

ÜBERREICHT VON:

Karl Gertis

Lehrstuhl Konstruktive Bauphysik
Universität Stuttgart, Postfach 40140, D-7000 Stuttgart 80

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Postfach 80 04 69 | Postfach 11 50
D-7000 Stuttgart 80 | D-8150 Holzkirchen 1

16 (1989) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

K. Gertis, H. Erhorn

CO₂-bedingte Klimaprobleme – ein neues Motiv für Energieeinsparung ?

1. Veränderung des Weltklimas

Über säkulare Zeiträume betrachtet hat sich die Außenlufttemperatur an der Erdoberfläche in den verschiedenen geographischen Gebieten oftmals verändert. Erstmals in der Erdgeschichte sind jetzt aber menschliche Eingriffe in die Natur so gravierend geworden, daß der Energiehaushalt der Atmosphäre bedroht und das Leben auf der Erde gefährdet ist. Aufgrund ständiger Zunahme von Luftverunreinigungen, welche die strahlungsphysikalischen Eigenschaften und die Luftchemie der Stratosphäre und Ionosphäre verändert, ist mit einer Temperaturzunahme der Erdatmosphäre zu rechnen. Kohlendioxid, das bei der Verbrennung fossiler Energierohstoffe freigesetzt wird, ist einer der Hauptverantwortlichen für die Verstärkung des Treibhauseffektes, der weltweite Klimaveränderungen erwarten läßt. An der weltweiten Emission ist die Bundesrepublik Deutschland mit ca. 4 % beteiligt. Der Energieverbrauch allgemein, auch derjenige für das Beheizen unserer Wohnungen, trägt somit zur Klimaveränderung und zum Temperaturanstieg bei.

Durch die Spurengase in der Atmosphäre entsteht auf der Erdoberfläche ein bekömmliches Klima. In gewissem Sinne ist dieser „Treibhauseffekt“ erwünscht. Wären die Gase, die ihn verursachen, in der Erdatmosphäre nicht vorhanden, dann würde auf der Erdoberfläche, wie Bild 1 links

zeigt, die äußerst unbehagliche Lufttemperatur von -15 °C entstehen. Heute sind dort im Mittel +15 °C vorhanden. Wenn sich künftig die Zusammensetzung der Spurengase in der Erdatmosphäre stärker ändert, werden +19 °C entstehen. Dabei bleibt die Abstrahlung der Erdatmosphäre in den Weltraum unverändert bei 240 W/m². Lediglich die „Dämmwirkung“ der Lufthülle nimmt zu, was bei dem größeren Temperaturgefälle zwischen Atmosphärenunterseite und Oberseite von +19 °C zu -19 °C (= 38 K) eine Wärmeabgabe von 412 W/m² zur Folge hätte (rechts in Bild 1).

Nach neuesten Abschätzungen [2] tragen die einzelnen Spurengase in recht unterschiedlicher Weise zum zusätzlichen Treibhauseffekt bei. Den stärksten Einfluß übt mit 50 % das Kohlendioxid aus; deshalb muß dessen Anstieg mit allen verfügbaren Mitteln gebremst werden. Methan und Fluorchlorkohlenwasserstoffe tragen mit 19 % bzw. 17 % zur Erwärmung bei. Alle übrigen Gase mit Gewichten von jeweils unter 10 %.

Die Konzentration von CO₂ nimmt in der in Bild 2 oben gezeigten Weise in den nächsten 50 Jahren bis zum Jahr 2030 zu. In dem schraffierten Bereich sind verschiedene Szenarien zusammengefaßt, die in [2] näher erläutert werden und verschiedenen prognostizierten Annahmen entstammen. Man erkennt, daß bis in die Jahre 2020/2030 unter durchschnittlichen Bedingungen etwa mit einer Zunahme der Kohlendioxidkonzentration auf ca. 450 ppm zu rechnen ist. Dieser

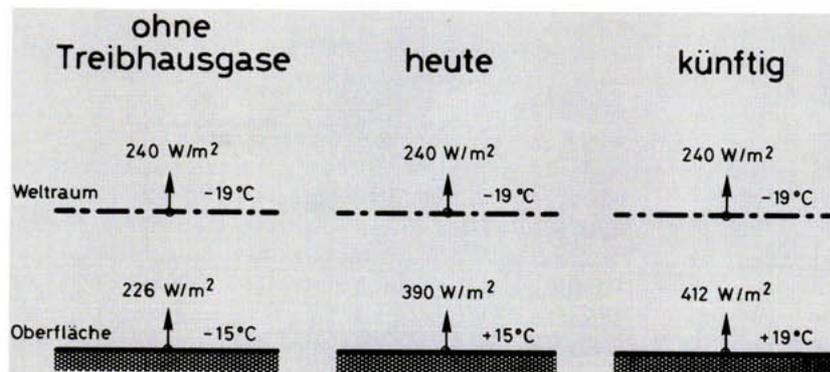


Bild 1: Schematische Darstellung der Wirkung des Treibhauseffektes mit Angabe der Strahlungswärmeflüsse von der Erdoberfläche und von der Atmosphäre in den Weltraum, nach [1].

links: Atmosphäre ohne Treibhausgase (hypothetisch)

Mitte: heutige Atmosphäre

rechts: künftige Atmosphäre

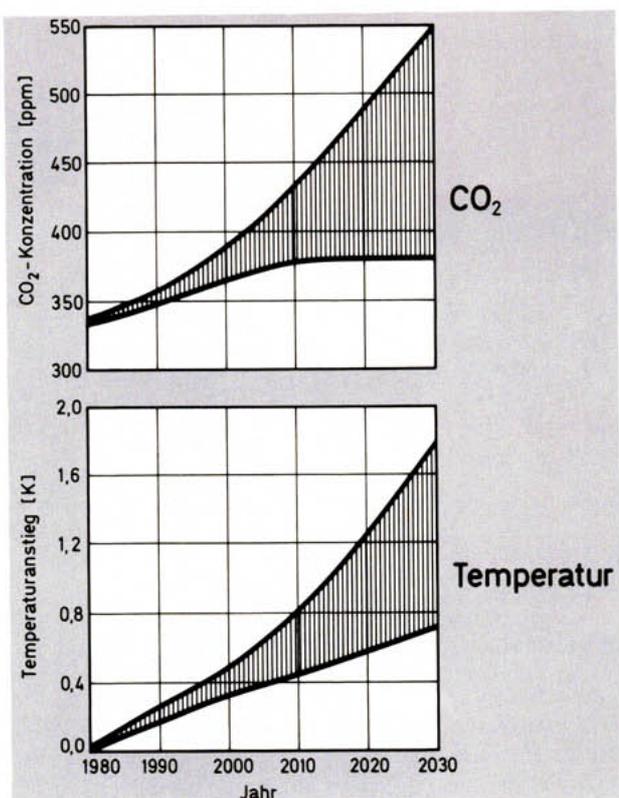


Bild 2: Änderung der Kohlendioxidkonzentration in der Erdatmosphäre und Anstieg der Lufttemperatur über dem Erdboden in den nächsten Jahren, nach [2].

Der schraffierte Bereich gibt die Ergebnisse verschiedener Szenarien wieder, die in [2] beschrieben werden.

Kohlendioxidzunahme entspricht, wie die analogen Kurven in Bild 2 unten zeigen, eine Temperaturzunahme von ca. 1 K. Mit diesem Temperaturanstieg ist in den nächsten Jahrzehnten zu rechnen.

2. Künftige Heizenergieverbräuche

Um die CO₂-Emissionen in den nächsten Jahren zu reduzieren, müssen in allen Energieverbrauchssektoren deutliche Einsparungen realisiert werden. Daß besonders der Bereich der Gebäudeheizung hierzu beitragen kann, soll im folgenden am Beispiel des Neubaus aufgezeigt werden. Hierzu werden folgende Varianten betrachtet:

Variante 1:

Alle Bauteile erfüllen gerade die Anforderungen nach der Wärmeschutzverordnung. Zusätzliche Verbesserungen werden nicht realisiert.

Variante 2:

Die Fenster werden mit Wärmeschutzverglasung, opake Bauteile in heute bauüblicher Güte ausgeführt. Als Heizanlage kommen Niedertemperaturkessel zum Einsatz.

Variante 3:

Rahmen und Verglasung von Fenstern werden mit hohem Wärmeschutzniveau ausgeführt. Opake Bauteile werden in thermisch hochwertiger Qualität, derzeit jedoch bereits realisierbarer Weise ausgeführt. Die Gebäudeform wird zur Kompaktheit optimiert, Pufferräume und Wintergärten werden an Teilen der Gebäudefassade angeordnet. Gebäudemassen von Innenbauteilen, die als Hohlkörperelemente ausgeführt sind, werden über Hybridsysteme zur Speiche-

rung von Solarenergie genutzt. In den Gebäuden sind mechanische Be- und Entlüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnungsaggregaten installiert. Die Heizung ist mit Brennwertkesseln und intelligenter Regelung bzw. einem Energiemanagementsystem ausgestattet.

Variante 4:

Hier werden die Grenzen des heute denkbaren technisch Möglichen realisiert. Die Gebäudehülle wird supergedämmt und energetisch optimiert ausgeführt. An der Gebäudefassade sind Pufferräume und Wintergärten angeordnet. Zur erhöhten Nutzung der Solargewinne werden Hybridsysteme, die kurzzeitig Bauteilmassen und langfristig Erdspeicher be- und entladen, eingesetzt. Die Gebäude besitzen mechanische Lüftungsanlagen mit Abluftwärmepumpen zur Wärmerückgewinnung. Interne Wärmegevinne werden über Energiemanagementsysteme gesteuert.

Für diese 4 Varianten sind Energiebilanzen in einer Heizperiode für ein durchschnittliches Ein- und ein Mehrfamilienhaus ermittelt worden. In Bild 3 sind die Ergebnisse, die jeweils auf 1 m² beheizte Wohnfläche bezogen sind, einander gegenübergestellt. Aus dem Bild erkennt man, daß bei der Variante 1 die Verluste im wesentlichen durch die Transmission bestimmt werden. Bei den Gewinnen muß die Heizung einen deutlichen Anteil zur Deckung der Verluste beitragen. Der benötigte Heizbedarf beträgt für Einfamilienhäuser ca. 145 kWh/m²·a, für Mehrfamilienhäuser ca. 65 kWh/m²·a.

Durch die Verbesserung der Dämmwerte werden bei Variante 2 die Transmissionswärmeverluste um ca. 25 % gesenkt. Die kontrollierte Abluft trägt nur gering zur Minderung der Luftwärmeverluste bei. Durch die geringeren Transmissionsgrade der Fenster sinken auch die nutzbaren Solargewinne etwas. Die benötigten Heizenergien reduzieren sich nahezu analog der Reduzierung der Transmissionswärmeverluste. Sie betragen für Einfamilienhäuser ca. 110 kWh/m²·a, für Mehrfamilienhäuser ca. 50 kWh/m²·a.

Die deutlichen Verbesserungsmaßnahmen bei der Variante 3 bewirken eine drastische Reduzierung des Heizenergiebedarfs. Die Transmissionswärmeverluste sinken auf unter 1/3 des Wertes der Variante 1. Die Lüftungswärmeverluste können ca. zur Hälfte zurückgewonnen werden. Zwar sinken die Solargewinne durch verminderte Transmissionsgrade und durch zeitweise Überhitzung (in den Räumen ist ein erhöhtes Lüften notwendig), doch durch Hybridsysteme lassen sich zusätzlich nutzbare Solargewinne in etwa gleicher Größenordnung in den Gebäudemassen zwischenspeichern. Der Heizenergiebedarf für Einfamilienhäuser beträgt nur noch ca. 25 kWh/m²·a, für Mehrfamilienhäuser weniger als 10 kWh/m²·a.

Der völlige Verzicht auf Heizenergie könnte mit der Variante 4 erreicht werden. Bei derartigen Bauten muß jedoch beachtet werden, daß leicht Überhitzungen in den Übergangsjahreszeiten oder im Sommer auftreten können. Geeignete Sonnenschutzmaßnahmen sind unbedingt vorzusehen. Bei der Variante 3 und besonders bei der Variante 4 sind zum Betreiben des Hybrid- und des Lüftungssystems erhöhte elektrische Leistungen für Förderenergien erforderlich. Diese erhöhen geringfügig die internen Gewinne. Bei der Entwicklung künftiger Antriebe von Ventilatoren, Pumpen und Kleinstwärmepumpen muß besonders auf kleine Leistungsaufnahmen geachtet werden, damit die erzielten Gewinne nicht durch die benötigte Förderenergie wieder wettgemacht werden.

3. Wechselwirkung zwischen Heizenergieverbrauch und CO₂-Anstieg.

Die Abschätzung der Entwicklung des jährlichen Heizenergieverbrauchs und der CO₂-Emissionen wird an den folgenden zwei Szenarien vorgenommen, zwischen denen sich die tatsächlichen Abläufe mutmaßlicherweise abspielen müssen [1]:

I. Konservatives Szenarium

Der gesamte Altbau bleibt bis in's Jahr 2030 unverändert auf dem Status quo ante. Dies bedeutet, daß im Altbau keine wärmeschutztechnische Modernisierung vorgenommen wird. Der Neubau wird in Wärmeschutzvariante 2 ausgeführt.

II. Progressives Szenarium

Es gelingt bis zum Jahr 2030, den gesamten Altbau so zu modernisieren, daß er den Dämmstandard eines Neubaus mit Wärmeschutzvariante 2 besitzt. Der Neubau entspricht der Wärmeschutzvariante 3.

Bei beiden Szenarien wird ein degressiver bescheidener Zuwachs an Wohnraum zugrunde gelegt. Unter diesen Umständen ergeben sich die in **Bild 4** oben ausgewiesenen Auswirkungen auf den Energieverbrauch für die Wohnungsbeheizung. Die obere Kurve gilt bei bisherigem, unverändertem Klima, die untere Kurve unter Berücksichtigung der Klimaveränderung. Man ersieht, daß im Falle Ia eine Zunahme des Heizenergieverbrauchs, in allen anderen Fällen eine Abnahme bis in's Jahr 2030 auftritt. Allerdings ist die klimabedingte Abnahme des Energieverbrauchs (Unterschied zwischen den beiden Begrenzungskurven) wesentlich kleiner als die Abnahme, die durch Modernisierungsmaßnahmen im Altbaubestand erreichbar ist (Unterschied zwischen I und II).

Das Potential zur Senkung der CO₂-Belastung muß somit bei der Verbesserung des Wärmeschutzes im Altbau gesucht werden. Das bloße Abwarten, daß allein das wegen der Klimaveränderung reduzierte Heizen den CO₂-Ausstoß so senke und sich das Klima wieder einpendele, ist trügerisch. Dies verdeutlicht auch Bild 4 unten, in dem die mögliche Senkung der heizungsbedingten CO₂-Emissionen für die gleichen Fälle dargestellt ist. Man erkennt auch hieraus das enorme CO₂-Einsparpotential, das in der wärmeschutztechnischen Modernisierung des Altbaubestandes liegt. Im Falle des progressiven Szenariums II ergibt sich allein bei der Heizung von Wohnungen eine CO₂-Emissionsreduktion von 220 Mt/a (1980) auf 50 Mt/a (2030). Dies entspricht einem geradezu gigantischen Reduktionspotential von fast 200 Mt/a an CO₂-Emissionen. Energieeinsparung ist und bleibt daher das Gebot der Stunde. Sie spart knappe Ressourcen und entlastet in erheblichem Maße die Umwelt.

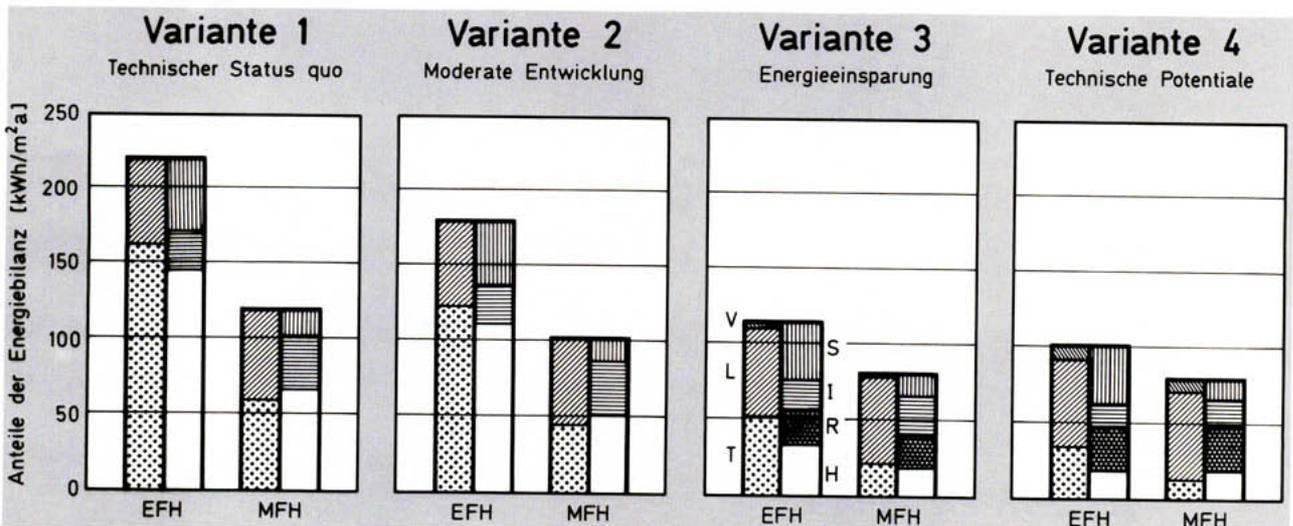


Bild 3: Gegenüberstellung der durchschnittlichen Energiebilanzen der einzelnen Varianten, getrennt nach Gewinn- und Verlustanteilen in einer Heizperiode für Einfamilienhäuser (EFH) und Mehrfamilienhäuser (MFH).

- Hierin bedeuten:
- | | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|
| Verluste | Gewinne | |
| T: Transmission | S: Solar | Sp: Speicher |
| L: Lüftung | I: Intern | H: Heizung |
| V: Überhitzung | R: Wärmerückgewinnung | |

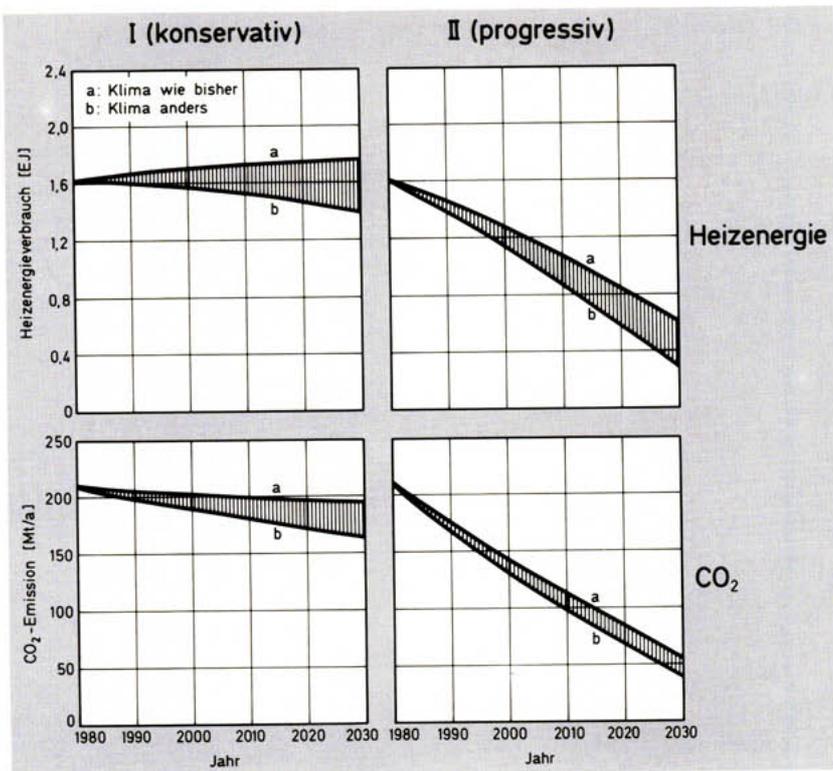


Bild 4: Zeitlicher Verlauf des Heizenergieverbrauchs für bundesdeutsche Wohnungen und der CO₂-Emissionen, die durch die Wohnungsbeheizung verursacht werden, bei künftig unterschiedlicher Klimaentwicklung, nach [1]

Szenarium I (konservativ)

Altbaubestand unverändert (Status quo ante gemäß 1980); Neubau nach heutigem Status (Wärmedämmvariante 2)

Szenarium II (progressiv)

Altbaubestand wird bis 2030 durch Modernisierung auf Neubaustandard gebracht (Wärmedämmvariante 2); Neubau nach hochwertigem Status (Wärmedämmvariante 3).

Literatur

- [1] Gertis, K. und Steimle, F.: Auswirkungen auf den Energieverbrauch für die Beheizung und Klimatisierung und des dadurch geänderten Schadstoff-Emissionsanfalls bei einer prognostizierten Temperaturerhöhung der Außenluft von 1 Kelvin. Studie (1989), unveröffentlicht.
- [2] Enquête-Kommission des 11. Deutschen Bundestages: Schutz der Erdatmosphäre. Eine internationale Herausforderung. Zwischenbericht. Univ.-Buchdruckerei, Bonn (1989).
- [3] Erhorn, H. und Gertis, K.: Entwicklung des Raumwärmeverbrauchs privater Haushalte bei Neubauten. Studienbeitrag zur Enquete-Kommission des 11. Deutschen Bundestages „zum Schutze der Erdatmosphäre“. Manuskript (1989). unveröffentlicht.