



Klaus Daniels and Ralph Hammann
Energy Design for tomorrow / Energie Design für morgen

368 pp. with ca. 530 illus. in colour and black and white,
230 x 297,5 mm, hard-cover, German/English
ISBN 978-3-936681-25-3
Euro 86.00, sfr 129.00, £ 69.00, US\$ 109.00, \$A 168.00

The challenges facing the 21st century are staggering: rapidly increasing population, mounting social instability due to global imbalances of wealth and welfare, resource scarcity and resulting conflicts related to their exploitation and distribution, and certainly the ongoing distress of the environment as a whole. Such severe conditions, including climate change, continue to become greater in number, complexity, and clarity, even though most of them had already been introduced as areas of concern in the 1970s and 1980s.

Part I of the book describes potential strategies that will play an essential role in curbing carbon emissions, reducing – or replacing – fossil fuel usage. To better understand the current global energy industry, the book is unique in showing energy consumption data across the globe in comparable units, and it explains how fossil fuels could be replaced by renewable energy resources.

Part II explains how the necessary significant reductions in energy consumption can be achieved by alternative means at reasonable cost for power generation to be maintained. A great number of projects are described in the book as case studies that fulfill the variety of current international energy code.

Part III addresses the technological possibilities for energy savings and resource-sensitive solutions related to buildings. Here, the potential of building-integrated solar systems, wind-power generation, rain-water harvesting, and the use of geothermal energy, as well as their implementation in the architecture are presented in detail.

On the one hand, the book presents the background for a broader understanding of the medium-range and long-range changes in our energy landscape, and on the other it provides the basis for avenues required to enable us to design strategies based on local conditions and individual geographical locations.

Over the past 20 years, Klaus Daniels and the engineers of his engineering consultancy HL Technik have published four volumes of seminal work related to this subject, and their work is continuously being updated. In this series, the new book is an attempt to illustrate how modern architecture needs to be adaptive to energy conditions and how design and technology can be blended successfully.

Klaus Daniels has devoted four decades to advanced engineering solutions as a consulting engineer. From 1991 to 2006 he taught at the Swiss Federal Institute of Technology (ETH). In 2006, the Technical University of Munich, Germany, celebrated his work with an honorary doctorate in engineering. Ralph Hammann is a professor of design and sustainable building systems in the Department of Architecture of the University of Illinois at Urbana-Champaign.

Distributors

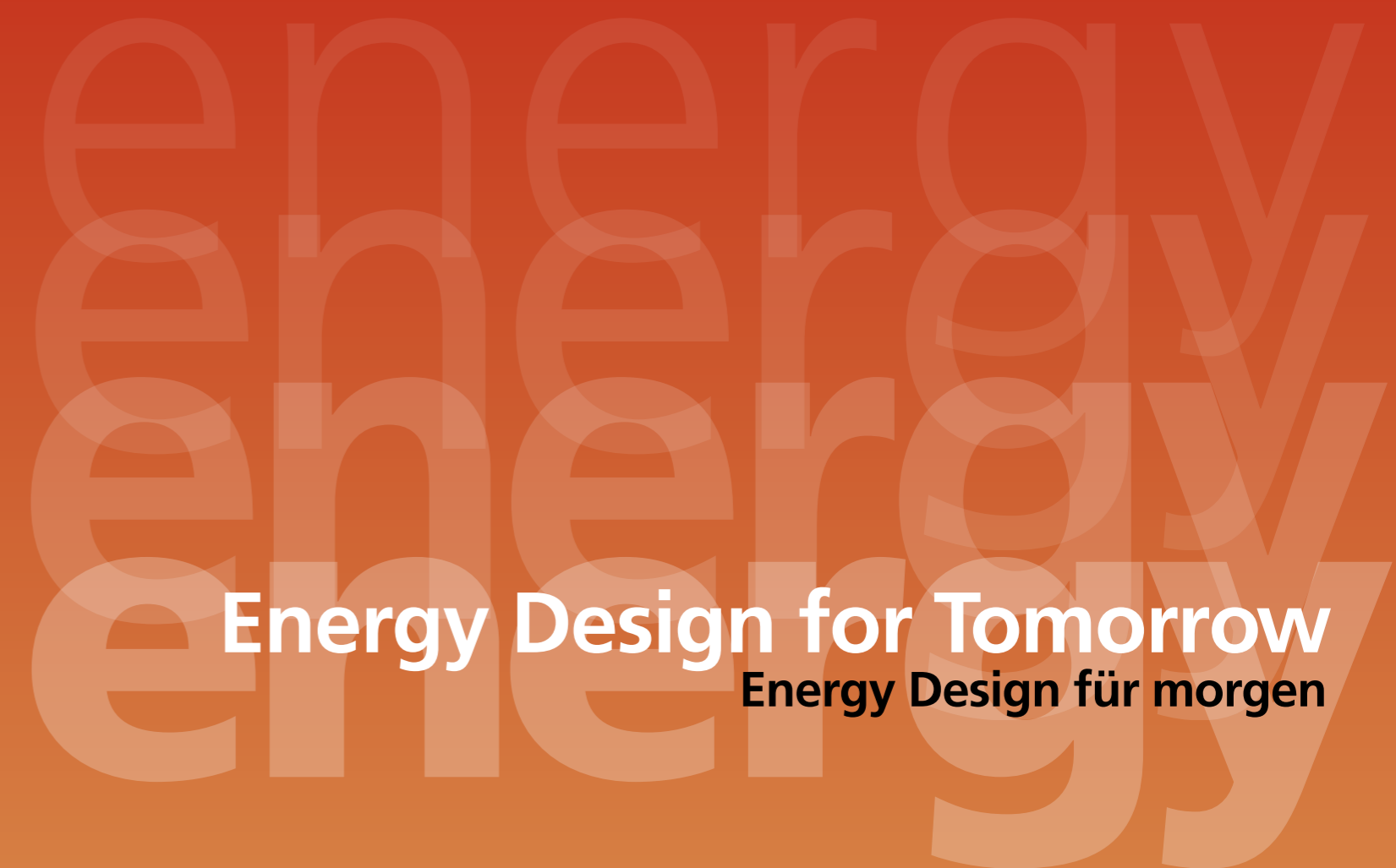
Brockhaus Commission
Kreidlerstraße 9
D-70806 Kornwestheim
Germany
tel. +49-7154-1327-33
fax +49-7154-1327-13
menges@brocom.de

RIBA Bookshops Distribution
15 Bonhill Street
London EC2P 2EA
United Kingdom
tel. +44-20-72567222
fax +44-20-73742737
sales@ribabookshops.com

National Book Network
15200 NBN Way
Blue Ridge Summit, PA 17214
USA
tel. +1-800-4626420
fax +1-800-3384550
custserv@nbnbooks.com

Tower Books
Unit 2/17 Rodborough Road
Frenchs Forest, NSW 2086
Australia
tel. +61-2-99755566
fax +61-2-99755599
info@towerbooks.com.au

Klaus Daniels
Ralph E. Hammann



Energy Design for Tomorrow

Energy Design für morgen

The challenges facing the 21st century are staggering: rapidly increasing population, mounting social instability due to global imbalances of wealth and welfare, resource scarcity and resulting conflicts related to their exploitation and distribution, and certainly the ongoing distress of the environment as a whole. Such severe conditions, including climate change, continue to become greater in number, complexity, and clarity, even though most of them had already been introduced as areas of concern in the 1970s and 1980s.

Part I of the book describes potential strategies that will play an essential role in curbing carbon emissions, reducing - or replacing - fossil fuel usage. To better understand the current global energy industry, the book is unique in showing energy consumption data across the globe in comparable units, and it explains how fossil fuels could be replaced by renewable energy resources.

Part II explains how the necessary significant reductions in energy consumption can be achieved by alternative means at reasonable cost for power generation to be maintained. A great number of projects are described in the book as case studies that fulfill the variety of international energy codes.

Part III addresses the technological possibilities for energy savings and resource-sensitive solutions related to buildings. Here, the potential of building-integrated solar systems, wind-power generation, rain-water harvesting, and the use of geothermal energy, as well as their implementation in the architecture are presented in detail. Energy farms in a large scale, tide and wave energy and other technics for virtual power plants around towns are described.

On the one hand, the book presents the background for a broader understanding of the medium-range and long-range changes in our energy landscape, and on the other it provides the basis for avenues required to enable us to design strategies based on local conditions and individual geographical locations.

Over the past 20 years, Klaus Daniels and the engineers of his engineering consultancy HL Technik have published four volumes of seminal work related to this subject, and their work is continuously being updated. In this series, the new book is an attempt to illustrate how modern architecture needs to be adaptive to energy conditions and how design and technology can be blended successfully.

Klaus Daniels has devoted four decades to advanced engineering solutions as a consulting engineer. From 1991 to 2006 he taught at the Eidgenössische Technische Hochschule in Zurich. In 2006, the Technische Universität in Munich celebrated his work with an honorary doctorate in engineering. He is now holding the chair for design and building technology at the Technische Universität Darmstadt. Ralph Hammann is professor of design and sustainable building systems in the department of architecture of the University of Illinois in Urbana-Champaign.

Daniels · Hammann

Energy Design for Tomorrow
Energy Design für morgen

Edition Axel Menges

086.00 Euro ISBN 978-3-936681-25-3 1 0 9 0 0
129.00 sfr
069.00 £
109.00 US \$
168.00 \$A 9 7 8 3 9 3 6 6 8 1 2 5 3

Edition Axel Menges

For Christa Daniels

Klaus Daniels
Ralph E. Hammann

Energy Design for Tomorrow

Energy Design für morgen

Content

Preface	8				
Introduction	12				
Part 1		Part 2		Part 3	
1 The greenhouse effect	18	9 Building for the post-fossil fuel era	120	13 Utilizing renewable energies	260
1.1 The greenhouse effect: in detail	20	9.1 Classification of building construction according to energy savings (EnEV, Germany)	129	13.1 Active technologies in and at building	260
1.2 CO ₂ reduction, 2 K scenario	23	9.2 The 2,000 watt society	140	13.1.1 Thermal storage and night cooling	260
2 Fossil energy sources, renewable energy	28	10 Real estate of the future – post-fossil fuel buildings	142	13.1.2 Utilization of biomass	264
2.1 Prognosis of energy consumption	28	10.1 Stop the waste of resources	145	13.1.3 Shallow geothermal applications	266
2.2 Primary energy offered by nature	30	10.2 Design principles	145	13.1.4 Earth tubes and geothermal labyrinths	273
2.3 Availability of fossil energy sources (oil, gas, coal, uranium)	32	10.3 Building materials and grey energy	151	13.1.5 Cogeneration, or combined heat-power plants (CHP)	277
3 Energy cost	36	10.4 Insulation materials	156	13.1.6 Solar thermal energy	279
3.1 Changes in cost of fossil fuels	36	10.5 Façades	161	13.1.7 Photovoltaic systems	285
3.2 Cost tendencies for renewable energy sources	38	10.6 The concept of energy supply	168	13.1.8 Fuel cell technology	292
4 Energy consumption of selected world regions (IEA 2004)	40	11 Small is beautiful! Exemplary small-scale projects	170	13.1.9 Wind power	295
4.1 Region: Europe	40	11.1 Office building Marché Restaurants Schweiz AG, Kempfthal, Switzerland	170	13.2 Large-scale technology (virtual power plants)	296
4.1.1 Use of renewable energy sources in Europe	50	11.2 Wohnen am Lohbach	174	13.2.1 Solar thermal power plants	298
4.2 North and South America region	53	11.3 Student dormitories hall Molkereistrasse, Vienna, Austria	184	13.2.2 Thermal updraft power plants	310
4.3 Africa and Middle East region	59	11.4 Ökohauptschule Mäder, Austria	185	13.2.3 Biomass power plants	312
4.4 Asia and Oceania region	72	11.5 University building ETH-Z, E-science Lab, Zurich, Switzerland	187	13.2.4 Wind farms	313
5 Detail view: Germany – case study	80	11.6 Office building Münchner Rückversicherungs AG, Munich, Germany	190	13.2.5 Geothermal energy	316
5.1 Electricity and thermal consumption, 2006	82	11.7 Solar Decathlon Competition 2007, 1st prize Darmstadt, Germany; Washington, D.C; Phoenix	192	13.2.6 Use of the energy of the oceans	323
5.2 Primary energy consumption, Leitszenario 2006	83	11.8 Micro-compact home	200	Tidal energy	323
5.3 Final energy consumption, Leitszenario 2006	85	11.9 Main building Eawag Empa, Dübendorf, Switzerland	204	Wave energy	331
5.4 Renewable energy, Leitszenario 2006	87	11.10 Training academy Herne	208	13.2.7 Compressed-air power plants	334
5.4 Electricity generation	87	11.11 Exhibition Hall 26, International Hanover Trade Fair, Hanover, Germany	212	14 Energy storage	336
5.5 Renewable energy, Leitszenario 2006	88			14.1 Battery technologies	336
5.5 Thermal energy generation	88			14.2 Hydrogen storage	337
5.6 Renewable energy, Leitszenario 2006	92			14.3 Water storage	337
5.6 Energy for the transportation sector	92			14.4 Compressed air storage	337
6 Detailed view: Switzerland	94	12 Zero-energy super-tall buildings: vision or illusion?	218	14.5 Hot water storage	338
7 Detailed view: France	98	12.1 Building integrated wind power (BIWP)	220	14.6 Ice Storage	338
8 Global energy scenarios	104	12.2 Pearl River Tower, Guangzhou, China	222	14.7 Flywheel energy storage (FES)	338
8.1 Primary energy and CO ₂ emissions	105	12.3 The “Phare” (lighthouse) high-rise in Paris	230	15 Conclusion	340
8.2 Generation of electricity	106	12.4 High-rise project “Phare” Middle East	242	Company profiles	348
8.3 Generation of thermal energy	107	12.5 ICADE Tower, Central Europe	248	Illustration credits	352
8.4 Energy (R)evolution	108			Bibliography	353
				Index	354
				Imprint	368

Inhalt

Vorwort	8				
Einleitung	12				
Teil 1		Teil 2		Teil 3	
1 Der Greenhouse-Effekt	18	9 Postfossiles Bauen	120	13 Nutzung erneuerbarer Energien	260
1.1 Der Treibhauseffekt	20	9.1 Klassifizierung energiesparender Häuser (EnEV, Deutschland)	129	13.1 Aktive Technologien an und im Gebäude	260
1.2 CO ₂ -Reduzierung, 2 K-Szenario	23	9.2 2.000-Watt-Gesellschaft	140	13.1.1 Wärmespeicherung/Nachtauskühlung	260
2 Fossile Energieträger / erneuerbare Energien	28	10 Die Immobilie der Zukunft – postfossile Gebäude	142	13.1.2 Nutzung von Biomasse	264
2.1 Prognostizierte Energieverbräuche	28	10.1 Stopp der Ressourcenverschwendung	145	13.1.3 Untiefe Geothermie	266
2.2 Primärenergieangebot der Natur	30	10.2 Planungskriterien	145	13.1.4 Erdrohre/Thermolabyrinth	273
2.3 Verfügbarkeit fossiler Energieträger (Öl/Gas/Kohle/Uran)	32	10.3 Baustoffe und graue Energie	151	13.1.5 Kraft-Wärme-Kopplung	277
3 Energiekosten	36	10.4 Dämmstoffe	156	13.1.6 Solarthermie	279
3.1 Kostenveränderungen fossiler Energieträger	36	10.5 Fassaden	161	13.1.7 Photovoltaik	285
3.2 Kostenentwicklungen erneuerbarer Energien	38	10.6 Konzept der Energieversorgung	168	13.1.8 Brennstoffzelle	292
4 Energieverbräuche ausgewählter Regionen (IEA 2004)	40	11 Klein, aber fein, beispielhafte Bauten	170	13.1.9 Windkraft	295
4.1 Region Europa	40	11.1 Bürogebäude Marché Restaurants Schweiz AG, Kempfthal, Schweiz	170	13.2 Großformatige Technologien (virtuelle Kraftwerke)	296
4.1.1 Einsatz erneuerbarer Energien in Europa	50	11.2 Wohnen am Lohbach	174	13.2.1 Solarthermische Kraftwerke	298
4.2 Region Nord- und Südamerika	53	11.3 Studentenwohnheim Molkereistrasse, Wien, Österreich	184	13.2.2 Aufwindkraftwerke	310
4.3 Region Afrika und Vorderer Orient	59	11.4 Ökohauptschule Mäder, Österreich	185	13.2.3 Biomasse-Kraftwerke	312
4.4 Region Asien und Ozeanien	72	11.5 Lehrgebäude ETH-Z, E-science Lab, Zürich, Schweiz	187	13.2.4 Windfarmen	313
5 Detailbetrachtung Bundesrepublik Deutschland – ein Beispiel	80	11.6 Bürogebäude Münchner Rückversicherungs AG, München, Deutschland	190	13.2.5 Geothermie	316
5.1 Strom- und Wärmeenergieverbräuche, 2006	82	11.7 Solar Decathlon Wettbewerb 2007, 1. Preis, Darmstadt/Washington//Phoenix	192	13.2.6 Nutzung der Meeresenergie Gezeitenenergie Wellenenergie	323
5.2 Primärenergieverbräuche, Leitszenario 2006	83	11.8 Micro-compact home, Mini-Wohnobjekt	200	13.2.7 Druckluftkraftwerke	334
5.3 Endenergieverbräuche, Leitszenario 2006	85	11.9 Hauptgebäude Eawag Empa Dübendorf, Schweiz	204	14 Energiespeicherung	336
5.4 Erneuerbare Energien, Leitszenario 2006 Stromerzeugung	87	11.10 Fortbildungsakademie Herne	208	14.1 Batterien	336
5.5 Erneuerbare Energien, Leitszenario 2006 Wärmebereitstellung	88	11.11 Messehalle 26, Deutsche Messe AG, Hannover, Deutschland	212	14.2 Wasserstoffspeicher	337
5.6 Erneuerbare Energien, Leitszenario 2006 Energieeinsatz im Verkehr	92	12 Zero-energy super-tall buildings – Vision oder Illusion	218	14.3 Wasserspeicher	337
6 Detailbetrachtung Schweiz	94	12.1 Gebäudeintegrierte Windkraftanlagen	220	14.4 Druckluftspeicher	337
7 Detailbetrachtung Frankreich	98	12.2 Pearl River Tower, Guangzhou, China	222	14.5 Heißwasserspeicher	338
8 Energie-Szenarien, weltweit	104	12.3 Hochhaus "Phare", Paris	230	14.6 Eisspeicher	338
8.1 Primärenergie und CO ₂ -Emissionen	105	12.4 Projekt „Phare“ – Mittlerer Osten	242	14.7 Schwungradspeicher	338
8.2 Stromerzeugung	106	12.5 Icade Tower, Mitteleuropa	248	15 Fazit	340
8.3 Wärmeenergieerzeugung	107			Firmenprofile	348
8.4 Energie-(R)Evolution	108			Bildnachweis	352
				Literaturverzeichnis	353
				Index	354
				Impressum	368

*I'd put my money on solar energy...
I hope we don't have to wait till oil and
coal run out before we tackle that.*

Thomas Edison, in conversation with
Henry Ford and Harvey Firestone

March 1931

The new millennium is now almost a decade old. That which was begun with great festive optimism was soon followed by the events of September 11, 2001, which led to deep political and security distortions on a global scale that are now being more and more dominated by a linked set of existential questions with far-reaching consequences for the future existence of mankind. As a result of this recent discussion, the issue of global climate change has risen to prominence worldwide.

Among the many problems humanity will have to address in the 21st century, three that ought to be accorded utmost priority, because of an increasing world population that should total 10 billion people by the end of the first century of the new millennium, are the following¹:

- providing access to clean drinking water,
- securing healthy and sufficient nutrition,
- assuring adequate health care.

It is self-evident that questions concerning the securing of a stable and sustainable energy supply for this rise in population are of great importance. Equally, the consequences of changing attitudes with regard to energy-related topics, which provide the backdrop of this book, need to be studied intensively.

The future increase in global primary energy demand,² as predicted by the International Energy Agency (IEA), and the so-called "Reference Scenario 2006" published by the same agency, should be the basis for a realistic discussion.²

Currently, the majority of energy generation is derived from the transformation of non-renewable, fossil resources with a finite availability, such as crude oil, natural gas, coal, and uranium. Undoubtedly, there are clear indicators that allow for a relatively concrete estimation of availability of such natural resources, and it becomes in some cases astonishingly clear – on a historical scale – how short such time spans will be.

*I'd put my money on solar energy...
I hope we don't have to wait till oil and
coal run out before we tackle that.*

Thomas Edison, im Gespräch mit
Henry Ford und Harvey Firestone

März 1931

Das neue Millennium ist fast eine Dekade alt. Was in vielen Metropolen der Welt mit großem festlichem Optimismus begonnen wurde und kurze Zeit später durch die Ereignisse des 11. September 2001 zu einschneidenden, global wirkenden und politischen Verwerfungen geführt hat, wird aktuell mehr und mehr dominiert durch eine verknüpfte Kette von existenziellen Fragestellungen mit erheblichen und weltweiten Auswirkungen. Dabei avancierte „Klimawandel“ zu einem der weltweit meist verbreiteten Begriffe.

Probleme, die die Menschheit des 21. Jahrhunderts als Ganzes mit größter Priorität zu lösen hat, sind:

- sauberes Trinkwasser,
- gesunde und ausreichende Ernährung,
- der Zugang zu adäquater medizinischer Versorgung

für eine prognostizierte Weltbevölkerung von 10 Milliarden Menschen zum Ausgang des ersten Jahrhunderts des neuen Millenniums¹.

Direkten Bezug zum genannten Zuwachs an globaler Population haben selbstverständlich die Aspekte einer globalen Sicherung der Energieversorgung, und die Konsequenzen einer veränderten Grundanschauung zu allen energiewirtschaftlichen Fragen, wie sie Thema dieses Buches sind.

Dem Anstieg des primären Energieverbrauchs,² dargestellt durch Prognosen der Internationalen Energiebehörde (IEA) und dem von ihr herausgegebenen globalen Energieverbrauch-Referenz-Szenarios 2006 ist Rechnung zu tragen.

Der maßgebliche Anteil bei der Energieerzeugung wird derzeit noch aus nicht erneuerbaren Ressourcen, wie Erdöl, Erdgas, Kohle und Uran gedeckt. Diese Rohstoffe sind endlich, und neuere Indikatoren erlauben eine relative klare Abschätzung, wie historisch kurz die Zeiträume sind, für die sie noch verfügbar bleiben.

In this book, the authors criticize the questionable prevailing thinking of depleting such valuable resources simply for energy generation. In addition, the related consequences of increases in carbon dioxide output into the atmosphere as a result of fossil fuel consumption are discussed. Scientists united in the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) strongly suggest that this output of the greenhouse gas of CO₂ on a global scale ought to be limited to no more than 500 ppm if the observed increase in global temperature is to be limited to 2 °C.³

However, the purpose of this book is far from painting an inevitable doomsday scenario. On the contrary, it is conceived as the most actual contribution to a vision of transformation of current "business-as-usual" practices in energy supply in general and their use in buildings in particular towards a truly sustainable future, employing renewable forms of energy.

The authors describe here, with great enthusiasm and in detail, already-successful new forms of sustainable, non-fossil energy-generating technologies that may serve as alternatives to current practice, including thermal solar power, solar electricity, wind and hydroelectric power, the generation of electricity with the help of the ocean's waves and tides, or forms that are still in a state of experimentation. The book presents sustainable energy systems that can be used either locally or in connection with long-distance or large-area regional utility grids, as well as technologies that are integrated into the building itself, such as building-integrated photovoltaics (BIPV), building-integrated thermal solar (BITS), and building-integrated wind power (BIWP). Furthermore, this book makes it possible for the first time to make clear comparisons between a wide range of otherwise sometimes confusing national energy data. Here, such data were converted and calculated into comparable units of kW, MW, kWh, and MWh, respectively.

Es wird in dieser Publikation nicht nur darauf verwiesen, dass es extrem fragwürdig ist, wertvolle fossile Rohstoffe zum überwiegenden Anteil zur Energieerzeugung zu benutzen, sondern es werden die Konsequenzen, die mit dieser Form der Energieerzeugung zusammenhängen, angesprochen – die Erhöhung des CO₂-Ausstoßes. Eine Limitierung dieses CO₂-Outputs auf 500 ppm wird von Wissenschaftlern, verbunden im Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), gefordert, wenn die globale Temperaturerhöhung auf 2 °C beschränkt werden soll.³

Der Tenor der vorliegenden Publikation ist jedoch weit entfernt von der Verbreitung einer Endzeitstimmung. Vielmehr ist das Buch als aktueller Beitrag und Vision einer Transformationsstrategie hin zu einer nachhaltigen Energieversorgung mit erneuerbaren Ressourcen zu verstehen.

Die Autoren stellen hier mit großem Enthusiasmus die erfolgreichen oder in Zukunft erfolversprechenden, nicht-fossilen Alternativen zur derzeitigen Praxis der Energiebereitstellung, wie solare Wärmekraft, solare Elektrizitätserzeugung, Technologien zur Energieerzeugung aus der Kraft des Meeres und Windkraft, im Detail vor. Es werden dabei solche Technologien besprochen, die in der Lage sind, entweder lokal oder überregional vernetzt erneuerbare Energie zu erzeugen, oder die individuell in Gebäuden zum Einsatz kommen können, wie zum Beispiel building-integrated photovoltaics (BIPV), building-integrated thermal solar (BITS) oder building-integrated wind power (BIWP). Ferner erlaubt dieses Buch zum ersten Mal, Vergleiche zu Energieverbrauch und Erzeugung für ein breites Spektrum von Ländern zu treffen. Um dies zu ermöglichen, wurden umfangreiche, und in vielen Fällen verwirrende, länderbezogene Einzeldaten in einheitliche und vergleichbare Werte nach Kilowatt, Megawatt bzw. Kilowattstunden, Megawattstunden pro Jahr errechnet und diesem Buch zu einem besseren Verständnis beigegeben.

¹ World Population to 2300, UN Report 2004 (Mid-report)

² 2006 World Energy Outlook (Source: IEA, ISBN 92-64-10989-7)

³ Intergovernmental Panel on Climate Change, Summary for Policymakers, Emission scenarios, 2000, ISBN: 92-9169-113-5

¹ World Population to 2300, UN Report 2004 (Mid-report)

² 2006 World Energy Outlook (Source: IEA, ISBN 92-64-10989-7)

³ Intergovernmental Panel on Climate Change, Summary for Policymakers, Emission scenarios, 2000, ISBN: 92-9169-113-5

How is such a focus on energy and its generation and consumption related to the built environment and architecture?

On a global average, building-related activities such as construction, operation, and maintenance consume more than 40 % of a country's energy. Without any doubt, this is a significant percentage, and in some cases it is more than the percentage needed for a national economy's transportation or industrial sectors. Furthermore, buildings are characterized by a much longer lifespan than that of cars, household appliances, or other consumer products (which, nevertheless, need to achieve definite efficiency increases). Errors made today in the conception of the built environment, as a result of either a lack of expertise or misunderstood design philosophies, will place long-term environmental burdens not just on the owners and users of buildings but also on society in general.

Hence, the book introduces a palette of intelligent and appealing sustainable design solutions, including renewable energy systems that strive not only to reduce energy consumption within the structures but also to provide highly comfortable environments. With great interest, the authors continue to observe the potential of such advanced-concept integrations utilizing renewable energy and to investigate how renewable energy may serve as a catalyst in the initial design phase of any architectural project. Based on the essential and careful observation of individual locations and climates, such strategies provide designers with a "natural way" to generate an architectural parti and the subsequent building design.

Was hat ein solcher Fokus auf Energie, ihre Erzeugung und ihren Verbrauch mit der gebauten Umwelt und mit Architektur zu tun?

In einem globalen Mittel verbrauchen gebäudebezogene Aktivitäten wie Konstruktion, Bewirtschaftung und Unterhalt von Gebäuden mehr als 40 % der Energie eines Landes. Dies ist ein erheblicher Prozentsatz und in vielen Ländern größer als der Anteil für Transport und für die Erzeugung industrieller Produkte. Gebäude sind zudem charakterisiert durch eine erheblich längere Lebensdauer als Automobile, Geräte des täglichen Lebens und anderer Bereiche einer nationalen Ökonomie, die auch in Zukunft weiterhin deutliche Effizienzsteigerungen erzielen müssen. Fehler, die heute entweder durch Unkenntnis oder falsch verstandenen Design-Individualismus bei der Konzipierung und der Realisierung unserer gebauten Umwelt gemacht werden, führen auf lange Sicht zu erheblichen Belastungen nicht nur der entsprechenden Bauherren und Nutzer, sondern der Gesellschaft als Ganzes.

Aus diesem Grund stellt das Buch eine Reihe hoch interessanter Beispiele von unterschiedlichen baulichen Strukturen und Nutzungen vor, bei denen versucht wird, nicht nur wertvolle Energie einzusparen, sondern auf intelligente Weise hochkomfortable Räume bei gleichzeitiger Integration von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien zu schaffen. Mit großem Interesse verfolgen die Autoren weiterhin die gestalterischen, architektonischen Möglichkeiten, die sich aus einer sorgfältigen Analyse des jeweiligen Gebäudestandorts und der Integration von Technologien zur Erzeugung von Energie sozusagen "auf natürliche Weise" für den planenden Architekten ergeben.

Such a complex undertaking as presented in this publication, with more than 500 images, diagrams, and tables, most of which were generated specifically for this book, cannot be achieved without qualified and financial support from colleagues, partners and colleges. The authors want to thank especially:

Klaus Betz of Imtech Engineering, Hamburg, Germany;
Carlo Baumschlager and Dietmar Eberle of Baumschlager-Eberle Architects, Lochau, Austria;
Dirk U. Hindrichs and Winfried Heusler of Schueco International KG, Bielefeld, Germany;
Michael Küpper, Klaus G. Peter, Jacob Platzer and Klaus Daniels – HL-Technik Engineering Partner GmbH, Munich, Germany;
Thomas Wetter of HL Technik AG, Zurich, Switzerland;
Siegfried Timmler of TTC Technology GmbH, Recklinghausen, Germany;
College of Fine and Applied Arts, University of Illinois, Urbana-Champaign, Illinois, USA.

The graphical design of the book was provided by Riemer Design, Munich, Germany.

Klaus Daniels
Ralph Hammann

Munich, Champaign
December 2008

Eine solch umfassende Publikation mit über 500 Bildern und Graphiken, die zum Teil für dieses Buch eigens erstellt wurden, ist nicht ohne inhaltliche und finanzielle Unterstützung von Kollegen, Partnern und Hochschulen möglich. Die Autoren danken aus diesem Grund insbesondere:

Klaus Betz – Firma Imtech, Hamburg, Deutschland;
Carlo Eberle und Dietmar Baumschlager – Büro Baumschlager-Eberle, Lochau, Österreich;
Dirk U. Hindrichs und Winfried Heusler – Firma Schüco, Bielefeld, Deutschland;
Michael Küpper, Klaus G. Peter, Jacob Platzer und Klaus Daniels – Firma HL-Technik Engineering Partner GmbH, München, Deutschland;
Thomas Wetter – Firma HL-Technik AG, Zürich, Schweiz;
Siegfried Timmler – Firma TTC, Recklinghausen, Deutschland;
College of Fine and Applied Arts, University of Illinois, Urbana-Champaign, Illinois, USA.

Die graphische Bearbeitung des vorliegenden Buches wurde durch Riemer Design in München erstellt.

Klaus Daniels
Ralph Hammann

München, Champaign
Dezember 2008

The challenges for humanity that we face in the course of the 21st century are staggering: dramatic increases in population for at least some areas of the globe, increasingly asymmetrical wealth distribution, scarcity of some important natural resources – and a brutal struggle for their exploitation and distribution, the destruction of the natural support basis of our existence that has become more and more prevalent and clear, and climate changes, to which we were already alerted during the decades of the 70s and 80s of the past century.

Out of this overwhelming kaleidoscope of problems facing the human race, only a minute spectrum will be addressed, especially those that are related to sustainability.

In 1987, the United Nations Brundtland Commission (formally, the World Commission on Environment and Development or WCED) defined a sustainable development as follows: “Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.”

Sustainable development rests on three major principles – ecology, economy, and social justice – of which ecology seems currently to take priority in the public discourse, possibly as a result of concerns about climate change and depleted natural resources.

Nature is organized according to the principles of nutrients and metabolisms, clearly avoiding all notions of waste. A fruit tree in nature produces flowers and fruit, pollinated by insects, and its abundant flowers are not worthless – after falling to the ground, they enhance the quality of the soil with the help of numerous organisms and microbes. Nothing is wasted.

Wherever we are on the planet, animals and humans exhale carbon dioxide, which in turn is absorbed by plants and used for their growth. Nitrogen is present in all living organisms in proteins, nucleic acids, and other molecules. It is a component of animal waste and is essential nutrient for all plants and organisms that convert it, together with the nutrients of the earth, such as carbon, hydrogen, and oxygen, into oxygen in a perpetual life cycle. Waste, if it occurs, becomes nutrients in return.

This biological life cycle has been sustained for millions of years on a planet with an abundance of magnificent species. Humans are the only species in this system that extracts large quantities of nutrients but only rarely returns them into the cycle in a usable form.

Die Herausforderungen des einundzwanzigsten Jahrhunderts durch Bevölkerungsexplosion in verschiedensten Regionen der Welt, wachsende Instabilität infolge asymmetrisch verteilten Wohlstands, Rohstoffverknappung und Verteilungskämpfe sowie die Zerstörung unserer natürlichen Lebensgrundlagen dämmern uns mehr und mehr, angetrieben durch das zunehmende Erkennen der klimatischen Konsequenzen, vor denen bereits in den 70er und 80er Jahren des letzten Jahrhunderts gewarnt wurde.

Nur einen kleinen Teil der erkennbaren Probleme werden die nachfolgenden Ausführungen behandeln – insbesondere die, die sich mit dem Thema Nachhaltigkeit oder auch Sustainability auseinandersetzen.

1987 definierte die Brundtland-Kommission eine Entwicklung als nachhaltig, wenn sie den Bedürfnissen der heutigen Generationen entspricht, ohne die Möglichkeit künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen.

Nachhaltige Entwicklung steht auf drei Säulen: Ökologie, Ökonomie und Soziales, von denen derzeit die ökologische Dimension vor dem sich abzeichnenden Klimawandel und den knapper werdenden Ressourcen den breitesten Raum in der öffentlichen Diskussion einnimmt.

Die Natur funktioniert nach einem System von Nährstoffen und Metabolismen, in dem kein Abfall vorkommt. Ein Obstbaum produziert viele Blüten und Früchte, damit ein neuer Baum keimen und wachsen kann. Der Überfluss an Blüten ist nicht etwa wertlos, sondern dient nach dem Herabfallen auf den Boden dazu, zahlreiche Organismen und Mikroorganismen zu ernähren, wobei gleichzeitig die Bodenbeschaffenheit verbessert wird.

Überall auf der Welt atmen Tiere und Menschen Kohlendioxid aus, das die Pflanzen aufnehmen und für ihr Wachstum nutzen. Stickstoff aus den Abfällen wird von Mikroorganismen, Tieren und Pflanzen in Protein umgewandelt, und die wichtigsten Nährstoffe der Erde wie Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff durchlaufen einen Kreislauf und werden immer wieder neu verwendet. Abfall ist somit wieder Nahrung.

Dieses zyklische biologische System lässt seit Jahrmillionen einen Planeten mit einer prächtigen Vielfalt gedeihen. Lediglich der Mensch ist die einzige Spezies, die dem Boden große Mengen an Nährstoffen entzieht, die zum Teil für biologische Prozesse gebraucht werden, die jedoch nur selten in brauchbarer Form zurückgeführt werden.

Following the early advances of industry, the natural balance of materials has begun to shift toward imbalance. Man extracts materials in large quantities from the surface or the outer crust of the planet, then modifies, synthesizes, and treats them in a fashion that, in most cases, renders their safe return to their origin prohibitive. In addition to the biological metabolism of the biosphere, a second metabolism of the “techno-sphere” needs to attract our attention in order to bring peace to the process of industry. Here, we especially need to focus on the need to intelligently “deconstruct” an overwhelming number of industrial products for the sake of sustainability.

It is a question of design as to how we can achieve the benign return of industrially manufactured products and materials to the metabolism of the techno-sphere. They need to become “nutrients” for the new. In this regard, the problem of widespread contamination has to be primarily alleviated under all circumstances.

A “technical nutrient” is a material or product that is conceived and constructed in such a way that it allows its return into a technical life cycle – i.e., the technical metabolism from which it originates. A new demand for harmless “deconstruction” is raised, in addition to the concept of recycling. The design of a product needs to be conceived in such a way that the product can be easily disassembled and deconstructed, with its separate components returned to a positive techno-sphere cycle. Manufacturers of materials and products ought to be responsible for the return of their products, which they need to prepare for future reuse. This will eventually also result in designs that rely upon manufacturing without the use of hazardous components and substances.

Architects, civil engineers, and engineers of building systems need to redefine their roles as “nutrient managers”. It has to be understood that the materials challenge in constructing buildings far exceeds the challenges of energy consumption and supply. It is therefore also important to remember the term “ecologically correct building construction”, the science that deals with the interaction between living organisms, the material world, the metabolism and energy balance of the biosphere, and the products we utilize for buildings.

Currently in the U.S., certification of a wide range of building materials and products based on the GreenGuard Environmental Institute’s product certification program for low-emitting interior building materials, furnishings, and finish systems is gaining momentum.

Mit dem Aufkommen der Industrie hat sich das natürliche Gleichgewicht der Materialien auf der Erde verschoben. Der Mensch nimmt sich Substanzen von der Erdoberfläche oder aus der Erdkruste und bereitet sie auf, ändert und synthetisiert sie zu riesigen Mengen von Material, das dem Boden nicht wieder gefahrlos zugeführt werden kann. Neben dem biologischen Metabolismus oder der Biosphäre (Kreisläufe der Natur) muss uns insbesondere der zweite – technische – Metabolismus (Technosphäre) interessieren, um die Kreisläufe der Industrie, zu denen auch der Abbau mancher technischer Materialien zählt, wieder in Ordnung zu bringen.

Mit dem richtigen Design sollten weitestgehend alle von der Industrie hergestellten Produkte und Materialien den Metabolismen zugeführt werden können, um „Nahrung“ für etwas Neues zu liefern. Dies setzt voraus, dass Kontaminationen unbedingt vermieden werden.

Ein „technischer Nährstoff“ ist somit ein Material oder Produkt, das so konstruiert ist, dass es in den technischen Kreislauf zurückkehren kann – in den industriellen Metabolismus –, dem es entstammt. Hieraus entsteht die Forderung nach Abcyeln anstatt Recyceln. Ein Design von Erzeugnissen als Produkt beinhaltet, das Produkt so zu konzipieren, dass es zerlegt werden kann. Hersteller von Produkten sollten die Verpflichtung haben, die ursprünglich erworbenen Materialien zurückzunehmen und wiederzuverwenden. Hieraus resultiert, dass ein Design zu entwickeln ist, das gänzlich ohne gefährliche Stoffe auskommt.

Architekten, Bauingenieure und Ingenieure für technische Anlagen müssten sich als kreative und intelligente „Nährstoffmanager“ verstehen. Die materielle Problematik beim Bau von Häusern ist weitaus größer als das Energieproblem. Insofern sollte man sich des Begriffs des ökologisch richtigen Bauens wieder erinnern – der Wissenschaft, die sich mit den Wechselbeziehungen zwischen den Organismen und der unbelebten und der belebten Umwelt befasst sowie mit dem Stoff- und Energiehaushalt der Biosphäre und ihren Untereinheiten.

In den USA nimmt zurzeit eine eigene Greenguard-Zertifizierung für das Ausgasungsverhalten von Produkten einen breiten Raum ein. Wichtiger wäre jedoch, die Gesamtbilanz von Energie und Rohstoffen so zu bewerten, dass hieraus resultierend Materialien zu gestalten sind wie ein Nährstoff, da falsch verstandenes Recycling zusätzliche Umweltbelastungen mit sich bringt. Ein zukünftiges, gutes Produktdesign bzw. Baudesign sollte die nächste Nutzung des Objekts bereits berücksichtigen – ein so genanntes „design for reincarnation“. Solche Gebäude zum Beispiel beinhalten eine gezielte Auswahl von Materialien, die sich vor allem gut trennen lassen.

More important would be the development of a total budget of primary materials and embedded energies of materials, with the goal of developing materials as “nutrients”. Recycling – if understood in the wrong way – will only add to our environmental problems. “Design for reincarnation” could be a future guiding principle by which all designs for materials used in buildings try to anticipate a new utilization of the built environment. Such buildings would then be composed of material assemblies with the goal of their easy and safe deconstruction and reverse engineering.

To exemplify the task, we can use the basic, or primitive, recycling technologies of the steel sector may be used, in which valuable non-ferrous metals are often lost in an unsophisticated recycling process. Concrete and cement are “enhanced” with harmful additives that contaminate the atmosphere and prevent a return to the “nutrient cycle”.

“Eco-effectiveness” could be a new philosophy. By this we mean not minimizing the ecological footprint but increasing it, deepening it, and creating a wet area that allows for other organisms to thrive.

In Germany, building waste currently constitutes approximately 70 % of all waste. In particular, the so-called “multi-component” building composites are almost impossible to deconstruct into their initial materials. Insulation materials and other interior components represent the bulk of all building construction-related waste. Typically, the lesser challenges are steel, aluminum, glass, and wood, if they are available in single varieties.

German automobile manufacturers may serve as an advanced example of the future requirements of the building sector. Under pressure from the German legislature, they will be obliged to take back any of their products at the end of their useful lifespan. This has stimulated not only an extensive recycling program but also an intense design effort – a pre-engineering for future de-construction, so to speak.

According to the German engineer Werner Sobek, future buildings should be characterized as follows:

- zero energy: In total, they will not require energy for their annual operation.
- zero emissions: They will not emit any harmful substances.
- zero waste: All materials will be completely recyclable.

Beispielsweise lässt sich feststellen, dass im Baustahl wertvolle Buntmetalle durch Primitivrecycling verloren gehen und in Zement und Beton schädliche Additive und problematische Zusatzstoffe eingesetzt werden, die eine Kontamination der Biosphäre verursachen und somit einen echten „Nährstoffkreislauf“ verhindern. Öko-Effektivität bedeutet letztendlich, nicht den ökologischen Fußabdruck zu minimieren, sondern einen großen Abdruck zu machen, der gleichzeitig ein Feuchtgebiet ist, das Lebensraum für andere Lebewesen bietet.

Festzustellen ist in Deutschland zurzeit, dass der Anteil der Baumassenabfälle am gesamten Abfallaufkommen ca. 70 Prozent ausmacht, wobei vom einstmaligen Gebauten gerade die Mehrkomponentenbauteile in ihre Einzelwerkstoffe kaum zu zerlegen sind. Vor allem Dämm- und Ausbaustoffe bereiten mengenmäßig die größten Probleme, unkritisch sind dabei sortenrein vorliegende Bauteile aus Stahl, Aluminium, Holz und Glas.

Mit der Ankündigung einer Rücknahmeverpflichtung im Automobilbau ist eine Forschung und Entwicklung eingetreten hin zum recyclinggerechten Konstruieren, d.h. zum methodisch vorstrukturierten Zusammen- und Auseinanderbauen von Komponenten.

Gemäß Prof. Werner Sobek sollten sich Gebäude dadurch auszeichnen, dass sie

- für ihren Betrieb in der Jahressumme keine Energie benötigen (zero energy),
- keine schädlichen Emissionen abgeben (zero emission),
- vollkommen recycelbar sind (zero waste).

Das Triple-zero-Konzept erfordert in Bezug auf die Durchsetzung des Nachhaltigkeitsaspekts in der gebauten Umwelt einen weltweiten Umdenkungsprozess. Politik, Wissenschaft und Industrie bereiten die Einführung des Nachhaltigkeitsaspekts in der gebauten Umwelt vor, seine Umsetzung wird im Wesentlichen in den Händen von Architekten und Ingenieuren liegen, somit in Händen von Menschen, die bis heute in der Regel noch über keine durchgreifenden Konzepte für Konzeption, Konstruktion und Gestaltung dieser „nachhaltigen Architektur“ verfügen. Sicher nicht mehr gefragt sein wird in Zukunft die Antwort des weltweiten architektonischen Schaffens auf den Bericht des Club of Rome – der Postmodernismus – Dekonstruktivismus – Superdutch – Blob und andere Stilrichtungen, die in der Regel alle ökologischen Probleme schlichtweg ignorieren.

Vor dem Hintergrund des Klimawandels müssen Investoren wie Nutzer gleichermaßen den grundsätzlichen Bedarf an überbaute Fläche hinterfragen und den Umgang mit natürlichen Ressourcen effizienter

This so-called “Triple-Zero Concept” requires a sustainable rethinking process on a global basis. Governments, the sciences, and industry are currently in the process to preparing for such a definition of sustainability. When it comes to the built environment, the responsibility is mostly in the hands of architects and engineers – in other words, specialists who up to now have been ill-prepared for such a radical readjustment of their practices. In the past, the global response of the design profession to concerns addressed by the Club of Rome were stylistic exercises such as Deconstructivism, Super-Dutch, “Blobs”, and other styles. The idea was to simply ignore issues of ecology and sustainability.

Faced with the backdrop of climate change and resource depletion, both investors and users need to contemplate their requirements for built surface area. They also need to devise a way to work more efficiently with the available resources, which means, in addition to the design of more energy-efficient, long-lasting, and sustainable buildings, the need for adaptive re-use of real estate. For investors, all of this will be of interest when savings in variable costs are capable of covering the added initial investment costs. Market economics for energy cost will certainly play a decisive role as well. An increase in image value for sustainable buildings can be observed already, but it remains to be seen whether such ecological image gains can be turned into economic gains. Without doubt, future clients in the real estate market will consider, in addition to the economic aspects of a project, the ecological framework as well. Long-term investors will have to solve the equation of the competing goals of economy, ecology, and technology to develop a long-term strategy to remain successful in a challenging market.

gestalten. Das bedeutet in erster Linie, vermehrt energieeffiziente und umweltfreundliche Gebäude zu planen und zu bauen und Bestandsimmobilien zu modernisieren. Von besonderem Interesse aus Investorensicht wird, wenn das Einsparpotenzial bei den variablen Kosten die zusätzlichen Investitionskosten deckt. Beides hängt in hohem Maß vom Marktpreis für Energie ab und ob sich der Reputationsgewinn durch ein Bekenntnis zu nachhaltigem Wirtschaften für Mieter wie Vermieter gleichermaßen in Marktanteile ummünzen lässt. Es ist davon auszugehen, dass zukünftig die Mieter großer Immobilienflächen zusätzlich zu ökonomischen Gesichtspunkten verstärkt auch ökologische Faktoren in ihre Entscheidungen einbeziehen. Ein langfristig agierender Investor tut gut daran, die bisher divergierenden Zielkonflikte zwischen Ökonomie, Technik und Ökologie zugunsten einer Langfriststrategie aufzulösen.

1 The greenhouse effect

1 Der Greenhouse-Effekt

The problem of the future availability of fossil fuels is currently being overshadowed by the discussion of how their use may contribute to global climate change. In this discussion, two opposing camps of scientists and climate researchers come to very different conclusions. One group, led by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), is convinced that climate change is a result of a rise in carbon dioxide levels in the atmosphere, while another group of scientists disputes this view and suggests that climate change is a natural-occurring process as a result of increased solar activity.

The authors of this book are reluctant to position themselves on the side of either of those camps because they are not climate scientists and thus are unable to fully fathom the complex causalities of the issue.

As a result, the authors will present both positions equally weighted.

The fact that the concentration of carbon dioxide gas in the atmosphere, which was at around 280 ppm in the year 1800, has increased to levels of around 350 ppm today cannot be disputed. The increase of the surface temperature of the Earth is currently approximately 0.8 K (Kelvin).

Historically, times of colder temperatures on earth have always given way to periods of warmer temperatures without a clear association to CO₂ levels. Calculations made by the Niels Bohr Institute of Copenhagen allow the conclusion that sudden temperature increases of 7 – 10 K every 1,500 years are natural chaotic fluctuations of the climate system. What also can be derived from these studies is that so far no correlation exists between rising CO₂ levels and the global temperature increase.

The analysis of ice cores drilled deep into glaciers has revealed a cycle of glacials and interglacials that have occurred throughout Earth's history. Currently, we are in a warm period of an ice age, as seen at glaciers at least on one of the Earth's poles. Warm periods are typically brief periods in a glacial period.

Between 8000 and 6000 B.C., temperatures in the northern hemisphere were significantly warmer than they are today, but at the same time the CO₂ concentration in the atmosphere passed through a minimum of around 260 ppm. When this level started to rise in the centuries that followed – without human intervention – the temperature, interestingly, started to decrease.

1 The greenhouse effect
1 Der Greenhouse-Effekt

Die Problematik der zeitlichen Verfügbarkeit fossiler Brennstoffe wird zurzeit total überlagert von der Diskussion des Klimawandels. Bei dieser Diskussion stehen sich zwei Lager von Wissenschaftlern und Klimaforschern gegenüber, wobei eine Gruppe – angeführt von IPCC – die Meinung vertritt, dass der Klimawandel durch die CO₂-Erhöhung ausgelöst wurde und die zweite Gruppe von Wissenschaftlern dieses bestreitet und die Meinung vertritt, dass die Klimaveränderungen auf erhöhte Sonnenaktivitäten zurückzuführen ist.

Die Autoren können sich in diese Diskussion nicht einbringen, da sie keine Klimaforscher sind und die detaillierten Zusammenhänge nur zum Teil nachvollziehen können.

Insofern werden beide Ansichten berücksichtigt und kurz beschrieben.

Dass die weltweite CO₂-Konzentration in der Atmosphäre, die vor ca. 1800 bei ca. 280 ppm lag, nunmehr auf ca. 350 ppm gestiegen ist, ist unbestreitbar, der Anstieg der Erdoberflächentemperatur beträgt zurzeit ca. 0,8 K (Kelvin).

Kalt- und Warmzeiten haben sich im Laufe der Erdgeschichte unablässig abgelöst. Dabei gab es keinen Zusammenhang zwischen Temperatur und CO₂ in der Atmosphäre. Berechnungen des Niels-Bohr-Instituts, Kopenhagen, lassen vermuten, dass abrupte Wärmeinbrüche von 7 – 10 K ca. alle 1.500 Jahre zufällige Erscheinungen sind, chaotische Fluktuationen des Klimasystems selbst. Feststellbar ist auch, dass zumindest bisher der CO₂-Gehalt in der Atmosphäre keinen Einfluss auf Temperaturveränderungen hatte.

Wie man aus der Auswertung von Bohrkernen weiß, lösten Eis- und Warmzeiten einander ab. Zurzeit befinden wir uns in der Warmzeit eines Eiszeitalterns, das durch Gletscher an mindestens einem der Pole gekennzeichnet ist. Warmzeiten innerhalb eines Eiszeitalters sind im Regelfall Kurzepochen.

Zwischen 8000 und 6000 v. Chr. war es auf der Nordhalbkugel deutlich wärmer als heute, während der CO₂-Gehalt der Atmosphäre ein Minimum von etwa 260 ppm durchlief und danach ohne jeden menschlichen Einfluss anstieg, wobei gleichzeitig interessanterweise die Temperatur sank.

Zur Zeit Christi Geburt herrschte wiederum eine kleine Warmzeit – die Züge der Römer berichten davon. Etwa 400 Jahre später setzte eine Völkerwanderung vom Norden in den Süden ein – eine Reaktion auf eine beginnende Kaltzeit, die etwa 500 Jahre dauerte und etwa 800 n. Chr. endete. Ca. 200 Jahre später besiedelten Norweger zum Teil Grönland (Grünland) und Nordamerika. Ab 1300 begann eine neue Kaltzeit, die

Around the time of the birth of Jesus of Nazareth, a brief warm period was observed, as documented in the records of Roman military campaigns. Around 400 years later, mass migration from the North to the South of Europe began in response to the beginning cold period that lasted around 500 years, until about 800 A.D. Approximately 200 years later, Norwegians settled and cultivated parts of Greenland and North America. Then, in 1300, another cold period began that resulted, between approximately 1500 and 1700, in extremely low temperatures in Central Europe, with summer highs not greater than 15 °C. Although the temperature in these periods changed dramatically from year to year, CO₂ levels remained nearly constant. Any increase in global temperatures at the time was prevented by the eruption of the Laki volcano in Iceland in 1783, which ejected several hundred million tons of dust and gas into the atmosphere. As a result, the Sun's rays were reflected back into space, and the Earth experienced subsequent drops in temperature.

In contrast to the advocates of the theory that links rising CO₂ levels to a rise in global atmospheric temperature, scientists of international repute point out a correlation between the temperature increase and solar activity and its influence on the formation of clouds. Never in the past 1,000 years was solar activity as strong as it was during the 20th century.

On the other side of the argument, the U.N. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), which published its findings in a report in April 2007, concluded that the increase in global temperatures can – with a 90 % probability – be linked to human activity. It was said that CO₂, a color- and odorless gas that dissolves in water, plays the decisive role. At a temperature of 20 °C, one cubic meter of water accepts 0.5 g of CO₂, yet at a temperature of 0 °C the amount it accepts is 1 g. Therefore, if water is warmed up it will release CO₂ back into the atmosphere, while if it cools it will absorb carbon dioxide again. Because about two-thirds of the surface of the Earth is covered with water, only a slight increase in water temperature will release large amounts of the gas into the atmosphere. A reversal of this process is impossible due to saturation limits.

To a large degree, plant materials take the most advantage of an increase in CO₂ levels in the atmosphere because they act as the largest sink for this gas. If global temperature rises and carbon dioxide levels increase, plants increase their rate of growth, an effect that surpasses the influence of the bodies of the Earth's water in absorbing CO₂. It should also be noted that CO₂ concentration in the atmosphere amounts to only a few percent, whereas water vapor exceeds the climate gas by a multitude. Clouds, formed out of the water vapor contained in the Earth's atmosphere, influence the temperature more than

mit tiefsten Temperaturen in Mitteleuropa um 1500 – 1700 (höchste Sommertemperatur ca. 15 °C) festzustellen war. Obwohl sich in dieser Zeit die Außentemperaturen von Jahr zu Jahr drastisch veränderten, blieb der CO₂-Gehalt nahezu konstant. Ein Anstieg der weltweiten Temperaturen ab ca. 1800 wurde durch die Explosion des isländischen Vulkans Laki (1783) verhindert. Infolge des Ausstoßes von mehreren hundert Millionen Tonnen Staub und Gas in die Atmosphäre wurden Sonnenstrahlen ins Weltall rückreflektiert, und die Erdoberfläche kühlte sich ab.

Im Gegensatz zu den Verfechtern der CO₂-Temperaturerhöhungstheorie führen anerkannte Wissenschaftler die Temperaturerhöhungen auf der Erde, wie sie zurzeit festgestellt werden, auf Änderungen der Aktivität der Sonne und ihren Einfluss auf die Wolkenbildung zurück. Die Sonnenaktivität des zwanzigsten Jahrhunderts war in den vergangenen tausend Jahren nicht so stark wie heute.

Das IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) verkündete im April 2007, dass ein Temperaturanstieg auf der Erde mit 90prozentiger Sicherheit durch Menschen gemacht ist. Hierbei soll das CO₂, ein farb- und geruchsloses Gas, das sich in Wasser gut löst, die wesentliche Rolle spielen. Bei 20 °C nimmt ein Kubikmeter Wasser 0,5 g CO₂ auf, bei 0 °C jedoch 1 g. Erwärmt sich also das Wasser, so gibt es CO₂ an die Erdatmosphäre ab. Kühlt es sich ab, nimmt es wiederum CO₂ auf. Da die Erde zu ca. zwei Dritteln von Wasser bedeckt ist, werden bereits bei einer geringen Erwärmung des Wassers große Mengen an CO₂ freigesetzt. Der umgekehrte Weg ist wegen der Sättigungsgrenzen nicht möglich.

Der Anstieg des CO₂ in der Atmosphäre kommt im Wesentlichen Pflanzen zugute, da diese der größte CO₂-Senker sind. Wenn es auf der Erde wärmer wird und in der Atmosphäre ein höherer CO₂-Pegel besteht, beschleunigt sich das Wachstum, und ihr Einfluss übersteigt den des Wassers. Festzustellen ist, dass CO₂ nur einen Anteil von wenigen Prozent haben soll, während Wasserdampf das Klimagas um ein Vielfaches übertrifft. Wolken, gebildet durch Wasserdampf, beeinflussen die Temperaturen stärker als üblicherweise bekannt, wobei das IPCC selbst feststellt, dass eine Verdoppelung des CO₂-Gehalts einen Temperaturanstieg von ca. 0,7 °C zur Folge hat.

Zurzeit leben auf der Erde ca. 6.7 Milliarden Menschen. Sie erzeugen eine CO₂-Emission per anno von ca. 2,45 Milliarden Tonnen. Alle Autos dieser Welt emittieren im gleichen Zeitraum ca. 2,1 Milliarden Tonnen CO₂. Insgesamt fügen alle durch menschliches Handeln erzeugten CO₂-Emissionen nur 1 – 4 Prozent zu den natürlichen CO₂-Emissionen hinzu, was mit hoher Wahrscheinlichkeit keine Klimakatastrophe auslöst.

typically known today. Even the IPCC recognizes the fact that a doubling of CO₂ concentration only raises the temperature around 0.7 °C.

The Earth's population is currently about 6.7 billion, and we produce roughly 2.45 billion tons of CO₂ emissions annually. Automobiles alone currently emit 2.1 billion tons of CO₂ emissions per year. However, all human activity combined now contributes only 1 – 4 % to the natural carbon emission – an increase that in all probability will not cause a climatic collapse.

1.1 The greenhouse effect: in detail

The Sun and the Earth's atmosphere are the two main factors related to the development of the greenhouse effect, as seen in **Figure 1**. Around 70 % of the rays of the Sun penetrate the Earth's atmosphere, with the remainder being reflected back into space. The Sun's energy is absorbed by the oceans and land masses and is later returned as long-wave infrared radiation back to the atmosphere. The captured heat energy in the atmosphere is absorbed by gases and water vapor and radiated back as well. This process is typically described as the greenhouse effect, without which the Earth's temperature would be around 33 K lower than it is today. An increase of greenhouse gas concentration and water vapor causes an increase in global temperature.

The greenhouse effect observed on Earth exists to some degree on all planets in our solar system. On Venus, high concentrations of carbon dioxide let surface temperatures rise to over 400 °C. On Earth, on the other hand, greenhouse gas concentrations are in a constant flux that is influenced by not only plants but also humans, animals, and the oceans. Thus, our temperatures are balanced to comfortable levels.

1.1 Der Treibhauseffekt

Die Sonne und die Erdatmosphäre sind die Hauptfaktoren für die Entstehung des Treibhauseffekts, **Bild 1**. Ca. 70 Prozent der einfallenden Sonnenstrahlung dringen in die Erdatmosphäre ein, die verbleibenden 30 Prozent werden ins Weltall reflektiert. Die Sonnenenergie, welche die Atmosphäre durchdringt, wird von den Ozeanen und Landmassen aufgenommen und schließlich in Form von Wärme (langwellige Infrarotstrahlung) erneut in die Atmosphäre abgegeben. Die in der Erdatmosphäre eingeschlossene Wärme wird von Gasen und Wasserdampf aufgenommen und wiederum abgestrahlt. Dieser Prozess wird als der so genannte Treibhauseffekt bezeichnet. Ohne diesen Effekt wäre die Temperatur an der Erdoberfläche heute um ca. 33 K niedriger. Mit zunehmender Konzentration der Treibhausgase sowie der Wasserdampfmengen nimmt die Erwärmung auf der Erde zu.

Der auf der Erde bestehende Treibhauseffekt besteht auf annähernd allen Planeten unseres Sonnensystems. Auf dem Planeten Venus lassen hohe Kohlendioxidkonzentrationen die Oberflächentemperaturen auf über 400 °C ansteigen. Da sich auf der Erde die Treibhausgase in einem ständigen Kreislauf befinden, an dem Pflanzen, Menschen und Tiere wie auch Meere beteiligt sind, hat sich ein angenehmes Klima eingestellt.

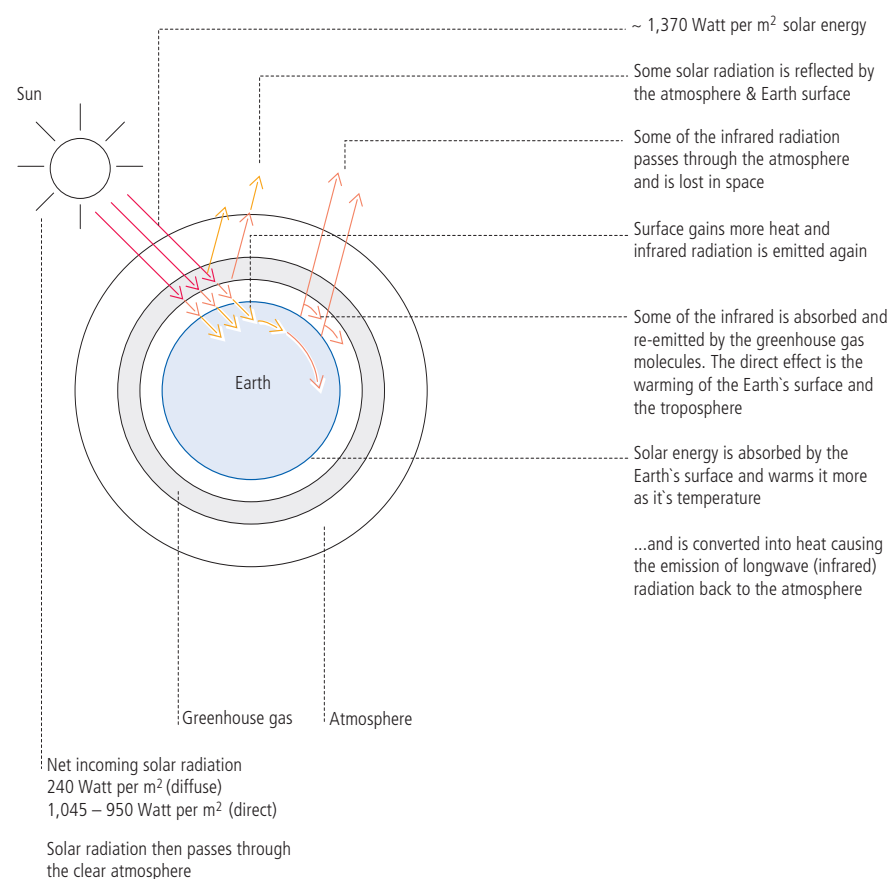


Figure 1
The greenhouse effect
Source: Greenpeace

Bild 1
Der Greenhouse-Effekt
Quelle: Greenpeace

According to the reports of the IPCC, the temperature increase on Earth is mainly a result of increases in greenhouse gas levels. The current rise of greenhouse gas concentrations in the atmosphere, mainly carbon dioxide and methane, are the result of human activities such as deforestation, the burning of fossil fuels, and agriculture. The greenhouse gases emitted by chimneys, car exhausts, dump pits, and agro-industrial complexes play a role in the processes determining the Earth's temperature. Without a doubt, human activity has caused an imbalance in such processes. There is also no dispute about the fact that there is a change of the atmospheric composition since the industrial revolution. Human activity, in general, is seen as being responsible for the change in surface temperature.

Greater surface temperatures cause the melting of glaciers, the retreat of snow and ice caps, and an increase in sea water levels. At an average surface temperature change of 0.6 K (with a margin of error of ±0.2 K) in the 20th century the levels of the oceans increase by 1 – 2 mm per year.

Gemäß den Darstellungen des IPCC wird der Temperaturanstieg auf der Erde primär festgemacht an einem deutlichen Anstieg der Treibhausgase. Die zurzeit steigende Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre (insbesondere Kohlendioxid und Methan) ist im Wesentlichen eine Folge menschlicher Aktivitäten, bei der vorwiegend die Abholzung von Wäldern, Verbrennung fossiler Brennstoffe und die Landwirtschaft eine große Rolle spielen. Die Treibhausgase (aus Schornsteinen, Auspuffanlagen, landwirtschaftlichen Betrieben, Mülldeponien usw.) spielen demnach eine Rolle in den natürlichen Abläufen, welche die Erdtemperatur bestimmen. Unzweifelhaft haben menschliche Eingriffe das bis dato bestehende Gleichgewicht gestört. Unbestreitbar ist auch die Veränderung des Erdklimas seit der industriellen Revolution. Die von Menschen verursachten Emissionen werden als die Ursache erachtet, die für höhere Oberflächentemperaturen sorgen.

Höhere Oberflächentemperaturen führen infolge schmelzender Gletscher und des Rückgangs von Eis- und Schneeflächen zu einem steigenden Meeresspiegel. Bei einer durchschnittlichen Temperaturerhöhung an der Erdoberfläche im 20. Jahrhundert um ca. 0,6 K (Fehlertoleranz ± 0,2 K) haben sich die Meeresspiegel um jährlich ca. 1 – 2 mm erhöht.

If outside temperatures reach 5 – 10 °C, the mechanical ventilation can be shut down in favor of natural ventilation, and at temperatures between 23 – 24 °C in summer the building will be cooled mechanically. Here, again, the induction units in the individual rooms are used, which are supplied with cold water from a centralized chiller plant. This building does not contain additional solar technologies to further reduce energy consumption. The supply of hot and cold water for the building is provided by the university's central combined-heat-power plant (CHP) on campus.

Architecturally, the building is characterized by shading elements whose design allows the use of desired insolation for passive solar energy gains during the winter, spring, and fall, and during the summer the façade is completely shaded. As shown in **Figure 158**, shaded skylights additionally allow for Zenith lighting. The images in **Figure 159** show detailed simulation of various floors, and **Figures 160** and **161** explain the building in floor plan and section.

Ab Außentemperaturen um 5 – 10 °C kann die mechanische Lüftung zugunsten einer natürlichen Belüftung abgeschaltet werden. Bei hochsommerlichen Temperaturen, d.h. Temperaturen über +23 – 24 °C muss das Gebäude sinnvollerweise gekühlt werden, um die anfallende Wärme ausreichend auszutragen. Hierzu dient wiederum die Induktionsanlage, die mit Kaltwasser einer Fernkälteanlage beschickt wird. Zur Reduzierung der Energieverbräuche wurden bei diesem Objekt keine aktiven solartechnischen Anlagen eingesetzt. Die zentrale Versorgung mit Wärme- und Kälteenergie erfolgt aus dem hochschuleigenen Nahversorgungsnetz auf Basis einer wärmegeführten Blockheizkraftwerk-Anlage.

Um einerseits in die Objekte ausreichend viel Tageslicht eintragen zu können und andererseits einen ausreichenden Sonnenschutz im Sommer zu erreichen, besitzt die Fassade signifikante Beschattungselemente, die so konzipiert sind, dass in der Übergangszeit und im Winter die Solarenergie passiv genutzt werden kann (Einstrahlung), während im Sommerbetrieb alle wesentlichen Fassadenelemente beschattet sind. Ergänzend zur inneren Belichtung sind, wie dem **Bild 158** zu entnehmen ist, beschattete gläserne Dachstrukturen vorgesehen, über die Zenitlicht einfallen kann. Ergänzend zeigen die **Bilder 159** eine Detailsimulation verschiedener Geschosse, **160** und **161** einen Grundriss sowie Schnitt.



Figure 157
E-science Lab, Zurich, Switzerland

Architects:
Baumschlager-Eberle,
Lochau, Austria

Bild 157
E-science Lab, Zürich, Schweiz

Architekten:
Baumschlager-Eberle,
Lochau, Österreich



Figure 158
E-science Lab, Zurich, Switzerland
Cross section

Bild 158
E-science Lab, Zürich, Schweiz
Symmetrischer Schnitt durch das Gebäude

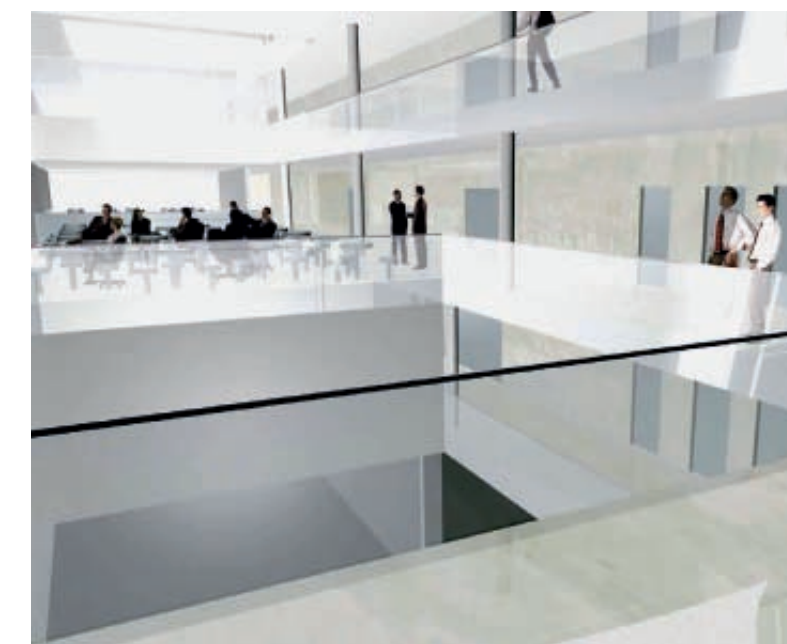


Figure 159
E-science Lab, Zurich, Switzerland
Detail simulation of interior hall

Bild 159
E-science Lab, Zürich, Schweiz
Detail-Simulation der Innenhalle

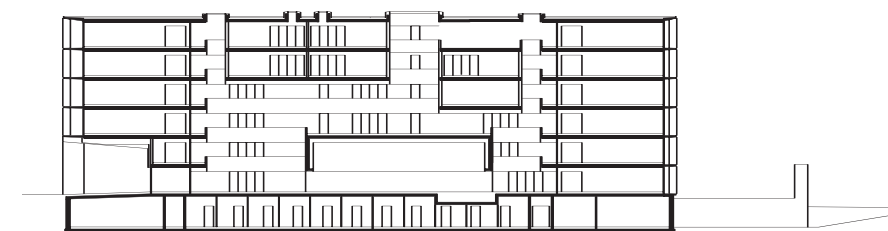


Figure 161
E-science Lab, Zurich, Switzerland
Cross section

Bild 161
E-science Lab, Zürich, Schweiz
Schnitt

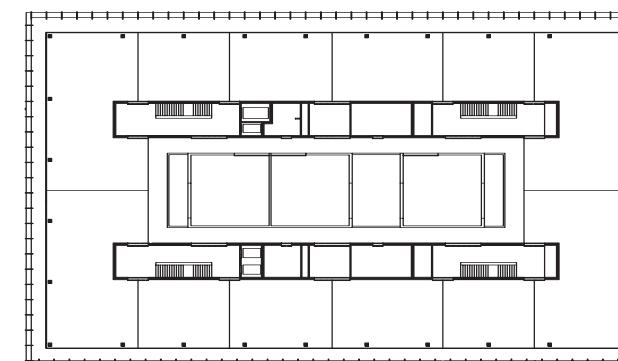


Figure 160
E-science Lab, Zurich, Switzerland
Floor plan

Bild 160
E-science Lab, Zürich, Schweiz
Grundriss

11.10 Training academy Herne

Architects: Jourda et Perraudin, Lyon/Jourda Architectes, Paris
Hegger Hegger Schleif Architekten, Kassel
Building systems: HL-Technik, Munich/Frankfurt
Structural engineers: Schlaich Bergermann und Partner, Stuttgart

The continuing training academy of the Ministry of the Interior of the State of North Rhine-Westphalia in Germany, **Figure 195** is part of an ecological and social science campus on the site of the former coal mine of Mont Cenis in Herne, Germany. The master plan of the area consists of the academy as a part of the International Building Exhibition (IBA), a public park, residential units, and a market square. The building's main concept is a large, micro-climatic, glazed space in which the individual buildings of the academy, such as the administration, hotel, restaurant, public library, and large auditorium and recreational facilities are inserted, **Figure 196 to 198**.

As early as the 1980s, the architects Jourda and Perraudin began researching designs that would provide various internal climate zones. The building for the Herne academy is 72 meters wide and 180 meters long, and it has a 16-meter-high glass hull. This superstructure serves as a solar electric power plant and provides a temperate, "Mediterranean" climate even under the sometimes adverse weather conditions of Central Germany (**Figures 196, 197**). The effect of this climatic hull is that energy consumption is greatly reduced. The inside of the glass hull is accessible to the public and provides a lively, highly attractive urban space that is fitted with terraces, a reflecting pool, and plants otherwise found only in warm climates, such as tall palm trees. The glazing of the outside envelope consists of laminated, non-insulated glass, which is able to allow for solar gains. Another significant advantage of the concept of the large glass superstructure is the fact that the inserted buildings have minimized circulation area requirements: circulation space typically necessary inside a building can here be located on the inside of the glass hull, external to the inserted building itself.

11.10 Fortbildungsakademie Herne

Architekten: Jourda et Perraudin, Lyon/Jourda Architectes, Paris
Hegger Hegger Schleif Architekten, Kassel
Gebäudetechnik: HL-Technik, München/Frankfurt
Tragwerk: Schlaich Bergermann und Partner, Stuttgart

Die Fortbildungsakademie Herne (Deutschland) ist Teil eines ökologischen und sozialen Gesamtkonzeptes auf der Zechenbrache Mont Cenis, auf der im Rahmen einer Neuentwicklung des IBA Emscher Park neben einem Park durch Wohngebiete, Einkaufszentrum und Marktplatz ein neues Zentrum entstehen sollte, **Bild 195**. Geplant war eine „mikroklimatische Hülle“. Bereits in den 80er Jahren hatten Jourda & Perraudin zu einer Architektur unterschiedlicher Klimazonen innerhalb eines Gebäudes geforscht. Die 72 m breite, 180 m lange und 16 m hohe gläserne Hülle der Akademie fungiert einerseits als Solarkraftwerk und bildet andererseits eine klimatische Pufferzone, in der unter Regen-, Wind- und Kälteschutz milde Temperaturen herrschen, **Bilder 196/197**. Dadurch verringert sich der Energiebedarf der in die Hülle eingestellten so genannten Innenhäuser. Sie beherbergen Funktionen wie Verwaltung, Restaurant, Hotel und Freizeiteinrichtungen der Akademie, eine öffentliche Bibliothek, Stadtverwaltung und einen Bürgersaal, **Bild 198**.



Figure 195
Academy Mont-Cenis
Herne-Sodingen, Germany

Ministry of the Interior of the State of North Rhine-Westphalia

Architects: Jourda & Perraudin
Paris, France
Hegger Hegger Schleif · HHS
Planer +Architekten BDA,
Kassel

Bild 195
Bildungszentrum Herne
„Mont Cenis“,
Ansicht des Projektes

Architekten: Jourda & Perraudin
Architectes, Paris,
Hegger Hegger Schleif · HHS
Planer +Architekten BDA, Kassel

Durch diese Funktionsmischung konnte sich das Innere der einfachverglasten Glashaut (Verbundsicherheitsglas, VSG) zu einem öffentlich zugänglichen und belebten Raum entwickeln. Befördert wurde dies durch die attraktive Gestaltung mit Terrassen, Wasserbecken und Bepflanzung. Ein weiterer Vorteil der Klimahülle sind Einsparungen von beheizten Flächen, da ein Großteil der Erschließungsflächen außerhalb der Gebäude in der Halle untergebracht werden konnte.



Figure 196
Interior showing primary structure

56 spruce trunks and other rectangular wooden sections form the framework for the micro-climatic hull

Bild 196
Innenansicht mit
Primärkonstruktion

56 Fichtenstämme und andere nachwachsende Holzelemente bilden das Traggerüst der Primärkonstruktion der Mikroklimate-Hülle



Figure 197
Interior, with reflecting pool

Bild 197
Ansicht des Innenraumes mit
Wasserbecken

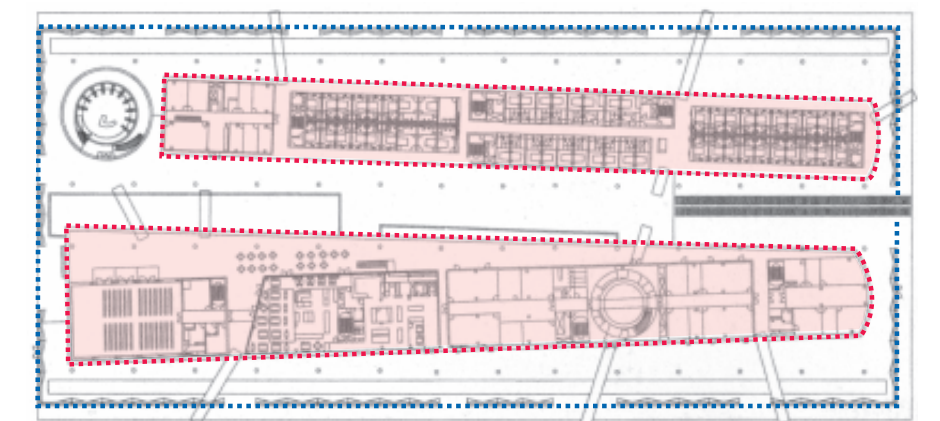


Figure 198
Floor plan showing climate zones

The single-glazed envelope of the building serves as a climatic buffer. It reduces the energy consumption of the internal buildings and provides additional usable and comfortable space within during times of inclement weather.

Bild 198
Grundriss Erdgeschoss mit
klimatischer Zonierung.

Die einfachverglaste Hülle wirkt als Klimapuffer. Sie reduziert nicht nur den Energiebedarf der eingestellten Funktionsgebäude, sondern eröffnet einen zusätzlichen öffentlich nutzbaren Raum, der mit seinen gemäßigten Temperaturen fast das ganze Jahr über von verschiedenen Nutzern belegt wird.

••••• Zone 1 Outside
••••• Zone 2 Inner outside
••••• Zone 3 Inside

Even if we assume that the photovoltaic elements used in the building will have an efficiency of approximately 15 % and that they are placed in an optimal orientation toward the solar incidence, and even if we furthermore believe that the wind turbines are always in an optimal flow condition, the notion of a supply of energy for the building solely from renewable sources needs to be rejected. In this case, the percentage of renewable energy of the total energy demand budget may be no greater than 4 %.

Alle zuvor angegebenen Kenndaten sind jeweils bezogen auf den Quadratmeter Bruttogeschossfläche. Selbst wenn man davon ausgeht, dass sowohl die Photovoltaikmodule (Wirkungsgrad ca. 15 Prozent angenommen) im Mittel in der vertikalen Fassade optimal positioniert sind und die Windkraftanlagen optimal angeströmt werden, kann eine jährliche Versorgung ausschließlich durch erneuerbare Energien nicht festgestellt werden. Sie dürfte einen Beitrag von ca. 2,5 bis 4 Prozent erbringen.



Figure 226
 La Tour Phare, La Défense,
 Paris, France
 (Competition entry)

Architect:
 UNIBAIL_Jaques Ferrier,
 Architecte ADC & CE Ingenierie

Bild 226
 „Phare“ la Defense, Skyline

Architekt:
 UNIBAIL_Jaques Ferrier,
 Architecte ADC & CE Ingenierie



Figure 227
 La Tour Phare, La Défense,
 Paris, France
 (competition entry),
 Rendering

Bild 227
 Hochhaus „Phare“, La Défense,
 Paris
 Ansicht (Rendering) des Towers

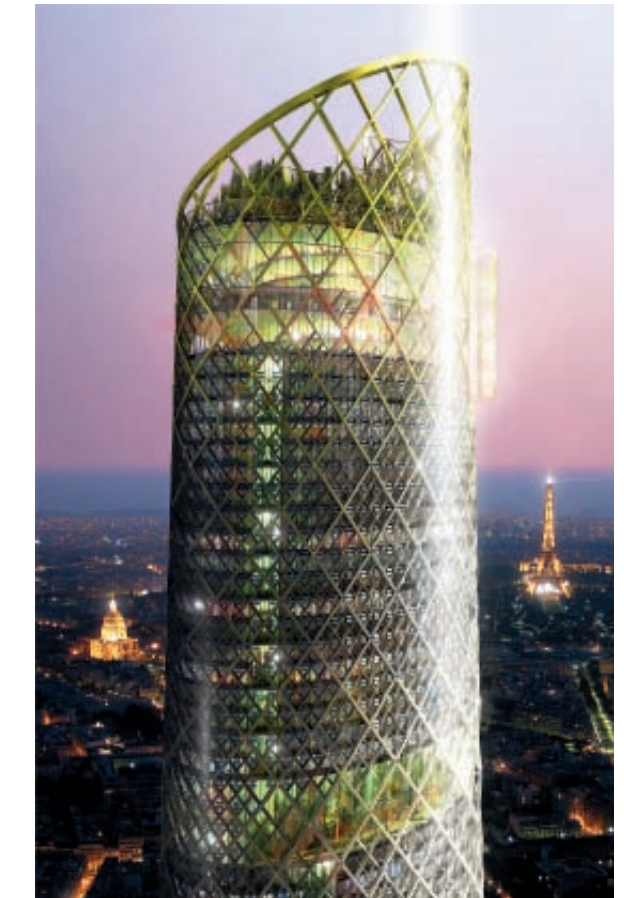


Figure 228
 La Tour Phare, La Défense
 Rendering

Bild 228
 Ansicht oberer Dachbereich
 (Rendering) des Towers

12.3 The “Phare” (lighthouse) high-rise in Paris

The design of the Phare high-rise in Paris by architect Jacques Ferrier, working together with HL-Technik Engineers, in Munich, Germany and others, is the result of a competition entry for the business district La Défense in the French capital. The entire ensemble consists of a smaller, 100-meter-tall, narrow, plate-like building and a tower of 71 floors. The project’s total gross area is 140,000 m².

Figures 226 – 228 show the most important aspects of the design. Because the building is part of a dense urban fabric, the possibilities of integration of renewable energy-generating sources were limited to the use of building-integrated photovoltaics (BIPV) in the façade and integrated wind turbines. This is a common limitation when it comes to the integration of renewable energy sources – the rest of the necessary infrastructure such as heat- and cooling-energy generation is derived from centralized local grids, and the same is the case for medium-voltage electricity. The meteorological conditions at the site in Paris are presented in Figures 229 – 234, and Figure 235 shows the building ensemble in the context of the dense surrounding fabric of the La Défense business park in Paris.

12.3 Hochhaus „Phare“, Paris

Das Hochhaus „Phare“, entworfen von Architekt Jacques Ferrier, unter Mitwirkung u.a. von HL-Technik, München, u.a. ist ein Wettbewerbsentwurf in La Défense bei Paris. Das Gesamtensemble besteht aus einem kleineren, ca. 100 m hohen Scheibengebäude sowie dem Turm mit 71 Geschossen bei einer Gesamtfläche von ca. 140.000 m².

Die Bilder 226 – 228 zeigen die wesentliche Struktur. Die Möglichkeiten des Einsatzes erneuerbarer Energien waren bei dem Turm infolge seiner städtebaulichen Einbindung eher bescheiden und mussten sich auf den Einsatz von Photovoltaik in den Fassadenflächen und die Nutzung von Windenergie beschränken. Somit stellt man eine häufig übliche Einschränkung bei der Nutzung erneuerbarer Energien fest. Die Wärme- und Kälteerzeugung erfolgte aus vorhandenen zentralen Netzen, gleichermaßen die Elektroversorgung auf Mittelspannungsebene. Die meteorologischen Bedingungen des Standortes Paris sind in den Bildern 229 – 234 beschrieben. Bild 235 zeigt die Lage des Hochhauses innerhalb einer dichten städtebaulichen Umgebung.

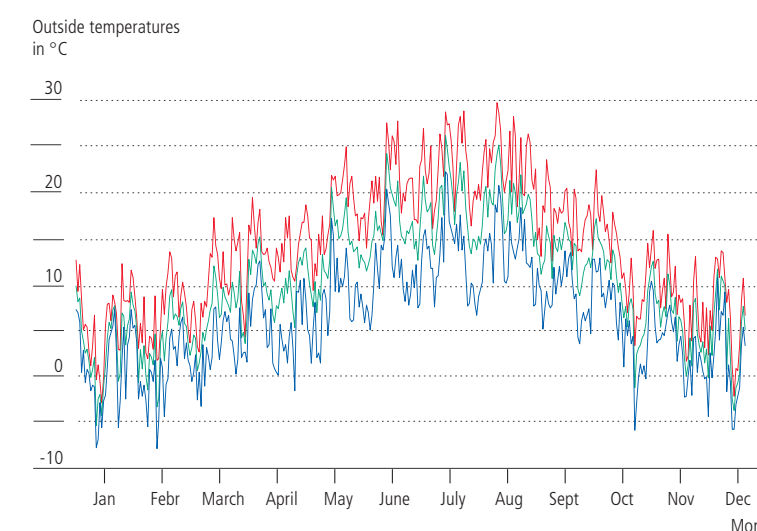


Figure 229
 Daily outside temperatures
 Paris, France

Bild 229
 Tageswerte der Außentemperatur,
 Paris

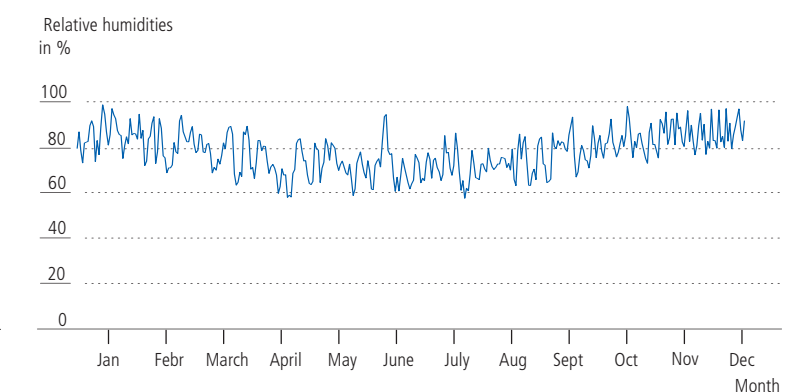


Figure 230
 Daily average relative humidities
 Paris, France

Bild 230
 Täglicher Durchschnittswert
 der relativen Feuchtigkeit,
 Paris

12.5 Icade Tower, Central Europe (continental climate region)

Figures 252 and 253 illustrate the concept for a variable-usage high-rise project with adjacent podium structure for a location in Central Europe. The mixed-use tower has a gross area of 22,010 m²; half of the building will be used for hotel apartments, and the other half will be dedicated to office functions. The podium functions contain conference areas, a restaurant and kitchen, the lobby and event spaces, and a small-scale shopping arcade. The goal was that the tower should be operated largely with the natural resources available at the site.

The high-rise façade surface areas facing south are approximately 5,500 m² large, and 4,500 m² of the building's envelopes are oriented to the northeast and northwest. Approximately 36 % of these enclosure surfaces are made of glass attached to a post-bar curtain wall frame, allowing the exchange between opaque and transparent wall surfaces depending upon internal use. Figures 254.1 and 254.2 show the system and its design.

12.5 Icade Tower, Mitteleuropa (Kontinentalklimazone)

Für einen mitteleuropäischen Standort wurde ein Turm mit angegliedertem Flachbau – Bilder 252 und 253 – entwickelt, der als umnutzbare Immobilie betrieben werden soll. Auf ca. 22.010 m² BGF soll jeweils zur Hälfte eine Apartment-Hotel- und eine Büronutzung entstehen. Im Flachbaubereich sind Konferenzonen, Restaurant und Küche, Lobby- und Eventflächen sowie kleinteiliges Shopping untergebracht. Dabei sollte sich der Turm mit seinem Flachbau weitestgehend aus den natürlichen Ressourcen des Standorts zum Betreiben bedienen.

Die Fassadenfläche des Turms beträgt ca. 5.500 m² südorientiert und ca. 4.500 m² nordwest- und nordorientiert. Ca. 36 Prozent der Fassadenfläche besteht aus Glasflächen, die in einer Pfosten-Riegel-Konstruktion eingestellt sind, um je nach Nutzung Fenster- und Wandflächen austauschen zu können. Die Bilder 254.1 und 254.2 zeigen die angestrebten Lösungen und Ansätze zur Gestaltung.



Figure 252
Icade Tower,
Perspective north

Source: Project Icade Tower, van SANTEN & Associés, HL Technik, Klaus Daniels, PSP Architekten Ingenieure

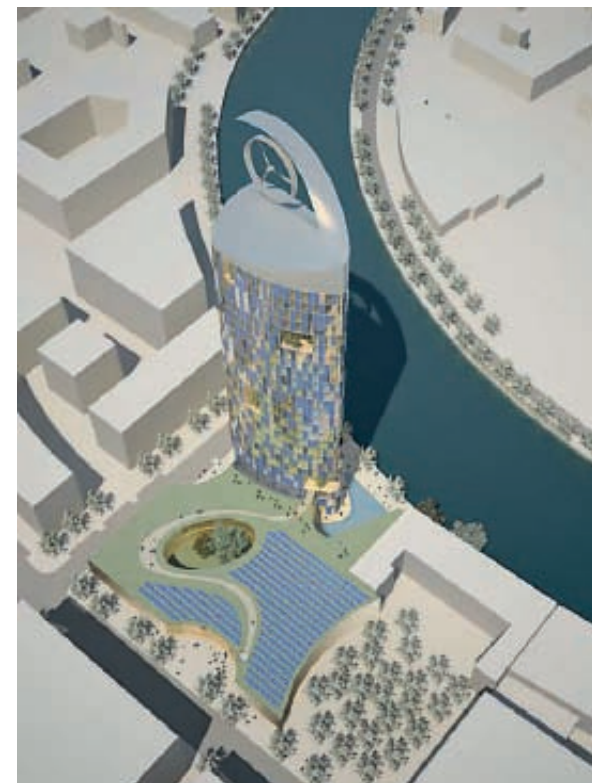


Bild 252
Icade Tower,
Nord-Perspektive

Quelle: Projekt Icade Tower, van SANTEN & Associés, HL-Technik, Klaus Daniels, Architekten Ingenieure PSP

to Figure 252
Icade Tower,
Perspective south

zu Bild 252
Icade Tower,
Süd-Perspektive

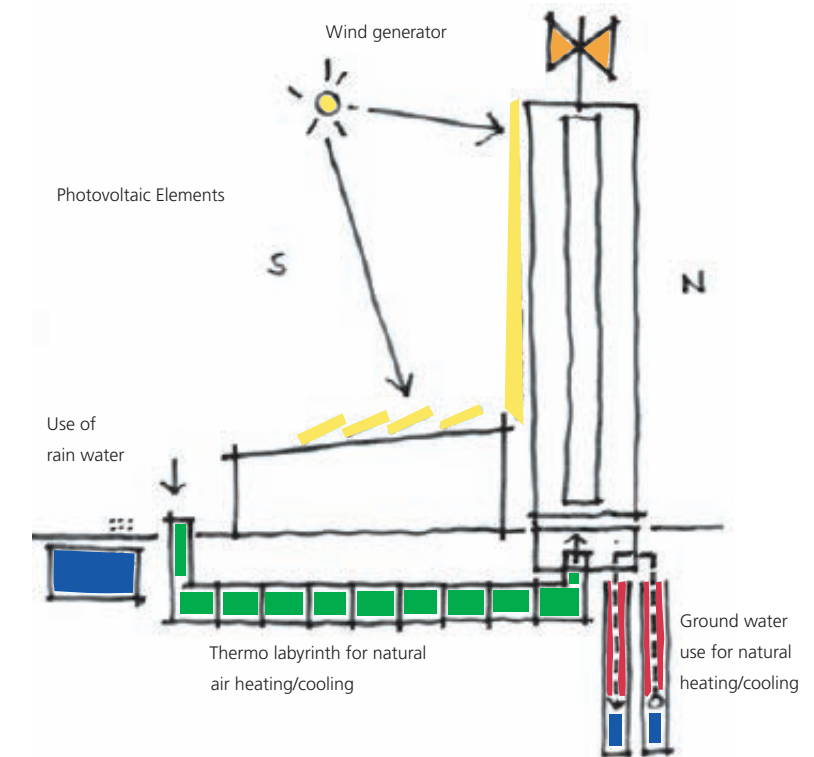


Figure 252.1
Energy concept:
minimization of energy loss
maximization of energy gains
with earth, wind and solar
potentials

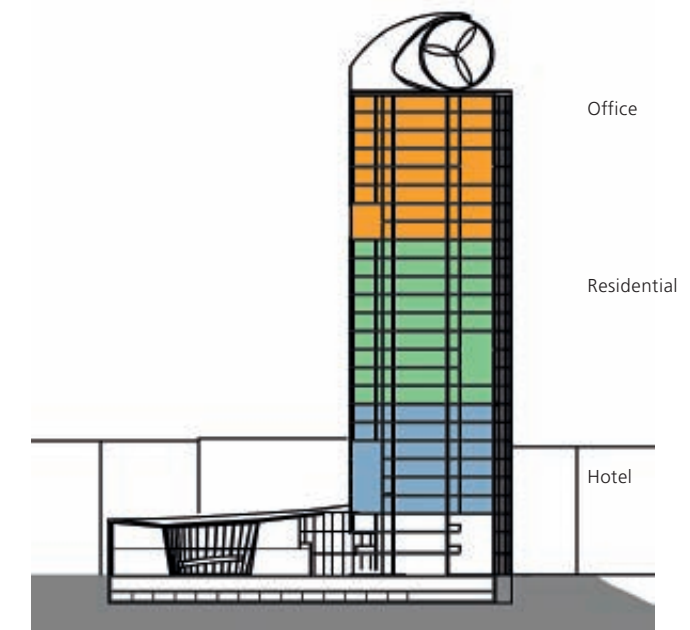
Bild 252.1
Energiekonzept:
Verringerung des Energieverlustes,
Maximierung der erwünschten
Energiegewinne aus geothermischem,
Wind-, und solarem Angebot

Figure 253
Urban & building concept:
A multi-use development with
residential, office and hotel
ensures a balanced disposition
of utilisation, reduces traffic
and optimizes synergy effects.

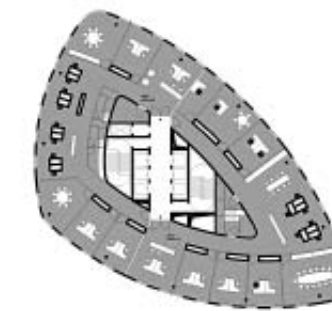
Bild 253
Städtebauliches und Gebäude-
konzept: Der Funktionsmix aus
Wohnen, Büro- und Hotel-
nutzung verringert inner-
städtisches Verkehrsauf-
kommen und erzeugt positive
Synergie-Effekte.

to Figure 253
Urban & building concept:
typical floors with different
uses

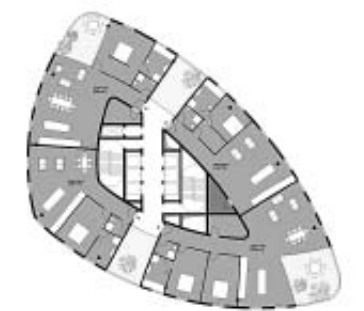
zu Bild 253
Grundrisskonzepte zu den
Funktionsbereichen (von links):
Hotel, Büro, Wohnen



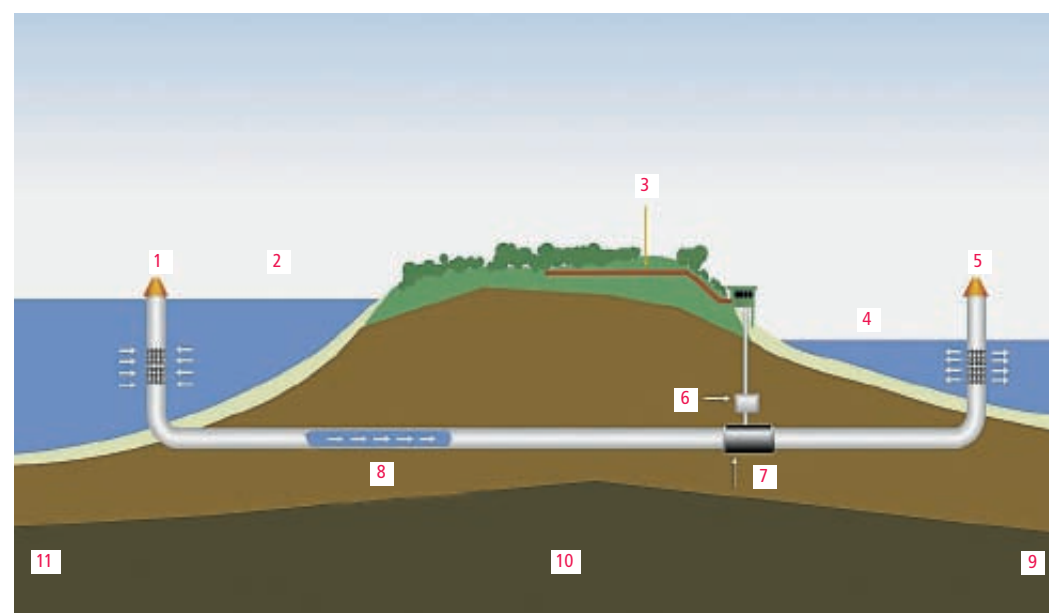
Hotel



Office



Residential



to Figure 331
Tidal power plant
Diagram

zu Bild 331
Arbeitsprinzip eines
Gezeitenkraftwerkes

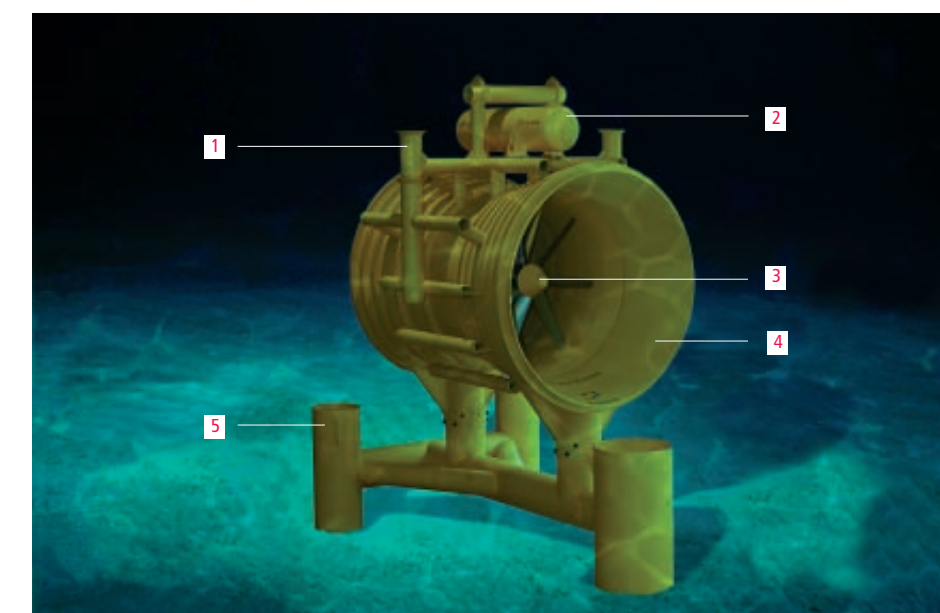
- 1 Inlet/outlet
- 2 High tide on ocean side
- 3 Underground power cable
- 4 Low tide on bay side
- 5 Inlet/outlet
- 6 Generator
- 7 Turbine fitted within pipe
- 8 Higher level to lower level.
Change of tide, situation
reverses.
- 9 Bay
- 10 Peninsula or isthmus
- 11 Ocean

Figure 332.1
Bidirectional Rotating Tidal
Turbine (RTT) of a tidal power
plant
1 Megawatt unit
Duct diameter 15 meters
Duct length 19.2 meters
Turbine diameter 11.5 meters

Bild 332.1
Beispiel eines Gezeiten-
kraftwerkes

- 1 Megawatt Einheit
Durchmesser 15 m
Laenge 19,20 m
Turbinendurchmesser 11,50 m

- 1 Removable cassette
- 2 Generator modul
- 3 Turbine
- 4 Duct
- 5 Gravity base



An entirely new technology for using tidal effects is power plants that are independent of tidal changes. These systems are placed directly on the ocean floor, and due to their slow rotational speed do not pose a threat to ocean flora and fauna. According to current research and assumptions by scientists, the flow energy of the ocean is capable of providing approximately 450×10^6 MWh of electricity per year, which is the equivalent of 40 large nuclear power plants.

The very first tidal power plant was constructed in 1967 in the estuary of the river Rance near Saint Malo, Brittany, France. It has a size of 240 MW. In 1984, another tidal power plant was opened in Annapolis Royal, a side bay of the Bay of Fundy in Nova Scotia, Canada. The 20 MW plant is mainly a research facility and generates electricity in a one-way direction during low tide. Smaller plants have been constructed in Russia and also in China, where the largest operating tidal power plant, located near the city of Jiangxia in the province of Zhejiang, was completed in 1986 and generates 3.2 MW of electricity.

Ein neuer technologischer Ansatz zur Nutzung der Gezeiten sind Turbinen, die nicht den Tidenhub, sondern auf direktem Weg die starken Strömungen am Meeresgrund nutzen. In Küstennähe sind diese besonders stark und die Bedingungen für den Bau eines Gezeitenkraftwerkes damit optimal.

Ein positiver Aspekt der Technologie ist die sichtbare und ökologische Schonung des Küstengebiets, da die Turbinen auf dem Meeresgrund stehen und ihre relativ langsamen Drehgeschwindigkeiten keine negativen Auswirkungen auf den Bestand der Meerestiere und der Meeresfauna haben. Nach Expertenschätzungen kann die Strömungsenergie der Ozeane rund 450×10^6 MWh Strom pro Jahr liefern. Dies entspricht in etwa 40 großen Kernkraftwerken.

Das erste Gezeitenkraftwerk der Erde wurde 1967 an der Rance-Mündung in Saint Malo in der Bretagne errichtet (240 MW). 1984 wurde ein weiteres Gezeitenkraftwerk in Annapolis Royal an einer Nebenbucht der Bay of Fundy in Nova Scotia (Kanada) gebaut (20 MW). Dieses Gezeitenkraftwerk diente primär der Forschung und arbeitet im Ein-Richtungs-Betrieb (Nutzung des Ebbestroms). Weitere kleinere Gezeitenkraftwerke entstanden in Russland und China, wobei das größte chinesische Gezeitenkraftwerk bei Jiangxia (Provinz Zhejiang) 1986 fertiggestellt wurde (3,2 MW).

On England's western coast, the currently largest tidal power plant using just the ocean's currents is being planned, with an expected power output of 8 MW. The concept involves turbines mounted on legs 10 meters tall that will be lowered to the ocean floor at a depth of 50 meters and fixated only by gravity. As shown in Figure 332.1, the turbines have a large cone guiding the water to a constriction where the liquid flow is accelerated. The average speed of the rotors will be just around 21 revolutions per minute, which, again, poses no environmental threat.

In the U.S., the Electric Power Research Institute (EPRI) is involved in the development of tidal energy plants, three of which three are planned for location in Canada and the west coast states of Washington and California. An additional four tidal plants are being designed for the U.S. east coast near the Canadian border.

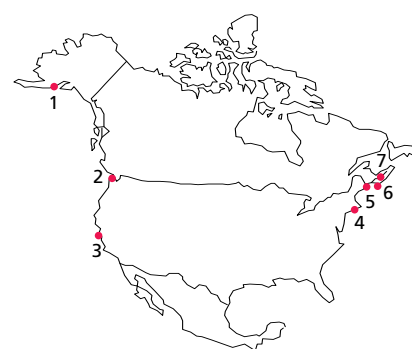
Zurzeit geplant ist an der Westküste Englands das weltweit größte „Gezeitenkraftwerk“, das nur die Meeresströmung nutzt, mit einer Leistung von 8 MW. Turbinen mit Standbeinen von ca. 10 m Höhe werden in 50 m Wassertiefe aufgestellt. Die Turbinen, Bild 332.1, besitzen am Anfang einen großen Einlauftrichter, der sich zur Mitte hin verengt, um den Wasserstrom innerhalb der Turbine zu beschleunigen. Die vorgesehene Drehgeschwindigkeit wird im Durchschnitt ca. 21 Umdrehungen pro Minute betragen, so dass infolge der langsamen Rotation ein sehr geringer Sog entsteht, der zu keinerlei Schäden in der Umgebung führt.

Die einzelnen Turbinen stehen, fixiert durch ihr Eigengewicht, auf dem Meeresboden.

In den USA beschäftigt sich zurzeit ebenfalls das Electric Power Research Institute (EPRI) mit der Entwicklung von Gezeitenkraftwerken, wovon drei in Kanada und an der Westküste (Staaten Washington und Kalifornien) und vier weitere an der Ostküste in der Nähe zur kanadischen Grenze liegen.

Table 21 provides an overview of the plants and presents their specific power data and cost.

	AK	WA	CA	MA	ME	NB	NS
Cross section area in m ²	72,500	62,600	74,700	71,500	36,000	60,000	225,000
Power density in kWh/m ²	1.6	1.7	3.2	0.95	2.9	0.7 – 2	4.5
Available power in MW	116	106	237	13.3	104	43 – 100	1,013
Extract power in MW	17.4	16	35.5	2.0	15.6	6.5 – 15	152
Unit power rated in MW	0.76	0.7	1.1	0.46	0.83	0.31	1.11
Unit speed rated in m/s	1.9	1.9	2.1	1.6	2.0	1.4	2.2
Unit avg. power yearly in MW	0.22	0.21	0.37	0.18	0.38	0.13	0.52
# of com units	66	64	40	9	12	66	250
Avg. power in MW	14.6	13.7	16.5	1.6	4.6	7.3	130
Total plant cost in Mio \$	110	103	90	17	24	68	486
Yearly level O&M costs in Mio \$	4.1	3.8	3.6	0.6	1.0	2.3	18
Annual energy in GWh	128	121	129	1.5	40	64	1.140
Utility gen. in US Cent/kWh	9,2 – 10,8	9,0 – 10,6	6,6 – 7,6	8,6 – 9,9	5,6 – 6,5	10,0 – 11,7	3,9 – 4,6
Muni. gen. COE US Cent/kWh	7,1 – 8,4	7,2 – 8,4	4,9 – 5,6	6,0 – 6,7	4,2 – 4,8	9,2 – 11,2	3,9 – 4,6



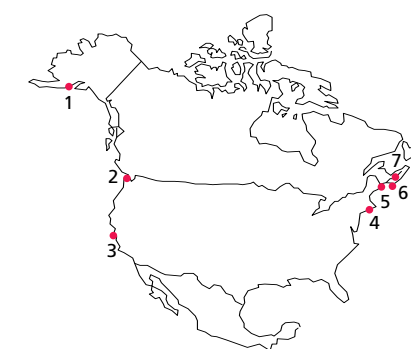
- 1 = AK Knik Arm, Alaska
- 2 = WA Tacoma Narrows, Washington
- 3 = CA Golden Gate, California
- 4 = MA Muskeget Channel, Massachusetts
- 5 = ME Western Passage, Maine
- 6 = NB Head Harbour Passage, New Brunswick, Canada
- 7 = NS Minas Passage, Nova Scotia, Canada

Table 21
Overview of experimental tidal power plants in the U.S. and Canada

Source: Tidal Sites Feasibility Study
Electric Power Research Institute (EPRI)

Table 21 zeigt eine detaillierte Übersicht über die Anlagen mit ihren technischen Kenndaten sowie Kostenauswirkungen.

	AK	WA	CA	MA	ME	NB	NS
Querschnitt der Gesamt-Turbinenfläche in m ²	72.500	62.600	74.700	71.500	36.000	60.000	225.000
Energieleistung in kWh/m ²	1,6	1,7	3,2	0,95	2,9	0,7 – 2	4,5
Erzielbare Energieleistung in MW	116	106	237	13,3	104	43 – 100	1.013
Nutzbare Energieleistung in MW	17,4	16	35,5	2,0	15,6	6,5 – 15	152
Energieleistung je Einheit in MW	0,76	0,7	1,1	0,46	0,83	0,31	1,11
Fließgeschwindigkeit der Einheit in m/s	1,9	1,9	2,1	1,6	2,0	1,4	2,2
Jährliche durchschnittl. Leistung in MW	0,22	0,21	0,37	0,18	0,38	0,13	0,52
Anzahl der Einheiten	66	64	40	9	12	66	250
Durchschnittl. Gesamtleistung in MW	14,6	13,7	16,5	1,6	4,6	7,3	130
ca. Investitionskosten in Mio \$	110	103	90	17	24	68	486
Jährliche Betriebskosten (Betreiben, Warten, Reparieren) in Mio \$	4,1	3,8	3,6	0,6	1,0	2,3	18
Durchschnittl. Energieertrag in GWh	128	121	129	1,5	40	64	1.140
Resultierende Stromkosten in US Cent/kWh	9,2 – 10,8	9,0 – 10,6	6,6 – 7,6	8,6 – 9,9	5,6 – 6,5	10,0 – 11,7	3,9 – 4,6
Derzeitige Stromkosten in der Region in US Cent/kWh	7,1 – 8,4	7,2 – 8,4	4,9 – 5,6	6,0 – 6,7	4,2 – 4,8	9,2 – 11,2	3,9 – 4,6



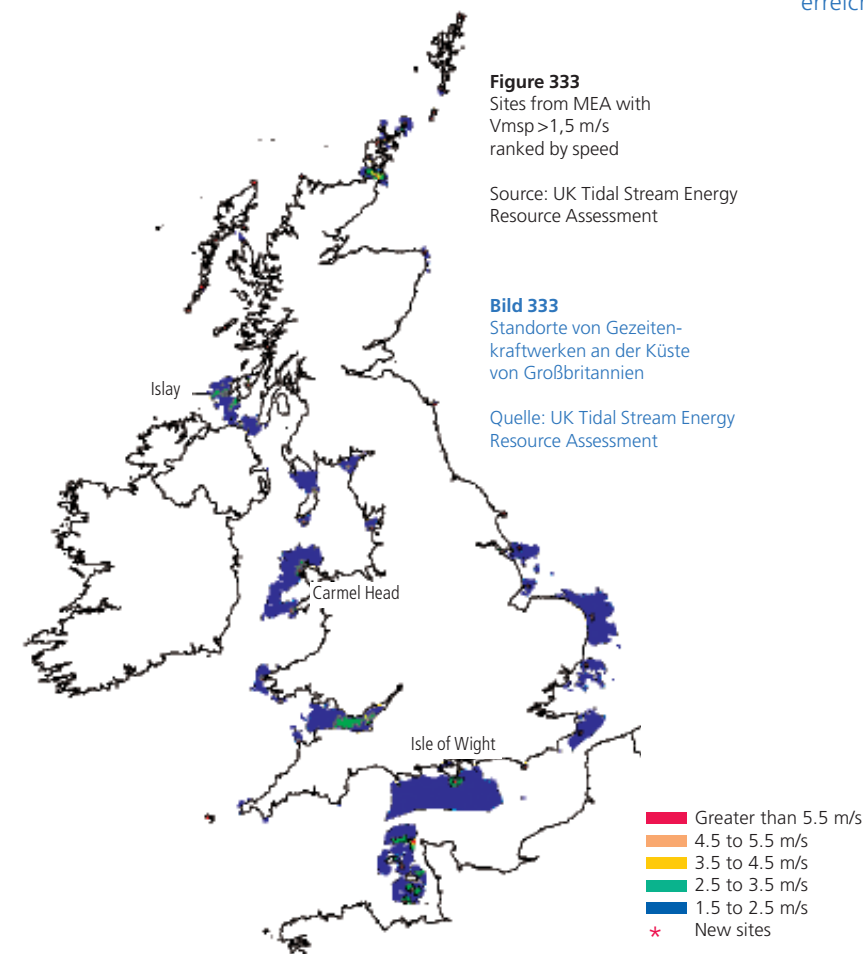
- 1 = AK Knik Arm, Alaska
- 2 = WA Tacoma Narrows, Washington
- 3 = CA Golden Gate, California
- 4 = MA Muskeget Channel, Massachusetts
- 5 = ME Western Passage, Maine
- 6 = NB Head Harbor Passage, New Brunswick, Canada
- 7 = NS Minas Passage, Nova Scotia, Canada

Tabelle 21
Übersicht von Versuchsanlagen in den USA und Kanada

Quelle: Tidal Sites Feasibility Study
Electric Power Research Institute (EPRI)

In the U.K. as well as other parts of the world, research regarding this renewable technology is also being conducted aggressively. **Figure 333** shows several regions of the U.K.'s surrounding seas with sufficiently strong currents for tidal power plants to be constructed. Those power plants will be located at water depths of 5 m to around 100 m. Unfortunately, thorough research has shown that ocean currents and their velocities are subject to notable changes. Of the currents that have been analyzed, 10 – 70 % have altered direction and speed over time, and for some tidal power plants that are oriented perpendicular to the current the resulting flow effect can only be used once – forward and back flow conditions are too unequal to generate energy twice, as was originally intended. **Figure 334** depicts the changes in flow velocities dependent upon the kinetic energy used for energy generation. It is astounding that variations in flow velocity seem to have a greater impact at a depth of 90 meters than at a depth of 65 meters.

As is the case with other renewable energy concepts, tidal power generation is a very complex topic, and much more research will be necessary to allow secure provision of energy from this significant natural source.



Auch in England wird in verschiedenen Regionen – wie bereits am Anfang beschrieben – intensiv geforscht, um zukünftig Gezeitenkraftwerke einsetzen zu können. **Bild 333** zeigt einige dieser Regionen, in Abhängigkeit von den Strömungsgeschwindigkeiten, die infolge der Gezeiten entstehen. Die Gezeitenkraftwerke liegen hier in Tiefen von 5 – 100 m. Infolge langjähriger Studien hat sich gezeigt, dass sich die Fließgeschwindigkeiten zum Teil über Jahre nicht unerheblich verändert haben (10 – 70 Prozent) und dass bei einigen Gezeitenkraftwerken die quer zu den Fließstromlinien liegenden der Strömungseffekt nicht doppelt, sondern nur einfach gerechnet werden kann, da offensichtlich die Hin- und Rückbewegungen des Wassers unterschiedlich ausfallen. In **Bild 334** sind die Veränderungen der Fließgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von Energiegewinnung (kinetische Energie) dargestellt. Verblüffend dabei ist, dass in einer Tiefe von 65 m die Veränderung der Stromgeschwindigkeit nur einen geringen Einfluss hat, während der Einfluss in 90 m Tiefe deutlich stärker ist.

Wie erkennbar, ist auch das Gebiet der Energiegewinnung durch Gezeiten kein einfaches, sondern bedarf einer Vielzahl von Forschungen und Untersuchungen sowie Versuchen im Rahmen von Demonstrationsanlagen, um eine gesicherte Energiebereitstellung zu erreichen.

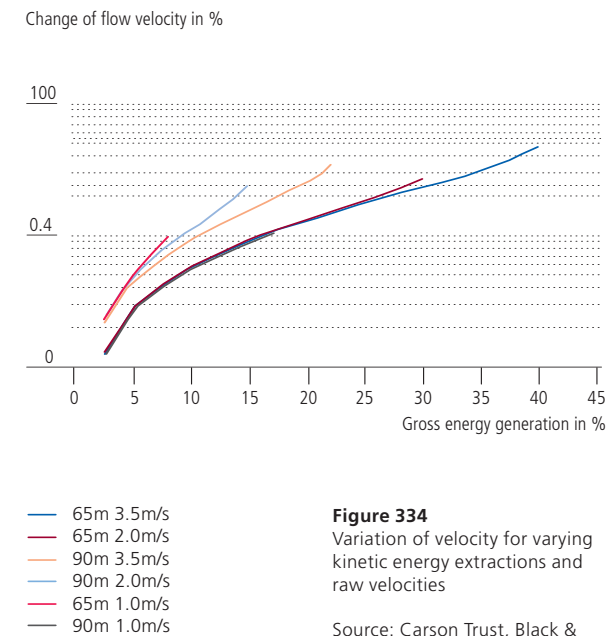


Figure 334
Variation of velocity for varying kinetic energy extractions and raw velocities
Source: Carson Trust, Black & Veatch, Phase II, Tidal Stream Resource Report-rev2.

Bild 334
Veränderung der Flussgeschwindigkeit und resultierenden Energieerzeugung
Quelle: Carson Trust, Black & Veatch, Phase II, Tidal Stream Resource Report-rev2.

Wave energy

For years, the company Pelamis Wave Power Limited in Edinburgh, Scotland, has been involved in research on wave energy converters and their manufacturing. Their system transforms the kinetic energy of the movement of ocean waves into electrical energy. **Figure 335** shows the system's unit, which has a length of 150 m, a diameter of 3.5 m, and a weight of around 700 tons. The device, which is semi-submerged, is composed of cylindrical sections linked by hinged joints and three power-conversion units containing hydraulic rams that pump a high-pressure fluid – agitated by the device's upward and downward motion, caused by waves – through hydraulic motors. The hydraulic presses work with velocities of 0 – 0.1 m/s and move the hydraulic liquid in the cylinders, resulting in high pressures of around 100 – 350 bar.

The conversion of pressure to kinetic energy takes place in two small turbines that are parts of the power-conversion units, which, in turn, drive two generators with a power of 125 kW each, turning at 1,500 rpm.



Figure 335
Pelamis wave energy converter
Length approx. 150 meters, diameter 3.5 meters, weight including ballast 700 tons
Source: Pelamis Wave Power Edinburgh, Scotland. UK

Bild 335
Wellenenergiekonverter (Pelamis), (Länge ca. 150 m, Durchmesser 3,5 m, Gewicht mit Ballast ca. 700 t)
Quelle: Pelamis Wave Power Edinburgh, Schottland UK

Wellenenergie

Seit Jahren beschäftigt sich die Firma Pelamis in Edinburgh (Schottland) mit Wellenenergiekonvertern, die über Bewegungsenergie elektrische Energie erzeugt. **Bild 335** zeigt die ca. 150 m lange und im Durchmesser 3,5 m große Gesamtanlage, die inklusive Ballast ca. 700 t wiegt. Innerhalb der Gesamtanlage sind 4 lange Teilstücke sowie 3 „Energieumwandlungs- und Sammeleinheiten“ zu erkennen (power-conversion unit), die hydraulische Pressen (hydraulic rams) aufnimmt, wobei zwei beim Anheben der „power-conversion unit“ und wiederum zwei beim Neigen derselben wirksam werden. Die Hydraulikpressen arbeiten mit einer Geschwindigkeit zwischen 0 – 0,1 m/s und pressen Öl durch die Bewegungen in Zylinder, wodurch ein Druck von ca. 100 – 350 bar entsteht.

Die Umwandlung je „power conversion unit“ von Druck- in Bewegungsenergie erfolgt durch zwei kleine Turbinen, die wiederum zwei Generatoren mit einer Leistung von je ca. 125 kW antreiben. Die Drehgeschwindigkeit der Turbine und des Generators beträgt dabei ca. 1.500 Umdrehungen pro Minute.