

Gebaute Zukunft heute | Built Future Today

Harald Strauß (Hrsg. | Ed.)

Nachhaltige Wohnbauten. Holz

Sustainable housing. Wood



Berliner
Wissenschafts-Verlag

Nachhaltige Wohnbauten.

Holz

Sustainable housing.

Wood

Gebaute Zukunft heute | Built Future today

Herausgegeben von

Prof. Dr. Harald Strauß

Harald Strauß (Hrsg. | Ed.)

Nachhaltige Wohnbauten. Holz

Sustainable housing.
Wood



Berliner
Wissenschafts-Verlag

Inhaltliche Konzeption: Harald Strauß
Redaktion: Harald Strauß und Annabel Angus
Englische Übersetzung der Fachbeiträge: Detlef Kaminski, Stuttgart

Gedruckt mit finanzieller Unterstützung

der Freunde der Hochschule für Technik Stuttgart e. V.
Schellingstraße 24
70174 Stuttgart
E-Mail: vdf@hft-stuttgart.de

Verein Freunde
Hochschule für Technik Stuttgart

Hochschule
für Technik
Stuttgart

und der Knödler-Decker-Stiftung
Gänswaldweg 25
70186 Stuttgart
E-Mail: info@knoedler-decker-stiftung.de
www.knoedler-decker-stiftung.de



KNÖDLER · DECKER · STIFTUNG

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen
Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtes ist unzulässig
und strafbar.

© 2022 BWV | BERLINER WISSENSCHAFTS-VERLAG GmbH,
Behaimstr. 25, 10585 Berlin,
E-Mail: bwv@bwv-verlag.de, Internet: <http://www.bwv-verlag.de>

Umschlagabbildung: Kaden+Lager GmbH, Berlin

Satz: Annabel Angus und Malin Mornhinweg, HFT Stuttgart
Druck: docupoint, Magdeburg
Gedruckt auf holzfreiem, chlor- und säurefreiem, alterungsbeständigem Papier.
Printed in Germany.

ISBN Print 978-3-8305-5146-1
ISBN E-Book 978-3-8305-4371-8

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 Gerede 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 marktbasierende 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 marktbasiert 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 *Energiewirtschaft* 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*.

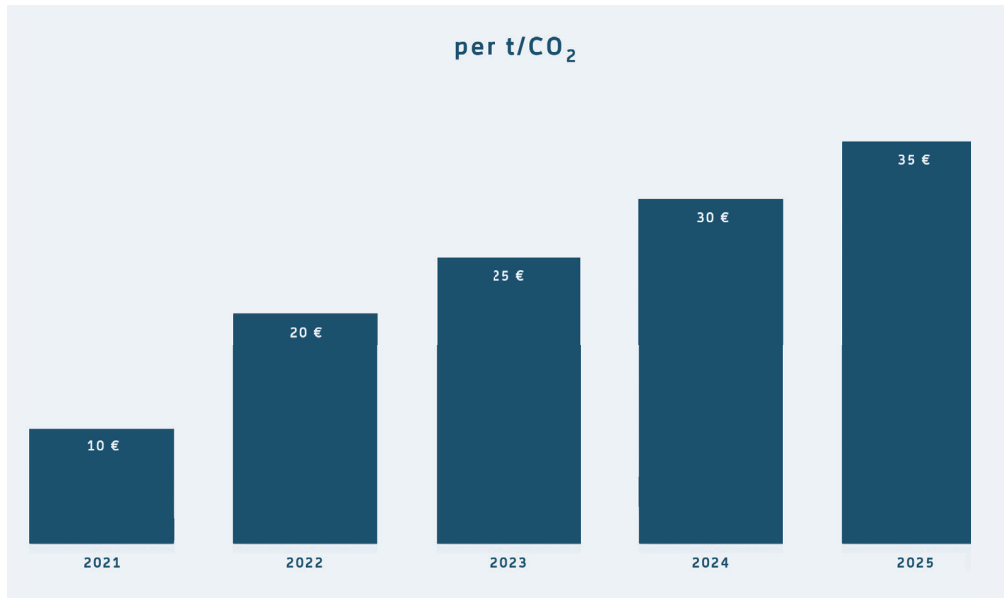


Abb. 1 | Fig. 1 Schrittweise Anhebung des Preises pro Tonne Kohlendioxid in Deutschland in Non-ETS-Sektoren | Gradual increase in the price per tonne of carbon dioxide in Germany in non-ETS sectors (eig. Darst. nach Angaben d. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit 2019, S.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

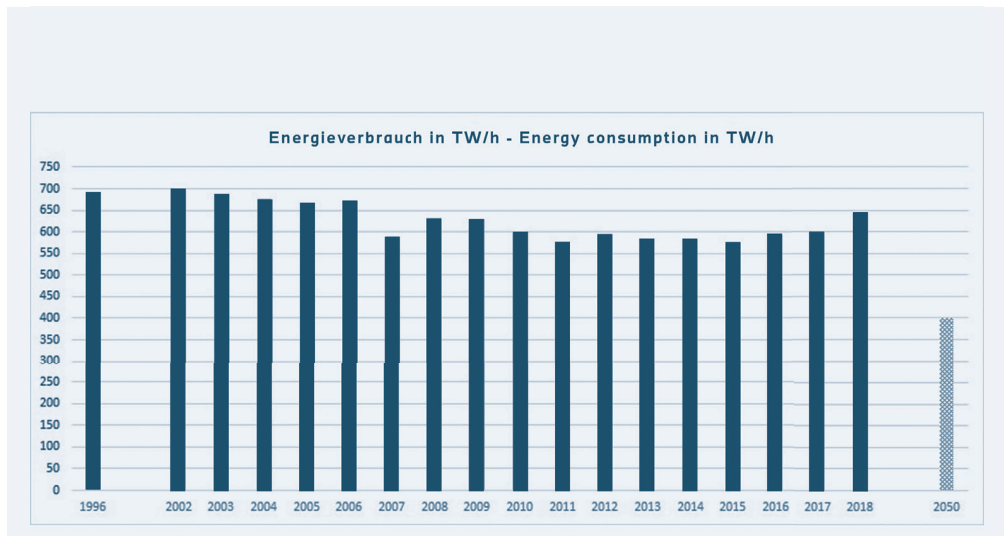


Abb. 2 | Fig. 2 Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Raumwärme und Warmwasser bei Privathaushalten inkl. Zielmarke 2050 | Development of final energy consumption for space heating and hot water in private households the incl. 2050 target (eig. Darst. nach DENA 2019, S. 20 | own representation according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