

Gebaute Zukunft heute | Built Future Today

Harald Strauß (Hrsg. | Ed.)

Nachhaltige Wohnbauten. Holz

Sustainable housing. Wood



Berliner
Wissenschafts-Verlag

VORWORT | PREFACE 6
VOLKMAR BLEICHER

EINLEITUNG | INTRODUCTION 8
HARALD STRAUSS

HELIOTROP | E 44
JUDITH ROSEMEIER

ARBOREA 60
MICHAEL BÄHRLE

N11 80
SOPHIA STETTNER

WOODCUBE 100
NICOLAS STEPHAN

SKAIO 120
LUKAS FISCHER

SEHR GEEHRTE LESERINNEN UND LESER, LIEBE STUDIERENDE,

die immer stetig wachsenden Anforderungen an die Behaglichkeit und Umweltverträglichkeit von Städten, Plätzen, Gebäuden, allgemein an die gebaute Umwelt, führen zu einer immer stärkeren Verflechtung einzelner Disziplinen. Daraus resultiert auch eine Veränderung im eigentlichen Planungsprozess. Die Architektur, das Tragwerk, die technischen Versorgungssysteme, die Bauphysik und weitere Disziplinen müssen auch unter ökonomischen und ökologischen Aspekten zusammengeführt und optimiert werden.

Vor diesem Hintergrund wurde nunmehr vor 10 Jahren der Studiengang Klimaengineering an der Fakultät Architektur der HFT Stuttgart ins Leben gerufen. Dabei soll das notwendige Wissen und das Verständnis für die einzelnen Gewerke im Studiengang Klimaengineering und für angrenzenden Studiengänge vermittelt werden. Die Vielfältigkeit dieser Themen spiegelt sich an den vielfältigen Lehrinhalten des Studiengangs wider.

Zum 10-jährigen Jubiläum möchten wir nun die Breite des Studienganges anhand verschiedener ausgewählter studentischer Arbeiten aufzeigen und in verschiedenen Veröffentlichungen dokumentieren.

Für die Umsetzung möchte ich mich bei den Studierenden, Mitarbeiterinnen und allen Beteiligten recht herzlich bedanken. Besonderen Dank gilt Prof. Dr. Harald Strauß für die Initiative und die Umsetzung, den Freunden der HFT und der Knödler Decker Stiftung für Ihre finanzielle Unterstützung.

Herzlichen Dank.
Prof. Volkmar Bleicher,
Studiendekan

DEAR READERS AND STUDENTS,

The ever-increasing demands on the comfort and environmental compatibility of cities, squares, buildings, and the built environment in general, leads to an ever-stronger interconnection of individual disciplines. This also results in a change in the actual planning process. The architecture, the supporting structure, the technical supply systems, the building physics and other disciplines must also be brought together and optimised under economic and ecological aspects.

Against this background, the study programme Climate Engineering was established at the Faculty of Architecture of the HFT Stuttgart 10 years ago. The aim is to impart the necessary knowledge and understanding of the individual trades in the Climate Engineering degree programme and related degree programmes. The diversity of these topics is reflected in the varied teaching content of the course.

On the occasion of the 10th anniversary, we would now like to show the breadth of the study programme by means of various selected student works and document them in various publications.

I would like to express my sincere thanks to the students, staff and all those involved for the realisation of this project. Special thanks go to Prof. Dr. Harald Strauß for the initiative and implementation, the Friends of the HFT and the Knödler Decker Foundation for their financial support.

Many thanks.
Prof. Volkmar Bleicher,
Dean of Studies

EINLEITUNG

Die gebaute Umwelt, also auch die schwerlich verzichtbare Wohnbebauung, trägt auf verschiedene Weisen zum Verbrauch von Ressourcen und zur Belastung von Senken bei. Abgesehen von normativen Fragestellungen, wie viel Fläche individuell zur Verfügung stehen soll, ist eine möglichst genaue Kenntnis der im weitesten Sinne bauphysikalischen, materialwissenschaftlichen, aber auch ökologischen Zusammenhänge notwendig, um ermitteln zu können, welche systematischen Auswirkungen Errichtung, Lebenszeit und Abbruch eines Gebäudes auf die Umwelt haben wird. Ein übergeordneter Rahmen ist durch die internationalen Klimaschutzziele vorgegeben, die im Folgenden den Ausgangspunkt darstellen (Kapitel 1), da der Endenergieverbrauch in der Kategorie Wohnen in einer reichen Volkswirtschaft wie Deutschland problematisch hoch liegt, nicht zuletzt durch die ins Gerde gekommenen Ein- und Zweifamilienhäuser, deren zumeist konventionelle Machart nicht mit Klimaschutz zu vereinbaren ist. Die derzeitigen gesetzlichen Planungsvorgaben der Bundesregierung werden im Ansatz erläutert und kritisch analysiert; ferner werden die in diesem Kontext auftauchenden Rebound-Effekte diskutiert, die gerade deshalb auftreten, weil (nicht nur) die kommende deutsche Bundesregierung – welche Parteien auch immer involviert sein werden – in Sachen Klimaschutz am Credo des Marktes festhalten wird. Es steht nicht zu erwarten, dass die kommende Legislaturperiode einen Paradigmenwechsel in der Frage des volkswirtschaftlichen Stoffstrommanagements mit sich bringt.

INTRODUCTION

The built environment, i.e. also residential buildings that are difficult to do without, contributes in various ways to the consumption of resources and the pollution of sinks. Apart from normative questions about how much space should be made available individually, the most precise possible knowledge of the interrelationships between building physics, materials science and ecology in the broadest sense is necessary to be able to assess what systematic effects the construction, lifetime and demolition of a building will have on the environment. An overarching framework is provided by the international climate protection goals, which represent the starting point in the following (Chapter 1) since the final energy consumption in the residential category is problematically high in a rich economy such as Germany, not least due to the one and two-family houses that have come under discussion, whose mostly conventional design is not compatible with climate protection. The current legal planning requirements of the German government are explained and critically analysed; furthermore, the rebound effects that emerge in this context are discussed, which occur precisely because (not only) the coming German government—whichever parties will be involved—will adhere to the credo of the market in matters of climate protection. It is not to be expected that the coming legislative period will bring a paradigm shift in the issue of economic material flow management.

Gesetzgeberische Aktivitäten stehen immer im Schatten politischer Kräfteverhältnisse und ökonomischer Interessen, die Gesetzgebung zur Regulation der Klimawandelfolgen bildet hier keine Ausnahme. Dies zeigt sich stellenweise in der Art der Bilanzierung der mit dem Gebäudesektor verbundenen Emissionen, die »Graue Energie« der gebauten Umwelt, die in entweder in anderen Bilanzen gebucht wird oder – schlimmstenfalls – unter den Tisch fällt. Damit wird jedoch eine klare Bilanz und eine dementsprechende Zuweisung der Verantwortlichkeiten erschwert. Insbesondere die traditionell zu nennende Verwendung von Beton und Stahl ist problematisch; es ist nötig, sich die Details dieses Pfades »Grauer Energie« zu verdeutlichen. (Kapitel 2)

Der Schwerpunkt dieses Bandes liegt bei ausgewählten Beispielen im Wohngebäudebau, in denen hauptsächlich Holz als vorrangiges Baumaterial verwendet wurde. Der Grundgedanke der Verlängerung der Speicherzeit von Kohlendioxid durch die Überführung aus dem Wald in die gebaute Umwelt erscheint zunächst plausibel; auch die Anregung der dazu passenden forstwirtschaftlichen Aktivitäten, verbunden mit einer eventuellen Ausweitung von Waldflächen wäre sicherlich ein prinzipiell positiver Beitrag zur Bekämpfung des Klimawandels. Allerdings kommt es hierbei auf entscheidende Details an, wie mit Blick auf neuere Studienergebnisse gezeigt werden kann. Das Umschwenken auf die verstärkte Nutzung von Holz als Substitut für mineralische Baustoffe alleine wird alleine den fortschreitenden Klimawandel nicht abbremsen;

Legislative activities are always overshadowed by political power relations and economic interests, and legislation to regulate climate change impacts is no exception. This is reflected in places in the way emissions associated with the building sector are accounted for, the »grey energy« of the built environment, which is either booked into other accounts or—at worst—dropped under the table. However, this makes it difficult to draw up a clear balance sheet and assign responsibilities accordingly. In particular, the traditional use of concrete and steel is problematic; it is necessary to look at the details of this »grey energy« path. (Chapter 2)

The focus of this volume is on selected examples in residential building construction in which wood was mainly used as the primary building material. The basic idea of extending the storage time of carbon dioxide by transferring it from the forest to the built environment seems plausible at first; also the stimulation of matching forestry activities, combined with a possible expansion of forest areas would certainly be a positive contribution to combating climate change in principle. However, crucial details are involved here, as can be shown with a view to recent study results. Switching to the increased use of wood as a substitute for mineral building materials alone will not slow down the advancing climate change;

eine sorgfältige Kalibrierung des Verhältnisses von Waldflächen gegenüber (aus Holz) gebauter Umwelt, eine über die gegenwärtigen Gewohnheiten hinausgehende Nutzungsdauer von Gebäuden sowie die mögliche Verlängerung der Speicherzeit von Kohlendioxid nach dem Abbruch solcher Gebäude deuten sich als weitere Konsequenzen in diesem Kontext an. (Kapitel 3)

Schließlich werden fünf ausgewählte Wohngebäude mit Holz als maßgeblichem Baustoff im Detail vorgestellt und diskutiert. (Kapitel 4)

1 | KLIMASCHUTZZIELE FÜR DIE Gebaute Umwelt in Deutschland

Mit Blick auf die 2015 in Paris vereinbarten Klimaschutzziele hatte sich die deutsche Bundesregierung vorgenommen, insbesondere den Wärmebedarf bis 2020 um 20 % zu verringern; das mittelfristige Ziel (bis 2050) lautete, den Primärenergieverbrauch im gesamten Gebäudebereich um 80 % zu senken und bis dahin einen klimaneutralen Gebäudebestand zu erreichen. Wird der Fokus auf die Dimension Raumwärme gerichtet, liegt eine Abkehr von der Nutzung der bevorzugten Energieträger (Öl und Gas) auf der Hand. Dementsprechend hat die deutsche Bundesregierung Schwerpunkte bei der Wärmedämmung von Bestandsgebäuden, dem finanziell geförderten Austausch alter Heizungsanlagen und der CO₂-Bepreisung in definierten Nicht-EU-ETS-Sektoren (außerhalb des europäischen Emissionshandelssystems) gelegt.

a careful calibration of the ratio of forest areas versus (wood) built environment, a useful life of buildings beyond current habits as well as the possible extension of the storage time of carbon dioxide after the demolition of such buildings suggest further consequences in this context. (Chapter 3)

Finally, five selected residential buildings with wood as the main building material are presented and discussed in detail. (Chapter 4)

1 | CLIMATE PROTECTION TARGETS FOR THE BUILT ENVIRONMENT IN GERMANY

With a view to the climate protection targets agreed in Paris in 2015, the German government had set itself the goal of reducing heating demand in particular by 20 % by 2020; the medium-term target (by 2050) was to reduce primary energy consumption in the entire building sector by 80 % and to achieve a climate-neutral building stock by then. If the focus is placed on the dimension of space heating, a move away from the use of the preferred energy sources (oil and gas) is obvious.

Geschätzt knapp 18 % der weltweiten Treibhausgasemissionen (Stand 2020) gehen auf das Konto der Endenergienutzung in Gebäuden, etwa 11 % davon entfallen auf die *Wohngebäude* (Our World in Data 2020a). Alle Gebäude in Deutschland benötigen fast das Doppelte des Weltdurchschnitts in der Kategorie Endenergieverbrauch. Hier entfällt der größte Anteil auf den Bereich Wohnen. Im Jahr 2018 wurden schätzungsweise 578 TWh Endenergie in Wohngebäuden verbraucht, der größte Teil für Raumwärme (464 TWh) und Warmwasser (103 TWh). Der Einsatz der mittlerweile allseits beliebten Energiesparlampen trägt angesichts dieser Dimensionen nur wenig zum Gesamtbild bei (Beleuchtung: 10 TWh); Klimakälte macht einen Verbrauch von 1 TWh aus (DENA 2019, S. 19). Innerhalb der Kategorie der Wohngebäude in Deutschland mit einem Bestand von 18 947 981 Wohnbauten schneiden die 15 748 630 Ein- und Zweifamilienhäuser energetisch am schlechtesten ab; sie »haben mit 39 % den größten Anteil am Endenergieverbrauch in Gebäuden« (DENA 2019, S. 10).

Der marktbasierter Mechanismus der CO₂-Bepreisung ab 2021 funktioniert zunächst über eine schrittweise Preiserhöhung (vgl. **Abb. 1**), die neben dem Gebäudebereich vor allem den nationalen Verkehr – ausgenommen die Luftfahrt, die dem europäischen ETS-Mechanismus unterliegt – und bestimmte Bereiche der nationalen Industrie betreffen wird.

Nach dieser fünfjährigen Einführungsphase wird ab 2026 eine maximale Emissionsmenge von Treibhausgasen festgelegt, die sich gemäß dem Klimaschutzplan 2050 und den EU-Emissionsbudgets jährlich verringern muss, um die vereinbarten Klimaschutzziele zu erreichen.

Accordingly, the German government has prioritised thermal insulation of existing buildings, financially supported replacement of old heating systems and CO₂ pricing in defined non-EU ETS sectors (outside the European Emissions Trading Scheme).

It is estimated that almost 18 % of global greenhouse gas emissions (as of 2020) are attributable to final energy use in buildings, about 11 % of which is accounted for by residential buildings (Our World in Data 2020a). All buildings in Germany require almost twice the world average in the final energy use category. Here, the *residential sector* accounts for the largest share. In 2018, an estimated 578 TWh of final energy was consumed in residential buildings, most of it for space heating (464 TWh) and hot water (103 TWh). Given these dimensions, the use of the now universally popular energy-saving light bulbs contributes little to the overall picture (lighting: 10 TWh); air-conditioning cooling accounts for the consumption of 1 TWh (DENA 2019, p. 19). Within the category of residential buildings in Germany, with a stock of 18 947 981 residential buildings, the 15 748 630 detached and semi-detached houses perform worst in terms of energy; they »account for the largest share of final energy consumption in buildings at 39 %« (DENA 2019, p. 10).

Industrieunternehmen sollen dabei ihre CO₂-Emissionen durch Zertifikate decken, deren Preis in einem vorgegebenen Rahmen von mindestens 35 €/t CO₂ bis maximal 60 €/t CO₂ in Auktionen marktbasierend ermittelt werden soll. Die Festlegung des erwähnten Rahmens steht allerdings unter Vorbehalt (BMU 2019, S. 28f). Die Regierung plant, insbesondere die Privathaushalte beim Strompreis, bei der Entfernungspauschale und durch eine Erhöhung des Wohngeldes zu entlasten, was durch die Einnahmen der CO₂-Bepreisung gedeckt werden soll (Umlage gemäß Erneuerbare-Energien-Gesetz) (BMU 2019, S. 29). Mit Blick auf den *Gebäudesektor* rechnet das zuständige Ministerium ausschließlich mit den Treibhausgasemissionen, die unmittelbar durch den Einsatz fossiler Energieträger entstehen; die Bereitstellung von Energie für Beheizung, Warmwasser, Kühlung und Beleuchtung werden in dieser Perspektive ausgeblendet und dem Sektor *Ener-giewirtschaft* zugerechnet. Dementsprechend sieht das Bundesministerium für Umwelt im Sektor Gebäude eine spektakuläre Senkung der Treibhausgasemissionen um 44 % zwischen 1990 und 2018 (BMU 2019, S. 47), während die Deutsche Energie-Agentur (DENA) unter der Prämisse einer fortgesetzten Trendentwicklung beim Endenergieverbrauch (in TWh) davon ausgeht, dass der Gebäudesektor das Etappenziel im Jahr 2030 um 28 Millionen t CO₂-Emissionen überschreiten könnte (DENA 2019, S. 9). In dieser Perspektive ist vielmehr eine leichte Steigerung in der zweiten Hälfte der 2010er-Jahre zu beobachten (vgl. **Abb. 2**).

The market-based mechanism of CO₂ pricing from 2021 will initially work via a gradual price increase (cf. **Fig. 1**), which, in addition to the buildings sector, will primarily affect national transport—except for aviation, which is subject to the European ETS mechanism—and certain sectors of national industry.

After this five-year introductory phase, a maximum quantity of greenhouse gas emissions will be set from 2026 onwards, which must be reduced annually according to the Climate Protection Plan 2050 and the EU emissions budgets to achieve the agreed climate protection goals. Industrial companies are to cover their CO₂ emissions with certificates, the price of which is to be determined in market-based auctions within a specified framework of at least 35 €/t CO₂ up to a maximum of 60 €/t CO₂. However, the determination of the aforementioned framework is subject to reservations (BMU 2019, p. 28f). The government plans to relieve the burden on private households in particular concerning the electricity price, the distance allowance and by increasing the housing allowance, which is to be covered by the revenue from the CO₂ pricing (levy under the Renewable Energy Sources Act) (BMU 2019, p. 29). With regard to the *building sector*, the responsible ministry only calculates the greenhouse gas emissions that result directly from the use of fossil fuels; the provision of energy for heating, hot water, cooling and lighting are excluded from this perspective and attributed to the *energy sector*.

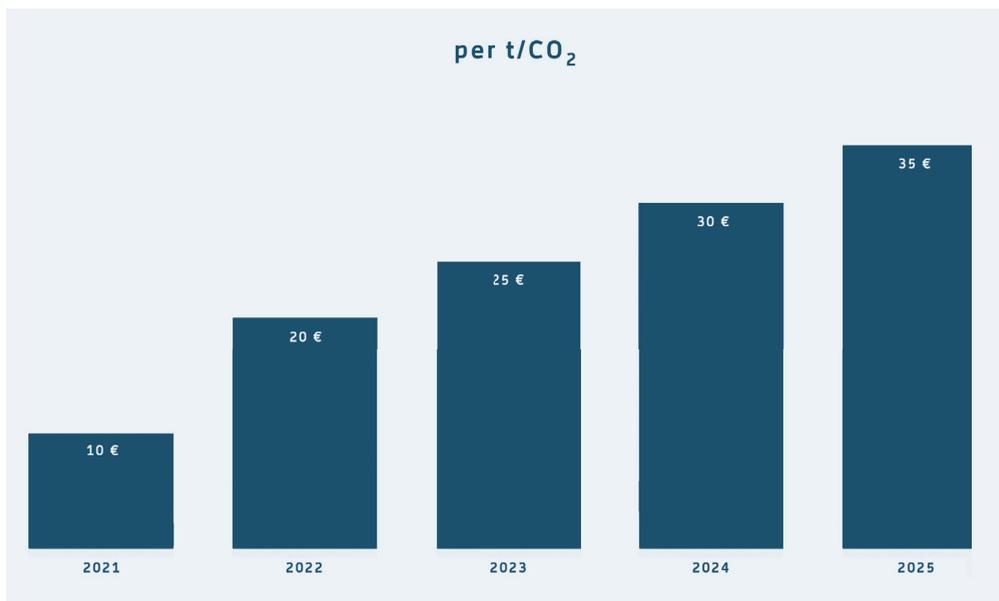


Abb. 1 | Fig. 1 Schrittweise Anhebung des Preises pro Tonne Kohlendioxid in Deutschland in Non-ETS-Sektoren | Gradual increase in the price per tonne of carbon dioxide in Germany in non-ETS sectors (eig. Darst. nach Angaben d. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit 2019, S. 26 | own illustration according to data from the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety 2019, p. 26)

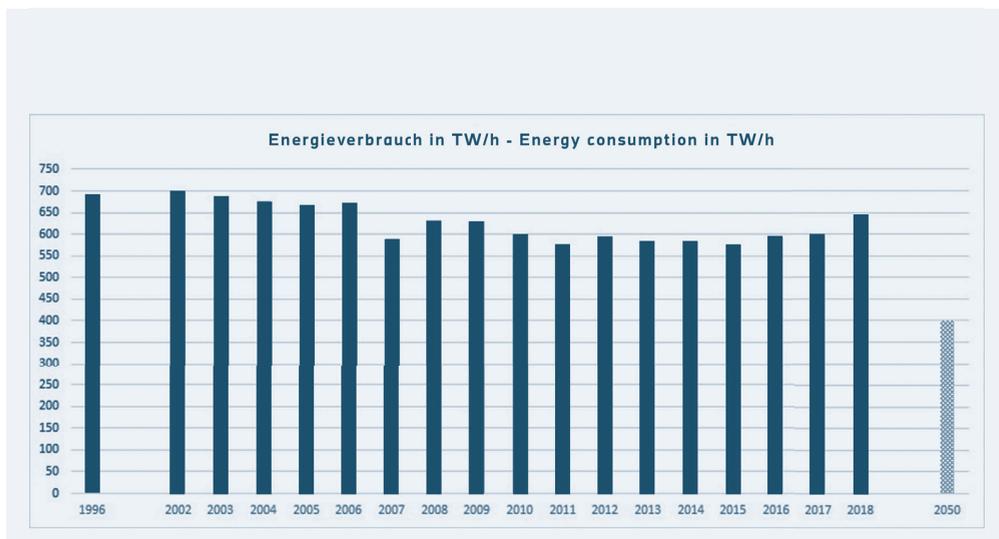


Abb. 2 | Fig. 2 Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Raumwärme und Warmwasser bei Privathaushalten inkl. Zielmarke 2050 | Development of final energy consumption for space heating and hot water in private households the incl. 2050 target (eig. Darst. nach DENA 2019, S. 20 | own representation according to DENA 2019, p. 20)

Werden hingegen die CO₂-Emissionen im Bereich des Wohnbaus betrachtet, die hauptsächlich für Raumwärme und Warmwasser, aber auch für die Bereitstellung von Elektrizität anfallen, so zeigt sich nur eine geringfügige Abnahme um 3,8 % im Zeitraum von 2005–2017 (vgl. **Abb. 3**). Dem liegt ein *Rebound-Effekt* zugrunde, einerseits auf individuelles Verhalten zurückzuführen ist, andererseits aber durchaus auch mit Trends in der Gestaltung von Neubauten zu tun hat:

»Gegenläufig wirkt der Trend zu höheren Wohnflächen pro Person. [...] Auch wenn die im Haushalt verwendeten Geräte immer energiesparender werden, macht der Trend zu einem erhöhten Ausstattungsgrad der privaten Haushalte die Effizienzgewinne weitgehend wieder zunichte.«
(Umweltbundesamt 2020)

Gemäß der Definition der Sektoren seitens des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit liegt die Obergrenze für Emissionen im Gebäudesektor im Jahr 2030 bei 72 Millionen t CO₂ (BMU 2019, S. 48). Während der Energieverbrauch, sofern er sich gemäß »Energiewende« zukünftig aus erneuerbaren Energiequellen speise, relativ unproblematisch erscheint (was eine Täuschung ist), lässt sich der Maßstab der Treibhausgasemissionen durch Definitionen kaum beschönigen. Eine differenzierte Aufschlüsselung (vgl. **Abb. 4**) zeigt, dass im Jahr 2017 annähernd dreiviertel der gesamten CO₂-Emissionen (209,6 Mio. t) auf Raumwärme- und Warmwasserbedarf zurückzuführen sind, also rund 154 Mio. t CO₂.

Accordingly, the German Federal Ministry for the Environment sees a spectacular 44% reduction in greenhouse gas emissions in the buildings sector between 1990 and 2018 (BMU 2019, p. 47), while the German Energy Agency (DENA), assuming a continued trend development in final energy consumption (in TWh), assumes that the buildings sector could exceed the milestone target by 28 million t CO₂ emissions in 2030 (DENA 2019, p. 9). In this perspective, a slight increase can rather be observed in the second half of the 2010s (cf. **Fig. 2**).

On the other hand, if CO₂ emissions in the residential sector are considered, which are mainly for space heating and hot water, but also for the provision of electricity, there is only a slight decrease of 3.8 % in the period 2005-2017 (cf. **Fig. 3**).

This is based on a *rebound effect*, which on the one hand can be attributed to individual behaviour, but on the other hand, also has to do with trends in the design of new buildings:

»The trend towards larger living spaces per person has the opposite effect. [...] Even if the appliances used in households are becoming more and more energy-efficient, the trend towards an increased level of equipment in private households largely cancels out the efficiency gains.«
(Umweltbundesamt 2020)

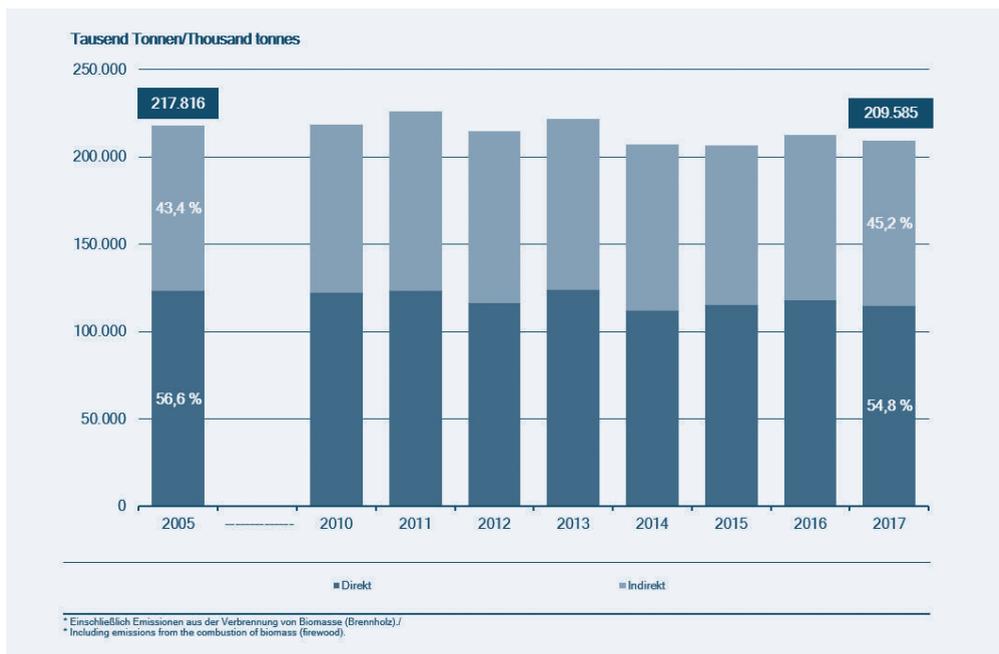


Abb. 3 | Fig. 3 Direkte und indirekte Kohlendioxid-Emissionen* im Bedarfsfeld Wohnen | Direct and indirect carbon dioxide emissions* in the housing demand area (Quelle | Source: Statistisches Bundesamt 2005–2017 | Federal Statistical Office 2005–2017)

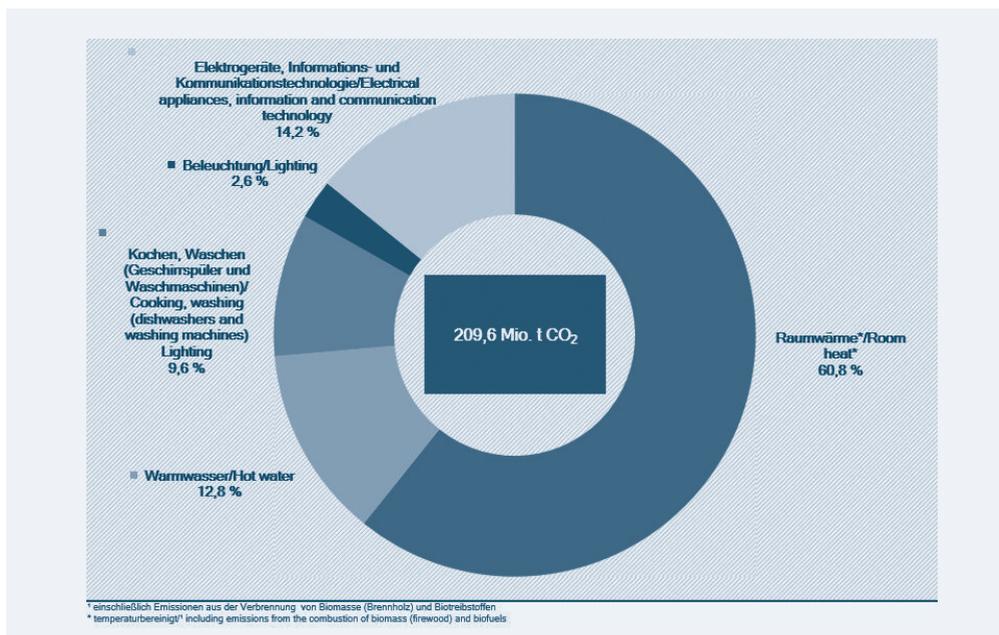


Abb. 4 | Fig. 4 Kohlendioxid-Emissionen¹ nach Anwendungsbereichen im Bedarfsfeld Wohnen 2017 | Carbon dioxide emissions¹ by area of application in the Housing demand area 2017 (Quelle | Source: Statistisches Bundesamt 2019 | Federal Statistical Office 2019)

Jede dieser Dimensionen müsste rechnerisch um knapp Zweidrittel reduziert werden, um sicher die Marke von 72 Mio. t CO₂-Emissionen zu unterschreiten (**siehe Tab. 1**).

Als Akteure einer praktischen Umsetzung der Klimaschutzziele im Gebäudesektor sind in erster Linie Immobilieneigentümer und Mieter (gewerbliche wie private) in die Verantwortung für das Gelingen des Unterfangens genommen. Die Regierung setzt dabei *zum einen* auf eine Mischung aus marktgeneriertem Preisdruck, der sich indirekt auf die ökonomischen Entscheidungen von Investoren, Bauwirtschaft, Handwerk und Planern auswirken soll, und *zum anderen* auf milde staatliche Anreize. Entsprechend der engen Definition des Sektors fehlt hier der Einbezug der mit der Bauwirtschaft verbundenen Industrien und deren Treibhausgasbilanzen. Das Credo lautet, dass vor allem die Marktmechanismen über eine entsprechende Nachfrage seitens des Gebäudesektors für eine ökologisch nachhaltig orientierte Produktion sorgen, mit anderen Worten: die mit diesem verbundenen Akteure.

Werden die gegenwärtigen Herausforderungen mit den Entwicklungen in der Vergangenheit verglichen, wird das Ausmaß des generalisierten Rebound-Effektes in der globalen wachstumsorientierten Wirtschaftsweise überdeutlich. Zwischen 1971 und 1988 wurden alle dominanten Industriezweige in den USA, Japan und sechs europäischen Staaten energieeffizienter. Die Energieintensität u. a. für Baustoffe sank um 32 %, für Eisen- und Nichteisenmetalle um 27 % und für Metalle um 26 %.

According to the definition of sectors on the part of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, the upper limit for emissions in the building sector in 2030 is 72 million t CO₂ (BMU 2019, p. 48). While energy consumption, insofar as it is fed from renewable energy sources in the future according to the »Energiewende«, appears relatively unproblematic (which is a deception), the scale of greenhouse gas emissions can hardly be glossed over by definitions. A differentiated breakdown (**cf. Fig. 4**) shows that in 2017 almost three-quarters of total CO₂ emissions (209.6 million t) were attributable to space heating and hot water demand, i.e. around 154 million t CO₂.

Each of these dimensions would have to be reduced by almost two-thirds to safely fall below the 72 million t CO₂ emissions mark (**see Tab. 1**).

As actors in the practical implementation of climate protection goals in the building sector, property owners and tenants (commercial and private) are primarily responsible for the success of the undertaking. The government relies on a mixture of market-generated price pressure *on the one hand*, which is supposed to have an indirect effect on the economic decisions of investors, the building industry, trades and planners, and on mild state incentives *on the other*. In line with the narrow definition of the sector, the inclusion of industries associated with the construction industry and their greenhouse gas balances is missing here.

Kategorie Category	Status Status 2017 in Mio. t CO ₂	Ziel Target 2030 in Mio. t CO ₂
Raumwärme Room heating	127,349	42,450
Warmwasser Hot water	26,912	8,971
Kochen, Waschen (Geschirrspüler und Waschmaschinen) Cooking, washing (dishwashers and washing machines)	20,104	6,701
Beleuchtung Lighting	5,495	1,832
Elektrogeräte, Informations- und Kommunikationstechnologie Electrical appliances, information and communication technology	29,725	9,908

Tab. 1 | Tab. 1 Vergleich von Status 2017 und rechnerischem Ziel einer CO₂-Emissionsreduktion bis 2030 nach Verbrauchskategorien im Bedarfsfeld Wohnen | Comparison of status 2017 and calculated target of CO₂ emission reduction by 2030 according to consumption categories in the housing demand area (eig. Rechnung | own calculation)

The credo is that it is primarily the market mechanisms that ensure ecologically sustainable production via a corresponding demand on the part of the building sector, in other words: the actors associated with it.

If the current challenges are compared with past developments, the extent of the generalised rebound effect in the global growth-oriented economy becomes abundantly clear. Between 1971 and 1988, all dominant industries in the USA, Japan and six European countries became more energy efficient. Energy intensity for building materials, among others, fell by 32%, for ferrous and non-ferrous metals by 27% and for metals by 26%. This increase in energy efficiency during this period is likely due to three elements: 1) improved operations management in the production process and maintenance, 2) increased investment in process equipment, and 3) replacement of obsolete production equipment (see Lee & Meyers 1992). It is obvious that these structural elements are not continuously updatable processes, but industrial renewal cycles that follow economic, not ecological events.

Despite the separation of emissions associated with the building sector, which are not directly related to the final energy consumption in the buildings, the last climate protection programme of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety at least notes:

Diese Steigerung der Energieeffizienz in dieser Periode dürfte auf drei Elemente zurückzuführen sein: 1) verbesserte Betriebsführung im Produktionsprozess und in der Wartung, 2) höhere Investitionen in die Prozessausrüstung und 3) Ersatz veralteter Produktionsanlagen (vgl. Lee & Meyers 1992). Es liegt auf der Hand, dass es sich bei diesen strukturellen Elementen nicht um kontinuierlich fortschreibbare Prozesse, sondern um industrielle Erneuerungszyklen handelt, die dem ökonomischen, nicht dem ökologischen Geschehen folgen.

Trotz der Abtrennung der mit dem Gebäudesektor verbundenen Emissionen, die nicht direkt mit dem finalen Energieverbrauch in den Gebäuden zusammenhängen, wird im letzten Klimaschutzprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit immerhin angemerkt:

»Berücksichtigt man zusätzlich die indirekten Emissionen, die im Energiesektor für die Bereitstellung von Energie im Gebäudesektor anfallen (vergleiche »Beschreibung des Sektors«), liegt der Anteil an den Gesamtemissionen bei rund einem Viertel. Hinzu kommen indirekte Emissionen, die durch die Produktion von Baustoffen, Bauteilen, Anlagentechnik und anderen im Industriesektor anfallen.«

(BMU 2019, S. 48)

»If one also takes into account the indirect emissions that occur in the energy sector for the provision of energy in the building sector (compare »Description of the sector«), the share of total emissions is around a quarter. In addition, there are indirect emissions arising from the production of building materials, components, plant technology and others in the industrial sector.«

(BMU 2019, p. 48)

The calculation seems to be that the future accounting of greenhouse gas emissions will be positive thanks to the narrow definition of the building sector, while the question of upstream and downstream energy consumption and the associated emissions in relation to the life cycle of a building remains unclear. But what share does this »grey energy« have in the built environment?

2 | GREY ENERGY AND GREY EMISSIONS

The formulated climate protection goals for the built environment in Germany, as shown in Chapter 1, focus on the reduction of final energy use and, associated with this, the reduction of greenhouse gases.