Ergebnis der Studie

Vorab sei darauf hingewiesen, dass alle getroffenen Aussagen im Kontext dieser Studie zu sehen sind.

Der zeitliche Vergleich hat signifikante Schwankungsbreiten des Energiebedarfes aufgrund klimatischer und typologischer Faktoren ergeben. Diese betragen für den Heizwärmebedarf max. 61% und für den Kühlbedarf max. 566%.

Im räumlichen Vergleich zeigen sich Schwankungen des Energiebedarfes zwischen zentralen und peripheren Standorten. Beim Heizwärmebedarf liegen diese in der Höhe von max. 24% und beim Kühlbedarf bei max. 68%.

Der Vergleich standardisierter Daten hat für den Referenzzeitraum 1961-1990 einen höheren Heizwärmebedarf und einen geringeren Kühlbedarf gegenüber den Daten des Zeitraumes 1996-2005 ergeben. Die Ergebnisse letzterer Daten liegen im Vergleich zu den Mittelwerten der Messstationen beim Heizwärmebedarf nur leicht darüber und beim Kühlbedarf nur leicht darunter. Damit führen die aktuellen standardisierten Daten im Gegensatz zu älteren bei der dynamischen Gebäudesimulation zu einem vergleichbaren Ergebnis. Für eine in die Zukunft gerichtete Planung wäre allerdings aufgrund des Klimawandels zu überlegen ob die Ergebnisse für den Kühlbedarf angemessen sind.

Beim Vergleich nach Methode ergeben sich für das standardisierte Verfahren überhöhte Ergebnisse des Heizwärmebedarfes gegenüber der dynamischen Simulation. Diese kommen aufgrund der vereinfachten Berechnung zustande. Gewisse Ungenauigkeiten in der Berechnung ließen sich durch die Eingabe zusätzlicher Parameter wie des Nettovolumens und der Nettogeschoßfläche vermeiden.

Bei der Untersuchung des Zusammenhanges des Heizwärmebedarfes und der Heizgradtage hat sich ein hohes Maß an Bestimmtheit ergeben. Die Abweichungen des Heizwärmebedarfes von den Regressionstrends sind relativ gering. Somit liefert die Prognose aufgrund der Heizgradtage unter Berücksichtigung der Abweichungen ein aussagekräftiges Ergebnis.

Die Untersuchung des Zusammenhanges des Kühlbedarfes und der Kühlgradstunden hat ein zufrieden stellendes Ergebnis gebracht. Die Prognose des Kühlbedarfes anhand der Kühlgradstunden ist wegen der hohen Abweichungen nur bedingt möglich, da die daraus resultierenden Toleranzen keine genaue Aussage zulassen.

Eine Prognose anhand der Globalstrahlung hat sich ebenfalls als wenig aussagekräftig erwiesen. Die Analyse des Zusammenhanges zwischen Globalstrahlung und Kühlgradstunden hat große Abweichungen von den Regressionstrends aufgezeigt. Die Toleranzen sind daher zu groß um eine genaue Aussage treffen zu können.

5.2 Künftige Forschung

Die bereits angesprochenen Diagramme zur Ableitung des jährlichen Heizwärmebedarfs über die Änderung der Heizgradtage sind eine nützliche Planungshilfe. Sie ersparen in der Gebäudesimulation wertvolle Zeit wenn man anhand eines Ergebnisses der Energiebedarfsberechnung lange Beobachtungsreihen ermitteln kann.

In einer speziellen Studie müsste diese Methodik weiter präzisiert werden. Dafür ist es notwendig eine umfassendere Anzahl an Gebäudemodellen zu untersuchen. Darüber hinaus könnte diese Untersuchung weitere Gebäudetypologien wie Schulen, Krankenhäuser, Hotels und dergleichen umfassen.

Der Zusammenhang zwischen dem Kühlbedarf und dessen Indikator den Kühlgradstunden hat zufrieden stellende Ergebnisse gebracht. Dennoch ist eine genaue Prognose des Kühlbedarfes über die Änderung der Kühlgradstunden wegen des großen Toleranzbereiches nicht sehr aussagekräftig. Die Entwicklung eines aussagekräftigeren Indikators würde bessere Möglichkeiten für die Kühlbedarfsprognose ergeben.

Die vorliegende Studie beschränkt sich auf gegenwärtige klimatische Entwicklungen und beinhaltet zudem einen Vergleich zu älteren Daten. Als Fortführung könnte ein Ausblick auf künftige klimatische Entwicklungen gegeben und deren Auswirkungen auf die Planung behandelt werden.

6.Quellenverzeichnis

- Baumüller, J., Hoffmann, U., Reuter, U., 2007: Städtebauliche Klimafibel online; Wirtschaftsministerium Baden Württemberg, Amt für Umweltschutz Stuttgart; www.staedtebauliche-klimafibel.de.
- Brandl, F., 1998: Wohnhausanlage Goldschlagstraße; Arch. Dipl.Ing. Freya Brandl, Wien; www.freya-brandl.at.
- Demacsek, C., 1999: Leitfaden für die Berechnung von Energiekennzahlen; OIB-382-010/99; Österreichisches Institut für Bautechnik; www.oib.or.at.
- Edsl, 2007a: A-Tas Version 8.5; Environmental Design Solutions Limited Großbritannien; www.edsl.net.
- Edsl, 2007b: Handbuch zu A-Tas; Theory.htm; persönliche Zusendung von Geraint Minton.
- Edsl, 2008: Cibse Guide A Environmental Design Calculations; Environmental Design Solutions Limited Großbritannien; www.edsl.net.
- Faninger, 2006: Energieprognose für Österreich 1970-2050; Zeitschrift Erneuerbare Energie 3/07; Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energien Gleisdorf.
- Google, 2007: Google Earth 4.2; Google Kalifornien; <http://earth.google.com>.
- Google, 2008: Digital Globe; Google Kalifornien; www.google.com/about.html.
- Holzer, P., Hammer, R., 2007: Gebäude 2050: Kühlen statt Heizen; Projektpräsentation; Donauuniversität Krems, Department für Bauen und Umwelt.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001: Climate Change 2001- the scientific basis, Cambridge.
- Krischker S., 2007: Einfluss von Wetterdaten auf die Überschreitungshäufigkeit sommerlicher Grenztemperaturen - Simulation im Vergleich zum vereinfachten Verfahren nach DIN 4108-2; Bachelorarbeit; Bauhaus-Universität Weimar.
- Lauer, W., Bendix, J., 2004: Das geographische Seminar – Klimatologie; 2.neu bearbeitete Auflage; Westermann Schulbuch Verlag GmbH, Braunschweig.
- Loibl, W., Beck, A., Dorninger, M., 2007: Reclip:more - Research for Climate Protection Model Run Evaluation; Final Report; Austrian Research Centers system research.
- Lutz, P., Jenisch, R., Klopfer, H., Freymuth, H., Petzold, K., 2002: Lehrbuch der Bauphysik; 5.Auflage; B.G. Teubner Stuttgart – Leipzig – Wiesbaden; ISBN 3.519-45014-3.
- Mader, S., 2005: Energieflussbild Österreich 2005; Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Wien; [http://www.energyagency.at/\(de\)/enz/efluss.htm](http://www.energyagency.at/(de)/enz/efluss.htm).
- Meteotest, Remund, J., Kunz, S., Schilter, C., 2007a: Meteoronorm Version 6.0 handbook; Meteotest Bern; www.meteotest.ch.

- Meteotest, 2007b: Meteonorm Version 6.0; Meteotest Bern.
- Meteoedia AG, 2008: Messnetz Deutschland; Meteoedia AG, Gais; www.Meteoedia.ch.
- Müller, E., 2001: Development of a test reference year on a limited database for simulations on passive heating and cooling in Chile; Conference Proceedings; IBPSA 2001 Rio de Janeiro.
- Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, 2005: Wetterkatastrophen und Klimawandel; pg-Verlag München; ISBN 3-937624-80-5.
- National Instruments, 2003: LabView 7.0; National Instruments Corporation, Austin.
- OIB, 2002: Programm zur Berechnung der Energikennzahlen; Österreichische Institut für Bautechnik, Wien; www.oib.or.at.
- Önorm, 2007: Önorm B8110-Teil5:Wärmeschutz im Hochbau, Klimamodell und Nutzungsprofile; ON Österreichisches Normungsinstitut, Wien; www.oenorm.at.
- Önorm, 2003: Önorm EN 12831: Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast; ON Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- Ovcina, E., 2007: Bauvorhaben SZA; Architekt Diplomingenieur Rudolf Rollwagen, Wien; www.rollwagen.at.
- Schönwiese, C.D., 1996: Der anthropogene Treibhauseffekt in Konkurrenz zu natürlichen Klimaänderungen; Geowissenschaften 13-5/6; Ernst und Sohn Berlin.
- Sommer, K., Yavuzturk, C., 2001: Heizlastberechnung in Nordamerika, England, Deutschland und zukünftig in Europa; Veröffentlichung: Fachhochschule Köln; www.fh-koeln.de.
- Szokolay, S., 2004: Introduction to architectural science; Architectural Press Oxford; ISBN 0-7506-5849-5.
- VDI, 2001: VDI 6020: Anforderungen an Rechenverfahren zur Gebäude- und Anlagensimulation; Verein Deutscher Ingenieure, Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung, Düsseldorf; www.vdi.de.
- Williamson, T.J., Erell, E., 2001: Thermal performance simulation and the urban micro climate: measurements and prediction; Conference Proceedings; IBPSA 2001 Rio de Janeiro.
- ZAMG, 2008: Jahrbuch; Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien; www.zamg.ac.at.

Abbildungsverzeichnis

Abb.1.1: Fanningner, G., 2006: Energieprognose für Österreich 1970-2050; Zeitschrift Erneuerbare Energie 3/07; Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energien Gleisdorf.

Abb.1.2: Krischker S., 2007: Einfluss von Wetterdaten auf die Überschreitungshäufigkeit sommerlicher Grenztemperaturen - Simulation im Vergleich zum vereinfachten Verfahren nach DIN 4108-2; Bachelorarbeit; Bauhaus-Universität Weimar.

Abb. 1.3: Baumüller, J., Hoffmann, U., Reuter, U., 2007: Städtebauliche Klimafibel online; Wirtschaftsministerium Baden Württemberg, Amt für Umweltschutz Stuttgart; www.staedtebauliche-klimafibel.de.

Abb. 1.4: Münchner Rückversicherungs-Gesellschaft, 2005: Wetterkatastrophen und Klimawandel; pg-Verlag München; ISBN 3-937624-80-5.

Abb. 2.1: Meteotest, Remund, J., Kunz, S., Schilter, C., 2007a: Meteororm Version 6.0 handbook; Meteotest Bern; www.meteotest.ch.

Abb. 2.2: Google, 2007: Google Earth 4.2; Google Kalifornien; <http://earth.google.com>.

Abb. 2.3: Meteomedia AG, 2008: Messnetz Deutschland; Meteomedia AG; www.Meteomedia.ch.

Abb. 2.4: Google, 2008: Digital Globe; Google Kalifornien; www.google.com/about.html.

Abb. 2.13, C.06, C.07: Ovcina, E. 2007: Bauvorhaben SZA; Architekt Diplomingenieur Rudolf Rollwagen, Wien; www.rollwagen.at.

Abb. C.04, C.05: Brandl, F., 1998: Wohnhausanlage Goldschlagstraße; Arch. Dipl.Ing Freya Brandl, Wien; www.freya-brandl.at.

Weiterführende Informationen

IBPSA International Building Performance Simulation Association

www.ibpsa.org

www.ibpsa-germany.org

Anhänge

A.Klimadaten

Tabelle A.01 Klimadaten Teil1

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Mittel	Schwankg.
Hohe Warte													
Außentemperaturjahresmittel [°C]	8,98	10,17	10,85	10,78	11,80	10,68	11,42	11,15	10,57	10,38	10,87	10,70	31,40%
Globalstrahlungssumme [kWh]	1135,85	1240,27	1200,90	1187,22	1256,95	1173,52	1240,73	1349,81	1130,32	1160,93	1223,83	1209,1	19,42%
Globalstrahlungssumme d. Heiztage [kWh]	344,0	437,0	347,0	295,0	296,0	306,0	340,0	353,0	308,0	372,0	306,0	336,7	48,14%
HGT 12/20 [Kd]	3581	3279	2929	2940	2650	2975	2903	3150	2960	3181	2952	3045	35,13%
HT [d]	205	206	187	182	177	183	196	187	183	197	175	189	17,7%
KGH 26 [Kd]	256,4	274,8	911,6	364,4	1055,5	782,6	797,3	1680,4	446,1	617,6	1065,0	750	555,4%
Innere Stadt													
Außentemperaturjahresmittel [°C]								11,61	11,47	11,47	12,01	11,7	4,71%
Globalstrahlungssumme [kWh]								1201	1236	1267	1267	1234,9	5,5%
HGT [Kd]								2667	2861	2718	2718	2749	7,3%
KGH [Kt]								637	825	1476	1476	979	131,8%
Tu													
Außentemperaturjahresmittel [°C]								11,37	11,24	11,24	11,70	11,44	4,1%
Globalstrahlungssumme [kWh]								1150	1192	1144	1144	1162,3	4,2%
HGT [Kd]								2766	2919	2777	2777	2821	5,5%
KGH [Kt]								617	782	1303	1303	901	111,4%
Unterlaa													
Außentemperaturjahresmittel [°C]											10,70	-	-
Globalstrahlungssumme [kWh]											1309,40	-	-
HGT [Kd]											3002	-	-
KGH [Kt]											976	-	-

Tabelle A.02 Klimadaten Teil2

Meteonorm	MET 1961 1990	MET 1996 2005	MET extrem
Außentemperaturjahresmittel [°C]	9,93	10,63	10,60
Globalstrahlungssumme [kWh]	1104	1125	1125
HGT [Kd]	3254	3081	3094
KGH [Kt]	253	427	604
ON			
Außentemperaturmittel d. Heiztage [°C]			3,7
Globalstrahlungssumme d. Heiztage [kWh]			364,0
HGT [Kd]			3355
HT [d]			206
TAS Standard			
Jahrestemperaturmittel [°C]			10,2
Globalstrahlungssumme [kWh]			1195
HGT [Kd]			3140,0
KGH [Kt]			630,2

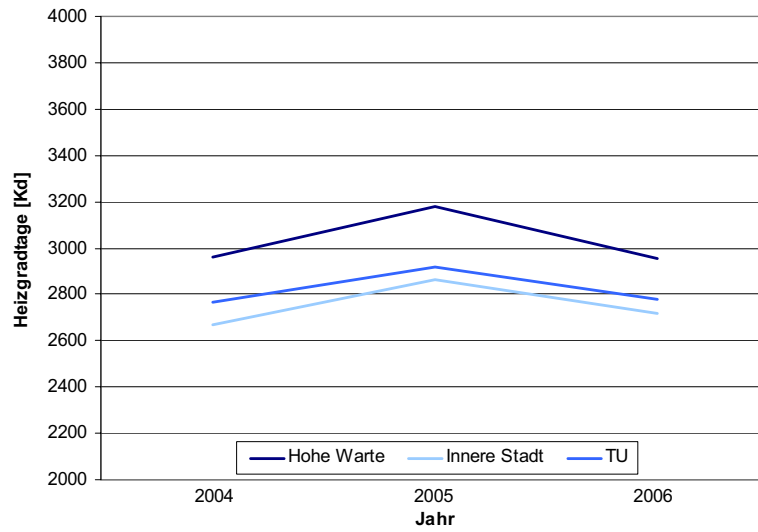


Abbildung A.1: Gegenüberstellung der Heizgradtage der drei Messstationen 2004-2006

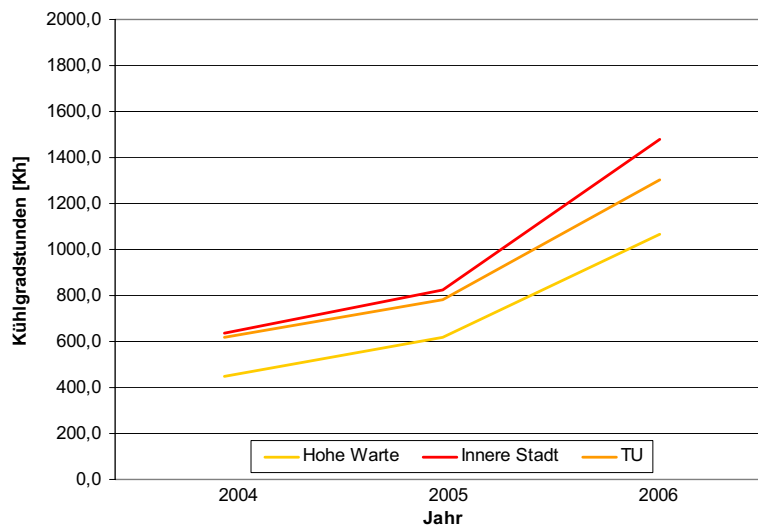


Abbildung A.2: Gegenüberstellung der Kühlgradstunden der drei Messstationen 2004-2006

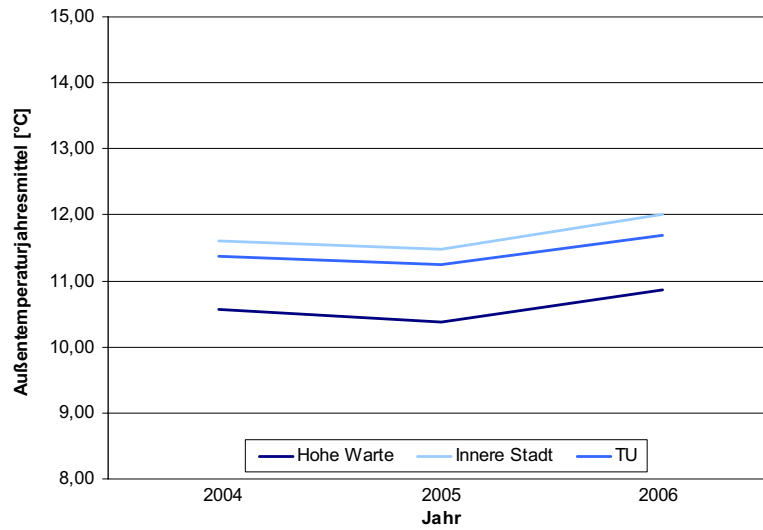


Abbildung A.3: Gegenüberstellung der Außentemperaturjahresmittel der drei Messstationen 2004-2006

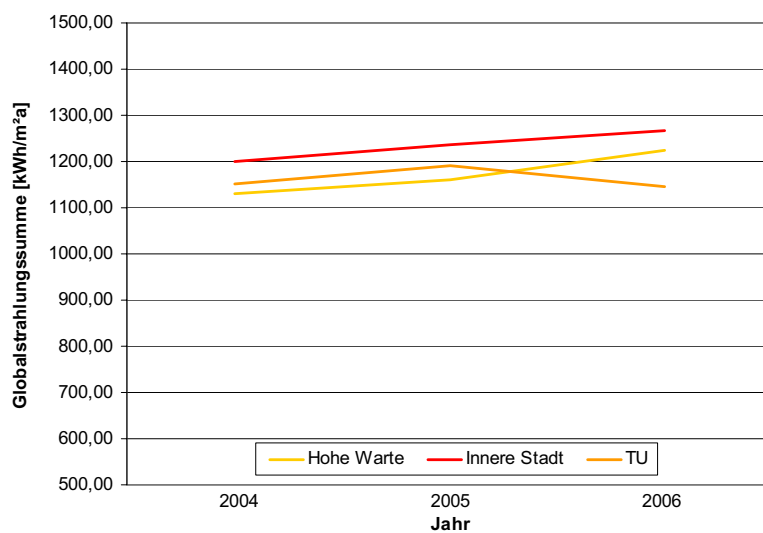


Abbildung A.4: Gegenüberstellung der Globalstrahlung der drei Messstationen 2004-2006

B. Ergebnisse

Tabelle B.01: Ergebnisse der Berechnungen für das Modell EFH

Modell	Wetterstation	Jahr	Heizwärmebedarf [kWh/m²a]	Heizwärmebedarf [kWh]	Kühlbedarf [kWh/m²a]	Kühlbedarf [kWh]	Solare Gewinne [kWh]	Interne Gewinne [kWh]	Ventilation [kWh]	Transmission [kWh]	RA KGH KB - KB'	RA HGT HWB - HWB'	RA I KB - KB'				
EFH	Hohe Warte	1996	114,73	32895,15	0,88	252,19	12671,10	7639,68	Bei Tas nicht verfügbar		31,7%	2,3%	-27,5%				
		1997	100,65	28858,55	1,16	331,24	13655,87	7639,68			64,5%	-4,3%	-165,3%				
		1998	94,25	27023,85	2,28	654,66	13385,81	7639,68			0,6%	-0,4%	95,8%				
		1999	97,70	28012,44	0,70	201,43	10612,87	7639,68			-31,5%	3,2%	-129,0%				
		2000	86,00	24659,29	1,21	348,21	11152,57	7639,68			-202,3%	-1,0%	-214,1%				
		2001	97,65	27999,62	1,79	512,02	13003,12	7639,68			88,5%	2,0%	41,8%				
		2002	91,01	26094,54	2,62	750,59	13517,45	7639,68			70,8%	-3,4%	33,6%				
		2003	99,18	28435,84	4,68	1342,14	14361,24	7639,68			-10,5%	-1,9%	149,9%				
		2004	97,75	28028,40	1,05	301,92	12434,21	7639,68			70,8%	2,6%	13,9%				
		2005	101,13	28995,51	1,25	357,70	12747,52	7639,68			-43,2%	-0,6%	38,5%				
		2006	96,43	27649,45	3,05	875,50	13334,29	7639,68			56,1%	1,4%	162,4%				
		Mittelwert	97,86	-	1,88	538,87	-	-			-	-	-	-	-	-	
		Schwankung 11Jahre	28,72	33,4%	3,98	566%	190%	35%			-	-	-	-	-	-	
		Schwankung 3Jahre	4,69	4,9%	2,00	190%	190%	-			-	-	-	-	-	-	
		MET alt		1961 - 1990	104,83	30057,78	0,51	146,14			12698,04	7639,68					
		MET neu		1996 - 2005	99,80	28616,04	1,16	333,01			12540,15	7639,68					
		MET extrem		1996 - 2005	100,55	28628,52	1,35	385,88			12540,15	7639,68					
		ON			142,83	40951,59	-	-			4780,23	4252,33					
		TAS Standard			104,47	29955,22	0,87	249,63			13141,18	7639,68					
		Innere Stadt		1993	90,23	25869,65	1,15	330,89			10818,27	7639,68					
				2004	91,78	26316,04	1,45	417,13			11406,11	7639,68					
				2005	87,74	25155,98	3,15	902,65			11690,24	7639,68					
		2006	89,91	-	1,99	550,22	-	-									
		Mittelwert	89,91	-	1,99	550,22	-	-									
		Schwankung 3Jahre	4,05	4,6%	173%	173%	-	-									
Unterlaa		2006	98,75	28314,31	1,82	522,44	11807,48	7639,68									
TU BPI		2004	93,95	26936,51	0,86	246,97	10314,07	7639,68									
		2005	95,60	27410,06	1,07	307,95	10872,91	7639,68									
		2006	92,31	26466,39	1,93	554,03	10656,70	7639,68									
		Mittelwert	93,95	-	1,29	369,65	-	-									
		Schwankung 3Jahre	3,29	3,6%	1,07	124%	-	-									

Tabelle B.02: Ergebnisse der Berechnungen für das Modell MFH

Modell	Wetterstation	Jahr	Heizwärmebedarf [kWh/m ² a]	Heizwärmebedarf [kWh]	Kühlbedarf [kWh/m ² a]	Kühlbedarf [kWh]	Solare Gewinne [kWh]	Interne Gewinne [kWh]	Ventilation [kWh]	Transmission [kWh]	RA KGH KB - KB'	RA HGT HWB - HWB'	RA I KB - KB'		
MFH	Hohe Warte	1996	29,52	6552,74	3,39	752,68	3229,09	6275,34			-3,8%	4,0%	-16,0%		
		1997	24,57	5453,83	4,94	1097,57	3624,16	6275,34			42,1%	-7,1%	-30,5%		
		1998	22,20	4927,61	5,42	1203,78	3433,48	6275,34			-11,1%	-3,9%	19,6%		
		1999	24,72	5488,03	3,25	720,90	2581,16	6275,34			-19,7%	7,6%	-47,3%		
		2000	21,05	4671,92	4,32	957,88	2692,06	6275,34			-60,6%	2,1%	-70,1%		
		2001	23,85	5293,04	5,19	1151,55	3310,67	6275,34			-4,6%	2,0%	18,3%		
		2002	21,10	4682,68	6,88	1527,91	3529,50	6275,34			46,0%	-8,1%	25,9%		
		2003	25,45	5649,29	9,43	2093,45	3730,75	6275,34			30,2%	2,4%	41,8%		
		2004	23,43	5201,05	4,13	916,83	3229,02	6275,34			-1,2%	0,7%	12,7%		
		2005	24,77	5497,76	4,35	964,50	3282,00	6275,34			-12,9%	-2,1%	18,2%		
		2006	23,74	5269,49	6,17	1369,68	3508,85	6275,34			-4,5%	2,4%	27,5%		
		Mittelwert	24,04	-	5,22	1159,70	3286,43	-	-	-	-	-	-	-	
		Schwankung 11Jahre	8,47	40%	6,18	65,6%	49%	-	-	-	-	-	-	-	
		Schwankung 3Jahre	1,34	5,7%	2,04	49%	49%	-	-	-	-	-	-	-	
		MET alt		1961 - 1990	25,47	5653,00	3,37	747,15	3214,12	6275,34					
		MET neu		1996 - 2005	24,09	5347,24	4,68	1038,77	3202,65	6275,34					
	MET extrem		1996 - 2005	24,33	5399,84	4,82	1069,35	3202,65	6275,34						
	ON			34,31	7615,27			1358,37	3232,66	4932,99	7273,31				
	TAS Standard		1993	26,31	6839,19	4,56	1013,24	3428,06	6275,34						
	Innere Stadt	2004	22,24	4936,22	4,39	974,42	2562,50	6275,34							
2005		23,36	5185,92	4,62	1025,99	2668,16	6275,34								
2006		22,64	5025,24	6,57	1457,60	2717,72	6275,34								
Mittelwert		22,75	-	5,19	1152,67	50%	-	-	-	-	-	-	-		
Schwankung 3Jahre		1,12	5,1%	2,18	50%	50%	-	-	-	-	-	-	-		
Unterlaa		2006	25,73	5710,41	4,86	1079,52	2778,40	6275,34							
TU BPI	2004	23,03	5111,29	3,87	858,49	2466,65	6275,34								
	2005	24,09	5348,91	4,02	891,80	2586,57	6275,34								
	2006	23,52	5221,56	5,16	1146,33	2467,03	6275,34								
	Mittelwert	23,55	-	4,35	965,54	34%	-	-	-	-	-	-	-		
Schwankung 3Jahre	1,06	4,6%	1,30	34%	34%	-	-	-	-	-	-	-			

Tabelle B.03: Ergebnisse der Berechnungen für das Modell BÜRO

Modell	Weiterstation	Jahr	Heizwärmebedarf [kWh/m²a]	Heizwärmebedarf [kWh]	Kühlbedarf [kWh/m²a]	Kühlbedarf [kWh]	Solare Gewinne [kWh]	Interne Gewinne [kWh]	Ventilation [kWh]	Transmission [kWh]	RA KGH KB - KB'	RA HGT HWB - HWB'	RA I KB - KB'	
BÜRO	Hohe Warte	1996	73,71	125%	212774,50	11,06	31937,65	180337,66	43639,92		5,5%	2,7%	-2,1%	
		1997	60,15	102%	173621,05	13,50	38983,85	196115,88	43639,92		28,7%	-10,0%	-26,3%	
		1998	56,22	96%	162286,34	14,28	41207,39	189879,39	43639,92		-14,2%	0,9%	9,2%	
		1999	55,05	94%	158919,39	9,91	28615,70	189879,39	43639,92		-14,7%	-2,2%	-34,7%	
		2000	45,80	78%	132209,92	13,63	39338,30	195731,75	43639,92		-32,2%	-6,2%	-40,9%	
		2001	58,88	100%	169969,86	14,43	41645,09	187958,84	43639,92		-2,4%	4,2%	15,4%	
		2002	54,98	94%	158720,56	18,31	52846,84	195165,27	43639,92		35,5%	-0,3%	19,5%	
		2003	61,08	104%	176305,64	24,06	69461,20	208631,03	43639,92		23,3%	-0,8%	28,6%	
		2004	59,70	102%	172330,00	11,59	33461,89	180381,25	43639,92		-4,2%	6,8%	7,9%	
		2005	61,62	105%	177876,72	11,97	34560,43	185097,08	43639,92		-14,0%	-1,4%	10,9%	
		2006	59,31	101%	171215,64	15,79	45569,16	191347,30	43639,92		-11,2%	6,4%	12,5%	
		Mittelwert	58,77	-	14,41	41602,50	190956,80	-	-	-				
		Schwankung 11Jahre	27,91	61%	14,15	143%	16%							
		Schwankung 3Jahre	2,31	3,9%	4,19	36%								
		MET alt	1961 - 1990	62,06	106%	179158,69	9,93	28653,75	183795,05	43639,92				
		MET neu	1996 - 2005	59,32	101%	171224,17	12,98	37463,54	183987,38	43639,92				
		MET extrem	1996 - 2005	60,12	102%	173555,05	13,28	38322,09	183987,38	43639,92				
		ON		74,03	123%	213691,50			66186,71	55976,64	159828,17	176026,68		
		TAS Standard		66,14	113%	190833,23	13,26	38262,75	183604,77	43639,92				
		Innere Stadt	2004	49,14	100%	141845,69	11,73	33847,39	189674,58	43639,92				
			2005	49,77	102%	143674,17	12,30	35493,43	199130,22	43639,92				
2006	47,97		98%	138463,56	16,73	48304,58	202624,45	43639,92						
Mittelwert	48,96		-	13,59	39215,13									
Schwankung 3Jahre	1,81		3,8%	5,01	43%									
Unterlaa	2006	54,45	100%	157187,77	13,42	38736,63	203633,94	43639,92						
TU BPI	2004	51,90	100%	149829,19	10,16	29331,36	181109,75	43639,92						
	2005	52,53	101%	151634,03	10,58	30538,05	191367,30	43639,92						
	2006	51,40	99%	148383,75	13,23	38188,52	187362,80	43639,92						
	Mittelwert	51,95	-	11,32	32685,98									
Schwankung 3Jahre	1,13	2,2%	3,07	30%										

C. Planunterlagen

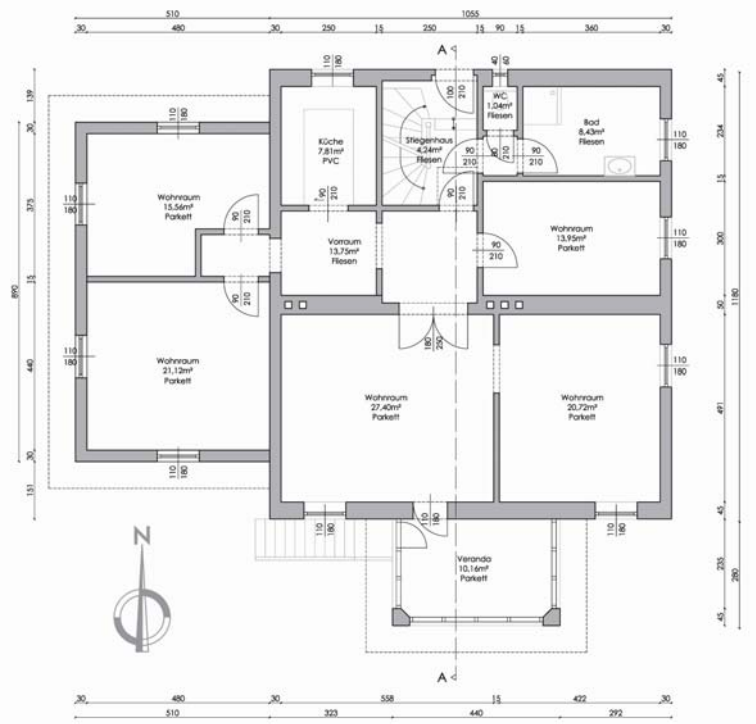


Abbildung C1: Modell EFH – Grundriss Erdgeschoß 1:200

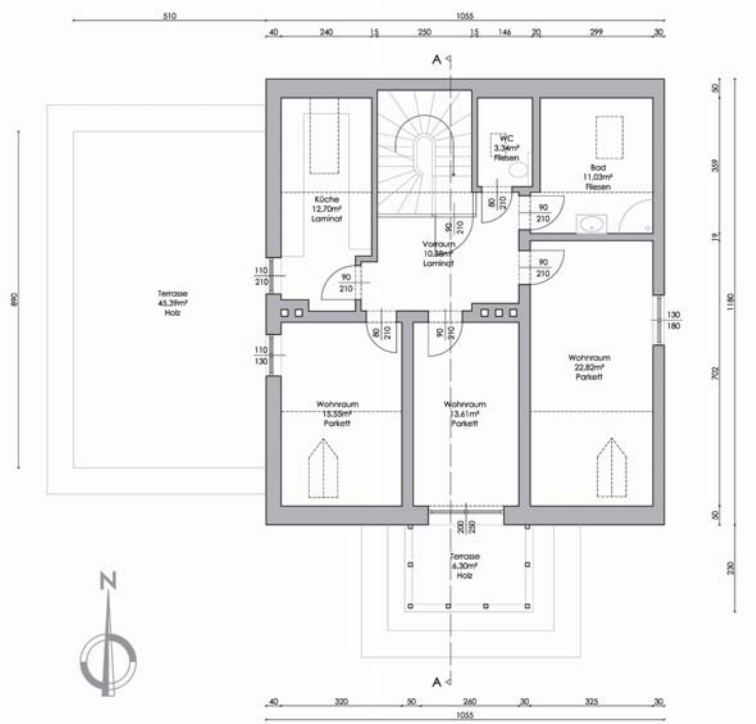


Abbildung C2: Modell EFH – Grundriss Dachgeschoß 1:200

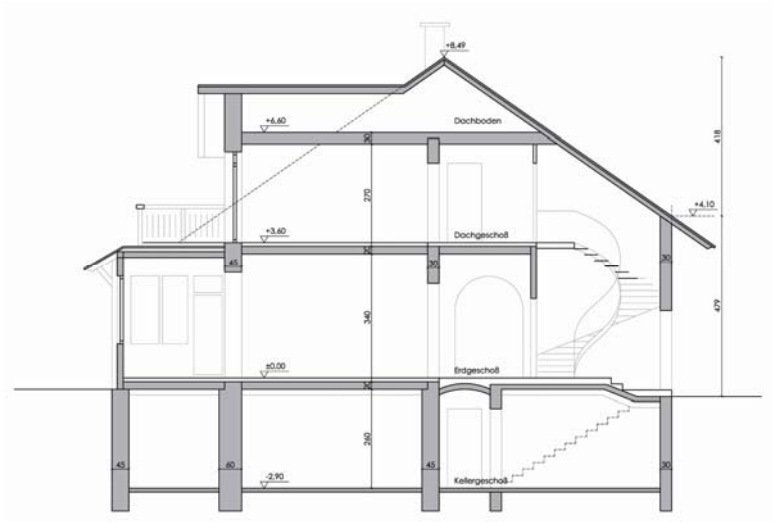
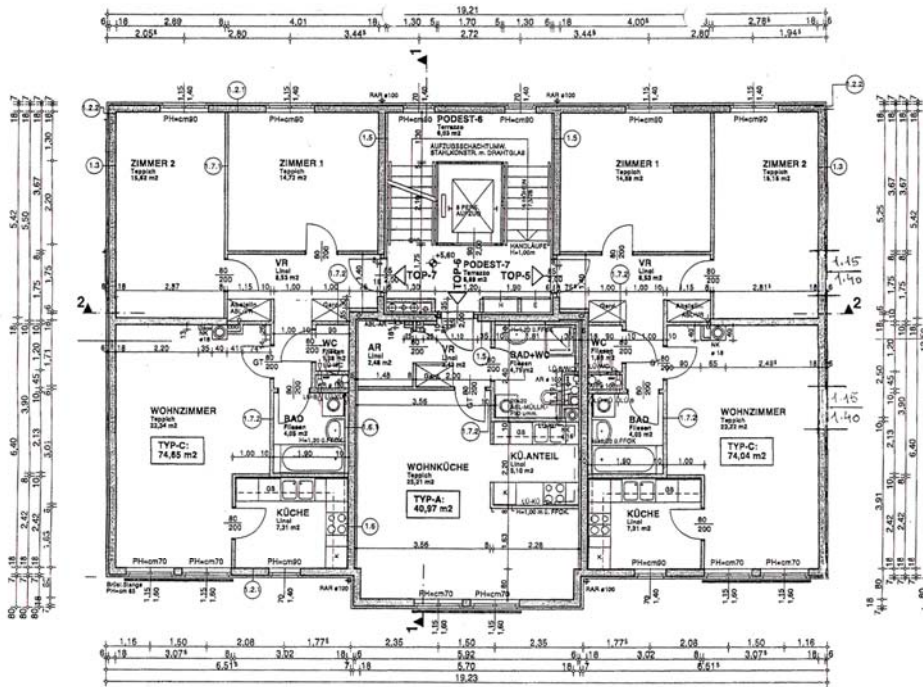
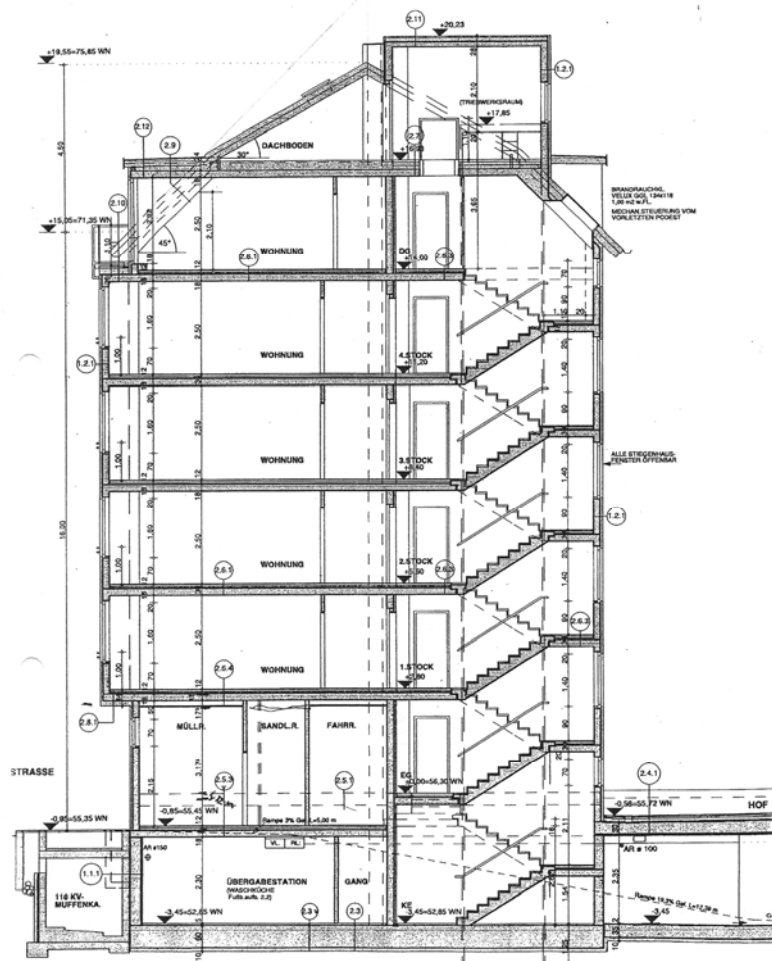


Abbildung C3: Modell EFH – Schnitt A-A 1:200



2. OBERGESCHOSS

Abbildung C4: Modell MFH - Grundriss Regelgeschoß 1:200 (Brandl, 1998)



SCHNITT 1-1

Abbildung C5: Modell MFH: Schnitt Querachse 1:200 (Brandl, 1998)

D. Bauteilkatalog

Hier finden sich die Bauteile ergänzend zu den Beschreibungen der Gebäudemodelle in Abschnitt 2.3.

Tabelle D.01: Bauteile des Gebäudemodells EFH (Teil1)

Bauteile	Dicke [mm]	Dichte [kg/m ³]	Wärmeleitfähigkeit [W/K]	Dampfdiffusions-widerstand	Wärme-kapazität [J/kgK]
EFH					
Außenwand 45 EFH 1.1					
Kalkzementmörtel	20	1600	0,7	11	837
Vollziegel	450	1700	0,7	8	800
Kalkzementmörtel	20	1600	0,7	11	837
U = 1,149 W/m²K					
Außenwand 30 EFH 1.2					
Kalkzementmörtel	20	1600	0,7	11	837
Vollziegel	300	1700	0,7	8	800
Kalkzementmörtel	20	1600	0,7	11	837
U = 1,525 W/m²K					
Außenwand HLZ EFH 1.3					
Kalkzementmörtel	20	1600	0,7	11	837
Hochlochziegel	300	910	0,14	8	920
Kalkzementmörtel	20	1600	0,7	11	837
U = 0,411 W/m²K					
Geschoßdecke KG/EG 1 EFH 1.4 Ziegeldecke gegen unbeheizten Keller, Holzboden					
Holzparkett, Eiche	25	545	0,17	11,4	2390
Holzschalung, Kiefer	25	500	0,11	11,4	2805
Schlackeschüttung	60	1790	0,59	14,8	1056
Vollziegel	80	1700	0,7	8	800
Kalkzementmörtel	20	1600	0,7	11	837
U = 1,091 W/m²K					
Geschoßdecke KG/EG 2 EFH 1.5 Ziegeldecke gegen unbeheizten Keller, Fliesenboden					
Fliesen	10	2100	1,1	34	837
Estrich	50	2200	1,45	34	920
Schlackeschüttung	60	1790	0,59	14,8	1056
Vollziegel	80	1700	0,7	8	800
Kalkzementmörtel	20	1600	0,7	11	837
U = 1,592 W/m²K					
Geschoßdecke KG/EG EFH 1.6 Stahlbetondecke gegen unbeheizten Keller					
Holzparkett	25	545	0,17	11,4	2390
Unterlagsbahn	5	400	0,1	2,3	1360
Estrich	50	2100	1,28	34	1000
Trennlage	0,5	910	0,32	0	2,1
TDP	30	240	0,033	1	1050
Stahlbetondecke	200	1800	0,87	4,8	920
U = 0,638 W/m²K					
Geschoßdecke EG/DG EFH 1.7 Holztramdecke					
Holzparkett, Eiche	25	545	0,17	11,4	2390
Holzschalung, Kiefer	25	500	0,11	11,4	2805
Luftraum/Sparren	200	0/500	0/0,14	1/11,4	0/2805
Holzschalung, Kiefer	25	500	0,11	11,4	2805
Gipskartonplatten	10	960	0,16	11	837
U = 1,230 W/m²K					

Tabelle D.02: Bauteile des Gebäudemodells EFH (Teil2)

Bauteile FF	Dicke [mm]	Dichte [kg/m ³]	Wärmeleitfähigkeit [W/K]	Dampfdiffusions-widerstand	Wärme-kapazität [J/kgK]
EFH					
Geschoßdecke DG/DACH					
EFH 1.8					
Holztramidecke, wärmegeklämt, gegen unbeheizten Dachraum					
Holzschalung, Kiefer	25	500	0,11	11,4	2805
Mineralwolle/Sparren	200	150/500	0,039/0,14	1,15/11,4	840/2805
Holzschalung, Kiefer	25	500	0,11	11,4	2805
Gipskartonplatten	10	960	0,16	11	837
U = 0,171 W/m²K					
Dach WD					
EFH 1.9					
Sparrendachstuhl, wärmegeklämt					
Faserzementplatten	8	2100	1,1	34	837
Bitumenbahn	2	960	0,41	1300	1000
Schalung	25	500	0,14	11,5	1760
Wärmedämmung/Sparren	200	150/500	0,039/0,14	1,15/11,4	840/2805
Dampfsperre	0,5	910	0,32	0	2,1
Gipskartonplatten	15	960	0,16	11	837
U = 0,179 W/m²K					
Dach					
EFH 1.10					
Sparrendachstuhl, wärmegeklämt					
Faserzementplatten	8	2100	1,1	34	837
Bitumenbahn	2	960	0,41	1300	1000
Schalung	25	500	0,14	11,5	1760
Luftschicht/Sparren	200	500	0,14	11,4	2805
Dampfsperre	0,5	910	0,32	0	2,1
Gipskartonplatten	15	960	0,16	11	837
U = 1,282 W/m²K					
Flachdach WD					
EFH 1.11					
Sparrendachstuhl, wärmegeklämt					
Schötter	50	2130	1,5	38,4	1052
Bitumenbahn	1	1055	0,16	740	1000
Holzschalung, Kiefer	25	500	0,11	11,4	2805
Mineralwolle	200	200	0,04	1,2	670
Stahlbeton	200	1800	0,87	14,8	920
Spachtelputz	5	1500	0,5	15	1000
U = 0,177 W/m²K					
Wohnungstrennwand					
EFH 1.12					
Kalkzementmörtel	20	1600	0,7	11	837
Hochlochziegel	120	850	0,14	8	920
Kalkzementmörtel	20	1600	0,7	11	837
U = 1,02 W/m²K					
Fenster					
EFH 1.13					
Holzrahmen, Isolierglas, mit Edelgasfüllung					
U _f = 1,548					
U _g = 1,635					
U_w = 1,71 W/m²K					
g = 0,686					
Hauseingangstür					
EFH 1.14					
Vollholz					
U = 1,55 W/m²K					

Tabelle D.03: Bauteile des Gebäudemodells MFH

Bauteile MFH	Dicke [mm]	Dichte [kg/m ³]	Wärmeleit- fähigkeit [W/K]	Dampfdiffusions- widerstand	Wärme- kapazität [J/kgK]
Außenwand MFH 2.1					
Spachtelputz	5	1500	0,5	15	1000
Stahlbeton	180	2400	2,1	50	1100
Klebespachtel	5	1400	0,8	50	1000
EPS	70	16	0,037	21	1400
Silikatputz	5	1750	0,7	40	840
U = 0,46 W/m²K					
Geschoßdecke MFH 2.2					
Estrich	50	2000	1,4	34	1130
Trennlage	5	400	0,1	2,3	1360
TDP-EPS	40	16	0,037	21	1400
Stahlbeton	200	2400	2,1	50	1100
Spachtelputz	5	1500	0,5	15	1000
U = 0,68 W/m²K					
Wohnungstrennwand MFH 2.3 Gegen unbeheiztes Stiegenhaus					
Gipskartonplatte	13	960	0,21	8	837
Wärmedämmfilz	50	200	0,039	1	670
Stahlbeton	180	2400	2,1	50	1100
Spachtelputz	5	1500	0,5	15	1000
U = 0,59 W/m²K					
Fenster MFH 2.4 Holzrahmen, Isolierglas, mit Edelgasfüllung					
U _f = 1,879 U _g = 1,635 U_w = 1,71 W/m²K g = 0,686					
Wohnungseingangstür MFH 2.5 PU Kern					
U = 0,9 W/m²K					

Tabelle D.04: Bauteile des Gebäudemodells BÜRO

Bauteile BÜRO	Dicke [mm]	Dichte [kg/m ³]	Wärmeleit- fähigkeit [W/K]	Dampfdiffusions -widerstand	Wärme- kapazität [J/kgK]
Fassade BÜRO 1.1 Vorhangfassade, in Pfosten-Riegelkonstruktion, Isolierglas, selbstreinigend					
U _f = 4,0 W/m ² K U _g = 1,1 W/m ² K U_w = 1,4 g = 0,43					
Geschoßdecke BÜRO 1.2					
Holzfasерplatte	32	800	0,135	3,8	1300
Luftraum	100	0	0	1	0
Unterlagsbahn	5	400	0,1	2,3	1360
Stahlbetondecke	250	2400	2,1	50	1100
Luftraum	200	0	0	1	0
Gipskartonplatte	10	960	0,21	8	837
U = 0,92 / 0,78 W/m²K					
Trennwand Stahlbeton BÜRO 1.3 Gegen unbeheiztes Stiegenhaus					
Gipsputz	15	1200	0,42	11	837
Stahlbeton	300	2400	2,1	50	1100
Gipsputz	15	1200	0,42	11	837
U = 2,108 W/m²K					
Trennwand Gipsdielen BÜRO 1.4 Installationsschächte					
Spachtelputz	5	1500	0,5	15	1000
Gipsdielen	100	1200	0,42	50	837
U = 2,39 W/m²K					
Trennwand Glas BÜRO 1.5 Gegen unbeheiztes Stiegenhaus					
U_w = 1,808 W/m²K					
g = 0,616					
Eingangstür Glas BÜRO 1.6					
U_w = 1,808 W/m²K					
g = 0,616					