



Johannes Bauer, BSc

**GRUNDLAGEN, KONZEPTE UND PLANUNGSSTRATEGIEN  
DES NACHHALTIGEN UND ENERGIEEFFIZIENTEN BAUENS  
LEITFADEN · ARBEITSHILFE · MATERIALSAMMLUNG**

**MASTERARBEIT**

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Masterstudium Architektur

eingereicht an der

**Technischen Universität Graz**

Betreuer

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Architekt Andreas Lichtblau

Institut für Wohnbau

Graz, September 2015



## **EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG**

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

---

Datum

---

Unterschrift



---

**I. STICHWORTVERZEICHNIS**

---

**II. VORWORT**

---

**A. EINFLUSS VON GEBÄUDEN AUF DEN KONTEXT**

**B. EINFLUSS DES KONTEXTS AUF GEBÄUDE. ÄUSSERE RAHMENBEDINGUNGEN**

**C. GEBÄUDE. INNERE ANFORDERUNGEN**

**D. GEBÄUDE. KONZEPTE & PLANUNGSSTRATEGIEN**

---

**III. LITERATURVERZEICHNIS**

---

**IV. ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

---

# INHALTSVERZEICHNIS

I.	STICHWORTVERZEICHNIS	8
II.	VORWORT	10
<b>A.</b>	<b>EINFLUSS VON GEBÄUDEN AUF DEN KONTEXT</b>	<b>12</b>
<b>A.1.</b>	<b>UMWELT</b>	<b>14</b>
<b>A.2.</b>	<b>STADT</b>	<b>16</b>
A.2.1.	URBANISIERUNG	16
A.2.2.	SUBURBANISIERUNG	20
A.2.3.	STANDORT ALS RESSOURCE	25
A.2.4.	DICHTE	26
A.2.5.	STADTKLIMA	28
<b>A.3.</b>	<b>NUTZER</b>	<b>29</b>
A.3.1.	STANDORT	29
A.3.2.	BEHAGLICHKEIT	30
A.3.3.	GRUNDRISS	31
A.3.4.	REBOUND-EFFEKT	32
A.3.5.	GEBÄUDEAUTOMATION	33
	WEITERFÜHRENDE LITERATUR	34
<b>B.</b>	<b>EINFLUSS DES KONTEXTS AUF GEBÄUDE</b>	<b>36</b>
	<b>ÄUSSERE RAHMENBEDINGUNGEN</b>	
<b>B.1.</b>	<b>UMWELT</b>	<b>38</b>
B.1.1.	KLIMA	38
<b>B.2.</b>	<b>STADT</b>	<b>41</b>
B.2.1.	STANDORT	41
<b>B.3.</b>	<b>NUTZER</b>	<b>43</b>
	WEITERFÜHRENDE LITERATUR	45

<b>C.</b>	<b>GEBÄUDE</b>	<b>46</b>
	<b>INNERE ANFORDERUNGEN</b>	
	C.1. NUTZUNG	48
	C.2. NUTZER	49
	C.3. BEHAGLICHKEIT	50
	C.4. ENERGIEBEDARF	53
	C.4.1. ENERGIESTANDARD	53
	WEITERFÜHRENDE LITERATUR	61
<b>D.</b>	<b>GEBÄUDE</b>	<b>62</b>
	<b>KONZEPTE &amp; PLANUNGSSTRATEGIEN</b>	
	D.1. NACHHALTIGES BAUEN	64
	D.1.1. ENERGIEEFFIZIENTES BAUEN	67
	D.2. KLIMAGERECHTES BAUEN	68
	D.2.1. MIKROKLIMATISCHE ANALYSE	68
	D.2.2. BAULICHE GRUNDANFORDERUNGEN	71
	D.3. LOWTECH   HIGHTECH	74
	D.4. PASSIV   AKTIV	78
	D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN	80
	ENERGIE ERHALTEN UND PASSIV GEWINNEN	80
	D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN	98
	ENERGIE AKTIV GEWINNEN UND EFFIZIENT NUTZEN	98
	WEITERFÜHRENDE LITERATUR	111
III.	LITERATURVERZEICHNIS	114
IV.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	118

# I. STICHWORTVERZEICHNIS

2000-Watt-Gesellschaft	59	Fensterlüftung	96	kristalline Solarzelle	108
<b>A</b>		Flächeninanspruchnahme	20	künstliche Beleuchtung	106
Absorptionskältemaschine	102	Flachkollektor	102	Kurzzeitspeichersystemen	104
adiabate Kühlung	105	flexible Grundrissstruktur	31	<b>L</b>	
aktive Maßnahmen	98	<b>G</b>		Lampe	107
akustische Behaglichkeit	51	Gebäudeautomation	33, 49, 74, 76, 96, 107	langfristige Nutzung	48, 67
A/V-Verhältnis	84, 71, 90, 95	Gebäudehülle	82, 53, 67,	Langzeitspeichersysteme	104
<b>B</b>		Gebäudeorientierung	90	Latent-Wärmespeicher	104
Bebauungsdichte	26, 29	Gebäudetechnik	98, 53, 67	Lebensstil	43, 49
Bebauungsweise	25	gemäßigte Zone	71, 39	Lebenszyklus	66
Behaglichkeit	49, 30, 31, 33, 50, 53, 74, 107	Geothermie	103, 70	Leichtbauweise	88
Bevölkerungsdichte	26, 29	geothermische Kraftwerke	104	Leuchtdiode	107
Biomasse	102, 70, 100	Gesamtenergieeffizienz	53	Leuchte	107
Blockheizkraftwerk	109	Gesamtsystem Gebäude	66	Leuchtstofflampe	107
Brennstoffzelle	110, 109	globale Erwärmung	14	Licht	95, 106
Building Related Illness	30	graue Energie	66, 14, 23	lineare Zonierung	93
<b>C</b>		Grundriss	31	Lowtech	76, 64
CO <sub>2</sub> -Emissionen	14	<b>H</b>		Lowtech   Hightech	74
Cradle-to-Cradle	66	Hightech	74, 64	Luft	95, 107, 70
<b>D</b>		Holz	103	Luftkollektor	102
Dauerhaftigkeit	67	hygienische Luftbedingungen	52	Luftschall	51
Dichte	26	<b>I</b>		Lufttemperatur	68
Die 3 Strategien der Nachhaltigkeit	64	Immissionen	30	Lüftungswärmeverluste	107
direkter Rebound-Effekt	32	indirekter Rebound-Effekt	32	<b>M</b>	
Dünnschicht-Solarzellen	108	Infrastrukturkosten	20	Makroklima	38
<b>E</b>		innere Anforderungen	46	maschinelle Lüftung	107
Effizienz	64	Internationaler Stil	74, 64	Massivbauweise	88
Einfamilienhaus	20	<b>K</b>		Mesoklima	38
Einstellung, Ideal, Haltung	64	Kälte	105	Mikroklima	38
Eisspeicher	106	Kältemaschine	106	mikroklimatische Analyse	68
Elektrische Kälteerzeugung	106	Kältespeicher	106	MINERGIE	57
Energieausweis	54, 56	Kleinwindkraftanlage	109	Mischbauweise	88
Energiebedarf	53	Klima	38, 68	<b>N</b>	
energieeffizientes Bauen	67	klima:aktiv	54	nachhaltiges Bauen	64
Energieeffizienz	53	Klimaelemente	68, 38	nachhaltige Stadtentwicklung	25
Energieeinsparverordnung	56	Klimafaktoren	38	Nachverdichtung	25, 24, 26
Energiekonzept	78	klimagerechtes Bauen	68	natürliche Belichtung	95
Energiepfähle	103	Klimawandel	14	natürliche Lüftung	96, 70
Energiestandard	53, 67	Klimazonen	38	natürliche Wärmesenken	105
Erdkollektor	103	Kompressionskältemaschine	106	Nichtwohngebäude	48, 90, 92
Erdreich	70, 105	Konsistenz	64	Niederschlagsmenge	68
Erdwärmesonde	103	Konstruktionsweise	88	Niedrigstenergiegebäude	54
Erdwärmetauscher	105	kontextuelles Bauen	64	Nutzer	29, 43, 49
erneuerbare Energien	100	Konversion	25	Nutzerprofil	43
EU-Gebäuderichtlinie	53	Konzepte & Planungsstrategien	62	Nutzerverhalten	32, 33, 43, 49, 76
<b>F</b>		Körperschall	51	Nutzung	48
Fensterflächenverteilung	90	Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung	109	<b>O</b>	
		Kraft-Wärme-Kopplung	109	oberflächennahe Geothermie	103
		Kreuzstromwärmetauscher	108	Öffnungsanteil	90



ökologische Folgen	18, 22	Standort als Ressource	25	Wohngebäude	48, 49, 80, 90, 92, 96, 107
ökonomische Folgen	19, 23	Stirlingmotor	109	<b>Z</b>	
<b>P</b>		Strom	96, 108	zeitliche Planungsstrategien	67
passiv   aktiv	78	Stromspeicher	110	Zersiedelung	20, 29
passive Kühlung	94	Subtropen	71, 40	Zielkonflikte	78
passive Maßnahmen	80	Suburbanisierung	20, 26	Zonierung	92, 31
passive Nutzung der Solarstrahlung	90	Suffizienz	66, 49, 97	Zwangsmobilität	22, 23
Passivhaus	57, 86	Support Measures	20	Zwiebelprinzip	92
Phase Change Material (PCM)	104	<b>T</b>			
Photovoltaik	108	technische Infrastruktur	23		
Plusenergie-Standard	57	Technisierung	64, 74		
Polarzone	71, 38	thermische Behaglichkeit	50		
<b>Q</b>		thermische Kälteerzeugung	106		
qualitative Dichte	27	thermische Solaranlage	102		
quantitative Dichte	26	thermische Zonierung	92		
Querlüftung	96	thermochemischer Speicher	105		
<b>R</b>		Tiefen-Geothermie	104		
Raumklima	50	Transmissionswärmeverluste	86		
Raumluftfeuchte	50	Tropen	72, 40		
Raumluftqualität	52, 96, 107	<b>U</b>			
Raumlufttemperatur	50	Überhitzung	94, 86, 92, 93		
Rebound-Effekt	32, 64, 97, 107	Ug-Wert	86		
Recycling	64	Umwelt	14, 38		
relative Luftfeuchtigkeit	70	Umweltenergien	100, 68		
reversible Wärmepumpe	106	urbane Dichte	27		
<b>S</b>		Urbanisierung	16, 26		
Sanierung	25	U-Wert	86		
Schallschutz	51	<b>V</b>			
Sick Building Syndrom	30	Vakuum-Röhrenkollektor	102		
Simulationen	42	Vegetation	70		
Singlehaushalt	22	Verdunstungskühlung	70		
solare Kühlung	102, 106	Verglasungsanteil	90		
solare Pufferzone	92	Versiegelung	22		
Solarthermie	102	visuelle Behaglichkeit	50, 95		
Sonne	68, 100	<b>W</b>			
Sonnenscheindauer	68	Wärme	84, 102		
Sonnenschutz	94, 92, 95	Wärmedämmung opaker Bauteile	86		
Sorptionskältemaschine	106	Wärmedämmung transparenter Bauteile	86		
Sorptionsspeicher	105	Wärmedurchgangskoeffizient	86		
soziale Folgen	19, 23	Wärmepumpe	103		
soziale Infrastruktur	20	Wärmerückgewinnung (WRG)	108		
Speicherkraftwerk	104	Wärmespeicher	104		
Speichermasse	88, 94	Wärmetauscher	107		
Stadt	16, 41	Warmluftkollektor	92		
Stadt der kurzen Wege	26	Wasser	68, 104		
städtebaulicher Kontext	41, 63	Weltbevölkerung	14		
städtische Wärmeinsel	28	Wetter	38		
Stadtklima	28	Wind	109		
Standort	29, 41	Windkraftanlage	109		

## II. VORWORT

Als ich begann, mich auf die Suche nach einem Thema zu machen, war mir lediglich klar, dass mich der Themenbereich des energieeffizienten Bauens, in Verbindung mit all den technologischen Innovationen, wie die des Plusenergiehauses, begeisterte. Nach einiger Zeit des Arbeitens und Forschens wurde mir allerdings bewusst, dass Energieeffizienz allein noch lange keine gute oder qualitativ hochwertige, geschweige denn nachhaltige Architektur hervorbringen kann. Die Wahl meines ursprünglichen Themas und somit meine gesamte bis dahin geleistete Arbeit erschienen mir mit einem Schlag wertlos und sogar falsch. Nach langem Hin und Her, nach beinahe einem Jahr, fasste ich schließlich schweren Herzens den Entschluss, an dieser Stelle abzubrechen und mich einem neuen Thema zu widmen.

Meine Überlegungen führten mich schließlich Ende 2014 an das Institut für Wohnbau zu Professor Lichtblau, der sich bereiterklärte, mich und meine Arbeit zu übernehmen. Dies machte es allerdings notwendig, einen völlig neuen Denkansatz zu entwickeln und mein bis dato für richtig empfundenes Wissen zu hinterfragen und zu erweitern.

Ich startete also wieder bei null und entwickelte ein erstes Konzept, welches sich in drei Teile gliederte. Den Anfang machte das Thema „Städtebau und Energie“, welches das Problem der Zersiedlung aufzeigen und anhand von Beispielen Lösungen für eine Nachverdichtung im innerstädtischen Bereich darlegen sollte. „Wohnbau und Energie“ bildete das zweite Kapitel des theoretischen Teils, dessen Ziel es war, die verschiedenen Energiestandards aus Österreich, Deutschland und der Schweiz zu untersuchen und miteinander zu vergleichen. In einem nächsten Schritt galt es, Parameter für energieeffizientes und nachhaltiges Entwerfen bzw. für energieeffizientes Wohnen und Leben zu definieren. Im Projektteil der Arbeit sollten schließlich die gewonnenen Erkenntnisse in der Nachverdichtung einer innerstädtischen Baulücke oder Brache umgesetzt werden. Der Schwerpunkt lag dabei auf dem Entwurf eines nachhaltigen und energieeffizienten Gebäudes, welches durch Nutzungsneutralität, Variabilität, Veränderbarkeit und Anpassbarkeit qualitatives Wohnen in der Stadt ermöglichen sollte.

Erneut begann ich, mich in die Materie einzuarbeiten und war regelrecht erstarrt und gleichzeitig fasziniert von der unglaublichen Fülle und Komplexität der Thematik. Tausende gelesene Seiten aus unzähligen verschiedenen Büchern, Internetseiten und anderen Quellen, das verzweifelte Suchen von Informationen und der Versuch, das große Ganze zu verstehen ließen die Idee wachsen, dieses hochkomplexe Thema in Form eines Kompendiums in seine wichtigsten Bestandteile zu zerlegen und auf das Wesentliche zu reduzieren. Ich war mir sicher, dass es auch anderen wie mir erging und dass eine Art Nachschlagewerk, eine Materialsammlung vielen die Arbeit erleichtern würde. Allerdings wurde mir auch bewusst, dass das Umsetzen aller Kriterien in einem einzelnen Entwurf, aufgrund der vielseitigen Wechselwirkungen und der sich daraus ergebenden Zielkonflikte, für eine Einzelperson im Rahmen einer Masterarbeit schlichtweg nicht bewältigbar ist und einen Projektteil hervorbringen würde, welcher den Anforderungen der Thematik nicht gerecht werden kann. Die einzig logische Konsequenz daraus war es also, sich auf eine rein schriftlich-theoretische Arbeit zu beschränken.

### ZIELSETZUNG

Absicht meiner Masterarbeit ist es also, einen **summarischen Überblick** über die relevantesten **Grundlagen, Konzepte und Planungsstrategien** des nachhaltigen und energieeffizienten Bauens zu geben und im Zuge dessen die vielfältigen **Wechselbeziehungen bzw. -wirkungen** aufzuzeigen und erkennen zu lassen.

Um den **Blick auf das Ganze** nicht zu verlieren und eine gewisse **Einfachheit** zu bewahren, geht die Arbeit bewusst **nicht ins Detail** und kann folglich gar **nicht vollständig** sein.

Letztendlich soll dazu angeregt werden, selbstständig **weiterzudenken** und zu **forschen**. Entscheidend ist es, ein **einfaches und schnelles Suchen und Finden** eines speziellen Themas zu ermöglichen, zu dem, sofern man mehr darüber wissen möchte, **weiterführende Literatur** angeboten wird.



## AUFBAU

Zielsetzung ist es, wie bereits erwähnt, eine **schnelle Informationsbeschaffung** zu gewährleisten. Aus diesem Grund befindet sich das **Stichwortverzeichnis** bereits am Beginn der Arbeit, gleich nach der allgemeinen Inhaltsangabe. Jedes einzelne Kapitel verfügt darüber hinaus über ein **detailliertes Inhaltsverzeichnis** am Anfang sowie eine **Quellen-** bzw. **weiterführende Literaturangabe** am Ende. Im Text selbst befinden sich zum einen **Querverweise** auf inhaltlich verwandte Kapitel bzw. Themen und zum anderen hervorgehobene Textstellen mit den wichtigsten „**Keywords**“, mit der Intention, ein noch besseres **Verstehen, Finden sowie Lesen** zu ermöglichen. Zu guter Letzt werden die meisten Inhalte durch erklärende einfache **Grafiken und Illustrationen** ergänzt, die in kurzer Zeit veranschaulichen sollen, worum es bei dem jeweiligen Thema geht.



## INHALT

Die vorgestellten Grundlagen, Konzepte und Planungsstrategien beziehen sich in erster Linie auf den **Wohnbau** sowie die **gemäßigte Klimazone Mitteleuropas**, sind aber grundsätzlich auch auf Nichtwohngebäude anwendbar.

Das erste Kapitel zeigt die schwerwiegende **Wirkung von Gebäuden und des Bauens** an sich auf und soll deutlich machen, warum eine nachhaltige Entwicklung in der Architektur von so elementarer Bedeutung ist.

Im zweiten Teil gehe ich vom konträren Blickwinkel aus und beleuchte die **Einflüsse von Umwelt, Stadt und Nutzer auf das Gebäude**, welche schließlich die äußeren Rahmenbedingungen einer nachhaltigen Planung darstellen.

Kapitel C geht der Frage nach, wie sich die **inneren Anforderungen**, wie Nutzung, Nutzer, Behaglichkeit und Energiebedarf, auf den Entwurf eines Gebäudes auswirken.

Im letzten Abschnitt sollen schlussendlich gebräuchliche **Konzepte und Planungsstrategien des nachhaltigen Bauens** aufgezeigt werden, welche die Grundlage für ein effizientes Energiekonzept bilden. Von großer Bedeutung sind hier etwaige **Zielkonflikte**, die sich aus den unterschiedlichen Strategien ergeben.



Was damit begann, eine Zusammenfassung und Erläuterung für mich selbst zu sein, soll nun Studierenden, Architekten und Ingenieuren sowie allen Interessierten als **Leitfaden, Arbeitshilfe und Materialsammlung** dienen.

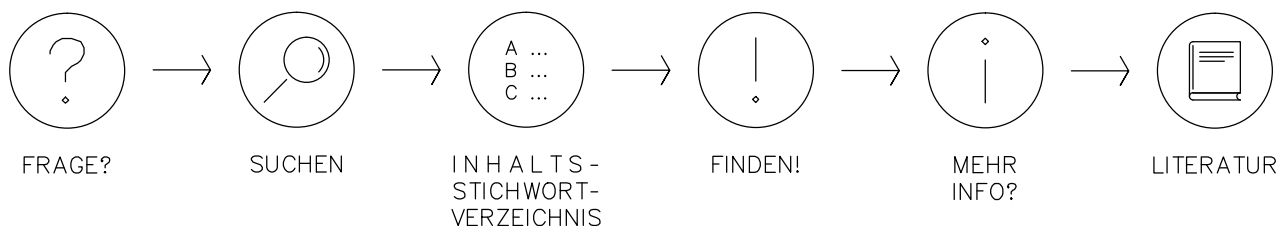


Abb. 01 BEDIENTUNGSANLEITUNG



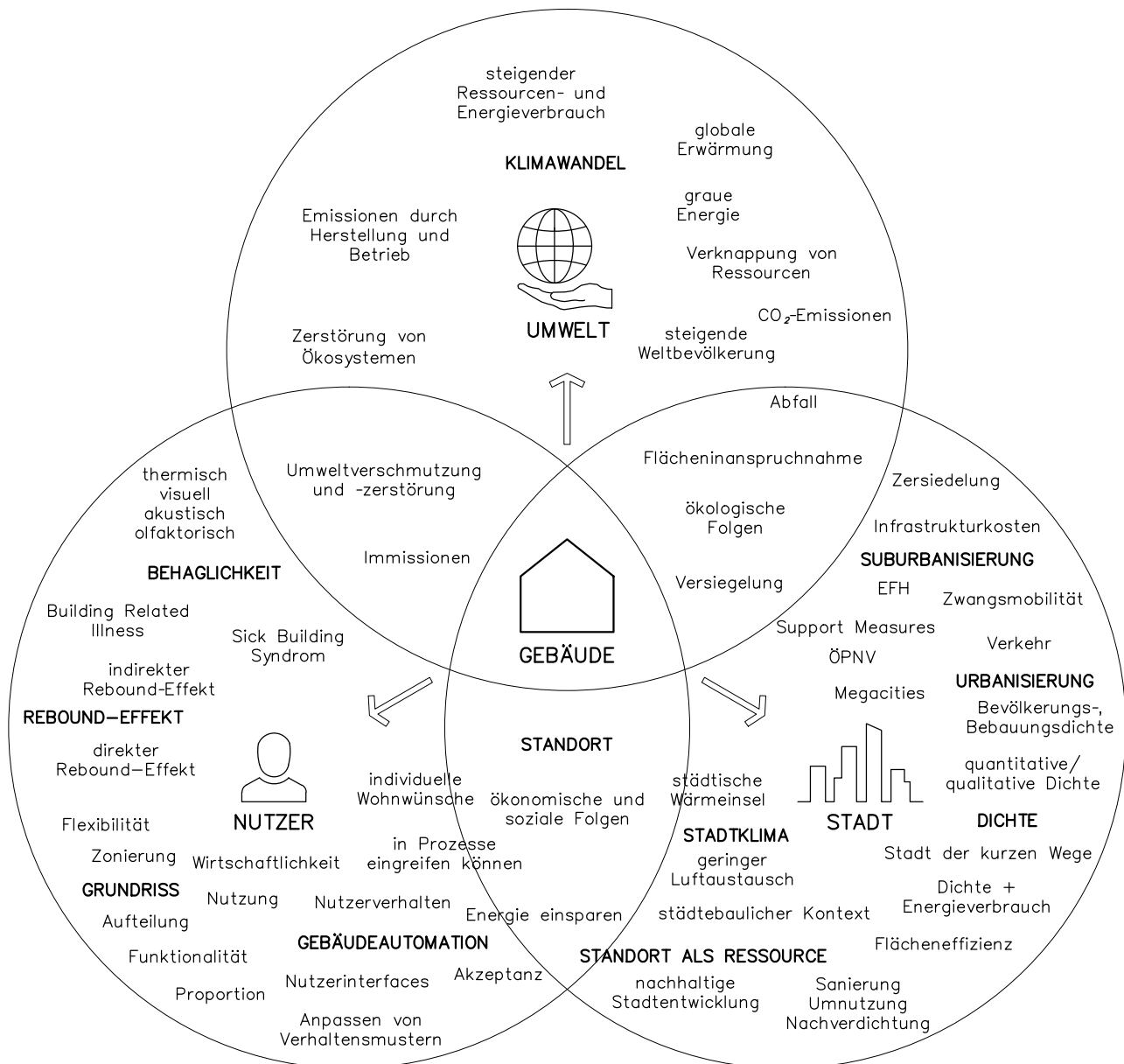


## **A. EINFLUSS VON GEBÄUDEN AUF DEN KONTEXT**

<b>A.1. UMWELT</b>	<b>14</b>
<b>A.2. STADT</b>	<b>16</b>
<b>A.2.1. URBANISIERUNG</b>	<b>16</b>
FOLGEN	18
Ökologische Folgen	18
Soziale Folgen	19
Ökonomische Folgen	19
<b>A.2.2. SUBURBANISIERUNG</b>	<b>20</b>
URSACHEN	20
FOLGEN	22
Ökologische Folgen	22
Ökonomische Folgen	23
Soziale Folgen	23
FAZIT	24
<b>A.2.3. STANDORT ALS RESSOURCE</b>	<b>25</b>
<b>A.2.4. DICHTe</b>	<b>26</b>
QUANTITATIVE DICHTe	26
Bevölkerungsdichte	26
Bebauungsdichte	26
QUALITATIVE DICHTe	27
<b>A.2.5. STADTKLIMA</b>	<b>28</b>
<b>A.3. NUTZER</b>	<b>29</b>
<b>A.3.1. STANDORT</b>	<b>29</b>
<b>A.3.2. BEHAGLICHKEIT</b>	<b>30</b>
<b>A.3.3. GRUNDRISS</b>	<b>31</b>
<b>A.3.4. REBOUND-EFFEKT</b>	<b>32</b>
<b>A.3.5. GEBÄUDEAUTOMATION</b>	<b>33</b>
<b>WEITERFÜHRENDE LITERATUR</b>	<b>34</b>

**A**





A

Abb. 02 EINFLUSS VON GEBÄUDEN AUF DEN KONTEXT



## A.1. UMWELT

**steigende Weltbevölkerung – zunehmender Energie- und Ressourcenverbrauch – Verknappung von Ressourcen – Umweltverschmutzung und -zerstörung – Zerstörung von Ökosystemen – globale Erwärmung – Klimawandel**

Bereits diese kurze Auflistung macht deutlich, in welcher verfahrenen Situation wir uns befinden – eine Lage, in die wir uns selbst gebracht haben. Seit Beginn der **Industrialisierung** vor gut 150 Jahren wurden Energie und Rohstoffe immer erschwinglicher und leichter verfügbar und schienen schier endlos vorhanden zu sein. Diese Entwicklung ließ die **Weltbevölkerung** seit 1860 um mehr als das Siebenfache anwachsen und als Folge dessen den **Energieverbrauch** sowie die **CO<sub>2</sub>-Emissionen** in die Höhe schießen (siehe Abb. 03, S. 15).

Eben dieser Ausstoß von Kohlenstoffdioxid ist es, der maßgeblich für die **globale Erwärmung** verantwortlich ist. Der **Klimawandel** ist mittlerweile ein Faktum – einzig und allein über die exakten Folgen, die dieser Wechsel für uns und unsere Umwelt haben wird, ist man sich noch im Unklaren. Bereits heute sind erste Auswirkungen wie das Abschmelzen der Polkappen und Gletscher oder häufiger auftretende extreme Wetterphänomene sicht- und spürbar. Seit der industriellen Revolution stieg die globale Durchschnittstemperatur um ca. 1°C – bis 2100 prognostizieren Experten einen möglichen Anstieg um bis zu 6°C. Dass diese Temperaturzunahme desaströse Konsequenzen für die Welt wie wir sie kennen haben wird, ist wohl jedermann bewusst. **Bauwesen und Architektur** spielen dabei eine wesentliche Rolle, sind sie doch der Sektor mit dem höchsten Energiebedarf – noch vor der Industrie und dem Transportwesen.<sup>01</sup>

„In unseren Breiten verschlingt der Betrieb aller Gebäude, also ihre Beheizung, Kühlung und Lüftung, die Erzeugung von Warmwasser und die Elektrizität für Beleuchtung, Geräte und die Gebäudetechnik, allein zirka 40% des gesamten Energiebedarfs.“<sup>02</sup>

Noch nicht mit einbezogen ist hier die **graue Energie**, also die energetischen Aufwendungen für das Bauen selbst.<sup>03</sup>

Die menschliche Bautätigkeit und der damit verbundene **Energie-, Ressourcen- und Flächenverbrauch** nehmen entscheidend Einfluss auf die ökologischen Kreisläufe in Boden, Wasser und Atmosphäre. Damit gefährdet das Bauen nicht nur die Lebensgrundlage der Ökosysteme, sondern auch die von uns Menschen selbst.<sup>04</sup> Die Herstellung sowie die Nutzung von Gebäuden verursachen beinahe 40 Prozent der weltweiten **Treibhausgase**, welche bekanntlich wesentlich zur globalen Erwärmung beitragen. Ungefähr 50 Prozent aller aus der Erde gewonnenen **Rohstoffe** werden vom Bausektor verbraucht, welcher ebenso für etwa 60 Prozent des gesamten **Abfallaufkommens** verantwortlich ist.<sup>05</sup> Zudem ist die **Versorgungssicherheit** mit konventionellen Energieträgern gefährdet,

01 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 59-64.  
02 Ebd., 64.  
03 Vgl. Ebd., 64.  
04 Vgl. Drexler, Hans/ El Khoulí, Sebastian: Nachhaltige Wohnkonzepte. Entwurfsmethoden und Prozesse, München 2012, 44.  
05 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 38.



„Architekten und Ingenieure müssen sich diesen umfassenden Herausforderungen stellen. Es geht darum, künftig mit dem geringstmöglichen Einsatz von Energie und Ressourcen die höchstmögliche Gesamtwirtschaftlichkeit, Behaglichkeit und Architekturqualität zu erzielen.“<sup>10</sup>

10 Hegger, Manfred u.a.: Energie Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 39.

da nicht erneuerbare Rohstoffe wie Öl und Kohle zur Neige gehen.<sup>06</sup>

„In jedem Fall übersteigen die Verbräuche die Regenerationsfähigkeit der Ökosysteme und die vorhandenen Ressourcen um ein Vielfaches und nehmen exponentiell zu.“<sup>07</sup>

Der Einsatz von Energie und Ressourcen ist gewaltig, die Belastung der Umwelt schwerwiegend. Ebenso groß ist andererseits das mögliche **Einspar-** bzw. **Verbesserungspotenzial**. Dieses kann jedoch nur dann voll ausgeschöpft werden, wenn sich etwas in der grundlegenden **Einstellung** in Bezug auf den Umgang mit Energie und Rohstoffen ändert.<sup>08</sup> Unsere Branche hat die einmalige **Chance** wie auch **Pflicht** durch eine nachhaltige und effiziente Architektur unsere Welt für die kommenden Generationen ein Stück besser und lebenswerter zu gestalten. Es ist an der Zeit, dass **Nachhaltigkeit** zur **Selbstverständlichkeit** wird, sowohl im Bauwesen als auch im Denken unserer Gesellschaft – nur so wird sich schlussendlich etwas bewegen lassen können.<sup>09</sup>

➤ D.1. NACHHALTIGES BAUEN, S. 64

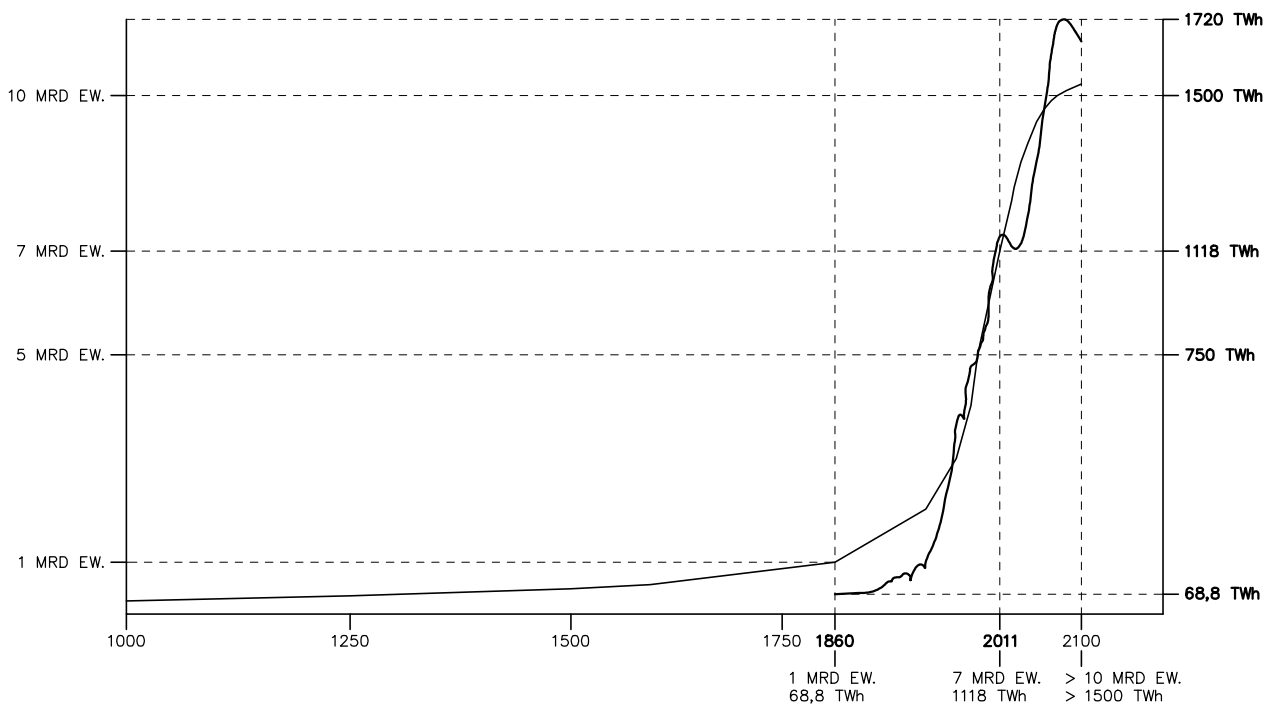


Abb. 03 WELTBEVÖLKERUNG - PRIMÄRENERGIEBEDARF

06 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 62.  
 07 Drexler, Hans/ El Khouli, Sebastian: Nachhaltige Wohnkonzepte. Entwurfsmethoden und Prozesse, München 2012, 44.  
 08 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 60.  
 09 Vgl. Drexler, Hans/ El Khouli, Sebastian: Nachhaltige Wohnkonzepte. Entwurfsmethoden und Prozesse, München 2012, 32.

„Großstädte üben eine magische Anziehungskraft auf Menschen aus. Städte sind Wachstumsmotoren, Innovationszentren, Orte der tausend Möglichkeiten. Sie wecken Hoffnungen auf Ausbildung, Arbeit und sozialen Aufstieg. Was in Europa und Nordamerika vor über 150 Jahren mit der industriellen Revolution begann, setzt sich heute in den Schwellen- und Entwicklungsländern fort: Der Trend zur Urbanisierung hält an.“<sup>01</sup>

01 Zeitbild Verlag und Agentur für Kommunikation GmbH (Juli 2014): Urbanisierung und Transport. Wirtschaft und Nachhaltigkeit im Unterricht, [http://www.zeitbild.de/wp-content/uploads/2014/07/Zeitbild\\_Wissen\\_Urbanisierung-und-Transport.pdf](http://www.zeitbild.de/wp-content/uploads/2014/07/Zeitbild_Wissen_Urbanisierung-und-Transport.pdf), in: <http://www.zeitbild.de/> [16.04.2015], 4.

## A.2. STADT

### A.2.1. URBANISIERUNG

Die **Verstädterungsquote** liegt in den Ländern der Dritten Welt im Moment zwar noch bei gerade einmal 40 Prozent – das entspricht derjenigen der Industriestaaten um 1925 – die Tendenz ist jedoch stark steigend.<sup>02</sup>

Immer mehr Menschen, vorwiegend aus besagten weniger entwickelten Teilen der Erde, erheben berechtigterweise den **Anspruch auf ähnlich gute Lebens- und Wohnbedingungen**, wie sie in den entwickelten Ländern überwiegen. Die Stadt eröffnet Perspektiven, gibt sie doch Hoffnung auf ein besseres Leben, auf Arbeit und Wohlstand.<sup>03</sup>

Während 1950 noch etwa 70 Prozent auf dem Land lebten, ist es heute bereits mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung (54%), die in **Städten** lebt – bis 2050 prognostiziert die UN einen Anstieg auf 66 Prozent. Heute befinden sich die am meisten verstädterten Regionen in Nordamerika (82%), Lateinamerika inklusive Karibik (80%) und Europa (73%).<sup>04</sup> Unter den europäischen Ländern schwankt der Urbanisierungsgrad allerdings zwischen niedrigen 40 Prozent in Bosnien und Herzegowina und 98 Prozent in Belgien. Österreich liegt mit zirka 66 Prozent unter dem europäischen Durchschnittswert. Im Gegensatz dazu verbleiben Afrika und Asien mit 40 bzw. 48 Prozent (2015) größtenteils ländlich. Zwar verläuft der **Urbanisierungsprozess** hier schneller als in anderen Regionen – bis 2050 erreichen sie vermutlich 56 und 64 Prozent – doch werden diese beiden Kontinente schlussendlich die ruralsten Gebiete der Welt bleiben.<sup>05</sup> Afrika und Asien beherbergen 90 Prozent der weltweiten Landbevölkerung – Indien hat den größten Anteil mit 857 Millionen, gefolgt von China mit 635 Millionen. Trotz seines geringen Verstädterungsgrads bringt Asien 53 Prozent der weltweiten Stadtbevölkerung unter, gefolgt von Europa (14%) und Lateinamerika inkl. Karibik (13%). Das anhaltende **Bevölkerungswachstum** und die fortschreitende Urbansierung sorgen dafür, dass 2050 2,5 Milliarden Menschen mehr weltweit in Städten leben werden – 90 Prozent davon in Asien und Afrika. Allein die drei Länder Indien, China und Nigeria werden für ungefähr 37 Prozent des erwarteten Zuwachses verantwortlich sein – in Indien sind es 404, in China 292 und in Nigeria 212 Millionen die hinzukommen (**siehe Abb. 04, S. 17**).

Die wohl größte Ausformung der globalen Verstädterung sind die rasant wachsenden **„Megacities“**.<sup>06</sup> Tokio ist mit 38 Millionen Einwohnern die weltweit größte Agglomeration, vor Neu-Delhi (25 Mio.), Shanghai und Mexiko-Stadt (je 23 Mio.) sowie Mumbai und Sao Paulo (je 21 Mio.). Bis 2030 wird es wohl 41 dieser Mega-Städte mit mehr als 10 Millionen

02 Vgl. Bähr, Jürgen (Oktober 2007): Entwicklung von Urbanisierung, [http://www.berlin-institut.org/fileadmin/user\\_upload/handbuch\\_texte/pdf\\_Baehr\\_Entwicklung\\_Urbanisierung.pdf](http://www.berlin-institut.org/fileadmin/user_upload/handbuch_texte/pdf_Baehr_Entwicklung_Urbanisierung.pdf), in: <http://www.berlin-institut.org/> [16.04.2015], 1 f.

03 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 61.

04 Vgl. United Nations Population Division, (2014): World Urbanization Report 2014 Revision Highlights, <http://esa.un.org/unpd/wup/Highlights/WUP2014-Highlights.pdf>, in: <http://www.un.org/en/development/desa/population/index.shtml> [16.04.2015], 1.

05 Vgl. United Nations Population Division, (August 2014): Population Facts No. 2014/3, August 2014 – Our urbanizing world, [http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/popfacts/PopFacts\\_2014-3.pdf](http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/popfacts/PopFacts_2014-3.pdf), in: <http://www.un.org/en/development/desa/population/index.shtml> [16.04.2015], 3.

06 Vgl. Zeitbild Verlag und Agentur für Kommunikation GmbH (Juli 2014): Urbanisierung und Transport. Wirtschaft und Nachhaltigkeit im Unterricht, [http://www.zeitbild.de/wp-content/uploads/2014/07/Zeitbild\\_Wissen\\_Urbanisierung-und-Transport.pdf](http://www.zeitbild.de/wp-content/uploads/2014/07/Zeitbild_Wissen_Urbanisierung-und-Transport.pdf), in: <http://www.zeitbild.de/> [16.04.2015], 6.



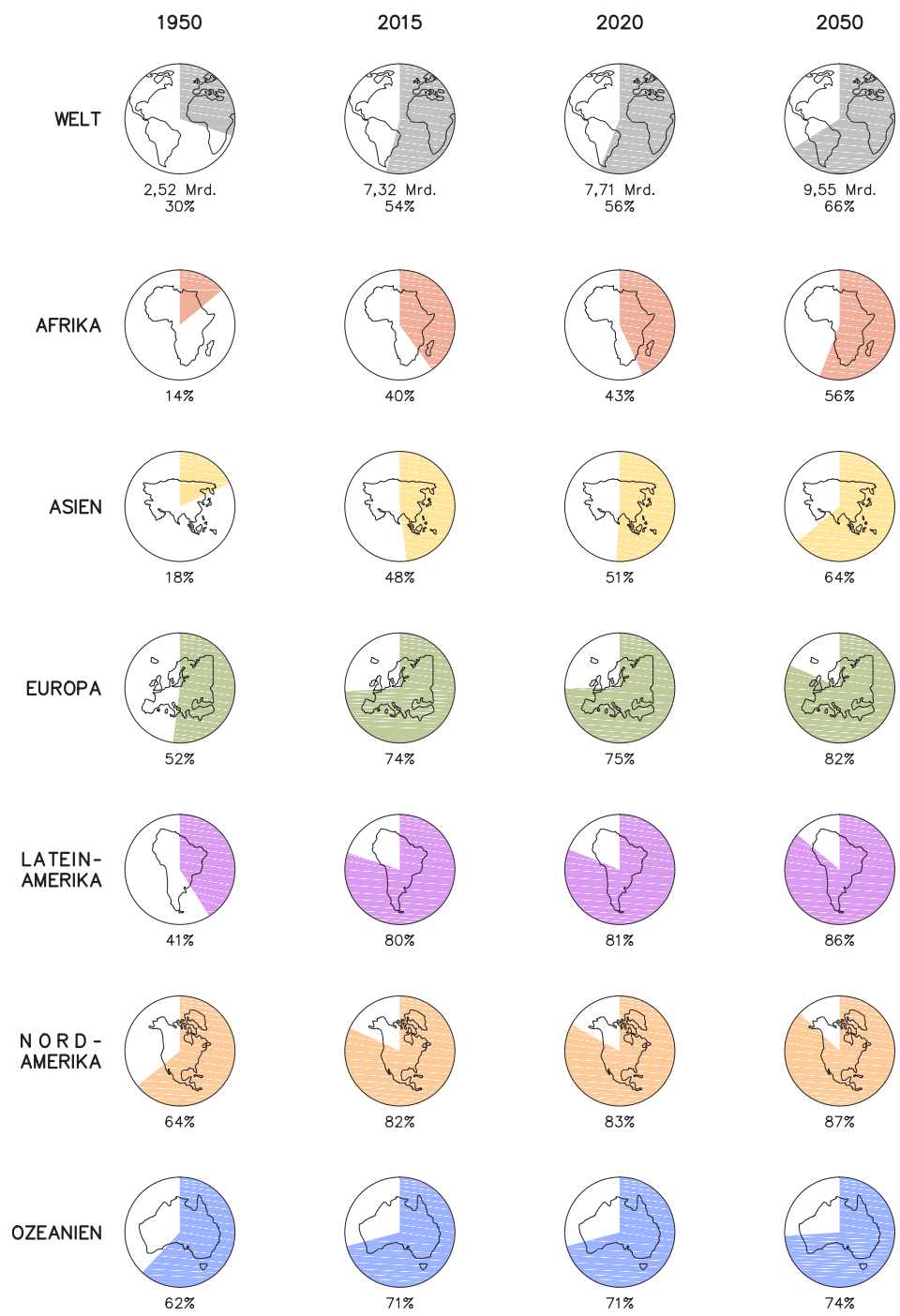


Abb. 04 URBANE BEVÖLKERUNG - URBANISIERUNGSGRAD

A



### A.2.1. URBANISIERUNG

Einwohner geben, Tokio wird dann mit immer noch fast 37 Mio. die größte Stadt bleiben. Auffallend ist, dass die am schnellsten wachsenden Ballungsräume mittelgroße Städte mit weniger als einer Million Einwohnern, vorwiegend in Asien und Afrika situiert, sind.<sup>07</sup>

Die Entwicklung unserer Städte stellt uns vor große **Herausforderungen**, führt die zunehmende Verstädterung doch ernste **Probleme** herbei, die sowohl die Stadtbewohner als auch die Umwelt beeinflussen und belasten. Die **Städte der Zukunft** haben die Chance den Weg hin zu einer **ökonomisch, ökologisch und sozial nachhaltigen Gesellschaft** zu weisen, doch ist dafür ein ganzheitlicher Ansatz in Bezug auf Stadtplanung und -management notwendig, um den Lebensstandard der Stadt- als auch der Landbevölkerung zu verbessern. **Nachhaltige Urbanisierung** erfordert unter anderem das Schaffen besserer Einkommens- und Beschäftigungsmöglichkeiten, den Ausbau der Infrastruktur für Wasser und Abwasser, die Sicherung der Energie- und Nahrungsversorgung, den Ausbau der Infrastruktur und des Transportwesens, Informations- und Kommunikationstechnik, den gleichberechtigten Zugang zu Dienstleistungen, die Schaffung von ähnlich guten Wohnbedingungen für jedermann und die Reduzierung von in Slums lebenden Menschen und schließlich die Erhaltung der natürlichen Ressourcen in der Stadt und in ihrer Umgebung.<sup>08</sup>

#### FOLGEN

Immer mehr und mehr Menschen zieht es in die Stadt – sie wird dichter und dichter und dehnt sich weiter aus, um die gewaltigen Ströme von Zuwandernden aufnehmen zu können. Nicht nur die Umwelt sondern die **Stadtbewohner** selbst leiden darunter und werden maßgeblich belastet. Die **räumliche Konzentration** von solchen Menschenmassen auf verhältnismäßig kleiner Fläche macht die **Versorgung** aller mit sauberem Trinkwasser, Nahrung, Strom, und Wärme zu einem gewaltigen Aufwand und einer enormen Herausforderung.

#### Ökologische Folgen

Um so viele Menschen unterzubringen muss **kontinuierlich gebaut und weiter verdichtet werden** – eine Wüste aus Beton und Asphalt ohne Platz für Grün- und Erholungsräume. Selbst das ist noch nicht genug – die **Stadt dehnt sich weiter ins Umland aus**, sie versiegelt gigantische Flächen, verdrängt die Natur und zerstört den Lebensraum für Tiere, Pflanzen und schlussendlich für den Menschen. Das induzierte gesteigerte **Verkehrsaufkommen** bewirkt nicht nur eine enorme Lärmbelastung, sondern auch den Ausstoß von Schadstoffen bzw. die Bildung von Feinstaub und Smog und stellt so

07 Vgl. United Nations Population Division, (2014): World Urbanization Report 2014 Revision Highlights, <http://esa.un.org/unpd/wup/Highlights/WUP2014-Highlights.pdf>, in: <http://www.un.org/en/development/desa/population/index.shtml> [16.04.2015], 1.  
08 Vgl. United Nations Population Division, (August 2014): Population Facts No. 2014/3, August 2014 – Our urbanizing world, [http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/popfacts/PopFacts\\_2014-3.pdf](http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/popfacts/PopFacts_2014-3.pdf), in: <http://www.un.org/en/development/desa/population/index.shtml> [16.04.2015], 1-4.

A



eine gravierende (gesundheitliche) Belastung für den Menschen und die Umwelt dar. Die stetige Bautätigkeit und die immer größer werdende Stadtbevölkerung produzieren riesige Mengen an **Abfall**, wodurch Böden und Wasser verschmutzt oder gar verseucht werden und so den Nährboden für viele **Krankheitserreger** bilden.

### **Soziale Folgen**

In den schnell wachsenden Millionenstädten endet der Traum von einem besseren Leben in der Stadt für viele oftmals in **Armut** und in **Behausungen mit menschenunwürdigen Bedingungen**. Die **Schere zwischen Arm und Reich** öffnet sich immer weiter – an den Stadträndern entstehen riesige **Slums**, in denen schreckliche Wohnbedingungen herrschen und **Kriminalität und Gewalt** auf der Tagesordnung stehen. Die Wohlhabenden ihrerseits schotten sich zunehmend ab und suchen Schutz in sogenannten „**Gated Communities**“.

### **Ökonomische Folgen**

Durch die Urbanisierung haben vor allem die neu entstandenen Millionenstädte in den Schwellen- und Entwicklungsländern einen außerordentlichen **wirtschaftlichen Aufschwung** erfahren, was in der Folge zur Ansiedlung und Gründung neuer Unternehmen führte. Die Hoffnung auf ein besseres Leben und auf Arbeit ist für viele einer der Hauptgründe in die Stadt zu ziehen. Wie bereits erwähnt scheitert dieser Traum allerdings häufig und endet in **Armut**.<sup>09</sup>

A

09 .....  
Vgl. Bähr, Jürgen (Oktober 2007): Folgen von Urbanisierung, [http://www.berlin-institut.org/fileadmin/user\\_upload/handbuch\\_texte/pdf\\_Baehr\\_Folgen\\_Urbanisierung.pdf](http://www.berlin-institut.org/fileadmin/user_upload/handbuch_texte/pdf_Baehr_Folgen_Urbanisierung.pdf), in: <http://www.berlin-institut.org/> [16.04.2015], 1-3.

„Das zu beobachtende Ausmaß an Zersiedelung kann nicht allein durch steigende Nachfrage nach Siedlungsfläche erklärt werden. Vielmehr spielen Support Measures [...], die das Angebot an Siedlungsmöglichkeiten im Grünen beeinflussen eine gewichtige Rolle für die Zersiedelung.“<sup>01</sup>

01 Vgl. Cerveny, Michael/ Schweighofer, Martin/ Veigl, Andreas, (Juni 2011): Ermittlung der „Support Measures“ für den Wohnbau. Zusammenhänge zur Zersiedelung in Österreich. Empfehlungen zur „Ökologisierung“, <http://www.zersiedelt.at/zersiedelung-studien-oesterreich/AP3-zersiedelt-foerderungen-wohnbau-oekologisieren.pdf>, in: <http://www.zersiedelt.at/> [29.01.2015], 7.

## A.2.2. SUBURBANISIERUNG

Dem Prozess der Urbanisierung steht der der **Suburbanisierung** bzw. **Zersiedelung** gegenüber. Anders als in den sich erst jetzt urbanisierenden Entwicklungs- und Schwellenländern ist in den Industrienationen eine Art Gegenbewegung zu beobachten – die **Streuung der kompakten Stadt in das Umland**. Hier sind es vor allem Familien aus gehobener Mittelschicht, aber auch Unternehmen und Versorgungseinrichtung, die sich am Stadtrand oder in der Vorstadt ansiedeln (**siehe Abb. 05, S. 21**).<sup>02</sup>

### URSACHEN

Viel wurde darüber diskutiert, was denn nun die tatsächlichen Gründe für die fortschreitende Diffusion des suburbanen Raumes seien. Das **Einfamilienhaus** – der Traum vom eigenen Heim im Grünen – ist wohl die meistgenannte Ursache dieses Phänomens. Tatsache ist, dass 75% aller Gebäude in Österreich Ein- oder Zweifamilienhäuser sind.<sup>03</sup> Somit scheint diese Wohnform nach wie vor am beliebtesten zu sein. Einfamilienhäuser haben zweifelsohne die größte **Flächeninanspruchnahme** und induzieren einen erhöhten **Energie- und Ressourcenverbrauch**, fördern die **Versiegelung** und ziehen hohe **Infrastrukturkosten** nach sich. Interessanterweise lässt sich **keine allgemeine Präferenz** für das „Haus im Grünen“ ausmachen. Vielmehr sind die **individuellen Wohnwünsche**, wie Wohnungsgröße, soziales Umfeld, saubere Luft, Natur etc., ausschlaggebend. Sind besagte Wünsche im urbanen Raum nicht verfügbar oder leistbar, entscheiden sich viele für das Haus im Grünen. Dabei lässt sich beobachten, dass für ein großes Bevölkerungssegment bei Verfügbarkeit und Leistbarkeit, das urbane Gebiet eine Option, oft sogar die erste Wahl wäre.<sup>04</sup>

**Support Measures** sind Unterstützungsmaßnahmen der öffentlichen Hand, also der Gemeinden, Städte und Länder, die, durch das Fördern der falschen Maßnahmen, ihren eigentlichen Zweck verfehlen und sich dadurch negativ auf die Umwelt auswirken beziehungsweise die Zersiedelung vorantreiben. Das vermutlich bedeutendste Kriterium ist dabei die **Zurverfügungstellung von Bauland**. Ohne die stetige Widmung von neuen Flächen im suburbanen Raum, wäre eine Zersiedelung nicht möglich. Die Bereitstellung von **technischer Infrastruktur** in diesen Gebieten, wie Straßen, Wasser, Strom etc., trägt ebenso wesentlich am Fortschreiten der Problematik bei. Andere Support Measures, wie die **Wohnbauförderung**, vor allem die des Einfamilienhauses, die **Mobilitätsförderung**, wie Pendlerpauschale und Kilometergeld, oder die Schaffung **sozialer Infrastruktur** (Schulen, Kindergärten, Freizeit, Kultur, etc.) beeinflussen die Entscheidung vieler, indem sie das Leben bzw. Wohnen im ländlichen Raum angenehmer und vor allem leistbarer

02 Vgl. Zeitbild Verlag und Agentur für Kommunikation GmbH (Juli 2014): Urbanisierung und Transport. Wirtschaft und Nachhaltigkeit im Unterricht, [http://www.zeitbild.de/wp-content/uploads/2014/07/Zeitbild\\_Wissen\\_Urbanisierung-und-Transport.pdf](http://www.zeitbild.de/wp-content/uploads/2014/07/Zeitbild_Wissen_Urbanisierung-und-Transport.pdf), in: <http://www.zeitbild.de/> [16.04.2015], 8.

03 Vgl. Umweltbundesamt, (I): Unsere Wohnformen beeinflussen den Flächenverbrauch, <http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/raumordnung/flaechen-entw/bauflaeche/wohnen/>, in: <http://www.umweltbundesamt.at/> [29.01.2015]

04 Vgl. Cerveny, Michael/ Schweighofer, Martin/ Veigl, Andreas, (Juni 2011): Ermittlung der „Support Measures“ für den Wohnbau. Zusammenhänge zur Zersiedelung in Österreich. Empfehlungen zur „Ökologisierung“, <http://www.zersiedelt.at/zersiedelung-studien-oesterreich/AP3-zersiedelt-foerderungen-wohnbau-oekologisieren.pdf>, in: <http://www.zersiedelt.at/> [29.01.2015], 7.

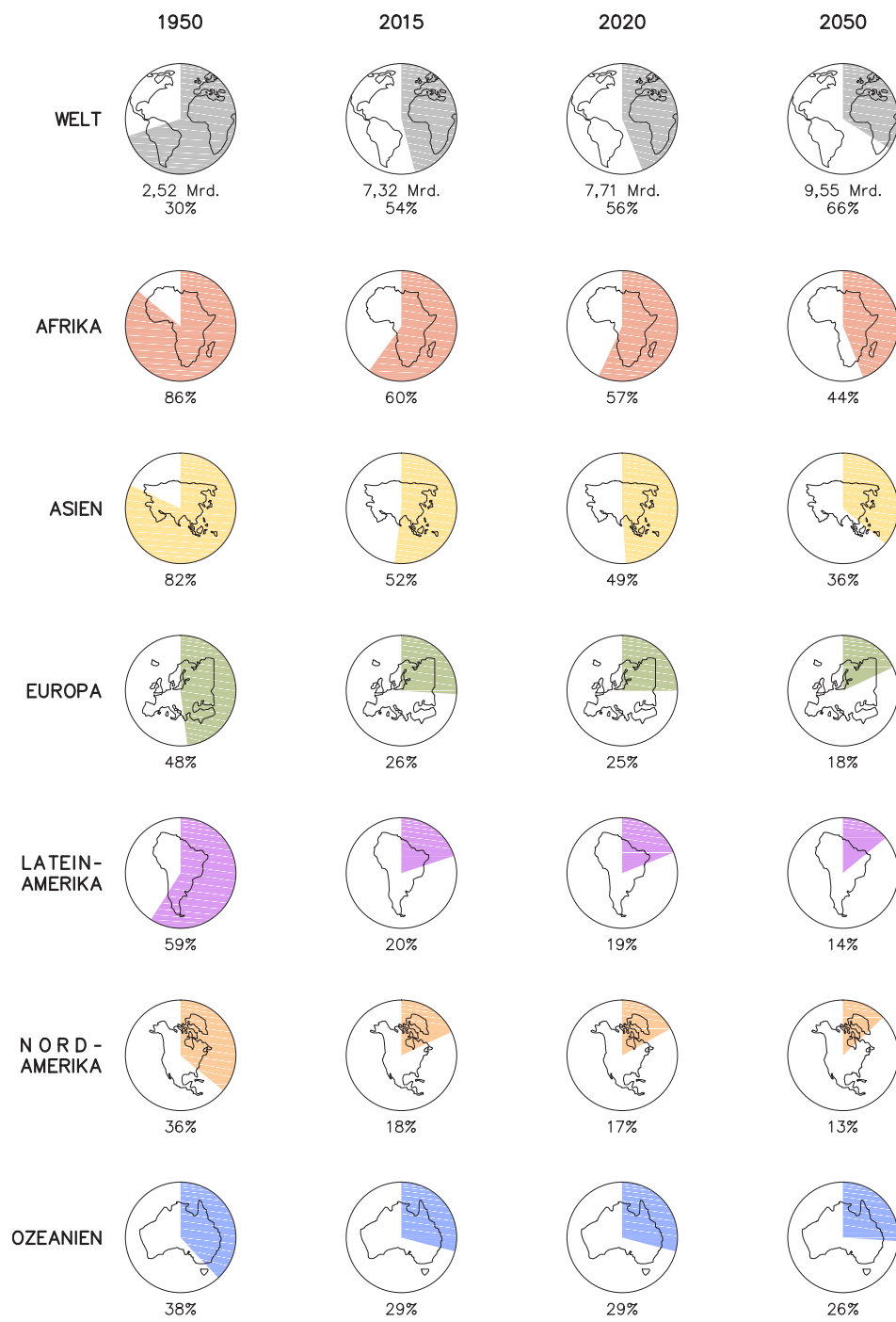


Abb. 05 RURALE BEVÖLKERUNG - SUBURBANISIERUNGSGRAD

A

„Der mit der Zersiedelung verbundene stetig steigende Flächenverbrauch für Siedlungszwecke und die damit einhergehende Versiegelung sowie der induzierte Ressourcenverbrauch (für Mobilität und Infrastruktur) zählen zu den größten Herausforderungen für eine nachhaltige Entwicklung in Österreich.“<sup>05</sup>

05 Vgl. Cerveny, Michael/ Schweighofer, Martin/ Veigl, Andreas, (Juni 2011): Ermittlung der „Support Measures“ für den Wohnbau. Zusammenhänge zur Zersiedelung in Österreich. Empfehlungen zur „Ökologisierung“, <http://www.zersiedelt.at/zersiedelung-studien-oesterreich/AP3-zersiedelt-foerderungen-wohnbau-oekologisieren.pdf>, in: <http://www.zersiedelt.at/> [29.01.2015], 19.

## A.2.2. SUBURBANISIERUNG

zu machen scheinen und man sich so mehr seiner Wohnwünsche erfüllen kann.<sup>06</sup>

### FOLGEN

**Steigende Wohnansprüche bzw. -bedürfnisse** und die Zunahme der **Singlehaushalte** führen zu einer immer höher werdenden **Nutzfläche pro Person** und bestärken den Trend zu **flächenintensiveren Bauungsformen** wie dem Einfamilienhaus. Daraus resultiert eine angehobene Flächeninanspruchnahme, die weitreichende ökologische, ökonomische und soziale Folgen nach sich zieht.<sup>07</sup>

### Ökologische Folgen

„Durch Versiegelung und Bebauung werden die vielfältige (!) Bodenpotenziale weitgehend auf die monofunktionale Nutzung als Träger für Siedlungs- und Verkehrsinfrastruktur beschränkt, das lebende und belebte System 'Boden' wird denaturiert und in seiner vierdimensionalen Raum-Zeitstruktur auf die zweidimensionale Sache 'Fläche' reduziert.“<sup>08</sup>

Der erhöhte **Flächenverbrauch** einer lockeren Bauungsweise und die daraus resultierende **Versiegelung** haben den **Verlust der wertvollen Ressource Boden** zur Folge. Damit gehen biologisch produktive Flächen als Lebensraum für Tiere und Pflanzen, aber auch der Erholungsraum für uns Menschen verloren. Die unberührte Natur, die für viele überhaupt erst der Grund ist, in den ländlichen Raum zu ziehen, wird somit nachhaltig beschädigt und immer mehr zurückgedrängt. Des Weiteren bewirken die lockere Bebauung und die dadurch notwendige, überproportional große **Verkehrsinfrastruktur** die Zerschneidung, Verinselung und Einengung der noch übriggebliebenen Lebensräume. Diese können nur mit sehr hohem Energieaufwand und meist nicht innerhalb eines Menschenlebens wieder hergestellt werden. Durch die Zersiedelung bedingte höhere Entfernungen – in die Stadt, zur Arbeit etc. – führen zur **Zwangsmobilität** und einem gesteigerten **Pendleraufkommen**, die unweigerlich erhöhte CO<sub>2</sub>-Emissionen und erhöhte Kosten nach sich ziehen.

Die ökologischen Folgen der Zersiedelung resultieren also maßgeblich aus der Flächeninanspruchnahme und dem erhöhten Energie- und Ressourcenverbrauch für Wohnbau, Infrastruktur und Mobilität, was zu einer enormen Belastung unserer Umwelt führt.

06 Vgl. Cerveny, Michael/ Schweighofer, Martin/ Veigl, Andreas, (Juni 2011): Ermittlung der „Support Measures“ für den Wohnbau. Zusammenhänge zur Zersiedelung in Österreich. Empfehlungen zur „Ökologisierung“, <http://www.zersiedelt.at/zersiedelung-studien-oesterreich/AP3-zersiedelt-foerderungen-wohnbau-oekologisieren.pdf>, in: <http://www.zersiedelt.at/> [29.01.2015], 8.

07 Vgl. Lexer, Wolfgang, (2004): Zerschnitten, versiegelt, verbaut? – Flächenverbrauch und Zersiedelung versus nachhaltige Stadtentwicklung, [http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/raumplanung/2\\_flaechenverbrauch/Downloads/Manuskript\\_Gr\\_nStadtGrau\\_Download.pdf](http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/raumplanung/2_flaechenverbrauch/Downloads/Manuskript_Gr_nStadtGrau_Download.pdf), in: <http://www.umweltbundesamt.at/> [29.01.2015], 6.

08 Ebda., 1.



„Suburbanisierung, eine flächenhafte, disperse Siedlungsentwicklung und der anhaltende Trend zu flächenintensiven Bebauungsformen wie dem freistehenden Einfamilienhaus führen in mehrfacher Hinsicht zu hohen volkswirtschaftlichen Kosten für Wohnraumschaffung und Infrastrukturförderung, verbunden mit übermäßiger Belastung der öffentlichen und privaten Haushalte und geringer Kosteneffizienz des öffentlichen Mitteleinsatzes.“<sup>09</sup>

09 Lexer, Wolfgang, (2004): Zerschnitten, versiegelt, verbaut? – Flächenverbrauch und Zersiedelung versus nachhaltige Stadtentwicklung, [http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/raumplanung/2\\_flaechenverbrauch/Downloads/Manuskript\\_Gr\\_nStadtGrau\\_Download.pdf](http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/raumplanung/2_flaechenverbrauch/Downloads/Manuskript_Gr_nStadtGrau_Download.pdf), in: <http://www.umweltbundesamt.at/> [29.01.2015], 2.

### Ökonomische Folgen

Resultierend aus geringer Siedlungsdichte und steigender Distanz zwischen Gebäuden und somit längeren Leitungen und Straßen, kann der Kostenaufwand für **technische Infrastruktur** zerstreuter Siedlungsstrukturen im suburbanen Raum, im Vergleich zu einer kompakten und verdichteten Bauweise in der Stadt, um das bis zu Zehnfache höher ausfallen.<sup>10</sup> Dabei kommt dem Faktor Erschließung und der damit verbundenen grauen Energie ein besonders hoher Stellenwert zu.

Untersuchungen des Projekts „ZERSiedelt“<sup>7</sup> zeigen, dass zur Errichtung eines Einfamilienhauses in Streusiedlungslage zirka das Dreifache an **grauer Energie**, zum Großteil für die Herstellung von Straße und Infrastruktur, aufgewendet werden muss als beispielsweise für ein siebengeschossiges Mehrfamilienhaus. Dementsprechend verursacht ein solches Gebäude auch wesentlich höhere CO<sub>2</sub>-Emissionen. Durch die immer besser werdenden Gebäudestandards und die damit verbundene geringere Betriebsenergie steigt auch die Bedeutung der grauen Energie für den Wohnbau. Der Vergleich von Wohnsiedlungen aus den Jahren 1970 und 2010 zeigt deutlich, dass vor rund 45 Jahren die Herstellungenergie mit 7 bis 19 % des Gesamtenergiebedarfs vergleichsweise unbedeutend war. Im Jahr 2010 beträgt der Anteil der grauen Energie zwischen 24 und 50 % (Einfamilien-Passivhaus) und ist somit nicht mehr vernachlässigbar.<sup>11</sup>

<sup>7</sup> <http://www.zersiedelt.at/>



„Zersiedelung und Verkehrswachstum bilden einen selbstverstärkenden Ursache-Wirkungs-Kreislauf.“<sup>12</sup>

Die Zersiedelung hat die **räumliche Entmischung von Wohnen und Arbeiten** zur Folge, was Bewohner von zersplitterten Siedlungsformen vom motorisierten Individualverkehr abhängig macht (**Zwangsmobilität**) und in der Folge hohe Kosten für Unterhalt und Wartung des Pkws nach sich zieht. Ferner verdrängt die Zersiedelung und der damit verbundene Flächenverbrauch vermehrt landwirtschaftliche Nutzflächen, da sich diese häufig in Lagen befinden, die auch für Siedlungsstrukturen gut geeignet sind. Durch die Umwidmung dieser Flächen entsteht günstiges Bauland, welches die weitere Suburbanisierung fördert.<sup>13</sup>

### Soziale Folgen

Verbunden mit der Entmischung von Wohnen, Arbeiten, Bildung, Konsum und Freizeit verkommen zersiedelte Siedlungsstrukturen oft zu „**Wohnghettos**“, also zu reinen Schlafstätten. Die durch die lockere Bauweise entstehenden großen Distanzen zwischen einzelnen Gebäuden können sich negativ auf **soziale Kontakte** auswirken – man kennt seinen Nachbarn nur flüchtig oder gar nicht mehr. Isolation und Abschottung sind die

10 Vgl. Lexer, Wolfgang, (2004): Zerschnitten, versiegelt, verbaut? – Flächenverbrauch und Zersiedelung versus nachhaltige Stadtentwicklung, [http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/raumplanung/2\\_flaechenverbrauch/Downloads/Manuskript\\_Gr\\_nStadtGrau\\_Download.pdf](http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/raumplanung/2_flaechenverbrauch/Downloads/Manuskript_Gr_nStadtGrau_Download.pdf), in: <http://www.umweltbundesamt.at/> [29.01.2015], 1f.

11 Vgl. Stejskal, Martin u.a., (September 2011): Bilanzierung der Grauen Energie in Wohnbau und zugehöriger Infrastruktur-Erschließung, <http://www.zersiedelt.at/zersiedelung-studien-oesterreich/AP2-zersiedelt-graue-energie-wohnbau.pdf>, in: <http://zersiedelt.at/index.php> [29.01.2015], 73-75.

12 Lexer, Wolfgang, (2004): Zerschnitten, versiegelt, verbaut? – Flächenverbrauch und Zersiedelung versus nachhaltige Stadtentwicklung, [http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/raumplanung/2\\_flaechenverbrauch/Downloads/Manuskript\\_Gr\\_nStadtGrau\\_Download.pdf](http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/raumplanung/2_flaechenverbrauch/Downloads/Manuskript_Gr_nStadtGrau_Download.pdf), in: <http://www.umweltbundesamt.at/> [29.01.2015], 7.

13 Vgl. Ebda., 6f.



### A.2.2. SUBURBANISIERUNG

Folge. **Gesundheitsbelastungen** entstehen vor allem durch CO<sub>2</sub>- und Schadstoffemissionen oder Verlärmung, die in erster Linie das erhöhte Verkehrsaufkommen mit sich bringt. Stress und der Verlust von Freizeit durch längere Zeiten im Auto sind weitere Auswirkungen der Zwangsmobilität.

#### A

#### FAZIT

Durch die stetige Widmung von neuem Bauland wird die Zersiedlung vorangetrieben und enorme Flächen verbraucht. Ziel muss es deshalb sein, die **Baulandwidmung** kontrollierter und überlegter, nach ökologischen, ökonomischen und energetischen Kriterien zu gestalten und sie vor allem an den Bedarf anzupassen. Die Sinnhaftigkeit der **Wohnbauförderung** des Einfamilienhauses ist zu hinterfragen. Stattdessen sollten sich Förderungen verstärkt auf den Geschoßwohnbau in infrastrukturell gut erschlossener Lage konzentrieren. Allgemein gilt, dass die finanzielle Unterstützung von **Sanierungen, Umnutzungen und Nachverdichtungen** immer der des Neubaus bevorzugt werden sollte. Bedingt durch die **Mobilitätsförderung**, wie Pendlerpauschale und Kilometergeld, wird der Individualverkehr unterstützt, der durch hohe Emissionen zu erheblichen Schäden der Umwelt führt. Die Umgestaltung dieser Subventionen und besonders die **Stärkung des ÖPNV** müssen das Ziel sein.<sup>14</sup>

<sup>14</sup> Vgl. Cerveny, Michael/ Schweighofer, Martin/ Veigl, Andreas, (Juni 2011): Ermittlung der „Support Measures“ für den Wohnbau. Zusammenhänge zur Zersiedelung in Österreich. Empfehlungen zur „Ökologisierung“, <http://www.zersiedelt.at/zersiedelung-studien-oesterreich/AP3-zersiedelt-foerderungen-wohnbau-oekologisieren.pdf>, in: <http://www.zersiedelt.at/> [29.01.2015], 9f.



„Die ´smarte´ Stadt der Zukunft wird keine supereffiziente Retortenstadt auf der grünen Wiese sein, sondern bedeutet vielmehr, die bestehenden Stadtstrukturen zu verdichten, Branchen neu zu nutzen, Pendlerströme einzuschränken, weiter zu bauen, wo Verkehrsnetze bereits bestehen und leistungsfähig sind, und gleichzeitig Agrar- und Erholungslandschaften zu erhalten.“<sup>01</sup>

01 Institut für Gebäudelehre (Februar 2012): Dense Cities. Ausstellungskatalog, [http://lamp.tu-graz.ac.at/~gl/wordpress/wp-content/uploads/2012/06/DenseCities\\_Katalog.pdf](http://lamp.tu-graz.ac.at/~gl/wordpress/wp-content/uploads/2012/06/DenseCities_Katalog.pdf), in: <http://lamp.tu-graz.ac.at/>, [29.01.2015], 6.

### A.2.3. STANDORT ALS RESSOURCE

Es zeigt sich ein gravierender Unterschied, in welchem **städtebaulichen Zusammenhang** und in welcher **Bebauungsweise** ein Gebäude errichtet wird. Wenngleich ein Einfamilienhaus im Plusenergiehaus-Standard errichtet wird und als Einzelobjekt höchst effizient ist, induziert seine Lage im suburbanen Raum, die geringe Bebauungsdichte, die damit verbundene teure Infrastruktur und schließlich die Abhängigkeit vom privaten Verkehrsmittel, einen Mehrverbrauch an Energie und Ressourcen, welcher es alles andere als nachhaltig und/ oder energieeffizient macht.

Oberstes Ziel einer **nachhaltigen Stadtentwicklung** muss deshalb eine **verdichtete und flächensparende Bauweise** bzw. eine **energetisch und räumlich optimierte Flächengestaltung** sein.<sup>02</sup> Die **Sanierung** von Altbeständen, die **Konversion** von leer stehenden oder brachliegenden Flächen, wie alten Industrie- oder Militäranlagen und die **Nachverdichtung** bestehender Strukturen, in infrastrukturell gut erschlossener Lage, bergen dabei ein enormes Potenzial, durch minimalen Energie- und Ressourceneinsatz, neuen Wohnraum zu schaffen und sollten demnach immer den **Vorrang gegenüber dem Neubau** auf der grünen Wiese haben.

A

02 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 63.

Es „[...] zeigt sich eine deutliche Abhängigkeit von Dichte und Energieeffizienz. Dicht besiedelte Städte verfügen über einen bis zu Faktor acht reduzierten Energieverbrauch.“<sup>01</sup>

01 Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 63.

## A.2.4. DICHTEN

Im Zusammenhang von **Urbanisierung** und **Suburbanisierung** wird ein markanter **Unterschied in Bezug auf die Dichte** deutlich. Während verdichtete Ballungsräume im Allgemeinen durch eine hohe Bebauungs- und Bevölkerungsdichte sowie durch eine Vielzahl von Nutzungen und Aktivitäten gekennzeichnet sind, zeigt sich im zersiedelten suburbanen Raum vieler Städte genau das Gegenteil – eine lockere, weitläufige Bauweise, geprägt von Einfamilienhäusern sowie von wenigen Menschen, die auf großer Fläche leben und bedingt durch die großen Entfernungen, bereits zum Einkaufen das Auto benötigen.

### QUANTITATIVE DICHTEN

#### Bevölkerungsdichte

Sieht man sich hochverdichtete asiatische Städte wie Hongkong (6429 Ew./km<sup>2</sup>)<sup>02</sup> an, wird schnell klar, dass hier um ein Vielfaches mehr Menschen auf engstem Raum zusammenleben als dies etwa in amerikanischen Städten wie Houston (1399 Ew./km<sup>2</sup>)<sup>03</sup> der Fall ist. Logischerweise hat eine Wohnung, in welcher drei- bis viermal so viele Menschen leben, wie dies in der westlichen Welt üblich ist, einen anteilmäßig markant niedrigeren Energieverbrauch als ein Zweipersonenhaushalt derselben Größe. Davon abgesehen, dass eine zu hohe Bevölkerungsdichte ernsthafte Folgen nach sich ziehen kann **↗**, verringert sich der **Einfluss von Dichte auf den Energieverbrauch** ab etwa 7500 Einwohnern pro km<sup>2</sup> deutlich.<sup>04</sup>

↗ A.2.1. URBANISIERUNG, S. 16

#### Bebauungsdichte

**Dichte städtische Strukturen** haben hinsichtlich Ressourcen- und Energieverbrauch einen entscheidenden **Vorteil gegenüber dispersen Siedlungsstrukturen** im suburbanen Raum. Zum einen ist die Herstellung verdichteter Gebäudestrukturen mit **weniger Aufwand** verbunden, da etwa weniger Material benötigt wird und vorhandene technische Infrastruktur in Anspruch genommen werden kann.<sup>05</sup> Zum anderen können **bestehende Flächen effizienter genutzt** werden und so auch **mehr Menschen untergebracht** werden. Eine ganz besonders wichtige Rolle kommt in diesem Zusammenhang der **Umnutzung und Wiederverwendung** von brachliegenden Flächen und der **Nachverdichtung** innerstädtischer Strukturen zu – hier kann durch **maßvolle Verdichtung** mit geringem Einsatz neuer Wohnraum geschaffen werden. Ein weiterer Vorteil einer verdichteten Bauweise ist die so entstehende räumliche Nähe zwischen verschiedenen Nutzungen. Es entwickelt sich eine „**Stadt der kurzen Wege**“, in der man alltägliche Besorgungen zu Fuß oder mit dem Fahrrad erledigen kann und so Verkehr vermeiden und Energie

02 Vgl. Wikipedia, (April 2015): Hongkong, <http://de.wikipedia.org/wiki/Hongkong>, in: <http://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Hauptseite> [16.04.2015]

03 Vgl. Wikipedia, (April 2015): Houston, <http://de.wikipedia.org/wiki/Houston>, in: <http://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Hauptseite> [16.04.2015]

04 Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 63.

05 Vgl. Drexler, Hans/ El Khouli, Sebastian: Nachhaltige Wohnkonzepte. Entwurfsmethoden und Prozesse, München 2012, 46.



eingespart werden kann.

Die **Erhöhung der Bebauungsdichte** allein kann allerdings **keine Patentlösung** sein, zumal dies auch nur bis zu einem gewissen Grad effizient ist. Bei zunehmender Dichte nehmen die Nachteile überhand, wie sich in zahlreichen Mega-Städten in den Schwellen- und Entwicklungsländern beobachten lässt <sup>7</sup>. In solchen Agglomerationen fehlen häufig Ausgleichsflächen wie Parks oder Grünanlagen. Die asphaltierte und betonierte Stadtlandschaft wird vom Verkehr und den damit verbundenen Emissionen beherrscht. Der Wasserhaushalt wird gestört, da Abfälle das Grundwasser verschmutzen und Versickerungsflächen versiegelt wurden. Sogar das Klima wird durch Gebäude und die Schadstoffausstöße von Fahrzeugen und Industrie beeinträchtigt.<sup>06</sup>

➤ A.2.1. URBANISIERUNG, S. 16

A

Die Frage, die sich hier zwangsläufig auftut, ist die nach der „**richtigen**“ **Dichte**. Wie dicht darf eine Stadt bebaut sein, wie viele Menschen kann sie beherbergen, ohne die Umwelt und ihre Bewohner zu belasten? Bis zu welchem Grad ist Dichte effizient und ab wann schädlich? Fest steht, dass sich die richtige Dichte einer Stadt nur schwer an Zahlen festmachen lässt, da die rein quantitative Evaluierung dieser eben nicht ausreichend ist.<sup>07</sup>

### QUALITATIVE DICHTEN

Neben der quantitativen ist die qualitative Dichte für eine Stadt entscheidend, denn **urbane Dichte** ist mehr als eine verdichtete Bauweise oder die reine Anhäufung von Menschen: Nutzungsmischung, soziale Durchmischung und ein vielfältiges Angebot an sozialen, kulturellen und ökonomischen Nutzungen und Aktivitäten hauchen einer Stadt Leben ein und machen sie attraktiv und lebenswert. Die **Nutzer** einer Stadt sind es, die sie zu dem machen was sie ist.<sup>08</sup>

06 .....  
Vgl. Drexler, Hans/ El Khoul, Sebastian: Nachhaltige Wohnkonzepte. Entwurfsmethoden und Prozesse, München 2012, 46.  
07 Vgl. Schiretz, Birgit: GriesWorksGreen. Entwicklung eines nachhaltigen Stadtquartiers, Dipl., Graz 2012, 29.  
08 Vgl. Wolfrum, Sophie (Januar 2007): Urbane Dichte. Plädoyer für Erlebnisdichte in Städten, [http://www.stb.ar.tum.de/fileadmin/w00blf/www/DOWNLOADS/PublikationenTexte/2007-1\\_Urbane\\_Dichte.pdf](http://www.stb.ar.tum.de/fileadmin/w00blf/www/DOWNLOADS/PublikationenTexte/2007-1_Urbane_Dichte.pdf), in: <http://www.stb.ar.tum.de/index.php?id=5> [29.01.2015], 1-4.





### A.2.5. STADTKLIMA

Das Klima in der Stadt unterscheidet sich grundlegend von dem in der Peripherie. Zum einen sind **natürliche Faktoren**, wie die geographische Lage, die Form der Erdoberfläche oder die Höhenlage, ausschlaggebend. Zum anderen sind es durch den Menschen verursachte (**anthropogene**) **Aspekte**, wie die Bebauungsdichte, die Art der Bebauung, der Versiegelungsgrad und Emissionen aus Industrie, Haushalt und Verkehr, die das Stadtklima sowie das regionale Klima und darüber hinaus **Gebäude** sowie deren **Nutzer**, beeinflussen <sup>1</sup>.

Insbesondere eine hohe Bebauungsdichte, aber auch die Wärmespeicherkapazität und große Oberfläche der Baukörper, die Art der Bauweise, der hohe Versiegelungsgrad und sogar eine hohe Bevölkerungsdichte, führen zur Aufheizung der Stadt. Der Temperaturunterschied kann in solch einer „**städtischen Wärmeinsel**“ bis zu 10°C gegenüber dem Umland betragen.<sup>01</sup>

Aufgrund der erhöhten Temperatur in der Stadt und dem Unterschied zum Einzugsgebiet können sich **regionale Windsysteme** formen, welche dem Stadtgebiet als Frischluftzubringer dienen und die belastete Luft abführen bzw. erneuern.<sup>02</sup> Die raue Oberfläche der städtischen Bebauung verursacht jedoch einen **geringeren Luftaustausch** und stört so die Be- und Entlüftungsfunktion des Windes, welcher grundlegend für die Sauberkeit der Stadtluft zuständig ist. Lineare, lange Straßenläufe, wie sie häufig in nordamerikanischen Städten zu finden sind, können **Düseneffekte** herbeiführen, welche die Windgeschwindigkeit zunehmen lassen. Ebenso können hohe Wolkenkratzer Winde aus höheren Luftschichten ablenken und so zu **Fallwinden und Verwirbelungen** am Boden sorgen. Die große Menge an emittierten Aerosolen, Abgasen und Staub lagert sich wie eine Dunstglocke in der Luft über der Stadt an und verringert so nicht nur die eintreffende **Globalstrahlung**, sondern führt zudem zu **mehr Bewölkung und Niederschlägen**.<sup>03</sup>

.....  
01 Vgl. Schade, Christian/ Hennigs, Christoph (Januar 2008): Urbanisierung. Chancen und Risiken für die Versicherungswirtschaft, [http://f1.hs-hannover.de/fileadmin/media/doc/f4/3ter\\_Versicherungstag/urbanisierung\\_\\_schade\\_hennigs.pdf](http://f1.hs-hannover.de/fileadmin/media/doc/f4/3ter_Versicherungstag/urbanisierung__schade_hennigs.pdf), in: <http://www.hs-hannover.de/start/index.html> [16.04.2015], 28.  
02 Vgl. Wikipedia, (August 2010): Stadt-Umland-Windsystem, <http://de.wikipedia.org/wiki/Stadt-Umland-Windsystem>, in: <http://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Hauptseite> [16.04.2015]  
03 Vgl. Hausladen, Gerhard/ Liedl, Petra/ de Saldanha, Mike: Klimagerecht Bauen. Ein Handbuch, Basel 2012, 28f.

A

➤ B. EINFLUSS DES KONTEXTS AUF GEBÄUDE, S. 36



## A.3. NUTZER

Gebäude wirken nicht nur auf die Umwelt und die Stadt, sondern beeinflussen ebenso den **Menschen**, also die Nutzer eines Gebäudes und zwar in ihrer Behaglichkeit, in gesundheitlicher, sozialer und ökonomischer Hinsicht, positiv wie negativ.

Wo bzw. in welchem **Kontext** wir wohnen und leben nimmt gehörigen Einfluss auf unser Dasein.

### A.3.1. STANDORT

Das Leben in der (Groß-)Stadt kann sich, neben all seinen Vorteilen, wie kurzen Wegen, sozialer, kultureller und ökonomischer Vielfalt, allerdings auch negativ auf den Menschen auswirken ↗. Am Beispiel der sich rasant entwickelnden (Mega-)Städte in der dritten Welt zeigt sich, welche fatalen Folgen das beschleunigte **Zunehmen der Bebauungs- und Bevölkerungsdichte** haben kann. Es fehlen Ausgleich- und Erholungsflächen, Emissionen von Industrie und Verkehr verpesten die Luft, es herrscht Armut und Kriminalität, Slums bilden sich und verschiedenste Krankheiten treten häufiger auf.

Vorwiegend die gehobene Mittelschicht und Familien aus den entwickelten Ländern zieht es vermehrt an den **Stadtrand** oder in den **ländlichen Raum**, um sich dort, abseits vom Trubel der Stadt, den Traum vom Leben im Grünen zu erfüllen ↗. Das Ausbreiten dieser **zerstreuten Siedlungsstrukturen** zieht jedoch nicht nur Folgen für die Umwelt nach sich, sondern auch für die Menschen, die dort leben. Aus ökonomischer Sicht tut sich hier in erster Linie ein gewaltiger finanzieller Nachteil auf, der durch die großen Entfernungen und die dadurch induzierte Zwangsmobilität erzeugt wird. Darüber hinaus verursacht die **geringe Bebauungsdichte** einen enormen Mehrkostenaufwand für technische Infrastruktur und die Herstellung von Straßen. Die **Zersiedelung** bringt die räumliche Entmischung von Wohnen, Arbeiten, Bildung, Konsum und Freizeit mit sich und macht disperse Siedlungen zu reinen Schlafstätten, in denen man seinen Nachbarn häufig nur flüchtig oder gar nicht kennt. Zudem belasten das erhöhte Verkehrsaufkommen und die gezwungenermaßen längere Zeit im Auto die Gesundheit und verursachen Stress und den Verlust der Freizeit.

↗ A.2.1. URBANISIERUNG, S. 16

↗ A.2.2. SUBURBANISIERUNG, S. 20

A



### A.3.2. BEHAGLICHKEIT

➤ C.3. BEHAGLICHKEIT, S. 50

A

Seit der Urhütte ist die primäre Aufgabe eines jeden Gebäudes der **Schutz** seiner Bewohner **vor äußeren Widrigkeiten**. Im Laufe der Zeit entwickelte sich diese einfache Behausung zu einem komplexen System, welches heute in der Lage ist, seinen Nutzern ein hohes Maß an Behaglichkeit und Komfort zu bieten ➤.

Menschen halten sich heutzutage zu über 80 Prozent der Tageszeit in Innenräumen auf. Umso wichtiger ist folglich das Wohlbefinden der Nutzer, welches indessen durch unterschiedlichste Faktoren und Einflüsse gestört bzw. beeinträchtigt wird.

In diesem Zusammenhang wird häufig das sogenannte „**Sick Building Syndrom**“ (SBS) genannt. Dieses bezeichnet unspezifische Beschwerden oder Symptome, die sich bei mehr als 10 bis 20 Prozent der Beschäftigten eines Gebäudes abzeichnen, nach dem Verlassen des Bauwerks aber schnell wieder abklingen. Die Ursache für das Auftreten dieser Erkrankung lässt sich selbst heute aus wissenschaftlicher Sicht nicht eindeutig ausmachen und kann daher nur als Ausschlussdiagnose angenommen werden. Alle übrigen gebäudebezogenen Gesundheitsprobleme werden als „**Building Related Illness**“ (BRI) bezeichnet.

Der Mensch ist in Innenräumen einer Reihe von **Immissionen** ausgesetzt, welche seine Behaglichkeit und Leistungsfähigkeit beeinträchtigen und seine Gesundheit belasten können und eben solche Erkrankungen hervorrufen können. Durch alltägliche Aktivitäten, Tätigkeiten oder Hobbies, wie Kochen, Putzen oder Rauchen, schaden wir womöglich unseren Mitmenschen und uns selbst. Von verschiedensten Baumaterialien und -stoffen, wie auch von gewissen Einrichtungsgegenständen kann ebenso ein gesundheitliches Risiko ausgehen, sollten diese etwa Chemikalien oder ähnliche giftige Stoffe enthalten. Neben chemischen Schadstoffen sind es die Lichtverhältnisse, Lärmeinwirkungen, Lufttemperatur und -feuchte sowie Gerüche, die unser Befinden beeinflussen und sich eventuell gesundheitsschädlich auswirken können. Durch eine schad- oder fehlerhafte Konstruktion kann Feuchte von innen oder außen eindringen und zu Schimmelbildung führen. Die effektivste Maßnahme zur Vermeidung dieses Problems ist das richtige und regelmäßige Lüften. Pflanzenpollen, Haustierhaare sowie andere Fasern können schwere Allergien auslösen. Verkehr, Industrie und Gewerbe, Müllverbrennung oder Landwirtschaft stellen zudem Verunreinigungen der Außenluft dar, die ebenso zu gesundheitlichen Problemen führen können.<sup>01</sup>

01 Vgl. Staab, Johannes u.a. (September 2002): Innenraumbelastungen und Sick Building Syndrom, [http://www.uni-saarland.de/fileadmin/user\\_upload/Sonstiges/KoWA/forschung/berichte/innenraum-abschluss.pdf](http://www.uni-saarland.de/fileadmin/user_upload/Sonstiges/KoWA/forschung/berichte/innenraum-abschluss.pdf), in: <http://www.uni-saarland.de/> [19.04.2015], 3-37.



### A.3.3. GRUNDRISS

Zunächst muss der Frage nachgegangen werden, worin die Aufgabe eines Grundrisses besteht. Ziel ist die **Zonierung** oder **Aufteilung** einer Fläche in unterschiedliche **Nutzungen** bzw. **Räume** nach deren **individuellen Anforderungen** und **Bedürfnissen** – wie Helligkeit, Wärme, Kälte, Größe, Lage oder Ruhe – sowie nach **Funktionalität** und **Wirtschaftlichkeit**.

Wie beeinflusst die Zonierung nun den Nutzer? **Negative Einflüsse** entstehen meist durch **falsches oder ungünstiges Anordnen von Nutzungen**. Entweder sie stellen verschiedene Anforderungen und belasten sich so gegenseitig (z.B. durch Lärmübertragung eines Wohnzimmers an ein angrenzendes Schlafzimmer), oder sie werden durch äußere Einflüsse (Lärm, Emissionen etc.) beeinträchtigt. Umgekehrt können sich nebeneinander liegende oder zusammengelegte Nutzungen aber auch **positiv** beeinflussen. Eine zum Wohn- oder Esszimmer hin offene Küche fördert etwa die Kommunikation und soziale Kontakte. Im Gegenzug kann dies allerdings zu einer Geruchsbelastung anderer Räume führen.

Von großer Bedeutung sind zudem die **Proportionen des Gebäudes bzw. des Grundrisses**. Große, kompakte Bauwerke, induzieren oftmals sehr tiefe Grundrisse, welche die Tageslichtnutzung verschlechtern, das natürliche Lüften behindern sowie Sichtkontakte nach außen beeinträchtigen. Ähnliche Schwierigkeiten treten bei **Häusern mit hochgedämmter Gebäudehülle** (z.B. Passivhaus) auf. Die dadurch entstehenden dicken Wandaufbauten sowie Fensterlaibungen lassen vergleichsweise wenig Sonnenlicht eindringen und behindern die Aussicht.

In den meisten Fällen muss man zumindest geringe Abstriche machen, zumal sich nicht jedermann durch ein individuell geplantes Haus, seine persönlichen Wohnvorstellungen bzw. -wünsche erfüllen kann. Man zieht in der Regel in eine vorhandene Wohnung mit vorgegebener (baulicher) Struktur, die sich nicht immer verändern lässt und so den Nutzer in seiner Lebensweise beeinflussen oder sogar einschränken kann.

Aus diesem Grund ist das Planen von Gebäuden mit einer **flexiblen Grundrissstruktur**, welche nutzerspezifische Anpassungen, wie individuelles Aufteilen nach benötigter Größe, das Zusammenlegen oder Abtrennen von Räumen sowie vielfältige Einrichtungsmöglichkeiten, zulässt, mehr als nur sinnvoll, um für den Nutzer das größtmögliche Maß an **Behaglichkeit und Komfort** zu gewährleisten. Dies lässt sich beispielsweise anhand einer tragenden Gebäudehülle und folglich einem leichten Innenausbau realisieren.

➤ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/  
Zonierung, S. 92

A

„Der Rebound-Effekt wird definiert als ´Mehrnachfrage aufgrund einer Produktivitätssteigerung´. Er bezeichnet jenen Anteil des Einsparpotentials einer Technologie oder Effizienzmaßnahme, der durch einen Anstieg der Nachfrage wieder aufgefressen wird.“<sup>01</sup>

01 Blätter für deutsche und internationale Politik (Hg.)/ Santarius, Tilman (Dezember 2013): Der Rebound-Effekt: Die Illusion des grünen Wachstums, <http://www.santarius.de/wp-content/uploads/2012/08/Der-Rebound-Effekt-Die-Illusion-des-gr%C3%BCnen-Wachstums-BI%C3%A4tter-2013.pdf>, in: <http://www.santarius.de/> [24.04.2015], 2.

#### A.3.4. REBOUND-EFFEKT

Eine Effizienzsteigerung kann sich im **Verhalten der Nutzer** niederschlagen und das mögliche Einsparpotenzial stark minder oder sogar kompensieren. Entweder wird das nun effizientere Produkt häufiger oder intensiver genutzt (**direkter Rebound-Effekt**) oder das gesparte Geld bzw. die eingesparte Energie anderweitig ausgegeben bzw. verbraucht (**indirekter Rebound-Effekt**). In Extremfällen können Rebound-Effekte sogar überkompensiert werden – es wird also nach der Effizienzsteigerung mehr verbraucht als davor. Das Phänomen eines Rebound-Effekts über 100 Prozent bezeichnet man als **Backfire**.<sup>02</sup> Ferner kann zwischen finanziellen, materiellen, psychologischen und Cross-Factor Rebound-Effekten unterschieden werden. Oftmals ist es eine Kombination mehrerer Auslöser, die zur Summe des gesamtwirtschaftlichen Rebounds führen.

Der **finanzielle Rebound-Effekt** spiegelt sich in einer Kosteneinsparung wieder, welche dazu verleitet das eingesparte Geld entweder für dasselbe (direkter Rebound-Effekt) oder ein anderes Gut (indirekter Rebound-Effekt) auszugeben. Führen Investitionen in Effizienzmaßnahmen zu einem Mehrverbrauch an Energie und Material spricht man vom **materiellen Rebound-Effekt**. Dies kann sich etwa im energetischen Mehraufwand zur Herstellung energieeffizienterer Gebäudedämmung äußern. Die Entwicklung energieeffizienterer und umweltfreundlicherer Produkte ist häufig mit einem Imagegewinn verbunden und führt infolge zu vermehrten Käufen bzw. häufigerer Benutzung dieser Güter. Diese Beeinflussung des Nutzers nennt sich **psychologischer Rebound-Effekt**. Die Relation zwischen der Zunahme von Arbeits- und Kapitalproduktivität und gestiegenem Energieverbrauch wird als **Cross-Factor-Rebound-Effekt** bezeichnet.<sup>03</sup> Mechanisierung und Automatisierung bzw. der Einsatz energieeffizienterer Technik führen dazu, dass mit der gleichen Arbeitsleistung nun mehr produziert wird anstatt mit weniger Arbeit dieselbe Menge wie zuvor zu erzeugen.<sup>04</sup>

02 Vgl. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH u.a. (März 2012): Der Rebound-Effekt. Über die unerwünschten Folgen der erwünschten Energieeffizienz, <http://www.santarius.de/wp-content/uploads/2012/03/Der-Rebound-Effekt-2012.pdf>, in: <http://www.santarius.de/> [24.04.2015], 10.

03 Vgl. Blätter für deutsche und internationale Politik (Hg.)/ Santarius, Tilman (Dezember 2013): Der Rebound-Effekt: Die Illusion des grünen Wachstums, <http://www.santarius.de/wp-content/uploads/2012/08/Der-Rebound-Effekt-Die-Illusion-des-gr%C3%BCnen-Wachstums-BI%C3%A4tter-2013.pdf>, in: <http://www.santarius.de/> [24.04.2015], 2-5.

04 Vgl. Mill, John Stuart: Principles of Political Economy with some of their Applications to Social Philosophy, London 1848, 133.





„Unter Gebäudeautomation werden alle Vorrichtungen zur Steuerung, zur selbsttätigen Regelung und Überwachung von gebäudetechnischen Anlagen sowie zur Erfassung von Betriebsdaten verstanden.“<sup>01</sup>

01 Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 190.

### A.3.5. GEBÄUDEAUTOMATION

Primäres Ziel dieser ist es, für den Nutzer den **Komfort** zu verbessern, ein hohes Maß an **Behaglichkeit** zu gewährleisten und **Energie einzusparen**.

Heutzutage lassen sich prinzipiell alle elektronischen Geräte oder Anlagen miteinander vernetzen und extern regeln bzw. steuern. Wie weit aber darf oder soll die Automation eines Gebäudes das **Verhalten des Nutzers** beeinflussen um diese erstrangige Absicht zu erfüllen? **Nutzerinterfaces**, wie Touchpanels oder Pads, können die im Hintergrund ablaufenden hochkomplexen Prozesse für den Nutzer vereinfacht darstellen und ihm ein Verständnis dafür vermitteln, wie durch das **Anpassen gewisser Verhaltensmuster** Energie gespart und der Komfort erhöht werden kann. Sobald sich der Benutzer allerdings entmündigt oder zu sehr gesteuert fühlt, wird auch die **Akzeptanz für Gebäudeautomation** sinken. Ein gewisser Grad an manueller Steuerung und die **Möglichkeit, in Prozesse eingreifen** zu können, sollten von daher immer möglich sein. Zumal auch nur jene Abläufe für den Nutzer relevant sind, die seine individuellen Bedürfnisse und sein Behaglichkeitsempfinden (z.B. Raumtemperatur) betreffen. Alle weiteren Prozesse sind in der Regel von keinem großen Interesse und können unerkennbar im Hintergrund stattfinden.<sup>02</sup>



02 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 190-193





## WEITERFÜHRENDE LITERATUR

### INTERNET

BDA/ Eberle, Dietmar (Januar 2012): 19 Thesen zum Thema „Dichte“, [http://www.bda-hamburg.de/uf/19%20Thesen%20Eberle\\_Dichte%283%29.pdf](http://www.bda-hamburg.de/uf/19%20Thesen%20Eberle_Dichte%283%29.pdf), in: <http://www.bda-hamburg.de/> [23.01.2015]

Bogensberger, Markus: Enger zusammenleben. Die Zukunft der verdichteten Stadt, in: Archithese (2011) Nr. 3 - Dichte, S. 38-43, Online unter: <http://lamp.tu-graz.ac.at/~gl/wordpress/wp-content/uploads/2011/09/Archithese-3-2011.pdf> [23.01.2015]

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (Juli 2002): Heimwert. Ökologisch-ökonomische Bewertung von Siedlungsformen, [http://download.nachhaltigwirtschaften.at/download/endbericht\\_tappeiner\\_2502.pdf](http://download.nachhaltigwirtschaften.at/download/endbericht_tappeiner_2502.pdf), in: <http://www.nachhaltigwirtschaften.at/> [23.01.2015]

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie/ NACHHALTIGwirtschaften konkret (Februar 2001): Wohnräume - Nutzerspezifische Qualitätskriterien für den innovationsorientierten Wohnbau. Grundlagenstudie, [http://download.nachhaltigwirtschaften.at/download/endbericht\\_tappeiner1.pdf](http://download.nachhaltigwirtschaften.at/download/endbericht_tappeiner1.pdf), in: <http://www.nachhaltigwirtschaften.at/index.html> [21.12.2014]

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie/ NACHHALTIGwirtschaften konkret (Februar 2001): Wohnräume - Nutzerspezifische Qualitätskriterien für den innovationsorientierten Wohnbau. Grundlagenstudie, [http://download.nachhaltigwirtschaften.at/download/endbericht\\_tappeiner2.pdf](http://download.nachhaltigwirtschaften.at/download/endbericht_tappeiner2.pdf), in: <http://www.nachhaltigwirtschaften.at/index.html> [21.12.2014]

Cody, Brian/ Löschnig, Wolfgang: Städtische Dichte und Energie. Urban Density and Energy, in: Forschungsjournal der Technischen Universität Graz WS 11/12 (2012), 13-16, Online unter: [http://diglib.tugraz.at/download.php?id=50333f092a7f0&location=br](http://diglib.tugraz.at/download.php?id=50333f092a7f0&location=browse)owse [16.01.2015]

IBA HAMBURG/ HAFENCITY HAMBURG (2008): ARCHITEKTUR IM KLIMAWANDEL, [http://www.iba-hamburg.de/fileadmin/Slideshows\\_post2013/02\\_Wissen/03\\_Buecher/architekturklimawandel\\_dokumentation.pdf](http://www.iba-hamburg.de/fileadmin/Slideshows_post2013/02_Wissen/03_Buecher/architekturklimawandel_dokumentation.pdf), in: <http://www.iba-hamburg.de/> [27.12.2014]

Internationale Energieagentur (2014): Key World Energy Statistics 2014, <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2014.pdf>, in: [www.iea.org](http://www.iea.org) [02.02.2015]

Lampugnani, Vittorio Magnago (Mai 2006): DIE ARCHITEKTUR DER STÄDTISCHEN DICHTEN, [http://www.stadtbaukunst.org/cms/upload/texte\\_zur\\_stadtbaukunst/Lampugnani\\_Die\\_](http://www.stadtbaukunst.org/cms/upload/texte_zur_stadtbaukunst/Lampugnani_Die_)



Architektur\_der\_staedtischen\_Dichte.pdf, in: <http://www.stadtbaukunst.org/> [19.01.2015]

Leitungsgruppe des NFP 54 (2011): Nachhaltige Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung – Von der Verwaltung zur aktiven Entwicklung. Programmsynthese des Nationalen Forschungsprogramms 54, [http://www.vdf.ethz.ch/service/3372/3448\\_Nachhaltige-Siedlungs-und-Infrastrukturentwicklung\\_OA.pdf](http://www.vdf.ethz.ch/service/3372/3448_Nachhaltige-Siedlungs-und-Infrastrukturentwicklung_OA.pdf), in: <https://www.ethz.ch/de.html> [21.12.2014]

Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg (2012): Städtebauliche Klimafibel. Hinweise für die Bauleitplanung, <http://www.staedtebauliche-klimafibel.de/pdf/Klimafibel-2012.pdf>, in: <http://www.staedtebauliche-klimafibel.de/> [22.05.2015]

Österreichische Energieagentur - Austrian Energy Agency (November 2014): Klima und Energie: Wissen kompakt, [http://www.energyagency.at/fileadmin/dam/pdf/projekte/klimapolitik/Klima\\_und\\_Energie\\_Wissen\\_kompakt\\_\\_pdf\\_.pdf](http://www.energyagency.at/fileadmin/dam/pdf/projekte/klimapolitik/Klima_und_Energie_Wissen_kompakt__pdf_.pdf), in: <http://www.energyagency.at/> [02.02.2015]

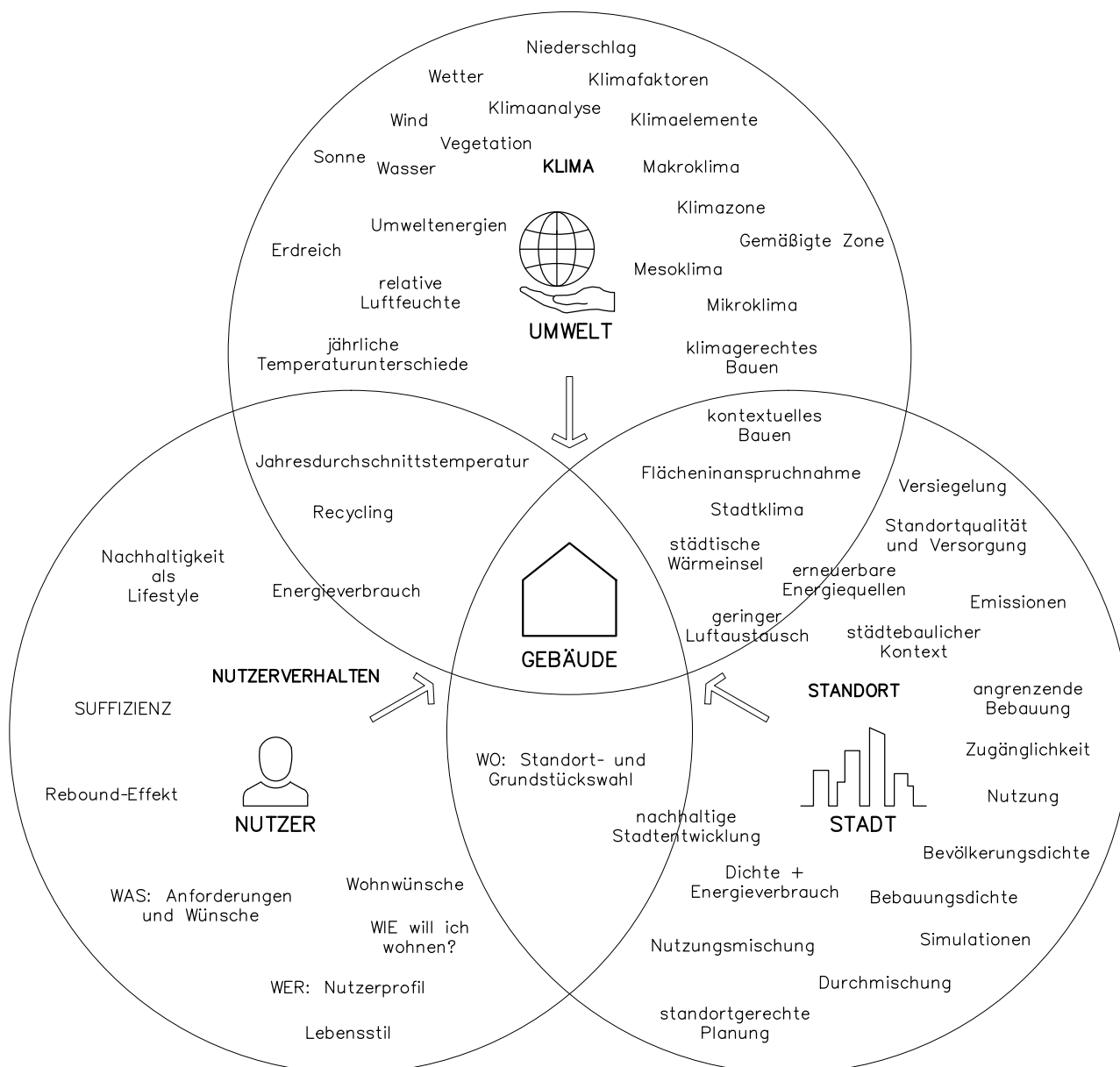
<http://www.umweltbundesamt.at/>  
<http://www.umweltbundesamt.de/>  
<http://www.bmlfuw.gv.at/>

A

## **B. EINFLUSS DES KONTEXTS AUF GEBÄUDE ÄUSSERE RAHMENBEDINGUNGEN**

<b>B.1. UMWELT</b>	<b>38</b>
<b>B.1.1. KLIMA</b>	<b>38</b>
KLIMAZONEN	38
Polarzone	38
Gemäßigte Zone	39
Subtropen	40
Tropen	40
<b>B.2. STADT</b>	<b>41</b>
<b>B.2.1. STANDORT</b>	<b>41</b>
<b>B.3. NUTZER</b>	<b>43</b>
<b>WEITERFÜHRENDE LITERATUR</b>	<b>45</b>

**B**



**B**

Abb. 06 EINFLUSS DES KONTEXTS AUF GEBÄUDE. ÄUSSERE RAHMENBEDINGUNGEN



## B.1. UMWELT

### B.1.1. KLIMA

Das **Klima** bezeichnet den durchschnittlichen Zustand der Erdatmosphäre über einen Zeitraum von mehreren Jahrzehnten und ist somit vom **Wetter** zu unterscheiden, welches nur eine Momentaufnahme darstellt.

Die räumliche Dimension des Klimas lässt sich in drei Maßstäbe unterteilen: Das **Makroklima** (Großklima) wird durch große geographische Ausdehnung sowie große zeitliche Räume definiert und bezeichnet das globale Klima. Areale, die das gleiche Klima aufweisen, lassen sich zu **Klimazonen (siehe Abb. 07, S. 39)** zusammenfassen. Das **Mesoklima** (Lokalklima) bezeichnet das Landschafts- oder Standortklima, welches durch Berge, Täler, Küsten, Inseln, Waldgebiete oder Städte beeinflusst wird. Auf kleinstem Raum im Bereich der bodennahen Luftschichten erstreckt sich das **Mikroklima** (Kleinklima). Gerade in künstlich geschaffenen Lebensräumen wie Städten wird dieses grundlegend durch Baumaterialien, Bebauungsdichte, Vegetation und Luftströmung beeinflusst. Das Mikroklima wirkt sich besonders auf das Innenraumklima eines Gebäudes bzw. auf die Behaglichkeit seiner Nutzer aus.

Der Breitengrad, die Land-See-Verteilung, die lokalen und überregionalen Windsysteme und die Höhenlage eines Standorts sind **Faktoren**, die ein Klima herbeiführen, bewahren oder ändern. Beschrieben wird das Klima an einem bestimmten Standort durch **Klimaelemente**, welche messbare meteorologische Größen darstellen. Lufttemperatur, Niederschlag, Luftfeuchte, Bewölkung, Wind und Solarstrahlung sind Elemente, die für die **Planung eines Gebäudes** von Relevanz sind <sup>71</sup>.

71 D.2.1. MIKROKLIMATISCHE ANALYSE, S.

68

#### KLIMAZONEN

##### **Polarzone**

Die Polarzonen erstrecken sich in Richtung der Pole und schließen an die gemäßigten Zonen an. Alle Länder der kalten Klimazone, bis auf die Antarktis, sind auf der Nordhalbkugel situiert. Zu dieser Zone zählen Kanada, Alaska, Grönland und Island sowie Teile Skandinaviens, der baltischen Staaten und Russlands.

##### Klimafaktoren

Die Polarzone ist durch **geringe Sonneneinstrahlung** und dadurch **äußerst niedrige Jahresdurchschnittstemperaturen** von 0 bis 6 °C geprägt. Dies führt zu langen Frostperioden von 5 bis 9 Monaten bzw. zu Dauerfrost in den tieferen Bodenschichten. Da es im Sommer beinahe den ganzen Tag hell bzw. im Winter dunkel ist, gibt es in der polaren Zone lediglich kleine tägliche Temperaturunterschiede. Über das gesamte Jahr gesehen treten in kontinentaler Lage (Sibirien) hohe Temperaturdifferenzen auf, wohingegen in Gebieten am Meer (Island, Norwegen) nur mittlere bis niedrige Unterschiede vorherr-

01 Vgl. Hausladen, Gerhard/ Liedl, Petra/ de Saldanha, Mike: Klimagerecht Bauen. Ein Handbuch, Basel 2012, 12.



schen. Die kalte Zone weist eine geringe relative Luftfeuchte, besonders in den Wintermonaten, und geringe Niederschlagsmengen (ca. 250 mm/ a in der Arktisrandzone) auf.

### Gemäßigte Zone

Die gemäßigten Klimazonen schließen nördlich wie südlich an die Subtropen an und umfassen Mittel- und Südeuropa, das südliche Südamerika, die meisten Regionen der USA, das südliche Russland und China, Korea, Japan, Neuseeland, Regionen an der Ost- und Südküste Australiens sowie begrenzte Gebiete im südlichsten Afrika.

### Klimafaktoren

Bedingt durch die geographische Breite, die kontinentale Lage oder die Nähe zu großen Wassermassen herrschen **in einzelnen Gebieten abweichende Klimaverhältnisse**. So unterscheidet sich auch die Sonnenstrahlungsintensität deutlich. In Mitteleuropa herrscht ein hoher Anteil an diffuser Strahlung bei häufiger Bewölkung, während in den Übergangsbereichen zu den Subtropen mehr direkte Strahlung vorliegt. Diese Klimazone weist ein **markantes Jahreszeitklima** mit prägnanten **jährlichen Temperaturunterschieden** auf. Die täglichen Unterschiede fallen mittel bis gering aus. Die gemäßigte Zone weist eine mittlere bis geringe relative Luftfeuchte (in Mitteleuropa ca. 60-80 %) und mittlere Niederschlagsmengen (in Mitteleuropa ca. 800-1000 mm/ a, in den Übergangsbereichen zu den Tropen ca. 300-400 mm/ a) auf.

**B**

➤ D.2.2. BAULICHE  
GRUNDANFORDERUNGEN, S. 71

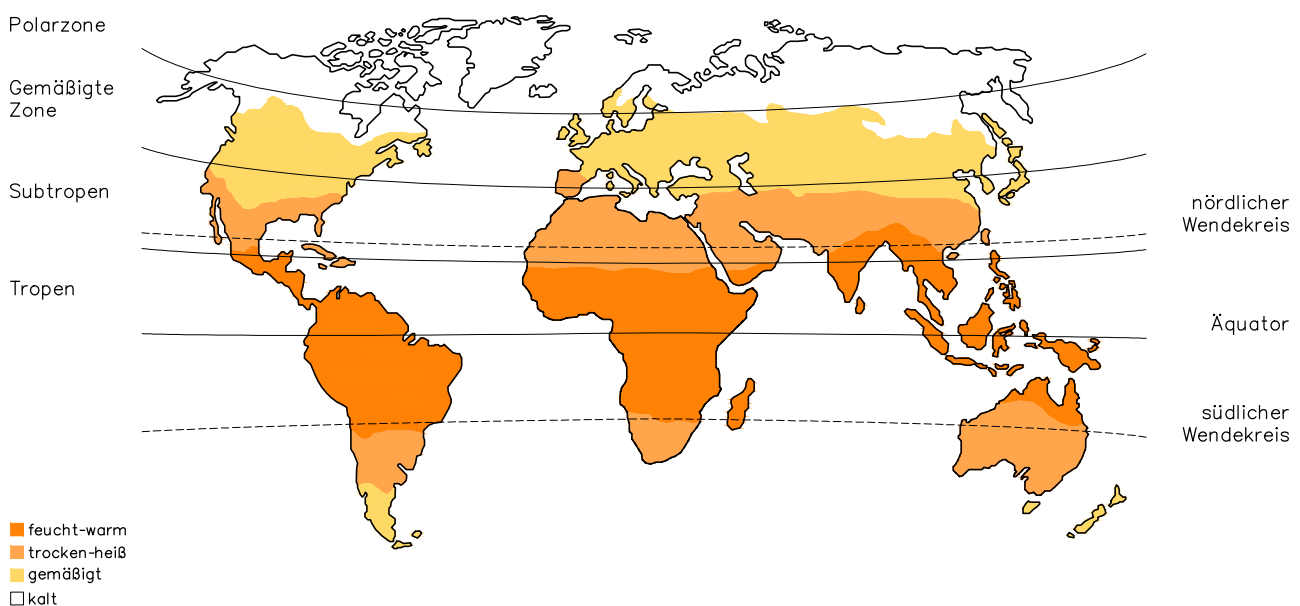


Abb. 07 KLIMAZONEN



### B.1.1. KLIMA

#### **Subtropen**

Die Subtropen bzw. „ariden“ (trocken, wüstenhaft) Klimazonen umfassen sämtliche Wüsten und Halbwüsten sowie die größtenteils trockenen Steppengebiete (semi-aride Regionen). Länder der Sahara, des Nahen und Mittleren Ostens, der Südwesten Afrikas und Südamerikas, die inneren Regionen Australiens, Nordindien, Zentral-China sowie die Trockengebiete Nordmexikos und der südwestlichen USA zählen zu dieser Klimazone.

#### Klimafaktoren

Die Subtropen sind auf Grund der geringen Bewölkungsdichte durch eine **intensive direkte Sonneneinstrahlung** sowie eine **niedrige relative Luftfeuchte** (ca. 10 bis 50%) geprägt. Unter Tag herrschen sehr hohe Lufttemperaturen (Maximaltemperaturen im Jahresdurchschnitt ca. 35 bis 38°C, Extremtemperaturen in kontinentalen Wüstengebieten von über 50°C), während die Temperaturen in der Nacht stark abfallen (Minimaltemperaturen im Jahresdurchschnitt ca. 16 bis 20°C, Einzeltemperaturen bis zur Frostgrenze möglich). Die Niederschlagsmengen fallen in dieser Zone sehr gering aus (durchschnittlich ca. 0 bis 250 mm pro Jahr), jedoch können die selten auftretenden Regenfälle sehr kräftig ausfallen. Vor allem in den Wüstengebieten treten häufig Sand- bzw. Wirbelstürme auf, was auch andersorts zu zeitweise hohen Staubanteilen in der Luft führt.

#### **Tropen**

Die Tropen oder feuchtwarmen Klimazonen sind rund um den Äquator situiert und umfassen das Amazonasgebiet sowie weite Bereiche Süd- und Mittelamerikas, Zentralafrikas und Südostasiens.

#### Klimafaktoren

Diese Klimazone zeichnet sich in erster Linie durch eine **hohe relative Luftfeuchte** (60-100 %), **hohe Niederschlagsmengen** (1200 bis 2000 mm/a, im Extrem bis 5000 mm/a) und **geringere tägliche und jährliche Temperaturunterschiede** aus. Im Jahresdurchschnitt liegen die höchsten Temperaturen am Tag bei 30°C und in der Nacht bei 25°C. In dieser Zone ist es oft sehr bewölkt, was einen hohen Anteil an diffuser Strahlung zur Folge hat. Für gewöhnlich herrscht hier schwacher Wind, bei Regenfällen kann es aber zu Sturmböen und sogar zu tropischen Wirbelstürmen kommen.<sup>02</sup>

02 Vgl. Schütze, Thorsten/ Willkomm, Wolfgang (März 2000): KLIMAGERECHTES BAUEN IN EUROPA. Planungsinstrumente für klimagerechte, energiesparende Gebäudekonzepte in verschiedenen europäischen Klimazonen. <http://www.staedtebauliche-klimafibel.de/pdf/Klimag-B-EU-2000.pdf>, in: <http://www.staedtebauliche-klimafibel.de/> [11.05.2015], 6-24.





## B.2. STADT

### B.2.1. STANDORT

Für eine **standortgerechte Planung** ist zunächst die **Analyse** des **städtetypischen Kontextes** und der damit verbundenen **äußeren Einflüsse** auf das Gebäude erforderlich. Zunächst sind es **Umwelteinflüsse**, wie das **Mikroklima**  $\nearrow$  oder das **Stadtklima**  $\nearrow$ , welche den Entwurf eines Gebäudes entscheidend beeinflussen und mitgestalten. Die **Klimaelemente** Sonne, Wasser, Luft, Erdreich und Vegetation müssen genauestens analysiert werden, um etwaige Gefahren oder Risiken, beispielsweise durch starke Niederschläge oder Wind, aber auch mögliche Potenziale zu erkennen. Das Angebot an **erneuerbaren Energiequellen** stellt eine solche Möglichkeit dar und bildet neben der technischen Infrastruktur die Grundlage zur Entwicklung eines Energiekonzeptes.<sup>01</sup>

$\nearrow$  D.2.1. MIKROKLIMATISCHE ANALYSE, S. 68 bzw. A.2.5. STADTKLIMA, S. 28

Die **Hochschule Luzern** behandelt u.a. diese Thematik in dem Buch **„Das Klima als Entwurfsmittel. Architektur und Energie“**. In der Studie **„Ort“** wird die unterschiedliche geographische (Höhen-)Lage einer Basisvariante (Wohngebäude, Zweispänner mit 8 Wohnungen, 20mx10mx12m) simuliert und auf Veränderungen hinsichtlich des Energiebedarfs untersucht. Der Bedarf für Raumkühlung fällt logischerweise mit zunehmender Seehöhe ab, wohingegen der Raumwärmebedarf grundsätzlich steigt, zumal die Außentemperatur fällt und auch die passiv-solaren Gewinne geringer werden. Da sich der Ort Davos allerdings über der Nebelgrenze befindet (1500m ü.M.), sinkt der Bedarf für Wärme wieder leicht ab, da hier eine bessere Nutzung der Solarstrahlung möglich ist (**siehe Abb. 08, S. 41**).<sup>02</sup>

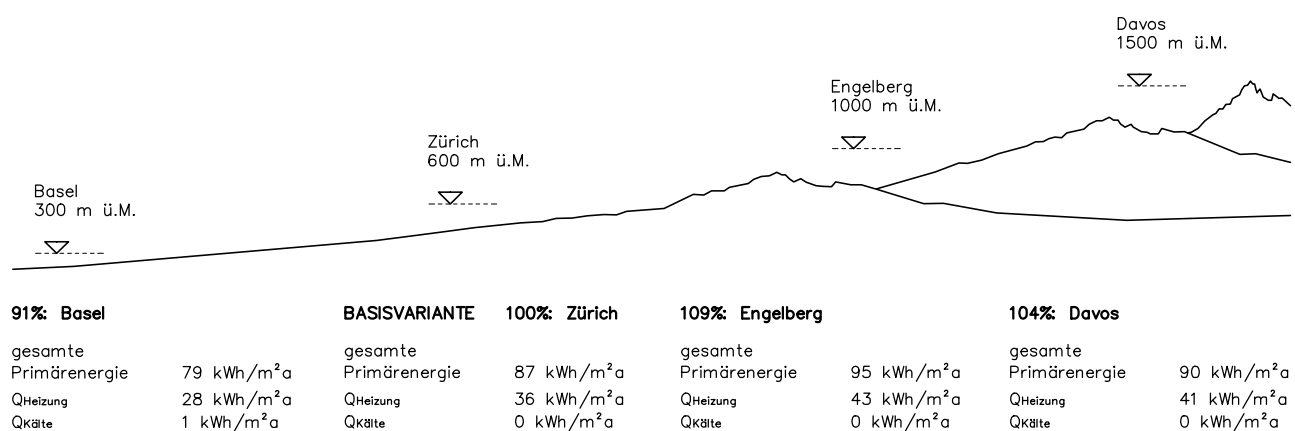


Abb. 08 DAS KLIMA ALS ENTWURFSFAKTOR: ORT

01 Vgl. Drexler, Hans/ El Khouli, Sebastian: Nachhaltige Wohnkonzepte. Entwurfsmethoden und Prozesse, München 2012, 49-52.  
02 Vgl. Unruh, Tina u.a.: Das Klima als Entwurfsmittel. Architektur und Energie, Luzern 2013, 64f.



### B.2.1. STANDORT

➤ A.2.1. URBANISIERUNG, S. 16

Insbesondere in **dicht bebauten Städten** treten häufig **Konflikte zwischen Gebäuden und ihrem Umfeld** auf. Wenngleich hohe Dichte eine Reihe von Vorteilen mit sich bringt, ist sie auch immer mit Nachteilen verbunden <sup>71</sup>. Das erhöhte Verkehrsaufkommen in Städten stellt neben der Belastung durch **Emissionen** häufig auch eine Störung durch **Lärm** dar, auf welche im Entwurf reagiert werden muss. Häufig **fehlen hier Grünflächen und Bepflanzung**, welche das Stadtklima durch Luftfilterung positiv beeinflussen würden. **An-grenzende Bauwerke** können darüber hinaus Teile des Gebäudes **verschatten** und sich sowohl negativ auf die **Raumbelichtung** als auch auf mögliche **solare Gewinne** ausüben, sowie die **Aussicht** behindern. Die Hohe Dichte und die daraus resultierende räumliche Nähe können außerdem zu **ungewollten Einblicken** führen und damit beträchtlich die Privatsphäre stören. Demnach ist bei der Planung speziell auf eine ausreichende und gute Belichtung und Belüftung der Innenräume, abwechslungsreiche Ausblicke sowie genügend Privatsphäre der Nutzer zu achten.

Die **umliegende Bebauungsstruktur** determiniert in vielen Fällen die Abmessungen des Bauplatzes und damit auch Gebäudevolumen bzw. -geometrie des zu entwerfenden Objektes. Daraus ergeben sich die Orientierung, die Gebäudetiefe, Belichtung und Verschattung oder sogar der Grundriss und die Raumaufteilung. Einfache **Simulationen**, wie Besonnungs- und Verschattungsstudien, können dabei ein hilfreiches Mittel für den Entwurf und die Planung darstellen.<sup>03</sup>

B



03 .....  
Vgl. Drexler, Hans/ El Khoulí, Sebastian: Nachhaltige Wohnkonzepte. Entwurfsmethoden und Prozesse, München 2012, 49-52.



### B.3. NUTZER

Der Nutzer, dessen **Verhalten** bzw. **Anforderungen und Wünsche** wirken sich entscheidend auf ein Gebäude aus.

Zuallererst stellt sich die Frage nach dem **WER** und dem **WAS**. Ein Single wird prinzipiell andere Vorstellungen und Anforderungen an eine Wohnung oder ein Haus haben als eine Familie mit Kindern oder Personen im gehobenen Alter. Das **Nutzerprofil** ist dementsprechend zu analysieren, um heraus zu finden, für wen ich denn eigentlich entwerfe bzw. baue. Grundsätzlich sollte ein nachhaltiges Gebäude in seinem Grundriss und seiner Struktur so **flexibel und anpassungsfähig** sein, dass es sich an die Anforderungen und Wünsche unterschiedlicher Personengruppen bzw. an verschiedene Nutzungen anpassen kann ↗.

Eng verbunden mit dem Nutzerprofil und den Wohnwünschen ist logischerweise auch die **Standortwahl**. Wie bereits erläutert ist ein gravierender Unterschied hinsichtlich Energie-, Ressourcen- und Flächenverbrauch erkennbar, je nachdem **WO** und in welchem **Kontext** ein Gebäude errichtet wird ↗. Und schließlich gilt es die Frage danach zu stellen, **WIE** wir leben, also nach dem **Nutzerverhalten**, nach dem **Lebensstil** eines Menschen. Diese Faktoren wirken sich grundlegend auf den **Energieverbrauch** eines Gebäudes aus und können nur durch ein Umdenken und das Anpassen unseres Verhaltens und Lebensstils überwunden werden – **Suffizienz** ist also gefragt ↗.

↗ A.3.3. GRUNDRISS, S. 31 bzw.

D.1. NACHHALTIGES BAUEN/ ZEITLICHE  
PLANUNGSSTRATEGIEN, S. 67

↗ A.2.3. STANDORT ALS RESSOURCE, S.  
25 bzw. A.2.1. URBANISIERUNG, S. 16  
bzw. A.2.2. SUBURBANISIERUNG, S. 20

↗ D.1. NACHHALTIGES BAUEN/ DIE 3  
STRATEGIEN DER NACHHALTIGKEIT, S. 64

B



**B**



## WEITERFÜHRENDE LITERATUR

### INTERNET

Bogensberger, Markus: Enger zusammenleben. Die Zukunft der verdichteten Stadt, in: Archithese (2011) Nr. 3 - Dichte, S. 38-43, Online unter: <http://lamp.tu-graz.ac.at/~gl/wordpress/wp-content/uploads/2011/09/Archithese-3-2011.pdf> [23.01.2015]

Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg (2012): Städtebauliche Klimafibel. Hinweise für die Bauleitplanung, <http://www.staedtebauliche-klimafibel.de/pdf/Klimafibel-2012.pdf>, in: <http://www.staedtebauliche-klimafibel.de/> [22.05.2015]

Österreichische Energieagentur - Austrian Energy Agency (November 2014): Klima und Energie: Wissen kompakt, [http://www.energyagency.at/fileadmin/dam/pdf/projekte/klimapolitik/Klima\\_und\\_Energie\\_Wissen\\_kompakt\\_\\_pdf\\_.pdf](http://www.energyagency.at/fileadmin/dam/pdf/projekte/klimapolitik/Klima_und_Energie_Wissen_kompakt__pdf_.pdf), in: <http://www.energyagency.at/> [02.02.2015]

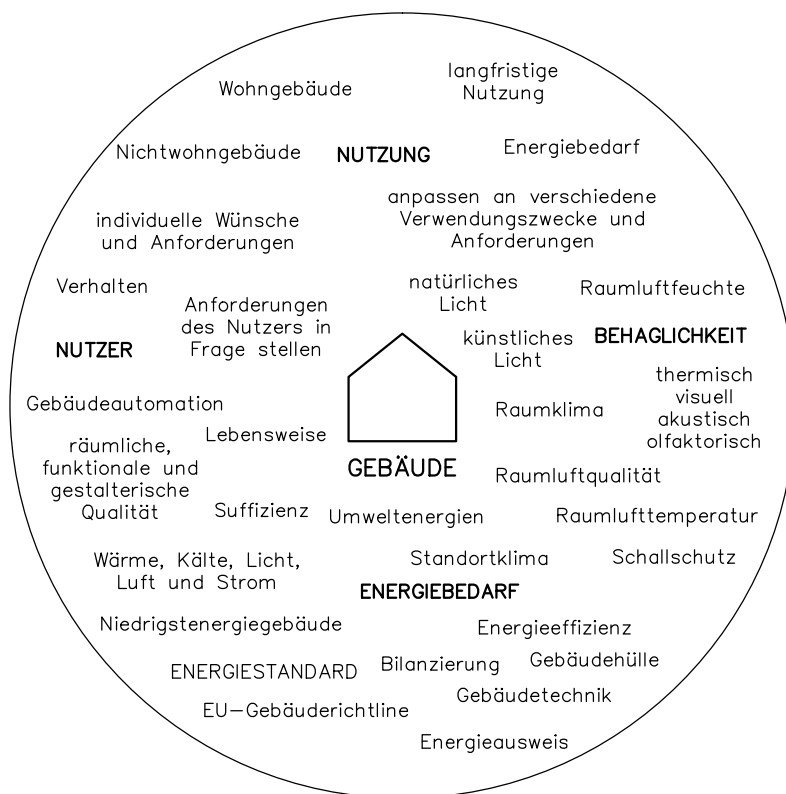
Stadt Zürich Amt für Hochbauten Fachstelle Nachhaltiges Bauen (Juli 2011): Nutzerverhalten beim Wohnen. Analyse, Relevanz und Potenzial von Massnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs (Effizienz und Suffizienz), [http://www.mehralswohnen.ch/fileadmin/download/1107\\_Bericht\\_Nutzerverhalten.pdf](http://www.mehralswohnen.ch/fileadmin/download/1107_Bericht_Nutzerverhalten.pdf), in: <http://www.mehralswohnen.ch/de/home.html> [11.12.2014]

## C. GEBÄUDE INNERE ANFORDERUNGEN

C.1.	NUTZUNG	48
C.2.	NUTZER	49
C.3.	BEHAGLICHKEIT	50
	THERMISCHE BEHAGLICHKEIT	50
	VISUELLE BEHAGLICHKEIT	50
	AKUSTISCHE BEHAGLICHKEIT	51
	OLFAKTORISCHE BEHAGLICHKEIT	52
C.4.	ENERGIEBEDARF	53
C.4.1.	ENERGIESTANDARD	53
	EU-GEBÄUDERICHTLINIE	53
	ÖSTERREICH	54
	Energieausweis	54
	klima:aktiv	54
	DEUTSCHLAND	56
	Energieeinsparverordnung (EnEV)	56
	KfW Effizienzhaus	57
	Passivhaus – PHPP	57
	Effizienzhaus Plus	57
	SCHWEIZ	57
	MINERGIE – Basisstandard (Niedrigenergiebauten)	57
	MINERGIE-P (Niedrigstenergiebauten)	58
	MINERGIE-A (Plusenergiebauten)	58
	MINERGIE-ECO	58
	2000-Watt-Gesellschaft	59
	WEITERFÜHRENDE LITERATUR	61

Die **inneren Anforderungen** eines Gebäudes ergeben sich primär aus seiner **Nutzung**. Für ein Wohngebäude gelten andere Rahmenbedingungen als für ein Nichtwohngebäude, sowohl, was die Anforderungen an Behaglichkeit und Komfort angeht, als auch die räumliche, gestalterische und funktionale Qualität sowie die Grundrissorganisation des Bauwerks betreffend. Einen weiteren entscheidenden Faktor stellen der **Nutzer** und dessen individuelle Bedürfnisse, Anforderungen und Wünsche dar. Wichtigstes Kriterium ist hier gewiss das Sicherstellen von **Behaglichkeit** in allen Räumlichkeiten des Gebäudes. Der Komfort wird andererseits aber auch wesentlich vom **Energiestandard** bzw. von der Effizienz aller technischen Anlagen bestimmt.<sup>01</sup>

01 .....  
Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 103.



C

Abb. 09 GEBÄUDE. INNERE ANFORDERUNGEN



## C.1. NUTZUNG

Die **Nutzungsart** bestimmt grundlegend die **inneren Anforderungen** eines Gebäudes und steckt u.a. den Rahmen für den räumlichen Entwurf, die Grundrissorganisation, das technische Versorgungskonzept, den Energieverbrauch bzw. -bedarf sowie Ansprüche an die Behaglichkeit und das Raumklima ab. Folglich stellt ein **Wohngebäude** völlig andere Ansprüche als ein **Nichtwohngebäude**.

Bei ersteren steht in unserer Klimazone nach wie vor die **Heizenergie** im Vordergrund. Konzepte wie das Passivhaus haben gezeigt, wie sich durch bauliche und konstruktive Maßnahmen ein Großteil der Energie einsparen lässt und führten dazu, dass nun auch andere Verbräuche sowie das Einbeziehen der grauen Energie immer mehr an Bedeutung gewinnen. Insbesondere in Wohngebäuden ist es allerdings vor allem der **Nutzer**, welcher durch seine Ansprüche und individuellen Wünsche die inneren Anforderungen an ein Gebäude maßgeblich bestimmt. Indessen ist es bei Nichtwohngebäuden der **Stromverbrauch**, der den wichtigsten Aspekt darstellt.<sup>01</sup> Die längere und intensivere Nutzung von Räumlichkeiten und Arbeitsgeräten macht häufig eine aufwendige Gebäudetechnik notwendig um ein behagliches Raumklima zu gewährleisten und führt in der Folge zu einem enormen Strombedarf. Darüber hinaus stellen Bauvorschriften und gesetzliche Vorgaben erweiterte Anforderungen, wie etwa einen höheren Luftaustausch oder bessere Beleuchtung, an Nichtwohngebäude.<sup>02</sup>

Unabhängig von der Nutzungsart sollte jedes Bauwerk so geplant werden, dass es sich in seiner Nutzung **an verschiedene Verwendungszwecke und Anforderungen anpassen** lässt und so eine **langfristige Benutzung** gewährleistet wird ↗.

↗ A.3.3. GRUNDRISS, S. 31 bzw.  
D.1. NACHHALTIGES BAUEN/ ZEITLICHE  
PLANUNGSSTRATEGIEN, S. 67

01 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk, vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 106.  
02 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 82.







„Eine Änderung des Nutzerverhaltens kann bis zu 15 Prozent des Energieverbrauchs eines Haushalts einsparen.“<sup>01</sup>

01 Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 106.

## C.2. NUTZER

Unabhängig von der Nutzungsart bestimmt der Nutzer durch seine **Lebensweise** und sein **Verhalten** nicht nur wesentlich den **Energieverbrauch** eines Bauwerks, sondern stellt zudem eine Reihe von **individuellen Wünschen und Anforderungen**, etwa an die **räumliche, funktionale und gestalterische Qualität** sowie an die thermische, visuelle, akustische und olfaktorische **Behaglichkeit** ↗, auf welche beim Planen eines Gebäudes eingegangen bzw. reagiert werden muss.

Insbesondere in Wohngebäuden stellt das **Verhalten** der Nutzer eine entscheidende Größe in Bezug auf den Energieverbrauch dar. In Hinblick auf Heizung, Lüftung, Beleuchtung oder der Verwendung von Trinkwarmwasser können individuelle Komfortansprüche oder Verhaltensmuster der Bewohner somit eine enorme Erhöhung des Verbrauchs zur Folge haben.<sup>02</sup> Hier tut sich die Notwendigkeit auf, die Bedürfnisse und **Anforderungen des Nutzers in Frage zu stellen** und auf **Suffizienz** ↗ hinzuweisen.<sup>03</sup> **Gebäudeautomation** ↗ kann dabei helfen das Nutzerverhalten in die richtigen Bahnen zu lenken, ohne dabei Vorschriften zu machen oder zu entmündigen, und so den Energieverbrauch deutlich zu senken.

↗ C.3. BEHAGLICHKEIT, S. 50

↗ D.1. NACHHALTIGES BAUEN/ DIE 3 STRATEGIEN DER NACHHALTIGKEIT, S. 64

↗ A.3.5. GEBÄUDEAUTOMATION, S. 33



02 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 189.

03 Vgl. Ebda., 60.





„Über Haut, Nase, Ohren und Augen nimmt der Mensch Störungen in Form von Hitze oder Kälte, Gerüchen, Lärm und Blendung wahr. Das Gebäude soll diese Störungen beheben helfen.“<sup>01</sup>

01 Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 103.

### C.3. BEHAGLICHKEIT

**Behaglichkeit** bezeichnet das subjektive Empfinden bzw. Wahrnehmen des Menschen von äußeren Einflüssen. Das Wohlbefinden wird von **physikalischen** (z.B. Raumlufttemperatur, Geräuschpegel, Beleuchtung), **physiologischen** (z.B. Gesundheitszustand, Alter, Geschlecht) sowie **intermediären** (z.B. Kleidung, Tätigkeit) **Faktoren** festgelegt. Die Aufgabe eines jeden Gebäudes, unabhängig von seiner Nutzung, ist es, die Einwirkungen auf den Menschen zu mindern bzw. zu kontrollieren, um für seine Nutzer ein thermisch, akustisch, visuell und olfaktorisch angenehmes **Raumklima** zu schaffen (**siehe Abb. 10, S. 51**).<sup>02</sup>

#### THERMISCHE BEHAGLICHKEIT

„Die DIN 1946-2 definiert, dass thermische Behaglichkeit dann vorherrscht, wenn sich Zufriedenheit in Bezug auf Temperatur, Feuchte und Luftbewegung einstellt und der Mensch weder wärmere noch kältere, weder trockenere noch feuchtere Raumluft wünscht.“<sup>03</sup>

Der thermische Komfort ist essentiell, um ein behagliches Raumklima zu gewährleisten. Ist ein solches nicht vorhanden, beeinträchtigt dies den Nutzer maßgeblich, da bei zu hoher oder niedriger **Raumlufttemperatur** bzw. **Raumluftfeuchte** beispielsweise die Arbeitsleistung oder die geistigen Fähigkeiten rasch abnehmen. Die ideale Raumlufttemperatur liegt zwischen 20 und 22°C bzw. bei maximal 26°C im Sommer. Diese wird als umso behaglicher wahrgenommen, je geringer der Unterschied zwischen Oberflächen- und Lufttemperatur ist. Voraussetzung für optimale thermische Behaglichkeit ist dementsprechend ein guter **baulicher Wärmeschutz** ↗, um im Sommer wie auch im Winter ein komfortables Raumklima zu schaffen. Die Raumluftfeuchte sollte zwischen 35 und 60% liegen, da Werte unter 35% zu vermehrter Staubbildung sowie zur elektrostatischen Aufladung von Bauteilen führen und ab einer relativen Feuchte von 70% eine erhöhte Gefahr von Tauwasser- oder Schimmelpilzbildung besteht.

Als Richtwert für eine als behaglich empfundene **Luftbewegung** gilt eine maximale Luftgeschwindigkeit von 0,15 m/s. Erst ab einer Temperatur von mehr als 23°C wird eine Erhöhung der Luftbewegung als komfortabel erlebt. Entscheidend für das Sicherstellen von thermischer Behaglichkeit ist neben der Art der Lüftung (natürlich oder mechanisch) ↗ auch die Möglichkeit, das Raumklima **selbstständig beeinflussen bzw. steuern** ↗ zu können, etwa durch öffnenbare Fenster.<sup>04</sup>

#### VISUELLE BEHAGLICHKEIT

Die visuelle Behaglichkeit in Räumen wird in erster Linie durch die Beleuchtung bestimmt. Die Versorgung mit ausreichend **natürlichem** aber auch **künstlichem Licht** ist

02 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 55.

03 Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 104.

04 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 56-58.



↗ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ WÄRME  
erhalten und passiv gewinnen, S. 84

↗ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/  
natürliche Lüftung, S. 96 bzw.

D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/ maschinelle  
Lüftung, S. 107

↗ A.3.5. GEBÄUDEAUTOMATION, S. 33



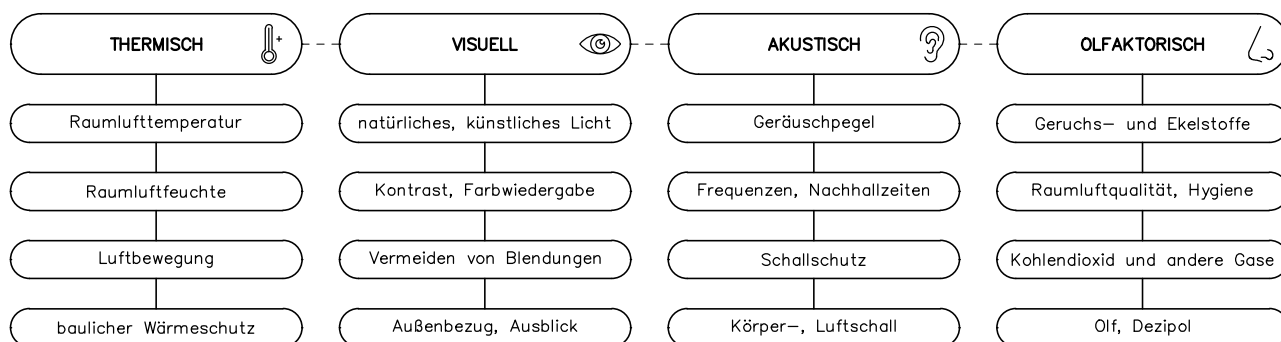


Abb. 10 BEHAGLICHKEIT

entscheidend für das Wohlbefinden, die Orientierung, die Leistungsfähigkeit sowie für die psychische und physische Gesundheit des Menschen <sup>05</sup>. Wichtige Kriterien für das Sicherstellen von visueller Behaglichkeit sind die Beleuchtungsstärke, eine gleichmäßige Verteilung des Lichts, das Vermeiden von Blendungen, die Farbwiedergabe des Lichtes sowie Außenbezüge und Ausblicke.<sup>06</sup>

Dem **Thema Licht und Beleuchtung** ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen, da dieses neben der Behaglichkeit des Nutzers auch wesentlich den **Energieverbrauch** eines Gebäudes mitbestimmt <sup>7</sup>.

<sup>7</sup> D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ natürliche Belichtung, S. 95 bzw.

D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/ künstliche Beleuchtung, S. 106

<sup>7</sup> D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ STROM, S. 97

### AKUSTISCHE BEHAGLICHKEIT

Um akustischen Komfort sicherzustellen, ist zum einen der **interne Schallschutz** und zum anderen der Schutz vor **äußeren Schalleinwirkungen** zu gewährleisten. Um die Nutzer eines Bauwerks vor Schallübertragungen im Gebäude zu schützen und damit ihre Privatsphäre zu gewährleisten, sind **konstruktive und bauliche Maßnahmen**, im Speziellen von Decken und Wänden, entscheidend, welche den Körperschall (Schwingungsübertragungen von Festkörpern) möglichst eindämmen. Ähnliches gilt ebenso für Schall, der von außen auf ein Gebäude einwirkt. Von Bedeutung ist hier die **Konstruktionsweise** <sup>7</sup> (Leicht-, Massivbau) bzw. die verwendeten Baumaterialien sowie die Schalldämmeigenschaften aller verwendeten Bauteile (z.B. Fenster). Weitere Faktoren, die die akustische Behaglichkeit beeinflussen, sind die Größe und Form eines Raumes sowie die Oberflächenbeschaffenheit von verwendeten Materialien und von Möbelstücken. Ein hohes Verkehrsaufkommen kann etwa durch die Übertragung von **Körper- wie auch Luftschall** (Schwingungsübertragungen der Umgebungsluft) zu einer gehörigen Lärmbelastung führen, welche dem Nutzer Schlaf und Erholung raubt sowie die Produktivität senkt, sollte keine angemessene Schalldämmung vorhanden sein.<sup>07</sup>

<sup>7</sup> D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ Konstruktionsweise, S. 88

<sup>05</sup> Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 58f.

<sup>06</sup> Vgl. Bleicher, Volkmar (Februar 2007): „Raumbehaglichkeit: Architektur, Wärme und Licht“, [http://www.keimfarben.de/fileadmin/pdf/vortrage\\_bauexpertentagung/bleicher.pdf](http://www.keimfarben.de/fileadmin/pdf/vortrage_bauexpertentagung/bleicher.pdf), in: <http://www.transsolar.com> [11.06.2015], 19f.

<sup>07</sup> Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 59.





### C.3. BEHAGLICHKEIT

#### OLFAKTORISCHE BEHAGLICHKEIT

Diese wird definiert als: „[...] ein Ausdruck, der Zufriedenheit mit seiner olfaktorischen Umgebung darstellt, die durch positive stimulierende olfaktorischen Substanzen in der Raumluft geschaffen werden.“<sup>08</sup>

**Gerüche**, ob positiv oder negativ wahrgenommen, beeinflussen den Nutzer maßgeblich und bestimmen dessen Gefühlsleben, Emotionen und Erinnerungen sowie das Verhalten des Menschen. Neben der thermischen Behaglichkeit stellt der olfaktorische Komfort die entscheidende Größe für die Beurteilung der **Raumluftqualität**  $\nearrow$  dar.<sup>09</sup> Um **behagliche und hygienische Luftbedingungen** herzustellen, sind eine ausreichende Frischluftzufuhr sowie die Abfuhr von CO<sub>2</sub>, Feuchtigkeit und Schad- und Geruchsstoffen unabdingbar. Die Maßeinheit „Olf“ gibt dabei die Stärke einer Geruchsquelle an, während „Dezipol“ die Luftqualität beschreibt.<sup>10</sup>

$\nearrow$  D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/  
natürliche Lüftung, S. 96 bzw.

D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/ maschinelle  
Lüftung, S. 107



.....  
08 von Kempfski, Diotima (Februar 2003): Olfaktorische Behaglichkeit – ein neuer Ansatz für die empfundene Raumluftqualität, [http://www.dvk.net/pdf/KI\\_0203\\_Olfactorische\\_Behaglichkeit.pdf](http://www.dvk.net/pdf/KI_0203_Olfactorische_Behaglichkeit.pdf), in: <http://www.dvk.net/> [11.06.2015], 5.  
09 Vgl. Ebda., 4f.  
10 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 60.





„Seit Jahrhunderten bauen Menschen Bauwerke zum Schutz vor Witterung und Gefahren. Aber erst seit jüngster Vergangenheit wird der Energieverbrauch der Gebäude zur Gewährleistung der Behaglichkeit des Innenraums betrachtet und in Zahlen ausgedrückt.“<sup>01</sup>

01 Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 74.

## C.4. ENERGIEBEDARF

Der Energiebedarf eines Gebäudes leitet sich aus den **äußeren Rahmenbedingungen** sowie den **inneren Anforderungen** ab. Die bestimmenden Faktoren stellen neben dem **Standortklima** und dem Angebot an **Umweltenergien** die Baukörperentwicklung, die Ausformung der **Gebäudehülle**, die eingesetzte **Gebäudetechnik** und grundsätzlich der angestrebte **Energiestandard** des Gebäudes sowie individuelle Ansprüche an die **Behaglichkeit** und das **Verhalten** des Nutzers dar. Eine hohe **Energieeffizienz** des Gebäudes senkt logischerweise nicht nur den Verbrauch, sondern erhöht überdies den Komfort für seine Bewohner. Umso wichtiger für eine nachhaltige und energieeffiziente Architektur ist es deshalb, das Bauwerk inklusive seiner Benutzer als **Gesamtsystem** zu betrachten bzw. zu bilanzieren. Prinzipiell sind es die Themen **Wärme, Kälte, Licht, Luft und Strom**, die den Energiebedarf bestimmen und zugleich hohe **Einsparpotenziale** darstellen.<sup>02</sup>

02 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 60f.



### C.4.1. ENERGIESTANDARD

In den letzten Jahrzehnten konnten unglaubliche Fortschritte bezüglich der **Energieeffizienz** ↗ und in der Folge auch eine enorme Steigerung des **Komforts** ↗, erzielt werden – ohne das Entwickeln und stetige Optimieren von **Gebäude-Energiestandards** wäre dies wohl nicht möglich gewesen. Darum soll im Folgenden ein kurzer Überblick über die gängigsten Standards in Österreich, Deutschland und der Schweiz gegeben werden.

↗ D.1.1. ENERGIEEFFIZIENTES BAUEN, S. 67  
↗ C.3. BEHAGLICHKEIT, S. 50

#### EU-GEBÄUDERICHTLINIE

Mit der Richtlinie über die **Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden** (Directive on Energy Performance of Buildings, EPBD), erließ die **EU** 2010 ein verpflichtendes Gesetz für alle Mitgliedsstaaten, mit dem Ziel

„[...] bis 2020 die Gesamttreibhausgasemissionen gegenüber den Werten von 1990 um mindestens 20 % bzw. im Fall des Zustandekommens eines internationalen Übereinkommens um 30 % zu senken [...]“<sup>01</sup>

Entscheidend dafür, seien sowohl die Verringerung des Energieverbrauchs, wie auch die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energiequellen.<sup>02</sup>

Im Wesentlichen fordert die Richtlinie also die Verbesserung der **Gesamtenergieeffizienz** aller Gebäude in der Europäischen Union. Aus diesem Grund, stellt die Richtlinie Anforderungen in Bezug auf eine **gemeinsame Methode zur Berechnung** der Gesamtener-

01 Rat der Europäischen Union (April 2010): RICHTLINIE DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, <http://www.energyagency.at/fileadmin/dam/pdf/verbraucherinfos/EU-Richtlinie2010.pdf>, in: <http://www.energyagency.at/> [03.02.2015], 2.

02 Vgl. Ebda.





### C.4.1. ENERGIESTANDARD

gieeffizienz, die Anwendung von **Mindestanforderungen** an die Gesamtenergieeffizienz neuer Gebäude, die Erhöhung der Zahl der **Niedrigstenergiegebäude**, die Erstellung von Energieausweisen, die regelmäßige Inspektionen von Heizungs- und Klimaanlage und auf unabhängige Kontrollsysteme für Ausweise über die Gesamtenergieeffizienz. Niedrigstenergiegebäude werden in der Richtlinie als Gebäude beschrieben, die eine sehr hohe Gesamtenergieeffizienz aufweisen. Der Energiebedarf sollte bei fast null liegen oder sehr gering sein und zu einem wesentlichen Teil aus erneuerbaren Energiequellen gedeckt sein.<sup>03</sup> Genauere Kennwerte zur Energieeffizienz werden allerdings nicht angegeben. Die exakte Definition dieser obliegt den einzelnen Mitgliedsstaaten. Ab 2020 müssen neue Gebäude als Niedrigstenergiegebäude ausgeführt werden, im öffentlichen Sektor bereits ab 2018.<sup>04</sup>



### ÖSTERREICH

#### Energieausweis

In Österreich sind die Energiestandards durch den Energieausweis geregelt, der eben diesen Vorgaben der EU-Gebäuderichtlinie entspricht. Basis für den Energieausweis ist die **OIB-Richtlinie 6 „Energieeinsparung und Wärmeschutz“**. Diese beinhaltet u.a. Mindeststandards für die Gesamtenergieeffizienz sowie das Muster des Energieausweises. Das Berechnungsverfahren für die Ermittlung des Endenergiebedarfes findet sich u.a. in der **ÖNORM H 5055: Energieausweis für Gebäude**. Prinzipiell benötigt man bei Neubau, Zu- und Umbau, sowie Sanierungen einen Energieausweis. Mit dem **Energieausweis-Vorlage-Gesetz (EAVG)** besteht außerdem die Vorlagepflicht des Energieausweises beim Verkauf bzw. der Vermietung oder Verpachtung eines Gebäudes. Im Energieausweis müssen der Heizwärmebedarf eines Gebäudes und der Vergleich zu Referenzwerten, der Heiztechnik-Energiebedarf, der Endenergiebedarf und Empfehlung von Maßnahmen zur Reduktion des Endenergiebedarfs enthalten sein. Außerdem müssen für Nicht-Wohngebäude der Kühlbedarf des Gebäudes und der Energiebedarf der haustechnischen Anlagen inkludiert sein (**siehe Abb. 10, S. 55**). Die Energieeffizienz eines Gebäudes wird durch **Effizienzklassen** von A++ (Passivhaus) bis G (altes, unsaniertes Gebäude) in Form eines Treppenlabels dargestellt.<sup>05</sup>

#### klima:aktiv

Neben dem verpflichtenden Energieausweis gibt es in Österreich, mit dem klima:aktiv Gebäudestandard des Lebensministeriums für aktiven Klimaschutz, ein weiteres Bewertungssystem, welches **über die reine Evaluierung der Gesamtenergieeffizienz hinaus**

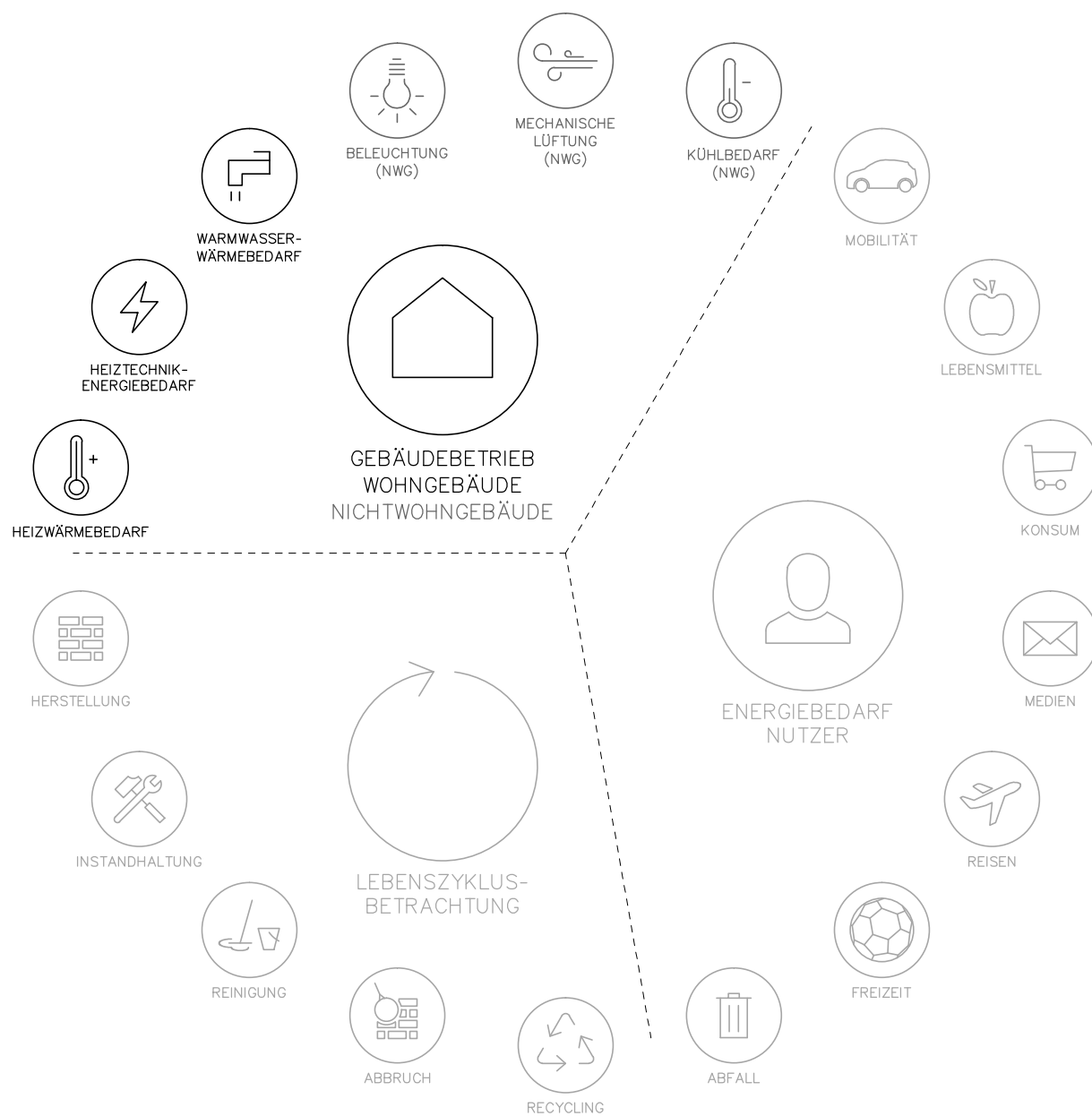
03 Vgl. Rat der Europäischen Union (April 2010): RICHTLINIE DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, <http://www.energyagency.at/fileadmin/dam/pdf/verbraucherinfos/EU-Richtlinie2010.pdf>, in <http://www.energyagency.at/> [03.02.2015], 18 f.

04 Vgl. Ebda., 33.

05 Vgl. austrian energy agency ( ): Der Energieausweis, [http://www.energyagency.at/fileadmin/dam/pdf/projekte/gebaeude/FAQ-Energieausweis\\_neu.pdf](http://www.energyagency.at/fileadmin/dam/pdf/projekte/gebaeude/FAQ-Energieausweis_neu.pdf), in <http://www.energyagency.at/> [03.02.2015], 1-7.



# BILANZRAUM ENERGIEAUSWEIS ÖSTERREICH ERWEITERTER BILANZRAUM



C

Abb. 11 BILANZRAUM ENERGIEAUSWEIS ÖSTERREICH



#### C.4.1. ENERGIESTANDARD

geht. Hier werden zusätzlich die Planung und Ausführung, Baustoffe und Konstruktion sowie der Komfort und die Raumluftqualität bewertet. Den Standard gibt es für Wohngebäude bzw. für verschiedene Dienstleistungsgebäude, jeweils für Neubau und Sanierung. Die Bewertung erfolgt nach einem **1000-Punkte-System** und der Vergabe des Bronze- (erfüllen aller Muss-Kriterien), Silber- (erfüllen aller Muss-Kriterien, mindestens 750 Punkte) oder Gold-Labels (erfüllen aller Muss-Kriterien, mindestens 900 Punkte). Der rechnerische Nachweis über die Energieeffizienz kann entweder nach **OIB-Richtlinie 6** oder über das **Passivhaus-Projektierungspaket**, welches auf den PHPP-Standard des Passivhausinstituts Darmstadt aufbaut, erfolgen. Die Werte des Heizwärmebedarfs lassen sich allerdings nur schlecht miteinander vergleichen, da für die Berechnung andere Flächenangaben verwendet werden.<sup>06</sup>



#### DEUTSCHLAND

##### Energieeinsparverordnung (EnEV)

Im Jahr 2002 ersetzte die Energiesparverordnung die Wärmeschutzverordnung und die Heizanlagenverordnung und schuf so den ersten Schritt zur **Betrachtung des Gebäudes als Gesamtsystem**.<sup>07</sup>

Die EnEV setzt die Vorgaben der **EU-Gebäuderichtlinie** um, welche vorgibt, dass ab 2021 alle Gebäude Niedrigstenergiegebäude sein müssen. Für öffentliche Gebäude gilt dies bereits ab 2019. Ziel der Verordnung ist die Gesamtbilanzierung von Gebäuden, für die energetische Mindestanforderungen, für Wohn- und Nichtwohngebäude, sowohl für Neu- als auch für Altbauten, definiert sind. Bilanziert werden der Wärmeschutz der Außenhülle und die Anlagentechnik. Außerdem werden Anforderungen an die Luftdichtheit der Außenhülle und den Mindestluftwechsel im Wohnhaus gestellt. Als Maßstab für die Energieeffizienz sind prinzipiell der Jahresprimärenergiebedarf und der Transmissionswärmeverlust nachzuweisen. Der jährliche Primärenergiebedarf darf einen Höchstwert, der anhand eines Referenzhauses berechnet wird, nicht überschreiten.

In Deutschland benötigt man bei Neubau, Modernisierung, Verkauf oder Neuvermietung einen **Energieausweis**. Dieser kann auf Grundlage des berechneten Energiebedarfs oder des erfassten Energieverbrauchs erstellt werden und enthält neben der Auskunft über den energetischen Zustand des Gebäudes, Empfehlungen für die Verbesserung der Energieeffizienz. Des Weiteren besteht die Pflicht diesen auszuhängen.<sup>08</sup> Die Energieeffizienz eines Gebäudes erfolgt durch die Einteilung in **Effizienzklassen** von A+ bis H.<sup>09</sup>

06 Vgl. klima:aktiv (Juli 2013): klima:aktiv Gebäudestandard. Kriterienkatalog für Neubau und Sanierung von Wohnbauten, [http://www.klimaaktiv.at/dms/klimaaktiv/publikationen/bauen\\_sanieren/gebäudestandard/klimaaktiv\\_20Gebäudestandard\\_2011-1-/Klimaaktiv\\_Kriterienkatalog\\_2013web.pdf?1=1](http://www.klimaaktiv.at/dms/klimaaktiv/publikationen/bauen_sanieren/gebäudestandard/klimaaktiv_20Gebäudestandard_2011-1-/Klimaaktiv_Kriterienkatalog_2013web.pdf?1=1), in: <http://www.klimaaktiv.at/> [02.12.2014], 1-38.

07 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 75.

08 Vgl. Tuschinski, Melita (Februar 2015): Neue EnEV 2014. Kurzinfo für die Praxis, [http://service.enev-online.de/bestellen/EnEV\\_2014\\_Neue\\_Energieeinsparverordnung\\_Kurzinfo\\_Praxis.pdf](http://service.enev-online.de/bestellen/EnEV_2014_Neue_Energieeinsparverordnung_Kurzinfo_Praxis.pdf), in: <http://service.enev-online.de/> [05.02.2015], 8-75.

09 Vgl. EnEV 2014 (Oktober 2013): Energieeinsparverordnung. Nichtamtliche Lesefassung, <http://www.enev-2014.info/enev-nicht-amtliche-fassung-16-10-13-aenderungen.pdf>, in: <http://www.enev-2014.info/> [09.12.2014], 86.







### **KfW Effizienzhaus**

Das Effizienzhaus wurde von der **Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)**, dem **BMVBS** (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) und der **dena** (Deutsche Energie-Agentur) entwickelt. Den KfW Effizienzhaus-Standard gibt es sowohl für Sanierung als auch für Neubau. Das Programm „Energieeffizient Sanieren“ umfasst die Standards 115 und 100 bzw. 85, 70 und 55. Die Standards 85, 70, 55 und 40 fallen unter das Programm „Energieeffizient Bauen“. Die Zahlen drücken den prozentuellen Anteil des Jahresprimärenergiebedarfs in Bezug auf ein Referenzgebäude, das den Mindestanforderungen eines Neubaus nach der EnEV entspricht, aus. Die KfW gibt zinsgünstige Kredite, unter anderem für private Bauherren, die umso höher ausfallen je besser der Energiestandard eines Gebäudes ist. Der rechnerische Nachweis über die Energieeffizienz muss allerdings gemäß der Bilanzierung der EnEV erfolgen.

### **Passivhaus – PHPP**

Das **Passivhaus Institut Darmstadt** entwickelte das Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP), welches nach den gleichen Kriterien wie das Effizienzhaus 55 oder 40 der KfW bewertet bzw. gefördert wird. Zudem ist ein vereinfachter Nachweis nach der EnEV erforderlich. Der Bilanzraum umfasst neben der Heizung, der Kühlung und der Hilfsenergie auch die Trinkwarmwasserbereitung, die Beleuchtung sowie Haushaltsgeräte und geht somit über das gesetzlich vorgegebene Maß hinaus. Laut PHPP dürfen der Jahresheizwärmebedarf 15 kWh/m<sup>2</sup> und der Jahresprimärenergiebedarf 120 kWh/m<sup>2</sup> nicht überschreiten.

### **Effizienzhaus Plus**

Das Effizienzhaus Plus wurde 2011 vom BMVBS als **erster Plusenergie-Standard** im deutschsprachigen Raum eingeführt. Allerdings ist dieser Standard **keine gesetzliche Vorgabe**, sondern vielmehr ein Modellvorhaben. Die Bilanzierung **erweitert den EnEV Nachweis**, indem auch Beleuchtung und Haushaltsgeräte in die Berechnung mit einbezogen werden. Des Weiteren können alle Energiemengen, die durch erneuerbare Quellen am Grundstück erzeugt werden, in die Bilanz eingerechnet werden. Das erzeugte Plus an Energie wird ins Netz eingespeist und kann schließlich in der Jahresbilanz abgezogen werden. Um den Effizienzhaus Plus-Standard zu erreichen muss das Ergebnis dementsprechend einen negativen Jahresprimärenergiebedarf bzw. Jahresendenergiebedarf aufweisen. Außerdem fordert der Standard die Verwendung hocheffizienter Geräte (A++ oder besser) und den Einsatz intelligenter Zähler.<sup>10</sup>

## **SCHWEIZ**

### **MINERGIE – Basisstandard (Niedrigenergiebauten)**

Dieser **freiwillige Baustandard** fördert die Nutzung erneuerbarer Energien und will dazu beitragen, die Lebensqualität zu verbessern, die Konkurrenzfähigkeit zu sichern und die Umweltbelastung zu senken. Abhängig von der Gebäudenutzung sind verschiedene

10

Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 85-91.





#### C.4.1. ENERGIESTANDARD

**Energiekennzahlen** vorgeschrieben. Ein Wohnhaus darf einen Wert von 38 kWh/m<sup>2</sup>a nicht überschreiten, Betrachtungsebene ist hierbei die Endenergie. Der Heizwärmebedarf darf nicht mehr als 90 Prozent des Neubau-Grenzwertes des SIA (Schweizer Ingenieur- und Architektenverein) betragen. Des Weiteren empfiehlt der Basisstandard die Nutzung erneuerbarer Energien, stellt Anforderungen an eine gute Luftdichtheit und eine Komfortlüftung und bemisst die Wärmedämmung mit 20 bis 25 cm. Die Einberechnung der grauen Energie und des Wärmeleistungsbedarfs sind hier nicht erforderlich. Von oberster Bedeutung für den Minergie-Standard ist die Betrachtung des **Gebäudes als integrales System**, also die Gebäudehülle inklusive der Haustechnik.<sup>11</sup>

##### **MINERGIE-P (Niedrigstenergiebauten)**

Dieser Standard strebt ein weiter optimiertes Gebäudekonzept an, welches einen **niedrigeren Energieverbrauch als der Basisstandard** aufweist.

Minergie-P gibt dafür eine Energiekennzahl von 30 kWh/m<sup>2</sup>a und einen Heizwärmebedarf von 40% des Grenzwertes nach SIA an. Erforderlich sind hier der Einsatz erneuerbarer Energien, die Verwendung hocheffizienter Haushaltsgeräte, eine Komfortlüftung und ein maximaler Wärmeleistungsbedarf von 10 W/m<sup>2</sup> bei Luftheizung. Außerdem muss die Luftdichtheit geprüft sein und die Wärmedämmung zwischen 20 bis 35 cm Dicke aufweisen. Keine Anforderungen werden an die Berechnung der grauen Energie gestellt.<sup>12</sup>

##### **MINERGIE-A (Plusenergiebauten)**

Als **Reaktion auf die EU-Gebäuderichtlinie** und der Vorgabe des Niedrigstenergiegebäudes ab 2021, wurde mit Minergie-A ein Standard geschaffen, der durch die vollständige Deckung des Restbedarfs durch erneuerbare Energien noch einen Schritt weiter geht. Bei diesem Standard steht, im Gegensatz zu Minergie-P, die Energiekennzahl im Fokus – diese muss kleiner/ gleich 0 kWh/m<sup>2</sup>a betragen. Der Heizwärmebedarf muss mindestens dem Basisstandard, also 90 % des Grenzwertes der SIA, entsprechen. Weitere Anforderungen sind die geprüfte Luftdichtheit, hocheffiziente Haushaltsgeräte, eine Komfortlüftung und eine Dämmstärke zwischen 20 und 35 cm. Eine zusätzliche Vorgabe dieses Standards ist die Berechnung der **grauen Energie**. Der vorgegebene Maximalwert liegt bei 50 kWh/m<sup>2</sup>a.<sup>13</sup>

##### **MINERGIE-ECO**

Mit Minergie-Eco wurde kein eigener Standard, sondern lediglich eine **Ergänzung** der Minergie-Standards geschaffen. Ziel ist es, ein **gesundes und behagliches Wohnumfeld** zu schaffen und **Umwelteinflüsse** durch Gebäude zu **reduzieren**. Dazu wird unter dem Aspekt Gesundheit das Tageslicht, der Schall-

11 Vgl. MINERGIE (August 2015): MINERGIE, [http://www.minergie.ch/standard\\_minergie.html](http://www.minergie.ch/standard_minergie.html), in: <http://www.minergie.ch/> [14.8.2015]

12 Vgl. MINERGIE (August 2015): MINERGIE –P, [http://www.minergie.ch/standard\\_minergie\\_p.html](http://www.minergie.ch/standard_minergie_p.html), in: <http://www.minergie.ch/> [14.8.2015]

13 Vgl. MINERGIE (August 2015): MINERGIE –A, <http://www.minergie.ch/minergie-aa-eco.html>, in: <http://www.minergie.ch/> [14.8.2015]



schutz und das Innenraumklima und aus bauökologischer Sicht das Gebäudekonzept, die Materialien und Bauprozesse und die graue Energie bewertet. Die Minergie-Standards lassen sich miteinander kombinieren. So kann beispielsweise der P-Standard mit einer zusätzlichen Solaranlage den A-Standard erreichen.<sup>14</sup>

### **2000-Watt-Gesellschaft**

Das Modell der 2000-Watt-Gesellschaft bezeichnet **keinen Energiestandard**, sondern vielmehr ein **Konzept**, welches eine **nachhaltige und gerechte Gesellschaft** anstrebt, in der jeder Mensch das Anrecht auf gleich viel Energie hat. Ziel ist es, dass **weltweit jeder Person 2000 Watt Dauerleistung** (Stufe Primärenergie) **und 1 Tonne CO<sub>2</sub> pro Jahr** zur Verfügung stehen. Um dieses ambitionierte Ziel zu erreichen bedarf es allerdings eines grundlegenden **Wandels des Lebensstils und des Nutzerverhaltens**.<sup>15</sup>

- D.1. NACHHALTIGES BAUEN/ DIE 3 STRATEGIEN DER NACHHALTIGKEIT, S. 64
- C.2. NUTZER, S. 49

C

14 .....  
Vgl. MINERGIE (August 2015): MINERGIE –ECO, <http://www.minergie.ch/minergie-eco.html>, in: <http://www.minergie.ch/> [14.8.2015]

15 Vgl. 2000-Watt-Gesellschaft ( ): Die 2000-Watt-Gesellschaft als „Weltformel“, <http://www.2000watt.ch/die-2000-watt-gesellschaft/>, in: <http://www.2000watt.ch/> [14.8.2015]



**C**



## WEITERFÜHRENDE LITERATUR

### INTERNET

Bundesamt für Energie BFE (März 2005): Internationaler Vergleich von Energiestandards im Baubereich, <http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/2690.pdf>, in: <https://www.admin.ch/gov/de/start.html> [02.12.2014]

Stadt Zürich Amt für Hochbauten Fachstelle Nachhaltiges Bauen (Juli 2011): Nutzerverhalten beim Wohnen. Analyse, Relevanz und Potenzial von Massnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs (Effizienz und Suffizienz), [http://www.mehralswohnen.ch/fileadmin/download/1107\\_Bericht\\_Nutzerverhalten.pdf](http://www.mehralswohnen.ch/fileadmin/download/1107_Bericht_Nutzerverhalten.pdf), in: <http://www.mehralswohnen.ch/de/home.html> [11.12.2014]

<http://www.usgbc.org/leed>  
<http://www.breeam.at/index.php>  
<http://www.2000watt.ch/>  
<http://www.wirleben2000watt.com/wir-leben-2000-watt/>  
<http://www.activehouse.info/>  
<http://www.enev-online.de/index.htm>  
<http://www.passiv.de/index.php>  
<http://www.plusenergiehaus.de/>  
<http://www.energie-bau.at/>  
<http://www.energiesparhaus.at/>

## **D. GEBÄUDE KONZEPTE & PLANUNGSSTRATEGIEN**

<b>D.1. NACHHALTIGES BAUEN</b>	<b>64</b>
KONTEXTUELLES BAUEN	64
DIE 3 STRATEGIEN DER NACHHALTIGKEIT	64
ZEITLICHE PLANUNGSSTRATEGIEN	67
<b>D.1.1. ENERGIEEFFIZIENTES BAUEN</b>	<b>67</b>
<b>D.2. KLIMAGERECHTES BAUEN</b>	<b>68</b>
<b>D.2.1. MIKROKLIMATISCHE ANALYSE</b>	<b>68</b>
KLIMAELEMENTE	68
Sonne	68
Wasser	68
Luft	70
Erdreich	70
Vegetation	70
<b>D.2.2. BAULICHE GRUNDANFORDERUNGEN</b>	<b>71</b>
POLARZONE	71
GEMÄSSIGTE ZONE	71
SUBTROPEN	71
TROPEN	72
<b>D.3. LOWTECH   HIGHTECH</b>	<b>74</b>
<b>D.4. PASSIV   AKTIV</b>	<b>78</b>
<b>D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN</b>	<b>80</b>
<b>ENERGIE ERHALTEN UND PASSIV GEWINNEN</b>	
GEBÄUDEHÜLLE	82
WÄRME ERHALTEN UND PASSIV GEWINNEN	84
Kompaktheit – A/V-Verhältnis	84
Wärmedämmung opaker Bauteile	86
Wärmedämmung transparenter Bauteile	86
Konstruktionsweise	88
passive Nutzung der Solarstrahlung	90
solare Pufferzonen	92
Zonierung	92
<b>KÄLTE: ÜBERHITZUNG VERMEIDEN, PASSIV KÜHLEN</b>	<b>94</b>
Sonnenschutz	94
passive Kühlung	94
<b>LICHT</b>	<b>95</b>
natürliche Belichtung	95
<b>LUFT</b>	<b>96</b>
natürliche Lüftung	96
<b>STROM</b>	<b>97</b>
<b>D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN</b>	<b>98</b>
<b>ENERGIE AKTIV GEWINNEN UND EFFIZIENT NUTZEN</b>	

<b>GEBÄUDETECHNIK</b>	<b>98</b>
<b>ERNEUERBARE ENERGIEN</b>	<b>100</b>
<b>WÄRME AKTIV GEWINNEN</b>	<b>102</b>
Solarthermie	102
Luftkollektor	102
Biomasse	102
oberflächennahe Geothermie	103
Tiefen-Geothermie	104
Wasser	104
Wärmespeicher	104
<b>KÄLTE ABFÜHREN, AKTIV KÜHLEN</b>	<b>105</b>
Natürliche Wärmesenken	105
Elektrische Kälteerzeugung	106
Thermische Kälteerzeugung	106
Kältespeicher	106
<b>LICHT</b>	<b>106</b>
künstliche Beleuchtung	106
<b>LUFT</b>	<b>107</b>
maschinelle Lüftung	107
<b>STROM</b>	<b>108</b>
Photovoltaik	108
Wind	109
Kraft-Wärme-Kopplung	109
Stromspeicher	110

## **WEITERFÜHRENDE LITERATUR** **111**

Zu Beginn sei angemerkt, dass es so etwas wie eine **Standardlösung nicht gibt**. Jeder Entwurf stellt eine **kontextuelle Lösung** dar, für welche spezifische Planungsstrategien aus den **äußeren Rahmenbedingungen** sowie den **inneren Anforderungen** entwickelt werden müssen.<sup>01</sup> Dennoch lassen sich allgemein gültige Parameter für nachhaltige und energieeffiziente Gebäudekonzepte benennen.

Zunächst stellt die **standortgerechte Planung** einen entscheidenden Faktor dar. Für jeden spezifischen Standort sind das vorherrschende Klima und dessen Wirkung auf das geplante Gebäude zu untersuchen. Aus der **mikroklimatischen Analyse** lassen sich infolge Strategien für **klimagerechtes Bauen** ableiten. Die Analyse des **städtebaulichen Kontextes** bzw. der möglichen Einwirkungen von anderen Bebauungsstrukturen auf das Gebäude bildet den zweiten bedeutenden Aspekt einer standortgerechten Planung. Letztendlich sind jedoch die Wünsche und Anforderungen des **Nutzers** an seinen zukünftigen Lebensraum ausschlaggebend. Die **inneren Anforderungen** und somit auch die notwendigen Strategien, werden vorwiegend durch die **Nutzungsart** festgelegt. Daraus lassen sich nutzungsbedingte Anforderungen in Bezug auf u.a. den räumlichen Entwurf, die subjektiven Bedürfnisse und Wünsche des **Nutzers** bzw. dessen Forderungen an die **Behaglichkeit** sowie der daraus resultierende **Energiebedarf** des Bauwerks ableiten.

Um den Anforderungen an ein **nachhaltiges und energieeffizientes Gebäude** gerecht zu werden, sind folglich unterschiedliche **Konzepte und Planungsstrategien** zielführend, die anschließend erläutert werden.

01 .....  
Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 116.



„Nachhaltiges Bauen strebt für alle Phasen des Lebenszyklus von Gebäuden – von der Planung und Erstellung über die Nutzung und Erneuerung bis hin zum Rückbau – eine Minimierung des Verbrauchs von Energie und Ressourcen sowie eine möglichst geringe Belastung der Umwelt an. Der Blick auf das ‘Gesamtsystem Gebäude’ über seine gesamte Lebensdauer wird so zur Voraussetzung für ein wirtschaftliches und langfristig nachhaltig zu betreibendes Bauwerk.“<sup>01</sup>

01 Drexler, Hans/ El Khouli, Sebastian: Nachhaltige Wohnkonzepte. Entwurfsmethoden und Prozesse, München 2012, 24.

## D.1. NACHHALTIGES BAUEN

Nachhaltiges Bauen beschreibt weder einen Architekturstil noch einen Standard, sondern vielmehr eine **Einstellung**, ein **Ideal**. Eine **Haltung**, die in Anbetracht der Wirkung, die das Bauen und Gebäude auf das Umfeld haben, immer mehr an Bedeutung gewinnt und auch gewinnen muss (**siehe Abb. 12, S. 65**).

### KONTEXTUELLES BAUEN

Nachhaltiges Bauen bedeutet **bauen mit dem Kontext** – für jede Bauaufgabe muss der jeweilige Standort und das dortige Klima, der städtebauliche Kontext, die Nutzung, Anforderungen der Nutzer etc. untersucht und darauf eingegangen werden **↗**.<sup>02</sup>

Die zunehmende **Technisierung** von Gebäuden, die u.a. durch gestiegene Komfortansprüche der Nutzer begünstigt wurde, führte zur Verbreitung des sogenannten „**Internationalen Stils**“. Die Annahme dieses **Hightech-Ansatzes** bestand darin, zu glauben, dass sich, unabhängig von Kontext und äußeren Rahmenbedingungen, mit der „richtigen“ Technologie alle gebäudebezogenen Probleme lösen ließen. In der Folge entwickelten sich weltweit einheitliche Gebäude, welche die entstandenen Defizite lediglich mit hohem technischen Aufwand und enormen Energieeinsatz kompensieren konnten. Wenngleich durch die innovativen Entwicklungen der letzten Jahrzehnte die Versuchung groß geworden ist, ein Gebäudekonzept einzig und allein auf technische Systeme zu stützen und den „einfachen“ Weg zu wählen, bedarf es für eine nachhaltige Architektur einen anderen, konträren Ansatz. **Lowtech-Architektur** setzt ihrerseits auf eine möglichst einfache und reduzierte Haustechnik, welche erst durch aus dem Kontext entwickelte, passive Maßnahmen (A/V-Verhältnis oder passive Nutzung der Solarstrahlung) möglich wird.

Der schlichte Einsatz von Technik kann folglich nicht die Lösung sein, um ein behagliches Raumklima sowie ein hohes Maß an Energie- und Ressourceneffizienz sicherzustellen. Vielmehr dürfen technische Systeme erst dann in das Gebäude integriert werden, nachdem alle sinnvollen passiven Strategien verfolgt und umgesetzt wurden, um diese anschließend zielführend zu erweitern und zu unterstützen **↗**.

### DIE 3 STRATEGIEN DER NACHHALTIGKEIT

**EFFIZIENZ** bedeutet, mit dem **geringstmöglichen Einsatz von Energie und Ressourcen den größten Nutzen** zu ziehen. Eine entscheidende Rolle spielt hier der **Nutzer**, welcher durch die Effizienzsteigerung dazu verleitet wird, ein energieverschwenderisches Verhalten an den Tag zu legen und dadurch das mögliche Einsparpotenzial stark mindern, sogar zunichtemachen kann. Dieser sogenannte **Rebound-Effekt** **↗** kann etwa durch den Einsatz von Energiesparlampen initiiert werden und dazu anregen, das Licht nun länger oder dauerhaft brennen zu lassen, ohne es tatsächlich zu benötigen.<sup>03</sup>

Die Strategie der **KONSISTENZ** verfolgt das Ziel, möglichst **umweltverträgliche Ressourcen**, wie nachwachsende Rohstoffe, einzusetzen und **Material und Energie wiederzuver-**

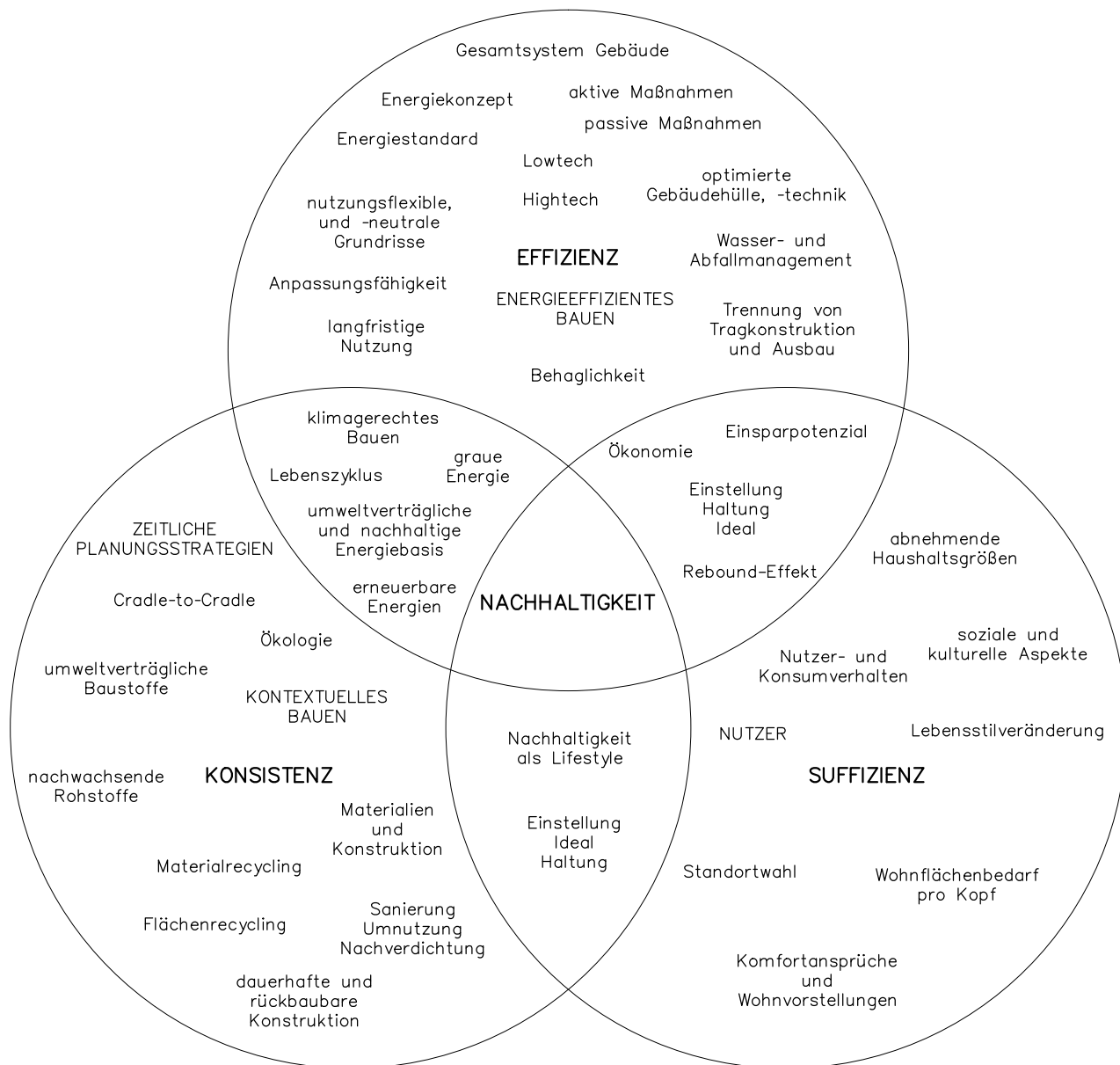
02 Vgl. Drexler, Hans/ El Khouli, Sebastian: Nachhaltige Wohnkonzepte. Entwurfsmethoden und Prozesse, München 2012, 32f.  
03 Vgl. Ebda., 40-42.

↗ B. EINFLUSS DES KONTEXTS AUF  
GEBÄUDE. ÄUSSERE  
RAHMENBEDINGUNGEN, S. 36 bzw.  
C. GEBÄUDE. INNERE ANFORDERUNGEN, S.  
46

↗ D.3. LOWTECH | HIGHTECH, S. 74

↗ A.3.4. REBOUND-EFFEKT, S. 32





D

Abb. 12 DIE 3 STRATEGIEN DER NACHHALTIGKEIT



## D.1. NACHHALTIGES BAUEN

**wenden.** Die Absicht besteht nicht darin, die Nutzung nicht erneuerbarer Energieträger zu rationieren (Suffizienz) oder zu rationalisieren (Effizienz), sondern ihren Einsatz, durch den **Wechsel zu einer umweltverträglichen und nachhaltigen Energiebasis**, überflüssig zu machen.<sup>04</sup> Dazu notwendig ist die Betrachtung des gesamten **Lebenszyklus** eines Gebäudes, also von der Planung und Erstellung (**graue Energie**) über die Nutzung und Instandhaltung bis hin zur Erneuerung und schließlich zum Rückbau.<sup>05</sup> Die Vision des **Cradle-to-Cradle**-Konzeptes geht sogar noch einen Schritt weiter als die Lebenszyklusbetrachtung: ein geschlossener Energie- und Stoffkreislauf macht es möglich, dass ein Produkt vollkommen recycelt werden kann und so weder Ressourcen verbraucht noch Abfall anfällt. Ob dieses Konzept auf ein komplexes System wie das eines Gebäudes tatsächlich anwendbar ist, bleibt allerdings fraglich.<sup>06</sup> Grundsätzlich stößt man bei der Konsistenz-Strategie auf einen gewissen **Widerspruch** zur Effizienz- bzw. Suffizienz-Strategie: Sind erneuerbare Energien im Überfluss und quasi unbegrenzt vorhanden, werden Rohstoffe verwendet, die schneller nachwachsen als sie verarbeitet werden oder diese recycelbar sind und keinerlei Schädigung der Umwelt durch Baustoffe, Konstruktion und Technik verursacht wird, dann könnte man doch ruhig verschwenderisch sein und beliebig viele Häuser in diesem Stil bauen?! Hier stellt sich wiederum die Frage nach einem maßvollen wie auch effizienten Umgang, zumal die Gewinnung und Verarbeitung dieser Ressourcen weitestgehend nicht umweltschonend sind.<sup>07</sup>

Neben **ökologischen und ökonomischen** Faktoren sind **soziale und kulturelle Aspekte** für das nachhaltige Bauen von großem Belang – Nachhaltigkeit fängt schließlich beim Nutzer, beim Konsumenten, beim Menschen an.<sup>08</sup> Wir sind es, die unsere gebaute Umwelt schaffen, gestalten und prägen und in unserer Verantwortung liegt es auch, etwas bzw. uns selbst zu ändern. Dazu ist **SUFFIZIENZ**, also das Verändern und die Überwindung unseres eingefahrenen Nutzer- und Konsumverhaltens, notwendig, was bedeutet, überzogene Komfortansprüche und Wohnvorstellungen zu hinterfragen und anzupassen. Der, durch erhöhte Ansprüche und abnehmende Haushaltsgrößen verursachte, stetig steigende Wohnflächenbedarf pro Kopf führt zu einem immensen Ressourcen-, Energie- und Flächenverbrauch, welcher sich durch diese Strategie eindämmen oder gar stoppen ließe.

Die Strategien von Effizienz, Konsistenz und Suffizienz sind miteinander verknüpft und ergänzen sich gegenseitig. Für eine nachhaltige Planung ist deshalb die Betrachtung aller **Wirkungszusammenhänge** der drei Strategien von großer Bedeutung, um einen ganzheitlichen Blick auf das „**Gesamtsystem Gebäude**“ zu erhalten.

Das umweltschonendste und energieeffizienteste Bauwerk ist und bleibt letztendlich das nicht gebaute, die günstigste Kilowattstunde die nicht verbraucht.<sup>09</sup>

.....  
 04      Vgl. Pehnt, Martin: Energieeffizienz. Ein Lehr- und Handbuch, Berlin u.a. 2010, 18.  
 05      Vgl. Drexler, Hans/ El Khoulí, Sebastian: Nachhaltige Wohnkonzepte. Entwurfsmethoden und Prozesse, München 2012, 24.  
 06      Vgl. Ebda., 42.  
 07      Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 68.  
 08      Vgl. Drexler, Hans/ El Khoulí, Sebastian: Nachhaltige Wohnkonzepte. Entwurfsmethoden und Prozesse, München 2012, 16.  
 09      Vgl. Ebda., 42f.





„Das Gebäude darf [...] nicht als statische Einheit verstanden werden, sondern muss als Teil eines dynamischen Systems auf sich ändernde Rahmenbedingungen und Anforderungen reagieren können.“<sup>10</sup>

10

Drexler, Hans/ El Khouli, Sebastian: Nachhaltige Wohnkonzepte. Entwurfsmethoden und Prozesse, München 2012, 37.

## ZEITLICHE PLANUNGSSTRATEGIEN

Um eine **langfristige Nutzung** des Gebäudes zu gewährleisten, sind, neben dem Eingehen auf den Kontext und der **Lebenszyklusbetrachtung**, die **Dauerhaftigkeit von Materialien und der Konstruktion** sowie **nutzungsflexible bzw. -neutrale Grundrisse** **↗** nötig.<sup>11</sup> Durch konstruktive Maßnahmen, wie die Trennung von Tragkonstruktion und Ausbau, kann sichergestellt werden, dass sich ein Gebäude an verschiedene Nutzungen und unterschiedliche Nutzeranforderungen anpassen lässt. **Maximale Flexibilität allein** bringt allerdings noch keine gute oder nachhaltige Architektur hervor, besonders wenn dies auf Kosten der räumlichen Qualität geht. Denn ein Gebäude wird nur dann von Dauer sein, wenn seine Nutzer auch gerne darin wohnen und besagte Qualitäten bewahren wollen.<sup>12</sup>

↗ A.3.3. GRUNDRISS, S. 31

11

Vgl. Drexler, Hans/ El Khouli, Sebastian: Nachhaltige Wohnkonzepte. Entwurfsmethoden und Prozesse, München 2012, 37.

12

Vgl. Ebda., 68 f.

### D.1.1. ENERGIEEFFIZIENTES BAUEN

Häufig werden die Begriffe „nachhaltiges Bauen“ und „energieeffizientes Bauen“ gleichgesetzt. Energieeffizienz ist jedoch eine rein technische Anforderung an ein Gebäude, welche sich in Zahlen ausdrücken lässt und ist ein grundlegender **Teilaspekt des nachhaltigen Bauens**.<sup>01</sup>

Durch die Weiterentwicklung der **Energiestandards** **↗** und die stetige Effizienzsteigerung von technischen Anlagen, Baustoffen, Konstruktionen etc. konnten in den letzten Jahren enorme **Energieeinsparungen** erzielt werden. Allerdings zielen die meisten dieser Steigerungen lediglich auf die Optimierung von Teilaspekten ab, anstatt das Gebäude als Gesamtsystem zu verbessern. Nur ein gesamtheitlicher **Blick auf alle Aspekte und Faktoren**, die ein Bauwerk und seine Nutzer beeinflussen, kann zu tatsächlich energieeffizienten Gebäudekonzepten führen.

↗ C.4.1. ENERGIESTANDARD, S. 53

**Ziel eines energieeffizienten Gebäudes** ist es schließlich, mit **minimalem Aufwand ein möglichst behagliches Raumklima** für den Nutzer **herzustellen** und dabei **so wenig Energie** (in Form von Wärme, Kälte, etc.) **wie möglich zu verlieren**. Dazu erforderlich sind unter anderem eine energetisch optimierte **Gebäudehülle und -technik** **↗**, ein effizienter und minimierter Materialeinsatz ebenso wie eine hohe Flächeneffizienz, etwa durch Umnutzung, Sanierung oder Nachverdichtung bestehender Strukturen **↗**.

↗ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ GEBÄUDEHÜLLE, S. 82 bzw.

D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/ , S. 98

↗ A.2.3. STANDORT ALS RESSOURCE, S.

25

D

01

Vgl. Drexler, Hans/ El Khouli, Sebastian: Nachhaltige Wohnkonzepte. Entwurfsmethoden und Prozesse, München 2012, 32.





„Eine detaillierte Klimaanalyse, die die Klimaelemente Solarstrahlung, Temperatur, Feuchte und Wind bauspezifisch untersucht, ist Grundlage für eine zukunftsfähige Architektur. Nur eine Auseinandersetzung mit dem Klima und der traditionellen Architektur vor Ort kann effiziente Gebäude- und optimierte Energiekonzepte hervorbringen.“<sup>01</sup>

01 Hausladen, Gerhard/ Liedl, Petra/ de Saldanha, Mike: Klimagerecht Bauen. Ein Handbuch, Basel 2012, 11.

## D.2. KLIMAGERECHTES BAUEN

- B.1.1. KLIMA, S. 38
- B.2.1. STANDORT, S. 41 bzw.
- D.1. NACHHALTIGES BAUEN/  
KONTEXTUELLES BAUEN, S. 64

Das vorherrschende **Klima** ➤ und die damit verbundenen unterschiedlichen Einwirkungen auf ein Gebäude machen eine **klima- bzw. standortgerechte Planung** ➤ unabdingbar. Schließlich ist die primäre Aufgabe eines jeden Bauwerkes der Schutz seiner Bewohner vor äußeren Widrigkeiten.

### D.2.1. MIKROKLIMATISCHE ANALYSE

„Die Analyse der klimatischen Verhältnisse vor Ort muss dabei über die prinzipiellen Eigenschaften der Klimazonen, die nur eine makroklimatische Definition darstellen, hinausgehen.“<sup>02</sup>

- A.2.5. STADTKLIMA, S. 28
- D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/  
ERNEUERBARE ENERGIEN, S. 100

Das Mikroklima wird insbesondere in **Städten** ➤ bedeutend von seiner (gebauten) Umgebung beeinflusst und weicht aus diesem Grund häufig von den typischen Charakteristika einer Klimazone ab. Für eine **standortgerechte Planung** ist dementsprechend die mikroklimatische Analyse entscheidend, da sie mögliche **Einflüsse** auf ein Gebäude aufzeigt und Aufschluss über potenziell verfügbare bzw. nutzbare **Umweltenergien** ➤ gibt.<sup>03</sup> Entscheidende Elemente für die Planung eines Gebäudes sind Sonne, Wasser, Luft, Erdreich und Vegetation.

### KLIMAELEMENTE

#### Sonne

Die Strahlung der Sonne ist für alles Leben auf unserem Planeten verantwortlich und stellt zudem die größte Energiequelle dar (**siehe Abb. 13, S. 69**).

Bedeutend für die **Planung mit der Sonne** sind die Menge an **Solarstrahlung**, die **Sonnenscheindauer** sowie die mittlere **Lufttemperatur** an einem bestimmten Standort, welche aus Klimadatenblättern entnehmbar sind. Zum einen lässt sich die Solarstrahlung **passiv** ➤ nutzen, etwa für die natürliche Belichtung oder zur passiven Erwärmung von Räumen. Hier ist besonders auf das Vermeiden von sommerlicher Überhitzung zu achten. Zum anderen kann sie durch Technologien wie Photovoltaik- oder Solaranlagen zur **aktiven** ➤ Erzeugung von Strom, Wärme sowie Kälte genutzt werden.

Bei der Planung ist außerdem die mögliche Verschattung durch angrenzende Bebauung, Bepflanzung oder topographische Gegebenheiten bzw. die Eigenverschattung, beispielsweise durch Balkone, zu berücksichtigen.<sup>04</sup>

#### Wasser

Die durchschnittliche jährliche **Niederschlagsmenge** (**siehe Abb. 14, S. 69**) gibt Aus-

02 Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 112.

03 Vgl. Ebda., 112.

04 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 113.



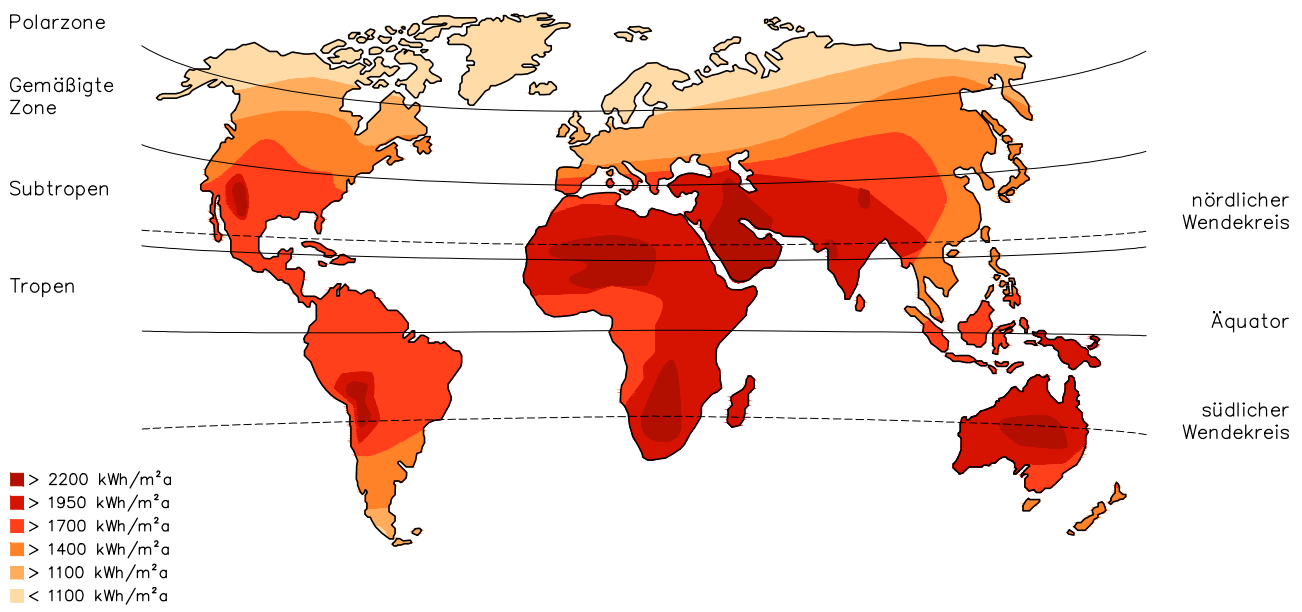


Abb. 13 JÄHRLICHE GLOBALSTRAHLUNG

**D**

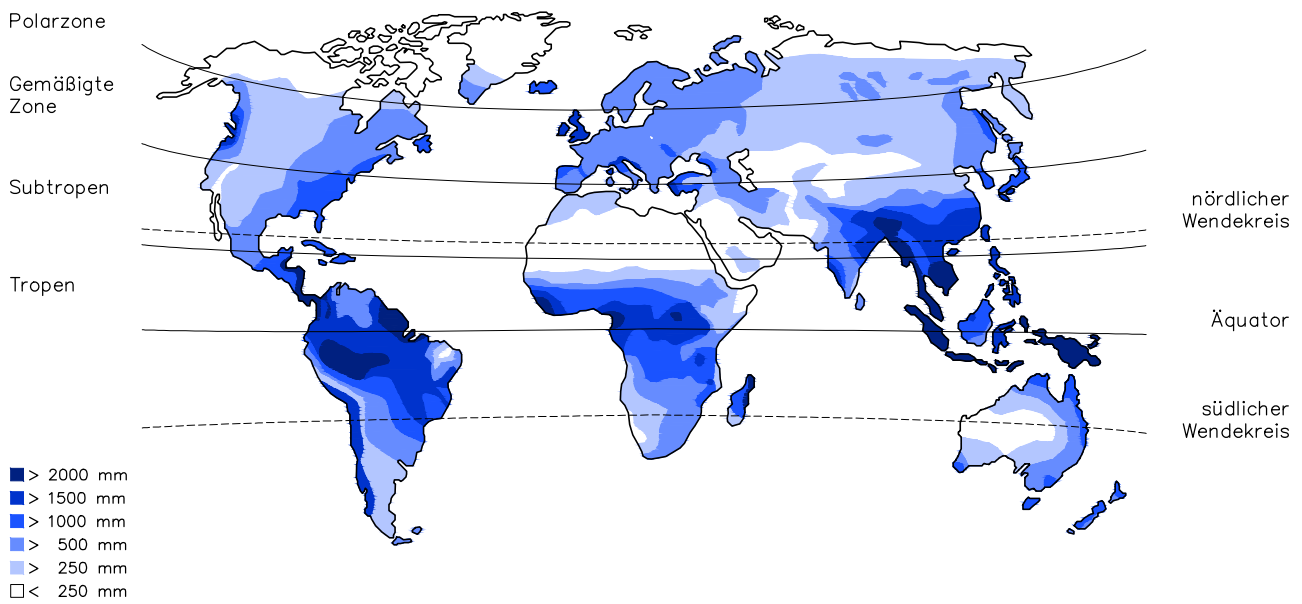


Abb. 14 JÄHRLICHE NIEDERSCHLAGSMENGEN



## D.2.1. MIKROKLIMATISCHE ANALYSE

kunft darüber, ob womöglich besondere **Schutzmaßnahmen** gegen starke Regenfälle oder Hochwasser getroffen werden müssen, aber auch, ob etwa das **Sammeln von Wasser** am Grundstück zur Grauwassernutzung sinnvoll ist. Des Weiteren lässt sich **Grund- oder Fließwasser** zur Wärme- bzw. Kälteerzeugung nutzen.

➤ D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/ Wasser, S. 104

### Luft

Eine Analyse des **Windaufkommens** sollte Informationen über dessen Stärke, Richtung und Häufigkeitsverteilung geben. Gerade in **verdichteten städtischen Gebieten** können Winde durch die umliegende Bebauung, Bepflanzung oder die Topographie umgelenkt, kanalisiert oder verstärkt werden. Je nach Standort ist eventuell der bauliche Schutz vor starken Winden notwendig. Winde können auf der anderen Seite aber auch zur **natürlichen Belüftung** von Gebäuden, sowie mittels Windkraftanlagen zur **aktiven Erzeugung von Strom** genutzt werden.<sup>05</sup>

➤ A.2.5. STADTKLIMA, S. 28

➤ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ natürliche Lüftung, S. 96

➤ D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/ Wind, S. 109

Ebenso zu beachten ist die **relative Luftfeuchtigkeit** an einem bestimmten Standort bzw. der besondere Schutz der Bausubstanz als auch des Menschen vor dieser.<sup>06</sup>

### Erdreich

**Bodengutachten** können Aufschluss über die Beschaffenheit und Zusammensetzung des Erdreiches geben sowie ersichtlich machen, ob besondere Anforderungen an die Gründung gegeben sind. Ferner informieren sie über die Eignung des Bodens zur Energiegewinnung durch **Geothermie**.

➤ D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/ oberflächennahe Geothermie, S. 103

### Vegetation

Die umliegende **Bepflanzung** trägt insbesondere in verdichteten **Städten** durch die **Filterung verunreinigter Luft** und durch **Kühleffekte** (Verdunstungskühlung) positiv zum Mikroklima und damit auch zum Raumklima und zum Wohlbefinden des Nutzers bei und sollte gerade in solchen Gebieten unbedingt erhalten werden. Auf der anderen Seite können etwa bei der Planung von Photovoltaikanlagen negative Effekte durch **Verschattung** auftreten und die Leistungsfähigkeit dieser mindern.<sup>07</sup>

➤ A.2.5. STADTKLIMA, S. 28

➤ D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/ Biomasse, S. 102

Pflanzen lassen sich darüber hinaus in Form von **Biomasse** zur Energieerzeugung nutzen.

05 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 113f.

06 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 54.

07 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 115.





## D.2.2. BAULICHE GRUNDANFORDERUNGEN

### POLARZONE

In der Polarzone herrschen ausgeprägte Jahreszeiten vor, welche von **extrem kalten Temperaturen** bestimmt sind und **intensive Schutzmaßnahmen** erforderlich machen. Primäres Ziel ist deshalb der Schutz vor der Kälte und starken Winden bzw. Stürmen sowie die **Reduktion von Wärmeverlusten**, durch ein optimiertes A/V-Verhältnis und die bestmögliche Ausnutzung der Sonne ↗. Eine **thermische Zonierung** ↗ des Grundrisses hilft dabei, den Wärmefluss von innen nach außen auf ein Minimum zu beschränken. Ferner ist die Fugendichtheit der Gebäudehülle sowie von Fenstern und Türen sicherzustellen. Von zentraler Bedeutung ist in dieser Klimazone auch der Schutz aller Bauteile, insbesondere des Daches, vor Feuchtigkeit, da die Kombination aus Niederschlägen und Frosttemperaturen den Baustoffen und der Bausubstanz ansonsten erheblichen Schaden zufügen kann.

- ↗ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ WÄRME erhalten und passiv gewinnen, S. 84
- ↗ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ Zonierung, S. 92

### GEMÄSSIGTE ZONE

Durch die **hohen jährlichen Temperaturunterschiede** ist in der gemäßigten Klimazone sowohl der **Schutz vor winterlicher Kälte als auch vor sommerlicher Hitze** erforderlich. Ferner können in einigen Regionen **besondere Klimaerscheinungen**, wie extreme Niederschlagsmengen, hohe Schneelasten, sommerliche Tornados oder winterliche Blizzards (z.B. in kontinentalen Lagen der USA), auftreten. Um das Gebäude vor niedrigen Temperaturen im Winter zu schützen bzw. um Wärmeverluste zu verhindern, sind ein optimiertes **A/V-Verhältnis** ↗ und eine qualitativ hochwertige und **fugendichte Gebäudehülle** zielführend. Darüber hinaus können durch die Nutzung der Sonne **passiv-solare Gewinne** ↗ erzielt werden, die den Raumwärmebedarf weiter senken. Im Sommer ist, mithilfe eines effektiven **Sonnenschutzes** ↗, in erster Linie darauf zu achten, eine Überhitzung der Innenräume zu verhindern. Andererseits lässt sich die **Sonne** aber auch **aktiv zur Energiegewinnung** ↗ (z.B. Photovoltaik) heranziehen (**siehe Abb. 15, S. 73**).

- ↗ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ Kompaktheit – A/V-Verhältnis, S. 84
- ↗ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ passive Nutzung der Solarstrahlung, S. 90
- ↗ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ Sonnenschutz, S. 94
- ↗ D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN, S. 98

### SUBTROPEN

Primäres Ziel in den Subtropen ist der Schutz des Menschen sowie von Bauteilen und Baustoffen vor **hohen Temperaturen und starker direkter Sonneneinstrahlung**. Wenngleich die **niedrige relative Luftfeuchte** die hohen Lufttemperaturen für den menschlichen Organismus erträglicher macht, ist eine **natürliche Belüftung** ↗, zur Verbesserung des Raumklimas, lediglich abends oder nachts bzw. in der kühleren Jahreszeit möglich. **Erdschächte** ↗ oder die Ausnutzung des **Kamineffekts** können alternativ zur Raumluftkühlung beitragen. Für die Bausubstanz bedeuten die starke direkte Sonneneinstrahlung und die hohen Temperaturen in Kombination mit großen kurzzeitigen Temperaturschwankungen eine starke Belastung. Daher ist die **Beschattung von Bauteilen und Gebäudeöffnungen** ↗ von großer Bedeutung. Ferner sollten alle Oberflächen hell oder reflektierend sein und der Dach- und Wandaufbau eine hohe Temperaturträchtigkeit aufweisen, um die Lufttemperatur im Gebäudeinneren möglichst gering zu halten und

- ↗ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ natürliche Lüftung, S. 96
- ↗ D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/ Natürliche Wärmesenken, S. 105
- ↗ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ Sonnenschutz, S. 94





## D.2.2. BAULICHE GRUNDANFORDERUNGEN

den Wärmedurchgang von außen nach innen zu verzögern (Phasenverschiebung).

### TROPEN

Die **Kombination aus Hitze und hoher Luftfeuchtigkeit** belastet nicht nur die Bausubstanz, sondern auch ganz besonders den Menschen. Zum **Schutz vor Feuchtigkeit** ist daher eine **kontrollierte Belüftung** sowie **Regenwasserableitung** von großer Bedeutung, da sich ansonsten Schimmel bilden kann bzw. der Wechsel von Sonne und Regen mit einem Quellen und Schwinden der Materialien verbunden ist und dies zu massiven Schäden führen kann. Da in dieser Zone sehr hohe Jahresdurchschnittstemperaturen vorherrschen, ist die Gebäudehülle vor starker **Aufheizung** zu schützen. Dies lässt sich mithilfe einer massiven Konstruktionsweise, den richtigen Baumaterialien, ausreichender Verschattung, der richtigen Baukörperform und -orientierung sowie durch eine natürliche Belüftung erreichen. Das Auftreten tropischer Wirbelstürme in einigen Regionen macht das Sichern aller Bauteile gegen hohe Druck- und Sogkräfte sowie eine gute Verankerung der gesamten Konstruktion mit dem Fundament erforderlich.<sup>01</sup>

➤ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/  
natürliche Lüftung, S. 96

➤ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ KÄLTE:  
Überhitzung vermeiden, passiv kühlen, S.  
94 bzw.

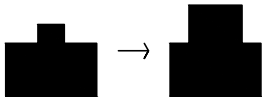
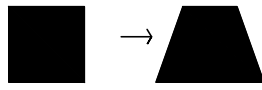
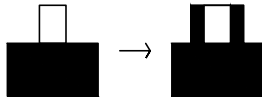
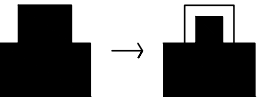
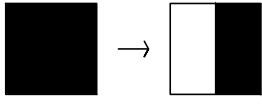
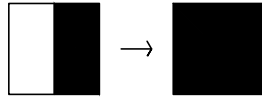
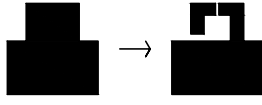
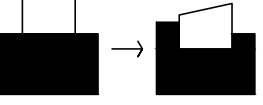
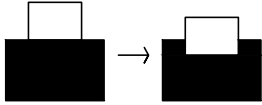
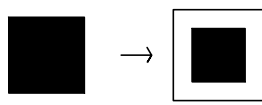
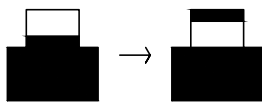
D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/ KÄLTE  
abführen, aktiv kühlen, S. 105

D

01 Vgl. Schütze, Thorsten/ Willkomm, Wolfgang (März 2000): KLIMAGERECHTES BAUEN IN EUROPA. Planungsinstrumente für klimagerechte, energiesparende Gebäudekonzepte in verschiedenen europäischen Klimazonen. <http://www.staedtebauliche-klimafibel.de/pdf/Klimag-B-EU-2000.pdf>, in <http://www.staedtebauliche-klimafibel.de/> [11.05.2015], 6-24.





<p>SPAREN</p> <p>kühle subpolare und gemäßigte Klimazone</p>	<p>GEWINNEN</p> <p>warmgemäßigte und subtropische Klimazone</p>	<p>AUSWEICHEN</p> <p>subtropische und tropische Klimazone</p>	<p>MISCHSTRATEGIEN</p> <p>gemäßigte Klimazone</p>
<p>VERDICKEN</p> <p>A/V-Verhältnis optimieren: Volumen dicker machen, Oberfläche verkleinern; schlechte Tageslichtbedingungen</p> 	<p>AUSSETZEN</p> <p>Planen mit der Sonne: passiv- und aktiv-solare Gewinne nur konvexe Formen effizient</p> 	<p>EINSCHLIESSEN</p> <p>Nutzräume im Gebäudeinneren, äußere Schicht als baulicher Sonnenschutz; begehbare Balkon oder Bris soleil</p> 	<p>SCHRUMPFFEN+UMHÜLLEN</p> <p>Solar-Haus: thermische Zonierung Sonnenfalle Süden Pufferraum Norden</p> 
<p>SCHRUMPFFEN</p> <p>thermsiche Zonierung: Räume mit niedrigem Komfortanspruch</p> 	<p>BLÄHEN</p> <p>solare Pufferzone: Räume mit Zwischenklima; ideal für Übergangszeiten, Überhitzungsgefahr im Sommer</p> 	<p>DURCHLÜFTEN</p> <p>natürliche Kühlung: Öffnungen oder Türme nach Winden ausrichten; Öffnungen in unterschiedl. Höhen (Windzirkulation bei Windstille); Höfe mit Wasserflächen (Verdunstungskühlung)</p> 	<p>EINGRABEN+AUSSETZEN</p> <p>ins Terrain eingraben, mit Erde bedecken; Planen mit der Sonne passiv- und aktiv-solare Gewinne</p> 
<p>EINGRABEN</p> <p>ins Terrain eingraben, mit Erde bedecken: Gebäudemasse erhöhen-träges Raumklima; nur bei EFH effizient</p> 	<p>UMHÜLLEN</p> <p>Sonnenfalle Süden: verglaste Loggia, im Sommer offenbar (Überhitzungsgefahr) Pufferraum Norden: Nebennutzungen, wenig Glasfläche</p> 	<p>NUTZUNGSWECHSEL</p> <p>nutzungsneutrale Räume: bewohnte Räume wechseln zwischen Tag und Nacht und zwischen Sommer und Winter</p> 	

D

Abb. 15 KLIMAGERECHTES BAUEN: STRATEGIEN



### D.3. LOWTECH | HIGHTECH

Im letzten Jahrhundert und speziell in den letzten Jahrzehnten konnten in allen **technischen Bereichen** unglaubliche **Fortschritte** erzielt und **Innovationen** entwickelt werden, welche unsere Lebensweise und unser Denken grundlegend geprägt und verändert haben. **Technologie** ist **allgegenwärtig** und schon längst zur **Selbstverständlichkeit** geworden, sodass wir bereits vor Langem aufgehört haben zu hinterfragen, wie ein (technischer) Gegenstand eigentlich funktioniert, geschweige denn wie und wo dieser produziert wurde.<sup>01</sup>

Im Bereich der **Architektur und des Bauens** fand der Fortschritt in erster Linie in Bezug auf das **Entwickeln und Rationalisieren neuer Konstruktionen, Materialien und technischer Systeme** statt, die eine gewaltige Effizienzsteigerung und folglich Reduzierung des Energiebedarfs von Gebäuden möglich machten.

Der Reiz dieser zunehmenden **Technisierung** und der darin liegende (Irr-)Glaube, Probleme jeglicher Art allein mit der richtigen Technik lösen zu können, führte unterdessen zu einer Architektur, welche, **unabhängig von Kontext oder klimatischen Gegebenheiten**, im Grunde überall auf der Welt umgesetzt werden konnte. Dieser „**Internationale Stil**“ brachte unausweichlich undifferenzierte Bauwerke hervor, die nur mit enormem Einsatz von Energie unterhalten werden konnten und folglich ihr Ziel vollkommen verfehlten.<sup>02</sup> Auf der anderen Seite entwickelte sich bereits in den 1970er Jahren eine **Lowtech-Gegenbewegung** zu diesem Hightech-Ansatz, die den **Menschen** und nicht mehr die Technik, in das Zentrum stellte und als Antithese zu dieser in hohem Grade technisierten und internationalisierten Gesellschaft forderte, sich das **Lokale und Einfache** wieder ins Gedächtnis zu rufen.

Wenngleich der Lowtech- und der Hightech-Ansatz unterschiedlicher in ihrer Denkweise nicht sein könnten, behaupten erstaunlicherweise dennoch beide, die Antwort zur **Lösung unserer zukünftigen Energieversorgung** bereitstellen zu können. Dies macht die vertiefende Betrachtung beider Strategien erforderlich, um der Frage auf den Grund zu gehen, was genau man nun unter Low- bzw. Hightech, im Kontext von Architektur, versteht.

Das **HIGHTECH-PRINZIP** strebt grundsätzlich ein **optimales Verhältnis von Energie- und Ressourceneinsatz zu Behaglichkeit und Komfort** an, indem es **hocheffiziente innovative Technologien und Instrumente** für die Herstellung und Planung eines Gebäudes mit einem hohen Grad an **Automatisierung** kombiniert. Der Steuerung der Gebäudetechnik kommt dabei die Aufgabe zu, alle Bedarfe und Verbräuche zu überwachen bzw. zu kontrollieren, um die größtmögliche Effizienz des Systems zu garantieren. Obwohl Hightech-Gebäude meist eine hohe Interaktivität mit dem Nutzer erlauben (Nutzerinterfaces), sind Eingriffe in die Regelungstechnik, aus zuvor genanntem Grund, nur bedingt

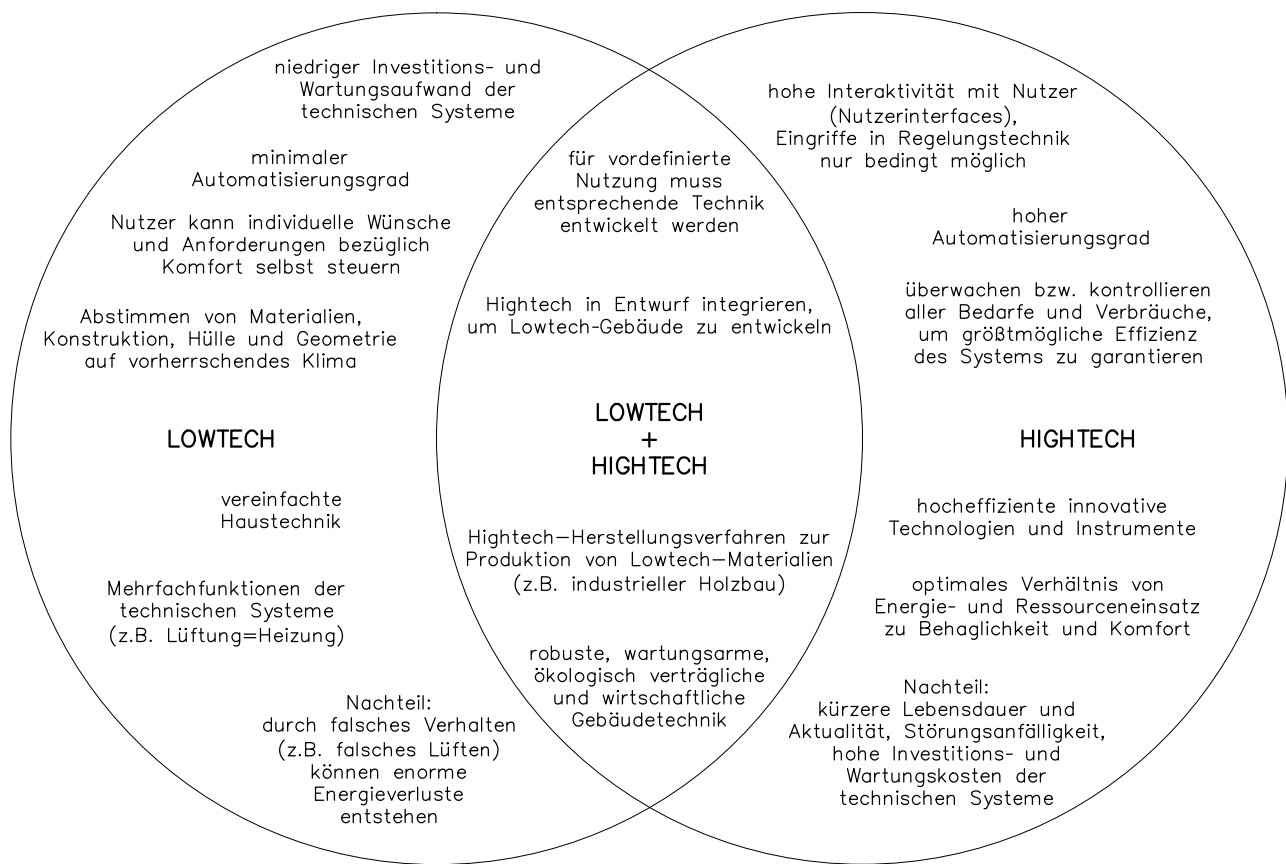
➤ C.3. BEHAGLICHKEIT, S. 50

➤ A.3.5. GEBÄUDEAUTOMATION, S. 33

01 Vgl. ige - Institut für Gebäude und Energie (2013): High-Tech - Low-Tech 2013/14 Broschüre, [http://www.ige.tugraz.at/fileadmin/user\\_upload/images/Button\\_Foto/Institut/Jahresthemen\\_ARCHIV/Jahresthemen\\_pdf/high\\_tech\\_low\\_tech.pdf](http://www.ige.tugraz.at/fileadmin/user_upload/images/Button_Foto/Institut/Jahresthemen_ARCHIV/Jahresthemen_pdf/high_tech_low_tech.pdf), in <http://www.ige.tugraz.at/> [19.06.2015], 10.

02 Vgl. Drexler, Hans/ El Khouli, Sebastian: Nachhaltige Wohnkonzepte. Entwurfsmethoden und Prozesse, München 2012, 35.





D

Abb. 16 LOWTECH | HIGHTECH



„Technik ist dann nicht mehr die im Nachhinein in die Architektur eingebaute Hilfsmaschine, sondern wird zur Partnerdisziplin auf dem Weg zu einer intelligenten Lösung: Architektur macht eine Rückeroberung, sie integriert die High-Technologie in den Entwurf, um Low-Tech-Bauten entwickeln zu können. Ergebnis ist eine Architektur, die langfristig nachhaltig ist und die wir uns auch weltweit leisten können.“<sup>03</sup>

03 Unruh, Tina u.a.: Das Klima als Entwurfsmotor. Architektur und Energie, Luzern 2013, 17.

### D.3. LOWTECH | HIGHTECH

möglich.<sup>04</sup> Vermutlich größter Nachteil von hochtechnisierten Gebäuden ist die kürzere Lebensdauer und Aktualität, die Störungsanfälligkeit sowie hohe Investitions- und Wartungskosten der eingesetzten Systeme.

➤ A.3.5. GEBÄUDEAUTOMATION, S. 33

➤ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN, S. 80

➤ D.2. KLIMAGERECHTES BAUEN, S. 68

**LOWTECH-GEBÄUDE** setzen hingegen auf eine **vereinfachte Haustechnik**, welche sich durch **minimale Automation** ➤ sowie **Mehrfachfunktionen der technischen Systeme** (z.B. Lüftung = Heizung) auszeichnet.<sup>05</sup> Ziel der Strategie ist es, anhand eines intelligenten Zusammenwirkens von **Materialien (lokale und natürliche Rohstoffe), Konstruktion, Hülle und Geometrie** ➤, unter **Einbeziehung des vorherrschenden Klimas** ➤, ein optimiertes Gebäudekonzept zu entwickeln. Da keine oder zumindest nur wenig Regelungstechnik eingesetzt wird, ist der Nutzer in der Lage, seine **individuellen Wünsche und Anforderungen** bezüglich des gewünschten Komforts **selbst zu steuern**. Dies birgt allerdings die Gefahr, dass durch **falsches Verhalten** (z.B. falsches Lüften) enorme Energieverluste entstehen. Andererseits ist der geringe Anteil von Technik mit einem niedrigeren Investitions- und Wartungsaufwand verbunden.

Die entscheidende Frage ist nun, welche dieser beiden, scheinbar so gegensätzlichen, Strategien die richtige ist, um dem Anspruch eines energieeffizienten und nachhaltigen Gebäudes auf geringen Energiebedarf genauso wie auf ein hohes Maß an Behaglichkeit und an architektonische Qualität gerecht zu werden. Wie so oft lässt sich hier keine explizite Antwort geben, zumal ein eindeutiges Zuweisen eines Gebäudes zu einer der beiden Betrachtungsweisen, aufgrund von Überschneidungen sowie der Komplexität der Bauaufgabe an sich, äußert schwierig ist.<sup>06</sup> Feststeht allerdings, dass für die **vordefinierte Nutzung** eines Bauwerks die **entsprechende Technik**, welche auf die jeweiligen inneren Anforderungen und äußeren Einflüsse eingeht und reagiert, entwickelt werden muss.<sup>07</sup> Dies führt zu dem Schluss, dass die zielführendste **Lösung** in der **Kombination beider Ansätze** liegt. Kontextuelles Bauen, das Anwenden von baulichen und konstruktiven passiven Maßnahmen auf die Gebäudestruktur wie auch der Einsatz von **Hightech-Herstellungsverfahren zur Produktion von Lowtech-Materialien** (z.B. industrieller Holzbau), ermöglichen eine robuste, wartungsarme, ökologisch verträgliche und somit wirtschaftliche Gebäudetechnik, die ein hohes Maß an Behaglichkeit bereitstellen kann (siehe Abb. 16, S. 67).

04 Vgl. ige - Institut für Gebäude und Energie (2013): High-Tech - Low-Tech 2013/14 Broschüre, [http://www.ige.tugraz.at/fileadmin/user\\_upload/images/Button\\_Foto/Institut/Jahresthemen\\_ARCHIV/Jahresthemen\\_pdf/high\\_tech\\_low\\_tech.pdf](http://www.ige.tugraz.at/fileadmin/user_upload/images/Button_Foto/Institut/Jahresthemen_ARCHIV/Jahresthemen_pdf/high_tech_low_tech.pdf), in <http://www.ige.tugraz.at/> [19.06.2015], 11-13.

05 Vgl. Streicher, Wolfgang, (16.09.2010): „Low Tech Gebäude“. Antithese zum übertechnisierten Gebäude, [http://www.standort-tirol.at/data.cfm?vpath=downloads/ee\\_fbt2010\\_01\\_streicher\\_lowtech](http://www.standort-tirol.at/data.cfm?vpath=downloads/ee_fbt2010_01_streicher_lowtech), in: <http://www.standort-tirol.at/page.cfm?vpath=index> [19.06.2015], 2-5.

06 Vgl. ige - Institut für Gebäude und Energie (2013): High-Tech - Low-Tech 2013/14 Broschüre, [http://www.ige.tugraz.at/fileadmin/user\\_upload/images/Button\\_Foto/Institut/Jahresthemen\\_ARCHIV/Jahresthemen\\_pdf/high\\_tech\\_low\\_tech.pdf](http://www.ige.tugraz.at/fileadmin/user_upload/images/Button_Foto/Institut/Jahresthemen_ARCHIV/Jahresthemen_pdf/high_tech_low_tech.pdf), in <http://www.ige.tugraz.at/> [19.06.2015], 12-14.

07 Vgl. Schwarz, Dietrich, (2015): DIE HERAUSFORDERUNG DES 21. JAHRHUNDERTS. Materie, Raum und Zeit, <http://www.schwarz-architekten.com/de/low-tech-vs-high-tech/>, in: <http://www.schwarz-architekten.com/de/> [04.08.2015], 1.



**D**

„ [...] ein zeitgemäßes Gebäude muss sich um ein ausgewogenes Verhältnis von aktiven und passiven Maßnahmen bemühen. Zunächst sollten alle sinnvollen passiven Maßnahmen ausgeschöpft werden, bevor diese durch aktive Technologien ergänzt werden.“<sup>01</sup>

01 Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 118.

#### D.4. PASSIV | AKTIV

Neben dem Schutz der Bewohner vor äußeren Einflüssen und dem Sicherstellen eines behaglichen Raumklimas, muss das Ziel eines modernen Gebäudes das **effiziente Einsetzen vorhandener Ressourcen und Energie**, und gleichzeitig das **Minimieren des Energiebedarfs** sein, um folglich die negative Wirkung auf das Umfeld möglichst gering zu halten.

**Passive und aktive Maßnahmen** stellen ein effektives Mittel dar, den Energieverbrauch eines Gebäudes durch einen **intelligenten Entwurf** von Anfang an dauerhaft gering zu halten und bilden die Grundlage für ein effizientes **Energiekonzept**. Dies betrifft an erster Stelle die Optimierung der **Gebäudehülle und der Gebäudetechnik** sowie im Speziellen die Energiethemen **Wärme, Kälte, Licht, Luft und Strom (siehe Abb. 17, S. 79)**.<sup>02</sup> Besonders zu beachten sind in diesem Zusammenhang etwaige **Zielkonflikte (siehe Abb. 18, S. 79)** zwischen den Strategien. Hier ist gesondert abzuwägen und zu entscheiden welche Lösung zum Erreichen der gesteckten Ziele relevanter ist.

D

02 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 60.

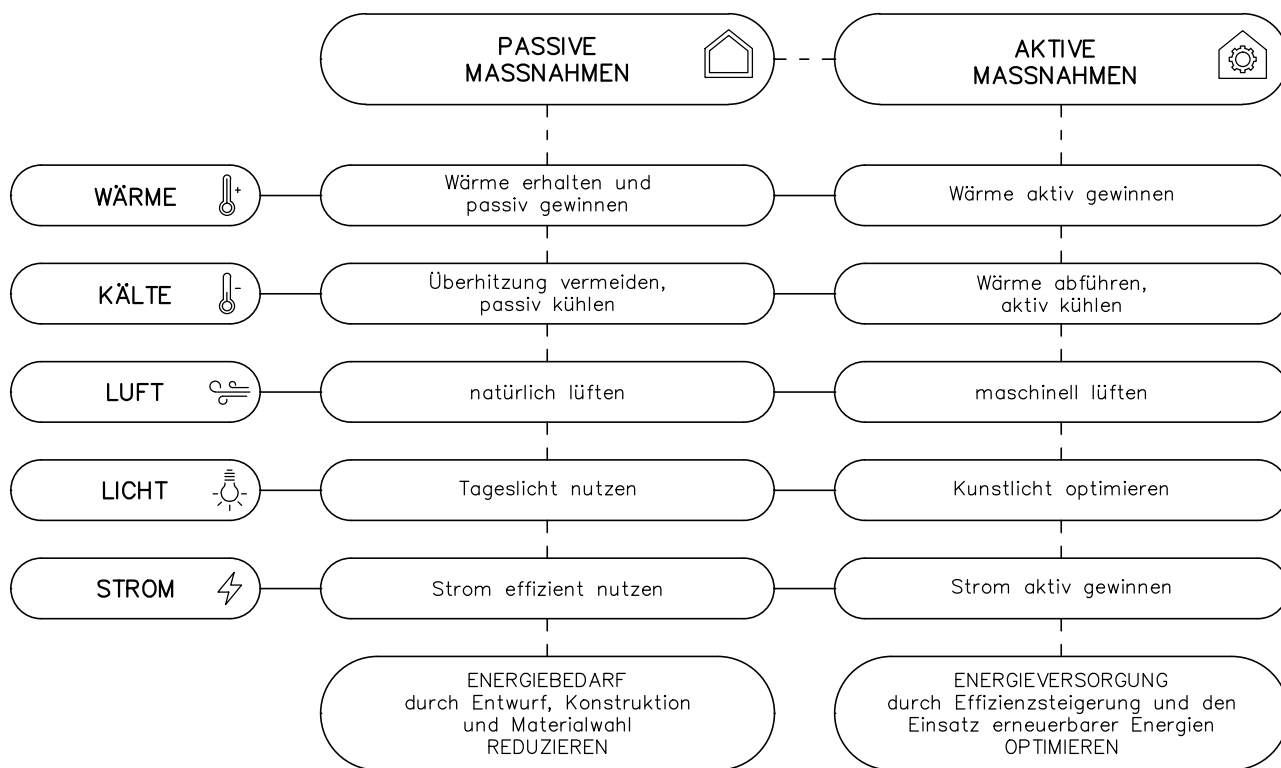


Abb. 17 PASSIVE UND AKTIVE MASSNAHMEN

Kompaktheit	vs.	Tageslichtnutzung, natürliche Lüftung, Ausblick, aktive Gewinne, Gebäudeproportionen (GR), gestalterische Freiheit
hochgedämmte Gebäudehülle	vs.	Flächeneffizienz, Ausblick, Tageslichtnutzung
positive Effekte durch Nutzung der Solarstrahlung - Winter (z.B. passiv solare Gewinne)	vs.	negative Effekte durch Nutzung der Solarstrahlung - Sommer (z.B. Überhitzung)
Verglasungsanteil, Fensterflächenverteilung	vs.	Tageslichtnutzung, Überhitzung, Wärmeverluste
massive Konstruktionsweise Speichermasse > graue Energie	vs.	leichte Konstruktionsweise hochgedämmte Gebäudehülle Grundrissflexibilität Akustik (Schalleinwirkungen, -übertragung) < graue Energie
Nutzungsänderung (z.B. Wintergarten)	vs.	Energiekonzept
Zonierung (z.B. nach der Sonne)	vs.	städtebaulicher Kontext, äußere Einflüsse
Sonnen- und Blendschutz	vs.	Tageslichtnutzung, Ausblick
natürliche Lüftung, passive Kühlung	vs.	Grundrissflexibilität
individuelle Regelbarkeit, Nutzerakzeptanz	vs.	Gebäudeautomation

Abb. 18 ZIELKONFLIKTE PASSIV | AKTIV

D



## D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN ENERGIE ERHALTEN UND PASSIV GEWINNEN

Die passive Strategie verfolgt das Ziel, mit Hilfe von, **aus dem Kontext entwickelten, baulichen und konstruktiven Mitteln**, Energie zu erhalten und den Energiebedarf eines Gebäudes zu reduzieren, sowie zusätzlich **passiv Energie zu gewinnen**.

In unseren Breiten stellt der **Heizwärmebedarf** der kalten Jahreszeit nach wie vor den größten Verbrauch **in Wohngebäuden** dar. Um diesen zu senken und insbesondere um ein behagliches Raumklima zu gewährleisten, muss das vorrangige Ziel eine **optimierte Hülle sowie Geometrie** sein, welche die Wärme bestmöglich bewahren und außerdem Transmissions- und Lüftungswärmeverluste gering halten kann ↗.

Ferner lassen sich durch die Nutzung der Sonnenstrahlung **passiv-solare Gewinne** ↗ erzielen, durch die sich der Energiebedarf für Raumwärme beträchtlich senken lässt. Da die gemäßigte Klimazone durch starke jahreszeitliche Temperaturunterschiede geprägt ist, ist neben dem winterlichen Wärmeschutz besonders auf das Vermeiden von **sommerlicher Überhitzung** ↗ zu achten.

Die Optimierung der **natürlichen Belichtung** ↗ bietet nicht nur ein hohes Einsparpotenzial im Vergleich zum Kunstlicht, sondern sorgt in erster Linie für ein visuell-behagliches Raumklima.

Um den Anforderungen an eine hohe Raumluftqualität und die Raumluftkühlung gerecht zu werden, bietet sich in unseren Breiten über den Großteil des Jahres eine **natürliche Lüftung** ↗ an, welche besonders nutzerfreundlich ist und gegenüber der maschinellen Lüftung, ein großes Einsparungspotenzial bietet.

Der **Stromverbrauch** ↗ gewinnt auch in Wohngebäuden immer mehr an Bedeutung. Hocheffiziente Geräte und ein angemessenes Verhalten bezüglich deren Verwendung bieten auch hier Potenzial, Energie (**siehe Abb. 19, S. 81**).

↗ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/  
Kompaktheit – A/V-Verhältnis, S. 84

↗ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ passive  
Nutzung der Solarstrahlung, S. 90

↗ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ KÄLTE:  
Überhitzung vermeiden, passiv kühlen, S.  
94

↗ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/  
natürliche Belichtung, S. 95

↗ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/  
natürliche Lüftung, S. 96

↗ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ , S. 96

D





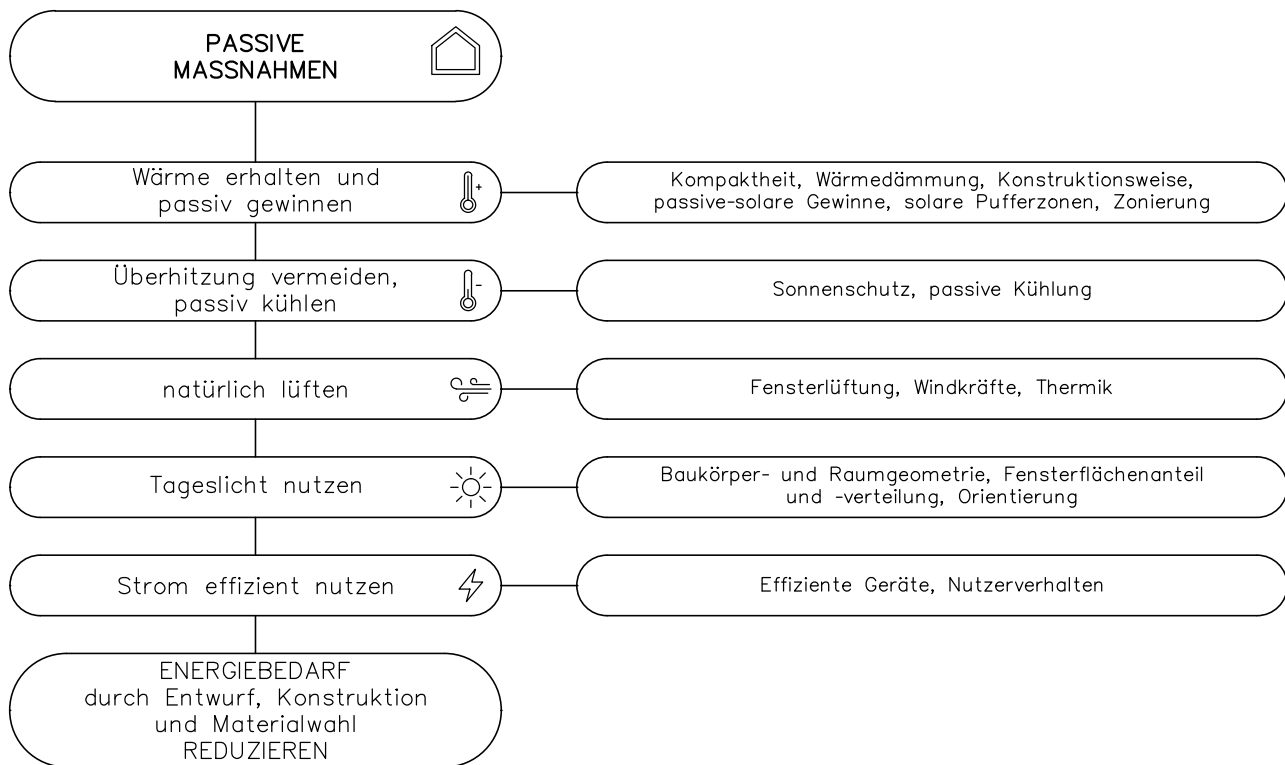


Abb. 19 PASSIVE MASSNAHMEN

D

Kurzum, die Gebäudehülle „[...] muss schützen, reagieren, verhüllen, präsentieren und sie sollte Energie erzeugen. Sie entscheidet ganz wesentlich über die Effizienz eines Gebäudes, seine Wirtschaftlichkeit, Langlebigkeit und seinen Charakter.“<sup>01</sup>

01 Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 142.

#### D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN

##### GEBÄUDEHÜLLE

Die bauliche und konstruktive **Optimierung der Gebäudehülle** ist ein wesentlicher Bestandteil der **passiven Strategie** und zudem eine ausschlaggebende Maßnahme, um den Energiebedarf eines Gebäudes zu reduzieren.

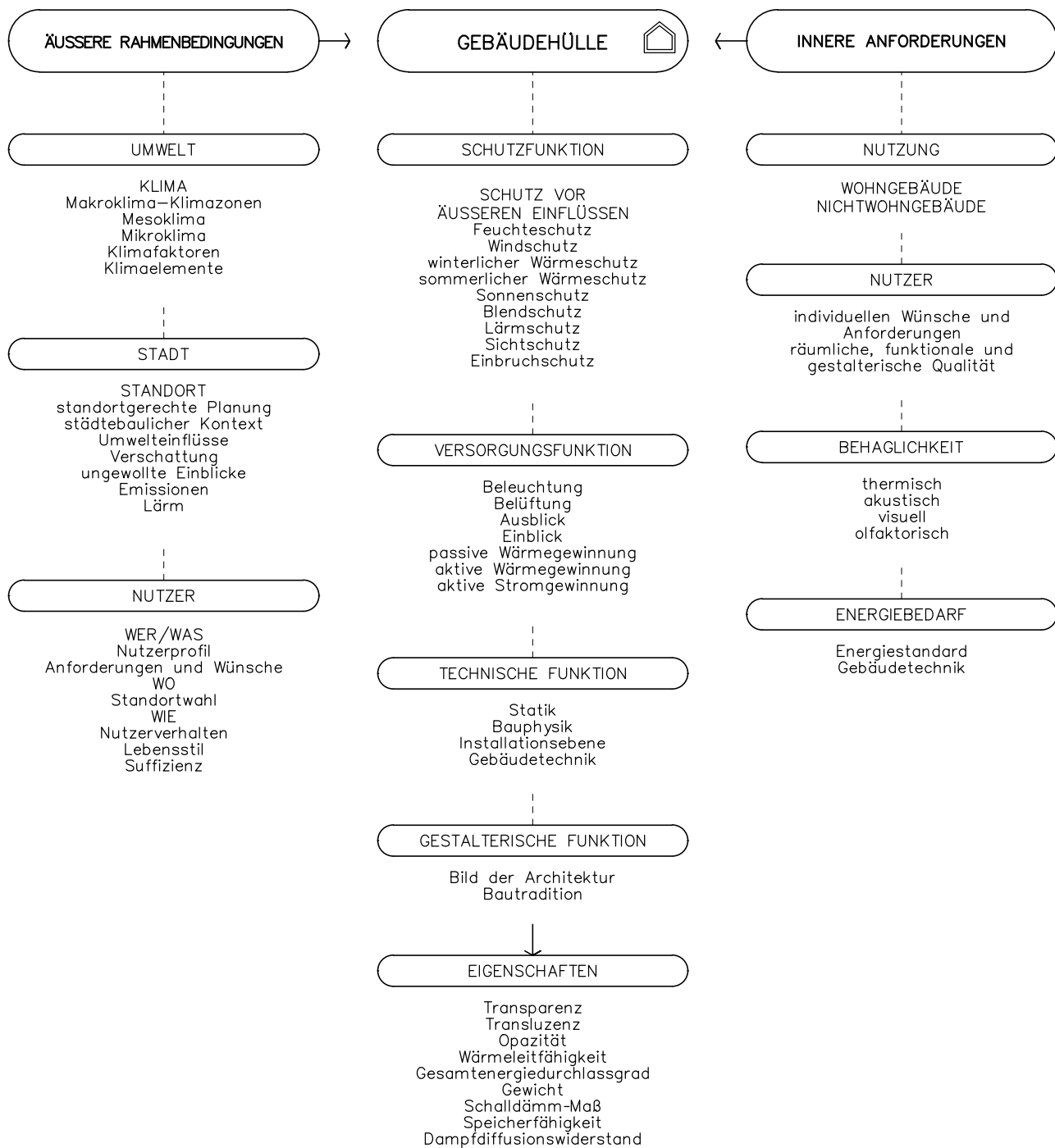
Seit jeher ist die primäre Funktion eines jeden Gebäudes und insbesondere der Gebäudehülle als „**dritte Haut**“, **Schutz vor äußeren Einflüssen** zu bieten und ein hohes Maß an **Behaglichkeit** für seine Bewohner zu gewährleisten. Als **Schnittstelle zwischen Innen und Außen** übernimmt die Hülle eines Gebäudes dabei eine ganze Reihe von, zum Teil auch widersprüchlichen, Aufgaben. Speziell die jahreszeitlichen (Temperatur-) Unterschiede der **gemäßigten Klimazone** **↗** stellen eine enorme Herausforderung und zugleich extreme Belastung für Materialien und Konstruktion der Hülle dar. Einerseits soll sie **Schutz vor unerwünschten äußeren Einflüssen**, wie übermäßiger Kälte, Wärme, Lichteinstrahlung, Luftbewegung oder Schalleinwirkung, bieten. Dazu muss sie **klimaregulierende Funktionen** übernehmen, für welche in erster Linie die **bauphysikalischen Eigenschaften** der Hülle entscheidend sind. Andererseits hat sie sich aber auch **nach außen zu öffnen**, um über Fenster und Verglasungen Tageslicht bzw. die Sonnenstrahlung eindringen zu lassen oder um Ausblicke zu ermöglichen. Der Öffnungsanteil, die Verteilung sowie die Orientierung der Verglasungen sind dabei entscheidend für die Helligkeit der Innenräume sowie für die Menge der möglichen passiv-solaren Gewinne. Darüber hinaus hat die Gebäudehülle eine Fülle von anderen Aufgaben zu übernehmen – sie kann etwa statisch tragend sein, als Installationsebene dienen oder neben der passiven auch zur **aktiven Gewinnung von Energie** **↗** aus regenerativen Quellen, z.B. durch Photovoltaikanlagen, dienen. Neben all den technischen Anforderungen, ist sie ferner Aushängeschild der architektonischen Gestaltung und **Bild der Architektur**, welches schließlich den Charakter eines Gebäudes ausmacht (**siehe Abb. 20, S. 83**).<sup>02</sup>

↗ D.2.2. BAULICHE  
GRUNDANFORDERUNGEN, S. 71

↗ D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/  
Solarthermie, S. 102/ Photovoltaik, S. 108

D

02 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 142f.



D

Abb. 20 GEBÄUDEHÜLLE



„Als Größe zur Bewertung der Kompaktheit wird das Verhältnis von wärmeübertragender Umfassungsfläche (A) zum beheizten Gebäudevolumen (V) angegeben [...]“<sup>03</sup>

03 Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk, vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 86.

#### D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN

##### WÄRME erhalten und passiv gewinnen

###### Kompaktheit – A/V-Verhältnis

Das wohl gängigste passive Mittel um die Wärmeverluste eines Gebäudes von vornherein zu verringern ist eine **kompakte Gebäudeform bzw. -hüllfläche**. Konkret bedeutet dies, je geringer die Fläche der Gebäudehülle im Verhältnis zum beheizten Volumen ist, desto niedriger fällt der Heizwärmedarf aus. Darüber hinaus gilt, dass mit größer werdendem Gesamtvolumen prinzipiell auch der Wert der Kompaktheit eines Gebäudes verbessert wird.<sup>04</sup>

Die **Hochschule Luzern** hat u.a. zu diesem Thema eine Reihe von Simulationen bzw. Körperstudien durchgeführt und diese in dem Buch „**Das Klima als Entwurfsmittel. Architektur und Energie**“ zusammengefasst. Die Studie bezieht sich auf die gemäßigteste Klimazone Mitteleuropas und legt ihren Fokus primär auf Wohngebäude – die Resultate gelten daher nur bedingt für andere Nutzungsarten. Ziel war es, festzustellen, welchen Einfluss Veränderungen einer Basisvariante (Zweispänner mit 8 Wohnungen, 20mx10mx12m) auf das A/V-Verhältnis haben.<sup>05</sup> Der Punkt „**Maßstab**“ der Studie zeigt anschaulich, dass bei zunehmender Anzahl an Wohneinheiten und somit auch ansteigendem Gesamtvolumen, das **A/V-Verhältnis** (Formfaktor) besser und in der Folge u.a. der **Energiebedarf für Raumwärme** geringer wird. Ferner wird deutlich, dass das **Einfamilienhaus** ↗, hinsichtlich Betrieb sowie grauer Energie alles andere als effizient ist (siehe Abb. 21, S. 85).<sup>06</sup>

###### Zielkonflikte

Ein hohes Maß an Kompaktheit verfehlt dann seinen Zweck, wenn große Gebäude, mit dementsprechend tiefen Grundrissen für **schlechte Tageslichtbedingungen** sorgen, die **natürliche Belüftung erschweren** (z.B. Querlüftung) sowie **Sichtkontakte** nach außen **beeinträchtigen** ↗.<sup>07</sup> Die **Ausmaße eines Bauplatzes** sowie die betreffenden **gesetzlichen Vorgaben** (z.B. Bebauungsgrad, -dichte), bestimmen die **Form und die Dimensionen eines Gebäudes** und folglich auch dessen maximal erreichbare Kompaktheit. Besonders in dicht bebauten Städten besteht meist wenig Freiheit bezüglich der Formfindung, sofern sich das Gebäude in den städtebaulichen Kontext einfügen soll. Eine direkt angrenzende Bebauung hat andererseits den positiven Effekt, dass sie, durch das zusätzliche Dämmen der Seitenwände, die Wärmeverluste des Gebäudes reduziert. Da die am besten für das Bauen geeignete Form von Gebäuden in Bezug auf ein optimales A/V-Verhältnis der Würfel ist, **schränkt** das Streben nach einer kompakten Bauform folglich auch die **gestalterische Freiheit ein**. Ein niedriges A/V-Verhältnis bedeutet des Weiteren eine kleinere Hüllfläche und folglich weniger Platz für **aktive Systeme** ↗, wie Photovoltaikanlagen. Hier ist von Fall zu Fall bzw. Ort zu Ort ↗ abzuwägen, ob das aktive Gewinnen

04 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 86.

05 Vgl. Unruh, Tina u.a.: Das Klima als Entwurfsmittel. Architektur und Energie, Luzern 2013, 58-63.

06 Vgl. Ebda., 74f.

07 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 86.

↗ A.2.2. SUBURBANISIERUNG, S. 20

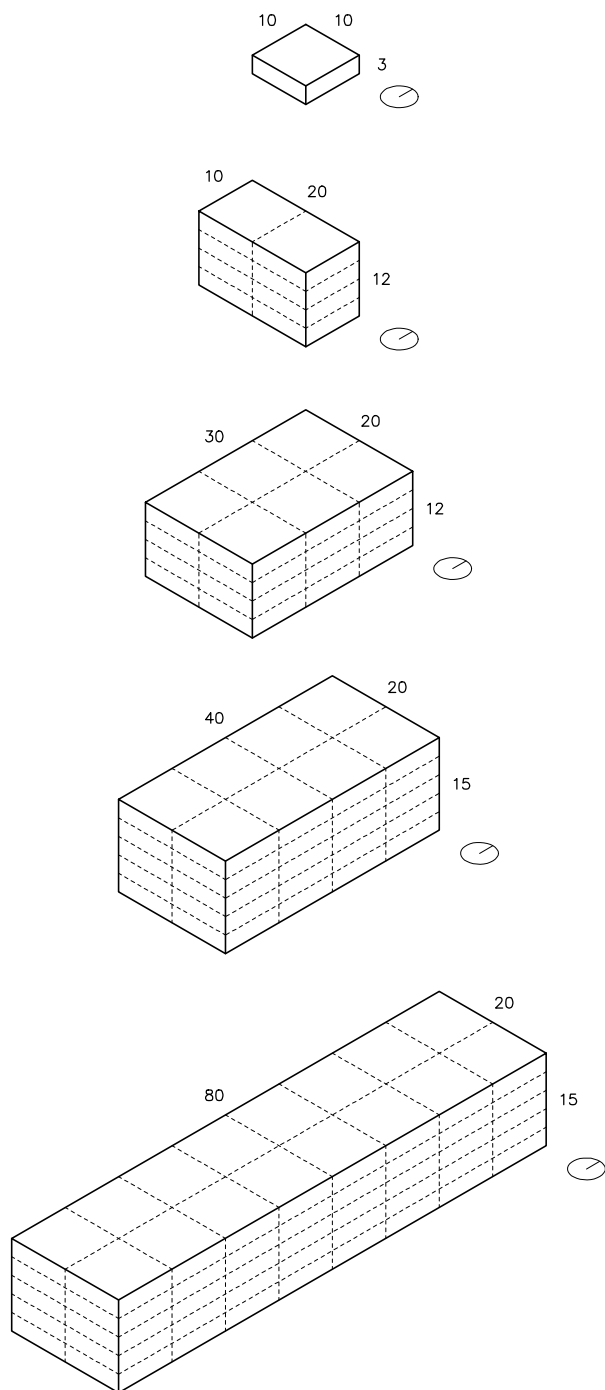
↗ A.3.3. GRUNDRISSE, S. 31

↗ D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/  
Solarthermie, S. 102/ Photovoltaik, S. 108

↗ D.2.1. MIKROKLIMATISCHE ANALYSE, S.

68





**EINFAMILIENHAUS**

gesamte Primärenergie  
 $Q_{\text{Heizung}}$   
 A/V-Verhältnis

**152%**

132 kWh/m<sup>2</sup>a  
 69 kWh/m<sup>2</sup>a  
 1,07

**BASISVARIANTE 8 WOHNUNGEN**

gesamte Primärenergie  
 $Q_{\text{Heizung}}$   
 A/V-Verhältnis

**100%**

87 kWh/m<sup>2</sup>a  
 36 kWh/m<sup>2</sup>a  
 0,47

**24 WOHNUNGEN**

gesamte Primärenergie  
 $Q_{\text{Heizung}}$   
 A/V-Verhältnis

**96%**

84 kWh/m<sup>2</sup>a  
 34 kWh/m<sup>2</sup>a  
 0,33

**40 WOHNUNGEN**

gesamte Primärenergie  
 $Q_{\text{Heizung}}$   
 A/V-Verhältnis

**93%**

81 kWh/m<sup>2</sup>a  
 32 kWh/m<sup>2</sup>a  
 0,28

**80 WOHNUNGEN**

gesamte Primärenergie  
 $Q_{\text{Heizung}}$   
 A/V-Verhältnis

**93%**

81 kWh/m<sup>2</sup>a  
 31 kWh/m<sup>2</sup>a  
 0,26

**D**

Abb. 21 KOMPAKTHEIT - MASSSTAB



#### D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN

von Energie zielführender ist als eine möglichst niedrige Kompaktheit.<sup>08</sup>

##### Wärmedämmung opaker Bauteile

Um speziell in den kalten Wintermonaten der **gemäßigten Klimazone Transmissionswärmeverluste zu vermeiden** ↗, ist eine angemessene Dämmung aller Bauteile unabdingbar. Die Wärmedämmung ist je nach Nutzungsart bzw. den inneren Anforderungen sowie abhängig von der Konstruktionsweise und den verwendeten Materialien unterschiedlich auszuführen bzw. zu dimensionieren. Der **Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert, W/m<sup>2</sup>K)** gibt Auskunft über die thermische Qualität eines Bauteils und beschreibt den Wärmefluss von warm nach kalt, also zwischen Innen- und Außenraum.<sup>09</sup> Demnach wird der U-Wert zu großen Teilen von der Stärke, dem Material und der Art der Dämmung bestimmt. Von großer Bedeutung für eine hohe bauphysikalisch-energetische Qualität ist in diesem Zusammenhang das Sicherstellen einer **winddichten sowie wärmebrückenfreien (bzw. -armen) Gebäudehülle**.<sup>10</sup>

Insbesondere in den heißen Sommermonaten bietet eine gut gedämmte Gebäudehülle gleichermaßen **Schutz vor Überhitzung** ↗.<sup>11</sup>

##### Zielkonflikte

In Bezug auf das **A/V-Verhältnis** ist festzustellen, dass die Wirkung einer kompakten Gebäudegeometrie bzw. -hülle auf den Energieverbrauch umso mehr gemindert wird, je stärker die Dämmung der Hülle ausfällt.<sup>12</sup> Das übermäßige Wärmedämmen eines Gebäudes bringt außerdem verhältnismäßig **dicke Wandaufbauten bzw. Fensterlaibungen** mit sich, welche zum einen die Nutzfläche reduzieren und zum anderen die natürliche Belichtung sowie die Sicht nach außen beeinträchtigen können ↗.<sup>13</sup> Zudem induziert dieser Mehrverbrauch eine höhere Menge an gebundener **grauer Energie** über den gesamten Lebenszyklus. Bestes Beispiel hierfür ist vermutlich das **Passivhaus**, welches Dämmstärken von bis zu 40 cm aufweist.

##### Wärmedämmung transparenter Bauteile

Hinsichtlich der thermischen Qualität der Gebäudehülle stellen **Fenster und Verglasungen** eine beträchtliche **Schwachstelle** dar, da ihr U-Wert (**U<sub>g</sub>-Wert**) deutlich größer ist als jener der umgebenden Wandflächen. Umso entscheidender ist folglich die hohe Qualität der Verglasung (z.B. 3-fach-Wärmeschutzverglasung, U<sub>g</sub>-Wert: 0,5 - 0,7 W/m<sup>2</sup>K). Die Größe, Anzahl, Verteilung und Orientierung der Fenster ist darüber hinaus entscheidend für eine ausreichende **Belichtung** der Innenräume, genügend Aussicht sowie für

↗ D.2.2. BAULICHE  
GRUNDANFORDERUNGEN, S. 71

↗ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ KÄLTE:  
Überhitzung vermeiden, passiv kühlen, S.

94

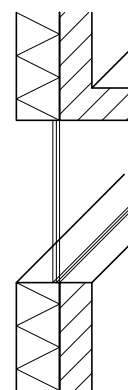
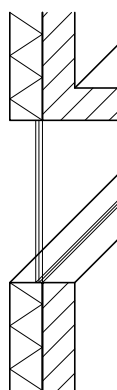
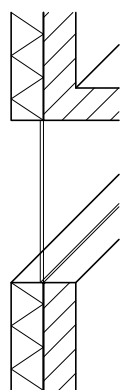
↗ A.3.3. GRUNDRISS, S. 31

08 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk, vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 119.  
09 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 87.  
10 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk, vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 156.  
11 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 96.  
12 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk, vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 119.  
13 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 188.



die Menge der **passive-solaren Gewinne**.<sup>14</sup>

Die Studie „**U-Werte Gebäudehülle und Fenster**“ der **Hochschule Luzern** zeigt die Bedeutung einer hochwertigen Wärmedämmung opaker und transparenter Bauteilen auf (**siehe Abb. 22, S. 87**).



**D**

**2-fach-Verglasung**

**100%**

U-Wert Glas	1,1 W/m <sup>2</sup> K
U-Wert Rahmen	1,4 W/m <sup>2</sup> K
G-Wert Glas	60%
U-Wert opake Bauteile	0,2 W/m <sup>2</sup> K

gesamte Primärenergie	87 kWh/m <sup>2</sup> a
Q <sub>Heizung</sub>	37 kWh/m <sup>2</sup> a

**3-fach-Verglasung**

**100%**

U-Wert Glas	0,7 W/m <sup>2</sup> K
U-Wert Rahmen	1,2 W/m <sup>2</sup> K
G-Wert Glas	48%
U-Wert opake Bauteile	0,2 W/m <sup>2</sup> K

gesamte Primärenergie	87 kWh/m <sup>2</sup> a
Q <sub>Heizung</sub>	36 kWh/m <sup>2</sup> a

**3-fach-Verglasung**

**92%**

U-Wert Glas	0,7 W/m <sup>2</sup> K
U-Wert Rahmen	1,2 W/m <sup>2</sup> K
G-Wert Glas	48%
U-Wert opake Bauteile	0,1 W/m <sup>2</sup> K

gesamte Primärenergie	80 kWh/m <sup>2</sup> a
Q <sub>Heizung</sub>	28 kWh/m <sup>2</sup> a

Abb. 22 U-WERTE GEBÄUDEHÜLLE UND FENSTER

14

Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 150.



## D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN

### Konstruktionsweise

Auch in puncto Konstruktion hat die **Hochschule Luzern** Körperstudien durchgeführt. Die Basisvariante (Zweispänner mit 8 Wohnungen, 20mx10mx12m) ist hier in **Massivbauweise** ausgeführt und wird mit zwei Varianten in **Mischbauweise**, eine mit massiven und eine mit leichten Außenwänden, respektive einer Version in **Leichtbauweise** verglichen. Die Simulation führte zu dem Ergebnis, dass ein Gebäude mit einem massiven Kern, massiven Böden und Decken sowie leichten Außenwänden (Variante Außenwand leicht) hinsichtlich des gesamten Primärenergiebedarfs am energieeffizientesten ist.

- C. GEBÄUDE. INNERE ANFORDERUNGEN, S. 46
  - A.3.3. GRUNDRISS, S. 31
    - D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ WÄRMEDÄMMUNG OPAKER BAUTEILE, S. 86
      - C.3. BEHAGLICHKEIT/ AKUSTISCHE BEHAGLICHKEIT, S. 51

Die **Wahl der Konstruktionsweise** sollte generell auf die **Nutzungsart** sowie auf die individuellen **inneren Anforderungen** <sup>➤</sup> des Gebäudes und der Nutzer abgestimmt sein. Eine **tragende Gebäudehülle in Kombination mit einem leichten Innenausbau** ist, bezüglich der **Flexibilität und Anpassbarkeit** der **Grundrisse** <sup>➤</sup>, sowie der **Wärmedämm- <sup>➤</sup> und Schallübertragungseigenschaften** <sup>➤</sup>, am zielführendsten (**siehe Abb. 23, S. 89**).

### Zielkonflikte

Zwar entsteht im Vergleich zur Leichtbauweise ein **Mehraufwand an grauer Energie**, jedoch fällt durch die **thermisch aktivierbare Gebäudemasse** der Energiebedarf für Raumwärme deutlich geringer aus. Den größten **Nachteil einer leichten Bauweise** stellt erwartungsgemäß die **geringe Speichermasse** dar, weshalb hier der Heizwärmebedarf im Winter vergleichsweise am höchsten ist und in der warmen Jahreszeit eventuell **aktiv gekühlt** <sup>➤</sup> werden muss.<sup>15</sup> Zudem kann diese, aufgrund ihrer geringen Masse, wesentlich schlechter vor Schallübertragungen im Gebäude sowie vor Einwirkungen von außen schützen.

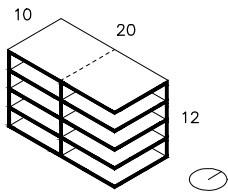
- D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/ KÄLTE ABFÜHREN, AKTIV KÜHLEN, S. 105

15

Vgl. Unruh, Tina u.a.: Das Klima als Entwurfsmittel. Architektur und Energie, Luzern 2013, 76f.





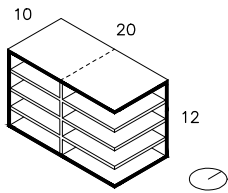


#### BASISVARIANTE MASSIV

gesamte Primärenergie  
 graue Energie  
 $Q_{\text{Heizung}}$   
 $Q_{\text{Kälte}}$

**100%**

87 kWh/m<sup>2</sup>a  
 32 kWh/m<sup>2</sup>a  
 36 kWh/m<sup>2</sup>a  
 0 kWh/m<sup>2</sup>a

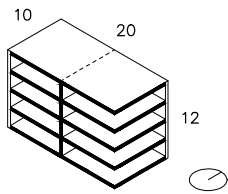


#### AUSSEIWAND MASSIV

gesamte Primärenergie  
 graue Energie  
 $Q_{\text{Heizung}}$   
 $Q_{\text{Kälte}}$

**103%**

90 kWh/m<sup>2</sup>a  
 31 kWh/m<sup>2</sup>a  
 39 kWh/m<sup>2</sup>a  
 1 kWh/m<sup>2</sup>a

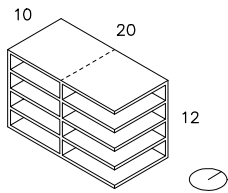


#### AUSSEIWAND LEICHT

gesamte Primärenergie  
 graue Energie  
 $Q_{\text{Heizung}}$   
 $Q_{\text{Kälte}}$

**97%**

85 kWh/m<sup>2</sup>a  
 30 kWh/m<sup>2</sup>a  
 36 kWh/m<sup>2</sup>a  
 0 kWh/m<sup>2</sup>a



#### LEICHTBAU

gesamte Primärenergie  
 graue Energie  
 $Q_{\text{Heizung}}$   
 $Q_{\text{Kälte}}$

**102%**

89 kWh/m<sup>2</sup>a  
 28 kWh/m<sup>2</sup>a  
 40 kWh/m<sup>2</sup>a  
 1 kWh/m<sup>2</sup>a

**D**

Abb. 23 KONSTRUKTIONSWEISE



## D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN

### passive Nutzung der Solarstrahlung

➤ D.2.1. MIKROKLIMATISCHE ANALYSE, S.

68

➤ B.2.1. STANDORT, S. 41

Um die Sonnenenergie optimal zur passiven Wärmegewinnung zu nutzen, ist an allererster Stelle das am Standort vorherrschende **Klima** resp. die **Menge an Solarstrahlung** sowie die **Sonnenscheindauer** ➤ zu analysieren. Des Weiteren sind in Bezug auf den **städtebaulichen Kontext** ➤ benachbarte Gebäude, die Vegetation sowie die Topographie zu untersuchen, da diese durch ihren Schattenwurf die passiv-solaren Gewinne schmälern können. Entscheidend für die Planung ist ebenfalls die **Gebäudeorientierung**, welche in der Regel durch städtische Strukturen festgelegt ist und somit den möglichen solaren Ertrag bestimmt. Ausschlaggebend für die einfallende Menge an Solarstrahlung ist der **Verglasungsanteil** resp. die **Verteilung der Fensterflächen** nach den Himmelsrichtungen.

In der Studie der **Hochschule Luzern** wurde, bezüglich der **Fensterverteilung** und dem **Öffnungsanteil**, wie erwartet festgestellt, dass für maximale passiv-solare Erträge und für einen möglichst geringen Energiebedarf für Raumwärme der **Fensteranteil Richtung Süden** vergleichsweise groß und der Anteil Richtung Norden relativ klein sein sollte. Die Fenster der Ost- und Westfassade sollten überdies nicht allzu groß dimensioniert werden, da die tiefstehende Sonne ansonsten für eine übermäßige Erwärmung sorgt und eine Raumkühlung notwendig macht. Optimal hinsichtlich des gesamten Primärenergiebedarfs n.e., dem Energiebedarf für Raumwärme sowie der Versorgung mit Tageslicht ist infolgedessen ein **durchschnittliches Öffnungsverhältnis von 50 Prozent**, da bei höheren Werten die Gefahr von Überhitzung besteht und der Kühlbedarf erheblich zunimmt und bei einem niedrigeren Anteil der Energiebedarf für Beleuchtung ansteigt (siehe Abb. 24/ 25, S. 91).<sup>16</sup>

### Zielkonflikte

➤ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/  
Kompaktheit – A/V-Verhältnis, S. 84

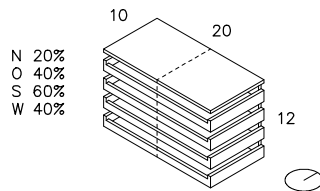
Hinsichtlich des **A/V-Verhältnisses** ➤ stellt sich die Frage, ob eine geringere Kompaktheit toleriert werden kann, wenn dafür, durch die passive (und aktive) Nutzung der Solarstrahlung, mehr Energie gewonnen wird als man, auf Grund des niedrigeren Formfaktors, verliert.<sup>17</sup> Während in **Wohngebäuden** die passive Nutzung der Sonne großes Potenzial birgt, ist diese Strategie in **Nichtwohngebäuden** meist wenig sinnvoll, da hier ohnehin bereits große Überhitzungsgefahr durch höhere interne Lasten herrscht. Generell gilt beim **Planen mit der Sonne**, dass die **positiven Effekte**, passiv-solarer Gewinne in den kalten Monaten, immer mit den möglichen **negativen Folgen**, der warmen Jahreszeit (z.B. Überhitzung), abgewogen werden müssen, um über das gesamte Jahr eine ausgeglichene Energiebilanz zu erzielen.<sup>18</sup>

16 Vgl. Unruh, Tina u.a.: Das Klima als Entwurfsmittel. Architektur und Energie, Luzern 2013, 68-71.

17 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 180.

18 Vgl. Ebda., 92.





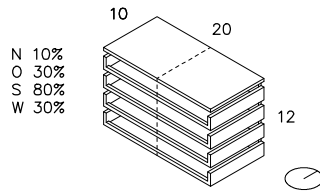
N 20%  
O 40%  
S 60%  
W 40%

**BASISVARIANTE**

gesamte Primärenergie  
Q<sub>Heizung</sub>  
Q<sub>Kälte</sub>  
Öffnungsanteil

**100%**

87 kWh/m<sup>2</sup>a  
36 kWh/m<sup>2</sup>a  
0 kWh/m<sup>2</sup>a  
Ø 40%



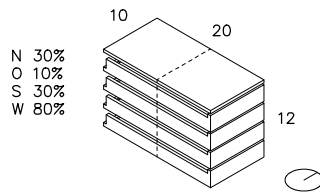
N 10%  
O 30%  
S 80%  
W 30%

**0°**

gesamte Primärenergie  
Q<sub>Heizung</sub>  
Q<sub>Kälte</sub>  
Öffnungsanteil

**97%**

84 kWh/m<sup>2</sup>a  
33 kWh/m<sup>2</sup>a  
0 kWh/m<sup>2</sup>a  
Ø 37,5%



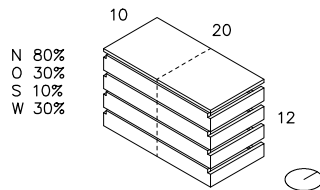
N 30%  
O 10%  
S 30%  
W 80%

**90°**

gesamte Primärenergie  
Q<sub>Heizung</sub>  
Q<sub>Kälte</sub>  
Öffnungsanteil

**108%**

94 kWh/m<sup>2</sup>a  
43 kWh/m<sup>2</sup>a  
0 kWh/m<sup>2</sup>a  
Ø 37,5%



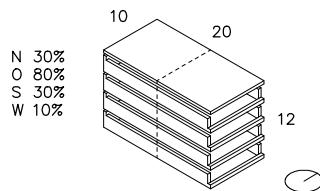
N 80%  
O 30%  
S 10%  
W 30%

**180°**

gesamte Primärenergie  
Q<sub>Heizung</sub>  
Q<sub>Kälte</sub>  
Öffnungsanteil

**112%**

98 kWh/m<sup>2</sup>a  
47 kWh/m<sup>2</sup>a  
1 kWh/m<sup>2</sup>a  
Ø 37,5%



N 30%  
O 80%  
S 30%  
W 10%

**270°**

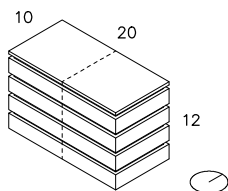
gesamte Primärenergie  
Q<sub>Heizung</sub>  
Q<sub>Kälte</sub>  
Öffnungsanteil

**106%**

92 kWh/m<sup>2</sup>a  
41 kWh/m<sup>2</sup>a  
0 kWh/m<sup>2</sup>a  
Ø 37,5%

Abb. 24 FENSTERVERTEILUNG

**D**

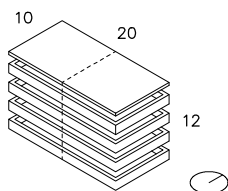


**20% ÖFFNUNG**

gesamte Primärenergie  
Q<sub>Heizung</sub>  
Q<sub>Kälte</sub>  
Q<sub>Licht</sub>

**107%**

94 kWh/m<sup>2</sup>a  
42 kWh/m<sup>2</sup>a  
0 kWh/m<sup>2</sup>a  
9 kWh/m<sup>2</sup>a

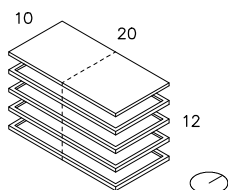


**50% ÖFFNUNG**

gesamte Primärenergie  
Q<sub>Heizung</sub>  
Q<sub>Kälte</sub>  
Q<sub>Licht</sub>

**105%**

91 kWh/m<sup>2</sup>a  
39 kWh/m<sup>2</sup>a  
1 kWh/m<sup>2</sup>a  
8 kWh/m<sup>2</sup>a



**80% ÖFFNUNG**

gesamte Primärenergie  
Q<sub>Heizung</sub>  
Q<sub>Kälte</sub>  
Q<sub>Licht</sub>

**112%**

98 kWh/m<sup>2</sup>a  
39 kWh/m<sup>2</sup>a  
5 kWh/m<sup>2</sup>a  
7 kWh/m<sup>2</sup>a

Abb. 25 ÖFFNUNGSANTEIL



## D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN

### solare Pufferzonen

Eine effektive bauliche Maßnahme, um die Transmissionswärmeverluste gering zu halten, sind **solar erwärmte, verglaste Pufferräume** (z.B. Wintergärten), welche als **Zwischentemperaturzone** bzw. **Warmluftkollektor** fungieren.<sup>19</sup> Da sie durch die Sonneneinstrahlung eine höhere Temperatur als die Außenluft erreichen, dienen diese vorgelagerten Räume ausgezeichnet dazu, die Wärmeverluste zu minimieren und bieten gerade in der kalten Jahreszeit eine alternative Aufenthaltsmöglichkeit.<sup>20</sup>

Die **Hochschule Luzern** hat diesen Effekt in einer Simulation anhand von **verglasten Balkonen** untersucht und festgestellt, dass vor allen Dingen ein Balkon auf der Nordseite die Transmissionswärmeverluste und somit den Energiebedarf für Raumwärme reduziert (**siehe Abb. 26, S. 93**).

### Zielkonflikte

Um verglaste Pufferzonen auch in der sonnenreichen Zeit des Jahres nutzen zu können, müssen diese unbedingt vor **Überhitzung** ⚠ geschützt werden (Glashauseffekt). Die Verglasung sollte zu diesem Zweck mit einem adäquaten **Sonnenschutz** ausgestattet sein und sich zur **passiven Kühlung** (über Nacht) öffnen lassen.<sup>21</sup>

➤ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ KÄLTE:  
Überhitzung vermeiden, passiv kühlen, S.

94

### Zonierung

Speziell in **Wohngebäuden** stellen verschiedene Räume und deren unterschiedliche Funktionen **individuelle Anforderungen an die Behaglichkeit** ⚠ – d.h. an die Raumtemperatur, die Luftfeuchtigkeit, die Helligkeit, den Geruch und die Hygiene und an die Akustik – weshalb eine **Zonierung gemäß deren Bedürfnissen und der Nutzung** ⚠ sinnvoll ist. So herrschen etwa in einem Wohnzimmer oder Badezimmer völlig andere Temperaturansprüche als in einem Schlafzimmer oder einem Arbeitszimmer. In Nichtwohngebäuden ist die Zonierung nach den unterschiedlichen Nutzungen und Anforderungen prinzipiell genauso vernünftig.

Ebenso erstrebenswert ist es, **Nutzungen mit ähnlichen technischen Anforderungen nebeneinander** zu legen oder diese **vertikal** zu stapeln, um Leitungen oder Installationschächte platzsparend anordnen zu können.

### konzentrische Zonierung – thermisch

Beim sogenannten **Zwiebelprinzip** liegen die warmen, ständig gebrauchten Räume im Gebäudekern und die kühleren, seltener benutzten Räume schützend an der Außenseite. Durch die Anordnung der warmen Zonen in die Mitte, lässt sich die Sonne allerdings nicht zur passiven Wärmegewinnung und nur erschwert zur natürlichen Belichtung nutzen.

➤ C.3. BEHAGLICHKEIT, S. 50

➤ A.3.3. GRUNDRISS, S. 31

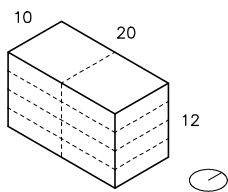
D

19 Vgl. Schittich, Christian: Detail: Solares Bauen. Strategien, Visionen, Konzepte, München 2003, 21.

20 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 92.

21 Vgl. Unruh, Tina u.a.: Das Klima als Entwurfaktor. Architektur und Energie, Luzern 2013, 72f.

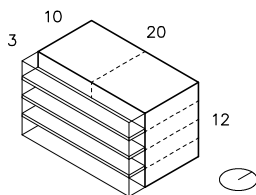




#### BASISVARIANTE KEIN BALKON

100%

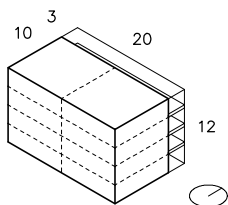
gesamte Primärenergie 87 kWh/m<sup>2</sup>a  
 graue Energie 32 kWh/m<sup>2</sup>a  
 Q<sub>Heizung</sub> 36 kWh/m<sup>2</sup>a



#### BALKON SÜDEN

117%

gesamte Primärenergie 102 kWh/m<sup>2</sup>a  
 graue Energie 39 kWh/m<sup>2</sup>a  
 Q<sub>Heizung</sub> 43 kWh/m<sup>2</sup>a



#### BALKON NORDEN

107%

gesamte Primärenergie 94 kWh/m<sup>2</sup>a  
 graue Energie 39 kWh/m<sup>2</sup>a  
 Q<sub>Heizung</sub> 35 kWh/m<sup>2</sup>a

Abb. 26 VERGLASTER BALKON

D

### lineare Zonierung – Orientierung

Räume mit hohem Wärme- bzw. Tageslichtbedarf orientieren sich zur **Sonne** Richtung Süden resp. Osten oder Westen um so optimal **passiv-solare Gewinne** ↗ zu erzielen. Nutzungen mit geringen Anforderungen werden dahinter Richtung Norden angeordnet.<sup>22</sup> Diese Art der Zonierung lässt sich sowohl **horizontal** als auch **vertikal** ausführen. Bei dieser Strategie besteht jedoch besondere Gefahr der **Überhitzung** ↗ in der warmen Jahreszeit.

↗ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ passive Nutzung der Solarstrahlung, S. 90

↗ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ KÄLTE: Überhitzung vermeiden, passiv kühlen, S. 94

### Zielkonflikte

Insbesondere im städtischen Raum ist das Orientieren der Räume zur Sonne nur bedingt umsetzbar, zumal der **städtebauliche Kontext** ↗ bzw. die umliegende Bebauungsstruktur eine optimale Ausrichtung nicht immer zulassen oder das Zonieren, bedingt durch äußere Einwirkungen, nicht sinnvoll ist. Befindet sich an der Nordseite einer Wohnung etwa eine stark befahrene Straße, sollten sich ruhige Zonen wie Schlafzimmer eher davon abwenden und sich in die andere Richtung orientieren, um die Belastung durch Lärm und Emissionen möglichst gering zu halten ↗. Im Umkehrschluss bedeutet dies jedoch, dass in den Wohnräumen die Sonne nur eingeschränkt zur passiven Erwärmung genutzt werden kann und die Tageslichtbedingungen womöglich nicht optimal sind. Dieses „Worst-Case-Szenario“ macht deutlich, wie entscheidend es ist, sich mit dem **Kontext** auseinanderzusetzen und mögliche **Einflüsse** auf das Gebäude zu.

↗ B.2.1. STANDORT, S. 41

↗ A.3.3. GRUNDRISS, S. 31

22 .....  
 Vgl. Schittich, Christian: Detail: Solares Bauen. Strategien, Visionen, Konzepte, München 2003, 19.



## D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN

### KÄLTE: Überhitzung vermeiden, passiv kühlen

#### Sonnenschutz

➤ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ passive Nutzung der Solarstrahlung, S. 90

Damit die **passive Nutzung der Solarstrahlung** ➤ zur Wärmeengewinnung im Winter **nicht zum Nachteil in den warmen Monaten** wird, sind angemessene Vorkehrungen zu treffen, um die solare Einstrahlung zu reduzieren und eine **Überhitzung zu vermeiden**. Da Verglasungen üblicherweise den größten Beitrag zu den passiv-solaren Gewinnen leisten, ist zunächst eine gewissenhafte Planung des **Fensterflächenanteils** sowie deren **Verteilung** auf die verschiedenen Fassaden Voraussetzung, um einen **sommerlichen Wärmeschutz** zu garantieren. Zusätzlich kann durch **spezielle Gläser** der Energiedurchlassgrad (g-Wert) weiter vermindert werden. Diese gibt es in unterschiedlichsten Ausführungen, etwa mit Beschichtungen oder Bedruckungen, mit beweglichen Jalousien im Scheibenzwischenraum, oder als schaltbare Gläser. Die wohl einfachste Methode des Sonnenschutzes sind **bauliche Maßnahmen** in Form von Überständen oder Rücksprünge in der Fassade. Da diese Art der Verschattung dauerhaft sowie invariabel ist, bedarf es hier einer besonders exakten Planung anhand von Sonnenverlaufs- bzw. Sonnenstandsdiagrammen ➤, um im Sommer vor Überhitzung zu schützen und im Winter die flachstehende Sonne eindringen zu lassen. **Sonnenschutzsysteme**, wie z.B. Lamellenjalousien, sind in den unterschiedlichsten Varianten erhältlich und in ihrer Ausrichtung besonders anpassungsfähig. Außenliegende Systeme erfüllen im Allgemeinen eine wesentlich bessere Schutzwirkung als innenliegende.<sup>23</sup>

➤ D.2.1. MIKROKLIMATISCHE ANALYSE, S. 68

#### passive Kühlung

➤ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ Konstruktionsweise, S. 88

Um ein **unbehagliches Raumklima** mit großen Temperatur- und Feuchteschwankungen zu verhindern („Barackenklima“), sind eine **massive Konstruktionsweise** ➤ und **Materialien mit einer hohen Wärmespeicherfähigkeit** von Vorteil (z.B. Lehm, Ziegel, Naturstein, Holz).<sup>24</sup> Die Aktivierung dieser **Speichermasse** kann dann Temperaturspitzen ausgleichen, indem Wärme tagsüber aufgenommen und phasenverschoben in der Nacht, bei kühleren Außentemperaturen, wieder abgegeben wird – **passive Kühlung**.<sup>25</sup> Entscheidend für die **Entladung der Bauteile** ist eine ausreichende nächtliche Kühlung, welche etwa mithilfe von **Querlüftung** ➤ sichergestellt werden.<sup>26</sup>

➤ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ natürliche Lüftung, S. 96

.....  
23 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 96-98.  
24 Vgl. Ebda., 158.  
25 Vgl. Ebda., 98.  
26 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 158.



## LICHT

### natürliche Belichtung

Die Nutzung des Tageslichtes zur natürlichen Belichtung stellt eine einfache Möglichkeit dar, ein **visuell-behagliches Raumklima** zu herzustellen sowie, im Vergleich zum Kunstlicht, elektrische Energie einzusparen. Dafür erforderlich ist zuerst eine Analyse des **Mikroklimas**, insbesondere der einfallenden Menge an Solarstrahlung und der Sonnenscheindauer, wie auch die Untersuchung von möglichen **Verschattungen** durch umliegende Bauwerke oder Vegetation. Darüber hinaus sind die **Geometrie** und die **Orientierung** eines Gebäudes bzw. Raumes sowie die **Verteilung** und die **Öffnungsanteile der Fenster**, ausschlaggebend für eine optimale Nutzung des natürlichen Lichtes (siehe Abb. 27, S. 95). Um eine hohe Behaglichkeit zu erreichen, ist bei der Planung auf einen geeigneten **Licht- bzw. Sonnenschutz** zu achten, um die Bewohner vor Blendungen zu schützen und das übermäßige Aufheizen der Innenräume zu verhindern.

### Zielkonflikte

Hinsichtlich der Optimierung der **Tageslichtnutzung** ist ein **niedriges A/V-Verhältnis** von Vorteil, da es mehr Fläche für transparente Bauteile bietet. Das steht jedoch im Konflikt mit dem Wärmeschutz und der dafür dienlichen hohen Kompaktheit.<sup>27</sup>

- C.3. BEHAGLICHKEIT/ VISUELLE BEHAGLICHKEIT, S. 50
- D.2.1. MIKROKLIMATISCHE ANALYSE, S. 68
- B.2.1. STANDORT, S. 41
  
- D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ passive Nutzung der Solarstrahlung, S. 90
- D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ Sonnenschutz, S. 94
  
- D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ Kompaktheit – A/V-Verhältnis, S. 84

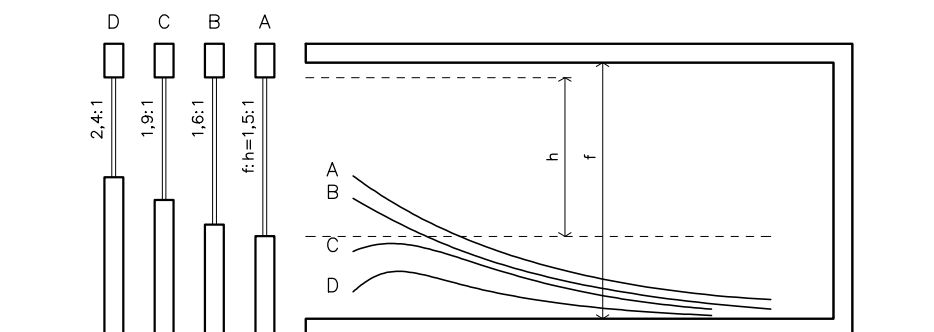


Abb. 27 TAGESLICHTVERLAUF



## D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN

### LUFT

#### natürliche Lüftung

Eine **ausreichende Durchlüftung** aller Räumlichkeiten sowie die **Dichtheit der Gebäudehülle** sind Voraussetzung für eine hohe **Raumluftqualität**, die **Abfuhr von Feuchtigkeit und Wärme** sowie allgemein für ein **behagliches Raumklima**. Sie sorgt auch dafür, den **Energieaufwand für die Gebäudeheizung** gering zu halten, denn selbst in Gebäuden mit einem zeitgemäßen Wärmeschutzstandard betragen die Lüftungswärmeverluste bis zu 50% der Gesamtwärmeverluste.<sup>28</sup>

Die Nutzung einer natürlichen Lüftung macht eine genaue **Analyse des Standortklimas** sowie eine Untersuchung der **nutzungsspezifischen Anforderungen** nötig und setzt eine geeignete **Raumgeometrie** und genügend große **Öffnungselemente** voraus. Prinzipiell kommt ein natürlicher Luftaustausch durch **Druckunterschiede infolge von Temperaturdifferenzen** zwischen Innen- und Außenluft zustande. Besonders in **Wohngebäuden** ist die wohl am meisten verbreitete Methode die **Fensterlüftung**. Bei **einseitiger Öffnung** entsteht der Luftaustausch durch aneinander vorbeiströmende Luft und funktioniert umso besser, je größer der Temperaturunterschied ist. Bei der **Querlüftung** wird dieser Effekt verstärkt, indem zwei gegenüber liegende Öffnungen eine zusätzliche Windbewegung erzeugen. Die Lüftung über die Fenster ist zudem besonders **nutzerfreundlich**, da sie ein **individuelles Regeln** der Öffnungselemente und somit der Lüftung zulässt.

In diesem Zusammenhang spielt das **Nutzerverhalten** eine entscheidende Rolle, da durch falsches Lüften enorme **Wärmeverluste**, im Winter und eine **Überhitzung**, im Sommer, die Folge sein können. Ein weiterer Nachteil ist die Belastung durch **Lärm** sowie durch **Schadstoffe** etwa durch den Straßenverkehr.

Neben der natürlichen Lüftung direkt über die Gebäudehülle (Fenster), kann ebenso durch **Windkräfte** oder über **Thermik** ein natürlicher Luftaustausch erzeugt werden (siehe Abb. 28, S. 96).<sup>29</sup>

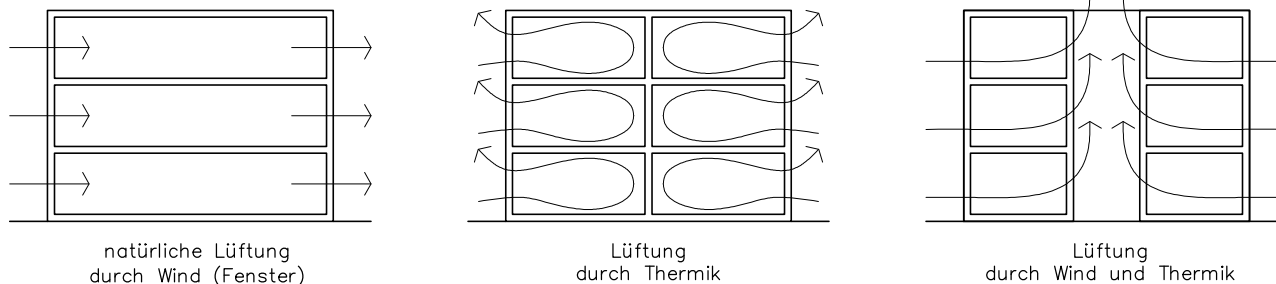


Abb. 28 NATÜRLICHE LÜFTUNG

28 Vgl. Häupl, Peter u.a.: Lehrbuch der Bauphysik. Schall - Wärme - Feuchte - Licht - Brand - Klima, Wiesbaden 2013, 51f.  
29 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 99f.





## STROM

Wenngleich der **Strombedarf in Wohnhäusern** nur einen geringen Anteil am Gesamtenergieverbrauch ausmacht, rückt er, bedingt durch die Effizienzsteigerungen bezüglich anderer Verbräuche, immer weiter in den Fokus der Betrachtung.

Neben den eingesetzten **Haushaltsgeräten** ist es in erster Linie der **Nutzer** und dessen Verhalten, die den Bedarf für elektrische Energie eines Gebäudes bestimmen. Um **Rebound-Effekte** ↗ zu vermeiden, sind die Bewohner gefragt, **Suffizienz** ↗ an den Tag zu legen und durch ein angepasstes Verhalten Energie einzusparen.

Aktive Systeme, wie die **Gebäudeautomation** ↗, können darüber hinaus helfen, den Nutzer hinsichtlich seines Handelns positiv zu beeinflussen und in die richtigen Bahnen zu lenken.

- ↗ A.3.4. REBOUND-EFFEKT, S. 32
- ↗ D.1. NACHHALTIGES BAUEN/ DIE 3 STRATEGIEN DER NACHHALTIGKEIT, S. 64
- ↗ A.3.5. GEBÄUDEAUTOMATION, S. 33

## D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN ENERGIE AKTIV GEWINNEN UND EFFIZIENT NUTZEN

Vor dem Hintergrund immer knapper werdender fossiler Energieträger gewinnt die **Umstellung auf eine regenerative Energieversorgung** immer mehr an Bedeutung, leistet sie doch einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen.<sup>01</sup> Die **aktive Strategie** setzt genau an diesem Punkt an, mit dem Ziel, die **Energieversorgung** eines Gebäudes durch den Einsatz **erneuerbarer Energien** sowie durch **Effizienzsteigerung aller technischen Anlagen** zu optimieren (siehe Abb. 29, S. 98).<sup>02</sup>

7 B. EINFLUSS DES KONTEXTS AUF  
GEBÄUDE. ÄUSSERE  
RAHMENBEDINGUNGEN, S. 36  
7 C. GEBÄUDE. INNERE ANFORDERUNGEN,  
S. 46

### GEBÄUDETECHNIK

Zielführend ist eine aus den **äußeren Rahmenbedingungen** 7 und **inneren Anforderungen** 7 entwickelte **Gebäudetechnik**, welche anhand eines möglichst einfachen und

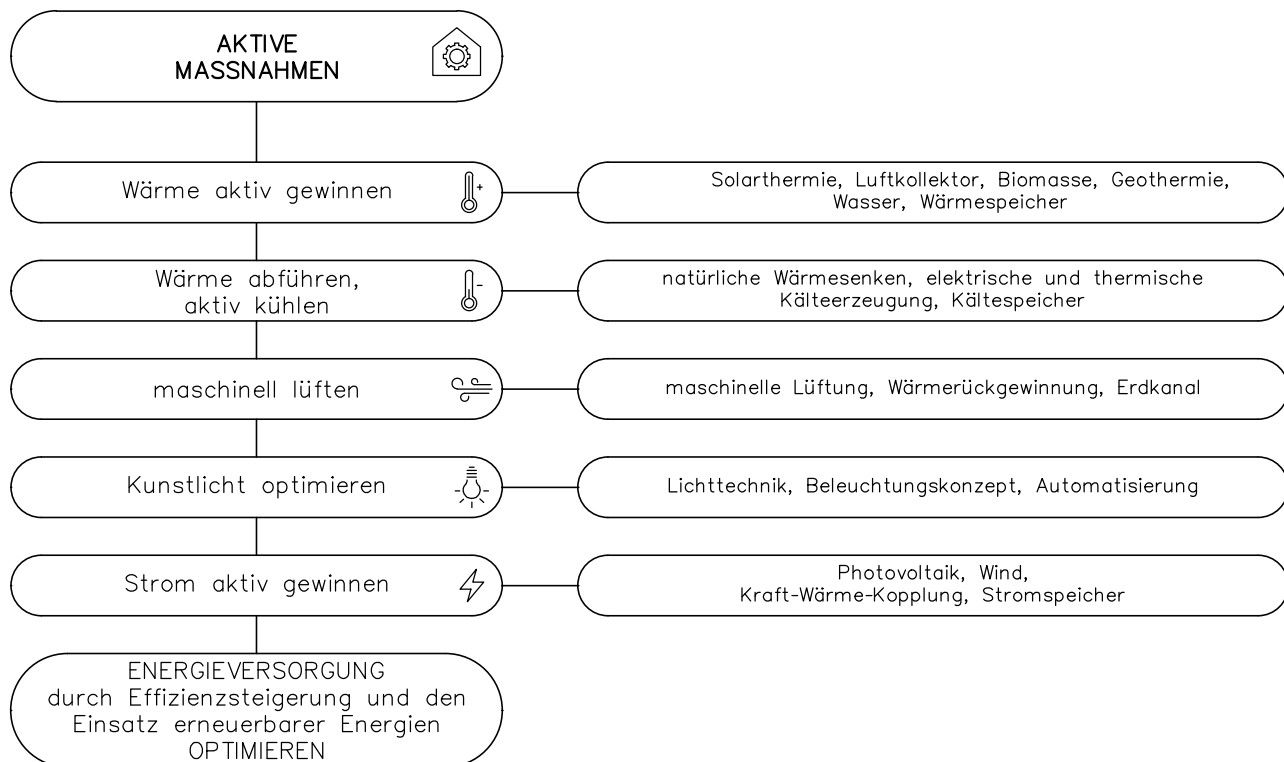


Abb. 29 AKTIVE MASSNAHMEN

01 Vgl. Hegger, Manfred u. a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk, vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 164.  
02 Vgl. Ebda., 118f.

robusten technischen Versorgungskonzepts die Fehleranfälligkeit reduzieren und hohe Instandhaltungskosten vermeiden kann.<sup>03</sup> Ausschlaggebend für eine nachhaltige Gebäudetechnik ist dementsprechend ein **in den Entwurf integriertes technisches Konzept**, das für jede spezifische Bauaufgabe **individuelle Lösungsansätze** bereitstellen kann.<sup>04</sup> Im Vorfeld sollten, beruhend auf der Optimierung von Materialien, Konstruktion, Baukörper und Hülle, alle zielführenden **passiven Maßnahmen** ↗ auf ein Gebäude angewandt werden, um so zuallererst den Energiebedarf zu minimieren, bevor im Anschluss durch den Einsatz **aktiver Gebäudetechnik-Systeme** Energie in Form von Wärme, Kälte und Strom gewonnen werden kann (**siehe Abb. 30, S. 99**).

Unter der Annahme, dass die passive Strategie hinsichtlich aller Energiethemen vollends umgesetzt werden konnte, stellt sich in Bezug auf den **Wohnbau** allerdings die Frage nach der **Notwendigkeit bzw. Sinnhaftigkeit von technischen Anlagen** wie einer aktiven Gebäudekühlung ↗.

↗ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN, S. 80

↗ D.3. LOWTECH | HIGHTECH, S. 74

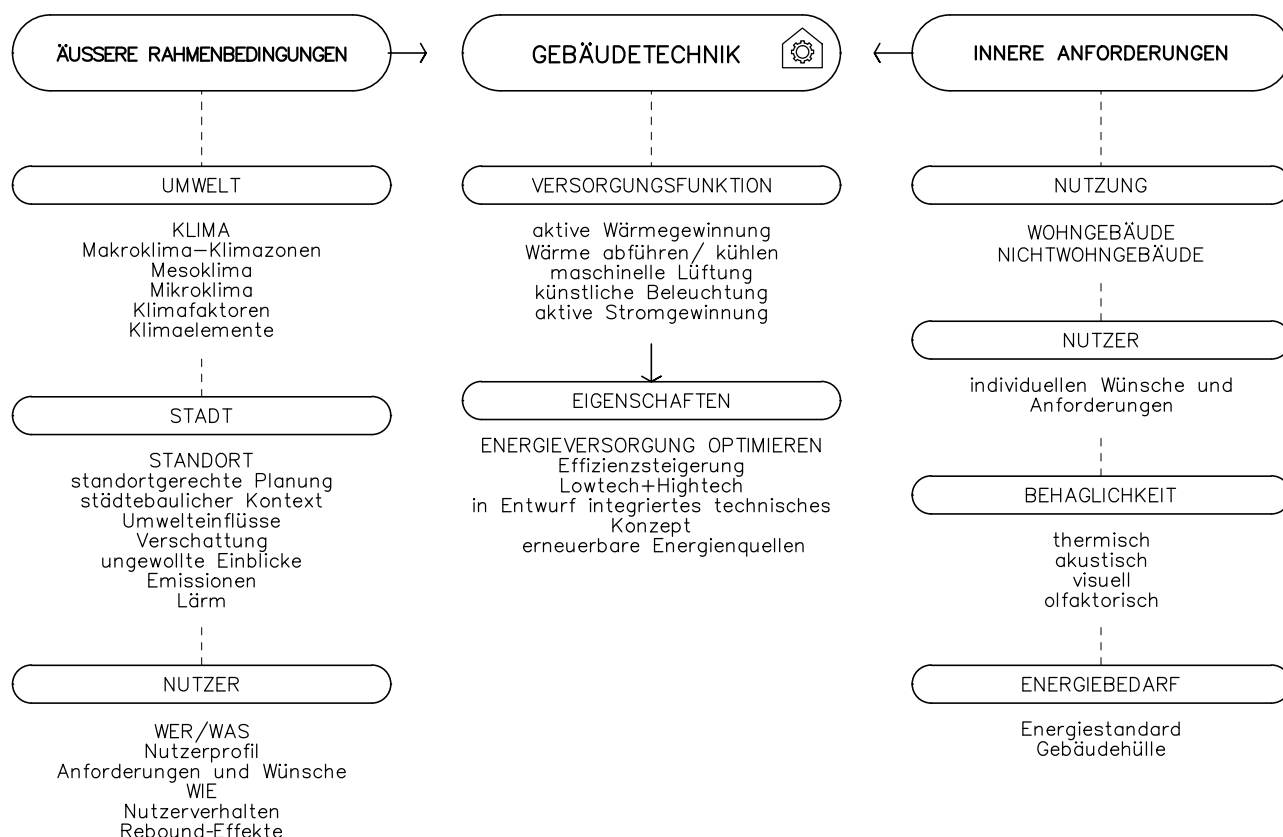


Abb. 30 GEBÄUDETECHNIK

03 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk, vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 123.  
04 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 110.



## D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN

### ERNEUERBARE ENERGIEN

Zur Energieversorgung eines Gebäudes stehen generell **Umweltenergien** aus drei unterschiedlichen Quellen zur Verfügung: die **Sonne**, die **Erde** (Erdwärme aus Zerfallsprozessen im Erdinneren) und die Anziehungskraft zwischen Erde und **Mond**.

Die **Solarstrahlung** bietet enormes Potenzial, direkt oder indirekt Energie in Form von **Strom, Wärme, Kälte** sowie **Kraftstoff** zu gewinnen.

**Direkt** lässt sich die Solarenergie in Form von **Photovoltaik** ↗ oder **thermischen Solaranlagen** ↗ am Gebäude nutzbar machen. **Biomasse** ↗, **Windenergie** ↗ und **Wasserkraft** ↗ sind **indirekt** von der Solareinstrahlung induzierte erneuerbare Energiequellen.

Der Ursprung **geothermischer Energie** ↗ liegt zum einen in der Zerfallsenergie natürlicher radioaktiver Isotope im Erdinneren und zum anderen in oberflächennaher gespeicherter Sonnenenergie, welche in erster Linie zur Wärmeproduktion herangezogen werden kann.

Die **Gravitation zwischen Erde und Mond** macht es schließlich möglich, die **Gezeiten** bzw. **Wellen** für die Stromgewinnung zu erschließen (**siehe Abb. 31, S. 101**).

Wenngleich die theoretisch aus erneuerbaren Quellen beziehbare Energie zirka dem 3000-fachen des aktuellen jährlichen Weltenergieverbrauchs entspricht, ist davon allerdings nur ein **geringer Anteil tatsächlich nutzbar**, da deren Angebot zum einen stark von lokalen klimatischen Gegebenheiten abhängt und deren Potenzial zum anderen durch technische, strukturelle und ökonomische Faktoren eingeschränkt wird.<sup>05</sup> Nichtsdestotrotz stellen erneuerbare Energien eine bedeutende Chance dar, unsere **zukünftige Energieversorgung nachhaltig sicherzustellen**.

Speziell für den **Wohnbau** sind in diesem Zusammenhang in erster Linie **regenerative Energietechnologien** interessant, die sich **direkt am Gebäude** oder zumindest **in dessen Nähe** (z.B. am Grundstück) einsetzen lassen, um so aktiv zur Energieversorgung des Bauwerks beizutragen.

↗ D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/  
Photovoltaik, S. 108

↗ D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/  
Solarthermie, S. 102

↗ D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/  
Biomasse, S. 102

↗ D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/ Wind, S.  
109

↗ D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/ Wasser,  
S. 104

↗ D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/  
oberflächennahe Geothermie, S. 103

D

05 Vgl. Hennicke, Peter/ Fishedick, Manfred: ERNEUERBARE ENERGIEN. Mit Energieeffizienz zur Energiewende, München 2007, 30f.



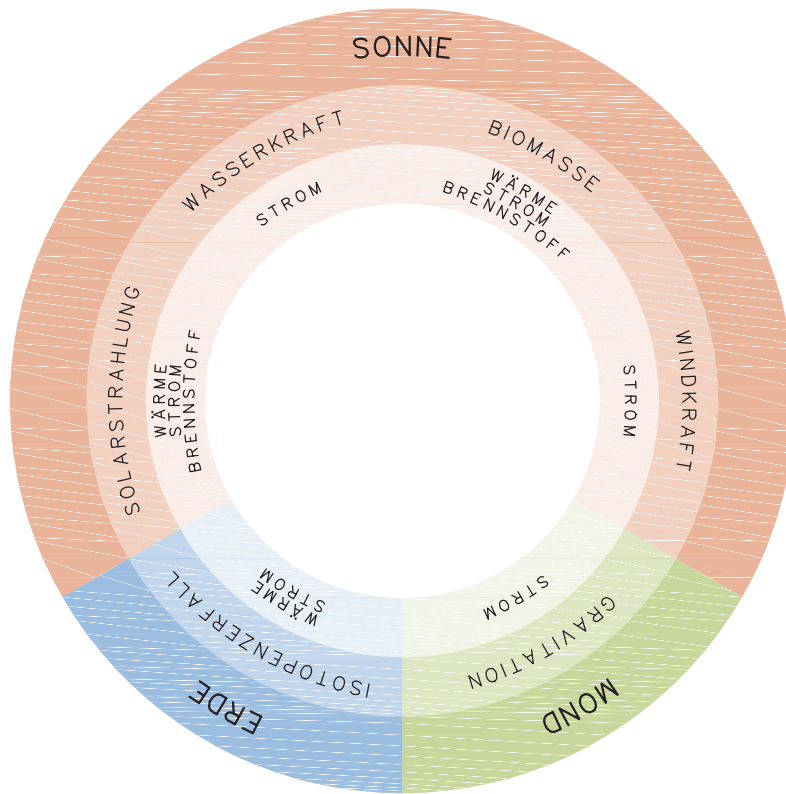


Abb. 31 UMWELTENERGIEN

D



## D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN

### WÄRME aktiv gewinnen

#### Solarthermie

Bei **thermischen Solaranlagen** wird mithilfe von **Kollektoren** ein Trägermedium durch die eintreffende Solarstrahlung erwärmt, welches in einen **Warmwasserspeicher** geleitet wird und dort die gewonnene Wärme an kälteres Wasser abgibt. Dieses kann anschließend als **Brauchwarmwasser**, zur Bereitstellung von **Raumwärme** oder auch zur **solaren Kühlung** verwendet werden.

Bei der Planung von Solarkollektoren gilt es, gleichermaßen wie bei PV-Anlagen, die **mikroklimatischen Verhältnisse** sowie den **städtebaulichen Kontext** genauestens zu **analysieren**, um den größtmöglichen Wirkungsgrad zu erzielen.

Da Warmwasser resp. Heizwärme in erster Linie in der kalten Jahreszeit benötigt wird, bietet sich die **vertikale Integration** der Kollektoren **in die Fassade** an, da so die **Strahlung der flachstehenden Wintersonne** optimal eingefangen und ein Maximum an Wärme produziert werden kann. Die Fassadenintegration hat den Vorteil, dass **zusätzliche Funktionen der Gebäudehülle** übernommen werden können – die Dämmung auf der Rückseite von Flachkollektoren dient beispielsweise gleichzeitig als Wärmedämmung. Die simpelste Form von Kollektoren sind die sogenannten **Schwimmbadkollektoren**, bei denen Wärme mithilfe von wasserdurchströmten schwarzen Gummimatten gewonnen wird. Die am weitesten verbreitete Variante ist hingegen der **Flachkollektor**, welcher aus einer hochwärmeabsorptionsfähigen Metallplatte, die von einem Wasser-Propylen-glykol-Gemisch durchströmt wird, einer Glasplatte als Abdeckung und Dämmung auf der Rückseite, besteht. Mit bis zu 90% verfügen **Vakuum-Röhrenkollektoren** über den höchsten Wirkungsgrad.

#### Luftkollektor

Diese technisch sehr einfach aufgebauten Kollektoren sind mit Flachkollektoren vergleichbar, mit dem Unterschied, dass hier **Luft anstatt Wasser** erwärmt wird, welches zur **Temperierung bzw. Vorkonditionierung von Raumluft** eingesetzt werden kann. Die Außenluft wird erwärmt, indem sie zwischen einer dunklen, durch die Sonne erhitzten Absorptionsfläche und einer transparenten Verkleidung vorbeigeleitet wird. Mithilfe des Kamineffekts steigt diese nach oben und kann direkt im Gebäude genutzt werden. Mithilfe einer **Absorptionskältemaschine** kann die erhitzte Luft darüber hinaus zur **Kälteproduktion** eingesetzt werden.<sup>06</sup>

#### Biomasse

Unter Biomasse versteht man alle organischen kohlenstoffhaltigen Stoffe, ergo sämtliche **Pflanzen** und **Tiere** sowie deren **Rückstände**, wie abgestorbene Pflanzen oder

➤ D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/  
Wärmespeicher, S. 104

➤ D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/  
Thermische Kälteerzeugung, S. 106

➤ D.2.1. MIKROKLIMATISCHE ANALYSE, S.  
68

➤ B.2.1. STANDORT, S. 41

D

➤ D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/  
Thermische Kälteerzeugung, S. 106

06 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 166-168.





Exkremente.

Prinzipiell stammt die energetisch nutzbare Biomasse (in Europa) aus **Ernterückständen** (Waldrestholz, Stroh), **organischen Nebenprodukten** (Industrierestholz, Gülle), **organischen Abfällen** (Dung, Klärschlamm, Großküchenabfälle) und aus **Energiepflanzen** (Raps, Chinaschilf).

Für die Nutzbarmachung von Biomasse für die **Wärmeversorgung** von Gebäuden ist ihre Verarbeitung in **Energieträger** notwendig. Der Festbrennstoff **Holz** bietet in diesem Zusammenhang in Form von **Stückholz**, **Holzhackschnitzel** oder **Holzpellets** wohl das größte Potenzial zur direkten Energie- bzw. Wärmegewinnung unmittelbar im Gebäude. Da bei der Verbrennung des Rohstoffes Holz lediglich das während des Wachstums eingelagerte CO<sub>2</sub> freigesetzt wird, gilt Holz im Allgemeinen als „**CO<sub>2</sub>-neutraler**“ Energieträger.<sup>07</sup> Bei genauerer Betrachtung trifft dies allerdings nicht vollständig zu, da die aufgewendete Energie für Ernte, Verarbeitung und Transport meist nicht einbezogen wird.<sup>08</sup> Die Verbrennung von **Scheitholz** ist die älteste Technik zur Beheizung eines Gebäudes. Mit modernen Scheitholzkesseln lassen sich Wirkungsgrade bis zu 90% erreichen. Das Heizen mit Hackschnitzeln macht relativ große Lagerflächen notwendig und ist aufgrund des hohen Wartungs- und Beschickungsaufwands für Einfamilienhäuser eher ungeeignet. Mit **Holzpelletanlagen** lassen sich Wirkungsgrade über 90% bei sehr niedrigen Emissionen erzielen. Pellets können außerdem über mehrere Monate gelagert werden, sodass ein EFH für die gesamte Heizperiode versorgt werden kann.

Zu den **flüssigen Energieträgern** zählt beispielsweise **Raps**, welcher sich zu Rapsöl oder Biodiesel umwandeln lässt. Mithilfe des „**Biomass-to-liquid-Verfahren**“ können universell einsetzbare Öle hergestellt werden, welche ähnliche Eigenschaften wie Erdölprodukte aufweisen und als Treibstoff für Motoren einsetzbar sind. Darüber hinaus lässt sich u.a. aus **Gülle oder organischen Abfällen** durch Gärungsprozesse unter Luftabschluss Methangas erzeugen.<sup>09</sup>

### oberflächennahe Geothermie

Erdwärme nahe der Oberfläche kann entweder mithilfe von **Erdkollektoren** oder anhand von **Erdwärmesonden** mit Unterstützung einer **Wärmepumpe** zur **Wärmeproduktion** eingesetzt werden. Erdwärmekollektoren bestehen aus horizontal soledurchflossenen Rohrschlangen, die in einer Tiefe zwischen 1,5 und 3 m installiert werden. Gebohrte Erdwärmesonden nutzen hingegen die konstante Temperatur (ca. 12°C) in einer Tiefe von etwa 100 m, um mithilfe von soledurchflossenen Kunststoffrohren Wärme aus dem Erdreich zu fördern. Alternativ hierzu lassen sich massive Pfahlgründungen aus Beton thermisch aktivieren (**Energiepfähle**), welche neben ihrer Hauptfunktion der Lastabtragung zusätzlich geothermische Wärme gewinnen können.<sup>10</sup>

Oberflächennahe Geothermie eignet sich vorzugsweise für den Einsatz im **Wohnbau** um Einzelgebäude oder ganze Quartieren mit Heiz- und Kühlenergie zu versorgen.<sup>11</sup>

07 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 115-117.

08 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 169.

09 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 117.

10 Vgl. Ebda., 121f.

11 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 170.

D





## D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN

### Zielkonflikte

Aufgrund des verhältnismäßig **großen Flächenbedarfs von Erdkollektoren** vermögen **Energiepfähle** – also die thermische Aktivierung der Gründung eines Gebäudes – vor allem im städtischen Raum den Wärmebedarf zu decken oder zumindest zu ergänzen und gleichzeitig Fläche einzusparen.<sup>12</sup>

### **Tiefen-Geothermie**

Unter Einsatz von **geothermischen Kraftwerken** kann aus tieferen Erdschichten Strom bzw. Wärme gewonnen werden. Dem Erdreich wird hierbei 100 bis 300°C heißes Wasser aus einer Tiefe von bis zu 7 Kilometern entnommen, durch das über Dampfprozesse Strom und als „Nebenprodukt“ Wärme produziert werden kann.<sup>13</sup> Diese Kraftwerke eignen sich logischerweise nicht zur direkten Energiegewinnung am Gebäude.

### **Wasser**

**Fließ-, Grund- oder Regenwasser** kann, entweder direkt zur Vorkonditionierung oder indirekt mithilfe einer Wärmepumpe, zur **Wärmeproduktion** nutzbar gemacht werden. Zur **direkten Kühlung** wird dem Erdreich ca. 14°C kaltes Wasser entnommen und über einen Wärmetauscher dem Kühlkreislauf übergeben.

Die Gewinnung von **elektrischer Energie** aus Wasser, etwa anhand eines **Speicherkraftwerkes**, ist hingegen kaum direkt am oder in der näheren Umgebung eines Gebäudes umsetzbar.<sup>14</sup>

### **Wärmespeicher**

Prinzipiell unterscheidet man zwischen **Kurz- und Langzeitspeichersystemen**, mit deren Hilfe sich **Wärme**, aber auch **Kälte**, speichern lässt. Erstere können Wärme lediglich für ein paar Tage bewahren, während letztere als saisonale Wärmespeicher fungieren. Die lange Speicherung über mehrere Monate ist allerdings mit Verlusten verbunden.<sup>15</sup> Zu den **sensiblen (fühlbaren) Wärmespeichern**, der gängigsten Art der Speicherung, zählt u.a. das Medium **Wasser**.<sup>16</sup> Dieses zeichnet sich durch eine gute Speicherfähigkeit, leichte Verfügbarkeit, gute Transporteigenschaften sowie niedrige Kosten aus. Zu beachten ist jedoch der Platzbedarf der dafür notwendigen Tanks. Eine weitere Anwendungsmöglichkeit sensibler Wärmespeicher ist die thermische Aktivierung von Speichermasse. **PCM** (Phase Change Material) gehört zur Gruppe der **Latent-Wärmespeicher**, welche zum Speichern von Wärme ihren Aggregatzustand von fest zu flüssig ändern, ohne ihre Temperatur dabei zu erhöhen. Zur Abgabe der Energie muss das PCM, z.B. mithilfe von

12 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 122.

13 Vgl. Ebda., 48.

14 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 170.

15 Vgl. Ebda., 182f.

16 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 124.







Nachtauskühlung, thermisch entladen werden, wobei ein Phasenwechsel von flüssig zu fest stattfindet. Latent-Wärmespeicher können u.a. dazu dienen die Speichermasse ↗ eines Gebäudes zu erhöhen.

**Thermochemische Speicher** nutzen reversible chemische Reaktionen, um Wärme zu speichern. In **Sorptionsspeichern** wird ein Speichermedium durch Erwärmung aufgeladen und diesem dabei gleichzeitig Wärme entzogen. Die gespeicherte Wärme kann umgekehrt durch Zuführen von Wasserdampf wieder freigesetzt werden. So ist eine verlustfreie Speicherung von Wärme möglich.<sup>17</sup>

↗ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/  
Konstruktionsweise, S. 88

## KÄLTE abführen, aktiv kühlen

### Natürliche Wärmesenken

Unter bestimmten Voraussetzungen ist es möglich, Wärmelasten mithilfe von **natürlichen Kühlpotenzialen**, wie sie die Medien Luft, Erdreich und Wasser bereitstellen, abzuführen.

Die **Außenluft** bietet sich in erster Linie zur **thermischen Entspeicherung der Gebäudemasse** ↗, mithilfe von kalter Nachtluft, an. Dies kann entweder über direkten Luftaustausch, anhand einer natürlichen oder maschinellen Lüftung ↗ oder indirekt über Bauteilaktivierung geschehen. Der Kühleffekt der Nachtluft ist umso höher, je größer der Temperaturunterschied zwischen Tag und Nacht ist.

Da das **Erdreich** ab einer Tiefe von etwa 30 Metern eine konstante Temperatur über das ganze Jahr aufweist, lässt sich die dort gespeicherte Energie sowohl zur **Gebäudekühlung** als auch **-heizung** ↗ nutzen. Bei Gebäuden, die mit einer maschinellen Lüftung ausgestattet sind, lässt sich mittels eines **Erdkanals** (Erdwärmetauscher) – im Boden verlegte Rohre – die Außenluft in der warmen Jahreszeit kühlen bzw. bei niedrigen Außentemperaturen für die Heizung vortemperieren. Die Jahresmitteltemperatur sowie die Dimensionierung des Erdkanals bestimmen dabei die zu erreichende Kühlleistung. Alternativ dazu lässt sich über soledurchflossene **Erdsonden** Kälte produzieren.

Aufgrund der hohen Speicherkapazität von **Wasser** lässt sich **Grund- oder Oberflächenwasser** ↗ bei einem Temperaturniveau unter 20°C direkt zur **Kühlung** verwenden. Der Effekt, bei welchem Wasser beim Übergang vom flüssigen in den gasförmigen Zustand der Umgebung Energie entzieht, lässt sich zur Kühlung der Zuluft nutzen (**adiabate Kühlung**). Besonders in der trocken-heißen Klimazone ist das Kühlen anhand einer direkten Anreicherung der Zuluft mit Feuchtigkeit, etwa dank offener Wasserflächen und Pflanzen oder der Sprühvernebelung von Wasser, sinnvoll. Alternativ lässt sich die Abluft mithilfe einer maschinellen Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung befeuchten, um zu kühlen ohne die Luftfeuchtigkeit zu erhöhen.<sup>18</sup>

↗ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ passive  
Kühlung, S. 94

↗ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/  
natürliche Lüftung, S. 96 bzw.

D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/ maschinelle  
Lüftung, S. 107

↗ D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/  
oberflächennahe Geothermie, S. 103

↗ D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/ Wasser,  
S. 104



17 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk, vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 183.

18 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 128-130.





## D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN

### Elektrische Kälteerzeugung

Die elektrische Kühlung eines Gebäudes kann unter Verwendung von **Kältemaschinen**, entweder anhand eines wassergeführten Kühlsystems (z.B. Bauteilaktivierung) oder eines Kühlregisters in Lüftungsanlagen umgesetzt werden. Speziell in unseren Breiten ist die **Sinnhaftigkeit einer aktiven Kühlung für Wohnbauten** kritisch zu hinterfragen, zumal sich hier durch passive Maßnahmen eine Überhitzung verhältnismäßig einfach verhindern lässt und folglich ein enormes Einsparpotenzial besteht.

Die gängigste Art der Kälteerzeugung erfolgt durch **Kompressionskältemaschinen**, welche der umgekehrten Funktionsweise einer Wärmepumpe gleichkommen. **Reversible Wärmepumpen** können gleichermaßen zur Wärme- und zur Kälteproduktion eingesetzt werden.

### Thermische Kälteerzeugung

Zum Antrieb von **Sorptionskältemaschinen** wird Wärme benötigt, welche in Form von **Abwärme**, beispielsweise von Blockheizkraftwerken bei dezentraler Kraft-Wärme-Kopplung oder von solarthermischen Systemen (**solare Kühlung**), bereitgestellt werden kann. Sorptionskältemaschinen können entweder über das Prinzip der **Adsorption** (Anlagerung) oder der **Absorption** (Vermischung) betrieben werden.<sup>19</sup>

### Kältespeicher

Sämtliche zur Wärmespeicherung  $\nearrow$  vorhandenen Technologien lassen sich prinzipiell auch zur Speicherung von Kälte einsetzen.<sup>20</sup>

Entscheidend für die Speicherdichte und somit für die **Effizienz eines Kältespeichers** ist die erreichbare **Differenz zwischen Nutz- und Speichertemperatur**. Da sich Wasser maximal auf 0°C abkühlen lässt ohne zu gefrieren, bieten sich als Alternative sogenannte **Eisspeicher** an. Diese speichern neben der sensiblen (fühlbaren) auch die latente (gebundene) Wärme aus der Eisbildung und können dadurch eine etwa zehnmal höhere Speicherdichte als bei **Kaltwasserspeichern** erreichen.<sup>21</sup>

## LICHT

### künstliche Beleuchtung

Für eine wirksame künstliche Beleuchtung gilt es im Vorfeld, die **Tageslichtnutzung** durch **passive Maßnahmen**  $\nearrow$ , wie durch den Verglasungsflächen- bzw. Öffnungsanteil oder die Orientierung des Gebäudes resp. von Räumen, zu optimieren.

$\nearrow$  D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/  
Wärmespeicher, S. 104

$\nearrow$  D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ passive  
Nutzung der Solarstrahlung, S. 90/  
natürliche Belichtung, S. 95

19 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 130f.

20 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk, vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 183.

21 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 131.





Der **Kunstlichtbedarf** wird in erster Linie durch die **Nutzung** sowie durch die sich daraus ergebenden **inneren Anforderungen** ↗ bestimmt. Bei der Planung von künstlicher Beleuchtung muss darauf geachtet werden, ein hohes Maß an **(visueller) Behaglichkeit** ↗ für den Nutzer, bei gleichzeitig möglichst **geringem Energieverbrauch**, sicherzustellen. Für einen hohen Komfort sind u.a. die Helligkeit, der Kontrast, die Farbwiedergabe und das Vermeiden von Blendung maßgebend, die die Beleuchtungstechnik durch bestmögliche Nachbildung des natürlichen Lichtes bereitzustellen versucht.

Der **Strombedarf** von Kunstlicht ist vor allem von der Art der eingesetzten **Lampen** sowie **Leuchten** abhängig. Als Lampe wird das Leuchtmittel bezeichnet (z.B. eine Glühbirne), wohingegen die Leuchte das System darstellt, welches die Lampe aufnimmt.<sup>22</sup> Insbesondere **Leuchtdioden** (LED) weisen eine sehr hohe Effizienz bei der Umwandlung von elektrischer Energie zu Licht und folglich einen sehr niedrigen Stromverbrauch auf – Faktor 10 gegenüber herkömmlichen Glühbirnen. Mit einem Faktor von 4 bis 10, im Vergleich zur Glühbirne, stellen **Leuchtstofflampen** beinahe ebenso effiziente Leuchtmittel dar. Zu bedenken sind hier etwaige **Rebound-Effekte** ↗, durch den Einsatz besonders effizienter Lampen.

Die wohl größte Einsparung bezüglich des Stromverbrauchs von künstlicher Beleuchtung lässt sich durch **Automatisierung der Lichttechnik** ↗ erzielen. Als effektives Hilfsmittel haben sich Bewegungs-, Akustik- oder Infrarotmelder sowie Schaltuhren oder Tageslichtsensoren erwiesen. Wichtig hierbei ist es, **Nutzereingriffe** jederzeit **zu ermöglichen**, um individuelle Anpassungen vornehmen zu können.<sup>23</sup>

↗ C. GEBÄUDE. INNERE ANFORDERUNGEN/ C.1. NUTZUNG, S. 48  
↗ C.3. BEHAGLICHKEIT/ VISUELLE BEHAGLICHKEIT, S. 50

↗ A.3.4. REBOUND-EFFEKT, S. 32

↗ A.3.5. GEBÄUDEAUTOMATION, S. 33



D

## LUFT

### maschinelle Lüftung

Ziel des mechanischen Lüftens ist es, durch Frischluftzufuhr, Luftwechsel und das Abführen von Feuchtigkeit, eine hohe **Raumluftqualität** sowie **Behaglichkeit** ↗ sicherzustellen und die **Lüftungswärmeverluste** sowie folglich die Betriebskosten so gering wie möglich zu halten. Um die maschinelle Lüftung noch effizienter zu gestalten bzw. den Verbrauch weiter zu reduzieren, können Lüftungsanlagen durch technische Hilfsmittel ergänzt werden. Mithilfe einer **automatischen Regelung** ↗ lässt sich über eine Zeit-Programmsteuerung, Bewegungsmelder oder Sensoren die Lüftungsanlage je nach Bedarf steuern bzw. einstellen und der Energiebedarf in der Folge deutlich reduzieren. In Wohngebäuden kommt häufig die sogenannte **Kaskadenlüftung** zum Einsatz, bei der die Zuluft direkt in die Haupträume (Wohnzimmer, Schlafzimmer etc.) eingeleitet und die Abluft in Räumen mit hoher Belastung bzw. Emissionen (Bad, WC, Küche) wieder abgesaugt wird. Dieser wird anschließend in einem **Wärmetauscher** die Energie entzogen und an die Frischluft übergeben. So lässt sich die Luft mehrfach in verschiedenen Räumen wiederverwenden.

Könnte der Wärmebedarf des Gebäudes im Vorfeld, anhand der Optimierung aller ziel-

↗ C.3. BEHAGLICHKEIT, S. 50

↗ A.3.5. GEBÄUDEAUTOMATION, S. 33

22 .....  
Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 136f.

23 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 162f.





## D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN

➤ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/ WÄRME  
erhalten und passiv gewinnen, S. 84

führenden **passiven Maßnahmen** ➤, auf ein Minimum reduziert werden, macht es die Zuhilfenahme einer Lüftungsanlage mit **Wärmerückgewinnung** (WRG) möglich, **lediglich mithilfe der Zuluft zu heizen**. So lassen sich mit einer WRG im Winter 75 bis 90% der Wärmeverluste bzw. im Sommer fast 60% der Kälteverluste einsparen. Am häufigsten kommen sogenannte **Kreuzstromwärmetauscher** zum Einsatz.

➤ D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/  
Natürliche Wärmesenken, S. 105

Da das Erdreich über das ganze Jahr eine konstante Temperatur hält, lässt sich die Lüftungsanlage mit einem **Erdkanal** ➤ kombinieren. Dadurch kann die Frischluft vortemperiert werden und muss zum Lüften lediglich etwas weiter erwärmt (Winter) resp. gekühlt (Sommer) werden.<sup>24</sup>

## STROM

### Photovoltaik

Unter Photovoltaik versteht man den Prozess der **direkten Umwandlung von Solarstrahlung in elektrische Energie** mittels Solarzellen bzw. -modulen. Der so gewonnene Strom ist entweder **direkt im Gebäude nutzbar** oder kann, wenn gerade nicht benötigt, in das **öffentliche Netz eingespeist** bzw. in Batteriesystemen **gespeichert** ➤ und etwa für Elektromobilität verwendet werden.

Bei der Planung von PV-Anlagen ist neben der **Analyse** des **Sonnenverlaufs**, der einfallenden Menge an **Solarstrahlung** sowie der **Sonnenscheindauer** ➤ am Standort ebenso der **städtebauliche Kontext** ➤ zu untersuchen, um eine optimale Ausrichtung und minimale Verschattung der Module zu gewährleisten und demzufolge den bestmöglichen Ertrag zu erwirtschaften.

PV-Elemente lassen sich prinzipiell am **Dach** und/oder an der **Fassade** installieren. Die Dachmontage hat den Vorteil, dass sich, gegenüber der vertikalen Installation auf der Fassade, die Module im optimalen Neigungswinkel ausrichten lassen und so höhere Gewinne erzielt werden können. Ferner lassen sich Photovoltaik-Module auch **direkt in die Gebäudehülle** ➤ bzw. **in ein Bauprodukt** (z.B. PV-Dachziegel oder -fenster) **integrieren** und sind so in der Lage, neben ihrer primären Aufgabe als Stromerzeuger, auch **andere Funktionen**, wie die des Witterungs-, Sonnen- oder Sichtschutzes, zu übernehmen. Dies hat zum einen den positiven Effekt, dass die Kosten für ein zusätzliches Bauelement eingespart werden können und zum anderen, dass die Module auch gestalterisch in die Hülle eingebettet werden.<sup>25</sup>

Grundsätzlich lassen sich Solarzellen in zwei Kategorien einteilen: **Kristalline Solarzellen** umfassen Zellen aus monokristallinem und polykristallinem Silizium. Letztere sind mit einem Marktanteil von 60% am weitesten verbreitet und haben einen Wirkungsgrad von 13-15%. Zu den **Dünnschicht-Solarzellen** gehören Zellen aus amorphem Silizium, Kupfer-Indium-Selen (CIS) und Cadmium-Tellurid (CdTe). Vorteil dieser ist, dass durch

24 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk, vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 174f.

25 Vgl. Ebda., 164f.

➤ D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/  
Stromspeicher, S. 110

➤ D.2.1. MIKROKLIMATISCHE ANALYSE, S.  
68

➤ B.2.1. STANDORT, S. 41

➤ D.4.1. PASSIVE MASSNAHMEN/  
GEBÄUDEHÜLLE, S. 82





direktes Auftragen auf die Trägerschicht wesentlich an Material und Energie eingespart werden kann und zudem mehr Gestaltungsfreiheit in Bezug auf Größe und Form der Zellen besteht.<sup>26</sup>

### Wind

Mithilfe von **Windkraftanlagen** (WKA) lässt sich durch die Strömungsenergie des Windes **elektrische Energie** erzeugen. Zentrales Bauelement von WKA sind drei Rotoren, welche durch ihre aerodynamische Flügelform eine Drehbewegung erzeugen und so einen Wirkungsgrad von bis zu 59% erreichen.<sup>27</sup>

Für die Nutzung direkt am Gebäude eignen sich **Kleinwindkraftanlagen**, welche auch in dicht bebauten Gebieten einsetzbar sind. Entscheidend bei der Planung ist hier die Analyse der Windverhältnisse ↗, da diese stark von der Umgebung sowie der Gebäudegeometrie und -ausrichtung beeinflusst werden.<sup>28</sup>

↗ D.2.1. MIKROKLIMATISCHE ANALYSE,  
S. 68

### Kraft-Wärme-Kopplung

Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ermöglicht die Produktion von **Strom und Wärme** zur gleichen Zeit, beispielsweise dank eines **Blockheizkraftwerks** (BHKW). Entscheidend für eine effiziente Nutzung ist auch der **gleichzeitige Bedarf von elektrischer Energie und Heizwärme**.

Mit Biobrennstoffen oder Biogas betriebene Verbrennungsmotoren eines BHKW, treiben üblicherweise einen Generator zur **Stromerzeugung** an – die dabei entstehende **Abwärme** lässt sich zur **Erwärmung von Heiz- oder Brauchwasser** einsetzen. Alternativ dazu kann die Abwärme eines **Stirlingmotors**, welcher prinzipiell Wärme in elektrische Energie umwandelt, genutzt werden.

Die **Doppelnutzung** der KWK ist im Vergleich zur getrennten Erzeugung von Strom und Wärme **wesentlich effizienter**, da diese ca. 50% mehr Brennstoff benötigt um dieselbe Menge an Energie zu erzeugen. Da die **KWK** ihre **höchste Effizienz bei konstanten größeren Verbräuchen** aufweist, wird sie in erster Linie in Industrieanlagen, Krankenhäusern oder Mehrfamilienhäusern eingesetzt und eignet sich daher weniger für kleine Wohnhäuser, wie ein EFH. Hingegen bringt die Kopplung von mehreren einzelnen Gebäuden, z.B. einer Wohnsiedlung, durchaus energetische Vorteile.

Durch die Ergänzung der KWK mit einer **Absorptionskältemaschine** ↗, kann aus der anfallenden Abwärme darüber hinaus **Kälte** erzeugt werden. Diese sogenannte **Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung** (KWKK) ist speziell im Vergleich zu einer Kompressionskältemaschine, wesentlich effizienter.

**Brennstoffzellen** erzeugen durch eine kontrollierte chemische Reaktion von Sauerstoff mit **Wasserstoff** fortlaufend **elektrische Energie** und als Nebenprodukt **Wärme**. Aufgrund eines besseren Verhältnisses von erzeugter elektrischer Energie zu Wärme, gegenüber der KWK, weisen Brennstoffzellen prinzipiell eine höhere Effizienz in Bezug

↗ D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/  
Thermische Kälteerzeugung, S. 106



26 .....  
Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 139f.

27 Vgl. Hennicke, Peter/ Fischeidick, Manfred: ERNEUERBARE ENERGIEN. Mit Energieeffizienz zur Energiewende, München 2007, 48.

28 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 171.





## D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN

auf die Stromproduktion auf. Darüber hinaus ist ihr Primärenergieverbrauch um bis zu 25% und ihr CO<sub>2</sub>-Ausstoß um ca. 50% niedriger. In die Betrachtung einzubeziehen ist allerdings die für die Herstellung des Treibstoffs (Wasserstoff) aufgewendete Energie.

### Stromspeicher

Der vermehrte **Einsatz erneuerbarer Energien zur Stromgewinnung** und die damit verbundene **zeitliche Diskrepanz zwischen Produktion und Nachfrage** machen das Speichern von elektrischer Energie sinnvoll, wengleich dies mit bedeutend **mehr Aufwand sowie Kosten** verbunden ist als die Speicherung von thermischer Energie ↗.

In den letzten Jahren wurden zahlreiche **Speichersysteme** entwickelt – neben Batterien bieten sich Wasserstoff, Methanisierung, Druckluft oder Pumpspeicherkraftwerke für eine effiziente Speicherung an.<sup>29</sup> In Gebäuden finden, aufgrund ihrer hohen Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit, in erster Linie **Akkumulatoren** (Blei-Gel-Akkumulatoren) Verwendung. Aus ökologischer Sicht sind ihre kurze Lebensdauer sowie ein relativ hoher Entsorgungsaufwand negativ zu bewerten.

Mithilfe von elektrischer Energie lässt sich über ein Elektrolyseverfahren **Wasserstoff** aus Wasser herstellen, welches zum Betreiben einer **Brennstoffzelle** ↗ eingesetzt werden kann. Da Wasserstoff hochexplosiv in Verbindung mit Luft reagiert, liegt die Herausforderung in der entsprechenden Lagerung sowie in der Entwicklung eines geschlossenen Wasserstoffkreislaufes.<sup>30</sup>

↗ D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/  
Wärmespeicher, S. 104

↗ D.4.2. AKTIVE MASSNAHMEN/ Kraft-  
Wärme-Kopplung, S. 109

D

29 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk, vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013, 178-184.  
30 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008, 145.



## WEITERFÜHRENDE LITERATUR

### BÜCHER

Bauer, Michael/ Möhle, Peter/ Schwarz, Michael: Green Building. Leitfaden für nachhaltiges Bauen, Berlin/Heidelberg 2013

Bohne, Dirk: Technischer Ausbau von Gebäuden. Und nachhaltige Gebäudetechnik, Wiesbaden 2014

Eicker, Ursula: Solare Technologien für Gebäude. Grundlagen und Praxisbeispiele, Wiesbaden 2012

El Khouli, Sebastian/ John, Viola/ Zeumer, Martin: Nachhaltig konstruieren. vom Tragwerksentwurf bis zur Materialwahl: Gebäude ökologisch bilanzieren und optimieren, München 2014

Gauzin-Müller, Dominique: Nachhaltigkeit in Architektur und Städtebau. Konzepte, Technologien, Beispiele, Basel u.a. 2002  
Gebäude, München 2013

Gonzalo, Roberto: Energieeffiziente Architektur. Grundlagen für Planung und Konstruktion, Basel u.a. 2006

Gonzalo, Roberto: Passivhäuser entwerfen. Planung und Gestaltung hocheffizienter Grundlagen, Systemtechnik, Umweltaspekte, Kostenanalysen, Potenziale, Nutzung.

Gunßer, Christoph: Energiesparhäuser. neue Konzepte aus Deutschland, Österreich und der Schweiz, München 2005

Henning Larsen Architects: Design with Knowledge. New research in sustainable building, Kopenhagen 2012

Kaltschmitt, Martin (Hg.)/ Streicher, Wolfgang/ Wiese, Andreas: Erneuerbare Energien. Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte, Berlin/Heidelberg 2013

Kaltschmitt, Martin/ Streicher, Wolfgang (Hg.): Regenerative Energien in Österreich. PRAXIS, Wiesbaden 2009

Lenz, Bernhard/ Schreiber, Jürgen/ Stark, Thomas: Nachhaltige Gebäudetechnik. Grundlagen, Systeme, Konzepte, München 2010

Quaschnig, Volker: Erneuerbare Energien und Klimaschutz. Hintergründe - Techniken - Anlagenplanung - Wirtschaftlichkeit, München 2010

D

## WEITERFÜHRENDE LITERATUR

Voss, Karsten: Nullenergiegebäude. internationale Projekte zum klimaneutralen Wohnen und Arbeiten, München 2011

Watter, Holger: Nachhaltige Energiesysteme. Grundlagen, Systemtechnik und Anwendungsbeispiele aus der Praxis, Wiesbaden 2009

## INTERNET

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie/ NACHHALTIGWirtschaften konkret (März 2001): Nutzererfahrungen als Basis für nachhaltige Wohnkonzepte. Grundlagenstudie, [http://download.nachhaltigwirtschaften.at/download/endbericht\\_ornetzeder.pdf](http://download.nachhaltigwirtschaften.at/download/endbericht_ornetzeder.pdf), in: <http://www.nachhaltigwirtschaften.at/index.html> [21.12.2014]

MA 27, EU-Strategie und Wirtschaftsentwicklung (Dezember 2007): Mehr Energieeffizienz für Glasfassaden in der Architektur, <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energieplanung/sep/pdf/glasbauten.pdf>, in: <https://www.wien.gv.at/> [05.07.2015]

Menti, Urs-Peter / Hochschule Luzern (November 2009): Energieeffizienz - mehr als dicke Dämmplatten, <http://www.g-n-i.ch/data/3-Green-Building-2009-Energieeffizienz-Menti.pdf>, in: <http://www.g-n-i.ch/deutsch/> [04.03.2015]

Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern (Juni 2010): e% – Energieeffizienter Wohnungsbau. Planungshinweise für den Geschosswohnungsbau, [http://www.experimenteller-wohnungsbau.bayern.de/pdf/ew\\_brosch.pdf](http://www.experimenteller-wohnungsbau.bayern.de/pdf/ew_brosch.pdf), in: <http://www.experimenteller-wohnungsbau.bayern.de/> [21.07.2015]

Universität Liechtenstein (September 2014): Vorstudie. Nachhaltiges LowTech Gebäude, [http://www.bodenseekonferenz.org/bausteine.net/f/10490/Vorstudie\\_LowTech\\_v1-5\\_Uni\\_Liechtenstein.pdf?fd=0](http://www.bodenseekonferenz.org/bausteine.net/f/10490/Vorstudie_LowTech_v1-5_Uni_Liechtenstein.pdf?fd=0), in: [http://www.bodenseekonferenz.org/23031/Home/index\\_v2.aspx](http://www.bodenseekonferenz.org/23031/Home/index_v2.aspx) [03.08.2015]

<http://www.nachhaltigesbauen.de/>  
<http://www.nachhaltigkeit.info/>  
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at/index.html>  
<http://www.baunetzwissen.de/index.html>  
<http://www.bine.info/>  
<http://www.e-genius.at/themenuebersicht>  
<http://www.erneuerbare-energie.at/>  
<http://www.hausderzukunft.at/>  
<http://www.aee-intec.at/>



<http://www.dgnb.de/de/>  
<http://www.eia.gov/>  
<http://www.energie-bau.at/>  
<http://www.energiesparhaus.at/>  
<http://www.energyagency.at/>  
<http://www.enob.info/>  
<http://www.irena.org/home/index.aspx?PriMenuID=12&mnu=Pri>  
<http://www.novatlantis.ch/>  
<http://www.sia.ch/>  
<https://www.oegnb.net/>

**D**

### III. LITERATURVERZEICHNIS

#### BÜCHER

Drexler, Hans/ El Khouli, Sebastian: Nachhaltige Wohnkonzepte. Entwurfsmethoden und Prozesse, München 2012

Häupl, Peter u.a.: Lehrbuch der Bauphysik. Schall - Wärme - Feuchte - Licht - Brand - Klima, Wiesbaden 2013

Hausladen, Gerhard/ Liedl, Petra/ de Saldanha, Mike: Klimagerecht Bauen. Ein Handbuch, Basel 2012

Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013

Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008

Hennicke, Peter/ Fishedick, Manfred: ERNEUERBARE ENERGIEN. Mit Energieeffizienz zur Energiewende, München 2007

Mill, John Stuart: Principles of Political Economy with some of their Applications to Social Philosophy, London 1848

Pehnt, Martin: Energieeffizienz. Ein Lehr- und Handbuch, Berlin u.a. 2010

Schiretz, Birgit: GriesWorksGreen. Entwicklung eines nachhaltigen Stadtquartiers, Dipl., Graz 2012

Schittich, Christian: Detail: Solares Bauen. Strategien, Visionen, Konzepte, München 2003

Unruh, Tina u.a.: Das Klima als Entwurfsmoment. Architektur und Energie, Luzern 2013

von Ebner-Eschenbach, Marie: Aphorismen, in: Schriften Bd. 1, Berlin 1893

#### INTERNET

2000-Watt-Gesellschaft ( ): Die 2000-Watt-Gesellschaft als „Weltformel“, <http://www.2000watt.ch/die-2000-watt-gesellschaft/>, in: <http://www.2000watt.ch/> [14.8.2015]

klima:aktiv (Juli 2013): klima:aktiv Gebäudestandard. Kriterienkatalog für Neubau und Sanierung von Wohnbauten, [http://www.klimaaktiv.at/dms/klimaaktiv/publikationen/bauen\\_sanieren/gebaeudestandard/klimaaktiv\\_20Gebaueude\\_standard\\_2011-1-/Klimaaktiv\\_Kriterienkatalog\\_2013web.pdf?1=1](http://www.klimaaktiv.at/dms/klimaaktiv/publikationen/bauen_sanieren/gebaeudestandard/klimaaktiv_20Gebaueude_standard_2011-1-/Klimaaktiv_Kriterienkatalog_2013web.pdf?1=1), in: <http://www.klimaaktiv.at/> [02.12.2014]

austrian energy agency ( ): Der Energieausweis, [http://www.energyagency.at/fileadmin/dam/pdf/projekte/gebaeude/FAQ-Energieausweis\\_neu.pdf](http://www.energyagency.at/fileadmin/dam/pdf/projekte/gebaeude/FAQ-Energieausweis_neu.pdf), in <http://www.energyagency.at/> [03.02.2015]

Bähr, Jürgen (Oktober 2007): Entwicklung von Urbanisierung, [http://www.berlin-institut.org/fileadmin/user\\_upload/](http://www.berlin-institut.org/fileadmin/user_upload/)

handbuch\_texte/pdf\_Baehr\_Entwicklung\_Urbanisierung.pdf, in: <http://www.berlin-institut.org/> [16.04.2015]

Bähr, Jürgen (Oktober 2007): Folgen von Urbanisierung, [http://www.berlin-institut.org/fileadmin/user\\_upload/handbuch\\_texte/pdf\\_Baehr\\_Folgen\\_Urbanisierung.pdf](http://www.berlin-institut.org/fileadmin/user_upload/handbuch_texte/pdf_Baehr_Folgen_Urbanisierung.pdf), in: <http://www.berlin-institut.org/> [16.04.2015]

Blätter für deutsche und internationale Politik (Hg.)/ Santarius, Tilman (Dezember 2013): Der Rebound-Effekt: Die Illusion des grünen Wachstums, <http://www.santarius.de/wp-content/uploads/2012/08/Der-Rebound-Effekt-Die-Illusion-des-gr%C3%BCnen-Wachstums-Bl%C3%A4tter-2013.pdf>, in: <http://www.santarius.de/> [24.04.2015]

Bleicher, Volkmar (Februar 2007): „Raumbehaglichkeit: Architektur, Wärme und Licht“, [http://www.keimfarben.de/fileadmin/pdf/vortrage\\_bauexpertentagung/bleicher.pdf](http://www.keimfarben.de/fileadmin/pdf/vortrage_bauexpertentagung/bleicher.pdf), in: <http://www.transsolar.com> [11.06.2015]

Cervený, Michael/ Schweighofer, Martin/ Veigl, Andreas, (Juni 2011): Ermittlung der „Support Measures“ für den Wohnbau. Zusammenhänge zur Zersiedelung in Österreich. Empfehlungen zur „Ökologisierung“, <http://www.zersiedelt.at/zersiedelung-studien-oesterreich/AP3-zersiedelt-foerderungen-wohnbau-oekologisieren.pdf>, in: <http://zersiedelt.at/index.php> [29.01.2015]

EnEV 2014 (Oktober 2013): Energieeinsparverordnung. Nichtamtliche Lesefassung, <http://www.enev-2014.info/enev-nicht-amtliche-fassung-16-10-13-aenderungen.pdf>, in: <http://www.enev-2014.info/> [09.12.2014]

Institut für Gebäudelehre (Februar 2012): Dense Cities. Ausstellungskatalog, [http://lamp.tu-graz.ac.at/~gl/wordpress/wp-content/uploads/2012/06/DenseCities\\_Katalog.pdf](http://lamp.tu-graz.ac.at/~gl/wordpress/wp-content/uploads/2012/06/DenseCities_Katalog.pdf), in: <http://lamp.tu-graz.ac.at/> [29.01.2015]

ige - Institut für Gebäude und Energie (2013): High-Tech - Low-Tech 2013/14 Broschüre, [http://www.ige.tugraz.at/fileadmin/user\\_upload/images/Button\\_Foto/Institut/Jahresthemen\\_ARCHIV/Jahresthemen\\_pdf/high\\_tech\\_low\\_tech.pdf](http://www.ige.tugraz.at/fileadmin/user_upload/images/Button_Foto/Institut/Jahresthemen_ARCHIV/Jahresthemen_pdf/high_tech_low_tech.pdf), in <http://www.ige.tugraz.at/> [19.06.2015]

Lexer, Wolfgang, (2004): Zerschnitten, versiegelt, verbaut? – Flächenverbrauch und Zersiedelung versus nachhaltige Stadtentwicklung, [http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/raumplanung/2\\_flaechenverbrauch/Downloads/Manuskript\\_Gr\\_nStadtGrau\\_Download.pdf](http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/raumplanung/2_flaechenverbrauch/Downloads/Manuskript_Gr_nStadtGrau_Download.pdf), in: <http://www.umweltbundesamt.at/> [29.01.2015]

MINERGIE (August 2015): MINERGIE –A, <http://www.minergie.ch/minergie-aa-eco.html>, in: <http://www.minergie.ch/> [14.8.2015]

MINERGIE (August 2015): MINERGIE –ECO, <http://www.minergie.ch/minergie-eco.html>, in: <http://www.minergie.ch/> [14.8.2015]

MINERGIE (August 2015): MINERGIE –P, [http://www.minergie.ch/standard\\_minergie\\_p.html](http://www.minergie.ch/standard_minergie_p.html), in: <http://www.minergie.ch/> [14.8.2015]

MINERGIE (August 2015): MINERGIE, [http://www.minergie.ch/standard\\_minergie.html](http://www.minergie.ch/standard_minergie.html), in: <http://www.minergie.ch/> [14.8.2015]

### III. LITERATURVERZEICHNIS

Rat der Europäischen Union (April 2010): RICHTLINIE DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, <http://www.energyagency.at/fileadmin/dam/pdf/verbraucherinfos/EU-Richtlinie2010.pdf>, in: <http://www.energyagency.at/> [03.02.2015]

Schade, Christian/ Hennigs, Christoph (Januar 2008): Urbanisierung. Chancen und Risiken für die Versicherungswirtschaft, <[http://f1.hs-hannover.de/fileadmin/media/doc/f4/3ter\\_Versicherungstag/urbanisierung\\_\\_schade\\_hennigs.pdf](http://f1.hs-hannover.de/fileadmin/media/doc/f4/3ter_Versicherungstag/urbanisierung__schade_hennigs.pdf)>, in: <<http://www.hs-hannover.de/start/index.html>>, 16.04.2015

Schütze, Thorsten/ Willkomm, Wolfgang (März 2000): KLIMAGERECHTES BAUEN IN EUROPA. Planungsinstrumente für klimagerechte, energiesparende Gebäudekonzepte in verschiedenen europäischen Klimazonen, <http://www.staedtebauliche-klimafibel.de/pdf/Klimag-B-EU-2000.pdf>, in <http://www.staedtebauliche-klimafibel.de/> [11.05.2015]

Schwarz, Dietrich, (2015): DIE HERAUSFORDERUNG DES 21. JAHRHUNDERTS. Materie, Raum und Zeit, <http://www.schwarz-architekten.com/de/low-tech-vs-high-tech/>, in: <http://www.schwarz-architekten.com/de/> [04.08.2015]

Staab, Johannes u.a. (September 2002): Innenraumbelastungen und Sick Building Syndrom, [http://www.uni-saarland.de/fileadmin/user\\_upload/Sonstiges/KoWA/forschung/berichte/innenraum-abschluss.pdf](http://www.uni-saarland.de/fileadmin/user_upload/Sonstiges/KoWA/forschung/berichte/innenraum-abschluss.pdf), in: <http://www.uni-saarland.de/> [19.04.2015]

Stejskal, Martin u.a., (September 2011): Bilanzierung der Grauen Energie in Wohnbau und zugehöriger Infrastruktur-Erschließung, <http://www.zersiedelt.at/zersiedelung-studien-oesterreich/AP2-zersiedelt-graue-energie-wohnbau.pdf>, in: <http://zersiedelt.at/index.php> [29.01.2015]

Streicher, Wolfgang, (16.09.2010): „Low Tech Gebäude“. Antithese zum übertechnisierten Gebäude, [http://www.standort-tirol.at/data.cfm?vpath=downloads/ee\\_fbt2010\\_01\\_streicher\\_lowtech](http://www.standort-tirol.at/data.cfm?vpath=downloads/ee_fbt2010_01_streicher_lowtech), in: <http://www.standort-tirol.at/page.cfm?vpath=index> [19.06.2015]

Tuschinski, Melita (Februar 2015): Neue EnEV 2014. Kurzinfor für die Praxis, [http://service.enev-online.de/bestellen/EnEV\\_2014\\_Neue\\_Energieeinsparverordnung\\_Kurzinfor\\_Praxis.pdf](http://service.enev-online.de/bestellen/EnEV_2014_Neue_Energieeinsparverordnung_Kurzinfor_Praxis.pdf), in: <http://service.enev-online.de/> [05.02.2015]

Umweltbundesamt, (): Unsere Wohnformen beeinflussen den Flächenverbrauch, <http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/raumordnung/flchen-entw/bauflaeche/wohnen/>, in: <http://www.umweltbundesamt.at/> [29.01.2015]

United Nations Population Division, (August 2014): Population Facts No. 2014/3, August 2014 - Our urbanizing world, [http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/popfacts/PopFacts\\_2014-3.pdf](http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/popfacts/PopFacts_2014-3.pdf), in: <http://www.un.org/en/development/desa/population/index.shtml> [16.04.2015]

United Nations Population Division, (2014): World Urbanization Report 2014 Revision Highlights, <http://esa.un.org/unpd/wup/Highlights/WUP2014-Highlights.pdf>, in: <http://www.un.org/en/development/desa/population/index.shtml> [16.04.2015]

von Kempster, Diotima (Februar 2003): Olfaktorische Behaglichkeit – ein neuer Ansatz für die empfundene Raumluft-

qualität, [http://www.dvk.net/pdf/KI\\_0203\\_Olfactoriche\\_Behaglichkeit.pdf](http://www.dvk.net/pdf/KI_0203_Olfactoriche_Behaglichkeit.pdf), in: <http://www.dvk.net/> [11.06.2015]

Wikipedia, (April 2015): Hongkong, <http://de.wikipedia.org/wiki/Hongkong>, in: <http://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Hauptseite> [16.04.2015]

Wikipedia, (April 2015): Houston, <http://de.wikipedia.org/wiki/Houston>, in: <http://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Hauptseite> 816.04.2015]

Wikipedia, (August 2010): Stadt-Umland-Windsystem, <http://de.wikipedia.org/wiki/Stadt-Umland-Windsystem>, in: <http://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Hauptseite> [16.04.2015]

Wolfrum, Sophie (Januar 2007): Urbane Dichte. Plädoyer für Erlebnisdichte in Städten, [http://www.stb.ar.tum.de/fileadmin/w00blf/www/DOWNLOADS/PublikationenTexte/2007-1\\_Urbane\\_Dichte.pdf](http://www.stb.ar.tum.de/fileadmin/w00blf/www/DOWNLOADS/PublikationenTexte/2007-1_Urbane_Dichte.pdf), in: <http://www.stb.ar.tum.de/index.php?id=5> [29.01.2015]

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH u.a. (März 2012): Der Rebound-Effekt. Über die unerwünschten Folgen der erwünschten Energieeffizienz, <http://www.santarius.de/wp-content/uploads/2012/03/Der-Rebound-Effekt-2012.pdf>, in: <http://www.santarius.de/> [24.04.2015]

Zeitbild Verlag und Agentur für Kommunikation GmbH (Juli 2014): Urbanisierung und Transport. Wirtschaft und Nachhaltigkeit im Unterricht, [http://www.zeitbild.de/wp-content/uploads/2014/07/Zeitbild\\_Wissen\\_Urbanisierung-und-Transport.pdf](http://www.zeitbild.de/wp-content/uploads/2014/07/Zeitbild_Wissen_Urbanisierung-und-Transport.pdf), in: <http://www.zeitbild.de/> [16.04.2015]

## IV. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- Abb. 03, S. 15 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008
- Abb. 07, S. 39 Vgl. Ebda.
- Abb. 08, S. 41 Vgl. Unruh, Tina u.a.: Das Klima als Entwurfsmittel. Architektur und Energie, Luzern 2013
- Abb. 10, S. 51 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008
- Abb. 11, S. 55 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013
- Abb. 12, S. 65 Vgl. Ebda.
- Abb. 13, S. 69 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008
- Abb. 14, S. 69 Vgl. Ebda.
- Abb. 15, S. 73 Vgl. Unruh, Tina u.a.: Das Klima als Entwurfsmittel. Architektur und Energie, Luzern 2013
- Abb. 17, S. 79 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Aktivhaus: das Grundlagenwerk. vom Passivhaus zum Energieplushaus, München 2013
- Abb. 18, S. 79 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008
- Abb. 20, S. 83 Vgl. Ebda.

- Abb. 21, S. 85 Vgl. Unruh, Tina u.a.: Das Klima als Entwurfsmittel. Architektur und Energie, Luzern 2013
- Abb. 22, S. 87 Vgl. Ebda.
- Abb. 23, S. 89 Vgl. Ebda.
- Abb. 24, S. 91 Vgl. Ebda.
- Abb. 25, S. 91 Vgl. Ebda.
- Abb. 26, S. 93 Vgl. Ebda.
- Abb. 27, S. 95 Vgl. Hegger, Manfred u.a.: Energie-Atlas: nachhaltige Architektur, Basel u.a. 2008
- Abb. 28, S. 96 Vgl. Ebda.

Sämtliche hier nicht angeführten Abbildungen sind eigene Darstellungen.

„Wer nichts weiß, muss alles glauben.“<sup>01</sup>

01

von Ebner-Eschenbach, Marie: Aphorismen, in: Schriften Bd. 1, Berlin 1893, 21