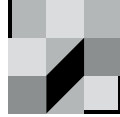




Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung



Bundesamt
für Bauwesen und
Raumordnung

BBR-Online-Publikation, Nr. 10/2008

Folgen des Klimawandels: Gebäude und Baupraxis in Deutschland

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Verkehr,
Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)
Invalidenstraße 44
10115 Berlin

Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung (BBR)
Deichmanns Aue 31–37
53179 Bonn

Bearbeitung

Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt (Auftragnehmer)
Peter Werner (Leitung)
Elke Chmella-Emrich (Architektin), Kaiserslautern
Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn
Andrea Vilz (Leitung)

Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten

Zitierhinweise

BMVBS / BBR (Hrsg.): Folgen des Klimawandels: Gebäude und Baupraxis
in Deutschland, BBR-Online-Publikation 10/2008.
urn:nbn:de:0093-ON1008R229

Die vom Auftragnehmer vertretene Auffassung ist
nicht unbedingt mit der der Herausgeber identisch.

ISSN 1863-8732
urn:nbn:de:0093-ON1008R229

© BMVBS / BBR April 2008

Ein Projekt des Forschungsprogramms „Zukunft Bau“ des Bundesministeriums
für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und des Bundesamtes für Bauwesen
und Raumordnung (BBR)

Vorwort

Neben der Auswertung von Literatur- und Online-Recherchen sind zahlreiche Interviews und Fachgespräche geführt worden, um den derzeitigen Wissens- und Informationsstand über Adaptationsstrategien im Themenfeld Klimawandel und Bauen darstellen zu können. Es sind Gespräche mit Bauphysikern, Architekten, Planern, Baustatikern, Ingenieuren, Bauhandwerkern, Versicherungen, Bauproduktherstellern und Verbandsvertretern geführt worden.

Aus den Recherchen und insbesondere aus den Gesprächen ist deutlich geworden, dass das Thema Klimawandel und Bauen in Deutschland erst „am Anfang steht“. Andere Länder wie das Vereinigte Königreich und die Schweiz sind hierbei etwas weiter. Gleichzeitig ist aber auch zu erkennen, dass das Thema verstärkt aufgegriffen wird, wie es aktuelle Veranstaltungsankündigungen, z. B. die Rosenheimer Fensterstage oder Veranstaltungen des Deutschen Katastrophenschutzes zeigen. Häufig steht der Klimaschutz (z. B. Energieeinsparung) oder die Hochwasserproblematik (z. B. Bauen in hochwassergefährdeten Gebieten) im Mittelpunkt. Adaptationsstrategien und Vorsorgemaßnahmen zur Reduzierung von negativen Folgewirkungen des Klimawandels im Bereich Bauen werden noch defizitär behandelt. Das Versicherungswesen hat sich unter dem Blickwinkel der Vermeidung von Schäden durch Extremwetterereignisse, diesem Thema bisher am weitesten genähert. Auch die Bauschadensforschung bietet eine Reihe von Ansatzpunkten, da die Untersuchung bautechnischer Schwachpunkte, die bei spezifischen Wetter- und Witterungseinflüssen (z. B. Schlagregen) zu Bauschäden führen können, ein breites Betätigungsfeld der Schadensforschung ist.

Bei Bürogebäuden wirken darüber hinaus auch Empfehlungen zur Arbeitsplatzgestaltung und die Arbeitsstättenverordnung bzw. -richtlinie in das Themenfeld hinein, zum Beispiel die Richtlinie über die Vermeidung von Hitzestress am Arbeitsplatz. Diese Empfehlungen, Verordnungen und Richtlinien beziehen ebenfalls bautechnische Lösungswege ein. Die häufig als Leitbild für repräsentative Bürogebäude benutzte Glasarchitektur (s. z. B. die derzeit realisierten spektakulären Hochhäuser in Dubai) und die aktive Klimatisierung von Bürogebäuden, die in der Regel mit einem hohen Energiebedarf verbunden sind, bilden dabei Themengebiete für spannungsgeladene und auch „ideologisch“ befrachtete Auseinandersetzungen.

Die ersten drei Abschnitte der vorliegenden Studie leiten in das Thema ein und umreißen das Problemfeld Klimawandel und Bauen. Die spezifischen klimarelevanten Herausforderungen, Auswirkungen und Schlussfolgerungen für den Bereich Bauen sind nach Wirkungstypen gegliedert und in den Kapiteln 4 bis 7 beschrieben. Dabei ist zu beachten, dass die Ausführungen zum einen zum jetzigen Zeitpunkt nicht vollständig sein können und zum anderen vielfach vorläufige Informationen und Einschätzungen enthalten.

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass die zukünftigen Anpassungserfordernisse des Bauens und des Gebäudebestandes in Deutschland ein weites Spektrum an Fragen aufwerfen, die hier nur zum Teil angerissen werden können. Auch die Belastbarkeit der verschiedenen Annahmen, wo Schwachpunkte im Bereich des Neubaus und Bestandes voraussichtlich liegen werden, und die erarbeiteten Vorschläge über die zu empfehlenden Vorgehensweisen bedürfen in mehreren Punkten weiterer Klä-

rungen. Diese offenen Fragen sollten Gegenstand nachfolgender Untersuchungen und Forschungsprojekte sein.

Bedanken möchten wir uns bei den Kolleginnen und Kollegen des Instituts Wohnen und Umwelt, die uns in Diskussionsrunden, Einzelgesprächen und durch eigene Beiträge sowohl während der Bearbeitung als auch bei der Erstellung des Berichtes unterstützt haben.

Besonders möchten wir uns bei allen Gesprächspartnern bedanken, die uns entweder mündlich oder schriftlich Rede und Antwort gestanden haben. Namentlich erwähnen möchten wir:

Dr. Detlef Hennings, Physiker, Köln

Prof. Dipl.-Ing. Manfred Gerner, Architekt, Fulda

Dr.-Ing. Hans Fritz Brunck, Architekt, Niederhorbach

Dr. Bernd Devantier, Institut für Holztechnologie, Dresden

Burkhard Evers, Landschaftsarchitekt, Kaiserslautern

Gert Süßenguth, Deutscher Wetterdienst, Offenbach

Ernst Rauch, Münchener Rückversicherung, München

Dr. Michael Kuhn, SV Sparkassen Versicherung, Stuttgart

Herr Dipl.-Ing. Habicht, Bauingenieur, Büro ISK, Kaiserslautern

Herr Olbrich, Gartner Fassaden, Gundelfingen

Herr Lateltin, Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen, Bern

Herr Tschorn, Verband der Fenster- und Fassadenhersteller, Frankfurt/M.

Herr Albers, Braas Dachdeckungen, Oberursel

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	4
Abstract	7
1 Einleitung.....	10
2 Zu beachtende Elemente des Klimawandels für den Bereich Bauen	13
3 Bauen in Deutschland	15
4 Entwicklungen von genereller Bedeutung	19
4.1 Hitzewellen	19
4.2 Starkregenereignisse.....	25
4.3 Wind	30
4.4 Hagel	34
5 Entwicklungen mit noch unklaren Folgen	36
5.1 Zunahme von feuchten Wintern.....	36
5.2 Längere Sonneneinstrahlung im Sommer	38
6 Veränderungen lokaler und regionaler Bedingungen	39
7 Zwischenzeitliche Effekte des Klimawandels: Veränderung von Schneelasten ..	41
8 Schlussfolgerungen	43
9 Forschungsbedarf.....	46
Literatur	47

Kurzfassung

Deutschland ist durch vielfältige Klimate und Standortverhältnisse gekennzeichnet. Diese Verhältnisse werden sich durch den nicht aufzuhaltenden Klimawandel ändern. Die nationale Anpassungsstrategie versucht auf diese Herausforderung zu reagieren. Dabei zeigt sich, dass in Deutschland Adaptationsstrategien und Vorsorgemaßnahmen zur Reduzierung von negativen Folgewirkungen des Klimawandels im Bereich Bauen erst am Anfang stehen. In der Studie wird versucht, einen ersten Überblick über den Stand des Wissens und Bedarfe für Anpassungsstrategien im Bereich Bauen zu geben. Zur Erstellung des Überblicks wurden nationale und internationale Studien ausgewertet sowie systematische Recherchen im Internet und zahlreiche Interviews mit Fachpersonen, wie Bauphysikern, Architekten, Planern, Baustatikern, Ingenieuren, Bauhandwerkern, Versicherungen, Bauproduktherstellern und Verbandsvertretern, durchgeführt.

Verändern sich die Klimafaktoren während des Lebenszyklusses eines Gebäudes in erheblicher Weise, kann das Gebäude den Zweck, Menschen vor Witterungseinflüssen zu schützen und ein angenehmes Raumklima bereitzustellen, nicht mehr ausreichend erfüllen. Bauteile über Erdreich, Bauteile im Erdreich und die Gebäudetechnik müssen entsprechend angepasst werden. Insbesondere die Außenhülle der Gebäude wird durch die verschiedensten Klimafaktoren beansprucht.

Bauplanung, -technik und -ausführung haben in Deutschland einen hohen Standard und sind für unterschiedlichste Klimabeanspruchungen ausgelegt. Viele Effekte des bereits aktuell stattfindenden als auch des bevorstehenden Klimawandels auf den Bereich Bauen lassen sich innerhalb dieses Standards bewältigen. Dennoch besteht besonders für die Zunahme von heute noch als Extremereignisse angesehene Klimafolgen Anpassungsbedarf. Zu diesen heute noch besonderen und in Zukunft wahrscheinlich regulären Ereignissen gehören: ausgeprägte Hitzewellen im Sommer, Starkniederschläge im Winterhalbjahr, Zunahme von Winterstürmen und beides mit Begleiterscheinungen wie extremer Schlagregen, Hagel und ungewöhnliche Windböenstärke.

In einer vorläufigen Bewertung werden vor dem Hintergrund der derzeitigen Klimaprognosen die Probleme folgendermaßen eingeschätzt. Das Problem der Zunahme von Hitzewellen wird als hoch bewertet, da hier Gesundheit und Wohlbefinden in gravierender Weise betroffen sind. Die Hitzewelle aus dem Jahre 2003 hat dies deutlich gezeigt. Auch das Problem der Zunahme von Starkregenereignissen und die potenziellen Wirkungen auf die Außenhülle sowie für Bauteile im Erdreich werden als hoch beurteilt. Effekte von Veränderungen in der Windbelastung (z. B. Zunahme Winterstürme), Wirkungen von Hagelzügen oder Veränderungen des Bodenwasserhaushalts werden für einzelne Regionen oder für einzelne Standorte ebenfalls als hoch bewertet. Die Zunahme von feuchten Wintern kann für historische Bausubstanz – Hinweise aus England liegen vor – oder unter Umständen für Bauteile aus Holz erhebliche negative Wirkungen nach sich ziehen. Dies lässt sich allerdings noch nicht näher beurteilen. Ein spezifisches Problem stellt die Entwicklung von Schneelasten dar. In einzelnen Regionen können zwischenzeitlich ungewöhnlich hohe Schneelasten entstehen. Mögliche Effekte einer stärkeren sommerlichen Sonneneinstrahlung auf die Bauteile und deren Materialbeständigkeit werden als eher gering eingeschätzt.

Die Studie benennt zu den einzelnen Problembereichen verschiedene mögliche Handlungsmaßnahmen. Die Wesentlichen sind: Sofern ein guter Wärmeschutz, Einplanung von Verschattungselementen, ggf. Anpassung der Gebäudeausrichtung, Einsatz massiver Bauteile bzw. Speichermassen, Reduzierung innerer Wärmequellen und bedachtsamerer Umgang mit großen Glasflächen vorliegen, werden Überwärmungsprobleme in Gebäuden weitgehend vermieden und Anlagen zur Klimatisierung, vor allem im Wohnungsbau, nicht benötigt. Kontrollierte Lüftungssysteme werden neben der Sicherstellung einer ausreichenden Luftwechselrate in Zukunft eine doppelte Funktion übernehmen müssen, nämlich dass die Frischluft, z. B. über Erdwärmetauscher, im Winterhalbjahr nicht nur erwärmt, sondern im Sommer bei Hitzeperioden herabgekühlt werden kann.

Die Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit von Baustoffen gegenüber extremeren Witterungsbedingungen wird vermutlich in Zukunft stärker zur Entscheidung für oder gegen bestimmte Konstruktionen und Materialien beitragen. Beim Neubau sind zukunftsorientierte Planungen mit neuen Materialien und Konstruktionen umsetzbar. Beim Bestand ist dieses nicht so ohne Weiteres möglich. Der Bestand ist sehr heterogen und die Bewältigung der klimabedingten Probleme komplexer. Historische Gebäude stellen dabei ein besonders schwieriges Problemfeld dar.

Allerdings werden auch im Bestand die meisten klimabedingten Probleme mit Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen bewältigt werden können. Möglicherweise werden Faktoren wie ‚Anfälligkeit bezüglich Regen und Feuchte‘ oder ‚Schadenspotenzial bei Stürmen‘ neben Aspekten wie ‚Wärmedämmstandard‘, ‚Standort‘ etc. für Bestandsgebäude zu Wert bestimmenden Merkmalen werden, die über ‚Verkauf oder Nichtverkauf‘ bis hin zu ‚Erhalt oder Abriss‘ entscheiden.

Die Dynamik des Klimawandels verstärkt die Notwendigkeit, vorsorgend Prognosen in Normungen einzubeziehen, denn Gebäude werden nicht für wenige Jahre, sondern für Jahrzehnte geplant, gebaut und erneuert. Durch die Häufung von Extremereignissen kommt der erhaltenden Bauvorsorge ein hoher Stellenwert zu. Regelmäßige Kontrollen und sachgerechte Wartung insbesondere der Außenhülle erweisen sich als dringend erforderlich, um unverhältnismäßige Gebäudeschäden und Gefährdungen abzuwenden. Dies gilt auch für Standorte, an denen durch Klimaänderungen stärkere Beeinflussungen der Bodenverhältnisse zu erwarten sind.

Bestimmte Gebäudebestände können sich für einzelne Klimafolgen als besonders sensibel herausstellen. Zum Beispiel Fachwerkgebäude im Zusammenhang mit anhaltender Durchfeuchtung im Winterhalbjahr oder das Verhalten des Baustoffs Holz unter sich verändernden Bedingungen. Dies ist näher zu beobachten und zu untersuchen.

Prognosesicherheit und Bereitschaft zur Vorsorge gehen Hand in Hand. Hohe Unsicherheiten erhöhen das Risiko, dass Vorsorgekosten getätigt werden, die sich als unnötig oder als nicht zielführend erweisen. Widersprechende oder offensichtlich unsichere Aussagen erschweren die Situation, vorausschauende Vorsorge zu betreiben. Eine ausreichende Vorsorge kann sich im Augenblick an Extremereignissen orientieren, die mit hoher Wahrscheinlichkeit in Zukunft regelmäßiger auftreten werden (z. B. Hitzewellen), oder es werden Gebäude geplant, die im Zyklus von ca. 20 Jahren an weitere potenzielle Klimaveränderungen anpassungsfähig sind.

Kleinräumige regionale und lokale Gegebenheiten sind bei diesen dynamischen Klimaänderungen besonders zu beachten. Das Informationswesen für Investoren, Bauherren, Planer, Architekten, Ingenieure und Fachhandwerk ist darauf auszurichten. Kommunale Planungen und Aktivitäten (z. B. Ausweisung von Bauland), Kenntnisse aus Ergebnissen laufender Umweltbeobachtung und ökologischer Risikoanalyse sowie Planungen bzw. Bauaktivitäten von Bauherren sind aufeinander abzustimmen.

Die Studie schließt mit Hinweisen zum weiteren Forschungsbedarf.

Abstract

Germany is characterised by diverse climates and local conditions, and these conditions will alter as a result of climate change, which can no longer be reversed. The national adaptation strategy is trying to respond to this challenge. In the process, it has emerged that Germany's adaptation strategies and precautionary measures for reducing negative consequences of climate change in the field of the construction of buildings, as yet, hardly got off the ground. The study attempts to give an initial overview of the level of knowledge and demand for adaptation strategies in field of construction. For the preparing of the survey national and inter-national studies were analyzed as well as systematic enquiries on the Internet were conducted and numerous interviews were carried out with specialist persons, like building physicists, architects, planners, engineers, structural engineers, trained building workers, insurances, building material manufacturers and representatives of corresponding associations.

If climate factors change significantly during the life cycle of a building, the building becomes less fit for its purpose, which is namely to protect people and provide a pleasant indoor environment. Building elements above ground, building elements in the ground and the technical building services must be adapted accordingly. The varying climate factors put particular stress on the outer shell of the building.

Construction planning, technique and execution are held to a high standard in Germany, and are designed to withstand the most varied climate exposure conditions. Many effects of both current and impending climate change on the building sector can be overcome within this standard. However, there is still a need for adjustment, in particular with regard to the increase in climatic incidents that are still considered "extreme events". These events, which are considered exceptional today but will probably become regular occurrences in the future, include distinct summer heat waves, heavy precipitation during the latter half of the year, an increase in winter storms and both accompanied by extreme driving rain, hail and unusually strong wind squalls.

Against the background of current climate forecasts, the problems are assessed as follows in a preliminary evaluation. The problem of increasing heat waves is considered to be a significant one, since it can have serious and damaging effects on health and well-being. The heat wave of 2003 was a clear example. The problem of increasing heavy rainfall and its potential effects on the outer shell of buildings as well as on building elements in the ground was also classed as high. The effects of changes in wind patterns (e.g. increasing winter storms), hail-storms or changes in the ground water balance are likewise assessed as significant problems for individual regions or locations. The increase in wet winters may have a significant negative impact on historic structures (examples of this phenomenon can be seen in England) or, under some circumstances, on wooden building elements. It has not yet been possible to evaluate this in more detail, however. One specific problem is the development in snow loads. Certain regions may experience levels of snowfall that have become unusual in recent times. Potential effects of more intense solar radiation during the summer on building elements and their material durability have been deemed less significant.

The study specifies various possible actions to combat the individual problem areas. The fundamental ones are as follows: providing that good heat insulation is ensured,

shadow elements are incorporated in planning, building layouts are modified where necessary, solid building elements or storage mass are used, internal heat sources are reduced and the use of large glass areas is well thought out, problems of overheating in buildings will be largely avoided, and air conditioning systems, especially in residential buildings, will not be required. In future, controlled ventilation systems will have to take on the additional function, as well as ensuring sufficient air renewal rates, of making sure that fresh air can not only be warmed during the winter by means of an earth heat exchanger, for instance, but also cooled down during periods of high temperatures in the summer.

The efficiency and resilience of construction materials in extreme weather conditions will, presumably, play a greater role in future in the decision for or against certain designs and materials. For new development, forward-looking plans using new materials and designs are marketable. For the building stock, this is harder to implement. Existing construction is highly heterogeneous and overcoming climate-related problems is a more complex issue. Historic buildings, in particular, present a particular problem in this regard.

However, even in existing construction, most problems caused by climate can be overcome with refurbishment and modernisation measures. Factors such as “susceptibility to rain and damp” or “potential for storm damage” may, along with aspects such as “thermal insulation standard”, “location” etc., become characteristics that determine the value of existing buildings and decide upon “sale or no sale” and even “preserve or tear down”.

The dynamics of climate change reinforce the necessity to incorporate forecasts into standards, since buildings are not built for the short term but are planned, built and renovated for decades. The accumulation of extreme events accords foresight in construction, with the aim of preservation, a high significance. Regular checks and proper maintenance, in particular of outer shells, are proving to be essential in order to avoid disproportionate building damage and endangerment. This also applies to locations where climate changes are expected to influence ground conditions to an even greater extent.

Some existing buildings may turn out to be particularly sensitive to certain climatic consequences. For example, timber-framed buildings in conjunction with prolonged moisture penetration during the winter months, or the behaviour of wood as a building material under changing conditions. This must be observed and investigated more closely.

Forecast certainty and preparedness to take precautions go hand in hand. High uncertainty increases the risk of precautionary costs being spent where they are not necessary or do not lead to the desired results. Contradictory or clearly uncertain statements aggravate the situation with regard to instigating precautionary measures. An adequate forecast may currently be geared towards extreme events, that in all likelihood will occur more regularly in future (e.g. heat waves), or buildings are planned that can be adapted to further climate changes in a roughly 20 year cycle.

It is particularly important to take into account small scale regional and local conditions with regard to such dynamic climatic changes. The flow of information for investors, building owners, planners, architects, engineers and specialist tradesmen must

be directed towards these conditions. Municipal plans and activities (such as the identification of building land), knowledge gained from the results of current environmental monitoring and ecological risk analysis as well as planning and building activities by building owners must be coordinated.

The study closes with references to further research requirements.

1 Einleitung

Die ursprünglichste Aufgabe der Gebäude in der Geschichte der Menschheit ist es, Menschen vor den Unbilden der Witterung zu schützen. Mit der Errichtung von Gebäuden entsteht ein Innen und ein Außen, entsteht ein Innenklima und ein Außenklima. Das Außenklima stellt dabei die Führungsgröße dar, die diejenigen Einflüsse bestimmt, durch die das Innenraumklima determiniert bzw. mit denen das Raumklima gesteuert werden kann (Roloff 2002). Folgende Faktoren des Außenklimas sind für Mensch und Gebäude von Bedeutung:

- direkte und diffuse Sonneneinstrahlung
- Lufttemperatur und deren Schwankungen
- Niederschläge und ihr zeitliches und quantitatives Auftreten
- Luftbewegungen

Verändern sich diese Faktoren des Klimas während des Lebenszyklusses eines Gebäudes in erheblicher Weise, dann verliert das Gebäude seine Zweckmäßigkeit, nämlich dem Menschen ein angenehmes Raumklima bereitzustellen. Werden Außenhülle und sogar die statische Grundkonstruktion eines Gebäudes durch Veränderungen des Klimas beeinträchtigt, können dramatische Folgen bis hin zum Einsturz eintreten.

Die bisherigen Analysen der bisher verwendeten Klimagutachten aus Deutschland aber auch aus dem Vereinigten Königreich, aus Frankreich, Österreich und der Schweiz bestätigen, dass folgende Aspekte der Klimaänderung für den Bereich Gebäude und Bauen von *besonderer Bedeutung* sind und für die Anpassungsstrategien zu prüfen bzw. bei Bedarf zu entwickeln sind:

- Zunahme von Hitzewellen im Sommer
- Veränderungen im Wasserhaushalt (sommerliche Trockenheit, winterliche Zunahme der Niederschlagsmenge)
- Zunahme, insbesondere von winterlichen Starkniederschlägen
- Zunahme von Winterstürmen
- Zunahme von Gewittern mit Hagel, Starkregen und Starkböen

Weitere zusätzliche Aspekte (z. B. Entwicklung der relativen Luftfeuchtigkeit) und die Berücksichtigung regionaler und standörtlicher Besonderheiten vervollständigen und ergänzen in den folgenden Darstellungen, die oben genannten Aspekte. Biotische Folgewirkungen können im Augenblick nur als eine Merkposition mitgeführt werden. Die Entwicklungen auf diesem Sektor und die damit verbundenen Wirkungsbereiche „Beständigkeit von Materialien“ und „Gesundheit“ lassen sich noch nicht ausreichend darstellen.

Die potenziellen Wirkungen des Klimawandels auf Gebäude sind in die Wirkbereiche „Bauteile über Erdoberfläche“, „Bauteile im Erdreich“ und „Gebäudetechnik“ unterteilt. Dabei kommt es in der Regel zu relativ klaren Zuordnungen von Klimafaktoren zu Wirkungsbereichen (z. B. Wind betrifft ausschließlich Bauteile über Erdoberfläche etc.). Zur Überprüfung der möglichen Einwirkungen sind die Gebäudeteile, die durch den Klimawandel po-

tenziell besonders betroffen sind, noch eine Stufe tiefer analysiert worden und zwar in Bezug auf die Funktionen: Statik, Konstruktion, Alterungsbeständigkeit, Funktionalität, Schutzanforderungen Wärme/Feuchte/Brand. Konnten bereits konkrete Hinweise über besondere Empfindlichkeiten von einzelnen Gebäudetypen, z. B. historische Gebäude, Fachwerkhäuser oder Hochhäuser, identifiziert werden, dann wird auf diese im Folgenden speziell hingewiesen.

In weiteren Schritten können die Wohnbedingungen bezogen auf die Aspekte Wohlbefinden und Gesundheit (z. B. Hitzestress) zusätzlich in die Analyse einfließen. Diese beiden Aspekte ergänzen die oben genannten Problembereiche um weitere Anforderungen an das Gebäude bzw. an Bauteile des Gebäudes, werden aber aus Mangel an belastbaren Informationen hier nicht weiter berücksichtigt.

Bisherige Erfahrungen mit Extremwetterereignissen, die als Ausnahmeereignisse quasi Regelereignisse der Zukunft vorwegnehmen und zum Teil gut dokumentiert und analysiert sind (s. z. B. Dokumentationen der Münchener Rückversicherungsgesellschaft), bieten wichtige Orientierungshilfen, um Schwachpunkte und Handlungserfordernisse bei den derzeitigen Gebäuden und Bauteilen zu identifizieren.

Eckdaten des Klimawandels in Deutschland

Faktor	Parameter	Veränderungen		Bemerkungen
		2050	2100	
Temperatur	Jahresdurchschnitt		+1,5 bis + 3,7° C	stärkste Zunahmen im Norden u. Voralpen
	Durchschnitt	+ 2,1° C	+ 3,4° C	
	Sommerhalbjahr	(Hessen)	(Hessen)	
	Durchschnitt	+ 3,3° C	+ 4,6° C	
	Winterhalbjahr	(Hessen)	(Hessen)	
	Hitzewellen		2x bis 7x mehr Tage > 30° C und Nächte > 20° C	
Niederschläge	Jahresniederschläge	0	0	Umverteilung in den Jahreszeiten
	Sommerhalbjahr	- 13% bis + 12%	- 17/20%	regional sogar bis minus 50%
	Winterhalbjahr	+ 18/31%	+ 19/30%	regional in Mittelgebirgen bis 80% Zunahme
	Extremniederschläge	Zunahme Tage >40mm		
	Hagelzüge	Zunahme mit großen Hagelkörnern	Zunahme mit großen Hagelkörnern	Betrifft einzelne Regionen z. B. Ba.-Württemb.
Sonnenscheindauer	Jahresdurchschnitt	+ 0,6	+ 1 h	
	Sommerhalbjahr	+ 0,8 h	+ 0,9 h	
	Winterhalbjahr	- 0,2 h	0	
Relative Luftfeuchtigkeit	Jahresdurchschnitt	- 1%		
	Sommerhalbjahr	- 1,7%	- 1,8%	
	Winterhalbjahr	0	0	
Windgeschwindigkeiten	Jahresdurchschnitt	+ mittlere Geschw.	leicht minus Tagesmittel	sehr unsichere Aussagen
	Sommerhalbjahr			
	Winterhalbjahr	stärkere Winterstürme	stärkere Winterstürme	
Schneefall		minus	minus	generell deutliche Abnahme

Quellen: Enke 2003, 2004, OcCC/Proclim 2007, UBA 2007

2 Zu beachtende Elemente des Klimawandels für den Bereich Bauen

Zum jetzigen Zeitpunkt lassen sich die Faktoren des Klimawandels in Deutschland in folgende Wirkungstypen unterteilen, die für eine Anpassungsstrategie im Bereich Gebäude von wesentlicher Bedeutung sind:

1. *Entwicklungen von genereller Bedeutung*

Das sind Entwicklungen, die für Deutschland insgesamt oder für größere Teile von Deutschland zutreffen und die zum Teil mit gravierenden Folgen und Schäden einhergehen. Dazu gehören:

- lang anhaltende Hitzewellen im Sommer
- Zunahme von Starkregenereignissen
- Zunahme von Intensität und Stärke von Sturmereignissen

2. *Entwicklungen mit noch unklaren Folgen*

Hiermit sind Elemente des Klimawandels gemeint, deren Folgen bzw. bei denen der Anpassungsbedarf für den Gebäudebereich zurzeit noch nicht abschätzbar sind und die demzufolge noch weiter zu beobachten sind und für die weitere Hinweise bezüglich möglicher Wirkungen noch gesucht werden. Dazu zählen:

- Zunahme von feuchten Wintern
- potenziell längere Sonneneinstrahlung im Sommer

Die Berücksichtigung biotischer Folgewirkungen (Materialschädlinge, Krankheitserreger) ist erst noch zu prüfen.

3. *Veränderungen lokaler und regionaler Bedingungen*

In den verschiedenen Regionen und an den verschiedenen Standorten haben sich Grundsätze entwickelt, wie dort unter den jeweiligen vergangenen und heutigen Klimabedingungen und gegenwärtigen Standortverhältnissen zu bauen ist. Diese Grundsätze können sich auf Grund des Klimawandels als falsch herausstellen, und es sind neue aktuelle und zukünftige Bedingungen zu beachten. Dazu sind zu rechnen das Bauen

- in Hanglagen,
- in Gebieten mit quellfähigen Böden (Tonböden),
- in Gebieten unter Grundwassereinfluss,
- in Gebieten unter zusätzlichem – potenziellen – Hochwassereinfluss,
- in ehemaligen Bergbau-/Tagebaugebieten.

4. Zwischenzeitliche Effekte des Klimawandels

Der Klimawandel führt auch zu Zwischenstadien, die besondere Belastungen bezüglich der Gebäudetechnik und -nutzung mit sich bringen können. Hierzu können zum Beispiel gerechnet werden:

- Veränderungen der Schneefallmenge und der Konstitution des Schnees

3 Bauen in Deutschland

Deutschland ist durch vielfältige Klimate und Standortverhältnisse gekennzeichnet. In der Vergangenheit haben sich dementsprechend in den Regionen Deutschlands unterschiedliche Bauweisen (z. B. unterschiedliche Dachüberstände und -neigungen) und differenzierte Ausgestaltungen (z. B. unterschiedliche Dachkonstruktionen je nach Dachneigung und -überstand) entwickelt, die unter Verwendung der örtlich verfügbaren Materialien den spezifischen Standortanforderungen gewachsen waren. Mit der zunehmenden Industrialisierung des Bauens und der Entwicklung leistungsfähiger und generell anwendbarer Baustoffe sind die regional differenzierten Bauweisen durch eine Bautechnik abgelöst worden, die über das gesamte Spektrum der Klimaanforderungen in Deutschland einsetzbar ist und sichere Bauten gewährleistet. Das regional unterschiedliche Erfahrungswissen, das ehemals die Bauqualität sicherte, ist nach und nach durch standardisierte Normen ergänzt bis ersetzt worden. Regionale Unterschiede fließen heute z. B. über die Windzonenkarten oder Schlagregenklassen in die Gestaltung der Gebäude ein.

Die heute in Deutschland bestehenden Gebäude entstammen also einer Zeitspanne, die mehrere Jahrhunderte umfasst. Viele der älteren Gebäude haben zudem einen oder mehrere Sanierungs- und Modernisierungszyklen durchlaufen, die die ursprüngliche Form mit den Mitteln und Techniken der jeweiligen Zeit veränderten. Es ist anzunehmen, dass der insgesamt sehr heterogene Gebäudebestand auf den Klimawandel in unterschiedlicher Weise reagieren wird. Die Untersuchung der Anpassungsanforderungen an den Klimawandel macht daher eine Unterscheidung zwischen Neubau und Gebäudebestand notwendig.

Für den Bereich des aktuell praktizierten Neubaus ist nach dieser Untersuchung damit zu rechnen, dass die derzeit gegebenen Baunormen und Bautechniken sowie der bestehende Neubaustandard den meisten – zumindest mittelfristigen (ca. 50 Jahre) – Anpassungserfordernissen standhalten können. Die Internationalisierung dieser Bauweisen und -techniken weist ja darauf hin, dass ein guter bautechnischer Standard über ein breites Klimaspektrum hinweg den Anforderungen gewachsen ist. Anpassungserfordernisse werden voraussichtlich in Teilbereichen innerhalb dieses mittelfristigen Lebenszyklus bestehen, können aber wahrscheinlich vielfach innerhalb der existierenden, bewährten Standards abgedeckt werden. So wird möglicherweise in einigen Regionen mit wachsender Gefahr erhöhter Grundwasserstände und periodisch anfallenden Starkregenereignissen mit der Folge intensiv wassergesättigter Böden die Erfordernis zunehmen, auf Keller zu verzichten oder im Erdreich liegende Geschosse gegen drückendes Wasser zu sichern. Probleme dürften häufig dahingehend zu finden sein, dass zurzeit noch bewährte regionale und lokale „Gewohnheiten“ des Bauens teilweise verlassen werden müssen, dass gegebenenfalls Konstruktionen vorsorgend aufwändiger und damit kostenintensiver werden, dass Anforderungen an die Instandhaltung wachsen (z. B. Sturmschäden, temporärer Wasseranriff bei Unwettern) und zunehmend für Extremsituationen Vorkehrungen getroffen werden müssen.

Bei dem Gebäudebestand kann eine dem Neubau vergleichbare technische Leistungsfähigkeit nicht unterstellt werden. Hier müssen für die Zukunft absehbare Schadensfelder identifiziert werden, die sich voraussichtlich regional unterscheiden werden. So wird ein erhöhter Wasseranriff bei bindigen Böden oder hohen Grundwasserständen in den entsprechenden Regionen vermutlich zu einem Problem für die im

Erdreich liegenden Bauteile werden. Keller sind in den meisten Fällen nicht gegen drückendes Wasser abgedichtet – eine nachträgliche Abdichtung ist zwar technisch möglich, aber sehr aufwändig und teuer. In der Vergangenheit wurde bei diesen Gebäuden hingenommen, dass innerhalb mehrerer Jahrzehnte ein Unwetterereignis zu entsprechenden Schäden führen konnte. Das Problem der Zukunft liegt in der potenziellen Häufung dieser Ereignisse. Bei historischen, eventuell denkmalgeschützten Gebäuden kann die Problemlage noch intensiver werden, da hier zum einen Baumaterialien und Konstruktionen zum Einsatz gekommen sind, die unter Umständen empfindlicher auf klimatische Veränderungen reagieren, und zum anderen der Erhalt der ästhetischen und bautechnischen Eigenarten Handlungsspielräume einschränkt. Die Außenhaut von Gebäuden wird von den kommenden Wetterveränderungen am meisten betroffen sein, ist jedoch bei historischen Gebäuden, die von alten Konstruktions- und Handwerkstechniken und entsprechenden Gestaltungsprinzipien geprägt sind, am schwierigsten zu modifizieren. Während es im normalen Bestand weniger problematisch sein dürfte, mindestens die Wetterseite mit einer Vorhangfassade nachträglich zu schützen, beeinträchtigt diese Maßnahme das Erscheinungsbild z. B. eines gründerzeitlichen Gebäudes erheblich (dieser Aspekt ist auch bei der nachträglichen Wärmedämmung historischer Gebäude ein großes Problem und daher im Prinzip bekannt). Die Frage, wie mit historischen Gebäuden verfahren werden sollte, ist sehr komplex und kann im Rahmen dieser Studie daher nur angerissen werden.

Neben der Unterscheidung zwischen Neubau und Bestand ist auch zwischen Bauteilen im Erdreich und Bauteilen über dem Erdreich zu differenzieren. Die betrachteten angreifenden Lasten sind unterschiedlicher Natur und wirken auf unterschiedliche Bereiche: so ist das Thema ‚Wasser/Feuchte‘ für alle Bauteile relevant, die Themen hohe UV-Strahlung, Hitze oder Windlast dagegen nur für die Bauteile über dem Erdreich. Die Intensivierung z. B. der UV-Strahlung kann potenziell für alle Oberflächenmaterialien über dem Erdreich eine Belastung bedeuten, unabhängig davon, ob es sich um Neubau oder Bestand handelt.

Exkurs: Verwertbares Wissen aus alten regionalen Bauweisen

Zur alten Bautechnik

Bauernhäuser waren Wohn- und Zweckbauten zugleich. Bei ihrer Gestaltung spielten neben den funktionalen Anforderungen unter anderem die Bodenbeschaffenheit (bestimmend für die Art der Gründung, Boden als potenzieller Baustofflieferant) sowie die Klimabedingungen eine Rolle. Das Klima hatte direkte Auswirkungen auf das Gebäude, indem es dessen Schutzbedürfnisse definierte, und indirekte Auswirkungen, indem es zusammen mit den Bodenverhältnissen die Vegetation bestimmte und damit einen großen Teil der zur Verfügung stehenden Baustoffe. Das Variantenspektrum der über lange Zeiträume daraus entstandenen Bauformen ist groß und kann hier nur auszugsweise besprochen werden:

In Mitteleuropa waren aufgrund der Klimabedingungen überall feste Wohn- und Wirtschaftsgebäude erforderlich. Das Schutzbedürfnis vor der Witterung war in den Gebirgen höher als in den Tälern, in den östlichen Landesteilen Deutschlands höher als in den westlichen. Da Steinmauern und dicke Holzwände besser isolieren als Lehm-fachwerkwände, wurden sie – sofern die Baustoffe verfügbar waren – in winterkalten Klimazonen bevorzugt. In besonders kalten Zonen (kontinentales und hochmontanes

Klima) wurde ihre Schutzwirkung durch Brennholzstapel vor den Außenwänden und auf dem Dachboden gestapeltes Stroh nochmals unterstützt.

Im südlichen Bayern waren die Blockhäuser im Gebirge mit schweren Langschindeldächern versehen. Die Langschindeln, aus Nadelholz gespaltene Fichtenholzbretter, wurden nicht genagelt, sondern nur mit Latten und Steinen beschwert, die Dächer durften daher nur flach geneigt sein. Im Winter hatte dies den Vorteil, dass der sich in mächtigen Schichten ablagernde Schnee eine zusätzliche Isolierung gegen die Kälte bildete und bei kurzen Tauperioden auch nicht gleich abrutschte.

In Getreide anbauenden Gegenden wurden Strohdächer, in Küstengebieten Reetdächer bevorzugt. Strohdächer waren mindestens 45, eher 60 Grad steil, damit der Regen nicht durch die Strohaufgabe durchsickern konnte. Für den Bau dieser vergleichsweise leichten Dachkonstruktionen wurde weniger Holz gebraucht als für flach geneigte Dächer. Strohdächer, heute noch z. B. im Schwarzwald oder im westlichen Schleswig zu finden, hatten meistens Walme oder zumindest Krüppelwalme, also keine ‚angreifbare‘ große Giebelfläche. Die Dachüberstände waren groß, um den Regen von den nässeempfindlichen Außenwänden (Holz, Lehm) und ggf. den im Bereich der Toröffnungen arbeitenden Menschen abzuhalten. Im Südschwarzwald waren die Dächer der Giebelseiten so weit vorgezogen, dass sogar sturmgetriebene Regengüsse nicht auf die Bohlenwände oder die dort angebrachten Galerien gelangten. Die großen Dachüberstände beeinträchtigten allerdings die Belichtung der Innenräume.

Senkrechte Verbretterungen schützten in einigen Regionen Block- und Bohlenständerwerkwände aus Nadelholz vor Nässe, in anderen Regionen wurden Holzschindeln verwendet oder kürzere Bretter schindelartig verlegt. Die Verlegeart war immer dergestalt, dass der Regen möglichst zügig und sicher ablaufen konnte. Die Schindeln waren nicht gesägt, sondern aus einem Holzklotz gespalten, sodass die Holzfasern nicht verletzt wurden und die Schindeln länger hielten.

Die vor allem in den südlichen Landesteilen verbreiteten Fensterläden ermöglichten es, die Fenster nachts oder bei ungünstiger Witterung zu schützen. In heißen Perioden bildeten sie bei geöffnetem Fenster einen schattenden, luftdurchlässigen und von innen zu verriegelnden Verschluss. In Kälteperioden wirkten sie als Wärmeschutz.

Der Baustoffkanon, der an einem Gebäude zum Einsatz kam, war klein und bestand aus ca. fünf bis sechs Materialien. Verhalten und Qualitäten der Materialien waren bekannt, der geeignete Umgang mit ihnen durch Generationen hindurch entstanden. Veränderungen der erprobten Techniken waren in der Regel gleichbedeutend mit bautechnischer Verbesserung (Wieland 2003).

Auch die Positionierung von Gebäuden zueinander oder im Gelände war nicht zufällig: Nebel- und windbelastete Zonen wurden nicht bebaut, Schutzpflanzungen dienten als Windbrecher, Öffnungen lagen zur Wind abgewandten Seite. In den Gebirgstälern wurden Gebäude so platziert, dass die wertvolle Wintersonne so lange wie möglich genutzt werden konnte. In den von häufigen und schweren Stürmen belasteten Gegenden Jütlands (Dänemark) wurden die Gebäude zu Drei- und Vierseitenhöfen kombiniert, deren Dächer lückenlos aneinander anschlossen, um den Innenhof vor dem Wind zu schützen.

