

www.joanneum.at / rtg



Franz Pretenthaler, Andreas Gobiet (Hg.)

Heizen und Kühlen im Klimawandel – Teil 1



OAW

INNOVATION aus TRADITION

3 Wird der Innenraum-Klimawandel unterschätzt? Eine empirische Notiz.

Brian Cody

3.1 Einleitung

Der vorliegende Beitrag befasst sich mit der Frage, inwiefern der prognostizierte Klimawandel einen entscheidenden Einfluss auf den Heiz- und Kühlenergiebedarf von Gebäuden in Österreich ausüben wird. Zwei Aspekte werden untersucht: ein möglicher Außenlufttemperaturanstieg und eine mögliche Erhöhung des CO₂-Gehalts der Außenluft.

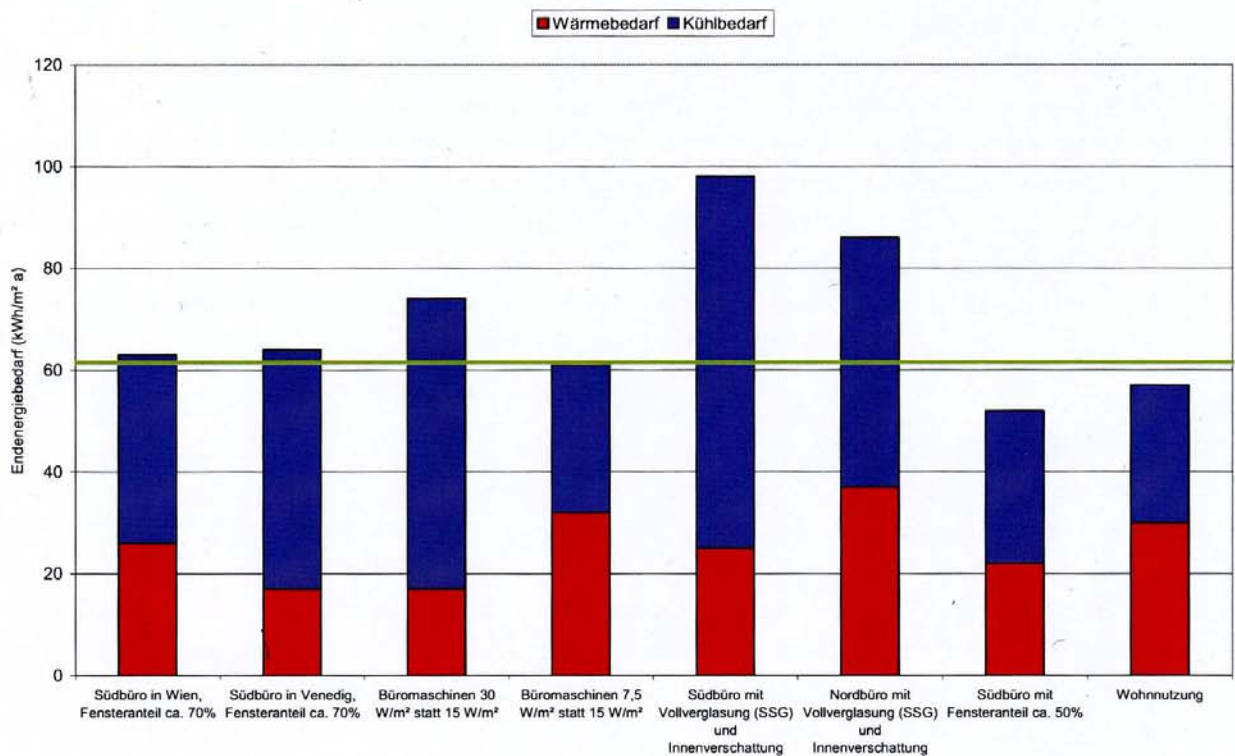
3.2 Änderungen infolge eines Außenlufttemperaturanstiegs

Die meisten Prognosen bezüglich möglicher Änderungen des Außenklimas durch globale Erwärmung gehen von einem Anstieg der durchschnittlichen Außenlufttemperatur auch in Österreich aus, dessen Ausmaß jedoch von unzähligen Faktoren abhängt. Um den möglichen Einfluss eines solchen Temperaturanstiegs auf den Heiz- und Kühlenergiebedarf von Gebäuden in Österreich zu veranschaulichen, wurden thermische Simulationen für einen Testraum am Standort Wien durchgeführt und die Ergebnisse dann mit den Ergebnissen des gleichen Raums in Venedig verglichen. Die durchschnittliche Außentemperatur in Venedig liegt laut den vorliegenden Wetterdateien, die in den thermischen Simulationen verwendet wurden, ca. 1,8 K höher als in Wien. Natürlich differieren die anderen klimatischen Parameter, beispielsweise die solare Strahlung, Luftfeuchtigkeit, Wind usw., ebenfalls für die zwei Standorte. Obwohl man wahrscheinlich davon ausgehen kann, dass die in absehbarer Zeit zu erwartenden Änderungen des Außenklimas von Wien im Zuge eines Klimawandels nicht so drastisch ausfallen, dass sich das Wiener Klima dem von Venedig angleicht, kann der Vergleich im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse der Veranschaulichung möglicher Auswirkungen eines veränderten Außenklimas dienen.

Das Diagramm (Abbildung 23) zeigt die Ergebnisse thermischer Simulationen für einen Raum mit den Abmessungen 4 m Breite x 5 m Tiefe x 3 m Höhe am Standort Wien. Es wird angenommen, dass der Raum eine Außenfassade mit einem ca. 70 %-igen Fensteranteil nach Süden aufweist. Wärmeschutzverglasung und ein automatisch gesteuerter beweglicher außenliegender Sonnenschutz werden zugrunde gelegt. Es wird angenommen, dass alle anderen Oberflächen (Wände, Decke, Boden) an andere Räume angrenzen, die die gleichen raumklimatischen Konditionen aufweisen (adiabatischer Zustand). In der ersten Untersuchung wird der Raum als Büro genutzt. Zwei Personen halten sich im Raum auf und eine Wärmeabgabe von 15 W/m² für Büromaschinen wird zugrunde gelegt. Der ermittelte Endenergiebedarf für Heizung und Kühlung beträgt 63 kWh/m²a und teilt sich in Anteile von ca. 40 % für Heizung und 60 % für Kühlung auf. In der zweiten Untersuchung wird das gleiche Büro diesmal am Standort Venedig simuliert. Der Gesamtenergiebedarf bleibt gleich; die Aufteilung zwischen Heizung und Kühlung ändert sich jedoch, so dass der Anteil für Kühlung nun ca. 70 % und der Heizanteil ca. 30 % beträgt.

Für alle weiteren Untersuchungen bleibt der Standort des Raumes in Wien. In der nächsten Untersuchung wurden die Wärmeabgaben durch Büromaschinen von 15 W/m^2 auf 30 W/m^2 verdoppelt. Der Heizenergiebedarf hat nun den gleichen Wert wie das Büro in Venedig mit den ursprünglichen angenommenen Wärmeabgaben für Büromaschinen. Der Gesamtenergiebedarf jedoch ist aufgrund der erhöhten Kühllast nun ca. 17 % höher. Werden die Wärmeabgaben durch Büromaschinen von 15 W/m^2 auf $7,5 \text{ W/m}^2$ halbiert, steigt der Wärmebedarf, während der Kühlbedarf sinkt, so dass der Gesamtenergiebedarf annähernd gleich bleibt wie in der Ausgangsvariante. Diese Ergebnisse zeigen die Konsequenzen von möglichen Änderungen in den nutzungsbedingten Innenlasten in Bürogebäuden auf. Eine Reduzierung bedeutet eine Erhöhung des Heizenergiebedarfs, eine Verdopplung der Innenlasten zieht einen stark erhöhten Kühlbedarf nach sich. Die Wirkung einer Erhöhung der Innenlasten zeigt insgesamt eine wesentlich höhere Auswirkung als eine Standortänderung des Büros von Wien nach Venedig. Hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung der Wärmeabgaben durch Büromaschinen braucht man sich nur die Entwicklungen der letzten 30 Jahre auf diesem Gebiet vor Augen zu führen, um zu realisieren, dass sich hier eine seriöse Prognose sehr schwierig gestalten lässt. Gegenwärtige Entwicklungen zeigen eine ständige Erhöhung der Effizienz der einzelnen Geräte bei jedoch gleichzeitiger flächenmäßiger Verdichtung der Anzahl der Geräte in Büroräumen, so dass sich eine nennenswerte Reduzierung der spezifischen Wärmeabgaben auf keinen Fall abzeichnet.

Abbildung 23: Ergebnisse der thermischen Untersuchungen



Quelle: Eigene Darstellung.

Die nächsten Untersuchungen zeigen den Einfluss verschiedener Fassadenkonzepte auf den Energiebedarf. Zunächst wird eine Vollverglasung mit Sonnenschutzglas und innen liegenden Jalousien angenommen. Der Heizenergiebedarf ändert sich nur unwesentlich, der Kühlenergiebedarf dagegen wird nahezu verdoppelt. Das gleiche Büro auf der anderen Seite des Gebäudes, nämlich nach

Norden orientiert, weist einen Heizenergiebedarf auf, der um die Hälfte höher ist als der des Südbüros, während der Kühlenergiebedarf um ein Drittel geringer ist. Wenn der Fensteranteil auf ca. 50 % reduziert wird – bei Beibehaltung der ursprünglichen Glas- und Sonnenschutzqualitäten –, reduzieren sich sowohl der Heiz- als auch der Kühlenergiebedarf, so dass der Gesamtenergiebedarf für Heizung und Kühlung sich um ca. 18 % reduziert. Nicht ausgewiesen in diesen Untersuchungen, wichtig jedoch bei der Festlegung des optimalen Fensteranteils in der Praxis, ist der Energiebedarf für Beleuchtung, welcher sich bei einer Reduzierung von 70 % auf 50 %-igen Fensteranteil erfahrungsgemäß so erhöhen wird, dass unter primärenergetischer Betrachtung der niedrigere Energiebedarf für Heizung und Kühlung durch den höheren Bedarf an Beleuchtungsenergie unter Umständen mehr als ausgeglichen wird. Diese Untersuchungen zeigen, dass der Einfluss verschiedener Fassadenkonzepte bzw. der Orientierung der Räume nach Himmelsrichtung wesentlich höher als der Einfluss des geänderten Außenklimas ist.

In der letzten Untersuchung wird die Raumnutzung geändert. Es wird angenommen, dass der Raum als Wohnzimmer in einer Wohnung dient, das hauptsächlich abends genutzt wird. Der Heizenergiebedarf erhöht sich um ca. 15 %, während der Kühlenergiebedarf sich um ca. 30 % reduziert. Auch diese Nutzungsänderung zeigt eine ähnlich hohe Wirkung auf den Bedarf für Heiz- und Kühlenergie als die Änderung des Ausgangsklimas. Weitere Alternativen, die hier nicht untersucht wurden, bei denen jedoch eine ebenfalls höhere Wirkung auf den Bedarf für Heiz- und Kühlenergie als die Änderung des Außenklimas erwartet werden kann, sind Gebäudenutzungen als Kombi- bzw. Großraumbüro anstatt der untersuchten Zellenbürovariante. In diesen Untersuchungen wurde der Bedarf an Be- und Entfeuchtung nicht berücksichtigt. Da Venedig nicht nur wärmer, sondern auch feuchter als Wien ist, wäre hier eine Erhöhung des Entfeuchtungsbedarfs zugunsten einer Reduzierung des Befeuchtungsbedarfs zu erwarten.

3.3 Änderungen infolge eines CO₂-Konzentrationsanstiegs

Ein weiterer Aspekt, der nicht uninteressant ist, ist der erwartete Anstieg der CO₂-Konzentration und die ggf. hiermit verbundenen Folgen für die Lüftung von Gebäuden. In der Vergangenheit wurde der Mensch als Hauptquelle von Luftverunreinigungen in Innenräumen angesehen. Die erforderliche Lüfrate war daher auf die Zahl der anwesenden Personen bezogen und wurde häufig zur Einhaltung eines Grenzwerts für die CO₂-Konzentration der Raumluft ausgelegt.

Am Beispiel eines Büroraumes kann die erforderliche Außenlüfrate so berechnet werden:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,5 \text{ m}^3/\text{h} (\text{Veratmung eines ruhigen Menschen}) \times 0,04 (\text{CO}_2\text{-Konzentration in der ausgeatmeten Luft})}{0,001 (\text{CO}_2\text{-Konzentration der Raumluft}) - 0,00035 (\text{CO}_2\text{-Konzentration der Außenluft})} \\
 &= \text{ca. } 31 \text{ m}^3/\text{h}
 \end{aligned}$$

wobei der Sollwert der CO₂-Konzentration in der Raumluft auf der Pettenkofer-Zahl von 1000 ppm basiert. Sollte sich die CO₂-Konzentration der Außenluft verdoppeln, würde sich die so errechnete Außenlüfrate, die jeder Person mindestens zur Verfügung stehen sollte, erhöhen auf:

$$\begin{aligned}
 &= (0,5 \times 0,04) / (0,001 - 0,0007) \\
 &= \text{ca. } 67 \text{ m}^3/\text{h}
 \end{aligned}$$

Da der Wärmebedarf und der Kühlbedarf von modernen Gebäuden stark von der dem Gebäude zuzuführenden Außenluftmenge abhängt, würde dies zu einer enormen Erhöhung des Heiz- und Kühlbedarfs sowie des Stromenergiebedarfs für Ventilatoren der RLT-Anlagen führen. Da nach heutigem Kenntnisstand jedoch bekannt ist, dass viele andere Verunreinigungsquellen außer den anwesenden Personen eine wichtige Rolle spielen, wird CO₂ in der Raumluft höchstens als Indikator für die Belastung der Raumluft herangezogen. Somit wäre nicht der absolute Wert des CO₂-Gehalts für die Beschreibung der Raumluftqualität zu verwenden, sondern die Differenz zwischen Innen- und Außenkonzentration an Kohlendioxid, so dass ein Anstieg der CO₂-Konzentration der Außenluft nach heutigem Wissensstand keinen Einfluss auf den Heiz- und Kühlbedarf von Gebäuden haben würde.

3.4 Schlussfolgerungen

1. Diese ersten Untersuchungen zeigen, dass der zu erwartende Einfluss des prognostizierten Klimawandels auf den Heiz- und Kühlbedarf von Gebäuden wahrscheinlich nicht so verheerend sein wird, wie man meinen könnte. Es ist unbestreitbar, dass wichtige Anstrengungen hinsichtlich der Heizung und Kühlung von Gebäuden zu unternehmen sind; diese allerdings mit dem Hintergrund, die Energieeffizienz zu erhöhen und somit neben der, aufgrund der sich abzeichnenden Erschöpfung der fossilen Energieressourcen, erforderlichen Steigerung der Energieeffizienz den hiermit ausgeübten Einfluss auf den Klimawandel so weit wie möglich einzudämmen und weniger, weil die durch den Klimawandel verursachten klimatischen Veränderungen eine grundlegende andersartige Konzeption dieser Systeme bedingen würden. Und zwar, auch wenn man von den pessimistischen Erwartungen hinsichtlich des Temperaturanstieges ausgeht, sind auch dann – wie die o.a. Untersuchungen zeigen – die Auswirkungen auf den Heiz- bzw. Kühlbedarf von Gebäuden relativ gering. Mögliche Veränderungen hinsichtlich Nutzungsanforderungen und Innenlasten, aber auch die Auswirkungen unterschiedlicher Fassaden- und Architekturkonzepte sind wesentlich wichtiger. Da eine nachhaltige Gebäudeplanung eine gewisse Flexibilität bzw. Adaptabilität im Hinblick auf mögliche Nutzungsänderungen ohnehin vorsehen sollte, scheint der durch einen möglichen Außenlufttemperaturanstieg hervorgerufene Einfluss tatsächlich vernachlässigbar.
2. Laut den Ergebnissen der o.a. Untersuchungen scheinen sowohl der Gesamtend- als auch der Gesamtprimärenergiebedarf – bei konventioneller Abdeckung des Endenergiebedarfs – beim angenommenen Temperaturanstieg tendenziell gleich zu bleiben. Eine wichtige Tendenz ist jedoch deutlich auszumachen; es wird eine Erhöhung des Kältebedarfs zugunsten einer Reduzierung des Wärmebedarfs geben. Wenn man die Abdeckung des Wärmebedarfs wie bisher vorwiegend mit thermischer Energie und die des Kältebedarfs vorwiegend mit elektrischer Energie vornimmt, dann würde dies eine Verlagerung von thermischer zu elektrischer Energie im Energieversorgungssystem nach sich ziehen. Auch wenn der Gesamtbedarf unter primärenergetischer Betrachtung gleich bleiben würde, wäre eine solche Verlagerung ungünstig, da elektrische Energie höherwertiger und aufwendiger herzustellen ist. Andererseits eine Abdeckung des Kältebedarfs mittels thermischer Energie ist sowohl mit konventioneller Technik als auch mit regenerativen Energiequellen (beispielsweise solare Kühlung) möglich und aufgrund der – verglichen mit der Abdeckung des Wärmebedarfs – weitaus besseren zeitlichen Übereinstimmung zwischen Bedarf und Angebot höchst interessant. Vor diesem Hintergrund der Verlagerung des Lastenschwerpunktes von Heizung

hin zu Kühlung sind die in den populären Medien häufig diskutierten Niedrigenergie- und Passivhauskonzepte, welche alle den Schwerpunkt auf die Senkung des Heizenergiebedarfs legen, mit teilweise verheerenden Konsequenzen für den Kühlbedarf, besonders kritisch zu hinterfragen.

3. Ein Aspekt könnte bei einem im Zuge eines Klimawandels stattfindenden Temperaturanstiegs für die Heizung und Kühlung von Gebäuden von erheblicher Bedeutung sein und verdient daher eine nähere Untersuchung. Viele unserer heutigen Gebäude kommen ohne ein aktives Kühlsystem gerade noch aus. Allein mit baulichen Maßnahmen und passiven Systemen der Kühlung kann für einen noch akzeptablen Anteil des Sommers ein akzeptables Raumklima aufrechterhalten werden. Ab einem bestimmten Punkt könnte hier ein Überschlag bzw. ein Wendepunkt eintreten, bei dem das Raumklima ohne aktive Kühlung nicht mehr für einen akzeptablen Zeitraum des Sommers aufrechterhalten werden kann, so dass ein Paradigmenwechsel hinsichtlich der technischen Ausrüstung von Gebäuden (Kühlsysteme) und damit auch deren Energiebedarf eintreten könnte. Denkt man nur an die vielen Beispiele aus der Praxis und in der Literatur, wovon häufig die Rede ist, dass die Auslegung so erfolgt, dass ein bestimmter Grenzpunkt der Raumtemperatur, z.B. 27 °C, für eine bestimmte Zeit von nicht mehr als z.B. 50 Stunden im Jahr überschritten wird, realisiert man, welches Gefahrenpotential ein möglicher Temperaturanstieg für solche hoch optimierten Gebäudekonzepte bedeuten könnte.