

# Klimawandelszenarien für Österreich und potenzielle Auswirkungen des Klimawandels auf den Energieverbrauch von Gebäuden

BEI DER BERECHNUNG DES ENERGIEAUSWEISES für ein Gebäude fließt das Klima durch Berechnung des so genannten Standortklimas ein. Dabei wird der jeweilige Gebäudestandort einer von sieben österreichischen Klimazonen zugeordnet und zudem die Höhenlage mittels eines Regressionsmodells berücksichtigt.

**O. Univ.-Prof. Dr. Helga Kromp-Kolb,**

Ordentliche Universitätsprofessorin für Meteorologie an der Universität für Bodenkultur Wien, Institutsvorstand des Instituts für Meteorologie der Universität für Bodenkultur Wien, Forschungs- und Lehrtätigkeit im Bereich Klimawandel, Umweltmeteorologie und Nukleare Sicherheit.

**DI Marion Jaros,** Wiener Umweltschutz und Universität für Bodenkultur, seit 1998 in der Wiener Umweltschutz http://www.wua-wien.at und ist seit 2007 auch Dissertantin im Doktoratskolleg für nachhaltige Entwicklung der Universität für Bodenkultur http://www.dokne.boku.ac.at

**H**eizwärme- und Kühlbedarf von Gebäuden hängen wesentlich vom lokalen Klima ab.

Als Basisdaten dienen zonenbezogene und höhenabhängige Monatsmittelwerte für Temperatur und durchschnittliche Globalstrahlungssummen pro Monat.

Die derzeit im Programm integrierten Werte beruhen auf einer Auswertung österreichischer Wetterdaten aus der Referenzperiode 1960–1990.

Solchermaßen ermittelte Standortdaten beschreiben die realen Verhältnisse freilich nur näherungsweise. Lokale Abweichungen fließen ebenso wenig ein wie z. B. die Auswirkung urbaner Wärmeinseln. Darüber hinaus ist das Klima seit einigen Jahrzehnten, primär bedingt durch Freisetzung von Treibhausgasen vor allem bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe, in vergleichsweise rascher Wandlung begriffen.

Im globalen Durchschnitt stieg die Temperatur im 20. Jahrhundert um rund 0,7 °C, in Österreich sogar um 1,1 °C. Die größere Klimasensitivität des alpinen Raumes hängt primär damit zusammen, dass der dämpfende Einfluss des Meeres hier gering ist. Aber auch andere Effekte, wie etwa die temperatur-

bedingt frühere Ausaperung des Bodens und die daraus folgende stärkere Erwärmung spielen eine Rolle.

Dass es zu nennenswerten Abweichungen zwischen dem im Energieausweis-Programm berechneten Standortklima und den aktuell vorherrschenden Klimaverhältnissen vor Ort kommen kann, sei an einem kleinen Beispiel für Wien illustriert:

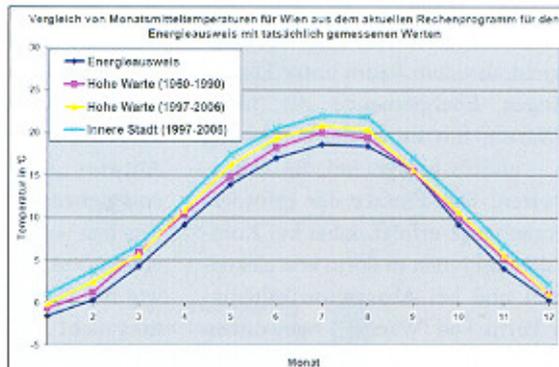
Die Monatsmittelwerte für den Standort Wien im Energieausweis-Programm liegen gegenüber den tatsächlich auf der Hohen Warte in derselben Referenzperiode 1960–1990 gemessenen durchschnittlich um 1,02 °C niedriger. Die Abweichung gegenüber den Messwerten aus dem letzten Jahrzehnt (1997–2006) beträgt bereits 1,64 °C. Die Messwerte der Inneren Stadt liegen im selben Zeitraum (1997–2006) sogar um 2,8 °C über den Standortwerten des Programms – eine Folge des Klimawandels und des Wärmeinselleffektes der Stadt. Abbildung 1 stellt die jeweilige Abweichung der Monatsmittelwerte grafisch dar.

Ersetzt man die Klimadaten im Energieausweisprogramm durch die gemessenen Außentemperaturwerte aus einem aktuellen Jahrzehnt (1997–2006) für Wien Innere Stadt und berechnet dann den Heizwärme- und Kühlbedarf neu, so erniedrigt sich in einem konkreten, moderneren Wiener Amtshaus der standortbezogene Heizwärmebedarf z. B. um etwa ein Viertel, während der Kühlbedarf um etwa 60 % ansteigt.

An diesem Einzelbeispiel wird deutlich, dass durch Verwendung älterer Klimadaten (1960–1990), durch lokale Klimaabweichungen innerhalb der Klimaregion, und insbesondere auch durch Vernachlässigung von Wärmeinselleffekten in Städten, die Abweichungen zwischen Simulation und realen Bedingungen relativ hoch sein können.

Wird das Energieausweis-Programm zum Vergleich thermischer Gebäudequalitäten bei einem Referenzklima herangezogen, so spielt die realistische Abbildung des Standortklimas keine so bedeutsame Rolle. Werden aber mittels Simulationen Gebäude oder deren

Abb. 1: Monatsmittelwerte für den Standort Wien im Energieausweis-Programm im Vergleich mit Messwerten



Auch die Globalstrahlung hat im Wiener Raum seit 1970 deutlich zugenommen: Die durchschnittliche Jahressumme der Messwerte Hohe Warte (1997–2006) für die Globalstrahlung liegt fast 29 % höher als jene aus dem Energieausweisprogramm. Zu dieser deutlichen Veränderung kann auch der Einbau von Filtersystemen zur Reduzierung von Schwefeloxid und Russmissionen beigetragen haben.

thermische Sanierung geplant oder die Einhaltung von Grenzwerten für den Energiebedarf bestimmt, so sollte man den lokalen, klimatischen Verhältnissen künftig höheres Augenmerk schenken.

Infolge des Klimawandels ist es ebenfalls von Bedeutung abzuschätzen, ob ein Gebäude auch noch bei den klimatischen Verhältnissen in einigen Jahrzehnten ohne hohen

Energieeinsatz den thermischen Komfort im Innenraum sicherstellen kann, insbesondere in den Sommermonaten. Kann dies bei Wohnbauten nicht gewährleistet werden, so ist einerseits mit einer gesundheitlichen Belastung von sensiblen Personengruppen, insbesondere älteren und pflegebedürftigen Menschen, während Hitzewellen zu rechnen, die auch zu erhöhten Mortalitätsraten führen kann. Andererseits werden viele BewohnerInnen sich selbst helfen und Ventilatoren oder ineffiziente Kleinkühlgeräte verwenden – ein Trend, der jetzt schon in Wien zu beobachten ist. Gemeinsam mit dem erhöhten Kühlbedarf von Bürogebäuden führt dies genau dann zu Stromverbrauchsspitzen, wenn aufgrund eines Mangels an Kühlwasser für Kraftwerke das europäische Stromangebot sinkt. Jedenfalls trägt es – solange Strom nicht primär aus erneuerbaren Energiequellen gewonnen wird – zur Verschärfung des Klimaproblems bei.

Aebischer et al. (2007) von der ETH Zürich rechnen aufgrund von erhöhtem Kühlbedarf durch den Klimawandel für den jährlichen Gesamtstrombedarf der Schweiz bis 2035 mit einem Anstieg von +14%. Prettenhaler et al. (2007) berechnen in einer ersten Abschätzung für Österreich eine Abnahme der Heizgradtage um 20% bis in die 2040er-Jahre und eine Zunahme der Kühlgradtage (18,3 °C/18,3 °C) um 117%.

Die Lebensdauer von Gebäuden beträgt meist mehrere Jahrzehnte und auch Total-sanierungen werden üblicherweise im Abstand von mindestens zwei bis drei Jahrzehnten durchgeführt. Auch deshalb erscheint ein Blick auf die weitere Klimaentwicklung für die Gebäudeplanung wesentlich. Die Erwärmung in den nächsten zwei bis drei Jahrzehnten ist eine Folge der bereits in die Atmosphäre emittierten Treibhausgase und somit weitgehend unabhängig von künftig gesetzten Klimaschutzmaßnahmen. Es ist daher davon auszugehen, dass in den nächsten Jahrzehnten die Erwärmung in Österreich weiter voranschreitet.

### Die Berechnung von globalen und regionalen Klimaszenarien

Mit Globalen Klima Modellen (GCM) kann die zukünftige Klimaentwicklung errechnet werden, wenn man Annahmen hinsichtlich der globaler Bevölkerungs-, Wirtschafts- und Technologieentwicklung usw. trifft, welche die künftigen Treibhausgasemissionen und in weiterer Folge deren Konzentration in der Atmosphäre bestimmen.

Die Modelle haben noch einige Schwächen. So können Veränderungen in der Wolkenbildung, die Dynamik der Eisschmelze oder Veränderungen des Golfstroms mit dem heutigen Prozessverständnis und Datenmaterial noch nicht exakt modelliert werden. Auch werden einige Rückkoppelungsprozesse, wie die beginnende Sättigung der oberen Meeresschichten mit Kohlendioxid, in den heutigen Modellrechnungen noch nicht berücksichtigt. Da die Modelle den bisherigen Klimaverlauf jedoch gut abbilden, werden die Klimaszenarien, die vom IPCC errechnet wurden, als aussagekräftig bewertet. Diese Szenarien gehen je nach dem weiteren Anstieg von Treibhausgasemissionen von einer durchschnittlichen globalen Temperaturerhöhung zwischen 1,8 und 3,6 °C bis 2100 aus.

Bei einem Temperaturanstieg von mehr als 2 °C im globalen Mittel besteht, jenseits der systematischen Änderungen mittlerer Werte und der Zunahme von Häufigkeit und Ausmaß extremer Ereignisse, die Befürchtung, dass sog. Kipp-Punkte des Klima-

systems überschritten werden (Lenton, 2008), d. h. dass selbstverstärkende Prozesse oder solche mit katastrophalen Auswirkungen auf die Menschen in Gang gesetzt werden, die nur mehr sehr schwer oder nicht zu bremsen sind. Beispielsweise könnte jener Teil der ozeanischen thermohalinen Zirkulation, der landläufig als Golfstrom bezeichnet wird, etwa um die Jahrhundertwende zum Erliegen kommen. Dies würde – nach mehr als einem Jahrhundert systematischer Erwärmung – innerhalb von wenigen Jahrzehnten in Europa und Nordamerika zu dramatischer Abkühlung führen. Da mit den Modellen nicht genau festlegbar ist, wann solche Kipp-Punkte erreicht sind, ist umsichtiges Handeln und das Vorantreiben von Klimaschutzmaßnahmen umso wichtiger.

### Klimaszenarien für Österreich nach dem heutigen Stand des Wissens

Auf Basis globaler Klimaszenarien können mittels regionaler Klimamodelle mit besserer räumlicher Auflösung genauere Aussagen über regionale oder lokale Klimaveränderungen und deren Auswirkungen innerhalb Österreichs getroffen werden. Da die Schwächen aus den globalen Modellen aber auch den regionalen Ergebnissen anhaften, ist es wichtig, die Modellergebnisse sorgfältig und mit Sachverstand zu interpretieren.

Auf den regionalen und lokalen Maßstab heruntergerechnet, ergeben die globalen Temperaturänderungen in Österreich innerhalb der nächsten 50 Jahren Temperaturzunahmen zwischen etwa 1,5 °C und 4 °C und eine Verdoppelung bis Verdreifachung der Hitzetage (Tage mit Maximaltemperaturen über 30 °C) in Höhenlagen bis 1.500 m (Formayer et al. 2005). Die Abbildungen 2 und 3

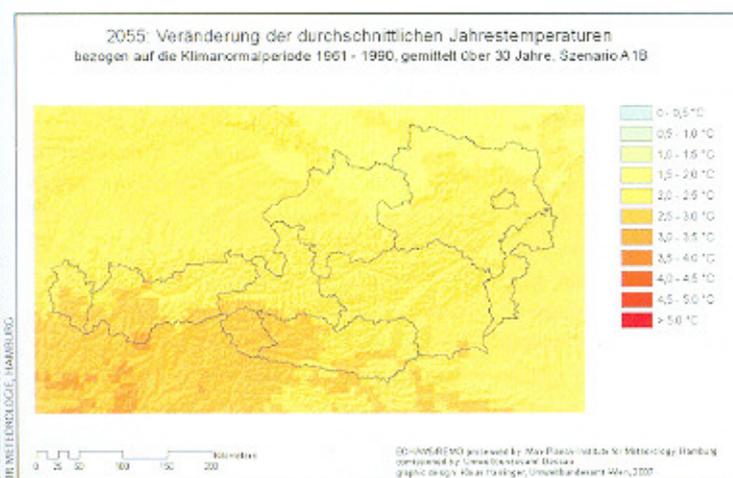


Abb. 2: Veränderung der durchschnittlichen Jahrestemperatur in Österreich bis 2055

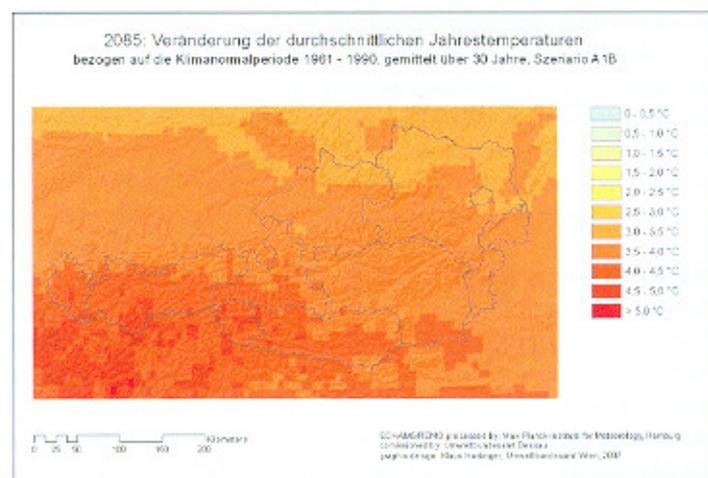


Abb. 3: Veränderung der durchschnittlichen Jahrestemperatur in Österreich bis 2085

zeigen die errechneten Temperaturänderungen bis etwa 2055 bzw. 2085 nach Modellrechnungen des deutschen Umweltbundesamtes. Zu Grunde gelegt wurde das mittlere Emissionsszenario A1B des IPCC.

Für Wien ergibt sich in der 30-jährigen Periode um 2025 je nach Szenarium eine mittlere Temperatur, die 0,3 °C bis 0,5 °C über jener der Referenzperiode 1961–1990 liegt. Um 2055 beträgt der Temperaturanstieg 1,2 bis 2,0 °C und um 2085 sogar 2,3 bis 3,5 °C (Damerau 2008). Dabei ist eine mögliche Verstärkung des Wärmeinseleffektes nicht berücksichtigt.

Der Klimawandel ist zudem nicht auf den Temperaturanstieg beschränkt: Zahlreiche andere, darunter nicht weniger wichtige Klimagrößen, verändern sich ebenfalls. So ergeben sich z. B. sowohl global als auch regional wesentliche Änderungen von Menge, Häufigkeit, Intensität und Art des Niederschlags. Weil jedoch die Niederschlagsmuster zeitlich und räumlich sehr variabel und oft auf sehr kleinräumige Prozesse zurückzuführen sind, sind die Modellergebnisse weniger robust als jene für die Temperatur. Insgesamt ist in Wien mit einem Rückgang der Niederschlagssummen im Sommer und Herbst und einer deutlichen Zunahme im Winter zu rechnen. Wegen des Temperaturanstieges geht der Anteil des festen Niederschlages zurück. Sibirische Kaltluftintrusionen werden es aber weiterhin geben, sodass – vor allem in Kombination mit feucht-warmer Luft aus dem Mittelmeer – ergiebige Schneefälle nach wie vor auftreten können.

In Übereinstimmung mit der Zunahme des Niederschlages im Winter lassen die Klimaszenarien für den Wiener Raum und Österreich eine Abnahme der Globalstrahlung im Winter (in manchen Monaten bis zu 10 %) erwarten. Der Anstieg in den Sommermonaten fällt gering und sehr variabel aus.

Veränderungen in Bezug auf Sturmhäufigkeiten oder -intensitäten sind momentan noch ungenügend modellierbar.

Für den Energiebedarf von Gebäuden sind vor allem Änderungen von Temperatur und Globalstrahlung relevant.

### Mögliche Anpassungsmaßnahmen im Gebäudesektor

Eine vorsorgende Anpassung an die aktuellen und die künftigen Klimabedingungen kann den thermischen Komfort von Gebäuden sicherstellen und so wesentliche Kosten und Treibhausgasemissionen einsparen. Ohne Anpassung des Gebäudesektors könnten

potenzielle Einsparungen beim Heizbedarf geringer ausfallen und durch den Anstieg des Kühlbedarfs auch zunichte gemacht werden.

Folgende Maßnahmen erscheinen u. a. aus heutiger Sicht sinnvoll und auch relativ rasch umsetzbar:

#### Im Bereich Planung

Architektonische Planung „mit“ dem Klima statt „gegen“ dieses. Bei Berücksichtigung der zu erwartenden Erwärmung bedeutet dies z. B. Abkehr von großen, südorientierten Fenstern und Einplanung von Beschattungs- und anderen natürlichen Kühlungselementen.

Sicherstellung der Tragfähigkeit von Dächern bei den zwar selten, aber doch zu erwartenden großen Mengen feuchten Schnees.

Einplanung von Möglichkeiten zur Speicherung von Regenwasser zur Abfederung der zu erwartenden geringeren Niederschlagsmengen und längeren Trockenperioden in den Sommermonaten. Dies würde die Anforderungen an die städtische Wasserversorgung herabsetzen.

Einbeziehung des lokalen Klimas, insbesondere von städtischen Wärmeinseln, in die Klimadaten für Gebäudesimulationsprogramme, die in städtischen Gebieten zum Einsatz kommen.

Kontinuierliche Aktualisierung der Klimadaten in Gebäudesimulationsprogrammen, um den aktuellen Klimaänderungen Rechnung zu tragen.

Einbeziehung künftiger Klimaszenarien in die thermische Gebäudesimulation bei der Planung und Sanierung von Gebäudehüllen und bei der Dimensionierung von Heiz- und Kühlanlagen.

Bewusste Einbeziehung des Effektes von Außenbegrünungsmaßnahmen wie Baumpflanzungen zur Fassadenbeschattung, Dach- und Fassadenbegrünungen in die Simulationen und damit in die Planung. Gill (2006) zeigte mittels eines Simulationsmodells, dass in Manchester die maximale Oberflächentemperatur von 1961–90 bis in die 2080er-Jahre konstant gehalten werden kann durch die Bepflanzung von zusätzlichen 10 % der Fläche dicht bebauter Wohngebiete und Stadtzentren. Auf diese Weise niedrig gehaltene lokale Außentemperaturen können die sommerliche Überwärmung von Gebäuden ebenfalls reduzieren.

#### Im Bereich Förderung und gesetzliche Regelung

Berücksichtigung der (aktuellen, vor allem aber der künftigen) Sommertauglichkeit von

Gebäuden bei der Vergabe von Förderungen für Neubau und Sanierung für Büro- und ebenso Wohnbauten. So sollten künftig auch kühlbedarfsreduzierende Maßnahmen wie Außenjalousien oder Infrarotstrahlung reflektierende Folien in bestimmten Fällen gefördert werden.

Stärkere Förderung von Maßnahmen zur Außenbegrünung bis hin zu verpflichtenden Begrünungsmaßnahmen unter definierten Bedingungen. Insbesondere Begrünungsmaßnahmen werden von der Bevölkerung in der Regel sehr positiv aufgenommen und zeigen neben der Verbesserung des thermischen Komforts von Gebäuden auch positive Effekte auf das Mikroklima und die Standortattraktivität. ■

#### Literatur

- Aebischer, B., Henderson, G., Jakob, M., Catenazzi G., „Impact of climate change on thermal comfort, heating and cooling energy demand in Europe“, ECEEE 2007 Summer Study • Saving Energy – Just do it!
- Damerau, K. (2008): *Climate Change and Energy Security – A Losing Deal? Diplomarbeit am Institut für Meteorologie der Universität für Bodenkultur, Wien*
- Formayer, H., Haas, P., Matulla, C., Frank, A., Seibert, P. (2005): *Untersuchungen regionaler Klimaänderungsszenarien hinsichtlich Hitze und Trockenperioden in Österreich. Endbericht von StartClim2004.B; in StartClim2004: Analysen von Hitze und Trockenheit und deren Auswirkungen in Österreich. Endbericht*
- Gill, S. (2006), *Climate change and urban greenspace, PhD thesis, University of Manchester, zitiert in "Building Knowledge for a Changing Climate" (2007)*
- Lenton, T. M., Held, H., Kriegler E., Hall, J. W., Lucht, W., Rahmstorf, S., Schellnhuber, H. J.: „Tipping elements in the Earth's climate system“ PNAS, February 12, 2008, vol. 105, no. 6, p.1786–1793
- Pretenthaler F., Gobiet A., Habsburg-Lothringen C., Steinacker R., Töglhofer C. und Türk A. (2007): „Auswirkungen des Klimawandels auf Heiz- und Kühlenergiebedarf in Österreich.“ Teilprojekt von StartClim 2006 „Klimawandel und Gesundheit, Tourismus, Energie“, Wien