

**Ökologische Aspekte zum Bau und Betrieb von  
Einkaufszentren,  
dargestellt an drei Berliner Beispielen**

**vorgelegt von  
Dipl.-Ing. Ahmad Shhada  
aus  
Aleppo, Syrien**

An der Fakultät VI - Planen Bauen Umwelt  
der Technischen Universität Berlin  
zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Ingenieurwissenschaft  
(Dr. Ing.)

**genehmigte Dissertation**

**Promotionsausschuss:**

Vorsitzende: Prof. Dr.-Ing. Dorothee Sack

Berichter: Prof. Dipl.-Ing. Peter Berten

Berichter: Prof. Dr.-Ing. Johannes Cramer

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 16.02.2011

**Berlin 2011  
D 83**



## Danksagung

*„Mein Vater sagte immer, wenn man bei seinem Tod fünf echte  
Freunde hat, dann kann man mit seinem Leben zufrieden sein.“*  
Lee Iacocca

Obwohl durch die Anfertigung meiner Dissertationsschrift gerade in den letzten Monaten sehr wenig Zeit für die Familie, Freunde und Bekannte blieb, zeigte mir diese Phase jedoch zugleich, dass ich mich auf die Genannten und Ungenannten in allen Situationen des Lebens verlassen kann. Es ist schön zu wissen, dass Ihr bei mir seid!

Mein Dank gilt erstens Prof. Berten für die fachliche Betreuung. Er war wesentliche Voraussetzung dafür, dass ich in der langen Bearbeitungszeit nie den Mut und die Motivation verlor.

Besonders danken möchte ich meiner Frau Imane für ihre Begleitung und Unterstützung zum erfolgreichen Gelingen meiner Arbeit. Ohne sie wäre die Beendigung der Arbeit wohl noch immer in weiter Ferne.

Des Weiteren möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, die mich wegen dieser Arbeit für Drei Jahre vermissen mussten, und die mir, bei allem zeitweiligen Unverständnis, den Weg ebneten, den ich bisher gegangen bin.

Darüber hinaus bedanke ich mich bei meinen lieben Kollegen und Freunden im Wuppertal Institut für viele anregende Diskussionen, wertvolle Tipps und helfende Hände.

Neben fruchtbaren Diskussionen entstanden auch intensive Netzwerke, die viele Aussagen erst möglich machten. Dafür möchte ich mich insbesondere bedanken.

Abschließend bedanke ich mich bei allen Freunde und Personen, die mich in der ein oder anderen Form verständnisvoll unterstützt haben und mir dennoch die Zeit gegeben haben, so dass die vorliegende Arbeit zu der Form reifen lassen zu können, wie sie sich nun darstellt.

Ich kann zufrieden sein!



## **Zusammenfassung**

Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung nimmt das Handlungsfeld Bauen und Wohnen eine herausragende Stellung ein. Die Bauwirtschaft ist trotz ihrer kritischen Situation mit ca. 100 Mrd. Euro Jahresumsatz ein zentraler Wirtschaftsfaktor in Deutschland. Sie bietet rund einer Millionen Menschen einen Job. Gleichzeitig sind in den letzten Jahren in keiner anderen Branche so viele Insolvenzen und Arbeitsplatzverluste zu vermelden gewesen. Darüber hinaus sind immense Ressourcen und Flächenverbräuche sowie heizwärmebedingte Emissionen auf Grund baulicher Aktivitäten zu konstatieren. Vielfältige wissenschaftliche, ökologische Anstrengungen sind in der Vergangenheit auf nationaler und internationaler Ebene unternommen worden, um diesen sicherlich nicht als nachhaltig zu bezeichnenden Entwicklungen Einhalt zu gebieten; doch bisher ohne sichtbaren Erfolg.

Die vorliegende Arbeit untersucht die Ursachen für diese Missstände zunächst in einer umfassenden Betrachtung der Diskussion über ökologisches Bauen. Im Anschluss daran schließt eine Bewertung anhand dreier Beispiele an: Potsdamer Platz Arkaden in Berlin, Stern Center in Potsdam und Das Schloss in Berlin. Zu diesem Zweck werden unterschiedliche Bewertungskonzepte verwendet, die dem Anspruch an eine lebenszyklusweite Betrachtung gerechnet werden.

Im Einzelnen sind hier für die ökologischen Belange das Softwaretool GaBi (Ganzheitliche Bilanzierung) des Institutes für Kunststoffkunde und Kunststoffprüfung der Universität Stuttgart, das MIPS-Konzept (Materialintensität pro Serviceeinheit) des Wuppertal Institutes für Klima, Umwelt, Energie sowie das Softwaretool GEMIS (Gesamt Emissions-Modell Integrierter Systeme) des Öko-Institutes notwendig.

Zur Beurteilung der Quantität und Qualität der Flächennutzung wurde eigens ein Berechnungsverfahren auf Basis der Hemerobiestufe entwickelt, das den Natürlichkeitsgrad einer Fläche abbildet. Neben der Berücksichtigung allgemein akzeptierter Indikatoren wird in dieser Arbeit auch der Versuch unternommen, Indikatoren zur Messung des Energiebedarfs der Beispielskonzepte zu erstellen und diese auf ihre Praxistauglichkeit hin zu überprüfen.

Zur Beurteilung des Standes der nachhaltigen Entwicklung ökologischer Bauweise werden 10 Indikatoren verwendet. Es sind dies:

### **Die typologischen und ökologischen Indikatoren**

- Die thermische Hülle (A/Ve) Verhältnis
- Der Transmissionswärmeverluste Koeffizient ( $H_T$ )
- Das Total Material Requirement (TMR)

- Das Global Warming Potential (GWP)
- Die Flächennutzung (SPI)

### Die energetischen Indikatoren

- Der kumulierte Energieaufwand (KEA)
- Heizungsenergiebedarf ( $\Phi_h$ )
- Lüftungsenergiebedarf ( $\Phi_v$ )
- Beleuchtungsenergiebedarf ( $\Phi_L$ )
- Primärenergiebedarf ( $\Phi_P$ )

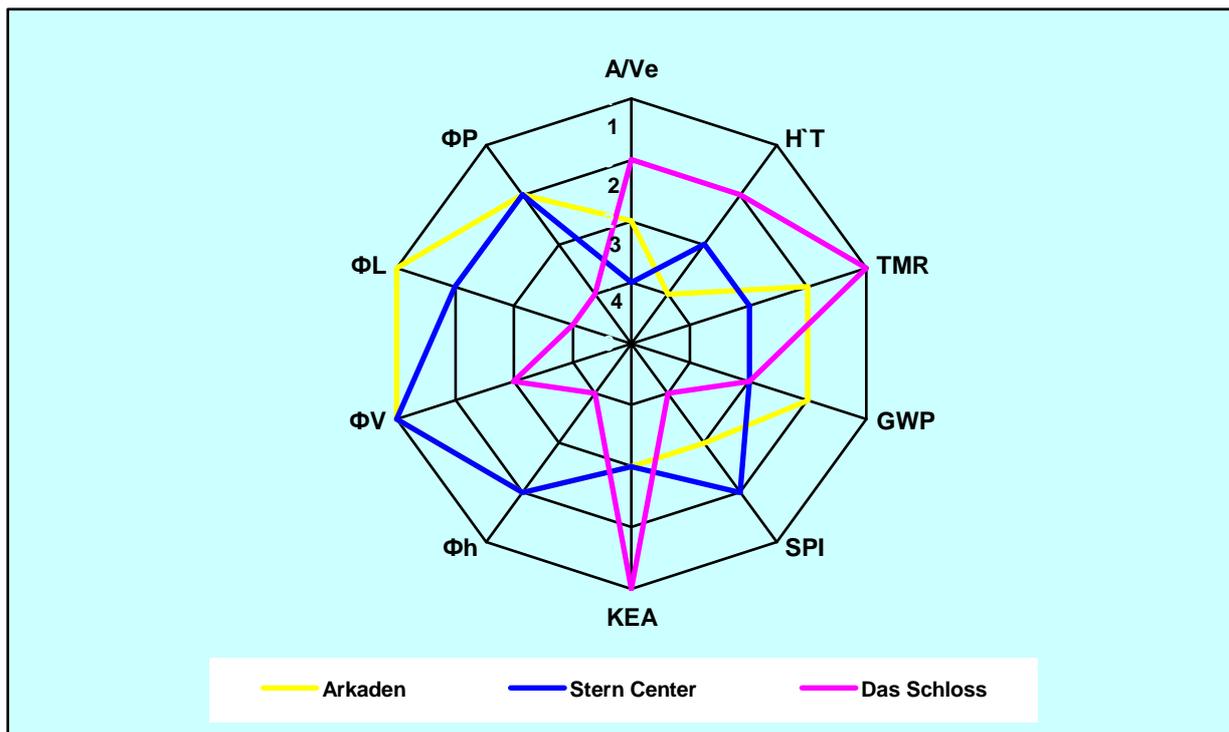
Zur Beurteilung und Visualisierung der einzelnen Indikatoren wird die am Wuppertal Institut entwickelte COMPASS<sub>Radar</sub>-Methodik (Companies' and Sectors' path to Sustainability) angewendet. In dieser Methodik werden die Indikatoren auf Basis des Zielerreichungsgrades von 1 bis 4 bewertet und dann in einem sog. COMPASS<sub>Radar</sub> dem dazugehörigen Netzdiagramm dargestellt und aufbereitet.

Da nicht alle Indikatoren auf Grund einer teilweise unzureichenden Datenbasis sowie eine verzögerten Bauprozess, bewertet werden konnten, weist die nachfolgende Abbildung beispielhaft die bewertbaren Indikatoren für die Untersuchung der Beispiele gegen die ökologischen Aspekte aus.

Prozess		Die Drei untersuchten Beispiele		
		Potsdamer Platz Arkaden	Stern Center	Das Schloss
Die Indikatoren	A/Ve	3	4	2
	$H_T$	4	3	2
	TMR	2	3	1
	GWP	2	3	3
	SPI	3	2	4
	KEA	3	3	1
	$\Phi_h$	2	2	4
	$\Phi_v$	1	1	3
	$\Phi_L$	1	2	4
$\Phi_P$	2	2	4	

Darstellung aller gegebenen Noten im Rahmen des Prozesses.

Quelle: Verfasser



COMPASS<sub>Radar</sub>, Ergebnisse der gesamten Untersuchungen  
Quelle: Verfasser

Da die Note 1 die bestmögliche Bewertung darstellt, zeigt obige Abbildung, dass noch ein gewisses Optimierungspotential für die meisten Indikatoren vorhanden ist. Es wird deutlich, dass die Möglichkeiten der Partizipation für die Betreiber der Potsdamer Platz Arkaden (Beispiel 1), die Energieeffizienz für das Gebäude, als sehr positiv und als auch recht niedrig bewertet werden, sich aber gleichzeitig hinsichtlich der Wärmedurchgangskoeffizienten deutliche Schwächen offenbaren. Anders stellt sich die ökologische Beurteilung des Schlosses (Beispiel 3) dar. (siehe Abbildung auf dieser Seite)

Beim Vergleich der fünf betrachteten ökologischen Indikatoren entdeckt man, dass Das Schloss (Beispiel 3) bei einigen ökologischen Indikatoren besser als das Stern Center (Beispiel 2) war, wobei es in der ebenfalls durchgeführten Betrachtung der energetischen Bewertungen schlechter lag.

Trotz teilweise positiver Ergebnisse bei den ökologischen Indikatoren für das Beispiel 3 muss festgestellt werden, dass diese Baumaßnahme bezogen auf den Neubau, keinen wesentlichen Beitrag in Richtung eines ökologischen Bauens leistet.

Eine wesentliche Voraussetzung für die erforderliche Optimierung ist eine verbesserte Kommunikation aller beteiligten Akteure. Es bedarf hierzu jedoch neuer Denkansätze und Handlungsmöglichkeiten, um die Chancen wahrzunehmen, die sich daraus ergeben, auch über die Fachgrenzen hinweg zu agieren, die Fähigkeit zur Kommunikation als Schlüssel gemeinschaftlichen Handelns zu erkennen und sich neuen Wegen für die Energieeffizienz zu öffnen.

Dazu müssen alle Akteure, privaten Funktionsträger und gewählte Vertreter, zu der notwendigen Bildung und Qualifizierung beitragen. Insgesamt bedarf es nationaler und internationaler Anstrengungen, um die Rahmenbedingungen in Richtung solcher ökologischen Aspekte zu verändern.

Die Bundesrepublik hat mit ihrer jetzt verabschiedeten Nachhaltigkeitsstrategie einen wichtigen Beitrag geleistet, den es aber noch mit Leben zu füllen gilt. Darüber hinaus muss auf der internationalen Ebene dringend eine veränderte, ehrliche und zielkonformere Ausrichtung der Weltweiten Verträge angestrengt werden, ohne die ökologische Bauweise auch weiterhin Utopie bleibt. Und gegebenenfalls muss sogar noch ein Schritt weiter gegangen werden, um die Ressourcen verzehrende Zins- und Zinseszinsverbrauchsweise zu überwinden und den Traum einer Umwelt schonenden Ordnung leben zu können.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>13</b>
1.1.	Die gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Voraussetzungen der Einkaufszentren	14
1.2.	Die Entstehung und die Entwicklung der Umweltproblematik	17
1.3.	Ökologie und Einkaufen	21
1.4.	Definition des Begriffs (Eco- Store)	24
1.5.	Die Entstehung und erste Entwicklungsperiode des Eco-Store in den USA	24
1.6.	Spezifische Fragestellung	25
<b>2.</b>	<b>Arbeitsthesen</b>	<b>26</b>
2.1.	Die nachhaltige Entwicklung der Planungssysteme	26
2.2.	Die Entwicklung neuer Energieeinsparungssysteme	28
2.3.	Regenerative Energiewirtschaft	36
2.4.	Kreislaufwirtschaft	39
2.5.	Städtebauliche Implementierung	41
2.6.	Ökologische Wirkungen	44
2.7.	Toxikologische Wirkungen	46
2.8.	Fazit	49
<b>3.</b>	<b>Methodik</b>	<b>50</b>
3.1.	Modellierung (Bewertung- und Untersuchungssysteme)	51
3.1.1.	Stand der Forschung und Entwicklung	52
3.1.2.	Analyseinstrumente und Systeme	55
3.1.2.1.	GaBi das Werkzeug zur ganzheitliche Bilanzierung	56
3.1.2.2.	GEMIS eine Datenbank mit Bilanzierung und Analyse-Möglichkeiten für Lebenszyklen	58
3.1.2.3.	MIPS System	58
3.2.	Projekte Recherche ( Beispiele)	61
3.2.1.	Potsdamerplatz Arkaden, Berlin	61
3.2.1.1.	Beschreibung des Konzeptes	61
3.2.1.2.	Hintergrund des Projektes	61
3.2.1.3.	Expression der ökologischen Kontrollsysteme	66
3.2.1.4.	die praktische Performance und die neue Erfahrung	66
3.2.2.	Stern Center, Potsdam	69
3.2.2.1.	Beschreibung des Konzeptes	69
3.2.2.2.	Hintergrund des Projektes	72

3.2.2.3.	Expression der ökologischen Kontrollsysteme	72
3.2.2.4.	die praktische Performance und die neue Erfahrung	72
3.2.3.	Das Schloss, Berlin	74
3.2.3.1.	Beschreibung des Konzeptes	74
3.2.3.2.	Hintergrund des Projektes	74
3.2.3.3.	Expression der ökologischen Kontrollsysteme	77
3.2.3.4.	die praktische Performance und die neue Erfahrung	79
3.3.	Berechnung (Bewertung und Untersuchung)	80
3.3.1.	Wahl der Bewertungsmethode	80
3.3.2.	Indikatoren als Schlüssel der Bewertung	80
3.4.	Fazit	89
<b>4.</b>	<b>Die typologischen und ökologischen Indikatoren</b>	<b>90</b>
4.1.	Indikator 1: A/Ve Verhältnis (die thermische Hülle)	90
4.2.	Indikator 2: $H_T$ Transmissionswärmeverluste Koeffizient	99
4.2.1.	Wärmedurchgangswert U	99
4.2.2.	Wärmebrücken	101
4.2.3.	Wärmespeichervermögen	104
4.2.4.	Die technische Ausstattung	104
4.3.	Indikator 3: TMR total Material Requirement (Gebäudematerialien)	113
4.3.1.	Baustoffauswahl	115
4.3.2.	Lebenszyklusbetrachtung ( Rohstoffgewinnung – Herstellung –Einbau – Nutzung – Abriss – Verwertung)	117
4.4.	Indikator 4: GWP global Warming Potential	123
4.4.1.	Bewertung von Gefahrstoffen	124
4.4.2.	Baustoffkatalog	124
4.5.	Indikator 5: SPI Flächennutzung (Flächenindex)	128
4.5.1.	Die Definition „ökologische Fußabdruck“	129
4.5.2.	Grundrissgestaltung	129
4.6.	Fazit	
<b>5.</b>	<b>Die energetischen Indikatoren</b>	<b>134</b>
5.1.	Indikator 6: KEA kumulierter Energieaufwand (Energieinhalt)	134
5.2.	Indikator 7: $\Phi_h$ Heizenergiebedarf	138
5.2.1.	Wärmehaushalt von Gebäuden	138
5.2.2.	Innenraumklima	138
5.2.3.	Wärmestrahlung	139
5.2.4.	Wärmeleitung	139
5.2.5.	Rechnung von Heizenergiebedarf	142
5.3.	Indikator 8: $\Phi_v$ Lüftungsenergiebedarf	145
5.3.1.	Lüftungssysteme	145

5.3.2.	natürliche Lüftung	146
5.3.3.	Wärmerückgewinnung durch Lüftungssysteme	153
5.4.	Indikator 9: $\Phi_L$ Beleuchtungsenergiebedarf	156
5.4.1.	natürliche Beleuchtung von Innenräumen (Atrien)	157
5.4.2.	Tageslichtsysteme	159
5.4.3.	Lichtlinkung	159
5.4.4.	Sonnenschutz	160
5.4.5.	Künstliche Beleuchtung	161
5.5.	Indikator 10: $\Phi_P$ Primärenergiebedarf des Gebäudes	165
5.5.1.	Energiebedarf für Kühlung	165
5.5.2.	Aktive und passive Kühlung	166
5.6.	Fazit	172
<b>6.</b>	<b>Die Antworten auf die Fragestellung</b>	<b>174</b>
6.1.	Die Einflüsse auf den Energiehaushalt durch architektonische Gestaltung des Gebäudes	182
6.2.	Die Auswirkung auf den Energiebedarf während der Nutzungsphase des Gebäudes	183
6.3.	Reduktion des Ressourcenverbrauchs bei Herstellungsphase des Gebäudes	186
6.4.	Reduktion des Primärenergiebedarfs des Gebäudes	188
6.4.1.	Niedriger Energiebedarf	188
6.4.2.	Graue Energie nutzen	188
6.5.	Alternative Gebäudetechnik	188
6.6.	Erneuerbare-Energiequellen nutzen	188
<b>7.</b>	<b>Empfehlungen für die Bedingungen des Klimas, der Energiewirtschaft und der Architektur in Syrien</b>	<b>191</b>
7.1.	Klima in Syrien	191
7.2.	Traditionelles Leben und Handel in Syrien	194
7.3.	Zustand der Energiewirtschaft in Syrien	197
7.4.	Empfehlungen	200
<b>8.</b>	<b>Verzeichnisse</b>	<b>215</b>
8.1.	Literaturverzeichnis	215
8.2.	Tabellenverzeichnis	223
8.3.	Abbildungsverzeichnis	225
<b>9.</b>	<b>Anhang</b>	<b>229</b>



## 1. Einleitung.

Hochfliegende Pläne haben viele. Aber nur wenigen gelingt es auch, sie zu verwirklichen. So standen auch über meiner Promotionsarbeit zahlreiche Fragezeichen, häufig auch hervorgerufen durch ein sehr unterschiedliches Verständnis des Begriffs Ökologie, sowie durch die gemeinsame Erfahrung aus mehr oder weniger geglückten Lösungsversuchen ökologischer Einkaufszentren. Schließlich führt das in der Öffentlichkeit verbreitete, endlose Kritisieren und Moralisieren zu einer gewissen Übersättigung und damit zu einer gewissen Aversion gegenüber diesem Thema.

Seit der Konferenz für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen in Rio de Janeiro im Jahr 1992 ist die Diskussion über eine nachhaltige, zukunftsverträgliche Entwicklung (engl. Sustainable Development) eröffnet, und sogar ein fester Bestandteil der internationalen und nationalen politischen, wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Diskussion geworden. In der sog. Rio-Deklaration werden der gemeinsame Wille und die gemeinsame Verantwortung zum Ausdruck gebracht, die Ressourcen der Erde künftig so behutsam zu nutzen, dass alle Länder der Erde gerechte Entwicklungschancen erhalten.

Der Weg zu einer naturgemäßen, menschenwürdigen Umwelt darf kein strapaziertes Postulat sein und schon gar nicht in eine Sackgasse führen. Gefragt sind jetzt durchgreifende Lösungen, die von ganzheitlicher Betrachtung ausgehen und am Menschen orientiert sind. Der Begriff „Ökologische Einkaufszentren“ bezieht sich dabei nicht nur schlechthin auf Wechselwirkungen mit der Natur, sondern er befindet sich nach unserem Verständnis im Spannungsfeld von Bautechnik, Umwelt, und Architektur.

Daraus ergeben sich neue Herausforderungen an Ingenieure und Architekten, die sich vor allem in einer ganzheitlichen Betrachtungsweise bündeln und dabei Mensch, Umwelt, Bautechnik und Gestaltung von Bauwerken zu einer gelungenen Synthese zusammenführen.

Neue Konzepte müssen auch die Ergebnisse der Zukunftsforschung beachten. Der wachsende Wunsch nach Individualität, das verstärkte Interesse der Menschen an ethischen, ökologischen und historischen Fragen, der verstärkte Trend zum Massenverkehrsmittel und zahlreiche weitere mittelfristige Entwicklungen drängen zu neuen Lösungen im Städtebau und Bauwesen.

Nicht zuletzt ist die Energie einzubeziehen, die auch künftig ein wesentliches Problem bleibt.

Offenbar sind die Aspekte meines Themas komplexer Natur. Der Nutzung regenerativer Energie gebührt besondere Aufmerksamkeit. Energie sparen, Energie bewahren, regenerative Energie nutzen – das sind bereits Gebote der Stunde.

Aber dabei darf das Bauwerk nicht zur Technikzentrale verkommen, sondern entsprechende Lösungen müssen den Menschen in den Mittelpunkt stellen. Es geht dieser Arbeit darum neue Lösungen in dieser Richtung vorzustellen, sie zu untersuchen und Anregungen für ihre Umsetzung und ihre weitere Entwicklung zu geben.

Ein altes deutsches Sprichwort lautet: „Fehlt am Winde, greif zum Ruder“ Möge sich dieser Arbeit als ein kräftiger Ruderschlag erweisen, der das Boot des ökologischen Bauens in die richtige Richtung fahren lässt.

### **1.1. Die gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Voraussetzungen der Einkaufszentren.**

Seit Jahren treibt der Handel die wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung in den Städten und Gemeinden voran. Bereits im Altertum haben Händler die Zentren der Städte belebt und geprägt. In historischer Zeit versammelten sich die Händler auf einem Platz in der Stadt, um dort ihre Waren zu tauschen, eine Art der alten Methode des Handels. Im Zuge der historischen Entwicklung des Handels kam es zu eigenen Bauten im Stadtzentrum. In der antiken Stadt war der Handel auf der Agora bzw. dem Forum Romanum innerhalb des engsten Kreises der politischen Wirkungsstätte platziert. Im Mittelalter und zu Beginn der Neuzeit wurde er zur Quelle des Wohlstands für Stadtgemeinden wie Venedig, Genua, Florenz. (Abb. 1 und 2)

Durch hunderte von Jahren entwickelte sich der Handel sehr zügig und bildete auch seine eigenen Gebäude aus, die auch zu verschiedene Typen ausdifferenziert. (Abb. 3,4)

In der Gegenwart ist der Handel mit dem Bau von Galerien, Passagen, Kauf – und Warenhäusern sowie Geschäften in den Einkaufsstraßen ein wichtiger Investor. Die Architektur des Handels definiert dabei die Schwelle zwischen öffentlichem und privatem Raum. Sie wirkt nach außen und lädt zum Betreten der Geschäfte ein.<sup>1</sup>

Eingebettet in das urbane Umfeld mit seiner Funktionsvielfalt aus Wohnen und Arbeiten, Erholung und Kultur kann die Einkaufszentren eine inspirierende Wirkung entfalten und dazu beitragen, dass Bewohner und Besucher zu Kunden des Einzelhandels werden. So begründet sich das nahezu symbiotische Verhältnis, in dem Stadt und Handel auch heute noch stehen.

Handelsarchitektur steht somit für weit mehr als die bloße Bereitstellung von Verkaufsraum. Sie prägt das Stadtbild, trägt zur Markenbildung des Handels bei und ist vor allem auch Bestandteil einer der zentralen Leistungen des Einzelhandels und der Angebotspräsentation. Der bauliche Auftritt des Handels dient vor allem für Innenstadthandel immer auch zur Kundenansprache und als Verkaufsargument.<sup>2</sup>

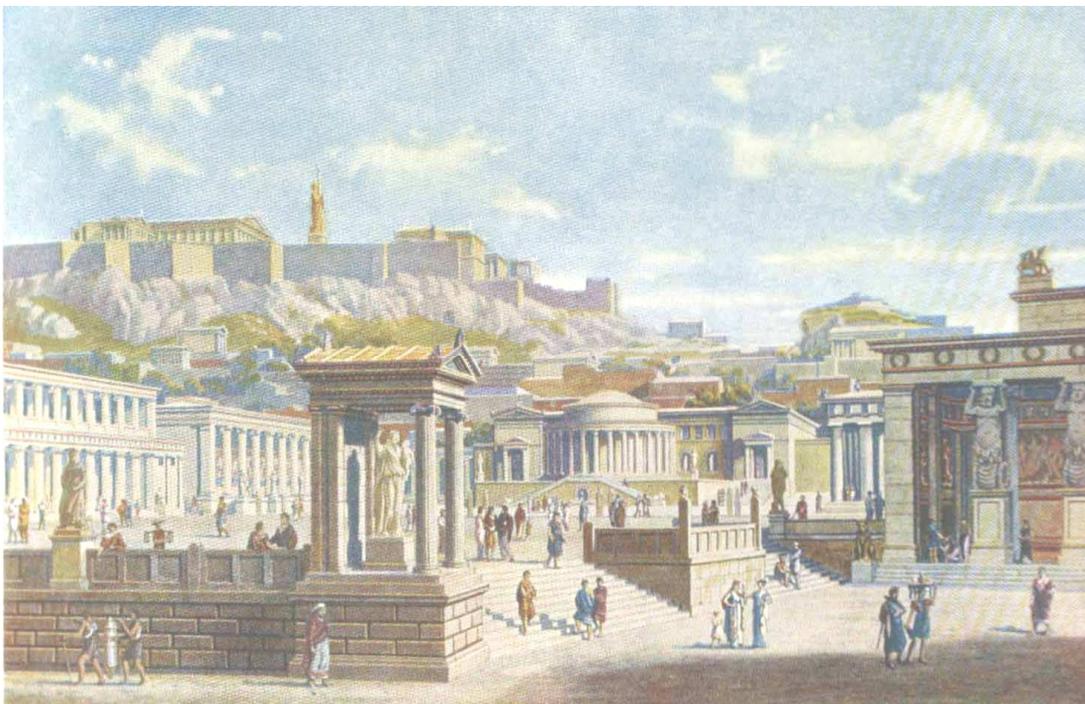
1. Schupp, Stefanie. Shopping Architecture 2005

2. Wallbaum Spies, Holger. Nachhaltiges Bauen und Wohnen 2008



THE MAIN AVENUE—EAST.

**Abbildung 1:** Entstehung von Einkaufszentren  
Quelle: Schupp, 2005



**Abbildung 2:** Erster Handelsplatz in der Antike  
Quelle: Schupp 2005



**Abbildung 3:** Der Souq in der Altstadt Damaskus 18. Jahrhundert  
Quelle: Robert Frerck Odyssey Productions 1989



**Abbildung 4:** Der Souq als Tradition im 19. Jahrhundert  
Quelle: Robert Frerck, Odyssey Productions, 1989

In der Verbindung von städtebaulicher sowie architektonischer Qualität und den Angeboten des Handels steckt der Schlüssel zum Erfolg des innerstädtischen Einzelhandels, der so eine belebende Wirkung auf das jeweilige Quartier ausübt. (Abb.5)

Nach jahrelanger Entwicklung erinnert man sich heute noch daran, wie hektisch und frustrierend der meist Samstags stattfindende Großeinkauf war, wenn die Familie mit Paketen und Tüten bepackt von Fachgeschäft zu Fachgeschäft hetzte, immer im Kampf mit den unzureichenden und oft weit entfernten Parkmöglichkeiten.<sup>3</sup>

Natürlich wurde heute dieser traditionelle Einkaufs –Dauerlauf nahezu überall und flächendeckend durch eine Inszenierung des Kaufens ersetzt, die neben dem Kaufakt, den Angebots und Preisvergleich auch die Bedürfnisse des Bummelns und Verweilens, die Möglichkeit, Menschen zu treffen und einen Abstecher ins nahe liegende Café zu machen, mit befriedigt: Shopping Center. Dieser aus dem Amerikanischen stammende Begriff bezeichnet ein Gebilde aus mehreren Malls, die überwiegend zum Einkauf bestimmt sind, aber auch andere soziale Bedürfnisse berücksichtigen. (Abb.6)

Ursprünglich waren die Shopping- Center außerhalb der Städte an leicht erreichbaren Verkehrsknotenpunkten angesiedelt, doch neuere Konzepte brachten sie zu Wohnbereichen der Menschen zurück, zunächst in der städtischen Randlage, schließlich auch in die modernisierten Innenstädte. Damit kommen sie dem ursprünglichen Konzept von Handelsplätzen wieder nahe, nämlich Zentren der Städte und bevorzugte Orte der sozialen Begegnung zu sein.<sup>4</sup>

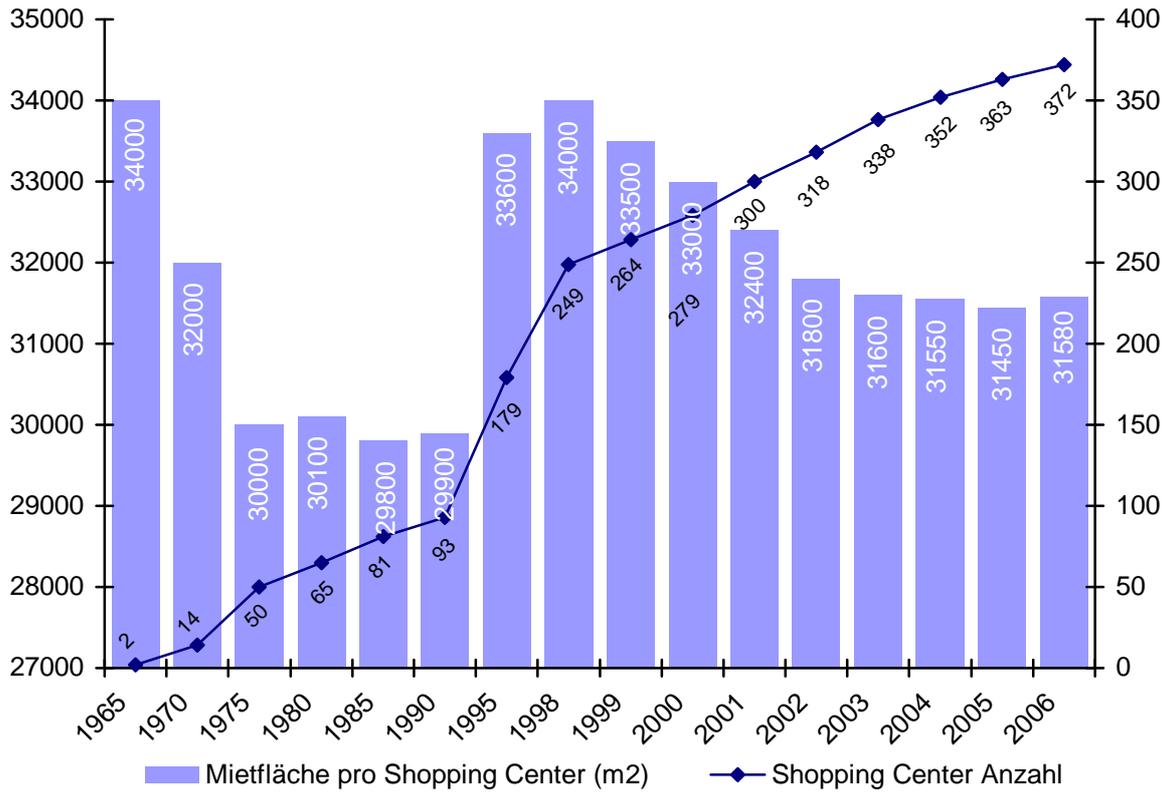
Die Plätze für den Warenumsatz waren geschichtlich oft ein wichtiger Motor für Stadtgründungen dies gilt seit den Tagen der Weihrauch- und Seidenstraße. Mit dem „Kommerz“ war und ist stets ein erheblicher Teil des öffentlichen Lebens verzahnt: Kommunikation und Geselligkeit, Kultur und Tradition, Repräsentation und öffentliches Prestige. Seit der Renaissance, in der erfolgreiche Kaufherrenfamilien erstmals in die oberste Elite der Städte aufsteigen konnten, konkurrierte das Handelsbürgertum in Wohlstand und Weltläufigkeit erfolgreich mit der Aristokratie und ersetzte schließlich den „Adel der Geburt“ durch „Adel des Geldes“. Der durch Handel erworbene Reichtum prägte die Kultur der selbstbewussten Bürgerstädte. Und bis heute tragen Shopping- Center und Warenhäuser wesentlich zur Belebung einer City bei und bestimmen das Bild einer attraktiven Großstadt.

## 1.2. Die Entstehung und die Entwicklung der Umweltproblematik.

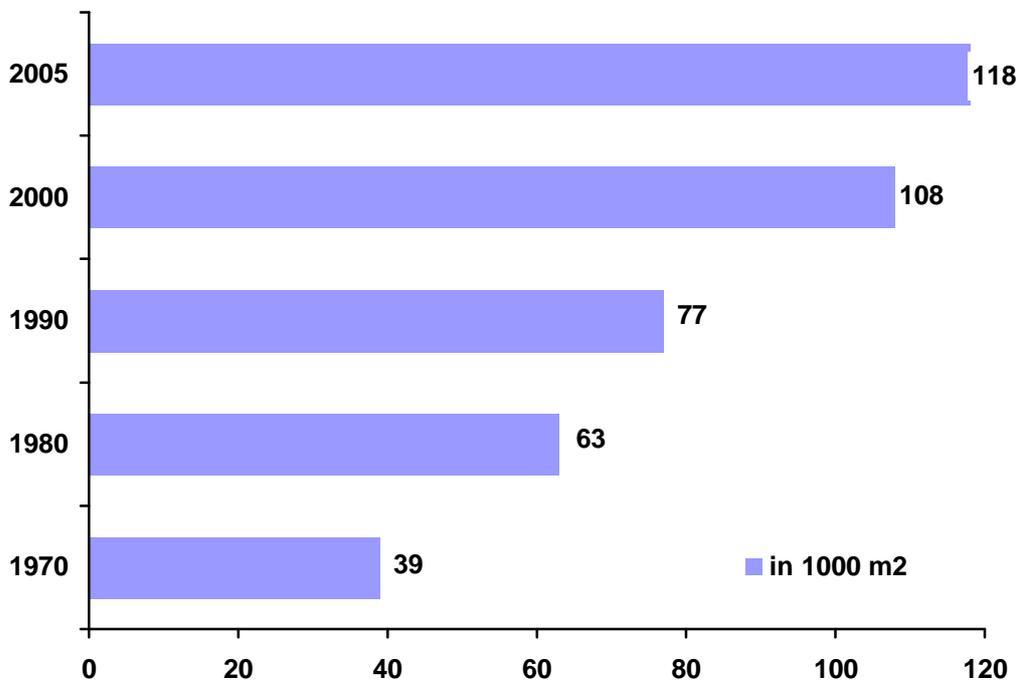
Vor etwa 40 Jahren änderte sich jedoch die Einstellung zum Bauen. Dass die Welt als Ganzes bedroht ist, war die sich immer mehr verdichtende Erkenntnis.

.....  
3. Shopping Architecture, Stefanie Schupp 2005

4. Hatzfeld, U. (1994): Innenstadt – Handel - Verkehr. Verkehrtes Handeln in ostdeutschen Innenstädten, In: Informationen zur Raumentwicklung



**Abbildung 5:** Durchschnittliche Mietflächen und Anzahl deutscher Shopping-Center. Quelle: EHI 2006



**Abbildung 6:** Verkaufsfläche des Handels in Deutschland (1970-2005)  
Quelle: EHI 2006

Das große Energieangebot beschleunigte in den letzten Jahrzehnten gemeinsam mit der rasant wachsenden Automatisierungstechnik die Produktion und den Transport von Gütern sowie den Reiseverkehr und damit auch die Umweltzerstörung. Unser Verhalten entspricht dem des „Hans im Glück“, gerade die immensen Möglichkeiten drohen die Umwelt und damit die Menschen zu zerstören. Einige Zahlen und Fakten zum Thema Umweltproblematik:

- Verdoppelung des Energiebedarfs (Abb.7) von der Jahrtausendwende bis zum Jahr 2040.
- 20% der Weltbevölkerung verbraucht 80% der Energie.
- ca. 88% der Energielieferung aus fossilen Brennstoffen.
- Abgase der Verbrennungsprozesse sind i.d.R. der Menge und Zusammensetzung nach sehr problematisch.
- Anreicherung von CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre. (Abb. 8)
- Weltweite Klimaänderung /Erwärmung.
- 50% der weltweite von Menschen verwendeten Energie wird in Gebäuden verbraucht.
- Wachsender Energiebedarf des Verkehrs.
- Hauptquellen der Luftverschmutzung 50% Gebäude, 25% Industrie und Kraftwerke, 25% Verkehr.
- Vielfältige Gesundheitsschädigungen, insbesondere Allergien und Atemwegserkrankungen.
- 

Durch Krieg, Gewaltherrschaft und Umweltzerstörung war zudem für eine ganze Generation das Vertrauen in die Elterngeneration erschüttert worden.<sup>5</sup>

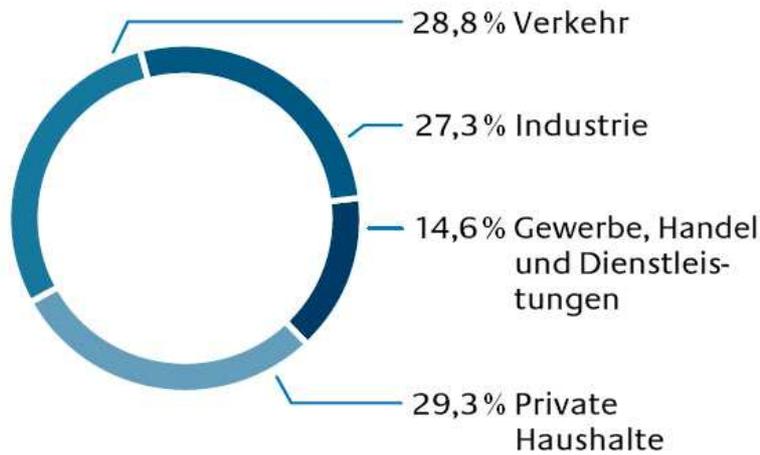
Die Welt sollte verändert werden, neue Lösungen und Lebensformen wurden angestrebt. Aus ökologischer Sicht steht die Frage im Vordergrund: Wie können wir die Energiehaushalt verringern? Für die ersten Lösungsansätze müssen zunächst einmal die Richtung vorgegeben und Leitziele entwickelt werden. In der Vorgehensweise unterlegt man jedoch bestimmte Zwangspunkte, die auf alle Fälle erfüllt werden müssen und damit den Spielraum einengen und die Planung erleichtern.

Der Energieverbrauch gilt vielfach als Schlüsselbereich der Umweltaktivität. Mit dem Einsatz von Energie wird meist nicht nur eine begrenzte Ressource beansprucht, eine Vielzahl von Schadstoffen wird in der gesamten Anwendung freigesetzt. Unternehmen auf dem Energiesektor amortisieren ihre Investitionen durch Verkauf und nicht durch die Einsparung von Energie. Der Energiepreis enthält zudem nicht in ausreichendem Maße die verbrauchbedingten Schäden.<sup>6</sup>

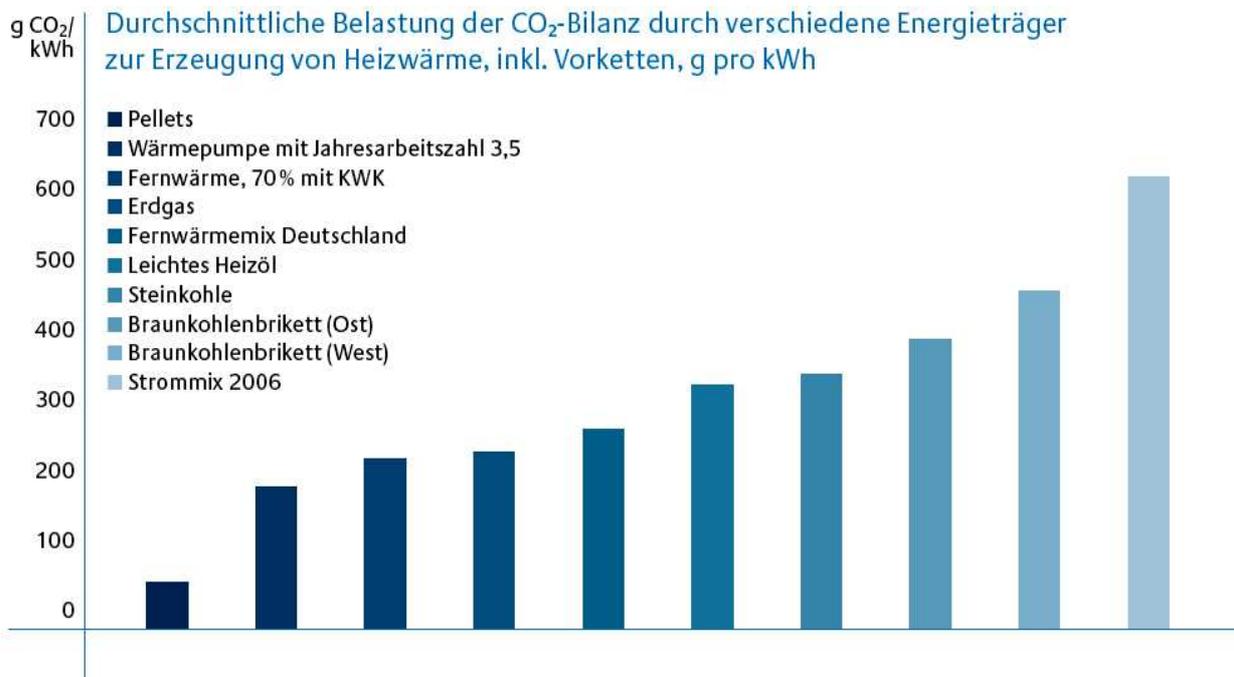
5. Ökologisches Bauen, Detlef Glücklich, 2005 s:140

6. Ministerium für Arbeit und Soziales, Stadtentwicklung, Kultur und Sport des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 1999

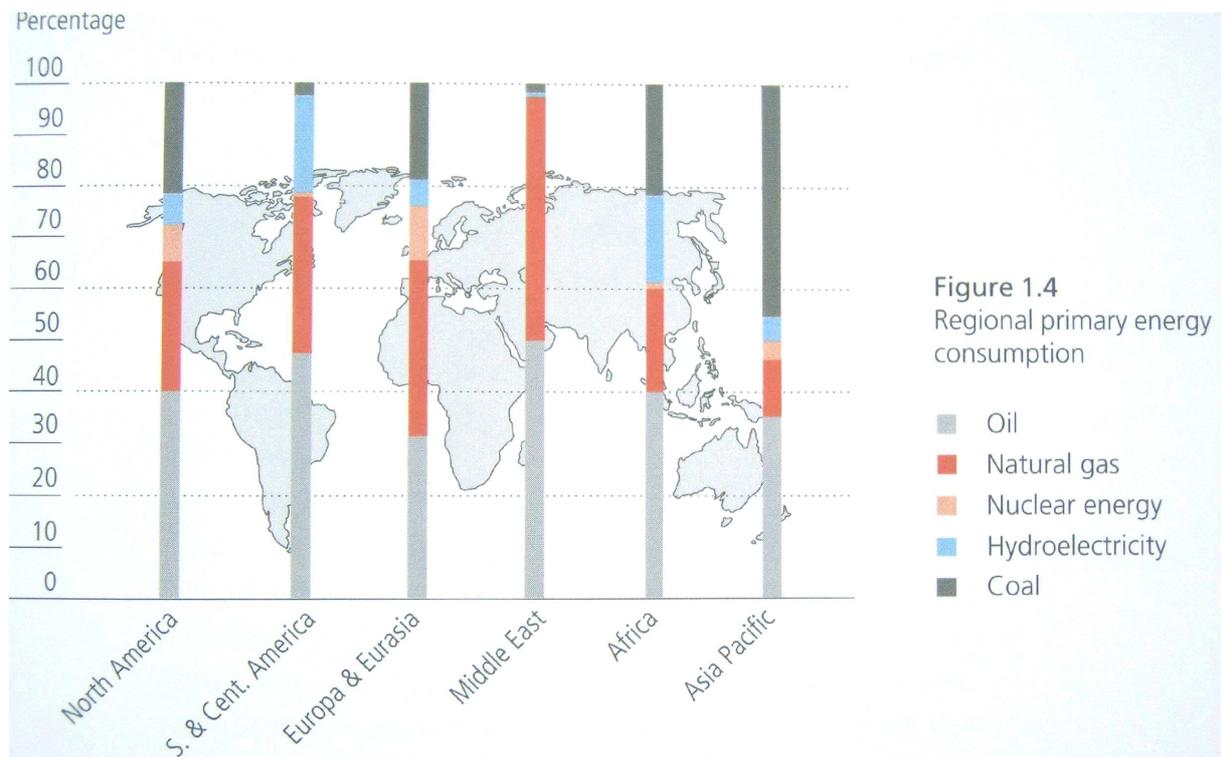
### Endenergieverbrauch, differenziert nach Sektoren, 2006



**Abbildung 7:** Prozentualer Energieverbrauch in allen Sektoren  
Quelle: AG Energiebilanzen 2007



**Abbildung 8:** Belastung von CO<sub>2</sub>  
Quelle: GEMIS 4.4, außer Fernwärme. 4.3, Strommix UBA 2007a



**Abbildung 9:** Prozentuale Energieträger Weltweit  
Quelle: AG Energiebilanzen 2007

### 1.3. Ökologie und Einkaufen.

Ökologie im Einkaufen hat zum Ziel, menschliches Handeln wieder in die Kreisläufe der Natur einzufügen. Dabei geht es vordergründig darum, welche Ressourcen - sowohl bei der Errichtung als auch beim „Betrieb“ der Bauwerke – benötigt werden. Das umfasst sowohl die Auswahl und den Einsatz der Baustoffe als solche wie auch die technologischen Prozesse.<sup>7</sup>

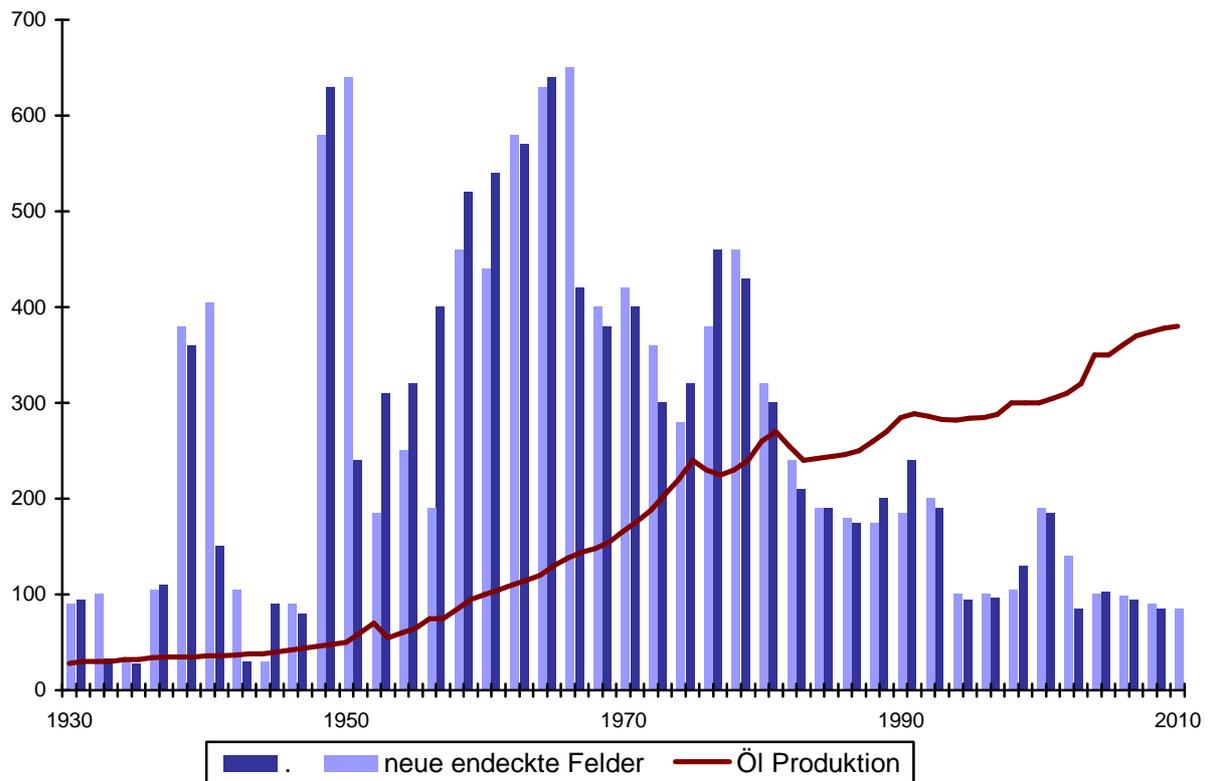
So hat Ernst Ulrich von Weizsäcker das Ökologische Bauen als Energieeinsparung und Ressourceneffizienz betrachtet. (Abb.9) (Abb.10)

Zum anderen sollen die Räume, in denen sich Menschen befinden, ihre körperliche und seelische Gesundheit bewahren und fördern. Deshalb kommt es nicht nur darauf an, dass sich Bauwerke in Harmonie zur umgebenden Welt befinden. Enorm wichtig ist auch die Auswahl der Baustoffe bezüglich ihrer medizinisch wirksamen physikalischen und chemischen Eigenschaften.

Ziel ökologischen Bauens ist jedoch weit mehr als die Summe seiner mess- und analysierbaren Teile. Erst durch den ganzheitlichen Ansatz der Weltbetrachtung ist eine neue Lebensqualität schaffbar.<sup>8</sup>

7. Ulrich von Weizsäcker, Ernst, Ökologisches Bauen, 2001

8. Ökologisches Bauen, Detlef Glücklich, 2005 s:122



**Abbildung 10:** Erdöl-Reserve (in Billionen Barrel Öl) und erwartete Öl Produktion bis 2010. Quelle: SZ Wissen 1/2005

Ökologie und Einkaufen sind ein kompliziertes und aufeinander einwirkendes System, arbeiten sie in einer organischen Beziehung zusammen, basiert es auf dem quasi biologischen Verhalten, das unter Organismen und ihren Einkaufsumgebungen deutlicher wird.<sup>9</sup>

Durch eine ökologische Linse das Einkaufen anzuschauen, wird in der Einkaufsstruktur und ihrem Verhalten eine unglaubliche Reihe aus Vielfalt und Kompliziertheit enthüllen.<sup>10</sup>

9. Wehrheim, Jan, Shopping Malls/,(Hrsg), 2007

10.Ökologisches Bauen, Detlef Glücklich, 2005 s:144

Einkäufe im Begriff der Ökologie ist offensichtlich eine überaktive realistische und zweckmäßige Simulation von Natur und Ökologie, die im Einkaufszentrum passiert.<sup>11</sup>

Alles ist miteinander verbunden, alles ist eins, alles ist in ständigem Austausch miteinander, alles ist im steten Wandel, alles ist lebendig und beseelt.<sup>12</sup>

Wohnungen und öffentliche Räume mit hoher Aufenthaltsqualität in überschaubaren Strukturen, Grün- und Erholungsflächen in unmittelbarer Umgebung, Beteiligung der Bewohner am Planungs- und Bauprozess und Einbindung in kleinteilige Nachbarschaften ermöglichen und fördern umweltbewusstes Handeln und soziale Verantwortung.

Dies ist Grundlage des ökologischen Bauens – die Menschen und deren Bauwerke als Teil eines lebendigen Ganzen zu erkennen. Bauen soll ein Prozess des Lebens sein.<sup>13</sup>

---

11. Shopping, Harvard, 2001

12. Barr, Vilma/ Building type basics for retail and mixed-use facilities, 2004

13. Coleman, Peter/ shopping environments, 2006

#### **1.4. Definition des Begriff (Eco- Store )**

Wal Mart hat seinen ersten Eco-Laden in Lawrence (Kansas) in 1993 eröffnet.<sup>14</sup>  
Die nachfolgende Eco-Läden wurden in Moore (Oklahoma) und der Stadt der Industrie California gebaut.<sup>15</sup>  
Die Eco Stores bewahrt viel Energie. Im Eco Store in der Stadt der Industrie California wird die gesparte Energie jährlich auf \$75000 bis \$80000 geschätzt.<sup>16</sup>

Um erhöhte Kosten zu sparen, hat sich herausgestellt, dass das Eco Store von Wal Mart dafür viel interessanter sein kann, wie Hill Burt beschreibt, wenn die Hälfte des Ladens mit einem besonders dafür entworfenen Dachfenster bedeckt und die andere Hälfte mit Tageslicht versorgt wird.

#### **1.5. Die Entstehung und erste Entwicklungsperiode des Eco-Store in den USA.**

Einfache Einkaufszentren wurden in den USA bereits seit den 1930er Jahren entwickelt und errichtet. Sie sollten dort ein innerstädtisches, europäisches Ambiente simulieren, da in den USA – anders als in Europa – sich große Geschäfte nicht zentral im Ortsmittelpunkt, sondern verstreut entlang der Ausfallstraßen befanden.<sup>17</sup>

Erst 1956 entstand mit dem Southdale Center bei Minneapolis das weltweit erste, in einem einzigen Gebäude integrierte, Einkaufszentrum.  
Geplant wurde es von dem in die USA emigrierten österreichischen Architekten Victor Gruen, der als Vorreiter heutiger moderner und komplexer Einkaufszentren gilt.<sup>18</sup>

Das in den USA bis dahin neue Konzept, zahlreiche Händler verschiedenster Produkte an einem Ort, in einem Einkaufszentrum zu finden, verbreitete sich aufgrund großer Beliebtheit sehr rasch. Mit heute rund 43.000 Einkaufszentren, die einen Anteil von 55 % am gesamten Einzelhandelsumsatz besitzen, sind die USA das Land mit den meisten und größten Einkaufszentren der Welt.

---

14. Shopping, Harvard, 2001

15. Steele, James – Ecological architecture -London, Thames and Hudson: 2005

16. Burt, Hill, Koser Rittelmann Associates (Butler, Pa.u.a.)-Commercial building design,

17. New York; van Nostrand Reinhold: 1987

18. Hahn, Barbara, 50 Jahre Shopping Center in der USA, Evolution und Marktanpassung/  
LIS- Verlag ,2002

## **1.6. Spezifische Fragestellung**

In dieser Arbeit sollen Einkaufszentren in Deutschland mit Hinblick auf den ökologischen Aspekten zum Bau und Betrieb untersucht werden.

Besondere Fragestellung:

- Welche Einflüsse auf den Energiehaushalt durch architektonische Gestaltung eines Gebäudes bestehen?
- Welche Auswirkung auf den Energiebedarf während der Nutzungsphase des Gebäudes entsteht?
- Wie kann der Ressourcenverbrauch in der Herstellungsphase des Gebäudes reduziert werden?
- Wie kann der Primärenergiebedarf des Gebäudes reduziert werden?
- Wie stellt sich die alternative Gebäudetechnik vor?
- Wie lassen sich regenerative Energienutzungen in dem Gebäude verwirklichen?

Auf diese Fragen will ich mit meiner Dissertation näher eingehen.

## 2. Arbeitsthesen

Der Weg zu gesunder Umwelt und schönem Klima in unseren Städten, führt bei uns als Architekten zum Bauen unter ökologischen Aspekten.

Ökologisches Bauen soll den Menschen ein Leben und Arbeiten sowie die Befriedigung ihrer sozialen und kulturellen Bedürfnisse ermöglichen, ohne dabei die Umwelt langfristig aus dem notwendigen Gleichgewicht zu bringen.<sup>19</sup>

So definierte Prof. Glücklich die Bedeutung des ökologischen Bauens. Was könnten die ökologischen Aspekte sein? Könnten sie Energieeinsparsysteme, bessere Gebäudegestaltung, Ressourcenverbrauch reduzieren, Regenerative Energien nutzen, alternative Gebäudetechnik sein und: Welche von ihnen spielen in der Entwicklung von Bau und Betrieb den Einkaufszentren die Hauptrolle? (Abb.11)

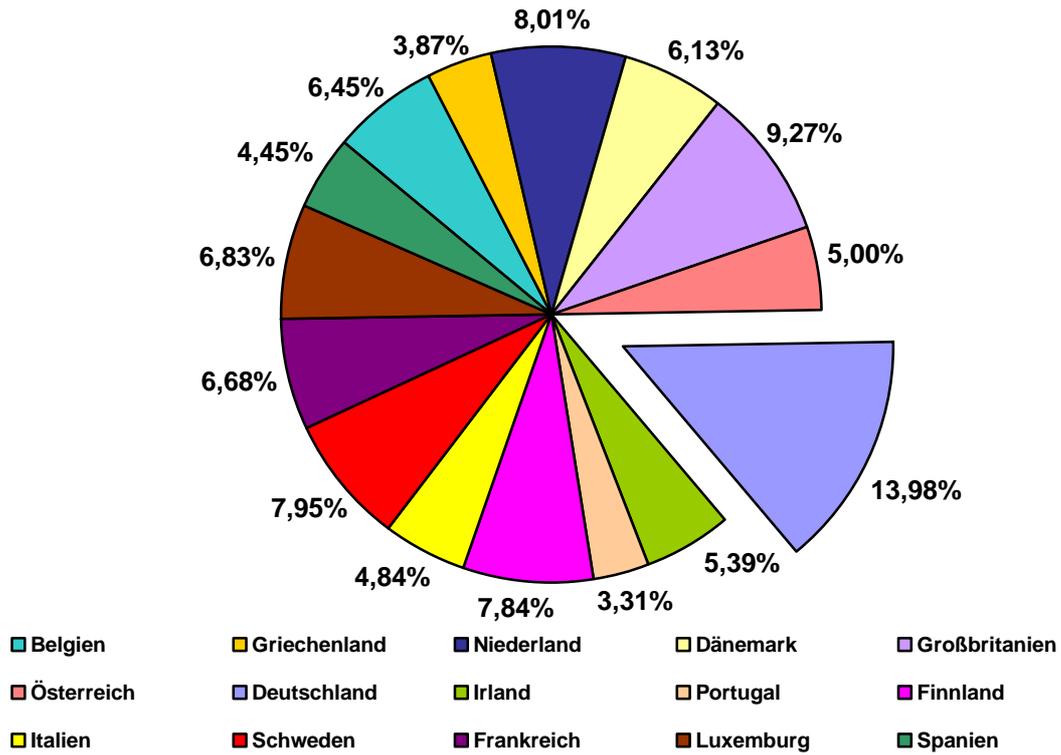
### 2.1. Die Entwicklung der Planungssysteme.

In den frühen 90ern entstand eine neue Art von Handel, (EM) Enviropreneurial-Marketing, die später als "Öko-Marketing" bekannt geworden ist. Mit einem freien Markt-Ansatz, der Innovation, unternehmerischen Handeln und korporativen Umweltschutz betont, ist EM der neue Anker der EC Gesellschaft. Es wird als Prozess für das Formulieren und das Ausführen von unternehmerischen und umweltmäßig nützlichen Marketing-Aktivitäten verstanden. In den 60ern begann die Entwicklung zu einer öffentlichen Meinung in Sachen Umweltschutz, um Firmen unter Druck zu setzen und Geschäftspraktiken zu verändern. Der Misserfolg dieser Anstrengung führte zu einer Änderung in der Strategie, die sich auf gesetzlichen und vorschriftsmäßigen Druck verließ. Diese wird von der nationalen Umweltpolitik-Konferenz von 1969 veranschaulicht, der ersten von der amerikanischen Regierung erlassenen Gesetzgebung für Umweltschutz. (Abb.12)

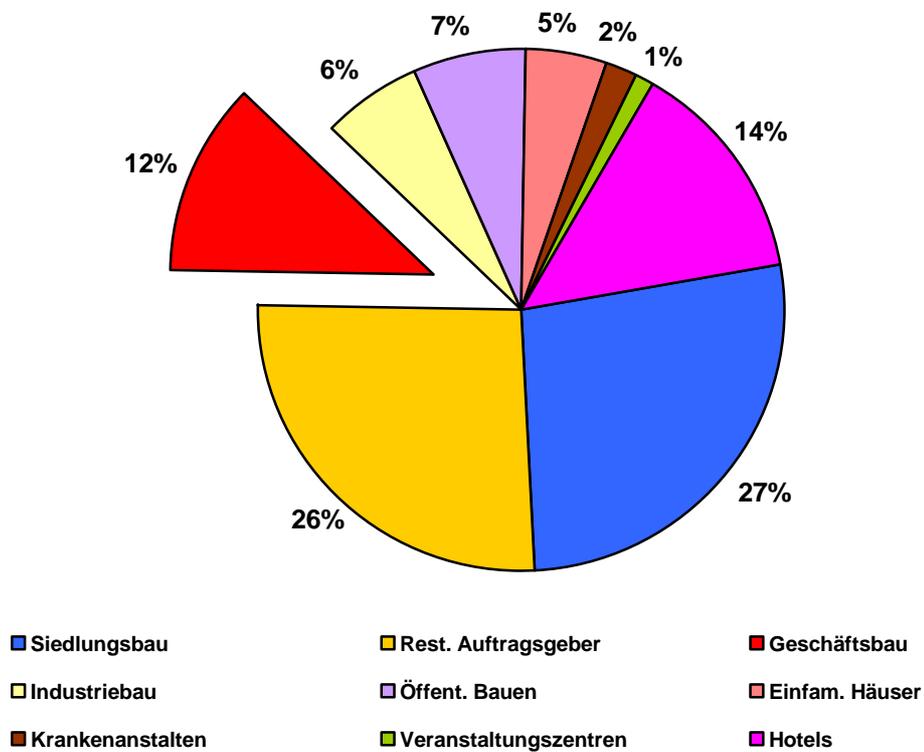
Überall in den 70ern bis zur Mitte der 80er, fing die Verflechtung Umweltsorgen mit Geschäftsstrategien an. Um diese langsam in den Griff zu bekommen, bildete sich eine kohärente, aber zerbrechliche Verknüpfung mit dem Umwelt Marketing aus.

---

19. Vale ,Brenda, Ökologische Architektur /Frankfurt am Main ; Campus Verlag :1991



**Abbildung 11:** Europäische Entwicklung des Handels  
Quelle: SZ Wissen 1/2005



**Abbildung 12:** Entwicklung des Handels in Deutschland  
Quelle: SZ Wissen 1/2005

Marketing-Regeln dominieren in einer EC Gesellschaft, die eine Gesellschaft nicht nur auf seinen Umweltbeiträgen beurteilt, aber auch auf seinen unternehmerischen Leistungen. Beiträge müssen gewinnbringend, sowie ertragbar sein.<sup>20</sup>

Die Qual, zwischen Erhaltung und Ansammlung zu wählen, ist vielleicht gelegt worden, um sich durch eine ermöglichende Marketingstrategie auszuruhen. Umweltschutz Konferenz beschließt ökologische Korrekturformen. Es erleichtert sowohl die Umweltsorge, als auch die sauberer Umgebung beizutragen.<sup>21</sup>

Allein 1998 wurden in Deutschland über 3,5 Milliarden DM für das Ingenieurwesen ausgegeben. (Abb.13)

Eine integrale Planung erfordert eine frühe und intensive Auseinandersetzung mit den Bedürfnissen und Kaufvorstellungen der Kunde. Ihre intensive Mitwirkung in diesem Prozess sollte durch den Architekten moderiert werden.

Wenn alle –oder auch nur 50% –ein Nullenergiegebäude oder Passivgebäude, Energiegewinngebäude bauen wurden, wäre das Energieproblem gelöst.<sup>22</sup>

Wenn wir Energiegewinngebäude bauen würden, wäre das Energieproblem gelöst – so oftmals die für jedermann zunächst einsichtige Argumentation. Und die Frage: Warum wird dies nicht gesetzlich vorgeschrieben? Ohne großen finanziellen und technischen Aufwand können – auch unter Berücksichtigung unserer Baukultur – Gebäude mit einem niedrigen Energiebedarf ohne wesentliche Baupreissteigerungen und Einschränkungen in der Planung erreicht werden. Voraussetzung ist allerdings der geschickte Umgang mit den dazu erforderlichen Handwerkszeugen.

## **2.2. Die Entwicklung neuer Energieeinsparungssysteme.**

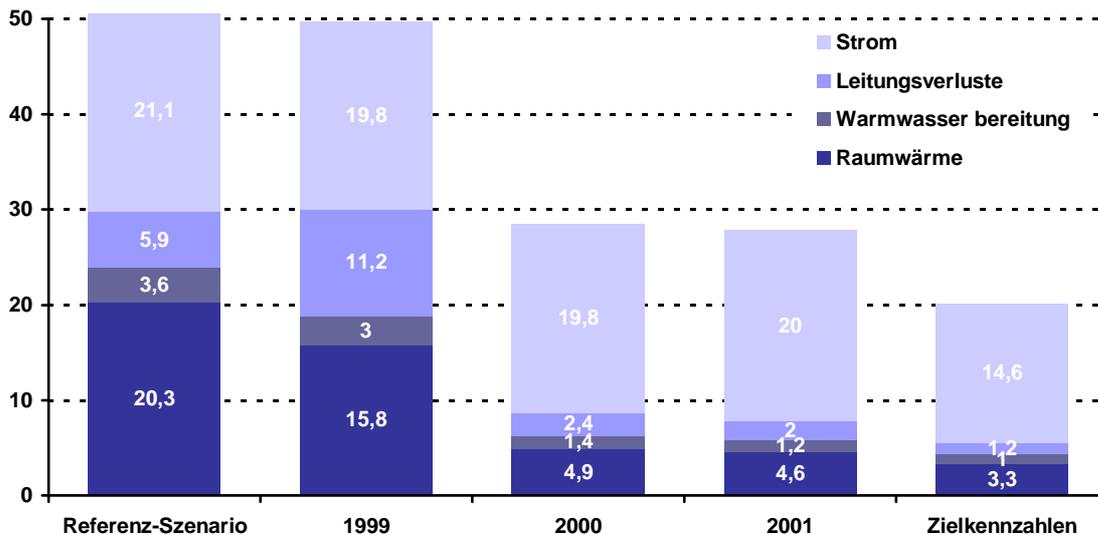
Die Gebäude und deren Installationen sind energiesparend, so dass selbst stark steigende Energiepreise das Gesamtbudget im Vergleich zu heute nicht wesentlich belasten. Mit den steigenden Energiepreisen werden Sparmaßnahmen weiter begünstigt.

---

20. Ecological Correct, USA 1999

21. Vale ,Brenda, Ökologische Architektur /Frankfurt am Main ; Campus Verlag :1991

22. Hahn, Barbara, 50 Jahre Shopping Center in der USA, Evolution und Marktanpassung/ LIS- Verlag ,2002



**Abbildung 13:** Entwicklung der gesamten Kennzahlen des CO<sub>2</sub> Kg/(m<sup>2</sup>a)  
Quelle: ifeu 2003

Die Eigenenergieerzeugung über Solartechnik, Erdwärme und Biomasse wird sich ausweiten, da Dienstleister für die Beratung zur Verfügung stehen und über – bzw. Unterangebote an Energie technisch und Wirtschaft koordinieren und mit ihnen handeln.<sup>23</sup>

Photovoltaikzellen oder Brennstoffzellen können bedarfsgerecht Strom erzeugen. Erdwärme wird über Wärmepumpen zur Gebäudeheizung genutzt. Kraftwerkkapazitäten werden eingespart. Biomasse kann vergären, vergast oder zu Festbrennstoffen verpasst und in die allgemeine Versorgung eingefädelt werden. So stellen sich heute die regenerative Energien im Gebäude vor.

Der weltweite Energieverbrauch hat im Verlauf des 20. Jahrhunderts bekanntermaßen im extremen Maße zugenommen.<sup>24</sup>

(Abb.14) zeigt aber auch, dass die relative jährliche Zunahme seit den 70er Jahren stagniert. Starke Verbraucherzuwächse zeigen sich vor allem in den sogenannten Entwicklungs- und Schwellenländern. Bei anhaltendem Bevölkerungswachstum und entsprechender wirtschaftlicher Entwicklung gehen die meisten Prognosen von einer zukünftigen weltweiten Steigerung des Energieverbrauches aus.

23. Yannas, Simos –Principles, objectives, guidelines- solar energy and housing design– London ,Architectural Assoc. 1991, S:33

24. Herzog, Thomas –European conference on Solar Energy in Architecture and urban Planning–Munich, Prestel : 1996, S:231

Interessant ist in diesem Zusammenhang die strukturelle Entwicklung der Energieträger. Hier zeigt sich ausgehend von Holz und Kohle im 19. Jahrhundert eine zunehmende Verteilung auf „mehreren Schultern“. Der aktuelle Energiemix wird nach wie vor vom Erdöl dominiert, das seinen strukturellen Höhepunkt jedoch voraussichtlich bereits überschritten hat.

Die Kohlennutzung hat zwar bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts ihren maximalen Anteil erreicht, spielt aber auch heute noch eine zentrale Rolle bei der Energiebereitstellung.<sup>25</sup>

In der Tendenz zunehmend entwickelt sich der Anteil von Erdgas und Kernkraftenergie, während Holz und die Wasserkraft als traditionelle erneuerbare Energiequellen von untergeordneter Bedeutung sind (Tabelle 1).

Nach der Vorstellung eines möglichen Energieszenarios müssen sinnvolle Maßnahmen auf dem Gebiet des ökologischen Bauens diskutiert werden, da die regenerativen Energien im Gebäude benutzt werden müssen (Tabelle 2).

Je niedriger das Verbrauchsniveau der Ressourcen ist, desto kleiner sind die Energiekosten und Umweltprobleme. Subventionen werden eingespart, teure Umweltschäden und unsinnige Öko-Konstrukte entfallen.<sup>26</sup>

Jahr <sup>2</sup>	Primärenergieverbrauch	Endenergieverbrauch	Jahr	Primärenergieverbrauch	Endenergieverbrauch
1950	3 971	2 541	1995 <sup>3</sup>	14 269	9 322
1960	6 199	4 270	1996 <sup>3</sup>	14 746	9 687
1970	9 870	6 751	1997 <sup>3</sup>	14 614	9 535
1980	11 436	7 529	1998 <sup>3</sup>	14 521	9 459
1989	11 219	7 223	1999 <sup>3</sup>	14 324	9 301
1990 <sup>3</sup>	14 916	9 488	2000 <sup>3</sup>	14 401	9 234
1991 <sup>3</sup>	14 611	9 366	2001 <sup>3</sup>	14 679	9 455
1992 <sup>3</sup>	14 319	9 127	2002 <sup>3</sup>	14 414	9 228
1993 <sup>3</sup>	14 310	9 233	2003 <sup>3,4</sup>	14 457	9 266
1994 <sup>3</sup>	14 184	9 110	2004 <sup>3,4</sup>	14 408	9 237

1 1 Petajoule = 10<sup>15</sup> Joule.

2 Bis einschl. 1989 früheres Bundesgebiet, ab 1990 Deutschland.

3 Auf der Basis des Wirkungsgradansatzes berechnet.

4 Vorläufige Angaben.

**Tabelle 1:** Entwicklung des Energieverbrauchs (in Petajoule)

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V. bzw. DIW Berlin

25. Steiger, Peter, PLENAR, Planung, Energie, Architektur / Zürich, 1995. S:11

26. Hausladen, Gerhard, Clima Design, Lösungen für Gebäude mit der weniger Technik mehr können, 2005

Land	Je Einwohner in t RÖE <sup>1</sup>	Anteile der Energieträger in %				
		Kohle	Mineralöl	Gas	Kern- energie	Wasser- kraft
<i>Europa</i> <sup>2</sup>	3,39	18,0	39,4	24,2	12,0	6,4
<b>Deutschland</b>	<b>4,00</b>	<b>25,9</b>	<b>37,4</b>	<b>23,4</b>	<b>11,4</b>	<b>1,8</b>
Belgien + Luxemburg	6,46	8,7	54,2	20,9	15,5	0,7
Frankreich	4,35	4,8	35,8	15,3	38,6	5,6
Italien	3,16	9,3	48,7	35,9	–	6,0
Niederlande	5,85	9,5	48,5	41,0	0,9	0,0
Norwegen	8,57	1,5	24,6	10,5	–	63,3
Österreich	4,04	10,6	41,5	25,8	–	22,1
Polen	2,40	62,9	23,2	13,0	–	0,9
Russische Föderation	4,70	15,8	19,2	54,1	4,8	6,0
Schweden	5,38	5,0	31,6	1,4	35,7	26,2
Schweiz	4,05	0,3	41,4	9,3	21,0	27,6
Spanien	3,41	14,5	53,3	16,9	9,8	5,4
Türkei	1,20	27,0	37,5	23,3	–	12,2
Vereinigtes Königreich	3,79	16,8	35,6	38,9	8,0	0,7
<i>Afrika</i>	0,36	32,9	39,8	19,8	1,1	6,3
Südafrika	2,74	76,4	20,1	–	2,7	0,6
<i>Amerika</i>	2,35	19,1	41,1	24,9	6,6	8,4
Brasilien	1,04	6,1	44,9	9,1	1,4	38,6
Kanada	9,69	9,9	32,4	26,2	6,7	24,8
Mexiko	1,38	6,2	58,6	29,8	1,4	3,9
Vereinigte Staaten	7,85	24,2	40,2	25,0	8,1	2,6
<i>Asien</i> <sup>3</sup>	0,98	41,2	36,4	14,9	3,2	4,2
China <sup>4</sup>	1,07	69,0	22,3	2,5	0,8	5,4
Taiwan	4,31	37,6	42,4	9,3	9,1	1,5
Indien	0,35	54,5	31,7	7,7	1,0	5,1
Indonesien	0,49	20,3	49,9	27,6	–	2,3
Japan	4,03	23,5	46,9	12,6	12,6	4,4
Korea, Republik	4,53	24,4	48,3	13,1	13,6	0,6
Philippinen	0,31	20,0	63,2	8,8	–	7,6
Saudi-Arabien	5,51	–	58,0	42,0	–	–
Singapur	10,45	–	84,5	15,5	–	–
Ver. Arab. Emirate	16,81	–	30,4	69,4	–	–
<i>Australien und Ozeanien</i> <sup>5</sup>	.	.	.	.	.	.
Australien	5,98	45,7	32,6	18,6	–	3,2

1 1 t RÖE = 1 Tonne Rohöleinheit = 41 860 kJ Hu/kg (unterer Heizwert/kg).

2 Ohne Angaben für die europäischen Staaten der ehemaligen Sowjetunion und die Staaten des ehemaligen Jugoslawiens.

3 Ohne Angaben für die asiatischen Staaten der ehemaligen Sowjetunion. Einschl. der Angaben für Australien und Ozeanien.

4 Ohne Angaben für Hongkong und Taiwan.

5 Die Angaben für Australien und Ozeanien sind bei Asien einbezogen.

## **Tabelle 2:** Primärenergieverbrauch im internationalen Vergleich 2004

Quelle: BP-Statistical Review of World Energy, BP, London

Jahr	Braunkohle		Steinkohle		Erdöl		Erdgas	
	Mill. t	PJ <sup>1</sup>	Mill. t	PJ <sup>1</sup>	Mill. t	PJ <sup>1</sup>	Mrd. m <sup>3</sup> <sup>2</sup>	PJ <sup>1</sup>
1995	192,8	1 709	53,6	1 595	3,0	126	19,1	670
1996	187,2	1 658	48,2	1 434	2,8	121	20,7	727
1997	177,2	1 571	46,8	1 391	2,8	120	20,4	716
1998	166,0	1 483	41,6	1 234	2,9	123	19,9	699
1999	161,3	1 451	39,5	1 194	2,7	116	21,2	744
2000	167,7	1 526	33,6	1 012	3,1	131	20,1	706
2001	175,4	1 612	27,4	825	3,3	140	20,3	713
2002	181,8	1 653	26,4	790	3,6	152	20,3	712
2003	179,1	1 639	25,9	777	3,7	161	21,1	741
2004	181,9	1 658	25,9	783	3,4	147	19,5	685

1 PJ = Petajoule = 10<sup>15</sup> Joule.

2 Heizwert = 35 169 kJ/m<sup>3</sup>.

### **Tabelle 3:** Förderung wichtiger Rohstoffe

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. bzw. DIW Berlin

Der Positive Einfluss einer Nutzung erneuerbarer Energiequellen macht die Ursprüngliche Gedankenkette im Zusammenhang mit dem Verbrauch von Energie deutlich. (Tabelle 3)

Mit dem Verbrauch fossil/atomarer Energie kommen anhaftenden negativen Umwelt Auswirkung an.<sup>27</sup>

Eine Reduzierung des Energieverbrauchs aus ökologischen Gründen nahe, der im Bezug zur Ausgangsituation eine Verbesserung darstellt.<sup>28</sup>

Der Prozess Einsparung wiederholt sich entsprechend oft, bis in Korrelation mit ideologischen und technischen Randbedingungen ein wirtschaftliches Optimum erreicht wird.<sup>29</sup>

Die Reduzierung des Energieverbrauchs ist zwar ein kurzfristig positiver und umsetzbarer Weg, bewirkt jedoch langfristig keinen Ausweg aus dem eigentlichen Problem.<sup>30</sup>

Die erneuerbaren Energiequellen bieten eine alternative Lösung, die vor dem Hintergrund einer „neutralen“ Beziehung zum Ökosystem eine umweltverträgliche Energienutzung verspricht.<sup>31</sup>

27. Dieter, Heinrich, Manfred Hergt/dtv, Atlas zur Ökologie, Tafeln und Texte, München, 1990

28. Herzog, Thomas, Solar Energie in Architecture and urban Planning , München ,1996, S:41

29. Stark, Thomas, Untersuchung zur aktiven Nutzung Erneuerbarer Energie, 2003, S:28

30. Glücklich, Detlef, Ökologisches Bauen, 2005 S:144

31. Rocky Mountain, Development, Integrating Ecology and Real Estate ,USA ,1998

Bei dem gegenwärtigen Verbrauch des Bestands mit 250 bis 500 kWh/m<sup>2</sup>a können wir mindestens mit dem Faktor 3 bis 5 den Verbrauch reduzieren und zudem noch regenerative Energie einsetzen.<sup>32</sup>

Die Energieverbräuche in Gebäude lassen sich i. d. R. um mehr als 50% reduzieren. Mit solchen Maßnahmen liegen wir im dunkelgrünen Bereich des Energieszenarios, erfüllen also die Umweltaforderungen. Energie bleibt auch bei wesentlichen Preissteigerungen verfügbar und bezahlbar – Energie zu sparen ist kein Selbstzweck.

In den vergangenen Jahren wurde im Zusammenhang mit den schwindenden Ressourcen der Zusammenbruch der Energieversorgung diskutiert.<sup>33</sup>

Die Energieeinsparung kann bezweifelt werden, sieht man einmal von Versorgungsengpässen durch Katastrophen und Verteilungskrieg ab. Überkapazitäten, zumindest im Strombereich, zwingen zur Ankurbelung des Verbrauchs, da die Investitionskosten in die Kraftwerke und sonstige Anlagen gezahlt werden müssen. Ein Problem besteht sicher langfristig, allerdings droht oftmals der Gesamtzusammenhang verloren zu gehen.

Wir brauchen Gebäuden, die wie solare Pflingstochsen herausgeputzt sind. Manchmal auch wie Primadonnen, die das Energieproblem der Zukunft direkt vor Ort lösen können.<sup>34</sup>

Wie könnte denn ein zukünftiges Energieszenario aussehen und welche Konsequenzen sind daraus zu ziehen?

(Abb.14) Die Haushalte verwenden 50% des Energiebedarfs für die Gebäudeheizung. Den Rest teilen sich Warmwasser, Geräte und Auto.<sup>35</sup>

Wie können wir nun zu realistischen Einschätzungen der zukünftigen Entwicklung kommen oder zumindest ein nachvollziehbares Szenario für die nächsten 30 bis 200 Jahre entwickeln? ( Tabelle 4,5)

---

32. Stark, Thomas, Untersuchung zur aktiven Nutzung Erneuerbarer Energie, 2003, S:29

33. Glücklich, Detlef, Ökologisches Bauen, 2005 S:145

34. Schäfers, Bernhard (2006): Stadtentwicklung im Spiegel der Stadtsoziologie. Beiträge seit 1970. Konstanz

35. Solomon, Barbara- Standfacher, Green Architecture and the agrarian garden, Jaban 1989

Jahr <sup>1</sup>	Steinkohle		Braunkohle		Mineralöl		Naturgase		Kernenergie		Sonstige	
	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%
1950	2893	72,8	607	15,2	185	4,7	3	0,1	-	-	284	7,2
1960	3760	60,7	856	13,8	1301	21,0	32	0,5	-	-	249	4,0
1970	2839	28,8	896	9,1	5242	53,1	543	5,5	61	0,6	289	2,9
1980	2259	19,8	1149	10,0	5443	47,6	1887	16,5	420	3,7	278	2,4
1990 <sup>2</sup>	2306	15,5	3201	21,5	5238	35,1	2316	15,5	1668	11,2	187	1,2
1995 <sup>2</sup>	2060	14,4	1734	12,2	5689	39,9	2826	19,8	1682	11,8	278	1,9
2000 <sup>2</sup>	2021	14,0	1550	10,8	5499	38,2	3015	20,9	1851	12,9	465	3,2
2001 <sup>2</sup>	1949	13,3	1633	11,1	5577	38,0	3180	21,7	1868	12,7	472	3,2
2002 <sup>2</sup>	1912	13,3	1664	11,5	5381	37,3	3180	22,1	1798	12,5	479	3,3
2003 <sup>2,3</sup>	2013	13,9	1639	11,3	5280	36,5	3263	22,6	1802	12,5	460	3,2
2004 <sup>2,3</sup>	1940	13,5	1647	11,4	5214	36,2	3280	22,8	1823	12,7	504	3,4

1 Ab 1990 Deutschland, vorher früheres Bundesgebiet.

2 Auf Basis des Wirkungsgradansatzes berechnet.

3 Vorläufige Angaben.

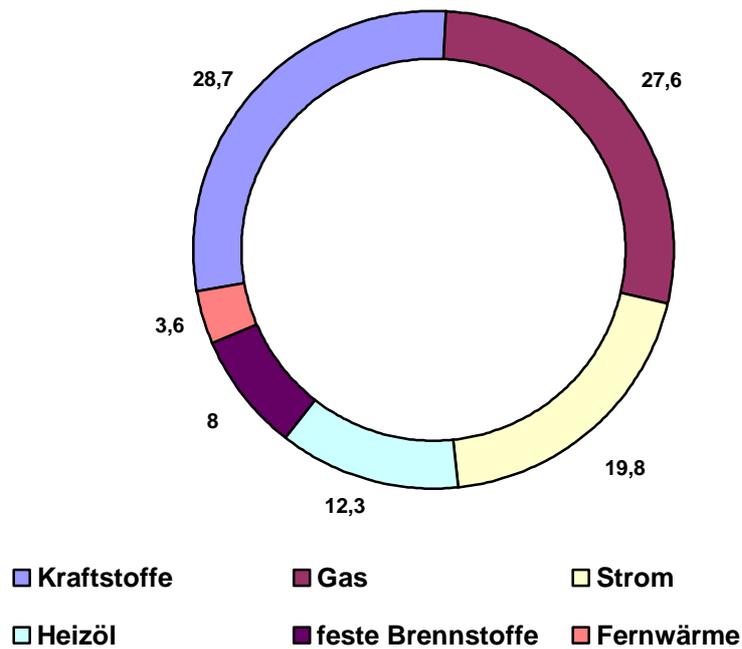
**Tabelle 4:** Primärenergieverbrauch nach Energieträger (in Petajoule bzw. Prozent)  
Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. bzw. DIW Berlin

Jahr <sup>1</sup>	Feste Brennstoffe		Kraftstoffe		Heizöl		Gas		Strom		Fernwärme	
	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%
1950	2041	80,3	112	4,4	16	0,6	235	9,3	122	4,8	12	0,5
1960	2398	56,2	475	11,1	547	12,8	471	11,0	340	8,0	34	0,8
1970	1356	20,1	1197	17,8	2586	38,4	759	11,3	718	10,6	127	1,9
1980	796	10,6	1736	23,1	2283	30,3	1432	19,0	1115	14,8	163	2,2
1990	1610	17,1	2525	26,6	1447	15,2	1870	19,7	1653	17,4	383	4,0
1995	760	8,1	2695	28,9	1593	17,1	2260	24,3	1648	17,7	366	3,9
2000	728	7,9	2803	30,4	1249	13,5	2410	26,1	1779	19,2	265	2,9
2001	731	7,7	2736	28,9	1424	15,1	2519	26,7	1778	18,8	267	2,8
2002	716	7,7	2706	29,3	1270	13,8	2464	26,7	1801	19,5	271	3,0
2003 <sup>2</sup>	730	7,8	2620	28,3	1237	13,3	2547	27,5	1802	19,6	330	3,5
2004 <sup>2</sup>	753	8,0	2657	28,7	1134	12,3	2544	27,6	1819	19,8	330	3,6

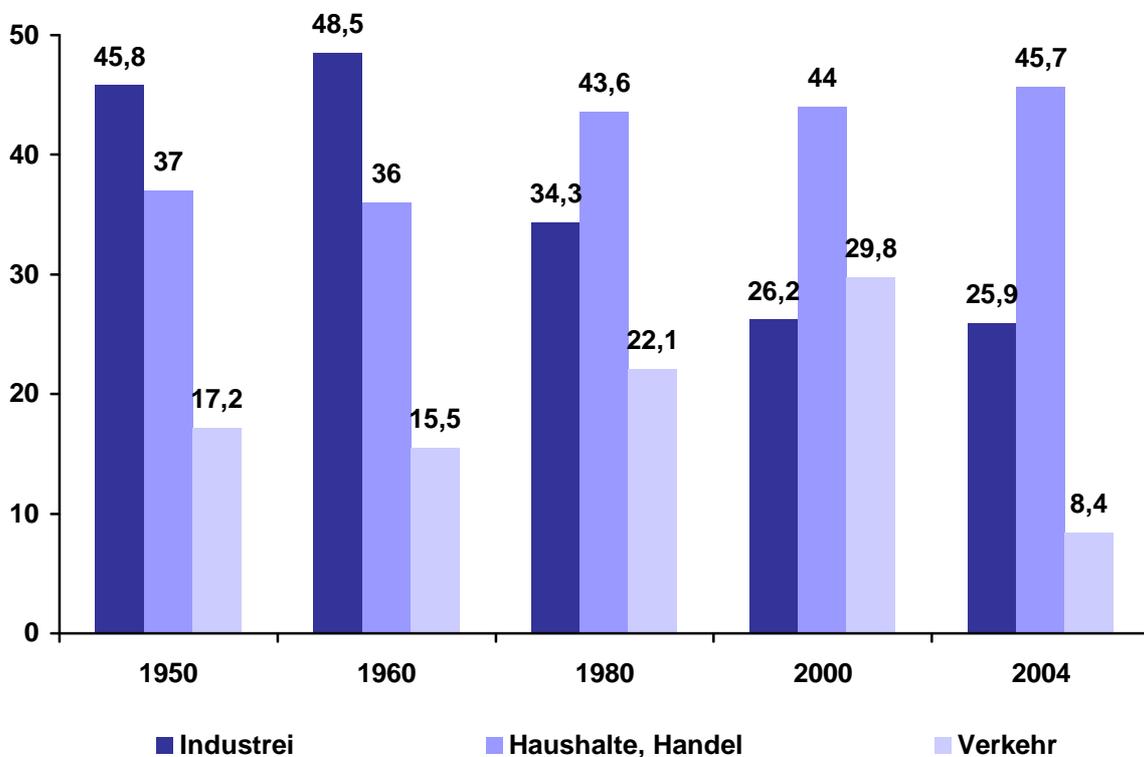
1 Ab 1990 Deutschland, vorher früheres Bundesgebiet.

2 Vorläufige Angaben.

**Tabelle 5:** Primärenergieverbrauch nach Energieträger (in Petajoule bzw. Prozent)  
Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. bzw. DIW Berlin



**Abbildung 14:** Anteil der Energiearten am Energieverbrauch 2004 in Prozent  
Quelle: Arbeitsgemeinschaft an Energiebilanzen, DIW Berlin.



**Abbildung 15:** Verbrauch an Endenergie nach Verbrauchergruppen  
Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, DIW Berlin

Im Rahmen einer reinen Energieversorgung von Gebäuden auf Basis erneuerbarer Quellen könnte man im Extremfall zu dem Schluss gelangen, dass der Energieverbrauch dann nicht mehr von Bedeutung wäre. Dies wird jedoch dadurch ausgeschlossen, dass die Nutzung dieser Quellen mit einem relativ hohen Aufwand verbunden ist, der sich insbesondere in die Kosten zur Energiebereitstellung zeigt. Auch hier wird letztlich das wirtschaftliche Optimum in Abwägung des Energiebedarfs und dem damit zum Teil überproportional verbundenen finanziellen Aufwand in der Praxis umgesetzt. Beide Ansätze führen damit zum selben Ziel, nämlich zur Reduktion von Energiebedarf. So sind Verlustreduzierung und Maximierung erneuerbarer Energie sich gegenseitig ergänzende Ziele. In der zukünftigen Planung sollte daher neben der bisher üblichen Analyse zu Möglichkeiten der Bedarfsvermeidung in gleichwertiger Stellung die Frage der Qualität der Energiezufuhr betrachtet werden. Ob und inwieweit die Nutzung erneuerbarer Energie tatsächlich ohne negative Auswirkung ist, muss in einem größeren Kontext untersucht werden. Maßgeblich sind hierzu Informationen zu den energetischen der Amortisationszeiten der technischen Systeme, Umwelteinflüsse bei der Bereitstellung erneuerbarer Energieträger, sowie insbesondere Energie- und Stoffbilanzen für die Entsorgung bzw. Aufbereitung ausgedienter Komponenten. (Abb.15)

### **2.3. Regenerative Energiewirtschaft.**

Mit Beginn eines intensiven Abbaus von fossilen Energieträgern und einer in Bezug zur Menschheitsgeschichte explosionsartigen Steigerung des Energiekonsums, nahm eine Entwicklung ihren Lauf, deren Konsequenzen uns heute mehr und mehr beeinflussen. Bereits 1861 wurde in Frankreich von Augustin Mouchot ein Patent für eine Solarbetriebene Dampfmaschine angemeldet. Auch die Grundlagen für die Wärmepumpe und der photovoltaische Effekt waren zu diesem Zeitpunkt bereits erarbeitet. Dass die technische Entwicklung jedoch nicht ausschließlich aus wirtschaftlichen Motiven vorangetrieben wurde, zeigt das Zitat eines Professors für Physik aus dem Jahre 1866. Darin schreibt Rudolf Clausius: „wir haben gefunden, dass unter der Erde Kohlenvorräte aus alten Zeiten liegen, welche sich im Laufe so langer Zeiträume abgelagert haben, dass alle historischen Zeiten dagegen verschwindend klein sind. Der Vorrat von potentieller Energie, welche in den Kohlenlagern vorhanden ist, verdankt seine Entstehung derjenigen Energie, welche die Sonne, der Erde in der Form von strahlender Wärme“. In weiterem Verlauf der Entwicklung wurden Systeme zur Nutzung erneuerbare Energie kontinuierlich – jedoch mit stark schwankender Intensität parallel zur Förderung fossiler Brennstoffe und Nutzung atomarer Energie weiterentwickelt.

---

36. Stark, Thomas, Untersuchung zur aktiven Nutzung Erneuerbarer Energie, 2003, S.23

37. MENER 1996

38. Daniels, Klaus, Dirk u. Hindrichs, Plus minus 20/40 latitude/ Schüco, Edition Axel Menges , 2007

Die fossilen Energieträger werden in dem genannten Zeitraum sicherlich nicht zur Neige gehen, denn mit steigenden Preisen sind neue Lagerstätten erschließbar, und man wird Wege finden, dies auch auf umweltverträglicher Weise zu tun. Einigkeit herrscht allgemein darüber, dass die fossilen Energieträger durch Einsparungen und durch regenerative Energie ersetzt werden müssen.

Unberücksichtigt sind hier neue Techniken, ein prinzipieller Wandel und eine ernsthafte Bewusstseinsänderung, im Bereich erneuerbare Energie.

Linear hochrechnen lassen sich die verschiedenen Maßnahmen schwer. Die Dämmung von Gebäuden benötigt zunächst mehr Energie, leichte und sparsame Autos sparen zwar Sprit und Material, werden aber die Fahrleistung und auch die Nutzerzahl erhöhen.

20% der Bevölkerung verbrauchen 80% der fossilen Energie. Die Energiekrise scheint unvermeidbar. Wegen weltweiter sozialer und wirtschaftlicher Gleichberechtigung müsste der Energieverbrauch deshalb exponentiell ansteigen.

Gerade in Schwellenländern wird sehr ineffizient mit der Energie umgegangen, in den heißen Zonen gilt oft eine technische Klimatisierung als besonders modern und die Oberschicht fährt Spritfresser der ersten Güte, die Innenstädte werden für den motorisierten Individualverkehr ausgebaut, die Klimatisierende natürliche Begrünung vernichtet. Warum sollen diese Länder die Fehler der Industrieländer wiederholen?

Diese überholten „Energie-Dinos“ sollten sie vermeiden und stattdessen von Anfang an eine zukunftsfähige Entwicklung einleiten, da sonst keine nachhaltige Verbesserung der Lebensverhältnisse möglich ist. Der Kampf um knapper werdende Ressourcen frisst die Menschen auf.

Die Übertragung des derzeitigen Energiestatus auf die bevölkerungsreichen Zukunftsländer und seine lineare Hochrechnung in Energieeinheiten ist zu kurz gedacht.

Bei ökologischen Energiekonzepten werden oft besondere Techniken angewendet bzw. untersucht, um regenerative Energieträger einzusetzen.

Diese Entwicklung ist nicht zwingend vorgegeben. Die wichtigen Energieverteiler sind das Stromnetz, die Erdgasleitung und die Erdöltanks, mit den Tankfahrzeugen. Alle Verteiler sind nicht auf fossile Energieträger abonniert. Auch Windenergie wird über das Stromnetz verteilt.

Die regenerative Energieerzeugung muss nicht direkt vor Ort erfolgen. Wie große Windparks können entsprechende Anlagen der Photovoltaik oder der Biomassenverwertung nach besonderen Betreiber – und Finanzierungsmodellen günstiger sein.

Die Kosten regenerativer Energien werden als zu hoch eingeschätzt. Wenn sich schon heute die Kilowattstunde Windenergie für 8 Cent wirtschaftlich verkaufen lässt.

Energiesparen heißt zudem auch Kosten sparen. Es kann also lange ausreichend und bezahlbar Energie geben. Wie sich unterdessen die einzelnen Anteile unter-

schiedlicher Energiequellen einschließlich der „Einsparquelle“ entwickeln werden, lässt sich schwer voraussagen.

Ein Szenario stellt nicht die wirkliche Entwicklung dar, denn die sieht ganz anders aus. Unser jetziges Produktionssystem ist nicht nachhaltig. Produktionsanlagen, Vertriebsstrukturen und Werbung, technische Regeln und natürlich unser gängiger Lebensstil sind auf Energieverbrauch eingestellt.

Die Vielzahl der Einzelaktivitäten zur Energieeinsparung kann von der Gesamtsicht auf die notwendigen Entwicklungen in den nächsten 20 bis 50 Jahren ablenken. Dann müssen wir allerdings die Dächer mit Solarkollektoren und die Keller mit Langzeitenenergiespeichertanks voll packen.

In Deutschland lag 2001 der Anteil der regenerativen Energien zur Stromerzeugung bei 6,6% und zur Wärmeerzeugung bei 3,3%. Der Anteil regenerativer Energie am Gesamtverbrauch lag damit im Jahre 2001 unter 4%, der von Öl, Gas und Kernenergie bei 75%.<sup>39</sup>

Die Reduzierung des Bedarfs an Heizwärme durch die Energie Einsparverordnung wird auf 50% geschätzt, wenn der Gebäudebestand insgesamt nicht wesentlich ausgeweitet wird. Durch energieeffizientes Bauwesen und bessere Nutzung der Gebäude, lässt sich nach diesen Überlegungen der Bedarf durchaus dritteln bis halbieren.

Ähnliche Überlegungen sind für den elektrischen Energiebedarf, für die Beleuchtung und den Betrieb von Geräten möglich. Dieses Ziel kann eher noch unterschritten werden, wenn man die möglichen Effizienzsteigerungen bei bestimmten Kraftwerken fast um Faktor 2, effizientere Heiztechnik, die Nutzung der Abwärme oder auch einfaches Sparen berücksichtigt. Bei gleich bleibenden laufenden Betriebskosten werden Einsparungen die Energiepreise erhöhen. Regenerative Energien können dann konkurrieren. Trotz höherer Preise werden aufgrund der Einsparung die Lebenshaltungskosten nicht wesentlich steigen.

Das Material und der Transportaufwand werden zurückgehen, wenn Installationen und Geräte kleiner und Klimaanlage oder Kraftwerke ganz entfallen können. Überkapazitäten werden abgebaut. Materialrecycling erhöht die Effizienz insbesondere von Metallen und Kunststoffen ganz wesentlich.

Biomasse gibt es an vielen Stellen: Klärschlämme, nachwachsende Rohstoffe, organische Abfälle usw. Die solare Energiegewinnung wird im Masseneinsatz wesentlich billiger. Zudem sind zusätzliche innovative Lösungen in der Zeitspanne von 50 Jahren zu erwarten, vor allem dezentrale effektive Einheiten zur Energieerzeugung im Netzverbund.

Hohe Preise rufen auf der einen Seite viele Energieanbieter auf den Markt, auf der anderen Seite ist sparen besonders lohnend.

.....  
39. Baumgarten, Marcus, Standortverlagerungen des Lebensmitteleinzelhandels und ihre Folgen für die Nahversorgung. In: Raumforschung und Raumordnung, 2007,S: 225.

Wenn die nachhaltige Energieversorgung durch energiegerechtes Planen und Bauen eingeleitet wird, werden Langwierige Abhandlungen über Energiebilanzen und komplizierte Energiespargebäude heraus kommen.<sup>40</sup>

Wir müssen lediglich ökologisches Bauen verstehen, um das Problem letztendlich lösen zu können.

#### **2.4. Kreislaufwirtschaft.**

In Deutschland ist der Primärenergieverbrauch entgegen des weltweiten Trends in den letzten Jahren konstant bis leicht rückläufig. Wie in (Abb.16) ersichtlich, zeigt der Anteil der einzelnen Energieträger jedoch dasselbe Bild: auch die deutsche Energiebereitstellung wird vom Erdöl dominiert, die Kohle nimmt kontinuierlich ab, spielt in der Stromerzeugung aber nach wie vor eine wichtige Rolle im Kreislauf Wirtschaft.

Erdgas und Kernkraftenergie zeigen zunehmende Tendenzen, während erneuerbare Energiequellen in Form von Wasserkraft konstant bleiben, seit 1995 durch die Zurechnung der Windenergie leicht steigen, insgesamt jedoch weiterhin unbedeutend sind.<sup>41</sup>

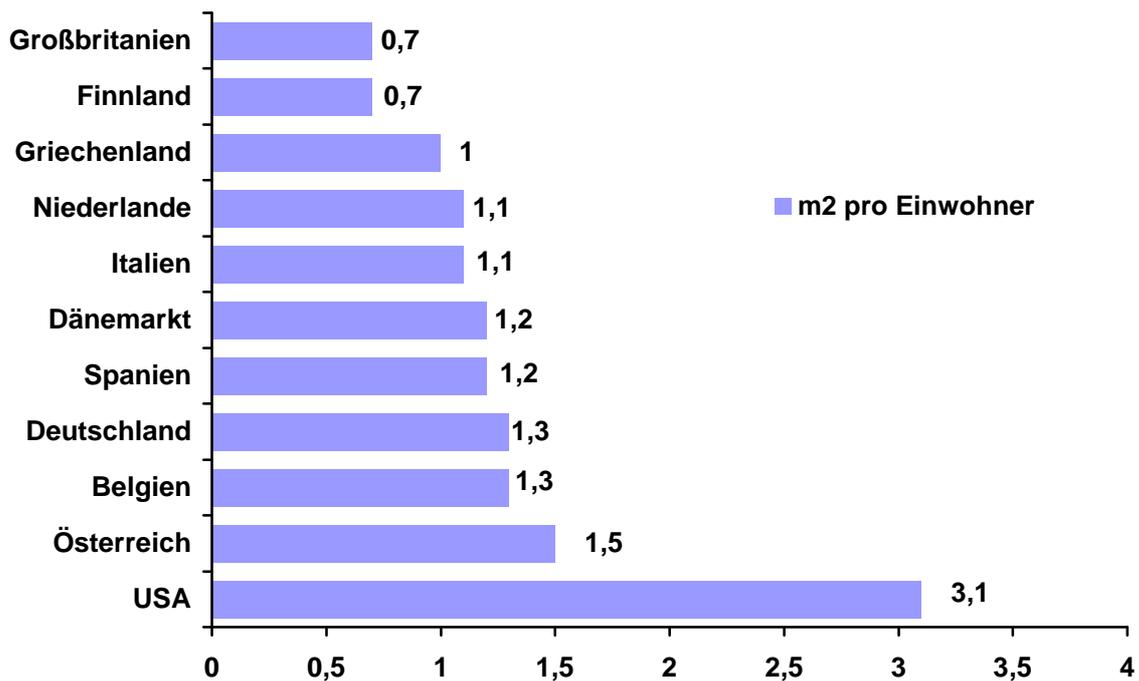
Darin zeigt sich, dass die Biomassenutzung insgesamt das größte Potenzial besitzt. Dabei wird das Industrierestholz und Waldrestholz bzw. Altholz bereits zu einem kleinem Teil genutzt. Dies gilt auch für Klär- und Deponiegas sowie die Müllverwertung.

Bislang ungenutzte Potenziale bergen hingegen Biogas sowie der mit Abstand größte Posten Energiepflanzen, die sowohl in fester als auch in flüssiger Form zur Verfügung stehen. (Abb.17)

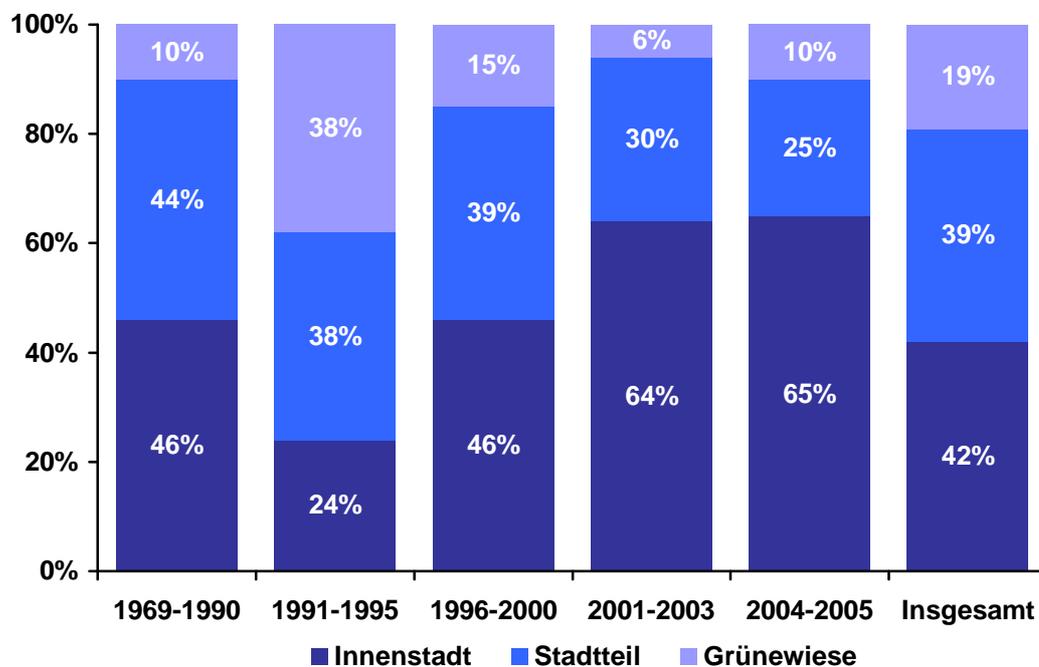
Zur Erzeugung von erneuerbaren Energien stehen neben der bekannten solarthermischen Nutzung auch die Erdwärme (oberflächennah) und die Geometrie (oberflächenferne) zur Nutzung bereit. Hier bieten alle Quellen sehr hohe Potenziale, die bislang quasi ungenutzt sind. Im Bereich Stromerzeugung dient neben der Wasserkraft und Windenergie auch die photovoltaische Wandlung der Solarstrahlung eine alternative Erzeugung. Sie bieten das größte Potenzial bei bisher geringer Nutzung. Im Gegensatz dazu ist das Wasserkraftpotenzial bereits weitgehend ausgeschöpft.

.....  
40. Hillmann ,Gustav ,Klimagerechte und energiesparende Architektur, Karlsruhe: 1983

41. Gillinger und Schmid Julian, Bauen im Gleichgewicht, von Haustraum Zum Traumhaus  
Wien ,2000. S: 109



**Abbildung 16:** Verkaufsfläche je Einwohner,  
Quelle: Eurostat, Euromonitor



**Abbildung 17:** Shopping Center mit Fläche über 10000 m<sup>2</sup> in Deutschland  
Quelle: EHI 2006

Das Potenzial Windenergie ist gekennzeichnet durch eine im Vergleich zum Gesamtbild eher geringe Größe. Die Erschließung dieser Quelle hat in den letzten Jahren eine enorme Steigerung erfahren, die auch für die Zukunft erwartet wird.<sup>42</sup>

Die umfassende Untersuchung zum Thema potenzielle Nutzung der erneuerbaren Energie in Deutschland ist dokumentiert und detaillierte Studien, die technische Erzeugung sowie die derzeitige Nutzung von erneuerbaren Energiequellen betreffend, wurden auf diesen Grundlagen durchgeführt.

Eine Studie der Bundesministerium für Wirtschaft zeigt, dass das technische Potenzial an erneuerbare Energiequellen in Deutschland beachtlich ist.<sup>43</sup>

In der Summe erreicht die erneuerbare Energiemenge über 2000 TWh durchaus die Größenordnung des derzeitigen Endenergiebedarfs. Auch eine Aktuelle Studie im Auftrag des Bundes kommt zu der Ergebnisse, dass das Referenzpotenzial an erneuerbarer Energie bei etwa 2360 TWh liegt, wobei die Stromerzeugungspotenziale zu 6% und die Wärmeerzeugungspotenzial erst zu 4% ausgeschöpft sind<sup>44</sup>

Aufgrund von Ressourcensicherung und Klimaschutz werden die Veränderung im Bereich Energieversorgung und der künftige Einsatz von erneuerbarer Energie im internationalen Kontext zwingend sein.

---

42. Herzog, Thomas, European conference on Solar Energy in Architecture and urban Planning, Munich, 1996. S: 32

43. Stark, Thomas, Untersuchung zur aktiven Nutzung Erneuerbarer Energie, 2003, S,31

44. Daniels, Klaus, Dirk u. Hindrichs, Plus minus 20/40 latitude, 2007. S:54

## 2.5. Städtebauliche Implementierung.

Die architektonischen Potenziale der Handelsarchitektur sind bisher wenig ausgelotet. Dabei bieten moderne Bautechniken und Materialien vielfältige Möglichkeiten zur Gestaltung großflächiger Fassaden. Zu denken ist hier u. a. an mehrschichtige transparente Hüllen, von außen sichtbare Treppenanlagen und Galerien oder die Verwendung grüner Architekturelemente.

Dem Leitbild Solarcity mit aufwändigen Lösungsvorschlägen könnte eine ähnliche Zukunft bevorstehen.<sup>45</sup>

Deshalb müssen Rahmenbedingungen geschaffen werden, unter denen sich nachhaltiger Städtebau entwickeln kann, statt mit starren Planungen zu arbeiten.

Ein nachhaltig Kultivierter Freiraum im Stadtzentrum ist sehr nötig. Dieser wird mehrfach genutzt als beruhigter Verkehrsweg, auch als Aufenthaltsraum zum Sitzen und Flanieren sogar als Stadtnaturraum benutzt.<sup>46</sup>

Stadtstrukturen mit weitgehend dezentralen, aber in ein Gesamtsystem eingebundenen Strukturen sind gegenüber Veränderungen stabiler als zentralisierte Strukturen. Stadtbereiche – z. B. Quartiere – können als teilweise spezialisierte Zellen oder auch Lebewesen angesehen werden, die sich mit möglichst hoher Eigenständigkeit in einen Gesamtorganismus einfügen.

Die reduzierte Umweltbelastung, die hohe Lebensqualität und das Miteinander der Menschen stimulieren die Dezentralität und erzeugen Konkurrenz zu den alten spezialisierten zentralen Systemen.<sup>47</sup>

Staus und damit Zeitverlust, Kosten und Umweltbelastung werden vermieden. In den Autozentren konzentrieren sich auch andere Autoaktivitäten. Der Weg zum ÖPNV ist kurz.<sup>48</sup>

Schon durch den Wechsel vom reinen Autobesitzer zum Autonutzer und die Mischnutzung der Parkarten werden Autos, Infrastruktur und Flächen eingespart, Kapital wird frei. Kosten werden transparent. Trotz Parksilogeühren machen die Nutzer einen Gewinn und verbessern gleichzeitig ihre Mobilität.

---

45. Stark, Thomas, Untersuchung zur aktiven Nutzung Erneuerbarer Energie, 2003, S.35

46. Ökologisches Bauen, Detlef Glücklich, 2005 s:146

47. Ministerium für Arbeit und Soziales, Stadtentwicklung, Kultur und Sport des Landes Nordrhein-Westfalen (MASSKS)/ Innerstädtische Einkaufszentren. Anforderungen und Integration/ Düsseldorf, 1999

48. (ÖPNV) Öffentlichen Personennah Verkehr, nach NITSCH 2000

	Maßeinheit	Deutschland			
		1991	1995	2000	2004 <sup>8</sup>
Primärenergieverbrauch	Petajoule	14 611	14 269	14 404	14 483
Rohstoffentnahme und Import <sup>1</sup>	Mill. t	1 435	1 455	1 409	1 343
Wasserentnahme aus der Natur <sup>2</sup>	Mill. m <sup>3</sup>	51 245	48 831	44 929	–
Siedlungs- und Verkehrsfläche	km <sup>2</sup>	40 305 <sup>3</sup>	42 052 <sup>4</sup>	43 459	45 090
Treibhausgase	Mill. t CO <sub>2</sub> -Äquivalent	1 191	1 103	1 017	1 018 <sup>6</sup>
dar.: Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )	Mill. t	977	902	860	834
Abschreibungen <sup>5</sup>	Mrd. EUR	230	268	308	334 <sup>6</sup>
Arbeitsstunden	Mrd. Std.	60	58	58	56
Bruttoinlandsprodukt <sup>7</sup>	Mrd. EUR	1 535	1 848	2 063	2 216

1 Nur verwertete Entnahme.

2 Einschl. Fremd- und Regenwasser.

3 1993.

4 1997.

5 In Preisen von 2000.

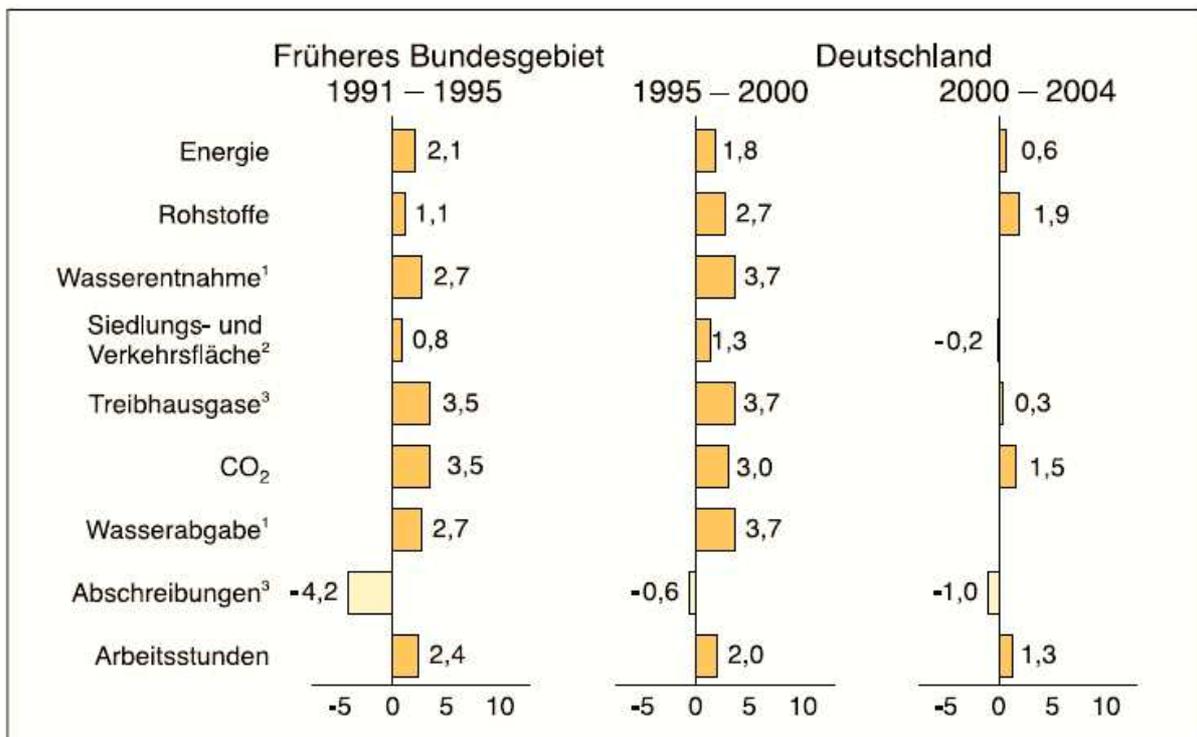
6 2003.

7 In jeweiligen Preisen.

8 Zum Teil geschätzt.

**Tabelle 6:** Einsatz von Umweltressourcen für wirtschaftliche Zwecke

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. bzw. DIW Berlin



1 Veränderungen 2001 gegenüber 1991.

2 Veränderungen 2004 gegenüber 1993.

3 Veränderungen 2003 gegenüber 1991.

**Tabelle 7:** Einsatz von Umweltressourcen für wirtschaftliche Zwecke Produktivität (Bruttoinlandsprodukt je Einheit Umweltressourcen) 1991-2004

Durchschnittliche jährliche Veränderung in Prozent

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. bzw. DIW Berlin

## 2.6. Ökologische Wirkungen.

Ökologisches Bauen ist so alt wie die Menschheit. In die Natur hinein zu bauen, die Natur zu nutzen, mit dem Bauen die Natur zu verstehen sind Ansätze, die wir bereits aus der Notwendigkeit des täglichen Überlebens aus weltanschaulichen Beweggründen wie im japanischen Schintoismus und teilweise auch aus Klosteranlagen kennen. Natur bezwingen ist das Kennzeichnen einiger stark expansiver Kulturen.

Für die Protagonisten des ökologischen Bauens ging der Blick gleichzeitig vor und zurück: für neue Lebensformen in der Gemeinschaft und raus aus den engen Lebensformen des Industriezeitalters ging er vor, aber ging er zurück bei der Suche nach baulichen Lösungen, denn neue bauliche Lösungen konnten nicht ohne profunde neue Kenntnisse erfunden werden. Es gab kaum Naturbaustoffe, Solarheizer und Bio – Lebensmittel auf dem Markt. Zwei Vorbilder waren wichtig: Die Natur und der Bauernhof mit großer Fertigungstiefe. Bioarchitekt, Naturhuset und Selbstversorgungsfarm mit Wohnkommune sind Stichworte.

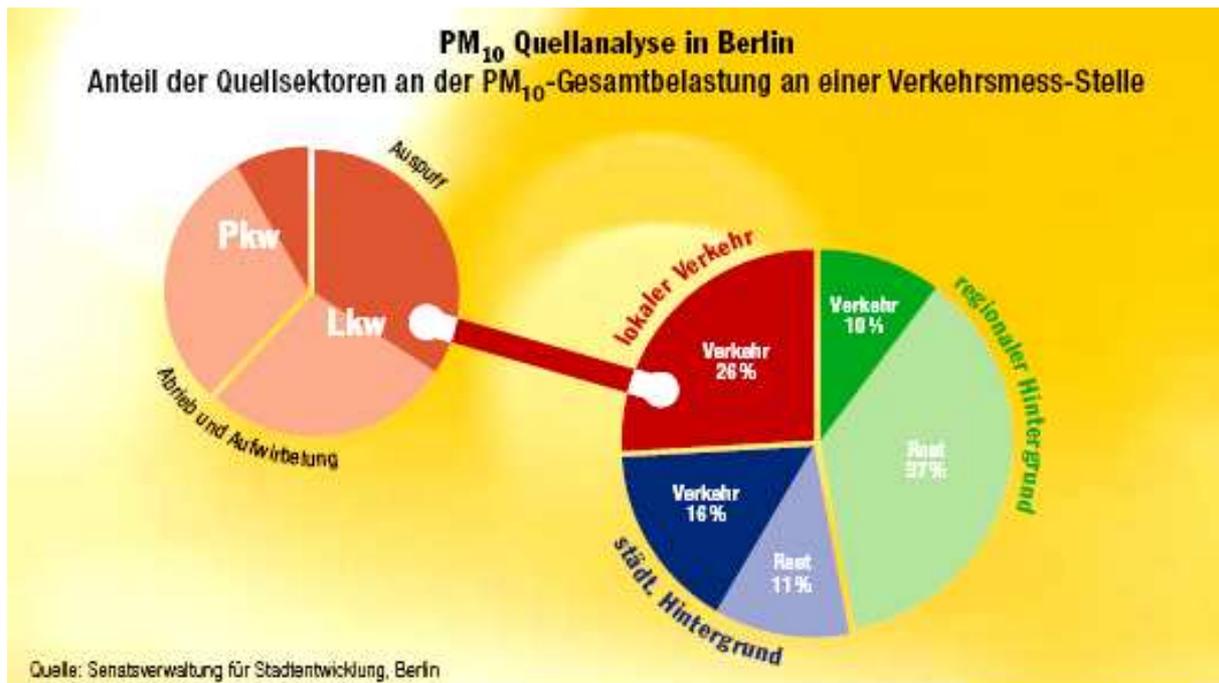
Im Ergebnis haben sie Gemeinsamkeiten: Es waren Lernobjekte, zu kompliziert, für die Allgemeinheit kaum umsetzbar und zu sehr auf kleine Kreisläufe aufbauend. Nicht selten wurde die Natur in das Gebäude geholt, unter Glas, wo sie sich nicht besonders wohl fühlte und deshalb mit großem Pflegeaufwand vor sich hin vegetierte: Eine künstliche „natürliche“ Welt sozusagen. Die Erkenntnisse daraus :

Bauen ist ein komplizierter Prozess, der im Kontext und durch Vernetzung mit der Umgebung durchgeführt werden muss.<sup>49</sup>

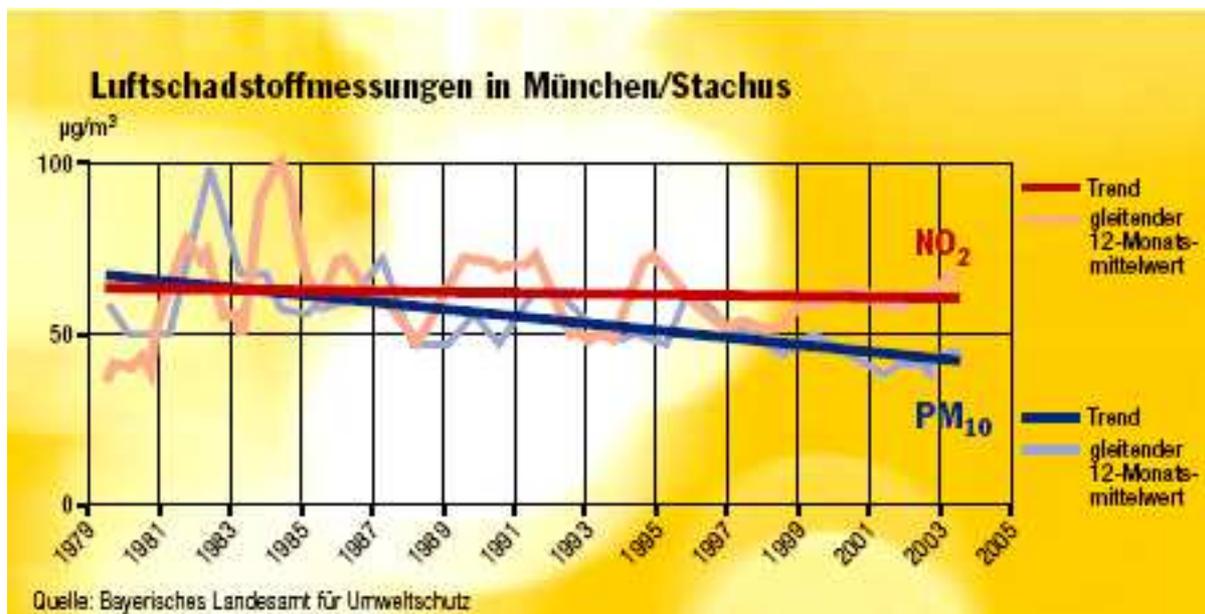
Bauwerke und ihre Nutzungen sind meist mit großen Materialmengen und Energieströmen verbunden – ein interessantes Gebiet im Bezug auf umweltrelevante Querschnitt – Werte wie Primärenergiebedarf, Treibhausgase und Stoffflüsse. Daraus entwickelten sich dann spezielle Parameter und Kenndaten mit dem Reiz der linearen Optimierung, die wiederum Eingang in Kreislaufuntersuchung, Ökobilanzen fanden: Ökolabels sollten damit vergleichbar werden. Verschiedene Gebäudepässe wurden entwickelt, um eine Übersicht über die verschiedenen Eigenschaften zu bekommen.

Da die Komplexen Zusammenhänge nicht bewältigt werden konnten, bildeten sich auf den verschiedenen Gebieten Fachleute heraus, meist mit technischem Hintergrund: Fachleute für Energie, Wasser, Baustoffe, Wärme, Haustechnik. So entstanden zahlreiche Lösungen, von energiesparenden Bauweisen bis hin zur Verabschiedung der Energieeinsparverordnung. Das weite Gebiet der Solartechnik entwickelte sich, Haustechnik und Baumaterialien wurden entwickelt, regenerative Energiesysteme erprobt, Niedrigenergiehäuser entstanden. Beton, Stahl und Kunststoffe waren verpönt, die Naturbaustoffe erlebten eine Renaissance ,vor allem Holz, Lehm und Naturfasern, aber auch Recyclingprodukte, wie die Zellulosefaser aus überschüssigen Druckerzeugnissen.

.....  
49. Daniels, Klaus, Dirk u. Hindrichs, Plus minus 20/40 latitude, Schüco, 2007



**Abbildung 18:** PM<sub>10</sub> Quellanalyse in Berlin  
 Quelle: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Berlin



**Abbildung 19:** Luftschadstoffmessungen in München  
 Quelle: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Berlin

## 2.7. Toxikologische Wirkungen.

Die bisher erwähnten Wirkungskategorien gehören im weiteren Sinne zu den toxikologischen Wirkungen. Hier werden jedoch diejenigen Substanzen betrachtet, die eine direkte toxikologische Wirkung auf die biogenetische Umwelt und den Menschen haben. (Abb. 18)

Die Problematik dieser Kenngrößen besteht im Wesentlichen darin, dass der Bezugspunkt der Schädigung nicht wissenschaftlich nachgewiesen werden kann. Der Schaden hängt nicht nur vom Einfluss und dessen Intensität ab, er ist auch eine Funktion der Exposition und der Konstitution des Betroffenen Systems.<sup>50</sup>

Wirkungen von Produkten auf die Gesundheit des Menschen werden bei der Herstellung, bei der Verarbeitung oder im eingebauten Zustand während der Nutzungsphase verursacht.

Belastungen der Innenraumluft gehen vorwiegend von Schutzmitteln, von Stoffen für den Innenausbau sowie von Teppichen, Klebern, Farben und Lacken aus. Die Hersteller dieser Produkte, vor allem von Dekoprodukten, haben in den vergangenen Jahren Anstrengungen unternommen, die Gesundheitsgefährdenden Emissionen zu minimieren.

Die bei Menschen auftretenden Beschwerden sind individuell verschieden und können unter Umständen ernsthafte Krankheiten verursachen. Diese Beschwerden werden wie folgt definiert:

- Missempfindung von Augen, Nase und oberen Luftwegen (Trockenheit, Stechen, Brennen, Jucken, Heiserkeit, veränderte Stimmlage)
- Hautreizungen (Hautrötungen, Stechen, Brennen, Jucken, trockene Haut)
- Neurologische bzw. neurotoxische Symptome (geistige Ermüdung, Lethargie, Gedächtnis- und Konzentrationsstörungen, Kopfschmerzen, Benommenheit, Schwindel)
- Unspezifische, allergische Symptome (laufende Nase, tränende Augen, asthmoide Symptome bei Nichtasthmatikern)
- Geruchs- und Geschmackstörungen (veränderte Empfindlichkeit, unangenehme Geruchs- oder Geschmackswahrnehmungen)

Zu der Gruppe der toxikologischen Wirkungen zählen.

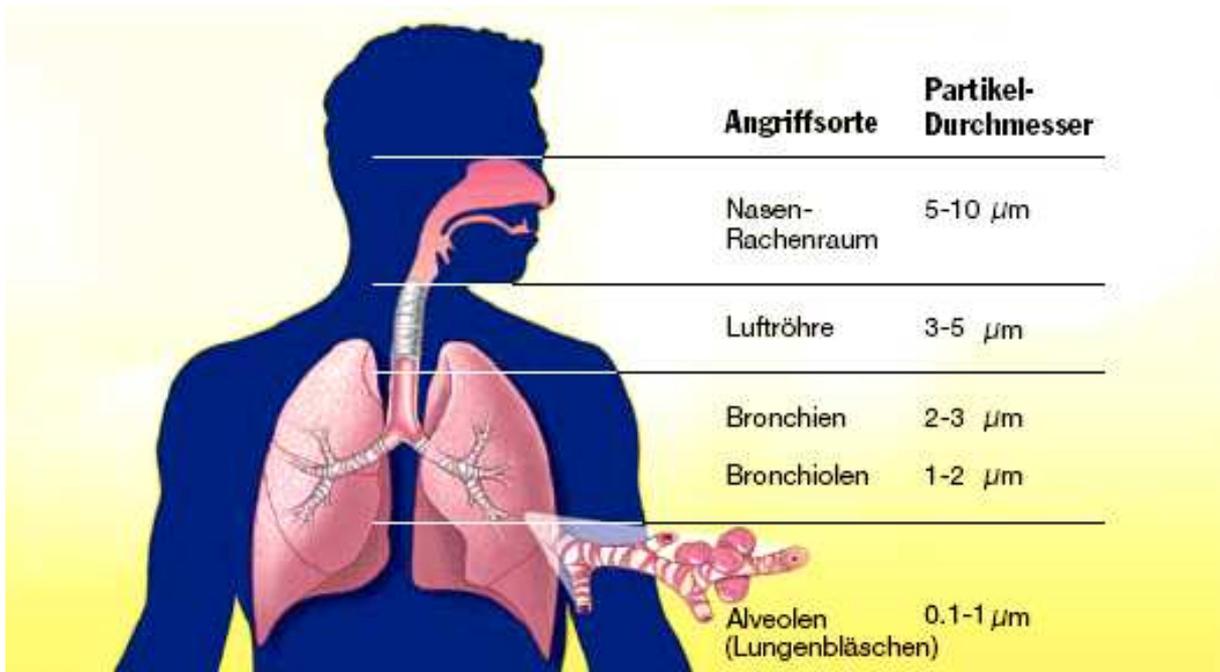
- Humantoxizität

Die Humantoxizität erfasst das Schädigungspotenzial von Substanzen auf den Menschen. Die Charakterisierungspotentiale wurden für die Umweltmedien Luft, Wasser und Boden getrennt entwickelt.

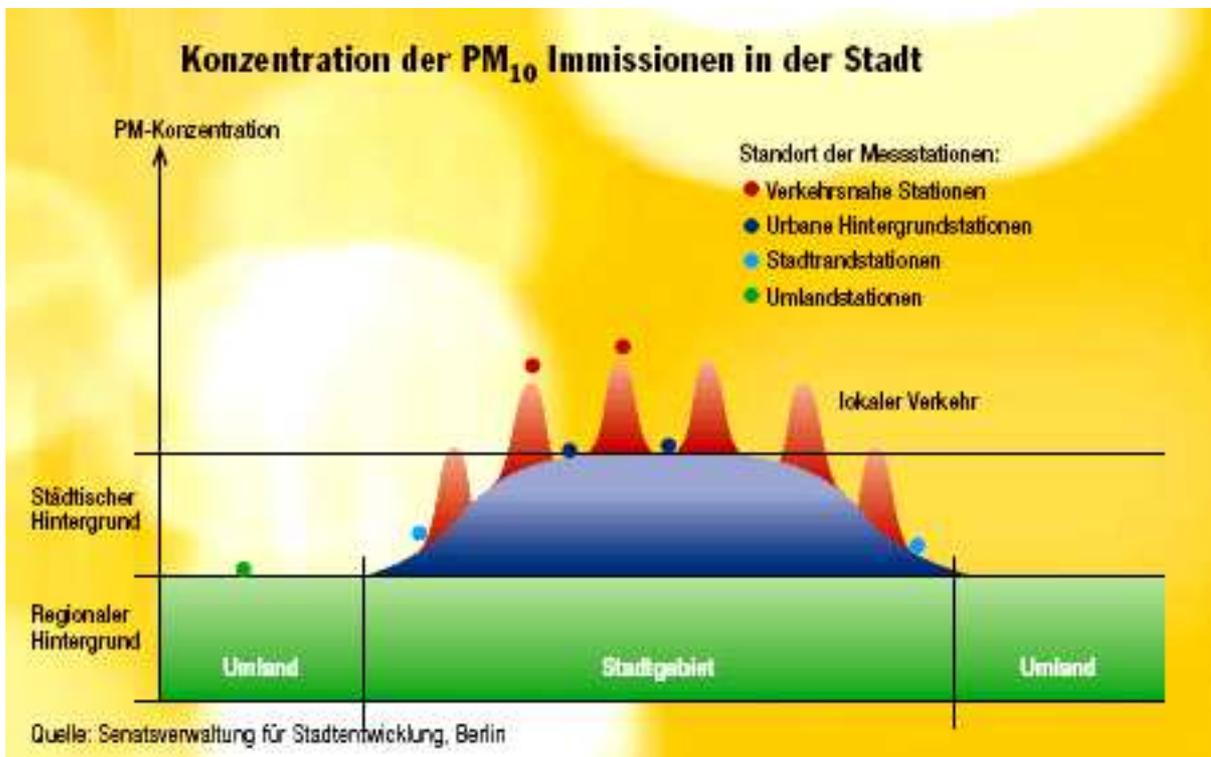
Die schädigende Wirkung einer Substanz hängt somit nicht nur von toxischem Potential der Substanz ab, sondern auch von dem Umweltmedium. Die Schwierigkeiten ist die Zuordnung einer Substanz zu einem Kompartiment, denn dazu müssten Verweildauern und Kompartimentwechsel berücksichtigt werden.<sup>51</sup> (Abb.19)

50. Oswald, Gudrun, ökologischer Bewertung in Holzwohnbauten, Graz, 2003. S:70

51. Daniels, Klaus, Dirk u. Hindrichs, Plus minus 20/40 latitude, Schüco, 2007



**Abbildung 20:** PM<sub>10</sub> Grenzwerte für Schwefeldioxid 2002/2003  
 Quelle: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Berlin



**Abbildung 20-a:** Konzentration der PM<sub>10</sub> Immissionen in der Stadt  
 Quelle: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Berlin

Die Untersuchung für die Humantoxizität gibt jene Masse des Körpergewichts an, die bis zum toxikologisch tolerierbaren Maximum belastet ist.<sup>52</sup>

Die Messwerte sind mit großen Unsicherheiten behaftet, da die Wirkungen zum einen nicht direkt auf die Emissionen zurückzuführen, und zum anderen die berücksichtigten Substanzen stark von der Exposition abhängig sind. Zudem werden verschiedenste potenzielle Effekte aggregiert und synergetische Wirkungen nicht berücksichtigt. (Abb.20)

- Ökotoxizität

Die Ökotoxizität erfasst das Schädigungspotential von Substanzen auf das Ökosystem. Die Charakterisierungspotentiale wurden für die Bereiche Frischwasser, Meerwasser und Boden getrennt entwickelt. Auch hier werden synergetische Wirkungen und Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Ökosystemen nicht berücksichtigt.<sup>53</sup> (Abb.20-a)

Die Berechnung der Ökotoxizität erfolgt über maximale tolerierbare Konzentrationen, bei denen noch keine Wirkung beobachtet werden kann. Auch diese Werte sind noch mit großen Unsicherheiten behaftet.

Da die Charakterisierungsfaktoren für die Wirkungskategorien Humantoxizität und Ökotoxizität noch mit großen Unsicherheiten behaftet sind, werden diese Kennwerte in dieser Arbeit nicht weiter betrachtet.

---

52. Oswald, Gudrun, ökologischer Bewertung in Holzwohnbauten, Graz, 2003. S:71

53. Daniels, Klaus, Dirk u. Hindrichs, Plus minus 20/40 latitude, Schüco, 2007

## 2.8. Fazit

Leitziel jeder nachhaltigen Energiewirtschaft ist die Reduzierung des Energieverbrauchs auf Maß an lieferbaren umweltverträglichen Energiemengen. Folgende wichtige Teilziele sind dabei anzustreben:

- Verminderung des Heiz –und Kühlbedarfs von Gebäuden auf 25 bis 50%.
- Verminderung des Energieverbrauchs in Büro und Haushalt um etwa 50% durch technische Maßnahmen und Verhaltensweisen.
- Verminderung des Energiebedarfs des Verkehrs auf etwa 50% durch technische und strukturelle Maßnahmen zur nachhaltigen Mobilität.
- Verminderung des Energieaufwands für die Produktion um etwa 50% durch Wandel zur nachhaltigen Kreislaufwirtschaft.
- Ausbau der umweltverträglichen regenerativen Energie auf 33% des heutigen Bedarfs bzw. 50% des zukünftigen reduzierten Bedarfs.

Mit einzelnen Schlagworten und vereinfachten Gebrauchsanweisungen kann die Umweltproblematik griffig und schneller zugänglich gemacht sowie besser veranschaulicht werden.

Vermeiden, Vermindern, Verwerten sind grundlegende Handlungsanweisungen, also die grundlegenden vs. Richtig auf den jeweiligen Gebieten. Vermieden werden müssen vor allem irreparable Schäden wie zum Beispiel die durch harte Gifte unwiederbringliche Zerstörung von wichtigen Lebensräumen. Vermindern betrifft eher den Schadstoff, mit denen die Natur in Massen umgehen kann,....., dass ihr Einfluss gering ist. Verwerten dagegen ist ein grundsätzliches Prinzip.<sup>54</sup>

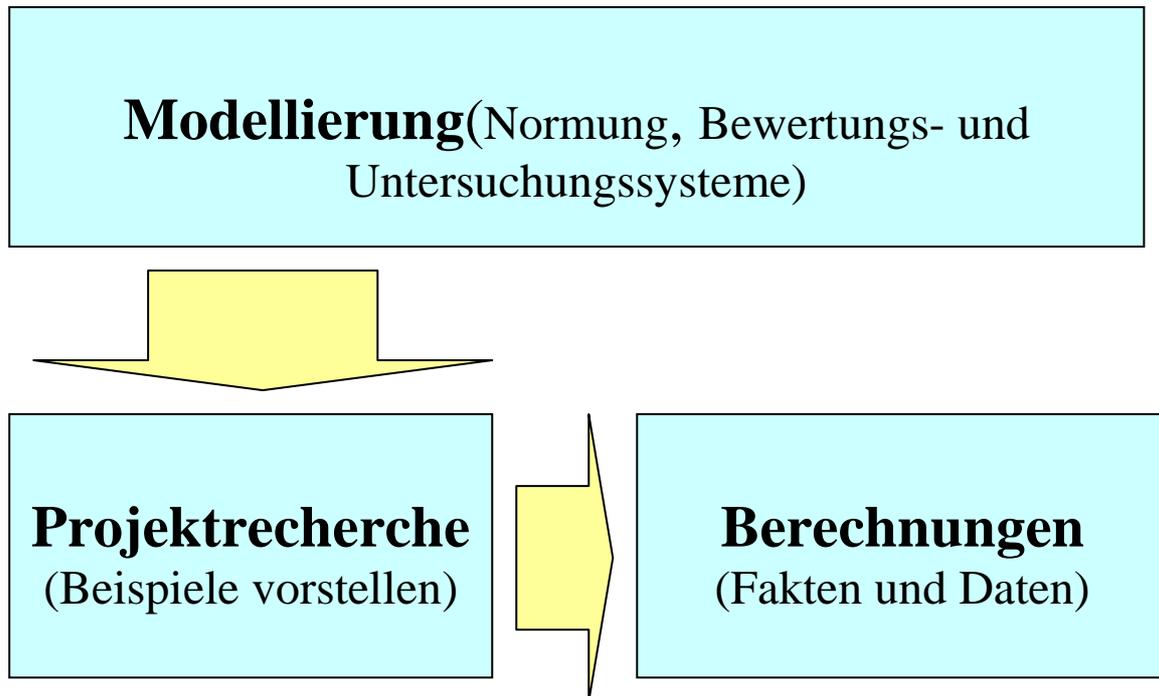
Jeder versucht aus dem Angebot das Nützliche herauszupicken, es gibt in der Natur keine Abfälle, das ist der Kreislaufgedanke per se. Aber: Kreisläufe verändern sich stetig zeitlich und räumlich. Abfall von heute kann Rohstoff von morgen sein.

Mit diesen Vorgaben sind die nationalen und internationalen Ziele zur Energieeinsparung bzw. zum Klimaschutz erfüllt, wenn Gewinnung, Transport und Verwindung von Energie den hohen heute realisierten Umweltstandards folgen.

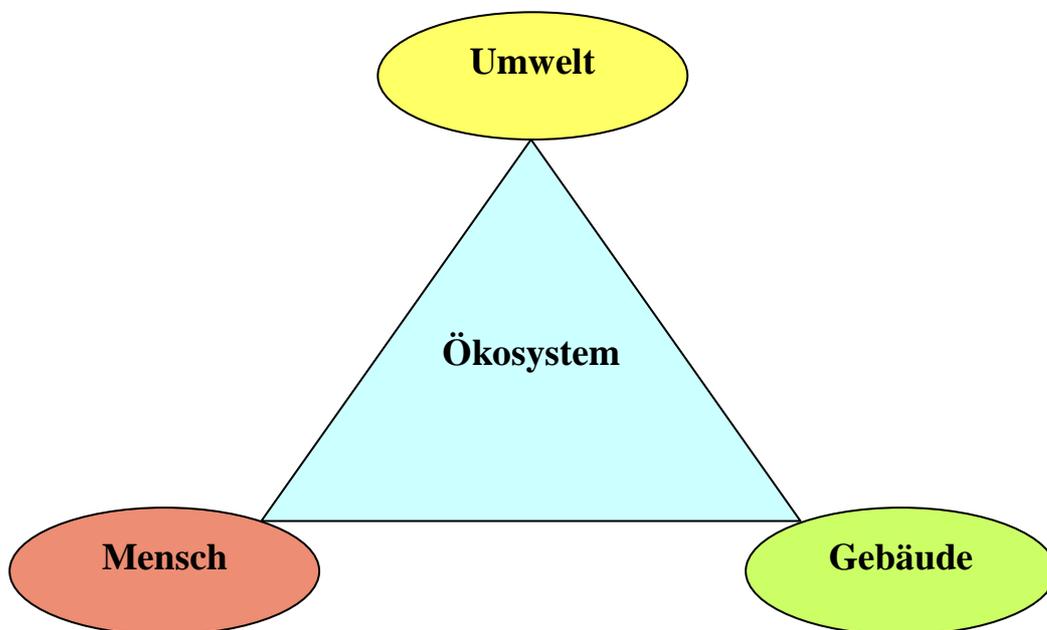
---

54.Glücklich, Detlef, Ökologisches Bauen, 2005 s:150

### 3. Methodik



**Abbildung 21:** Darstellung der Methodik der Untersuchung  
Quelle: Verfasser



**Abbildung 22:** Darstellung der Ökologie und ihre Faktoren  
Quelle: Verfasser

### 3.1. Modellierung (Bewertung- und Untersuchungssysteme).

In diesem Kapitel der Arbeit werden die Bewertungssysteme ausgewählt und geklärt. In der Ökologie werden die Wechselwirkungen zwischen Lebewesen und der natürlichen Umwelt untersucht (Abb.21, 22), und die Veränderung dargestellt. Die häufige gestellte Forderung nach „ökologischen Aspekten“ eine Handlungs- und Bauweise bedeutet, die Regenerationsfähigkeit der Natur in die Planungen mit einzubeziehen. Es darf nicht mehr verbraucht werden, als in der Nutzungszeit wieder nachwachsen kann. So kommen wir hier zum folgenden Begriff „nachhaltige Entwicklung“, der eine dauerhafte Entwicklung bedeutet, welche den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten zukünftiger Generationen zu gefährden. Werden die Grundregeln der Regenerationsfähigkeit der Natur beim Umgang mit Ressourcen nicht beachtet, werden langfristig die Grundlagen des Wirtschaftens zerstört.

Die Grundregeln lauten:

- Die verbrauchte erneuerbare Ressource soll deren Regenerationsrate nicht überschreiten.
- Nicht erneuerbare Ressourcen sollen nur in dem Umfang genutzt werden, in dem ein physischer und funktionell gleichwertiger Ersatz in Form von erneuerbaren Ressourcen oder höherer Produktivität der erneuerbaren sowie nicht erneuerbaren Ressourcen geschaffen wird.
- Stoffeinträge in die Umwelt sollen sich an der Belastbarkeit der Umweltmedien orientieren, wobei alle Funktionen zu berücksichtigen sind.
- Das Zeitmaß der anthropogenen Einträge bzw. Eingriffe in die Umwelt muss im ausgewogenen Verhältnis zum Zeitmaß der für das Reduktionsvermögen der Umwelt relevanten natürlichen Prozesse stehen.

Die daraus resultierenden Anforderungen formuliert Tomm wie folgt:

Ökologisch Planen und Bauen heißt: Alle Aspekte – wie Funktionalität, Wirtschaftlichkeit, Dauerhaftigkeit, Gestaltung und ökologische Ziele – ausgewogen auf die spezifischen Verhältnisse des Einzelner Bauvorhabens bezogen zu berücksichtigen.<sup>55</sup>

Auf die Erläuterung einzelner Möglichkeiten zum ökologischen Bauen wird an dieser Stelle verzichtet. Die Prinzipien werden in den einzelnen Kapiteln des Bewertungssystems ausführlich beschrieben.

Im Folgenden werden mehrere, bereits existierende Systeme und Nachschlagwerke zur ökologischen und energetischen Bewertung von Gebäuden vorgestellt. Dabei ist zu bemerken, dass es bisher keine wirklichen ökologischen Systeme gibt. Bei der energetischen Bewertung wird meist mit Kennzahlen und Gleichungen mathematisch gearbeitet.

55. Baier, Gundolf; Heinz, Karsten & Zanger, Cornelia (1998): Attraktivitätsfaktoren von Shopping-Centern. Theoretische Analyse und empirische Untersuchung am Beispiel Chemnitz. TU Chemnitz

### 3.1.1. Stand der Forschung und Entwicklung

Es waren die Bilder von leeren Straßen an Sonntagen und von abgedrehten Ölhähnen, Anfang der siebziger Jahre in Deutschland, die zu einem Umdenken bei der Nutzung unserer Energieressourcen geführt haben. Neben Anstrengungen, den Energiemix vom Erdöl unabhängiger zu machen, wurde begonnen, die verwendete Energie sparsamer zu nutzen.

Einen ganz wesentlichen Beitrag dazu sollte die Minderung der Heizenergieverbräuche in unseren Gebäuden leisten.

Dafür wurden 1977 die **Wärmeschutzverordnung (WSVO)** und ein Jahr später die Heizungsanlagenverordnung eingeführt. Diese wurden im Laufe der Zeit – Besonders nach der 1992er „**Rio-Konferenz** der Vereinten Nationen“, der Klimarahmenkonvention, der Agenda 21 und der 1997er „**Klimaschutzkonferenz von Kyoto**“ zu ersten rechtsverbindlichen Begrenzungs- und Reduktionspflichten des CO<sub>2</sub>-regelmäßig weiter geschrieben und verschärft, bis beide Verordnungen 2002 zur **Energieeinsparverordnung (EnEV)** zusammen gefasst wurden.

Anfang 2003 hat das EU Parlament die EU-Richtlinie „Gesamtenergieeffizienz in Gebäuden“ in Kraft gesetzt, und damit alle Mitgliedsstaaten verpflichtet, gesetzliche Regelungen für energetische Neubauanforderungen und Gebäude-Energieausweise zu treffen. (Abb.23)

Die **UN-Klimakonferenz in Kopenhagen** fand vom 7. bis 18. Dezember 2009 im Bella Center statt. Sie war die 15. Konferenz der Vertragsstaaten der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und stellte das fünfte Treffen im Rahmen des Kyoto-Protokolls dar. Die Vereinten Nationen haben das Ziel einer Selbstverpflichtung zur Halbierung des globalen Kohlendioxidausstoßes bis zum Jahre 2050 nicht erreicht, da das zentrale Abschlussdokument, der „**Copenhagen Accord**“, nicht rechtlich bindend ist.

Das ist für uns alles eigentlich nichts Neues, wenn darin nicht die Anforderung enthalten wäre, dass für die Gesamteffizienz neben der Heizenergie, der Energiebedarf für Beleuchtung, Kühlung und Belüftung mit zu berücksichtigen ist.

Nachdem in Deutschland lange Zeit die Position vertreten wurde, dass wir die EU-Richtlinie mit den bestehenden Instrumentarien im Wesentlichen schon einhalte, wurde erst gegen Ende der Umsetzungsfrist deutlich, dass man mit dem Bereich des Strombedarfs in Nichtwohngebäuden einen großen Handlungsbedarf haben. So kam es zur großen Stunde der neuen DIN 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden“, die unabhängig von der EU-Richtlinie schon 2001 in Deutschland begonnen wurde. In dieser DIN-Norm wird die Ermittlung des Bedarfs aller relevanten Energieströme in Gebäuden beschrieben.

Im Vorentwurf wurde diese Norm im Sommer 2005 veröffentlicht. Mit einem politischen Kraftakt soll diese Norm nun die Basis für die Erstellung der Bedarfspassen und zum EnEV Nachweis bei Nichtwohngebäuden werden.

Die DIN V 18599 gibt ein Verfahren zur Bewertung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden an die Hand, wie sie nach Artikel 3 der Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Gesamteffizienz von Gebäuden (EPBD) ab 2006 in allen Mitgliedsländern der Europäischen Union gefordert wird.

Die Vornormenreihe DIN V 18599 wurde vom Gemeinschaftsausschuss "Energetische Bewertung von Gebäuden" der Normenausschüsse "Bauwesen" (NABau) und "Heiz- und Raumluftechnik" (NHRS) unter Mitwirkung des Normenausschusses "Lichttechnik" (FNL) im DIN erarbeitet.

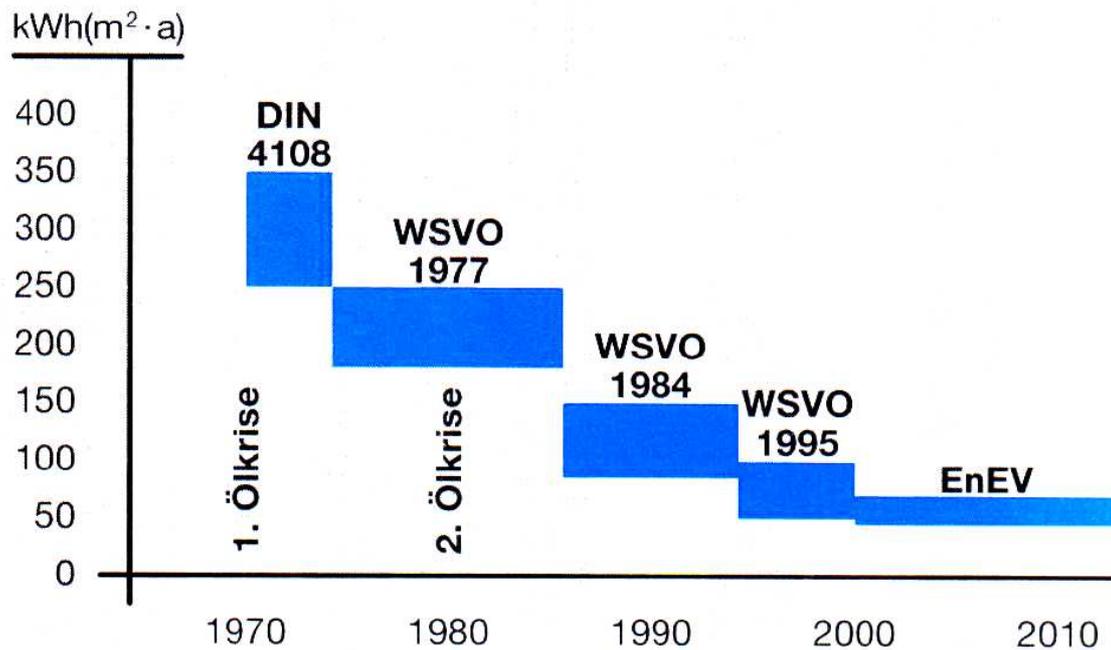
DIN V 18599 setzt sich wie folgt zusammen:

- Teil 1: allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger
- Teil 2 : Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen
- Teil 3 : Nutzenergiebedarf für die energetische Luftaufbereitung
- Teil 4 : Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung
- Teil 5 : Endenergiebedarf von Heizsystemen
- Teil 6 : Endenergiebedarf von Wohnungslüftungsanlagen und Luftheizungsanlagen für den Wohnungsbau
- Teil 7 : Endenergiebedarf von Raumluftechnik- und Klimakältesystemen für den Nichtwohnungsbau
- Teil 8 : Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen
- Teil 9 : End- und Primärenergiebedarf von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen
- Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten

Die Berechnungen erlauben die Beurteilung aller Energiemengen, die zur bestimmungsgemäßen Heizung, Warmwasserbereitung, raumluftechnischen Konditionierung und Beleuchtung von Gebäuden notwendig sind (siehe Bild 1). Dabei berücksichtigt DIN V 18599 auch die gegenseitige Beeinflussung von Energieströmen und die daraus resultierenden planerischen Konsequenzen. Neben dem Berechnungsverfahren werden auch nutzungsbezogene Randbedingungen für eine neutrale Bewertung zur Ermittlung des Energiebedarfs angegeben (unabhängig von individuellem Nutzerverhalten und lokalen Klimadaten). Die Vornormenreihe ist geeignet, den langfristigen Energiebedarf für Gebäude oder auch Gebäudeteile zu ermitteln und die Einsatzmöglichkeiten erneuerbarer Energien für Gebäude abzuschätzen. Die normativ dokumentierten Algorithmen sind anwendbar für die energetische Bilanzierung von:

- Wohn- und Nichtwohnbauten;
- Neubauten und Bestandsbauten.

Die Vorgehensweise der Bilanzierung ist geeignet für eine Energiebedarfsbilanzierung von Gebäuden mit teilweise festgelegten Randbedingungen.



**Abbildung 23:** Entwicklung der Gesetze im Bereich Energiesparen in Deutschland. Quelle: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle

Die Nutzungsrandbedingungen für die energetische Bewertung von Nichtwohngebäuden sind erstmals in einer Norm in umfangreichem Maße zusammengestellt. In einer Tabelle werden Richtwerte der Nutzungsrandbedingungen für insgesamt 33 Nutzungen aufgeführt. Die Gliederung der Tabelle sieht die Angabe von Nutzungs- und Betriebszeiten sowie Nutzungsrandbedingungen zu Beleuchtung, Raumklima und Wärmequellen vor. Nutzungsrandbedingungen, die für alle Nichtwohngebäude gleich angesetzt werden, sind u. a. die Raum-Solltemperatur für den Heiz- und Kühl fall, die Auslegungstemperaturen für Heizung und Kühlung und die Temperaturabsenkung für reduzierten Betrieb. Weiterhin sind für eine Auswahl von Nutzungen Richtwerte des Nutzenergiebedarfs für Trinkwarmwasser zusammengestellt.

In einem umfangreichen Anhang werden 33 Nutzungen in Nichtwohngebäuden detailliert beschrieben. Hierbei werden auch von den Richtwerten abweichende Nutzungsrandbedingungen aufgeführt, und es werden Hinweise auf Bezugsquellen der Daten und weiterführende Literatur gegeben.

Die Situation auf dem Markt für das ökologische Bauen ist paradox. Es gibt in ganz Deutschland zum jetzigen Zeitpunkt noch kein einziges Computerprogramm auf dem Markt, das eine Lebenszyklusanalyse von kompletten Gebäuden durchführen kann. Die Programmprototypen, die es zurzeit gibt, befinden sich noch im Alpha- oder Beta-Stadium. Denk- und Kommunikationsansätze zur Bewertung des Einkaufszentrums durch ökologische und energetische Indikatoren werden in dieser Arbeit vorgestellt.

Dieser Umstand steht im krassen Gegensatz zum Gesamtmarkt für ökologisches Bauen, der jedes Jahr zweistellige Zuwachsraten verzeichnen kann. Kohler legt die Gründe für diese Missstände am Beispiel des Energiesparens dar (Kohler 1998, 5). Trotz der offensichtlichen Ironie steckt in seinen Aussagen sicher ein großes Stück Wahrheit:

Die schon erwähnten Schwierigkeiten der Integration des Energiesparens in Planung, Bau, Erneuerung und Nutzung von Gebäuden, liegen z. T. in der Tatsache begründet, dass diese Anforderungen entweder gar nicht, zu spät oder nicht in einer an die üblichen Bauprozesse angepassten Form gestellt wurden. Sie werden deshalb als -lästige- Mehrleistungen empfunden und als Domäne von ‚Spezialisten‘ betrachtet. Erfreute sich auch die demonstrative Verwendung von architektonischen Ökoattributen –Grüne Dächer etc.- sowie Solarattributen - Wintergärten, Glasdächer, Photovoltaikzellen etc.-, letztere vor allem in der ‚High-Tech-Szene‘, einer gewissen Beliebtheit, so bleibt die Vorgabe von klaren Zielwerten für den Energieverbrauch eine Seltenheit. Noch seltener ist die Überprüfung dieser Zielvorgaben während des Gebäudebetriebes und die Kenntnis um den wirklichen gemessenen Energieverbrauch eines Gebäudes ist nach wie vor eine Kuriosität. Die Berechnung von sog. Mehrkosten für energetisch gute Bauten besteht in dem absurden Verfahren, zuerst ein Gebäude -energetisch- schlecht zu planen, dann auszurechnen wie viel es kosten würde, dieses Gebäude zu verbessern und zum Schluss nachzuweisen, dass sich diese Verbesserung durch niedrigere Nutzungskosten ‚rechnet‘. Es ist offensichtlich, dass Energieverbrauchszielwerte als Randbedingung ebenso wie Kostenzielwerte – und in Zukunft Umweltbelastungszielwerte- von Anfang an in die Planung einfließen müssen und dass es zu den Planungsleistungen gehört, nach dem ersten Nutzungsjahr des Gebäudes sicherzustellen, dass diese Werte erreicht wurden – benchmarking.<sup>56</sup>

### **3.1.2. Die im Rahmen der Arbeit verwendeten Analyseinstrumente**

In den nachfolgenden Abschnitten werden zwei weitere Analyseinstrumente vorgestellt, die im Rahmen dieser Arbeit zur Bilanzierung verwendet wurden.

.....  
56. Ministerium für Arbeit und Soziales, Stadtentwicklung, Kultur und Sport des Landes Nordrhein-Westfalen (MASSKS)/. Anforderungen und Integration/ Düsseldorf, 1999

Die Basiskomponente der Analyse bildet die Systemsoftware ‚Ganzheitliche Bilanzierung‘ (GaBi) des Institutes für Kunststoffprüfung und Kunststoffkunde (IKP) der Universität Stuttgart und der Produkt Engineering GmbH.

Aufbauend auf diesem System wurde das ausgeführte MIPS-Konzept des Wuppertals Institutes zur Messung der durch den Menschen induzierten Stoffströme für eine Dienstleistung in das System GaBi integriert. Damit neben einer Input orientierte Betrachtung durch das MIPS-Konzept auch die Emissionsseite umfassend betrachtet werden kann, wurde die GaBi-Datenbank mit Werten aus diversen anderen Ökobilanzen abgeglichen und bei Bedarf ergänzt.

Aufgrund der Tatsache, dass weder GaBi noch das MIPS-Konzept bis zum heutigen Tage einen zufrieden stellenden Ansatz zur Berücksichtigung der Fläche beinhalten, wurde ein eigenes Bewertungsverfahren entwickelt. Dieses Verfahren erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit, sondern versteht sich als erste Diskussionsgrundlage. Es erfüllt jedoch die im Rahmen dieser Arbeit gesetzten Anforderungen, da es sehr einfach im Vorfeld eines Bauplanungsverfahrens verwendet werden kann und schnell einen richtungssicheren Überblick über die zu erwartenden Änderungen der Flächenqualität liefert, und eine detaillierte Beschreibung zum Flächenbewertungsverfahren gibt.

Da dem Markt bisher auch kein geeignetes Software-gestütztes Werkzeug zur Verfügung steht, greift diese Arbeit auf eine manuelle Erhebung und subjektive Auswertung der relevanten Daten zurück. Leider bedingte der verzögerte Bauprozess der ökologischen Aspekte des Gebäudes, dass bis zum heutigen Tage das Einkaufszentrum nicht komplett errichtet wurde.

### **3.1.2.1. GaBi - das Software-Werkzeug zur Ganzheitlichen Bilanzierung**

Das Softwaresystem GaBi 3 ist als Ingenieurswerkzeug zur Erstellung von Lebenszyklusbilanzen konzipiert. Es unterstützt den Anwender beim Verwalten großer Datenmengen, beim Modellieren von Produktlebenszyklen, bei der Berechnung von Bilanzen unterschiedlicher Art und hilft beim Aufbereiten der Resultate.<sup>57</sup>

Die Verantwortung für die Qualität der Resultate liegt jedoch beim Anwender, der mit GaBi 3 arbeitet. Deshalb ist es wichtig zu wissen, wie die Programmeigenschaften gewinnbringend eingesetzt werden können. Mit GaBi 3 können ganzheitliche Bilanzierungen durchgeführt werden, wie sie in der praktischen Anwendung seit einigen Jahren eingeführt sind. Die ganzheitliche Bilanzierung ist eine Methode zur Beurteilung von technischen, wirtschaftlichen und Umwelt Auswirkungen von Produkten, Dienstleistungen und Verfahren. Sie gehört damit zur Familie der Ökobilanz-Methoden (Life Cycle Assessment (LCA)).

---

57. Rietz, Andreas, Institut für Erhaltung und Modernisierung, 2007, S.9

Eine ganzheitliche Bilanzierung unterscheidet sich durch die auf technische und ökologische Aspekte erweiterte Sichtweise von anderen Methoden dieser Art. Das Software-Werkzeug GaBi 3 ist im Rahmen aller LCA-Methoden einsetzbar.

Das System stellt keinesfalls eine Beschränkung auf die Methode der ganzheitlichen Bilanzierung dar, denn die wesentlichen Grundlagen (Stoff- und Energieflussanalyse, Bezugnahme auf Untersuchungsziele, Randbedingungen und Bezugsgrößen; Umweltwirkungsabschätzung etc.) sind für alle Methoden gleich.<sup>58</sup>

Die Vorgehensweise bei der Bilanzierung GaBi entspricht den Vorgaben der internationalen Normierung innerhalb der ISO 14040-Serie. Die zusammen mit dem System erhältlichen Datenbanken GaBi 3 learn und GaBi 3 Professional enthalten Sachbilanz-Daten aus Erhebungen des IKP Universität Stuttgart und der PE Produkt Engineering GmbH, aus Projekten mit Industriepartnern und Instituten (die entsprechenden Freigaben vorausgesetzt) wie auch aus Literatur und Modellberechnungen. Daneben werden Anwendern veröffentlicht, und allgemein verwendete Datensätze aus zwei weiteren Quellen zur Verfügung gestellt:

- Ökoinventare für Verpackungen des schweizerischen Bundesamts für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) und
- Ökopprofile der europäischen Kunststoffindustrie, der Association of Plastics Manufacturers in Europe (APME).

Das System ist in zweifacher Hinsicht modular aufgebaut. Zum einen bilden Objekte und deren Funktionen modulare Einheiten. Sie geben dem GaBi 3-System eine übersichtliche Struktur, die das Auffinden nützlicher Funktionalitäten erleichtert. Zum anderen gestattet GaBi 3 die modulare Modellierung eines Produktlebensweges oder -lebenszyklus. So können unterschiedliche Lebenszyklusphasen, z. B. eine Herstellungsphase, eine Nutzungsphase und eine Entsorgungsphase, in unterschiedlichen Modulen abgebildet und getrennt voneinander bearbeitet werden. Die Daten zur Wirkungsabschätzung, Sachbilanz-Daten und Gewichtungsmodelle werden getrennt ausgewiesen. Dadurch entstehen überschaubare Einheiten, die erst bei der Berechnung einer Wirkungsbilanz in einen Zusammenhang gebracht werden. Die offene Architektur des Systems GaBi 3 trägt der Tatsache Rechnung, dass einerseits die ganzheitliche Bilanzierung eine ständige Weiterentwicklung erfährt und andererseits laufend neue technische Verfahren entwickelt werden. Offene Systemarchitektur bedeutet hier die Erweiterbarkeit und Änderungsfreundlichkeit des Systems. GaBi 3 kann um Sachbilanzdaten neuer Verfahren, neueste Erkenntnisse in der Wirkungsabschätzung oder um zusätzliche Gewichtungsmodelle erweitert werden, wie es in der vorliegenden Arbeit mit der Erweiterung um MIPS-Daten geschehen ist.

.....  
58. ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG (Hg.) (1999): Faktor Einzelhandel in Deutschland. Frankfurt am Main

### **3.1.2.2. GEMIS - eine Datenbank mit Bilanzierungs- und Analyse-Möglichkeiten für Lebenszyklen**

Das globale Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS63) des Öko-Institutes versteht sich als eine Datenbank mit Bilanzierungs- und Analyse-möglichkeiten für Lebenszyklen. Die in dieser Arbeit verwendete Version GEMIS 4.03 umfasst Grunddaten zur Bereitstellung von Energieträgern (Prozessketten- und Brennstoffdaten) sowie verschiedener Technologien zur Bereitstellung von Wärme und Strom. Neben fossilen Energieträgern (Stein- und Braunkohle, Erdöl und Erdgas), regenerativen Energien, Hausmüll und Uran werden dabei auch so genannte nachwachsende Rohstoffe (schnell wachsende Hölzer, Chinagrass, Raps, Zuckerhirse) sowie Wasserstoff in GEMIS behandelt. In der neuen Version 4.03 sind verstärkt Daten zu Stoff-Prozessketten (vor allem Baumaterialien) aufgenommen und die schon Vorhandenen aktualisiert worden. GEMIS enthält auch neue Prozesse für Verkehrsdienstleistungen, d. h. Personenkraftwagen (für Benzin, Diesel, Strom, Biokraftstoffe), öffentliche Verkehrsmittel (Bus, Bahn) und Flugzeuge sowie Prozesse zum Gütertransport (Lastkraftwagen, Bahn, Schiffe und Pipelines). GEMIS kann zudem Kosten analysieren, da die entsprechenden Kenndaten der Brenn- und Treibstoffe sowie der Energie- und Transportprozesse in der Datenbasis enthalten sind. Mit GEMIS können auch die Ergebnisse von Umwelt- und Kostenanalysen bewertet werden, durch die Aggregation von klimarelevanten Schadstoffen zu sog. CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, die Aggregation saurer Luftschadstoffe zu SO<sub>2</sub>-Äquivalenten und durch die Ermittlung externer Umweltkosten, die zusammen mit den betriebswirtschaftlichen ‚internen‘ Kosten zur Bestimmung der volkswirtschaftlichen Gesamtkosten dienen können. GEMIS wird in dieser Arbeit jedoch nicht als EDV-gestütztes Analyse-instrument verwendet, vielmehr werden fehlende emissionsseitige Informationen in der GaBi-Datenbank mit Prozess oder Produktwerten der genannten GEMIS-Datenbank ergänzt.

### **3.1.2.3. MIPS System**

Das MIPS-Konzept wurde von der Abteilung „Stoffströme und Strukturwandel“ am Wuppertal Institut entwickelt. MIPS steht für „Materialintensität pro Serviceeinheit“ und ist ein universelles Maß, um die Umweltbelastung abzuschätzen und zu messen. Es werden die Lebenszyklen eines Produktes oder einer Dienstleistung erfasst.

Die Abschätzung des Umweltpotenzials geschieht über den systemweiten Ressourcenverbrauch in Form von Materialintensitäten. Hierfür werden alle der Natur primär entnommenen bzw. in ihr bewegten Materialien, die systemweit, d.h. zur Produktion, zum Gebrauch, zum Rezyklieren und zur Entsorgung erforderlich sind, betrachtet. Die ermittelten Materialinputs werden in fünf Inputkategorien eingeteilt.

- Abiotische (nicht-erneuerbare) Rohmaterialien wie z.B. Erze, Sand, Energieträger, Abraum, Bodenhaushub, etc.
- Biotische (erneuerbare) Rohmaterialien wie z.B. Holz und pflanzliche Biomasse.
- Bodenbewegungen aus Land- und Frostwirtschaft wie z.B. gepflügtes Ackerland.
- Wasser wie z.B. abgepumptes Grundwasser oder zur Bewässerung verwendetes Wasser.
- Luft (umgesetzte Luft) wie z.B. der Sauerstoffbedarf eines Verbrennungsmotors.

Diese Kategorien werden untereinander nicht verrechnet, sodass man fünf Kennzahlen in der Einheit kg oder t erhält. Zur Berücksichtigung der Energieverbräuche werden die Materialinputs ausgewiesen, die zur Bereitstellung der eingesetzten Menge elektrischer Energie bzw. Wärme benötigt werden.

Wichtig ist, dass bei der Ermittlung des Materialinputs nicht nur die Eigenmasse des Produkts, sondern auch die „ökologischen Rucksäcke“ berücksichtigt werden.<sup>59</sup>

Der „ökologische Rucksack“ gibt an, wie viel Material während des gesamten Lebenszyklus` bewegt oder verbraucht wurde, ohne selbst Bestandteil des Produktes zu sein. Er entspricht damit der Gesamtmenge an Abfall, Abraum und Emissionen, die das Produkt während seines Lebenszyklus` verursacht hat.<sup>60</sup>

Um verschiedene Produkte und Dienstleistungen miteinander vergleichen zu können, wird die Materialintensität auf eine Serviceeinheit bezogen. Die Serviceeinheit beschreibt die Nutzung, die von den jeweiligen Produkten abgerufen werden kann, um menschliche Bedürfnisse zu befriedigen. Im Bereich Bauen bietet sich hierfür ein Quadratmeter Bauteil oder ein Quadratmeter (beheizte) Wohnfläche an.

---

59. Wall,baum, Entwicklung eines Bewertungssystem, Bau und Wohnforschung, 2001, S.11

60. G. Hofer et. al. Ganzheitliche ökologische und energetische Sanierungsgebäuden, bm, v, it Krimmling, Jörn, Energieeffiziente Gebäude, 2007. S:44

Die MIPS-Werte bieten ein universelles Bewertungsmaß, das sich durch die zu definierende Nutzungseinheit, z.B. m<sup>2</sup> Baufläche, gut auf unterschiedliche Bewertungsobjekte abstimmen lässt. Allerdings berücksichtigen sie lediglich den Ressourcenverbrauch, die Bereiche, Energie, Schadstoffe und Entsorgung fließen nur indirekt mit ein. Aus diesem Grund wird das MIPS- Konzept als ein Bewertungskriterium „Baustoffe, Ressourcenverbrauch“ in das zu entwickelnde System integriert.

Die SIA- Dokumentation D 0123 und die BauBioDataBank liefern mit den Werten für Treibhauseffekt und Versäuerung ein gutes Hilfsmittel, um die Schadstoffemissionen in der Herstellungsphase zu bewerten. Außerdem werden Primärenergieinhalte für Baustoffe und Konstruktionen angegeben. Für die Phasen Verarbeitung, Nutzung und Entsorgung bieten sie jedoch nur qualitative Bewertungen.<sup>70</sup>

---

70. Entwicklung eines Bewertungssystems, Bau und Wohnforschung, 2001,S.18

## **3.2. Projekte Recherche ( Beispiele).**

### **3.2.1. Potsdamer Platz Arkaden, Berlin.**

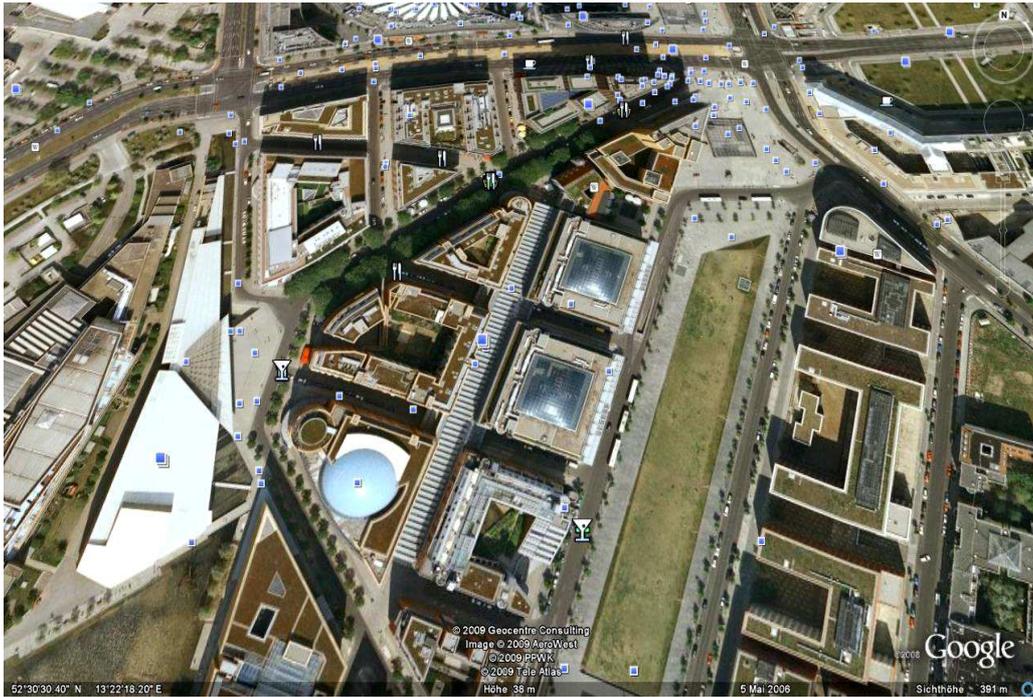
#### **3.2.1.1. Beschreibung des Konzeptes.**

Seit dem 18. Jahrhundert begann die Geschichte vom Potsdamer Platz, der bis 1940 einer der beliebtesten Plätze Europas war. Nach den Bombardements der Alliierten im Zweiten Weltkrieg lag der Potsdamer Platz zur Hälfte in Trümmern. 1953 brannte das Columbushaus nieder. 1961 wurde er durch die Berliner Mauer geteilt und nahezu alle Gebäude wurden abgerissen. Der Verlauf der Berliner Mauer wird seit einigen Jahren durch in den Boden eingelassene Pflastersteine gekennzeichnet. Östlich vom Potsdamer Platz befindet sich das Oktogon vom Leipziger Platz. Im Westen liegt der Bereich des Kulturforums Berlin mit einigen der wichtigsten Berliner Museen, darunter die neue Nationalgalerie und die Gemäldegalerie. Außerdem befindet sich hier die Berliner Philharmonie und die zur Staatsbibliothek Berlin zugehörige neue Staatsbibliothek. 1990, kurz nach dem Fall der Mauer, führte Roger Waters *The Wall* auf dem riesigen, noch sandigen Platz auf. Es wurde bislang das größte Konzert in der Geschichte der Rockmusik. (Tabelle 8)

#### **3.2.1.2. Hintergrund des Projektes.**

Nach der Maueröffnung war die Gelände des ehemaligen Potsdamer Platzes wieder das Zentrum Berlins. Der Senat verkaufte das komplette Grundstück an Daimler Chrysler. Unter dem Bausenator Hans Stimmann wurde eine komplett neue städtebauliche Anlage durchgesetzt, die ein Konglomerat verschiedener Architekten-Stile ist. Ein eigentlicher Platz ist nur noch vor dem Casino zu erleben - der ursprüngliche Platz ist dem Verkehrskonzept zum Opfer gefallen. Die so realisierte Anlage soll der von Stimmann so bezeichneten „europäischen Stadt“ und dem Begriff einer „kritischen Rekonstruktion“ entsprechen. Die städtebauliche Straßenstruktur ging einem Wettbewerb voraus. Teilnehmer war auch der Architekt Koolhaas, der jedoch das Gremium vorzeitig verließ, da man nach seiner Ansicht keine grundlegend neuen städtebaulichen Wege einschlug und auf Gespräche dazu nicht einging. (Abb.24, 24-a)

In der Zeit danach entstand in der Gegend um den Potsdamer Platz die größte Baustelle Europas. Unter anderem wurden das Daimler Chrysler Quartier mit dem Debis-Haus, der Kollhoff-Tower, die Park Kolonnaden und das Sony Center gebaut, die als Vorzeigeobjekte neuerer Architektur präsentiert werden. Die Gesamtanlage um den Potsdamer Platz wird auch als Urban Entertainment Center charakterisiert. Es gibt hier neben mehreren Multiplex und IMAX Kinos ein Einkaufszentrum (die Potsdamer Platz Arkaden), ein Filmmuseum, die Deutsche Film- und Fernsehakademie Berlin, die Konzernzentrale der Deutschen Bahn im Bahn Tower, ein Musical-Theater, ein Casino, sowie das The Ritz-Carlton Berlin.



**Abbildung 24:** Potsdamer Platz Arkaden, Luftaufnahme.  
Aufnahme: [www.google.de](http://www.google.de)



**Abbildung 24-a:** Potsdamer Platz Arkaden, der Haupteingang  
Aufnahme: [www.ECE.de](http://www.ECE.de)

In der näheren Umgebung befinden sich das Gebäude des Bundesrats, das Areal des Denkmals für die ermordeten Juden Europas (Holocaust-Mahnmal), das Brandenburger Tor, die Staatsbibliothek zu Berlin, die neue Nationalgalerie, das Musikinstrumentenmuseum sowie der Martin-Gropius-Bau. Bis zum April 2005 gab es in der Nähe des Potsdamer Platzes die Möglichkeit die Diskotheken Tresor sowie bis 1997 das E-Werk, beides Geburtsstätten des Techno- in Deutschland, zu besuchen.

Das Daimler Projekt Potsdamer Platz wurde von Anfang an von Bauökologen betreut. Sowohl für die Zeit während des Bauens als auch für den Betrieb der Gebäude nach Fertigstellung wurde ein begleitendes ökologisches Konzept entwickelt und umgesetzt. Gesundheits- und umweltgerechte Baustoffe wurden verwendet, Energieverbrauch und Schadstoffausstoß minimiert. Wesentlicher Punkt während der Bauzeit war die Umsetzung des Konzeptes der Baulogistik durch die Gründung der BAULOG und Abwicklung sämtlichen Baustellenverkehrs via Schiene. Damit wurde die Lärm- und Schadstoffbelastung für die Stadt so gering wie möglich gehalten. (Abb.25, 26)

Die Wärme und Kälte beziehen alle Gebäude aus dem Heizkraftwerk Mitte. Es arbeitet durch moderne Kraft-Wärme-Kopplung besonders umweltschonend. Gekühlt werden ohne Energie zehrende Klimaanlage. Alle Fenster lassen sich öffnen. Die Bürohäuser verfügen über ein ausgefeiltes Lüftungs- und Fassaden-System. Dadurch werden die Temperaturschwankungen zu unterschiedlichen Tages- und Jahreszeiten optimal genutzt. Dazu werden die Wärme speichernden Eigenschaften des Stahlbetons genutzt, was zu einer gedämpften Dynamik der Raumtemperatur beiträgt. In Räumen mit erhöhtem Kühlungsbedarf regulieren Kühldecken mit zirkulierendem Kaltwasser die Temperatur.

An den Hochhäusern sorgen teilweise Doppelfassaden für klimatische Anpassungsfähigkeit. Der Außenseite vorgesetzt und der jeweiligen Wetterlage angepasst, dämpfen Glasflächen den Wind, reduzieren Lärm, lassen aber Licht und Frischluft zu den Fenstern durch. Der Einsatz dieser Gebäudetechnik spart gegenüber einer Klimaanlage rund 50 % Primärenergie. Durch die Gesamtheit dieser Maßnahmen verringert sich der Kohlendioxid ausstoß gegenüber einer herkömmlichen Versorgung um 70 %.

Regenwasser wird über die Dachflächen gesammelt. Die Gebäude haben insgesamt 50.000 qm – größtenteils begrünte – Dachflächen. In drei großen Zisternen wird das Niederschlagswasser aufbewahrt. Die Wasserflächen sowie die Toilettenspülungen werden teilweise daraus gespeist. Die eingesparte Trinkwassermenge beträgt rund 20 Millionen Liter im Jahr.

## Potsdamer Platz Arkaden «

<b>Projektentwicklung, Vermietung und Management der Einzelhandelsflächen:</b>	ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG Heegbarg 30, 22391 Hamburg
<b>Eröffnung:</b>	2. Oktober 1998
<b>Grundsteinlegung für das Daimler-Benz Projekt am Potsdamer Platz:</b>	29. Oktober 1994
<b>Erster Spatenstich</b>	15. Januar 1997
<b>Lage:</b>	am Potsdamer Platz, mitten in Berlin
<b>Verkaufsfläche:</b>	über 40.000 m <sup>2</sup> auf drei Ebenen, mit einer glasüberdachten Lichthof
<b>Parkplätze:</b>	ca. 4.000, von denen sich 2.500 in den Untergeschossen des Areals befinden, 1.500 in einem nahe liegenden, separaten Parkhaus
<b>Einzugsgebiet:</b>	insgesamt rund 4,3 Mio. Menschen, davon: 912.000 im Kerneinzugsbereich (Anfahrt bis 15 Min.), 2,5 Mio. im Naheinzugsbereich (Anfahrt 15 bis 30 Min.), 900.000 im Ferneinzugsbereich (Anfahrt 30 bis 60 Min.)
<b>Bauherr:</b>	Daimler-Benz
<b>Generalübernehmer und Baubetreuer:</b>	Debis Immobilienmanagement GmbH Eichhornstraße .3 10785 Berlin
<b>Architekten des Gesamtprojektes von Daimler-Benz am Potsdamer Platz:</b>	Planungsgesellschaft Renzo Piano Building Workshop und Christoph Kohlbecker GmbH (Paris, Genua, Gaggenau), Arata Isozaki & Associates (Tokio), Richard Rogers Partnership (London), Prof. Hans Kollhoff Architekt BDA (Berlin), Lauber + Wöhr Architekten (München), José Rafael Moneo (Madrid)

**Tabelle 8:** Potsdamer Platz Arkaden, Berlin

Quelle: ECE Webseite



**Abbildung 25:** Plan Potsdamer Platz. Aufnahme: ECE Group, Website



**Abbildung 26:** Modell, Potsdamer Platz Arkaden, Berlin  
Aufnahme: ECE Group, Website

### **3.2.1.3. Expression der ökologischen Kontrollsysteme.**

Das Projekt Potsdamer Platz wurde ganzheitlich auf der Basis erneuerbarer Energie und einfachen physikalischen Prinzipien aufgebaut. Komplizierte spitze Technologien kommen nicht zur Anwendung. Das Wasser Konzept von dem Projekt ist ganz für die Regenwasser Nutzung geeignet, außerdem hatten die Architekten die Kühlsysteme für die Gesamte Wohn- und Arbeitsgebäuden eingerichtet, um den Haushaltsenergieverbrauch zu verringern. (Abb.27)

Die Hauptressourcen des Konzepts sind Sonne und Wasser als gespeicherte Sonnenenergie. Zweckes optimaler Nutzung dieser Energiequellen wurde das Dach des Gebäudes aus Glas gebaut und zur Sonnenbahn ausgerichtet, wobei es sich zur Vermeidung von Energieverlusten dicht an den Hügel anlehnt. Das Problem der Gebäudehülle und –Dämmung und damit der Wärmeverluste löst das Prinzip mehrere übereinander liegende Schichten, ähnlich den Schalen einer Zwiebel.

In der Ostseite des Konzeptes befindet sich das Wasserbecken, das im Sommer zur Raumkühlung dient und die Verbesserung des Mikroklimas des Gebäudes übernimmt.

### **3.2.1.4. die praktische Performance und die neue Erfahrung.**

Es wurde ein kompaktes Gebäude mit einem offenen Grundriss und einer minimierten und damit ökologischen Tagesstruktur realisiert. Durch die Gebäudeorientierung in Nord-Süd Richtung konnte eine passive Solarenergienutzung mithilfe eines großen Glasanteils umgesetzt werden.

Die Isolierverglasung besitzt einen niedrigen U-Wert von  $0,9\text{W/m}^2\text{K}$ , deswegen liegt der U-Wert des Fensters bei  $1,2\text{W/m}^2\text{K}$ . Das Dach beinhaltet ständig halb offene Glasscheibe nach Süden und unterstreicht die Südorientierung.

Die Bepflanzung und die massive Gebäudestruktur mit hoher Speichermasse verhindern die Überhitzung in Sommer. Durch eine Luftwechselrate bei der Nacht wird das Gebäude im Sommer kühl gehalten. Dafür wurden große Lüftungsklappen an der Fassade und oberhalb des Lichthofs installiert. Der Sonnenschutz ist auf der Innenseite angebracht. Wobei warme Luft in Atrium nach oben steigt und im Erdgeschoss frische Luft nach sich zieht.<sup>71</sup>

Im Winter wird die warme Luft aus der obersten Etage abgesaugt und ins Erdgeschoss eingeblasen.

---

71. Glücklich, Detlef, ökologisches Bauen, 2005



**Abbildung 27:** Bauelemente: Das Dach und die Fassade, Potsdamer Platz Arkaden, Berlin. Aufnahme: Verfasser

Die subtropischen Pflanzen im Innenbereich verbessern die Luftqualität sowie die klimatischen Verhältnisse und tragen so zu ergonomisch und gesund gestalteten Einkaufsmöglichkeiten sowie Arbeitsplätze.

### 3.2.2. Stern Center, Potsdam.



**Abbildung 28:** Stern Center, Potsdam. Luftaufnahme  
Aufnahme: [www.google.de](http://www.google.de)

#### 3.2.2.1. Beschreibung des Konzeptes.

Das im 1999 fertig gestellte Einkaufszentrum kann mittlerweile als „Klassiker“ und vorbildlich trotz des Alters angesehen werden. Bei der Konzeption des Gebäudes standen die Minimierung die Energie und Wasserverbrauches über die gesamte Gebäudelebensdauer, die Reduktion der Emissionen der Heizanlage, das Vermeiden von Klimaanlage sowie die Tageslichtnutzung als Ziele im Vordergrund der Arbeit. Problematisch sind heutige Einkaufszentren in ihrem sommerlichen Verhalten und deshalb muss sich ein gelungener Gebäudeentwurf weit weniger am Winterfall orientiert. (Abb. 28)

Um eine Sommereinstrahlung und Tageslichtnutzung zu jeder Jahreszeit sicher zu stellen, haben die Architekten einer kompakten Bauform mit Glasdach und hoch Fenster für die Einkaufstraßen entschieden. Alle Außenbauteile sind hoch gedämmt, teilweise kam dabei transparente Wärmedämmung mit saisonalem Sonnenschutz zum Einsatz. Der Anteil an verglasten Flächen wurde auf ein sommertaugliches Maß reduziert. (Tabelle 9)

## **Stern Center, Potsdam**

**Projektentwicklung,  
Vermietung und  
Management der  
Einzelhandelsflächen:** ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG  
Heegbarg 30, 22391 Hamburg

**Eröffnung:** 2. Oktober 1999

**Grundsteinlegung für  
das Daimler-Benz  
Projekt am  
Potsdamer Platz:** 24. Oktober 1996

**Erster Spatenstich** 15. Januar 1993

**Lage:** Nuthe Straße  
14480 Potsdam

**Verkaufsfläche:** über 35.000 m<sup>2</sup> auf eine Ebene in einer  
glasüberdachten Passage, mit 5000 m<sup>2</sup>  
Dienstleistungen

**Parkplätze:** ca. 2.100, von denen sich 500 auf dem  
Dach des Areals befinden, 1.600 in einem  
nahe liegenden Parkplätze

**Einzugsgebiet:** insgesamt rund 0,5 Mio. Menschen,  
davon: 3.000 im Kerneinzugsbereich  
(Anfahrt bis 5 Min.), 210.000 im  
Naheinzugsbereich (Anfahrt 15 Min.),  
270.000 im Ferneinzugsbereich (Anfahrt  
15 bis 30 Min.)

**Bauherr:** ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG

**Generalübernehmer  
und Baubetreuer:**

### **Tabelle 9: Stern Center, Potsdam**

Quelle: ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG



**Abbildungen 29:** Stern Center,  
Potsdam. Aufnahmen: Verfasser

### **3.2.2.2. Hintergrund des Projektes.**

Durch die massive Bauweise wurde eine große effektive Speichermasse geschaffen. Im Sommer wird Nachtlüftung angewandt, die Decken wurden zu diesem Zweck nicht abgehängt und als Hohlkörper zu Installationszwecken ausgeführt. Die Architekten haben das Dach mit einem hohen Anteil überdeckt, um die sommerliche Überhitzung zu vermeiden, das allerdings die Parkmöglichkeiten für 500 Autos dient. Und damit haben sie die Luft als zweite Dämmung Element genutzt.

### **3.2.2.3. Expression der ökologischen Kontrollsysteme.**

Durch Tageslichtlenkung und Deckenfarbanstrich mit hohem Lichtreflexionsgrad wird der hohe Anteil des natürlichen Lichts zu den Schaufenstern der Geschäfte Beleuchtung nutzbar gemacht. Dies senkt sehr deutlich die Stromkosten für Kunstlicht und reduziert gleichzeitig die internen Wärmelaste im Sommer. Hinter dem verglasten Dach des Hofes übernehmen innen liegende, mechanisch gesteuerte Lamellen die Umwandlung des direkten in diffuses Licht. (Abb. 29, 30)

Die Lüftung erfolgt über ein mechanisches Lüftungssystem bei gleichzeitiger Möglichkeit der natürlichen Lüftung. Dies wird damit den minimalen, für die Hygiene notwendigen Luftwechselraten betrieben. Die Hohlkörper in den Decken bieten dabei auch zur Luftführung. Über einen 150 m langen Erdwärmetauscher mit 80 cm Durchmesser wird die Luft im Winter vorgewärmt, bzw. im Sommer gekühlt und auch entfeuchtet. Eine Nachtkühlung im Sommer wird durch drei- bis vierfachen direkten Luftaustausch erreicht.

Im Winter erwärmt der Erdwärmetauscher die Zuluft von  $-5^{\circ}\text{C}$  auf  $+5^{\circ}\text{C}$ , die Wärmerückgewinnung mit einem Gesamtwirkungsgrad von 80% erhöht die Zulufttemperatur weiter auf  $+15^{\circ}\text{C}$ .

Den geringen Rest liefert die Heizung, die in den Geschäftsräumen ausschließlich über die Lüftungsanlage erfolgt. Deckenintegrierte, einzelgeriegelte Heizregister erlaubt den Nutzern die Luft auf die von ihm gewünschte Temperatur zu bringen.

### **3.2.2.4. die praktische Performance und die neue Erfahrung.**

Über dynamischen Simulationsberechnungen wurde der Gesamtenergiebedarf für die Heizwärme ermittelt und eine Gebäudeoptimierung durchgeführt.

Mittels eines European Installation Bus-System (EIB) werden Heizung, Kühlung, Lüftung und elektrische Beleuchtung kontrolliert und optimiert. Das System steuert außerdem den Sonnenschutz.



**Abbildungen 30:** Stern Center, Potsdam.  
Aufnahme: Verfasser

### 3.2.3. Das Schloss, Berlin.

#### 3.2.3.1. Beschreibung des Konzeptes.

Der Bauherren und gleichzeitig Planer sowie die Architekten wollten mit diesem Gebäude eine Vielzahl von Umweltanliegen umsetzen, insbesondere umweltschonende Nutzung des Baugrunds, den sparsamen Umgang mit der Energie und die Verwendung energieschonender Materialien. Die intelligente Grundrisslösung erreicht eine Großzügigkeit mit Gebäude beim gleichzeitig sparsamen Umgang mit der Nebennutzfläche. (Tabelle.10)

#### 3.2.3.2. Hintergrund des Projektes.

Das Gebäude besteht aus Massiven Betondecken, die von Zahlreichen Stahlbetonstützen getragen werden. Deckenunterseiten sind verkleidet und können damit in denen die Wärme- bzw. Kälteluftkanäle verstecken. Die sommerliche Nachlüftung kühlt die Decken ab. Für die historisch entworfene Fassade wurden vorgefertigte Leichtmetallelemente mit großzügigen Glassflächen benutzt, die einen hohen Wärmeschutz aufweisen. (Abb.31)  
Die Verglasung weist trotz hohem Energiedurchlassgrad einen sehr niedrigen U-Wert von  $1,229 \text{ W/m}^2\text{K}$  auf. Er wurde erreicht durch eine Wärmeschutzverglasung mit zwei eingespannten Folien zur Konvektionsminimierung. Die passiven solaren Gewinne über die Fenster übersteigen in der Gesamtjahresbilanz deren Transmissionswärmeverluste. Betrachtet man nur die Heizperiode durch die hohen passiven Gewinne.



**Abbildung 31:** Das Schloss, Berlin. Luftaufnahme  
Quelle: [www.google.de](http://www.google.de)

## **Das Schloss, Berlin**

<b>Projektentwicklung, Vermietung und Management der Einzelhandelsflächen:</b>	H.F.S Immobilienfonds Deutschland 17 KG München
<b>Eröffnung:</b>	16. März. 2007
<b>Grundsteinlegung für das Projekt</b>	29. Oktober 2005
<b>Erster Spatenstich</b>	15. Januar 2004
<b>Lage:</b>	Schloss Straße 36, Berlin
<b>Verkaufsfläche:</b>	über 36.000 m <sup>2</sup> auf drei Ebenen mit 12.000 m <sup>2</sup> Dienstleistungen.
<b>Parkplätze:</b>	ca. 650 in drei Ebenen Unterirdischen Parkhaus
<b>Einzugsgebiet:</b>	insgesamt rund 300.000 Menschen, davon: 40.000 im Kerneinzugsbereich (Anfahrt bis 5 Min.), 110.000 im Naheinzugsbereich (Anfahrt 5 bis 15 Min.), 150.000 im Ferneinzugsbereich (Anfahrt 15 bis 30 Min.)
<b>Bauherr:</b>	H.F.S Immobilienfonds Deutschland 17 KG
<b>Generalübernehmer und Baubetreuer:</b>	G.F.S. Geschäftsbesorgung für Sachwerte GmbH Johannstaler Chaussee 317 12351 Berlin Tel. 030 666912-0 Fax-99
<b>Architekten des Gesamtprojektes von Daimler-Benz am Potsdamer Platz:</b>	Dipl.-Ing. Manfred Pechthold Berlin

**Tabelle 10:** Das Schloss, Berlin

Quelle: H.F.S. Immobilienfonds Deutschland Webseite



**Abbildung 32:** Die alt geformte Fassade des Schlosses, Berlin  
Aufnahme: Verfasser



**Abbildung 33:** Große Glasflächen an der Fassade des Schlosses, Berlin  
Aufnahme: Verfasser

Die Fassade weist auf eine historische Bedeutung auf. (Abb.32, 33)

### **3.2.3.3. Expression der ökologischen Kontrollsysteme.**

Die zwei drehbaren Lamellen aus Sonnenschutzglas können in der Lichtlenkung den Lichteintrag bei bedecktem Himmel erhöhen. Auf Lichtlinkstellung kann der Nutzer jederzeit umschalten. Diffuses Licht gelangt weit ins Gebäude hinein. Dies wird unterstützt durch transparente Trennelemente zwischen Showräume und Arbeitszone. Bei steilem Sonnenwinkel übernehmen die Glaslamellen den Blendschutz. Ein weiteres Blendschutzelement stellt die Markise dar. Die Lüftung erfolgt mechanisch, auch um Erdwärme und –kältenutzen zu können. Die Lüftungsregelung steuert die Luftwechselrate je nach vorhandener Luftqualität und Temperatur. Des Weiteren steuert sie die Luftansaugung. Bei über 18°C und unter 10°C wird die Außenluft über den Erdwärmetauscher angesaugt. Wobei sinkt die Lufttemperatur am Austritt des Erdwärmetauschers während der Heizperiode nicht unter 5°C, sodass die Frostsicherheit gewährleistet ist.

Im Sommer liegt die Austritttemperatur unter 20°C, damit ist die Zuluft auch bei hoher Außenlufttemperatur ausreichend kühl. Das Gebäude kommt durch Nutzung von Erde und Nachtluft als natürliche Kältequellen bei gleichzeitig gutem Verschattungsgrad der Fassade ohne mechanische Kühlung aus. Durch die zeitweise Gebäudebelüftung über den Bypass anstatt über den Erdwärmetauscher wird das Erdreich geschont. Es regeneriert sich dadurch, dass die Erdreichtemperatur des Erdwärmetauschers sich wieder die Umgebung anpasst. (Abb.34, 35)

Die allgemeinen Räume werden über eine Quellluftöffnung in Türenbereich mit Frischluft versorgt, die über Öffnungen nahe der Decke in die Abluftzone des Gemeinschaftsbereichs wieder abgeführt wird. Die Luftkonditionierung in Winter erfolgt bei Bedarf nur mit einem Luftheritzer und der Wärmerückgewinnung. Mini Radiatoren decken in Spitzenlastzeiten zusätzlich den Wärmebedarf, die über einen Fernwärmeanschluss versorgt werden.



**Abbildung 34:** Leuchtungs- und Lüftungselemente Das Schloss, Berlin  
Aufnahme: Verfasser



**Abbildung 35:** Innen Aufnahme, Das Schloss, Berlin  
Aufnahme: Verfasser



**Abbildung 36:** Innen Aufnahme, Das Schloss, Berlin  
Aufnahme: Verfasser

Die Bereitstellung der Heizwärme erfolgt über einen hoch modernen Nieder-temperaturkessel, der seine Wärme über Wärmetaucher an die Raumluft abgibt. (Abb.36)

#### **3.2.3.4. Die praktische Performance und die neue Erfahrung.**

Bei diesem Geschäftshaus wurde im 2007 eine umfangreiche Messdatenerfassung für eine Energieverbrauchsanalyse durchgeführt. Hier werden sämtlich auf das Gebäudeleitsystem eingeschalteten Messfühler automatisch in einem Intervall von 10 Minuten registriert und zeitgleich Stunden- Tags- und Wochenmittelwerte berechnet.

### 3.3. Berechnung (Untersuchung- und Bewertungsmethode).

In dem Bewertungssystem werden einzelnen Phasen von Herstellung und Nutzung bewertet, für eine treffsichere Bewertung sind die vorhandenen statistischen Daten jedoch zu dürftig. Ferner macht die Vielfalt der einzelnen Transportwege eine Bewertung sehr aufwändig.

Besondere Bedeutung kommt den Herstellungs- und Nutzungsphasen zu, da bei der Erstellung von Kaufhäusern beträchtlich Massen verbaut werden und der Anteil des Energieinputs zur Herstellung am Gesamtenergieinput in den vergangenen Jahren stetig gestiegen ist. Ursache dafür ist hauptsächlich die Bemühung zur Reduktion des Energieinputs in der Nutzungsphase. Wie in Kapitel fünf erläutert wird, konnte der Energieinput für die Beheizung und Kühlung von Kaufhäusern durch gesetzliche Maßnahmen und technische Weiterentwicklungen in den letzten Jahren stetig reduziert werden. Zum größten Teil wurde dieser Reduktion durch einen verbesserten Wärmedämmstandard erzielt, der mit einem erhöhten Einsatz von Dämmstoffen verbunden ist. Dadurch wird der Energieinput der Nutzungsphase gesenkt, während gleichzeitig der Energieinput der Herstellungsphase steigt.

Bezogen auf den Gesamtenergieinput, gleicht sich der Energieinput zur Erstellung und zur Nutzung eines Gebäudes anteilmäßig an. Während der Energieinput zur Herstellung bei Gebäuden in Bestand lediglich 5 bis 10 % des Lebenszyklusweiten Energieinputs ausmacht, beträgt er, bei Niedrigenergiehäusern zum Beispiel bis zu einem Drittel und bei Passivhäusern bis 50% des Gesamtenergieinputs.<sup>72</sup>

- Herstellungsphase des Gebäudes.

Der Großteil des Energieinputs wird in der Herstellungsphase in den Baumaterialien gebunden.

Der spezifische Energieinput für ein Produkt lässt sich über den Primärenergieinhalt darstellen, der mittels Prozesskettenanalysen bestimmt wird. Dabei wird das Produkt über alle einzelnen Teilschritte vom Abbau der Rohstoffe bis zur Fertigstellung energetisch verfolgt. Zur Bestimmung des Primärenergieinhalts sind klare methodische Festlegungen erforderlich. Die Komplexität einzelner Verfahren und bei der Produktion anfallende Koppelprodukte machen es manchmal unmöglich, den Primärenergieinhalt eines Produkts eindeutig zu bestimmen.<sup>73</sup>

---

72. Diederichs, Claus, Jürgen, Entwicklung eines Bewertungssystems, 2001, S.77

73. Oswald, Gudrun, Ökologische Bewertung im Holzwohnbau, 2003. S:150

In der Fachliteratur liegt eine Vielzahl an dokumentierten Werten zum Primärenergieinhalt vor, die zum Großteil auf Arbeiten vieler Wissenschaftler beruhen. Sie erkannten bereits Anfang der 80er Jahre, dass die Energieinhalte verschiedener Baustoffe nach einer einheitlichen und abgegrenzten Methode zu erfassen seien. Trotzdem ist heute eine Vielzahl an Werten zum Primärenergieinhalt von Baustoffen zu finden, deren Variationen zu einem Material bis um den Faktor 13 differieren.

In einigen Quellen wird der Primärenergieinhalt der Herstellungsphase auch als Herstellungsenergieaufwand (HEA) oder kumulierter Herstellungsenergieaufwand (KEA) bezeichnet.

Der Begriff des kumulierten Energieaufwands (KEA) entstand bereits in den siebziger Jahren. Anfang der 90er Jahre entwarfen Experten des Vereines Deutscher Ingenieure erstmals eine VDI- Richtlinie zur Bestimmung des KEA (VDI-Richtlinie 4600).<sup>74</sup>

Da in der Herstellungsphase lediglich die primärenergetischen Aufwendungen zur Herstellung der Baumaterialien und Konstruktionen betrachtet werden, wird im Folgenden der allgemein gebräuchliche Begriff Primärenergieinhalt benutzt.

- Nutzungsphase des Gebäudes.

Die Haushalte der Gebäude verbrauchen rund 44% der fossilen Primärenergie (MFAS, 1999). Dabei stellt die Nutzungsphase den Abschnitt mit dem größten Energieeinsparpotenzial im Lebenszyklus eines Gebäudes dar. Der größte Teil des Verbrauchs an Primärenergie wird für die Beheizung und Kühlung von Gebäuden benutzt.

Nach einer Beschreibung der Einflüsse auf den Energieinput in der Nutzungsphase erfolgt die Bewertung der Beheizung und Warmwasserbereitung, der elektrischen Energie und des sommerlichen Wärmeschutzes. Die Höhe des Energieinputs der Nutzungsphase wird durch den Standort des Gebäudes, den Baukörper, die technischen Anlagen, die Nutzungsdauer und das Verhalten des Nutzers beeinflusst.

---

74. Diederichs, Claus, Jürgen, Entwicklung eines Bewertungssystems, 2001, S:77

Das Bauen soll die Umwelt in möglichst geringem Maße beeinträchtigen, was wirtschaftliche, qualitative und ökologische Anforderung an das Bauen stellt. Diese Vorgabe gilt nicht nur beim Planen der Gebäude, sondern ebenfalls beim Bauen, der Nutzung und dem anschließendem Abriss. Eine ökologische Betrachtungsweise umfasst, wie die ökonomische, den kompletten Lebenszyklus eines Gebäudes.

Bei der Untersuchung der Umweltrelevanten Auswirkungen sind daher folgende Teilaspekte zu beleuchten:

- Erstellung des Gebäudes .

Die Beeinträchtigung der Umwelt beginnt bei der Gewinnung der Rohstoffe und der Herstellung der Baustoffe. Eine lebenszyklusweite Betrachtung muss an diesem Punkt ansetzen, auch wenn die Auskünfte der Baustoffhersteller dazu oft noch äußerst unzureichend sind. Weiterhin werden die Transporte der Baustoffe zur Baustelle, die Energie zur Erstellung des Gebäudes sowie der anfallende Abfall berücksichtigt. Bilanziert wird dieser Verbrauch in so genannten Stoffströmen. Neben dem Bauprozess selber sind der ökologische Wert des Standorts und der durch die Bebauung entstehende ökologische Wertverlust zu untersuchen.

- Nutzung des Gebäudes

In der Nutzungszeit des Gebäudes fällt weiterer Energie- und Materialverbrauch zur Klimatisierung und zum Gebrauch (Strom und Wasser) an. Hinzu kommen Verbräuche zur Gestaltung und Erhaltung der Bausubstanz, für Modernisierung und Reparaturen.

- Rückbau des Gebäudes

Beim Rückbau ist die Rückbaumethode von Bedeutung. Die Frage nach einer weiteren Verwendung oder Verwertung der Baustoffe schließt sich an.

Der Material- und Energieeinsatz in allen drei Lebenszyklusphasen eines Gebäudes hat Auswirkung auf die Umwelt und beeinflusst die verschiedenen Kreisläufe in der Natur. Werden die Störungen in den Kreisläufen durch die menschlichen Eingriffe zu groß, kann die Natur sie nicht mehr auffangen und die Kreisläufe verändern sich.

### **3.3.1. Wahl der Bewertungsmethode**

Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, anhand der drei Varianten des Fallbeispiels Einkaufszentrum:

- Beispiel 1: Arkaden am Potsdamer Platz, Berlin
- Beispiel 2: Stern Center, Potsdam
- Beispiel 3: Das Schloss, Schloss Straße, Berlin

Die Größenordnung der Umweltwirkungen der einzelnen Module und Lebenszyklusphasen in Abhängigkeit von der gewählten Bauweise, Baumaterialien und Energiequellen aufzuzeigen. Dies erfordert geeignete Bewertungsmethode, die

in der CML, SPI Methoden gefunden wurden. Die Auswahl wird wie folgt begründet:

Die CML-Methode weist eine bessere Vergleichbarkeit in Gegensatz zu den anderen Methoden. Eine ganzheitliche Bewertung, die ökonomische Bewertung des Gebäudes, des Standorts und der Infrastruktur ist nicht Ziel dieser Arbeit, da einerseits eine vom Standort unabhängige Bewertung durchgeführt wird und andererseits keine ökonomische Betrachtung erfolgt.

Die CML-Methode wird gewählt, da sie ein breites Band an verschiedenen Umweltwirkungen abdeckt und Ergebnisse liefert, die unabhängig von gesellschaftspolitischen festgelegten Grenzwerten sind. Die Auswahl der Wirkungskategorien erfolgt jedoch subjektiv beeinflusst, sowie in Abhängigkeit von der Verfügbarkeit von Charakterisierungsmodellen und Eingangsdaten.

Der problemorientierte Ansatz der wirkungsorientierten Klassifizierung (CML-Methode) entspricht der internationalen Umweltdiskussion. So erfordert beispielsweise die Einhaltung des Kyoto-Ziels eine Verringerung der treibhauswirksamen Gase.<sup>75</sup>

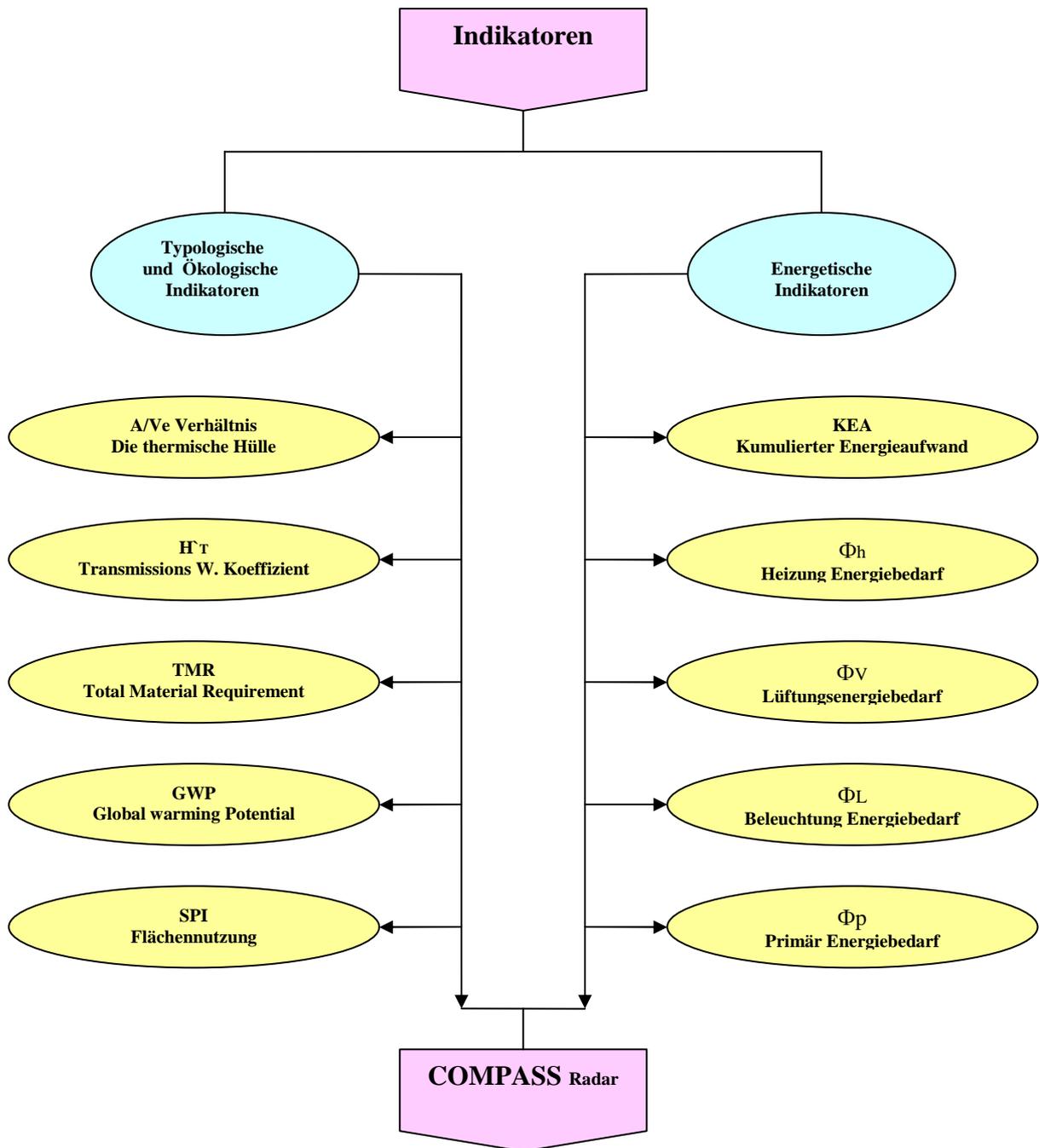
Mithilfe des Wirkungsindikators GWP können die treibhauswirksamen Gase, die im Laufe des Lebenszyklus eines Produkts entstehen, erfasst werden.

### **3.3.2. Indikatoren als Schlüssel der Bewertung**

Die große Anzahl der diversen Bemühungen zur Indikatorenentwicklung ist noch kein zuverlässiges Indiz für ihre Qualität. Deshalb wird in dieser Arbeit zunächst eine wissenschaftliche Fundierung durchgeführt. Daran anschließend kann die qualitative Beurteilung der bisherigen Aktivitäten vorgenommen und ein Bewertungsraster definiert werden, das sich an die Entwicklungs- und Anwendungsschritte eines Indikatorensystems für die Bewertung anlehnt. Aus dieser Bewertung wird ein Indikatorensatz abgeleitet, welcher die Beurteilungsbasis in dieser Arbeit darstellt. (Abb.37)

---

75. Oswald, Gudrun, Ökologische Bewertung im Holzwohnbau, 2003. S:148



**Abbildung 37:** Indikatoren-Methodik als Bewertungssystem und Visualisierung der Ergebnisse mit COMPASS Radar  
Darstellung: von Verfasser bearbeitet

Der erste Schritt zur Entwicklung von Indikatoren besteht in der Festlegung von Teilzielen für den Bereich Ökologie. Diesem Schritt kommt eine besondere Rolle zu, da ein Indikator letztendlich auf Basis ökologischer Aspekte gezielt wird.

In einem zweiten Schritt müssen dann die Indikatoren ausgewählt werden, mit deren Hilfe sich der Zielerreichungsgrad messen lässt. Es gibt vielfältige Möglichkeiten diesen Schritt zu gehen.

Zum einen werden, Leit-Indikatoren von Umwelt Akteuren vorgegeben, die nachfolgend auf unterschiedlichen Ebenen zur Anwendung kommen – deduktivere Ansätze. Zum anderen werden auf lokaler oder betrieblicher Ebene, Einzel-Indikatoren entwickelt, die, nachdem sie ihre Praxistauglichkeit bewiesen haben, auf übergeordneten Ebenen als Leit-Indikatoren verwendet werden - induktiver Ansatz.

Sofern diese Anforderungen an Indikatoren erfüllt werden, können die Indikatoren ihre analytische Bewertung zu einem Ergebnis entwickeln.

Grundsätzlich ist anzumerken, dass Indikatoren immer subjektiv gewählt sind und dementsprechend die daraus entstehende Beurteilung auch immer subjektiv ist. Diese Tatsache ist unproblematisch, solange die Indikatorenauswahl Ergebnis eines konsensualen Prozesses ist und somit von einer breiten Basis getragen wird, was jedoch selten die Realität widerspiegelt.<sup>76</sup>

Dennoch sollen einige wenige erfolgreiche Ansätze nicht über die Tatsache hinweg täuschen, dass bei genauerer Überprüfung neben Licht auch Schatten zu Tage tritt. Bereits der erste Schritt mit der Festlegung von Teilzielen stellt eine große Herausforderung für die Umwelt dar. In der Vergangenheit gelang es leider selten, alle relevanten Akteure an einen Tisch zu bekommen, um mehrheitsfähige ökologische Ziele konkret zu definieren.

---

76. (Bundesministerium für Raumordnung 1997), wie ihn z. B. die Arbeitsgruppe Lokale Agenda 21 der Universität Oldenburg in der Kommune Ganderkesee Erfolg versprechend initiieren, begleiten und dokumentieren konnte (Oldenburg 1998).

Indikatorenbildung (Operationalisierung) weist auf Forschungslücken hin, jedoch geben sie bereits entscheidende Hinweise auf zentrale Themenfelder (Kategorien und Aspekte) in den ökologischen und energetischen Dimensionen.

Da die theoretische Konstrukte wie die Idee nachhaltige Entwicklung zu abstrakt und offen formuliert sind, als dass unmittelbar Indikatoren zu deren Messung bestimmt werden könnten, wird als Grundlage für ihre Operationalisierung in der Regel auf Verfahren zur inhaltlichen Konkretisierung zurückgegriffen. In den Sozialwissenschaften halt man sich zu diesem Zweck ein.<sup>77</sup>

Als Oberbegriff für Kategorien und Aspekte wird im Folgenden, zur Untersuchung und Bewertung des Einkaufszentrums durch die Indikatoren, der Terminus Themenfeld verwendet.

- Kategorien: Sie charakterisieren im weiteren Sinne die Ökologie, die für die einzelnen Anspruchsgruppen (stakeholder) relevant sind.<sup>78</sup>
- Aspekte: (Auf die spezifischen Kategorien bezogener Typ von Information: z. B. Treibhausgas, Energieverbrauch pro Quelle, Praxis hinsichtlich von Arbeit, Abgaben an die Kommune.<sup>79</sup>

Durch die inhaltliche Konkretisierung des Leitbildes mithilfe der Themenfelder wird das Leitbild greifbarer und die Auswahl von Indikatoren erleichtert. Da die Selektion der Themenfelder jedoch grundsätzlich von subjektiven Relevanzüberlegungen geleitet ist, birgt sie die Gefahr, dass relevante Gesichtspunkte nicht berücksichtigt werden und sich ein Informationsverlust ergibt, oder dass Themenfelder, die nicht relevant sind - ohne Informationsgewinn – berücksichtigt werden.<sup>80</sup>

Häufig kann erst in späteren Stufen sicher festgestellt werden, ob die getroffene Auswahl der Erfassung des theoretischen Konstrukts angemessen war oder verbessert werden muss.

Aufgrund der beschriebenen Risiken und der Tatsache, dass die Themenfelder die Grundlage für die Indikatorenauswahl darstellen, sollte ihre Bestimmung mit größter Sorgfalt und möglichst systematisch vorgenommen werden.<sup>81</sup>

Ähnlich gelagert ist die Problematik beim zweiten Schritt der dimensional

77. EU Commission: Social Policy Agenda (adopted June 2000)

78. Amnesty International and the Prince of Wales Business Leaders

79. Forum (PWBLF): Human rights – is it any of your business? (April 2000)

80. Rennings 1994, 144f., Fürtjes 1982, 38

81. Berkhout et al. 2001, 27

Analyse, der Auswahl von Indikatoren als empirische Äquivalente zu den zuvor theoretisch definierten Themenfeldern.

Da sich die Indikatoren nicht direkt auf das theoretische Konstrukt eines ökologischen Aspekts, sondern auf die einzelnen Merkmalsdimensionen bzw. Themenfelder beziehen, die das theoretische Konstrukt beschreiben, müssen solche Indikatoren gefunden werden, die einen Rückschluss auf die Themenfelder ermöglichen.

Die Auswahl der Indikatoren basiert ebenso wie die Bestimmung der Themenfelder auf subjektiven Relevanzüberlegungen.

Dadurch entsteht die Gefahr, dass Indikatoren ausgewählt werden, die etwas anderes messen als was sie messen sollen. Die Gefahren bei der Bestimmung von Themenfeldern und Indikatoren unterstreichen die Bedeutung dieser Elemente. Ohne die Auswahl der ‚richtigen‘ Indikatoren, die die vorhergehende ‚korrekte‘ Identifikation der Merkmalsdimensionen voraussetzt, ist eine Bewertung und zielgerichtete Steuerung eines Untersuchungsgegenstands unmöglich bzw. undurchführbar.

Etablierte Umweltanalysemethoden beschränken sich oft auf die Bewertung von (Bau-)Produkten mithilfe von Checklisten, Positiv- oder Negativlisten oder Inhaltsdeklarationen.<sup>82</sup>

Die Bewertungsgrundlagen für die Ergebnisse dieser Verfahren werden jedoch nicht oder nur teilweise offen gelegt. Dadurch können die Ergebnisse vom Konsumenten mangels Transparenz nicht nachvollzogen werden. Darüber hinaus bleibt den vorgenannten Methoden eines gemeinsam: Die Möglichkeit der ökologischen Optimierung des Gebäudes setzt erst sehr spät in der Planungsphase mit der Auswahl ‚ökologischer‘ Baustoffe ein.

Die Chance zur ökologischen Optimierung des Gesamtsystems über den gesamten Lebenszyklus hinweg unter der Vorgabe bestimmter Ziele wird damit vertan. Im folgenden Abschnitt soll es in erster Linie nicht darum gehen, nur den Stand der Forschung wiederzugeben.

Dafür sei auf Niklaus Kohler verwiesen, der die Grundlagen und grundsätzlichen Zusammenhänge detailliert dargestellt hat (Kohler 1998).<sup>83</sup>

Es sind vielmehr die aktuellen Entwicklungen auf dem Markt des ökologischen Bauens und die Bedeutung des Standes der Forschung für die Praxis, die hier näher erläutert werden sollen.

Zur Beurteilung und Visualisierung der einzelnen Indikatoren wird die am Wuppertal Institut entwickelte COMPASS-Methodik (Companies' and Sectors' path to Sustainability) angewendet.

.....  
82.Fürtjes 1982, 44

83.Mayntz et al. 1972, 20, 40

In dieser Arbeit wurden im Folgenden die Ökologischen Kennwerte beschrieben:

- Kumulierter Energieaufwand (KEA)
- Primärenergieinhalt erneuerbarer Ressourcen ( PEI )
- Total Material requirement (TMR)
- biotische Ressourcenerschöpfung (biot. Ress.)
- abiotische Ressourcenerschöpfung (abiot. Ress.)
- Flächennutzung (SPI)
- Treibhauspotential (GWP)
- Heizenergiebedarf ( $\Phi_h$ )
- Lüftungsenergiebedarf ( $\Phi_v$ )
- Beleuchtungsenergiebedarf ( $\Phi_L$ )
- Primärenergiebedarf ( $\Phi_p$ )

Die Auswahl der Kennwerte in dieser Arbeit ist abhängig von:

- Der Relevanz der Potentiellen Umweltwirkungen der verwendeten Produkte
- Der Verfügbarkeit anerkannter und aussagekräftiger Charakterisierungsmethode
- Der Verfügbarkeit an Datenmaterial.

In dieser Arbeit werden folgende inputbezogene Energiegrößen als aggregierte Sachbilanzgrößen angegeben:

- PEI erneuerbarer Ressourcen mit der Einheit MJ
- PEI nicht erneuerbarer Ressourcen mit der Einheit MJ

Des Weiteren werden folgende outputbezogenen Wirkungskategorien betrachtet:

- Treibhauspotential (GWP) mit der Einheit kg Co<sub>2</sub>-Äquivalent

Diese Kennwerte sind in der internationalen Diskussion anerkannt und ermöglichen eine praktische Anwendung der Ökobilanzmethode.

### 3.4. Fazit

Das nächste Kapitel verfolgt das Ziel der quantitativen Analyse und Einordnung der untersuchten Beispiele im Vergleich miteinander unter Verwendung des EDV-Werkzeugs GaBi sowie ausgewählter Elemente der COMPASS-Methodik.

Zu diesem Zweck werden die im Kapitel 4 und 5 vorgeschlagenen 10 Indikatoren angewendet.

Im Kap.4. werden die Typologischen und ökologischen Indikatoren vorgestellt.

Die zu Grunde gelegten ökologischen Indikatoren entsprechen dem anerkannten Stand der wissenschaftlichen Diskussion.<sup>84</sup>

Sie werden in dieser Arbeit auf den unterschiedlichsten Ebenen und von den unterschiedlichsten Akteuren verwendet. Als klassische ökologische Leitindikatoren werden neben einer vorangestellten öko- und humantoxikologischen Betrachtung folgende Kategorien und Aspekte als Indikatoren herangezogen:

- **Die thermische Hülle, das Verhältnis (A/Ve)**
- **Der Transmissionswärmeverluste Koeffizient ( $H_T$ )**
- **Das total Material requirement (TMR)**
- **Das Treibhauspotential (GWP)**
- **Die Flächennutzung (SPI)**

Im Kap.5. werden die Energetischen Indikatoren vorgestellt.

Das energetische Indikatorenset ließe sich sicherlich beliebig erweitern. Die sog. energetischen Indikatoren bilden jedoch wahrscheinlich vor dem Hintergrund der thematisch energetisch definierten Anforderungen und der Fragestellung dieser Arbeit die gegenwärtigen Minimalforderungen ab. Wünschenswert wäre sicherlich eine Ergänzung um die Human- und Ökotoxizität, auf die jedoch bewusst verzichtet wird, da deren Definition und Messung bis heute noch mit großen Unsicherheiten behaftet sind.

In diesem Kapitel werden folgende energetische Indikatoren untersucht und bewertet:

- **Der Kumulierte Energieaufwand (KEA)**
- **Der Heizenergiebedarf ( $\Phi_h$ )**
- **Der Lüftungsenergiebedarf ( $\Phi_v$ )**
- **Der Beleuchtungsenergiebedarf ( $\Phi_L$ )**
- **Der Prämienergiebedarf ( $\Phi_p$ )**

---

84. In (Heijungs et al. 1992b) und (Heijungs et al. 1992a) werden noch die älteren, nicht überarbeiteten Treibhausgaspotentiale nach (Houghton et al. 1990) ausgewiesen. Frischknecht et al. 2001.

## 4. Die typologische und ökologische Indikatoren

### 4.1. Indikator 1, A/Ve Verhältnis Die thermische Hülle

Die Wärmeverluste eines Gebäudes werden – auch bei optimierter Wärmedämmung – zu einem erheblichen Teil von der Hüllfläche des Gebäudes durch die Transmissionswärmeverluste bestimmt. Je kompakter das Gebäude geplant wird, je günstiger also das A/Ve Verhältnis ist, desto geringer ist die benötigte Heizenergie und damit die Kosten. Günstig ist ebenfalls, wenn die sonnenbeschienene Südfassade größer ist als die Nordfassade, die kaum solare Gewinne verbuchen kann. Daraus resultieren die bei Passivhäusern häufig eingesetzten, nach Süden geöffneten Pultdachlösungen, wie Rietz in seiner Forschung erklärt hat.

Die Kompaktheit wird geometrisch mit dem Verhältnis von wärmeübertragender Umfassungsfläche (A) zum beheizten Gebäudevolumen (Ve) beschrieben, kurz A/Ve Verhältnis. Im Interesse geringer Transmissionswärmeverluste sollte ein geringes A/Ve Verhältnis angestrebt werden. Größere Gebäude haben grundsätzlich eine größere Kompaktheit als kleine, so hat z.B. ein Mehretagenhaus eine größere Kompaktheit als ein Einzeletagenhaus.

Ein niedriges A/Ve-Verhältnis spart nicht nur Heizenergie, sondern auch Baukosten. Jede Abweichung von einer kompakten Bauform erfordert einen erhöhten Planungs- und Bauaufwand, um Wärmebrücken und Luftleckagen zu vermeiden.

Der Transmissionswärmeverlust eines Gebäudes ist direkt proportional zur wärmeabgebenden Hüllfläche.<sup>85</sup>

Man sollte also bestrebt sein, möglichst kompakte Gebäude mit im Verhältnis zum Volumen kleiner Hüllfläche zu bauen. Indikator für die Kompaktheit ist der Formfaktor A/Ve.

Die geometrische günstigste Form ist die Kugel, als Gebäudeform adaptiert, wird sie durch den Iglu der Eskimos. Am ungünstigsten schneidet der Würfel bzw. Quader ab, an dessen Grundformen sich den meisten Gebäudeformen zwangsläufig orientieren. Betrachtet man nur quaderförmige Bauformen, so schneidet ein turmförmiges Gebäude bedeutend schlechter ab als eine flache kompakte Form. Bei der Wahl der Gebäudeform sollte allerdings nicht vergessen sind als stark gegliedert Baukörper. Außerdem müssen innenliegende Zonen in der Regel mechanisch be- und entlüftet werden.<sup>86</sup>(Abb. 39)

Neben der Kompaktheit spielt auch die Gebäudegröße eine Rolle, da der Formfaktor A/Ve bei größeren Gebäuden kleiner ist als bei kleinen Gebäuden. Insofern schneiden Einzeletagen-Kaufhäuser deutlich schlechter hinsichtlich des Transmissionswärmeverlustes ab als Mehretagen-Kaufhäuser.

85. Rietz, Andreas, Institut für Erhaltung und Modernisierung, 2007, S.9

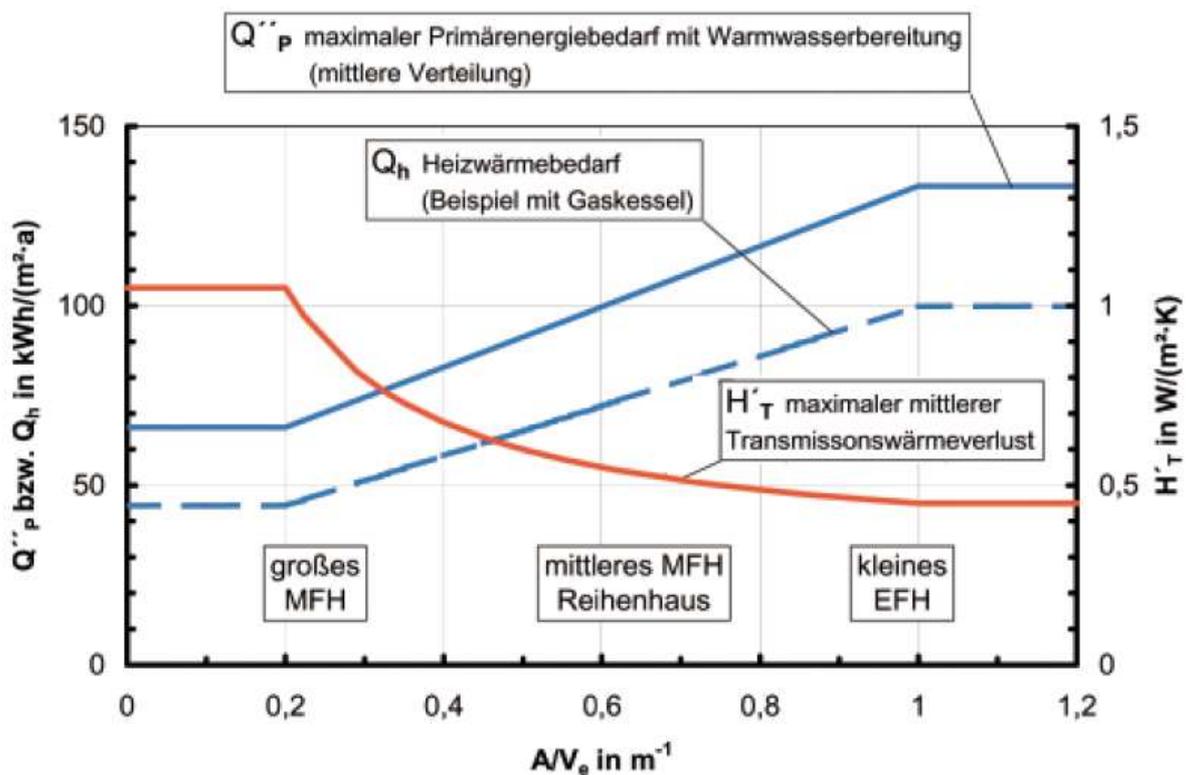
86. Krimmling, Jörn, Energieeffiziente Gebäude, 2007, S:93

In der seit 2002 gültigen Energieeinsparverordnung (EnEV) – aber auch in deren Fortschreibung in 2007 – werden Anforderungen für neu errichtete Wohngebäude an den Primärenergiebedarf  $\Phi_P$  [kWh/(m<sup>2</sup>a)] und an den mittleren Transmissionswärmeverlust  $H_T'$  [W/(m<sup>2</sup>K)] unter Berücksichtigung von Wärmebrücken gestellt. (Abb.38)

Die Anforderungen werden in Abhängigkeit von der Kompaktheit der Gebäude formuliert, dargestellt durch das A/Ve Verhältnis [m<sup>-1</sup>].

Ein Gebäude kann als energieeffizient bezeichnet werden, wenn

- der Energiebedarf gering ist,
- die Bereitstellung der Energie mit einem hohen Nutzungsgrad bzw. einem geringen Aufwand erfolgt und
- der Energiebedarf zu einem hohen Anteil durch erneuerbare Energien gedeckt wird.



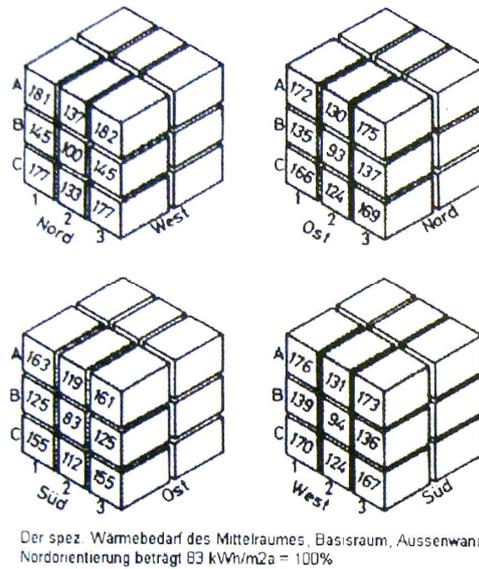
**Abbildung 38:** EnEV erklärt die Abhängigkeit zwischen A/Ve und Primärenergiebedarf. Quelle: Krimmling, Jörn, energieeffiziente Gebäude, 2007

Wie die Rippen eines Heizkörpers die Wärme besser an den Raum abgeben, so geben „Fassadenrippen“ die Gebäudewärme besser an die Außenluft ab als glatte Flächen. Lange schmale Baukörper, Winkelbauten, aber auch Dachverschnidungen wie Gauben, Vorsprünge, Geschossversätze und Fassadeneinschnitte erhöhen die wärmeübertragende Umfassungsfläche. (Abb.40)

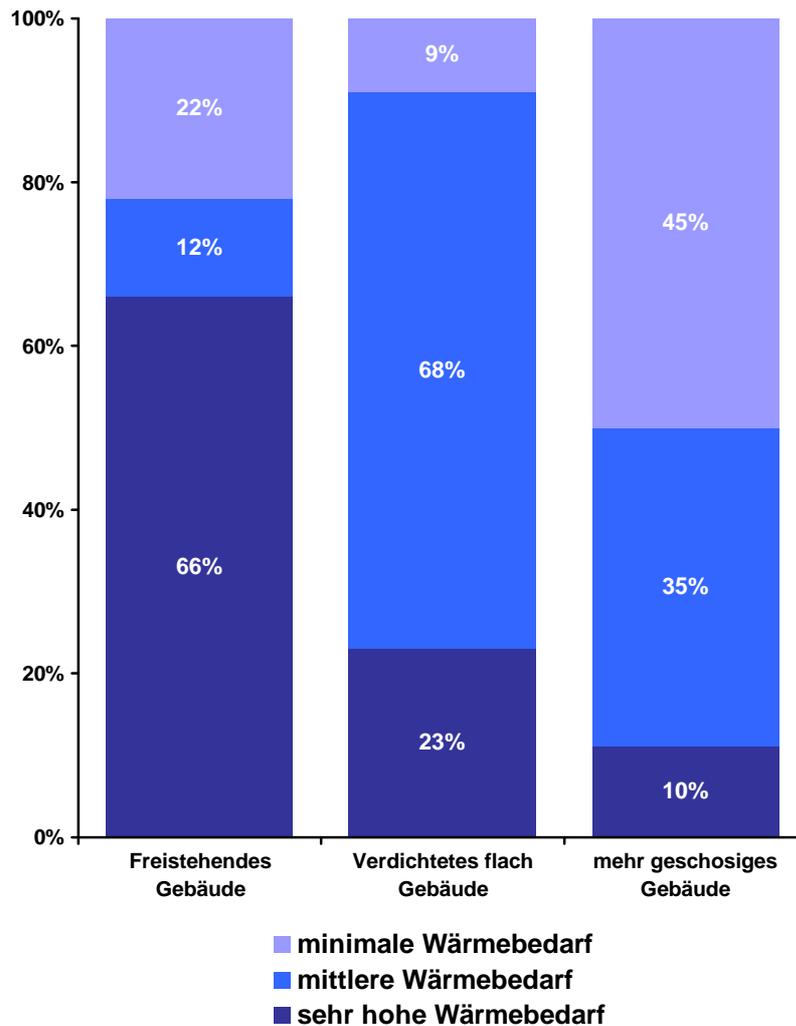
Kompakte Gebäude haben weniger Kontaktflächen zum unbeheizten Raum als gegliederte Gebäude.<sup>87</sup>

---

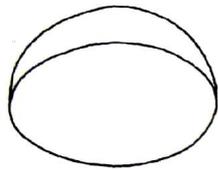
87. Glücklich, Detlef, Ökologisches Bauen, 2005



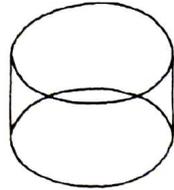
**Abbildung 39:** Der spez. Wärmebedarf des Mehretagen Gebäudes.  
Quelle: Daniel, Klaus, Technologie des Ökologischen Bauens 2005



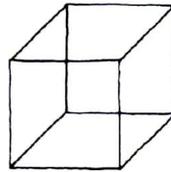
**Abbildung 40:** das Verhältnis zwischen dem Form und dem Wärmebedarf eines Gebäudes, Quelle: Krimmling, Jörn, energieeffiziente Gebäude, 2007



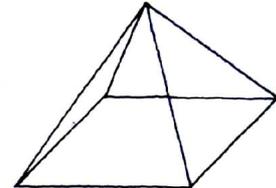
96 %



98 %

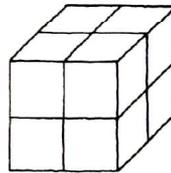


100 %

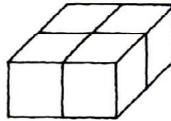


112 %

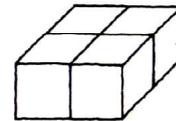
Prozentuale Veränderungen  
des Wärmebedarfs bei ver-  
schiedenen Gebäudetypen  
sowie Auflösung einer insge-  
samt gleichen Baumasse



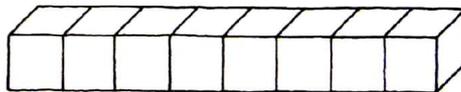
100 %



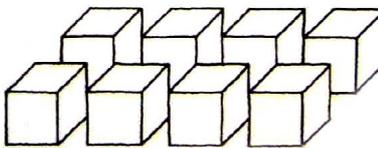
133 %



142 %



200 %



**Abbildung 41:** Darstellung Gebäudeform und Wärmebedarfsverhältnis  
Quelle: Krimmling, Jörn, energieeffiziente Gebäude, 2007

Die Möglichkeiten, das Dach oder die Grundfläche des Gebäudes als nutzbaren äußeren Raum zu gestalten, nehmen dabei vom Äquator aus nach Norden hin ab.  
88

Eine Betrachtung der Seitenverhältnisse (Abb.41) zeigt, dass die langgestreckte Form in niederen Breiten benötigt wird, um die Flächen an Ost – und Westfassaden zu minimieren. Diese Form entwickelt sich langsam zum Verhältnis 1:1 bzw. zur zylindrischen Form in höheren Breiten, um eine möglichst große Fläche für Solargewinne zur Verfügung zu haben.

Die richtige Orientierung des Gebäudes und die Platzierung der Hauptfassaden zeigt Diagramm 2. In Verbindung mit Diagramm 3 zeigt es die richtige Platzierung der Hauptmasse des Gebäudes. (Abb.42, 43)

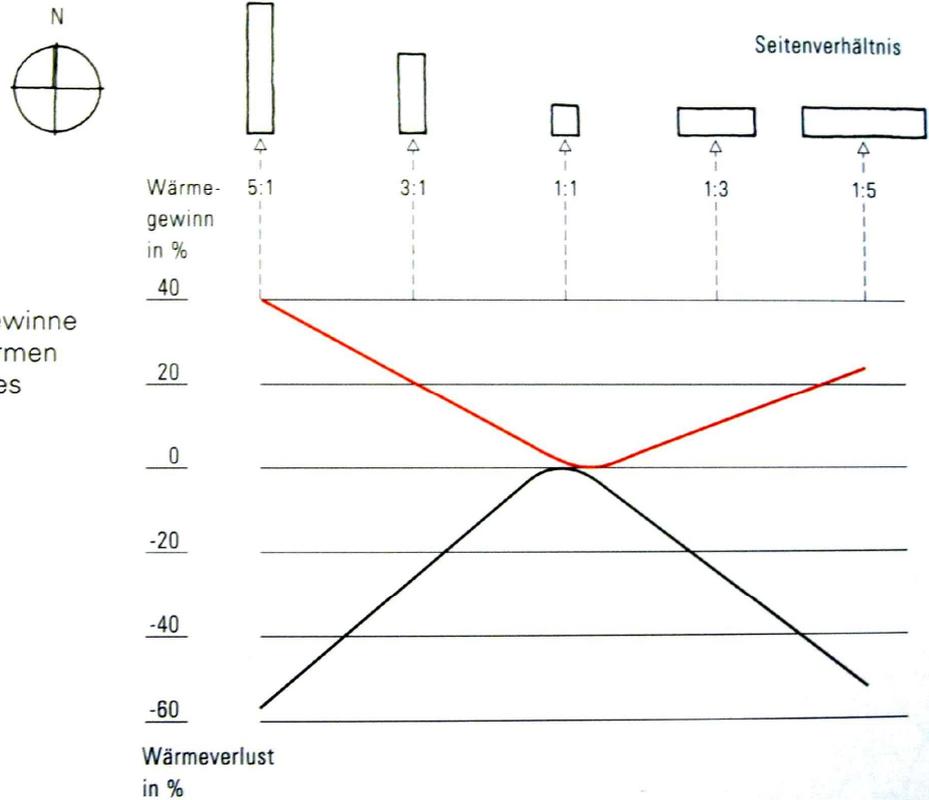
Die Orientierung ist ein wichtiger Faktor in der“ bioklimatischen Planung „, da die Positionierung helfen kann, Wärme im Gebäude zu helfen oder von ihm fernzuhalten.<sup>89</sup>

---

88.Hausladen, Gerhard, Klima Design, S:83

89.Daniels, Klaus, Technologie des ökologischen Bauens, S: 33

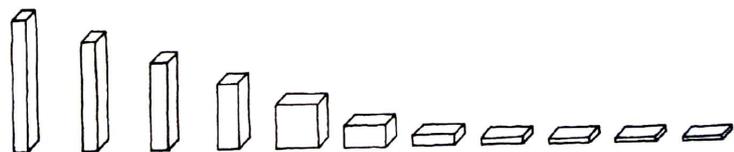
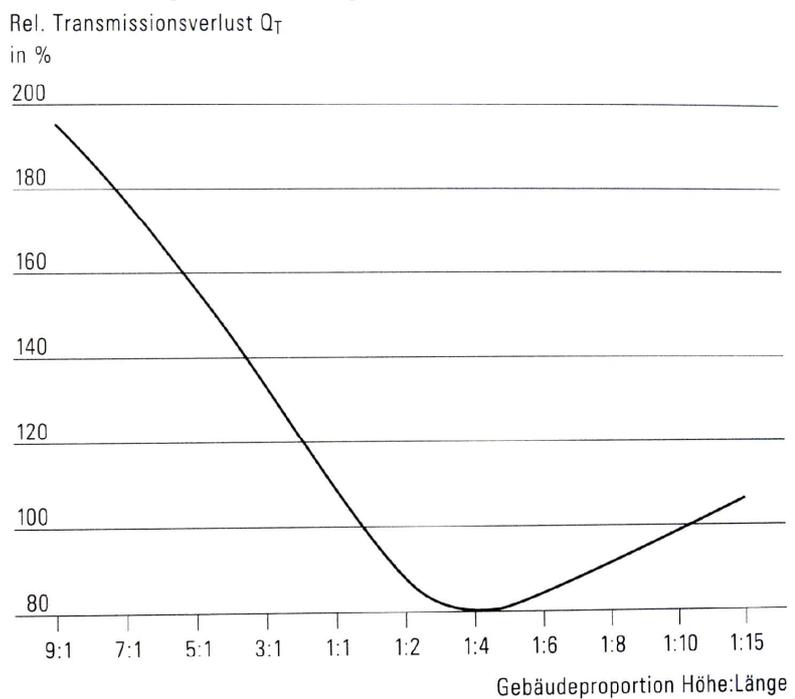
Wärmeverluste und -gewinne durch verschiedene Formen des Gebäudegrundrisses



**Abbildung 42:** Änderung des Wärmegewinns mit verschiedenen Formen  
Quelle: Daniels, Klaus, Technologie des Ökologischen Bauens 2005

Veränderung der Transmissionswärmeverluste in Abhängigkeit der Gebäudeform und des Oberflächen-Volumen-Verhältnisses

$k_{m,K+F} = 1,75 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 $k_D = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 $k_G = 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$



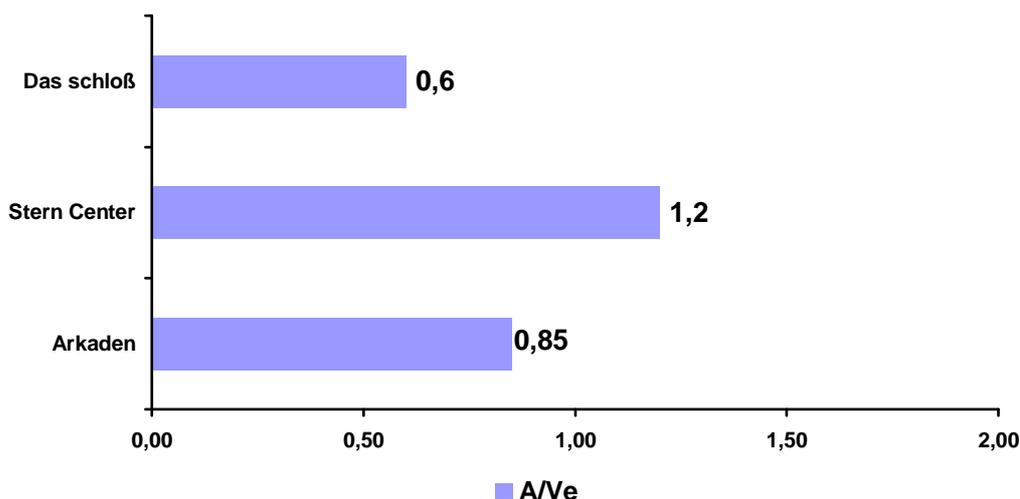
**Abbildung 43:** Änderung der Transmissionswärmeverluste  
Quelle: Daniels, Klaus, Technologie des Ökologischen Bauens 2005

Zugeständnisse werden bisher lediglich in hochinteressanten Citylagen akzeptiert, wo zum Beispiel Läden mit Orientierung nach außen oder Außen-gastronomie vorgesehen werden. Um Einkaufszentren möglichst gut in den öffentlichen Raum zu integrieren, bieten sich folgende Möglichkeiten an:

- der Anschluss der Geschäftspassage an das innerstädtische Wegenetz mit Sicherung von Wegerechten zugunsten der Allgemeinheit,
- die „Einhüllung“ des Gebäudevolumens mit attraktiven Nutzungen (öffentliche Einrichtungen, Dienstleistungen),
- eine offene Gestaltung der Eingangsbereiche als mindestens zweigeschossige Galerie mit großzügig dimensionierten Glasflächen.

Bei Einkaufszentren mit bis zu 600 m langen Außenfronten ist es aller Erfahrung nach kaum möglich, über die ganze Länge attraktive Seiten zu entwickeln. Es sollte deshalb an allen Standorten die Möglichkeiten genutzt werden, die negative Wirkung der Rückseiten durch Einfügung in vorhandene Bebauung oder Orientierung zu Freiräumen zu mildern. Auch wenn mit diesen Maßnahmen im Einzelfall viel für die Integration der Einkaufszentren erreicht werden kann, bleibt die Frage, ob nicht andere städtebauliche Typologien, wie die klassische Passage oder der städtische Hof, einen geeigneten städtebaulichen Typus für den Standort darstellen.<sup>90</sup>

Die A/Ve Werte lassen sich nach der Kalkulierung für die untersuchten Beispiele in den abgebildeten Diagrammen zeigen. (Abb.44)



**Abbildung 44:** Darstellung der Ergebnisse A/Ve Verhältnis des Gebäudes  
Quelle: Verfasser

.....  
90. Daniels, Klaus, Technologie des ökologischen Bauens, S: 33

Für den Indikator 1, lässt sich für den A/Ve Verhältnis des Gebäudes auf der nachfolgenden Skala (Tabelle.11) die Note 3 ablesen für das Beispiel 1 (Arkaden) und die Note 4 auch für das Beispiel 2 (Stern Center), und die Note 2 für das Beispiel 3 (Das Schloss) , was die Ergebnisse für die Untersuchung der Gebäudeform darstellt.



1	2	3	4
$\geq 0,40$	$\geq 0,65$	$\geq 0,85$	$\geq 1,00$

Beispiel 1, Potsdamer Platz Arkaden, Berlin



1	2	3	4
$\geq 0,40$	$\geq 0,65$	$\geq 0,85$	$\geq 1,00$

Beispiel 2, Stern Center, Potsdam



1	2	3	4
$\geq 0,40$	$\geq 0,65$	$\geq 0,85$	$\geq 1,00$

Beispiel 3, Das Schloss, Berlin

1= sehr gut 2= gut 3= Genügend 4= nicht genügend

**Tabelle 11:** Indikator 1, A/Ve Verhältnis.

Quelle: Verfasser

## 4.2. Indikator 2, Transmissionswärmeverluste Koeffizient ( $H_T$ )

Die Transmissionswärmeverluste entstehen aufgrund der Wärmeabgabe des Gebäudes durch die Bauteile an die Außenluft und den Erdboden bzw. an unbeheizte Gebäudeteile.

Die Höhe der Transmissionswärmeverluste hängt von zwei Faktoren ab:

- Wärmedurchgangswert des Bauteils.
- Wärmebrücken.

### 4.2.1. Wärmedurchgangswert U

Der Wärmedurchgangswert U ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ) gibt die spezifischen Transmissionsverluste des Bauteils an, die wiederum von der Wärmeleitfähigkeit der Materialien und deren Schichtdicke plus kleinerer Einflüsse der wandnahen Luftschichten abhängen. Sein Kehrwert gibt den Widerstand, also die Dämmfähigkeit an. Je geringer die Wärmeleitfähigkeit des Materials, desto besser dämmend ist das Material.<sup>92</sup>

Der U-Wert kann durch die Schichtdicke und die Materialeigenschaften beeinflusst werden. Nähere Einzelheiten sind den Grundlagen der Bauphysik zu entnehmen.

Der U-Wert fällt bei zunehmenden Schichten, aber nicht bei Dämmschichtdicken zunächst schnell ab. Der Abfall verringert sich mit weiter zunehmenden Dicken.

Die Dämmfähigkeit wächst nicht mehr entsprechend einer dickeren Dämmschicht. Dämmen lohnt sich bis zu einer Dämmschichtdicke von etwa 40 cm.

Der U-Wert definiert die Wärmemenge, die bei einer Temperaturdifferenz von 1 Kelvin durch einen Quadratmeter eines Bauteils fließt. Er berechnet sich aus der Summe der Wärmedurchlasswiderstände der Bauteilschichten und den Wärmeübergangswiderständen nach folgender Formel:

$$U = 1 / (1 / R_{si} + \sum 1 / (\lambda_i * d_i) + 1 / R_{se}) \quad [\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$$

Wird der U-Wert mit der Fläche des Bauteils und mit der Temperaturdifferenz zwischen Außen- und Innentemperatur multipliziert, erhält man den mittleren Wärmestrom. Über einen Zeitintervall betrachtet ergibt sich der Transmissionswärmeverlust.

Die Höhe passiver Solargewinne durch Fenster wird durch den Fensterflächenanteil und den Energiedurchlassgrad (g-Wert in %) der Fenster bestimmt. Fenster mit einem g-Wert von mindestens 50% und einem U-Wert  $\leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  haben eine positive Gesamtbilanz, das heißt dass im Mittel des Kernwinters mehr Wärme gewonnen wird als an Heizwärme durch sie verloren geht. Der g-Wert eines Fensters sinkt zwar deutlich durch den Einsatz.

---

91. Diederichs, Claus, Jürgen, Entwicklung eines Bewertungssystems, 2001, S:87

#### 4.2.2. Wärmebrücken

Wärmebrücken sind örtliche Schwachstellen in den gedämmten Gebäudehüllen. An einer Wärmebrücke ist die Raumseitige Oberfläche wesentlich kälter als das Bauteil in der Fläche. Durch Wärmebrücken entstehen einerseits zusätzliche Wärmeverluste, andererseits sind sie – aufgrund ihrer niedrigen Oberflächentemperatur – oft eine Ursache für Bauschäden, da sich an ihnen Tauwasser niederschlägt und in der Folge z.B. Schimmelpilzbildung auftreten kann.<sup>92</sup> (Abb.45, 46)

Wärmebrücken entstehen oft im Bereich von Bauteilanschlüssen. Man unterscheidet geometrische und materialbedingte Wärmebrücken. Geometrische Wärmebrücken liegen vor, wenn die äußere Oberfläche wesentlich größer ist als die innere Oberfläche (z.B. Baek).

Die Verluste sind meist größer als es ihren geometrischen Maßen entspricht, da aus der Umgebung die Wärme mehrdimensional einfließt. Ein Materialbedingter Wärmebrücke liegt vor, wenn Bauteile nicht in die Dämmung eingebettet sind.<sup>93</sup>

Typische Wärmebrücken sind unzureichend gedämmte Stirnseiten von Geschossdecken, von Fensterstürzen, schlecht gedämmte Rollladenkästen und Befestigungsteile aus Metall. Wärmebrücken können mit Thermografie – Aufnahmen sichtbar gemacht werden. Über Wärmebrücken-Tabellen können sie rechnerisch erfasst werden.

Durch sorgfältige Planung lassen sich Wärmebrücken minimieren, Wärme sollte möglichst nur eindimensional und nicht zwei –oder dreidimensional abfließen können. Die Flanken sind abzudämmen (z.B. Leibungen), damit der Wärmeabfluss nur in eine Richtung geschieht.<sup>94</sup>

In Gebäuden mit sehr gut gedämmten Bauteilen kann im ungünstigsten Fall der Anteil der zusätzlichen Wärmeverluste auf Grund von Wärmebrücken 20% bis 40% erreichen. Typische U-Werte in der (Abb.46-a), die Wärmebrücken sind:

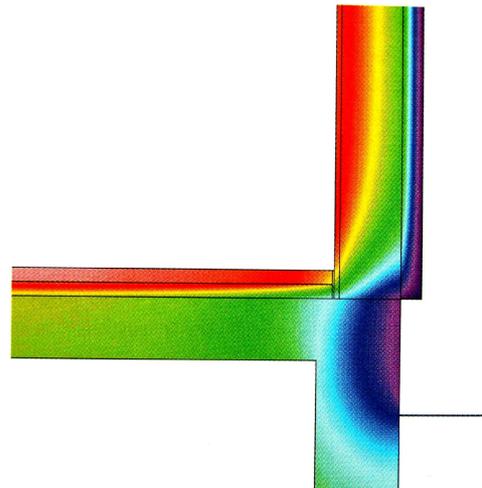
- Wandecken (Außenwand),
- Einbindung von Innenwänden in die Außenwände,
- auskragende Bauteile, z.B. Balkonplatten,
- Übergang von Fundament bzw. Bodenplatte zu den Außenwänden und Einbindung von Kellerwänden (unbeheizter Keller) in die Kellerdecke,
- Anschlüsse von Fenstern und Türen, Stürze und Fensterlaibung,
- Übergänge Außenwand bzw. oberste Geschossdecke zum Dach u.a.m. und

92. Hausladen, Gerhard, Klima Design, S:85

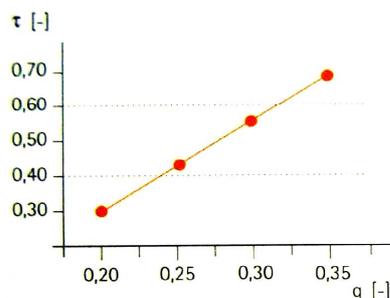
93. Glücklich, Detlef, Ökologisches Bauen, 2005

94. Diederichs, Claus, Jürgen, Entwicklung eines Bewertungssystems, 2001, S:90

**Abbildung 45:** Wärmebrücken durch die Außenwände.  
Quelle: Müller. Die aktive Fassade, 1999



**Lichtdurchlässigkeit  $\tau$  in Abhängigkeit vom Gesamenergiedurchlassgrad  $g$**



**Abbildung 46:** Luftdichtheit  
Quelle: Müller. Die aktive Fassade

**Tab. 5.1.3** Typische Werte verschiedener Funktionsgläser  
Wärmedurchgangskoeffizient gesamt  $U_g$ , Gesamenergiedurchlassgrad  $g$ , Lichtdurchlässigkeit  $\tau$  und Schalldämm-Maß  $R_w$

	$U_g$ [W/m <sup>2</sup> K]	$g$ [-]	$\tau$ [-]	$R_w$ [dB]
2-Scheiben WSV	bis 1,1	0,55–0,65	0,8	30–31
3-Scheiben WSV	bis 0,5	0,5	0,7	32
Sonnenschutzglas	bis 1,1	0,3–0,45	0,4–0,7	34
Schallschutzglas	bis 1,1	0,5–0,65	0,7–0,8	36–50

**Abbildung 46-a** Typische U-Werte  
Quelle: Müller. Die aktive Fassade, 1999

#### 4.2.2. Wärmespeichervermögen

Die Fassade dient in der Regel als vertikales Element der Gebäudehülle zur Abgrenzung von Außen- und Innenraum. Ihre Aufgabe ist damit nach Außen und Innen gerichtet, sowohl geometrisch/ architektonisch als Raumbildendes Teil für die Straßen, Plätze oder auch Höfe sowie Innenzonen von –Gebäuden als auch physikalisch als Klimabestimmende Membrane. Während der Klimafaktor in früheren Zeiten ausschließlich auf den Schutz des Menschen im Innenraum bezogen wurde, erkennen wir heute zunehmend seine Außenwirkungen auf das örtliche Mikroklima sowie indirekt auf den globalen Schutz des Lebens durch die Erdatmosphäre.

Die bedrohliche Konzentration von Treibhausgasen und Abnahme von Ozon in der Stratosphäre sind (hausgemacht), wie Helmut F. O. Müller meint.<sup>95</sup>

95. Müller, Die Aktive Fassade, 1999, S:42

Die Einkaufszentren sind in der Regel als Stahlbetonrasterskelettbau oder nur Stahl konstruiert, der nach Bedarf der Nutzung aufgeteilt wird. „Eingepackt“ wird das Ganze von Dach und Fassade, vor allem die Fassade hat dabei – und ganz anderes als andere Gebäuden-Typen – unterschiedliche Funktionen zu erfüllen:

- Raumbildung und Gestaltung
- Ausblick und Einblick
- Sommerlicher und winterlicher Wärmeschutz
- Natürliche Belichtung
- Solarenergienutzug
- Be- und Entlüftung
- Schallschutz

Die Form des Gebäudes stellt die komplexe Interaktion des Raums mit der Konstruktion, Installation und der Außenwelt dar. In der Vergangenheit hatte man eine relative einfache Lösung für die komplexe Situation. Das Gebäude wurde abgekapselt. Lediglich hinaus und hinein sehen konnte man noch. Und die Architekten haben verschiedene Theorien in ihren Gebäuden realisiert, besonderes mit den Fenstern: manchmal ganz ohne Fenster als Betonfassade mit Lichthof und manchmal eine Glasfassade, die das gesamte Gebäude überdeckt, mit sehr unterschiedlichen Auswirkungen auf den Ökosystem des Gebäudes.

Der mittlere Teil der Fassade dient eigentlich dem unmittelbaren Blickkontakt nach außen. Die Ware im Schaufenster wird gut ausgeleuchtet, Solarenergie wird gewonnen. Mit einem beweglichen Lüftungsflügel hat das Gebäude direktem Kontakt nach außen, nicht nur im Erdgeschoss, sondern auch bei mehreren Geschosse das realisiert wird.

Der untere Brüstungsteil kann zur Raumausleuchtung kaum beitragen, und besonders bei der Fassade, die kein Schaufenster ist. Allerdings muss mit einer Teilverglasung zur passiven Solarenergiegewinnung die Überhitzung befürchtet werden.

Eine niedrige Brüstung in dieser Situation erlaubt den großzügigen Blickkontakt zum Außenraum, ist ein Ansatz zum Blickschutz für Innen und kann zur Installationsführung entlang der Fassade genutzt werden. <sup>96</sup>

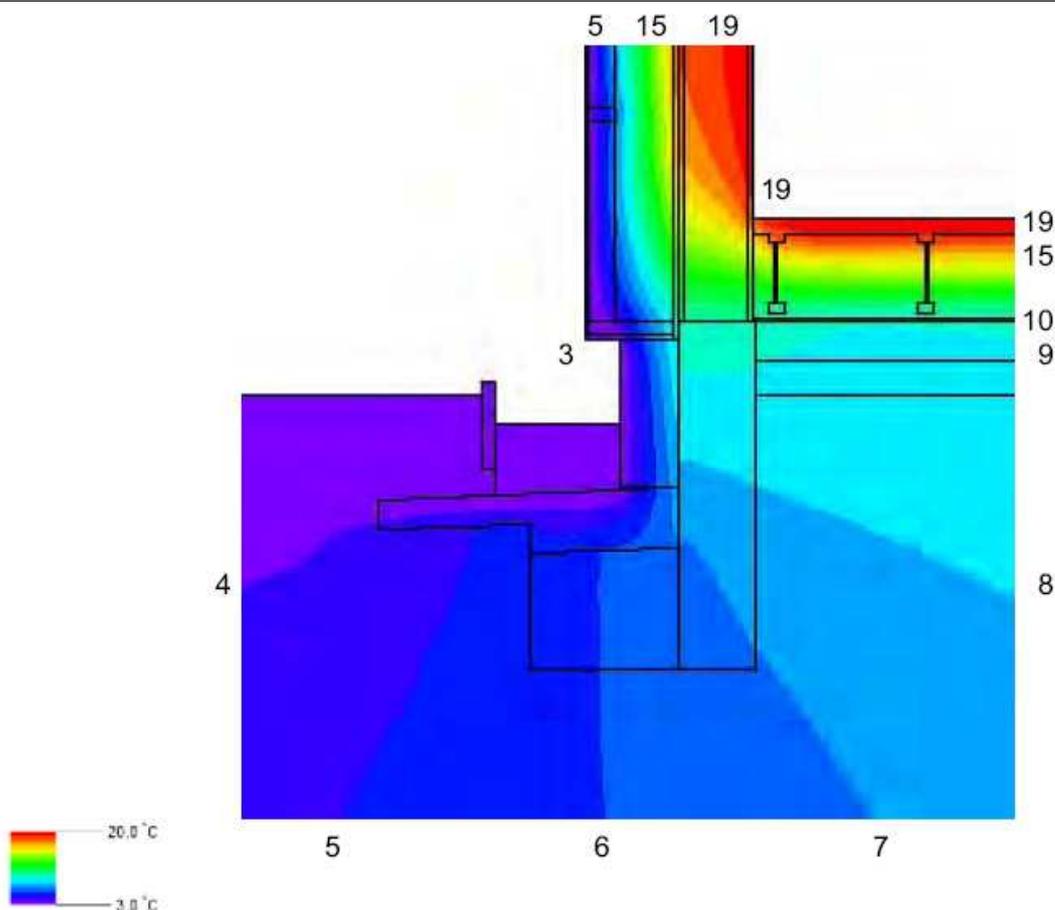
---

96. Glücklich, Detlef, ökologisches Bauen, 2005, S:63

Das Oberlicht lässt günstig Raumluft entweichen und bringt Sonnenlicht und -energie tief in den Raum. Möglicherweise muss mit einem Lichtlenksystem die direkte Sonnenstrahlung im Sommer vermieden werden.

Denn nun kann man vielfältig variieren und die unterschiedlichen Anforderungen auf einen Nenner bringen, kann Dimensionen ändern, Zonen verschmelzen, Lüftungsvarianten studieren, Glas durch opake Teile ersetzen, unterschiedliche Verglasungsarten wählen, verschiedene Anforderungen für den Blendenschutz und Sonnenschutz studieren, Rankgittern vorsetzen und auch Doppelfassade prüfen. Wahrscheinlich wird man der inneren Doppelfassade den Vorzug geben, mit der thermischen Ebene außen und geschosshohem Ausblick und Kontakt. Denn sie lässt innen einen temporären Nutzraum entstehen – den kleinen Wintergarten, den man mit leichten Elementen je nach Bedarf schließen kann, wenn es Kälte, Hitze, Lärm, oder auch die Privatsphäre erfordert. (Abb.47)

Die Fassade kann zudem gestaltet werden. Mit vielen individuellen Lösungen, die auch den Bauphysikalischen Anforderungen gerechnet werden.<sup>97</sup>



Ausführungsbeispiel: 24cm hochdämmende Sockeldämmung mit horizontalem Frostschirm

**Abbildung 47:** Wärmedämmung einer Außenwand

Quelle: Benecke, Georg, 2008

97. Glücklich, Detlef, Ökologisches Bauen, 2005, S:65

### 4.2.3. Die technische Ausstattung

Die Fassaden – transparente und opake Teile- in unserem Beispiel sind für über 150 kWh/(m<sup>2</sup>a) Heizwärmebedarf verantwortlich. Und bei einer Wärmetechnischen Ausstattung sind die Einsparpotenziale aufgezeigt werden, die eine Reduzierung im Fassadenbereich auf gerade noch 30% bedeutet. Insgesamt lassen sich somit 72% des Heizwärmebedarfes einsparen oder absolut 235 kWh/m<sup>2</sup>a. bewertet man diese Einsparung betriebskostentechnisch, so ergibt dies selbst bei einer konservativen Betrachtung von 0,1 €/kWh eine absolute Wärmekosteneinsparung.

Außenfassadenteile haben entscheidenden Einfluss auf die operative Temperatur und somit auf den thermischen Komfort aus drei Gründen:

1. der Wärmedurchgangskoeffizient (k-Wert) der Verglasung ist meist erheblich schlechter als derjenige der angrenzenden Bauteile. Der k-Wert kann vor allem im Winter zum Problem werden. So beobachtet man beispielsweise bei einer Außentemperatur von -10°C und einer Wärmeschutzverglasung mit 1,8 W/m<sup>2</sup>K eine Oberflächentemperatur von weniger als 13°C. bei großer Verglasungsfläche wird die empfundene Temperatur umso geringer, je näher sich der Nutzer an der Verglasung befindet. Das ist damit zu erklären, dass die kalte Oberfläche deutlich weniger IR- Strahlung in Richtung der Person sendet als die anderen Flächen.
2. die Verglasung erwärmt sich bei Sonneneinstrahlung auf hohe Oberflächentemperaturen. Dieser Effekt ist bei Absorptionssonnenschutzgläsern besonders stark, aber auch Wärmeschutzglas oder ein innen liegender Sonnenschutz können sich sehr stark erwärmen, was wegen der dadurch erhöhten Abstrahlung von Wärme als sehr unangenehm empfunden wird. Oberflächentemperaturen von 40 bis 50 °C sind keine Seltenheit.
3. wegen der durch transparente Öffnungen einfallenden Sonnenstrahlung werden direkt besonnte Wände und der Fußboden bei leichter Bauweise warm, was wie eine Strahlungsheizung wirkt und damit im Sommer zu Komfortproblemen führt. Noch schwieriger wird die Situation, wenn eine Person im Raum von direkter Sonnenstrahlung getroffen wird: dann kommt zu der normalen Wärmeproduktion des Körpers die zum Teil absorbierte Strahlungsleistung dazu. Beides muss über die oben beschriebenen Mechanismen an die Umgebung abgegeben werden, was sich sehr stark auf den PMV auswirkt.

Dem Raumwinkel, unter den eine Glasfassade von verschiedenen Positionen im Raum aus gesehen wird, kommt entscheidende Bedeutung zu. In unmittelbarer Nähe zu einer großflächigen Verglasung ist der zugehörige Raumwinkel und somit der Einfluss der Oberflächentemperatur auf die empfundene Raumtemperatur (also die operative) sehr groß, in der Tiefe des Raumes gilt das aber nicht mehr. Dabei wurde eine voll verglaste Fassade mit 4 m Breite und 2,5 m Höhe angenommen, eine Raumentiefe von 5 m, eine

Oberflächentemperatur der Verglasung von 13°C. die Temperatur der Raumluft und die aller anderen Raumbegrenzungsflächen betragen 22°C. Die Strahlungstemperatur ist im Fassadenbereich ca. 2,5 k niedriger als in der Raumtiefe, was den PMV stark verschlechtert. Die Strahlungsasymmetrie liegt mit 9 k nur knapp unter der Grenze zur Unbehaglichkeit. (Tabelle.12, 13)

Ein entsprechender Zusammenhang gilt natürlich auch für den Einfluss der Glasoberflächentemperatur im Sommer, die Strahlungsasymmetrie wird zwar schwächer gewertet als im Winter, aber die Erhöhung der empfundenen Temperatur und die Abschwächung dieses Effektes mit zunehmender Raumtiefe sind gleich.<sup>98</sup>

Bauteil	Symbol	Wärmedurchgangskoeffizient U in W/(m <sup>2</sup> ·K)			
		Altbestand	EnEV 2002	Richtwerte NEH	Reale Werte [11]
Außenwand	U <sub>AW</sub>	0,6 - 2,0	0,35 - 0,45	≤ 0,3	0,12 - 0,15
Dach	U <sub>D</sub>	0,8 - 4,0	0,25 - 0,3	≤ 0,2	0,13
Oberste Geschossdecke	U <sub>OG</sub>	0,9 - 3,0	0,4 - 0,5	≤ 0,2	0,1 - 0,14
Kellerdecke	U <sub>KD</sub>	1,0 - 1,2	0,4 - 0,5	≤ 0,4	0,18 - 0,24
Fenster	U <sub>w</sub>	2,5 - 5,0	1,7	≤ 1,4	0,7 - 0,9

**Tabelle 12:** U-Werte verschiedener Bauteile  
Quelle: Müller. Die aktive Fassade, 1999

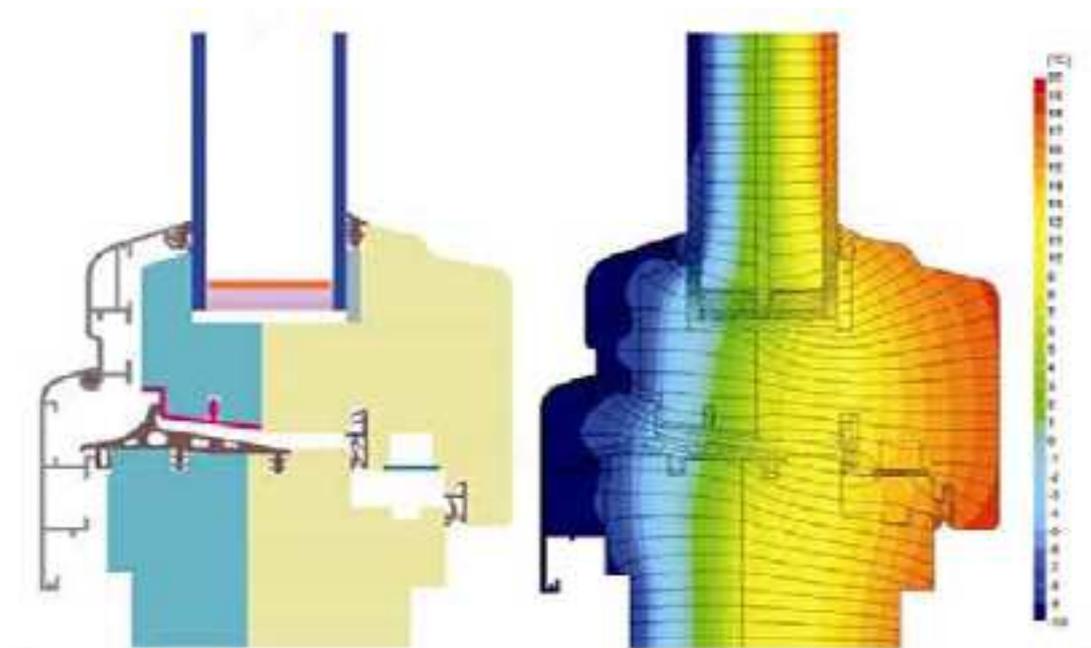
Bauteil	Dimension	Dämmstoffdicken/ Wärmedurchgangskoeffizient	
		Standard	Zielwert
Außenwand	cm	0 - 10	16 - 24
Dach	cm	10 - 16	25 - 30
Oberste Geschossdecke	cm	10 - 16	25 - 30
Kellerdecke	cm	0 - 8	10 - 20
Fenster	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1,4 - 1,7	≤ 0,8

**Tabelle 13:** Dämmstoffdicken verschiedener Bauteile.  
Quelle: Müller. Die aktive Fassade, 1999

.....  
98. Oswald, Gudrun, Ökologische Bewertung im Holzwohnbau, 2003. S: 129

Aktive Fassaden erfordern deswegen funktionspezifische Teile, die für Wärmeschutz, Lufttransport, Beleuchtung, Photovoltaik dargestellt werden.<sup>99</sup>

Und wird natürlich das Zusammenspiel der Einzelteile die Gesamtfunktion der Fassade und des Gebäudes als Einheit sicherstellen. (Abb.48)



**Abbildung 48:** Schnitt in Doppelglas-Fenster

Quelle: Müller. Die aktive Fassade, 1999

Die Fassade steht mit den anderen Teilen der Gebäudehülle (Dach, Boden) sowie mit den Raum bildenden Innenbauteilen (Decke, Trennwand) in Interaktion.

---

99. Die Aktive Fassade, 1999, S:42

Ferner ist das Zusammenwirken der technischen Gebäudeausrüstung zu berücksichtigen. Heizung, Kühlung, Lüftung, und Beleuchtung müssen Aufgaben übernehmen, die von der Fassade nicht vollständig oder zeitweise nicht geleistet werden können. Das Nervensystem des Gebäudes muss diese Teile miteinander verknüpfen und sinnvoll koordinieren. Die heutige Steuerungs- und Regelungstechnik eröffnet hier dezentraler und zentraler Gebäudeleittechnik neue Möglichkeiten, so wie im Lüftungsbereich die fassadenintegrierte Lüftungsgeräte. Es wird keine Entweder- oder -Lösung geben, nicht das zentralisierte System mit gleichgeschalteten Einzelräumen und nicht das ausschließlich dezentrale System mit autonomen und unkoordiniert addierten Raumzellen. Aber die Verteilung von Funktionen in zentrale und dezentrale Positionen muss überdacht werden.

Die gesamte Energie- und Medienversorgung erfolgt dezentral über die Fassade unter Einbeziehung thermischer und photovoltaischer Solarnutzung. Eine Fassadenentwicklung, welche alle Anlagen für die Raumkonditionierung (Wärme, Kälte, Luft und Licht) dezentral auf kleinstem Raum in einer Doppelfassade integriert und zugleich große Freiräume für die Fassadengestaltung bietet.

Da Gebäude geometrische Gebilde sind, ist die Richtungsabhängigkeit bestimmter Funktionen von Bedeutung für den Entwurf. Sonnenstrahlung, Wind und Lärm sind zum Beispiel solche gerichtete Faktoren, die entsprechend funktionsdifferenzierte Fassaden in Abhängigkeit von der Ausrichtung erfordern. (Abb.49, 50)

Aktive Fassaden zeigen also eine Richtungsspezifische Differenzierung. Mit aktiven Fassaden die Veränderungen des Außenklimas, auch wenn sie sprunghaft sind oder mit umkehr (Druck, Sog) oder Richtung (Wärmestrom) verbunden sind. Müssen von der Fassade nicht vollständig und zeitgleich eliminiert werden. Durch geleitete Klimaschwankungen sind im Innenraum in gedämpfter Form sogar willkommen zum Beispiel die Tageslichtabhängigkeit Helligkeitsschwankungen.<sup>100</sup>

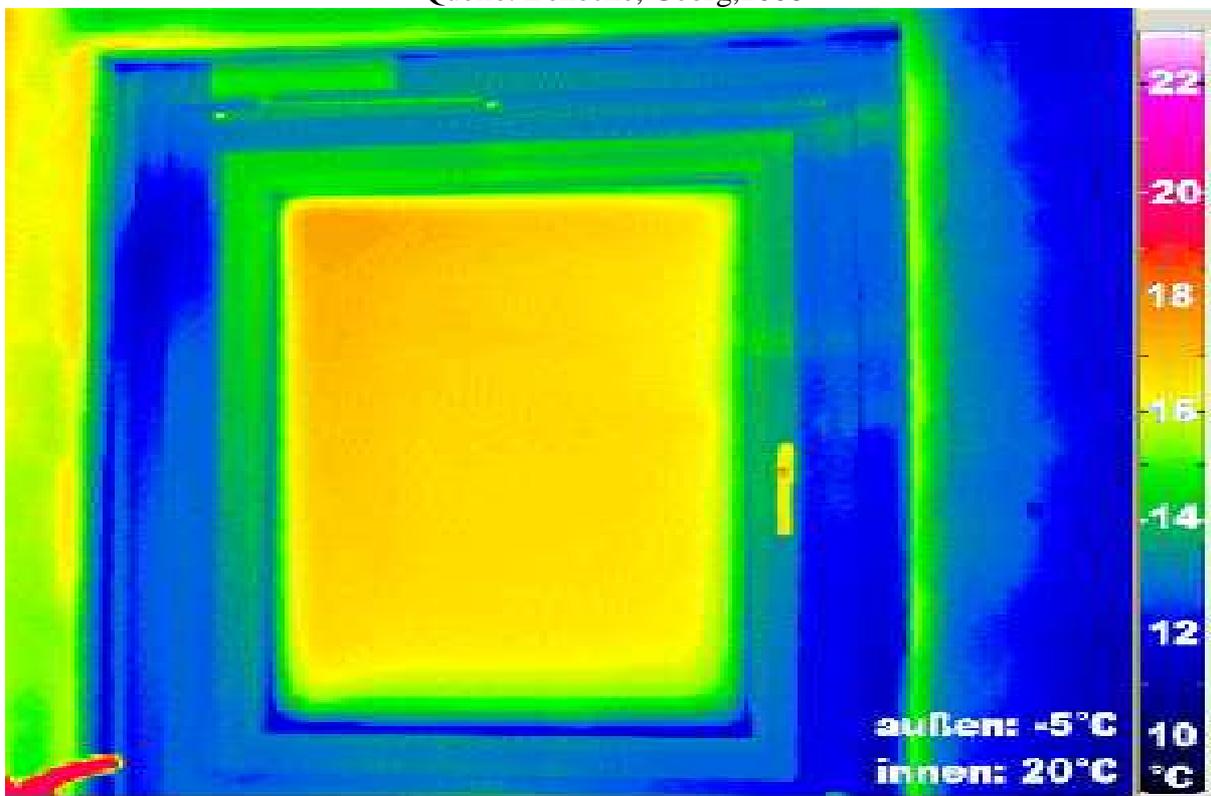
Die Dynamik von Speichervorgängen muss nicht immer der Fassade übertragen, sondern kann auch Innenbauteilen überlassen werden. Das Beispiel Arkaden am Potsdamer Platz mit leichter, gläserner Mikroklimahülle zeigt, (Abb.51 und die Tabelle.14), dass eine sprunghafte Änderung der Sonneneinstrahlung oder der Außentemperatur allein durch die Speicherfähigkeiten von Boden, Wasserbecken und Einbauten sowie durch die Größe des Raumvolumens in der Weise gedämpft wird, das erst nach drei Stunden 70 % der Temperaturänderung im Innenraum erreicht sind.

---

100. Die Aktive Fassade, 1999, S:42



**Abbildung 49:** Thermografische Aufnahmen ( $T_e = -5^\circ\text{C}$ ,  $T_i = +20^\circ\text{C}$ )  
 Quelle: Benecke, Georg, 2008

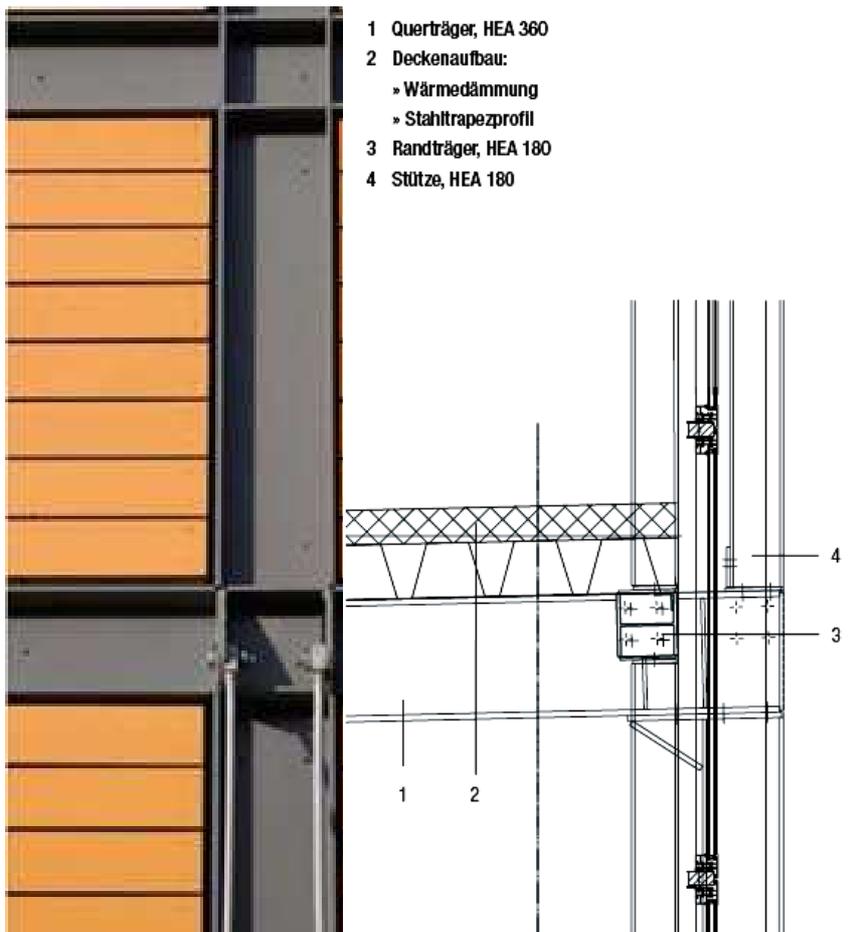


**Abbildung 50:** Konventionelle Fenstertür mit 2-fach-WS-Glas, Innenansicht  
 Quelle: Benecke, Georg, 2008

Objekt: Arkaden, Potsdamer Platz

1 AW mit SF (statisch)							
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						Wärmeübergangswiderstand [m <sup>2</sup> K/W]	
						innen R <sub>s</sub>	0,14
						außen R <sub>s</sub>	0,07
Teilfläche 1	λ [W/mK]	Teilfläche 2 (optional)	λ [W/mK]	Teilfläche 3 (optional)	λ [W/mK]	Summe Breite	
						Dicke [mm]	
1 Putz	0,900					60	
2 Schlackenbeton	0,567					300	
3 Ausgleichsdämmung	0,040					60	
4 Rückwand OSB (Luftdicht)	0,130					16	
5 Paneeldämmung	0,040		0,130			100	
5 Paneeldämmung	0,040		0,130			30	
6 Paneelrückwand	0,130					4	
7 Luftschicht	0,070					31	
8 Solarwabe	0,080					50	
						Flächenanteil Teilfläche 2	10,0%
						Flächenanteil Teilfläche 3	
						Summe	65,1 cm
						U-Wert:	0,28 W/(m <sup>2</sup> K)

**Tabelle 14:** Rechnung des U-Werts Arkaden, Potsdamer Platz  
Quelle: Verfasser



**Abbildung 51:** Details der Fassade, Potsdamer Platz Arkaden  
Quelle: Müller. Die aktive Fassade, 1999

Objekt: Stern Center

1 AW mit SF (statisch)							
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						Wärmeübergangswiderstand [m <sup>2</sup> K/W]	
						innen R <sub>si</sub>	0,14
						außen R <sub>se</sub>	0,07
Teilfläche 1	λ [W/mK]	Teilfläche 2 (optional)	λ [W/mK]	Teilfläche 3 (optional)	λ [W/mK]	Summe Breite	
						Dicke [mm]	
1 Putz	0,900					60	
2 Schlackenbeton	0,567					300	
3 Ausgleichsdämmung	0,040					60	
4 Rückwand OSB (Luftdicht)	0,130					16	
5 Paneeldämmung	0,040		0,130			100	
5 Paneeldämmung	0,040		0,130			30	
6 Paneelrückwand	0,130					4	
7 Luftschicht	0,070					31	
8 Solarwabe	0,080					50	
						Flächenanteil Teilfläche 2	10,0%
						Flächenanteil Teilfläche 3	
						Summe	65,1 cm
						U-Wert:	0,128 W/(m <sup>2</sup> K)

**Tabelle 15:** Rechnung des U-Werts einer Außenwand, Stern Center, Potsdam  
Quelle: Verfasser

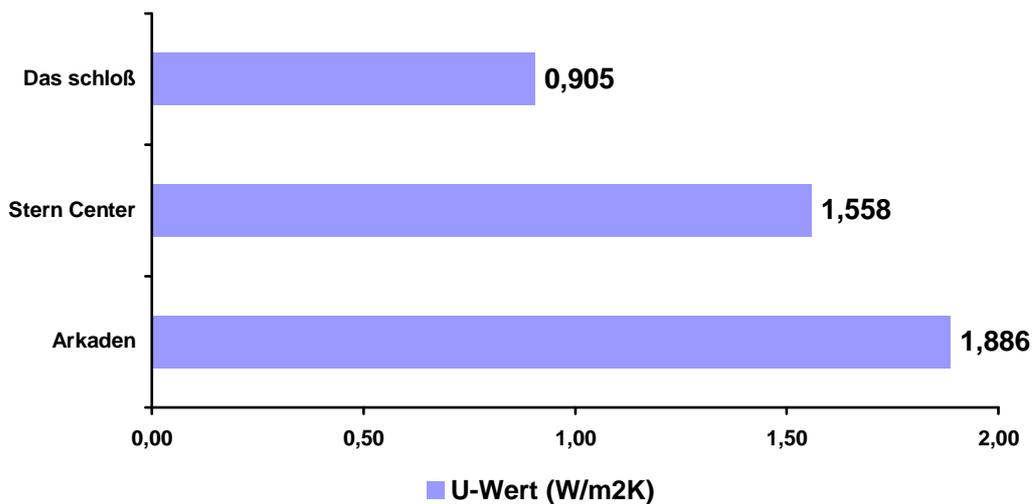
Objekt: Das Schloss, Schloß Straße

1 AW mit SF (statisch)							
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						Wärmeübergangswiderstand [m <sup>2</sup> K/W]	
						innen R <sub>si</sub>	0,14
						außen R <sub>se</sub>	0,07
Teilfläche 1	λ [W/mK]	Teilfläche 2 (optional)	λ [W/mK]	Teilfläche 3 (optional)	λ [W/mK]	Summe Breite	
						Dicke [mm]	
1 Putz	0,900					60	
2 Schlackenbeton	0,567					300	
3 Ausgleichsdämmung	0,040					60	
4 Rückwand OSB (Luftdicht)	0,130					16	
5 Paneeldämmung	0,040		0,130			100	
5 Paneeldämmung	0,040		0,130			30	
6 Paneelrückwand	0,130					4	
7 Luftschicht	0,070					31	
8 Solarwabe	0,080					50	
						Flächenanteil Teilfläche 2	10,0%
						Flächenanteil Teilfläche 3	
						Summe	45,1 cm
						U-Wert:	0,129 W/(m <sup>2</sup> K)

**Tabelle 16:** Rechnung des U-Werts einer Außenwand „Das Schloss, Berlin.  
Quelle: Verfasser

U-Wert	Arkaden	Stern Center	Das Schloss
Außenwand	0,28 W/(m <sup>2</sup> K)	0,128 W/(m <sup>2</sup> K)	0,129 W/(m <sup>2</sup> K)
Dach	1,552 W/(m <sup>2</sup> K)	1,6 W/(m <sup>2</sup> K)	1,129 W/(m <sup>2</sup> K)
Fenster	1,99 W/(m <sup>2</sup> K)	1,54 W/(m <sup>2</sup> K)	1,15 W/(m <sup>2</sup> K)
Gebäude	1,886 W/(m <sup>2</sup> K)	1,558 W/(m <sup>2</sup> K)	0,905 W/(m <sup>2</sup> K)

**Tabelle 17:** Darstellung des U-Werts des Baukörpers der untersuchte Beispiele  
Quelle: Verfasser



**Abbildung 52:** Darstellung der Ergebnisse U-Wert(W/m<sup>2</sup>K)  
Quelle: Verfasser

Für den Indikator 2, lässt sich die Ergebnisse die Note 4 für das Beispiel 1 (Arkaden), und die Note 3 für das Beispiel 2 (Stern Center), und die Note 2 für das Beispiel 3 (Das Schloss) ergeben. (Abb.52) und die (Tabelle.15, 16, 17, 18)



1	2	3	4
$\geq 0,525 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\geq 1,115 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\geq 1,5565 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\geq 1,885 \text{ W/m}^2\text{K}$

Beispiel 1, Potsdamer Platz Arkaden, Berlin



1	2	3	4
$\geq 0,525 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\geq 1,115 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\geq 1,556 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\geq 1,885 \text{ W/m}^2\text{K}$

Beispiel 2, Stern Center, Potsdam



1	2	3	4
$\geq 0,525 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\geq 1,115 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\geq 1,556 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\geq 1,885 \text{ W/m}^2\text{K}$

Beispiel 3, Das Schloss, Berlin

1= sehr gut 2= gut 3= Genügend 4= nicht genügend

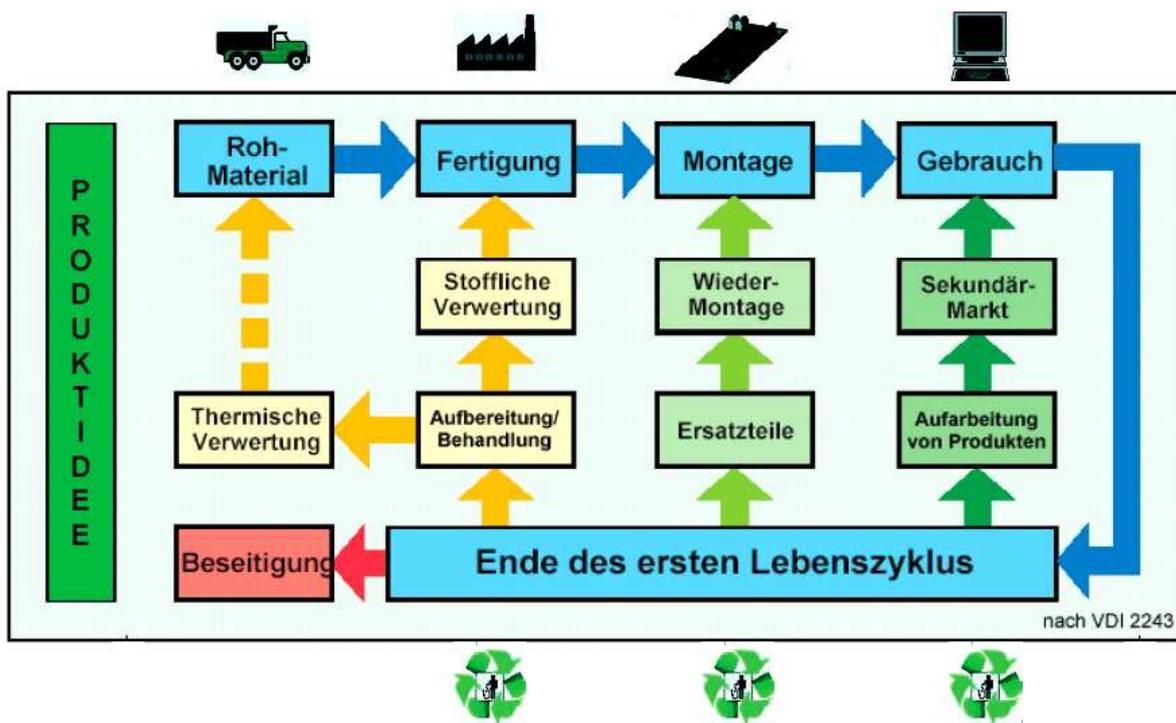
**Tabelle 18:** Indikator 2; Transmissionswärmeverlust Koeffizient  $H_T$

Quelle: Verfasser

### 4.3. Indikator 3, Total Material Requirement (TMR)

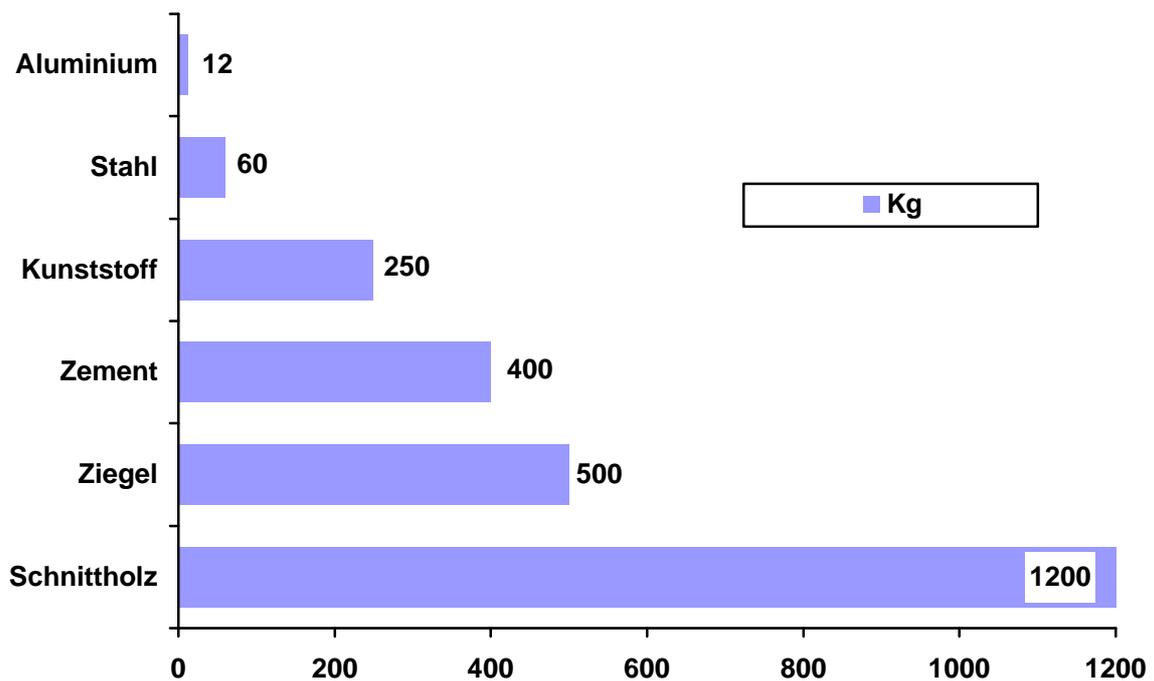
Der Indikator Total Material Requirement (TMR) basiert auf der Berechnung der Umweltinanspruchnahme nach dem MIPS-Konzept (vgl. Kap. 4.4.2). Dazu werden die beiden MIPS-Konzept-Kategorien abiotische und biotische Rohmaterialien inkl. Erosion zu dem Indikator TMR zusammengezogen. Dieser Indikator wird mittlerweile in vielen Regionen und Ländern angewendet und stellt eine anerkannte Größe der nationalen und internationalen statistischen Ämter dar. Darüber hinaus kommt der TMR als eine ökologische politische Zielvorgabe zunehmend zum Einsatz. (Abb.53)

Auf der Ebene der ökologischen Betrachtung von Einkaufszentren wurde der Indikator bisher noch nicht verwendet. Die vorliegende Arbeit soll dazu beitragen, den Indikator in Zukunft auch in diesem Anwendungsgebiet einsetzen zu können, indem erste Referenzgrößen ermittelt werden.



**Abbildung 53:** Lebenszyklus der Baumaterialien

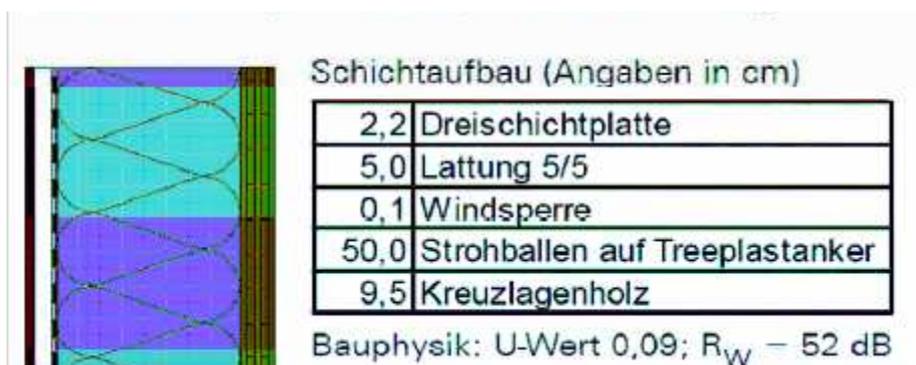
Quelle: Wallbaum, Nachhaltiges Bauen, 2007



**Abbildung 54:** Herstellbare Baustoffmengen aus 1000 kWh Energie

1200 kg Schnittholz - 1000 kWh - 12 kg Aluminium

Quelle: Diederichs, Claus, Jürgen, 2007



**Abbildung 55:** Schichtaufbau einer Dämmung

Quelle: Diederichs, Claus, Jürgen, 2007

### 4.3.1. Baustoffauswahl.

Mit den Anforderungen an einem Konkreten Einbauort sind bestimmte Eigenschaften der Baustoffe schon vorgegeben, die hier nicht genauer betrachtet werden. Zusätzliche, spezielle Baustoffeigenschaften erlauben an dieser Stelle den Vergleich und die Bewertung.

Für eine erfolgreiche Materialenauswahl muss zuerst eine gute Vergleichsmethode gefunden werden, und dafür Vergleichsebenen geschaffen werden, wobei festen Größen mit den Anforderungen an die Konstruktion und das Gebäude bestimmt werden:

- Einhalten der statischen Anforderungen, z.B. bei tragenden Wänden, die durch Variation der Materialfestigkeit der Baustoffe verbessert werden kann.
- Einhalten des Brandschutzes, der durch Verwendung von zum Beispiel Flamschutzmitteln bei Naturdämmstoffen erreicht werden kann.
- Einhalten des Schallschutzes, welcher zum Beispiel für die Luftschalldämmung durch Auswahl von Baustoffen mit höherer Dichte gewährleistet wird.

Mit der Variabilität von Materialfestigkeit, Stoffdichte, Diffusionswiderstand, spezieller Wärmekapazität usw. können bestimmte Anforderungen mehr oder weniger erfüllt werden. Sie sind variierbar durch unterschiedliche Materialzusammensetzungen, beispielsweise durch Porosieren, Imprägnieren o. ä. messbare Indikatoren bei Baustoffen sind TMR (total material Requirement) GWP (Global Warming Potential).

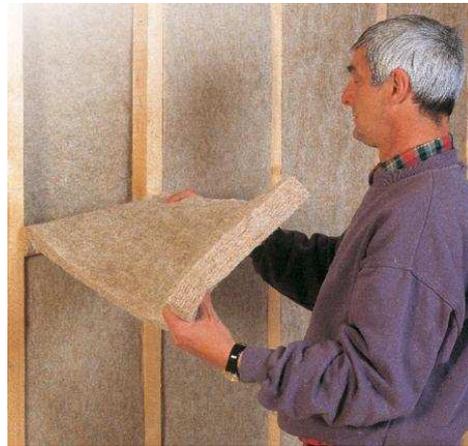
Eine sinnvolle Methode, den Primärenergieinhalts von Gebäuden zu bewerten, ist der Bezug des Primärenergieinhalts auf den  $m^2$  Nutzfläche festzulegen. In der Praxisumsetzung scheitert diese Methode jedoch an der fehlenden Datenbasis. Eine gute Alternative bietet die Bewertung über den Primärenergieinhalts je  $m^2$  Bauteil.<sup>101</sup>

Der Großteil des Energieinputs wird in der Herstellungsphase in den Baumaterialien gebunden. Um eine treffsichere Bewertung des Energieinputs vorzunehmen, sind der Primärenergieinhalt als die Summe der Aufwendung zur Herstellung des Baumaterials und der Baukonstruktion sowie die Untersuchung zwischen erneuerbarem und nicht erneuerbarem Primärenergieinhalt besonders zu betrachten.<sup>102</sup>

Zusätzlich zu den Bewertungsgrafiken wird ein Baustoffkatalog, der dem SIA-Katalog entnommen ist, bereitgestellt (Abb.54, 55). Dieser dient als Grundlage zur Berechnung des Primärenergieinhalts der Bauteile des Projekts. Die Ergebnisse der Berechnung dienen als Eingangsgröße in die Bewertungsgrafiken, aus denen die Erfüllungspunktzahlen abzulesen sind.

101. Glücklich, Detlef, Ökologisches Bauen, 2005, S:122

102. Diederichs, Claus, Jürgen, Entwicklung eines Bewertungssystems, 2001, S:78



**Abbildung 56:** Verschiedene Dämmmaterialien mit Bewertung  
 Quelle: Diederichs, Claus, Jürgen, 2007

### 4.3.2. Lebenszyklusbetrachtung.

#### (Rohstoffgewinnung – Herstellung – Einbau – Nutzung – Abriss)

Baustoffe müssen nicht nur in der Nutzungsphase, sondern in allen vor- und nachgelagerten Phasen betrachtet werden. Der Weg des Materials muss von der Entnahme aus dem natürlichen Kreislauf bis zur Rückführung auf seine Umweltverträglichkeit untersucht werden. (Abb.56)

- Rohstoffgewinnung

Die höchste Verfügbarkeit ist beim nicht nachwachsenden Rohstoffe z.B. mineralische Baustoffe erreicht, da die Rohstoffe als Erdkruste verfügbar sind. Jedoch können die lokalen Unterschiede bzgl. der Rohstoffart, z.B. bei Lehm, stark variieren.

Die Verfügbarkeit bei nachwachsenden Rohstoffen ist besonders dann begrenzt, wenn weniger nachwächst als geerntet wird bzw. wenn der Anbau nicht nachhaltig erfolgt. Hier spielt z.B. der Wachstumszeitraum eine Rolle.

Bäume brauchen viele Jahrzehnte, um eine wirtschaftliche Holzgröße zu erreichen. Dagegen entsteht Hanf in nur einer Wachstumsperiode und kann z.B. als Dämmmaterial verwendet werden.

- Gewinnungsverfahren

Umwelteinwirkungen können zum einen temporär nur während der Betriebszeit auftreten, aber auch bleibend bzw. lang andauernd über den Abbauperioden wirksam sein. Temporäre Wirkungen sind in erster Linie Immissionen, wie Staub und Luftschadstoffe, die von den Anlagen, aber auch von Sprengstoffen durch z.B. die Steingewinnung und von Transporten des Materials ausgehen.

- Herstellungsphase der Baumaterialien

- Rohstoffkomponenten

Die Verwendung von Sekundärrohstoffen kann zur Abfallverminderung und Ressourcenschonung beitragen und ist i. d. R. auch mit einer erheblichen Einsparung von Energie und Emissionen bei der Herstellung verbunden.

- Energieaufwand

Der spezifische Energieverbrauch kann beim selben Baustoff stark variieren. So konnte er pro Kilogramm Ziegel von Mitte der 70 Jahre bis zum Ende der 80 Jahre um ca. 40% gesenkt werden.<sup>103</sup>

- Einbauphase der Baumaterialien

Während der Phase Einbau des Gebäudes und der Nutzung der Materialien entstehen die Schadstoffe. Dies berührt den gewerblichen wie auch den privaten Bereich, also nicht nur die Handwerker, sondern auch den mitarbeitenden Bauherren bzw. Nutzer des Gebäudes.

Die Verwendung von Beschichtungen und Klebstoffen sollte nur dort erfolgt, wo sie unbedingt nötig ist.

.....  
103. Glücklich, Detlef, Ökologisches Bauen, 2005, S:133

○ Nutzungsphase der Baumaterialien

Der Energieverbrauch in der Nutzungsphase für die Gebäudeheizung ist ca. 10mal höher als die Herstellungsenergie von Baustoffen, deshalb sind niedrige Energiegebäude wichtiger als die Verwendung energiearmer Baustoffe.<sup>104</sup>

○ Abrissphase der Baumaterialien

Totalabbrüche erfolgen vornehmlich mit mechanischen Verfahren wie der Abbruchbirne. Die Sortierung erfolgt danach oder in den Aufbereitungsanlagen. Beim Abriss selbst können Menschen ebenfalls mit gesundheitsschädlichen Produkten unmittelbar konfrontiert werden. Risiken und hohe Kosten können durch solche Altlasten entstehen. Sie zeigen den Wert einer Vorsorgestrategie bei Baumaßnahmen.

So zeigen z.B. Glas und Mineralwolle Dämmstoffe Alterserscheinungen. Besonders bei erhöhter Feuchtigkeit bzw. bei mechanischer Beanspruchung werden Teile des Bindemittels gelöst sind.<sup>105</sup>

Da die Bauweise eines Gebäudes über den gesamten Lebenszyklus optimiert sein sollte, beziehen sich die nachfolgenden Bilanzergebnisse<sup>112</sup> nicht nur auf die Erstellung des Rohbaus, sondern berücksichtigen auch die Aufwendungen zur Deckung des Heizwärme- und des Erneuerungsbedarfs.

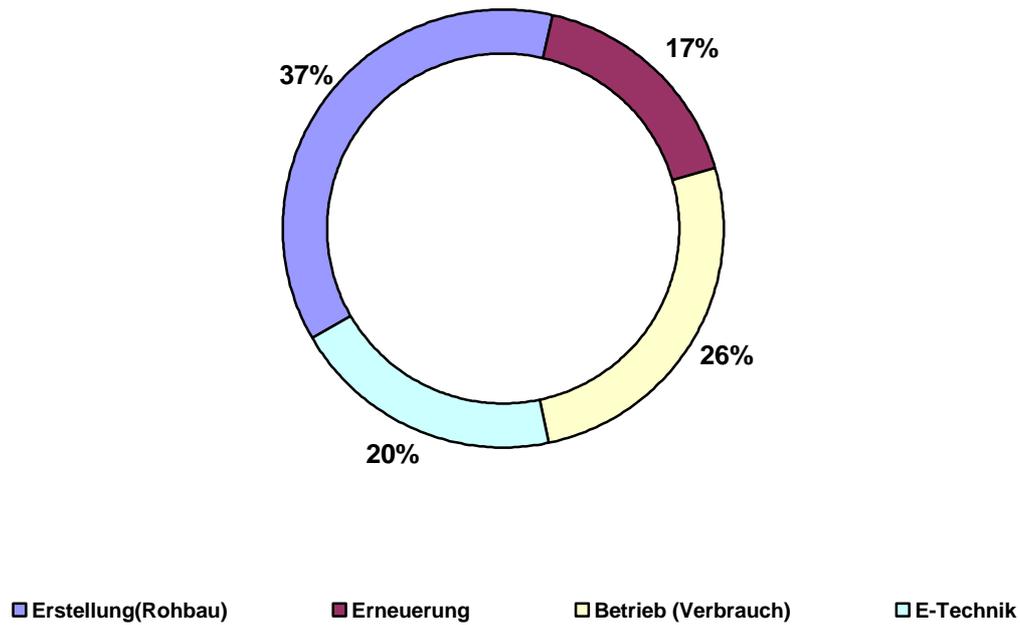
Für das Beispiel 1, Arkaden ergibt sich somit ein Lebenszyklus-weiter TMR in Höhe von 122 kg pro Quadratmeter und Jahr. In (Abb.57, 58) wird deutlich, dass eine rein auf den Rohbau bezogene Betrachtung nicht zielführend wäre, da die Erneuerung einen Anteil von rd. 37 % aufweist. Weniger ins Gewicht fallen hingegen die Aufwendungen für die Fenster und die Deckung des Heizwärmebedarfs (Betrieb). Interessant ist noch der mit immerhin 20 % nicht unerhebliche Anteil für die E-Technik.

Für den recht hohen Materialaufwand der Erneuerung ist neben der E-Technik und der Fenster, die getrennt zur Rohbauerstellung erfasst wurden, die bilanzierte zweimalige Erneuerung des Aluminiumdachs in 80 Jahren verantwortlich. Diese Annahme bezüglich der Lebensdauer des Dachs ist sicherlich zu diskutieren, sie entspricht jedoch den Vorgaben des (BMVBW 2001).

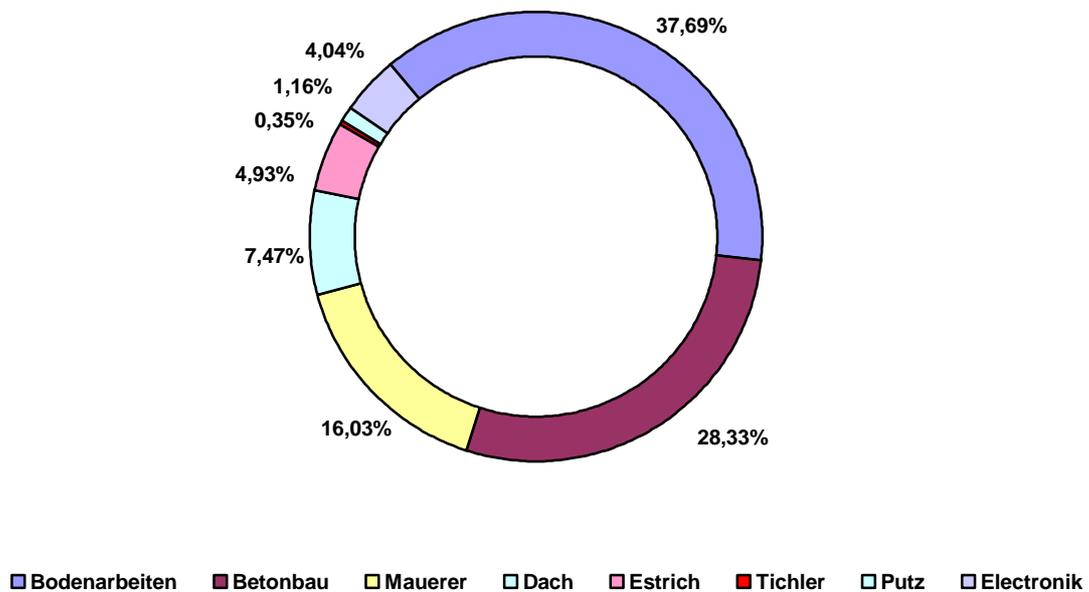
---

104. Glücklich, Detlef, Ökologisches Bauen, 2005, S:133

105. Wallbaum- Spies, Nachhaltiges Bauen,2007



**Abbildung 57:** Prozentuale Verteilung der einzelnen Gewerke am lebenszyklusweiten TMR des Gebäudes. Quelle: Wallbaum, Nachhaltiges Bauen, 2007



**Abbildung 58:** Detaillierte prozentuale Verteilung der Aufwendungen der einzelnen Gewerke am TMR der Rohbauerstellung. Quelle: Wallbaum, Nachhaltiges Bauen, 2007

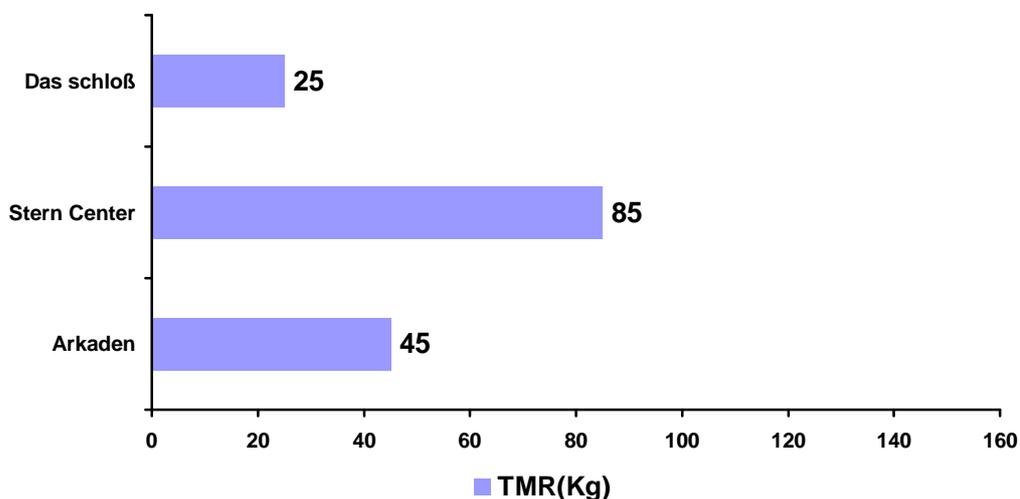
Subprozess	Bezuges- Größe	Abiot. Rohmaterial Kg	Biot. Rohmaterial. Kg	TMR (Kg)	
Beispiel 1 (Potsdamer Platz Arkaden)	Gesamt	m <sup>2</sup> *a	221	18	46
	Erstellung (Rohbau ohne Fenster)	m <sup>2</sup>	3.516	168	2.938
	Erstellung (Rohbau ohne Fenster)	m <sup>2</sup> *a	37	3	37
	Betrieb	m <sup>2</sup> *a	6	1	6
	Erstellung (Rohbau ohne Fenster)	ohne	3,2E+06	1,1E+05	3,3E+06
	Betrieb	m <sup>2</sup>	1.312	Ka.	478
Beispiel 2 (Stern Center, Potsdam)	Gesamt	m <sup>2</sup> *a	311	53	86
	Erstellung (Rohbau ohne Fenster)	m <sup>2</sup>	5.194	269	6.194
	Erstellung (Rohbau ohne Fenster)	m <sup>2</sup> *a	77	3	77
	Betrieb	m <sup>2</sup> *a	6	1	6
	Erstellung (Rohbau ohne Fenster)	ohne	2.8E+06	3,2E+04	1.1E+06
	Betrieb	m <sup>2</sup>	1.122	Ka.	505
Beispiel 3 (Das Schloss)	Gesamt	m <sup>2</sup> *a	234	26	25
	Erstellung (Rohbau ohne Fenster)	m <sup>2</sup>	4.821	207	6.821
	Erstellung (Rohbau ohne Fenster)	m <sup>2</sup> *a	85	3	85
	Betrieb	m <sup>2</sup> *a	6	1	6
	Erstellung (Rohbau ohne Fenster)	ohne	2,1E+06	2,5E+05	3,1E+06
	Betrieb	m <sup>2</sup>	1.367	Ka.	489

**Tabelle 19:** Darstellung der Kennzahlen der TMR. Quelle: Verfasser

Für die nachfolgende Bewertung der Ergebnisse werden jedoch nur vier der in Tabelle.19 aufgelisteten Spalten näher betrachtet. Es sind dies die ausgewählten Indikatoren TMR, GWP und der Summenwert des KEA. Um eine Vergleichbarkeit mit anderen Gebäuden zu erzielen, wird nur die erste Zeile der Tabelle mit ihrer Bezugsgröße Quadratmeter und Jahr ( $m^2 \cdot a$ ) verwendet. Innerhalb des MIPS-Konzeptes stellt diese Festlegung die so genannte Serviceeinheit dar. Das heißt, dass für die vorliegende Betrachtung die Serviceeinheit wie folgt definiert ist:

Die Bereitstellung eines Quadratmeters Gebäudenutzfläche bezogen auf ein Jahr inkl. Der Aufwendungen für die Deckung des Heizwärmebedarfs und der periodischen Erneuerung einzelner Gewerke, bei einer angenommenen Gebäudelebensdauer von 80 Jahren.<sup>106</sup>

Die Ergebnisse der Erfüllungspunktzahlen werden über den Anteil der Flächen an der Gesamtfläche der Bauteile gewichtet. Bewertet werden folgende Bauteile: Außenwände, Innenwände, Abteilungstrenndecken, gedämmte Kellerdecke / gedämmte Bodendecke, gedämmtes Dach / gedämmte oberste Geschossdecke. (Abb.59)



**Abbildung 59:** Darstellung der Ergebnisse TMR (Kg)  
Quelle: Verfasser

---

106.Diederichs, Claus, Jürgen, Entwicklung eines Bewertungssystems, 2001, S:80

Resultierend aus den durchgeführten Untersuchungen lässt sich die Tabelle.20 die Ergebnisse für den Indikator TMR in Kilogramm aufstellen, die auch auf die Note 2 für das Beispiel 1 (Arkaden), die Note 3 für das Beispiel 2 (Stern Center) und die Note 1 für das Beispiel 3 (Das Schloss) aufweist.



1	2	3	4
≥25 Kg	≥45 Kg	≥85 Kg	≥145 Kg

Beispiel 1, Potsdamer Platz Arkaden, Berlin



1	2	3	4
≥25 Kg	≥45 Kg	≥85 Kg	≥145 Kg

Beispiel 2, Stern Center, Potsdam



1	2	3	4
≥25 Kg	≥45 Kg	≥85 Kg	≥145 Kg

Beispiel 3, Das Schloss, Berlin

1= sehr gut 2= gut 3= Genügend 4= nicht genügend

**Tabelle 20:** Indikator 3 (TMR) Total Material Requirement

Quelle: Verfasser

#### 4.4. Indikator 4: Das Global Warming Potential (GWP)

Der Treibhauseffekt ist das in der Weltpolitik am meisten diskutierte global wirkende Umweltproblem, die Reduzierung der Treibhausgase wurde 1997 in Kyoto im Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen festgelegt. Bis Ende 2009 konnten die nationalen Treibhausgasemissionen bereits um 28,7% gegenüber 1990 gesenkt werden und damit Kyoto-Ziel übererfüllt.

Die Anthropogen verursachte Klimaänderung durch die Erhöhung der Durchschnittlichen mittleren Temperatur auf der Erde kann massive Veränderungen in der Ökosphäre hervorrufen.<sup>107</sup>

Der Treibhauseffekt ist mit den Produktionsprozessen verbunden und wird mit Hilfe des Global Warming Potentials für den relativen Vergleich von Bauprodukten herangezogen. Bezüglich der Schadstoffe gibt es Kennwerte, die für Baustoffe ermittelbar sind. Zum Treibhauseffekt GWP tragen besonders die Baustoffe bei, bei denen treibhauswirksame Substanzen wie Kohlendioxid besonders bei der Herstellung frei werden. Das geschieht z. B. sowohl bei Brennprozessen als auch bei der Verwendung von Schwefelhexafluorid SF<sub>6</sub> mit der größten CO<sub>2</sub>-Äquivalenz) zur Füllung von Schallschutzfenstern. Bei der Verwendung von Holz und anderen pflanzlichen Baustoffen ist die CO<sub>2</sub>-Bilanz i. d. R. negativ, weil CO<sub>2</sub> in den Baustoff eingelagert wird. Dieser Sachverhalt kann jedoch wieder aufgehoben sein, wenn bei der Trocknung von Holz fossile Energien eingesetzt werden. Für diejenigen Substanzen, welche zur Verstärkung des Treibhauseffektes beitragen, wird das -Global Warming Potential- (GWP) des Intergouvernemental Panel on Climate Change (IPCC) als Wirkungsparameter herangezogen. Dabei werden die Absorptionskoeffizienten für infrarote Wärmestrahlung, die Verweildauern der Gase in der Atmosphäre und die erwarteten Immissionsentwicklungen berücksichtigt. Für verschiedene Zeithorizonte (20, 100 oder 500 Jahre wird dann die potenzielle Wirkung eines Kg eines Treibhausgases im Vergleich zu derjenigen eines Kg CO<sub>2</sub> (Referenzsubstanz) bestimmt. Somit können atmosphärische Emissionen in äquivalente Emissionsmengen CO<sub>2</sub> [kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent] umgerechnet werden.

Der kürzere Integrationszeitraum von 20 Jahren ist deswegen von Bedeutung, da dieser die Temperaturveränderungsrate maßgeblich bestimmt, welche wiederum die erforderliche Adaptionfähigkeit für terrestrische Ökosysteme vorgibt. Die Verwendung der längeren Integrationszeit von 500 Jahren entspricht in etwa der Integration über einen unendlichen Zeithorizont und lässt Aussagen über das Potenzial der absoluten Veränderung zu Meeresspiegelerhöhung, Veränderung der Durchschnittstemperatur.<sup>108</sup>

In der vorliegenden Arbeit wird der Integrationszeitraum von 100 Jahren gewählt, da er die beiden Aussagestränge der o. g. Zeithorizonte sinnvoll vereint und dies auch in vielen Ökobilanzen zum Ausdruck kommt, die ebenfalls den GWP 100 ausweisen und somit als Referenz dienen können.

107. Oswald, Gudrun, Ökologische Bewertung im Holzwohnbau, 2003. S:150

108. Houghton et al. 1996

#### 4.4.1. Bewertung von Gefahrstoffen

Natürliche Schadstoffe sind lokal gegenüber bestimmten Lebewesen vorhanden, auch werden sie nicht selten von Individuen als Abwehrgifte benutzt. Ein Schadstoff ist dann ein Gift, wenn er toxisch wirkt, also direkt schädlich für den jeweiligen Organismus ist. Seine Wirkung ist von unterschiedlichen Parametern abhängig, so z.B. von der Menge, der Einwirkzeit, der Konzentration und der Kombination mit anderen Stoffen. Schadstoffe werden nach ihren Abbaufähigkeiten eingeteilt. Harte Schadstoffe wie zum Beispiel einige halogenierte Kohlenwasserstoffe (HKW) und Schwermetalle (SM), werden nur geringfügig biologisch oder chemisch zersetzt und sind damit nicht bzw. nur sehr langsam abbaubar, sie besitzen eine hohe Persistenz und oder breiten sich in der Umwelt aus, sie sind überall verbreitet und können sich dort sehr lange aufhalten.

Weiche Schadstoffe sind abbaubar, wie z.B. Nitrate in den Gewässern,  $\text{CO}_2$  sowie Methan in der Atmosphäre, Schwefelsäure in der uns umgebenden Luft und bestimmte Lösemittel im Körper. Sie können sich auch anhäufen: die Menge der Entstehung ist entscheidend, um die Anhäufung zu vermeiden. Schadstoffe können auf verschiedene Arten abgebaut werden.

Schadstoffe können im menschlichen Organismus neben allgemeinem Unwohlsein reversible oder irreversible Schäden verursachen. Reversible Schäden verschwinden beim Abklingen der Schadstoffquelle, wie z.B. Allergien, irreversible schädigen dauerhaft, wie z.B. durch Krebs und Erbgutveränderungen.

PVC ist in seiner Anwendung grundsätzlich umstritten, da es ein Halogenkohlenwasserstoff ist und in vielen Lebensphasen Emissionen anfallen. Seine Anwendung verlangt oft problematische Zusätze wie Weichmacher und Schwermetalle. Beim Brand entstehen Salzsäure und oft Dioxine, die zu den umweltschädlichsten Verbindungen gehören. Das Entsorgungsproblem ist z. T. ungeklärt. Auf Deponien können die Zusatzstoffe in das Sickerwasser gelangen, beim Verbrennen entsteht Salzsäure, die als Abfall neutralisiert werden muss. In Zukunft wird die Menge an PVC Abfall drastisch steigen. Der Energieaufwand einschließlich der Chlorproduktion ist besonders hoch.<sup>109</sup>

#### 4.4.2. Baustoffkatalog.

Der allgemeine Vergleich von Baustoffen erfordert die Diskussion vieler Parameter und ist deshalb kompliziert. Er erfordert tiefes Hintergrundwissen: meist ist eine Volldeklaration notwendig, um beispielsweise die Schadstoffe beurteilen zu können. Einfacher, aber weniger präzise ist die Diskussion über Vor- und Nachteile von Baustoffen unter ökologischen Gesichtspunkten.

---

109. Glücklich, Detlef, Ökologisches Bauen, 2005, S: 141

Subprozess	Bezuges- Größe	Abiot. Rohmaterial Kg	Biot. Rohmaterial. Kg	GWP Kg Co <sub>2</sub> -Äqu	
Beispiel 1 (Potsdamer Platz atz Arkaden)	Gesamt	221	221	18	7
	Erstellung (Rohbau ohne Fenster)	3.516	3.516	168	268
	Erstellung (Rohbau ohne Fenster)	37	37	3	3
	Betrieb	6	6	1	1
	Erstellung (Rohbau ohne Fenster)	3,2E+06	3,2E+06	1,1E+05	3,1E+05
	Betrieb	1.312	1.312	Ka.	43
Beispiel 2 (Stern Center, Potsdam)	Gesamt	311	311	53	10
	Erstellung (Rohbau ohne Fenster)	5.194	5.194	269	269
	Erstellung (Rohbau ohne Fenster)	77	77	3	3
	Betrieb	6	6	1	1
	Erstellung (Rohbau ohne Fenster)	2.8E+06	2.8E+06	3,2E+04	4,8E+04
	Betrieb	1.122	1.122	Ka.	46
Beispiel 3 (Das Schloss, Berlin)	Gesamt	234	234	26	10
	Erstellung (Rohbau ohne Fenster)	4.821	4.821	207	207
	Erstellung (Rohbau ohne Fenster)	85	85	3	3
	Betrieb	6	6	1	1
	Erstellung (Rohbau ohne Fenster)	2,1E+06	2,1E+06	2,5E+05	9,5E+05
	Betrieb	1.367	1.367	Ka.	44

**Tabelle 21:** Darstellung der Kennzahlen der GWP. Quelle: Verfasser

In den Baustoffkatalogen werden zu den messbaren Indikatoren Abschätzungen zu Humantoxizität, Ökotoxizität, Flächeninanspruchnahme, Ressourcenerschöpfung, Kreislauffähigkeit und Beständigkeit getroffen. In den Kenntnissen der Zusammenhänge insgesamt kann heute eine hilfreiche Auswahl an Baustoffen unter ökologischen Aspekten erfolgen, die in der allgemeinen Baupraxis umsetzbar ist.<sup>110</sup>

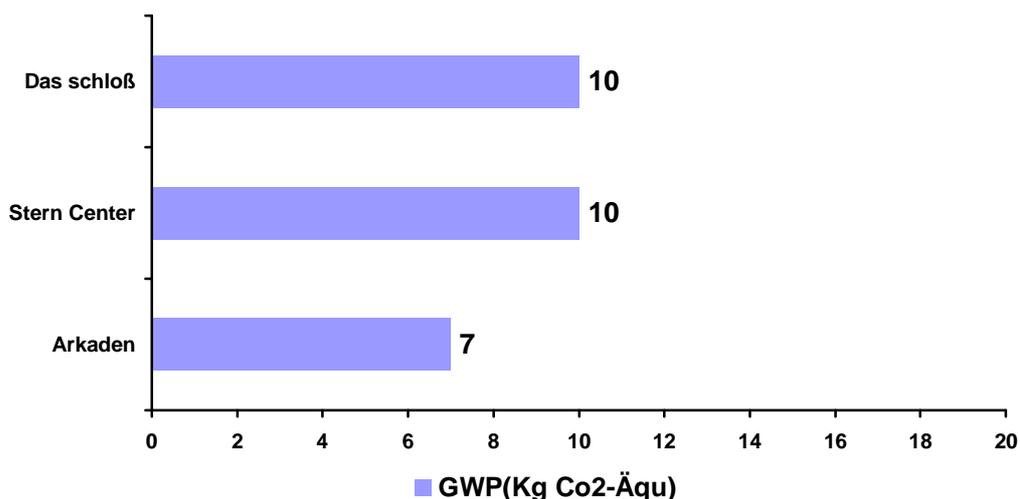
Die Schadstoffproblematik und vor allem ihre juristische Behandlung sind schwierig, da Art, Umfang und Dauer der Schädigung im Gesamtumfeld unseres Lebens oft schwer fassbar sind:

Formaldehyd, einzelne Schwermetalle, Eigenelement aus künstlichen Mineralfasern (KFM), Isocyanate, organische flüchtige Substanzen (VOC), Vinylchlorid, Biozide.

Die Anzahl der Schadstoffe sind hoch, ihre Wirkungen sind nicht vollständig untersucht. Ständig kommen neue hinzu und besonders in ihren Kombinationen sind sie kaum erfasst.

Im Rahmen der Untersuchung resultiert das GWP zu einem Großteil aus den Materialaufwendungen und damit implizit auch Energieaufwendungen zur Erstellung und Erneuerung eines Gebäudes.

Tabelle. 21 und die Abb.60 stellen die Verteilung der GWP Werte der untersuchten Beispiele bezogen auf einzelne Positionen dar.



**Abbildung 60:** Darstellung der Ergebnisse GWP (Kg Co<sub>2</sub>-Äqu)

Quelle: Verfasser

---

110. Glücklich, Detlef, Ökologisches Bauen, 2005, S:136

Für die Bewertung mit dem Indikator GWP kann auf Grund der vorgenannten Argumente nur die Note 2 für das Beispiel 1 (Arkaden), die Note 3 für das Beispiel 2 (Stern Center), und die Note 3 auch für das Beispiel 3 (Das Schloss) vergeben werden (Tabelle 22). Perspektivisch sollten separate Betrachtungen von Wandaufbauten zur Minimierung der Emissionen bei der Rohbauerstellung beitragen können.



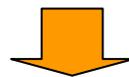
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
$\geq 2$ Kg CO <sub>2</sub> -Äqu	$\geq 7$ Kg CO <sub>2</sub> -Äqu	$\geq 10$ Kg CO <sub>2</sub> -Äqu	$\geq 15$ Kg CO <sub>2</sub> -Äqu

Beispiel 1, Potsdamer Platz Arkaden, Berlin



<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
$\geq 2$ Kg CO <sub>2</sub> -Äqu	$\geq 7$ Kg CO <sub>2</sub> -Äqu	$\geq 10$ Kg CO <sub>2</sub> -Äqu	$\geq 15$ Kg CO <sub>2</sub> -Äqu

Beispiel 2, Stern Center, Potsdam



<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
$\geq 2$ Kg CO <sub>2</sub> -Äqu	$\geq 7$ Kg CO <sub>2</sub> -Äqu	$\geq 10$ Kg CO <sub>2</sub> -Äqu	$\geq 15$ Kg CO <sub>2</sub> -Äqu

Beispiel 3, Das Schloss, Berlin

1= sehr gut 2= gut 3= Genügend 4= nicht genügend

**Tabelle 22:** Indikator 4, GWP (Kg CO<sub>2</sub>-Äqu)

Quelle: Verfasser

#### 4.5. Indikator 5: Die Flächennutzung oder Flächenindex (SPI)

Die Flächennutzung (Index der SPI-Methode) ist eine hochaggregierte Maßzahl, die auf Stoff- und Energiebilanzen aufbaut und sowohl die Inputseite als auch die Outputseite von Prozessen erfasst. Der ökologische Fußabdruck ist jene Fläche, die Aktivität in Zusammenhang mit ökologischen Einflüssen darstellen.

Eine einzelne Größe bietet den Vorteil einer leichteren Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Der ÖFA ist unabhängig von gesellschaftspolitischen Einflüsse, da sich der Ressourcenverbrauch an Erneuerungsraten oder Erträgen orientiert und die Emissionen mit den natürlichen Konzentrationen in den Umweltmedien Luft, Wasser und Boden verglichen werden.

Die Flächennutzung nimmt eine zunehmende zentrale Rolle in der ökologischen Diskussion ein. Im Fokus der öffentlichen Diskussion steht dabei in erster Linie die rein quantitative Nutzung von Flächen. Inzwischen gewinnt aber auch die Qualität der Flächennutzung an Bedeutung und folgt damit dem Stand der wissenschaftlichen Diskussion. Allerdings steht die Wissenschaft bei der Beurteilung der ökologischen Qualität von grünen Flächen erst am Anfang.

Zweifelsohne gestaltet sich eine vorsorgeorientierte Berücksichtigung der möglichen ökologischen Wirkungen von entsprechenden Baumaßnahmen nicht einfach und wurde in der Vergangenheit in der noch gültigen Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) häufig nur unzureichend erfasst.

Die im Jahr 2001 von der Europäischen Kommission verabschiedete Strategische Umweltverträglichkeitsprüfung (SUP) versucht diese Lücke zu schließen (EU 2001). Das neue Instrument der SUP bereichert die klassische projektbezogene UVP durch eine eher qualitative Umweltverträglichkeitsbetrachtung im Vorfeld der konkreten Projektplanung.

Die Berechnung des Flächenindex wird nach folgender Gleichung durchgeführt:

$$FI = \frac{\left( \sum_{i=1}^n A_{Ni} + G_{Ni} \right)}{\left( \sum_{i=1}^n A_{Vi} + G_{Vi} \right)} \cdot 100$$

FI: Flächenindex

AN<sub>i</sub>: Flächenanteil bei der Nutzung [m<sup>2</sup>]

GN<sub>i</sub>: Gewichtungsfaktor bei der Nutzung

AV<sub>i</sub>: Flächenanteil vor der Nutzung [m<sup>2</sup>]

GV<sub>i</sub>: Gewichtungsfaktor vor der Nutzung

Der Wahl des Gewichtungsfaktors liegt kein wissenschaftlicher Nachweis zu Grunde, sie stellt die subjektive Annahme einer möglichen qualitativen Flächengewichtung dar. Es scheint eher unwahrscheinlich, dass sich die Flächenqualitäten in ein stetiges mathematisches Schema einordnen lassen. Da

aber auch die Differenzierung der Hemerobiestufe nur eine grobe Zuordnung der Flächenqualität erlaubt, scheint dieses Vorgehen auf Grund der Forderung nach einer praktikablen und schnellen Beurteilungsbasis für Planer durchaus vertretbar und zielführend.

#### **4.5.1. Die Definition „ökologische Fußabdruck“**

Der ökologische Fußabdruck ist die Spur, die der Mensch in seiner Umwelt hinterlässt. Er ist eine Schätzung die Veranschaulichung der Fläche, die wir je nach Lebensstil verbrauchen. Sei es zum Wohnen, um uns zu ernähren oder uns fortzubewegen, wir verbrauchen immer natürlich Ressourcen. Diese sind jedoch nicht unerschöpflich.

Der ökologische Fußabdruck ist eine komplexe Rechnung, anhand derer unsere Lebensweise im Raum, auf dem Boden „verräumlicht“ werden kann. Das bedeutet im Klartext: Wie viel Raum verbrauche ich um so zu leben, wie ich lebe? Um sich das gut vorstellen zu können, kann man unseren Fußabdruck in Hektar messen.

Die natürlichen Ressourcen sind nicht unerschöpflich, vor allem nicht bei der Geschwindigkeit, mit der wir sie verbrauchen.

#### **4.5.2. Grundriss Gestaltung**

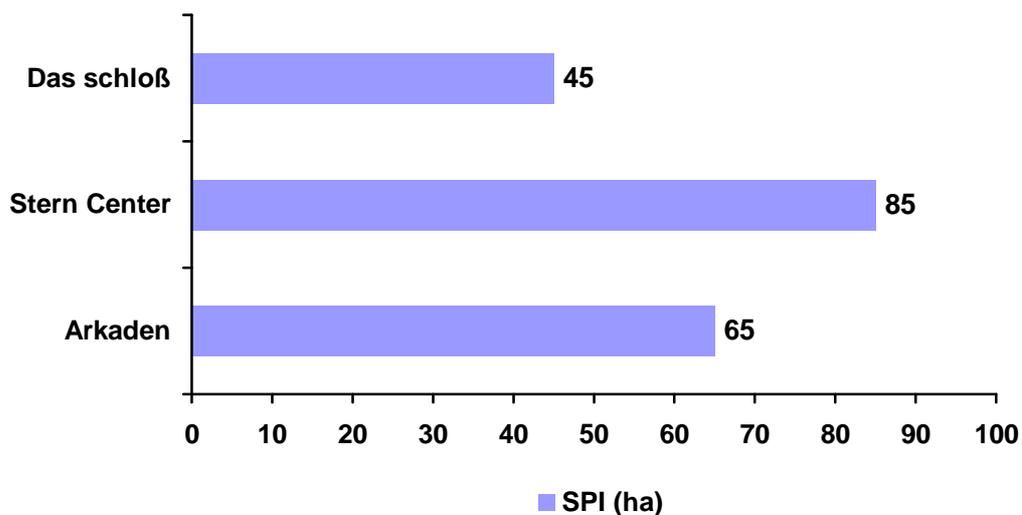
Eine integrale Planung erfordert eine frühe und intensive Auseinandersetzung mit den Bedürfnissen und Kaufvorstellungen der Kunde. Ihre intensive Mitwirkung in diesem Prozess sollte durch den Architekten moderiert werden. Kostengünstiges Bauen beginnt mit der Konzentration auf die tatsächlich notwendigen Flächen als Umsetzung der Raumanforderungen der zukünftigen Kunden.<sup>111</sup>

Vielfach lassen sich bei zielgerichteter Diskussion Flächeneinsparungen erreichen, ohne damit die spätere Nutzung einzuschränken. So kann durch die Überlagerung verschiedener Nutzungen (multifunktionale Räume) eine effizientere Flächenausnutzung erreicht werden, ohne damit die Kaufqualität zu beeinträchtigen. Jeder nicht gebaute Raum spart Investitions- und Nutzungskosten. Vor dem Hintergrund der langen Nutzungsdauer eines Einkaufszentrums spielen insbesondere Möglichkeiten einer flexiblen Raumnutzung eine wichtige Rolle.

.....  
111. Wallbaum Spies, Holger; Nachhaltiges Bauen und Wohnen, 2002, S:91-92

Deshalb sehen zukunftsfähige Entwurfsansätze zunehmend Individualfläche (Kinderspielflächen, Warte- oder Ausruh- Plätze) vergleichbarer Größe vor, um diese je nach Hausstruktur in unterschiedlicher Anordnung nutzen zu können. Wenn dann die verschiedenen Nutzungsebenen noch flexibel schaltbar sind, können diese Gebäude den wechselnden Anforderungen, z.B. aus dem Lebenszyklus eines Hauses heraus, ohne größeren baulichen Aufwand angepasst werden.

Abb. 61 zeigt die Bewertung für die Indikator 4, Ökologische Flächennutzung.



**Abbildung 61:** Darstellung der Flächennutzung oder des Flächenindex (SPI)  
Quelle: Verfasser

Nach den in Kap. 4.5.1.4 ausgeführten Definitionen der Hemerobiestufe werden für die Ökologische Bewertungen. 12.857 m<sup>2</sup> als halb-natürlich, 8.798 m<sup>2</sup> als bedingt naturfern und 27.516 m<sup>2</sup> als naturfremd eingestuft. Diese Annahmen führen zu einem Flächenindex von genau 120 und somit zur Note 3 für das Beispiel 1 (Arkaden), die Note 2 für das Beispiel 2 (Stern Center), und die Note 4 für das Beispiel 3 (Das Schloss), dies in der Abbildung 61 und der Tabelle 23 dargestellt sind.



1	2	3	4
100	≥85	≥65	≥45

Beispiel 1, Potsdamer Platz Arkaden, Berlin



1	2	3	4
100	≥85	≥65	≥45

Beispiel 2, Stern Center, Potsdam

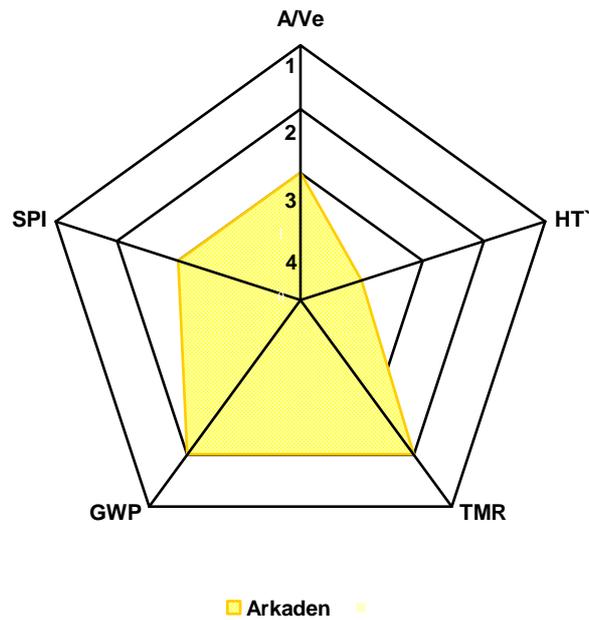


1	2	3	4
100	≥85	≥65	≥45

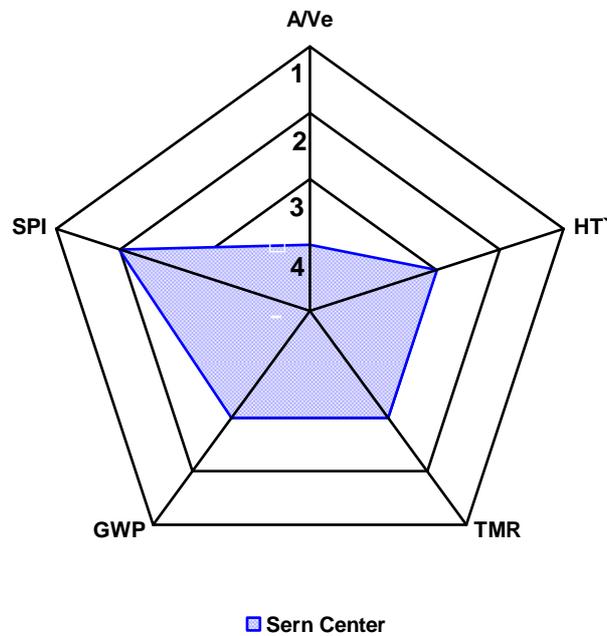
Beispiel 3, Das Schloss, Berlin

1= sehr gut 2= gut 3= Genügend 4= nicht genügend  
**Tabelle 23:** Indikator 5, Die Flächennutzung (SPI)  
 Quelle: Verfasser

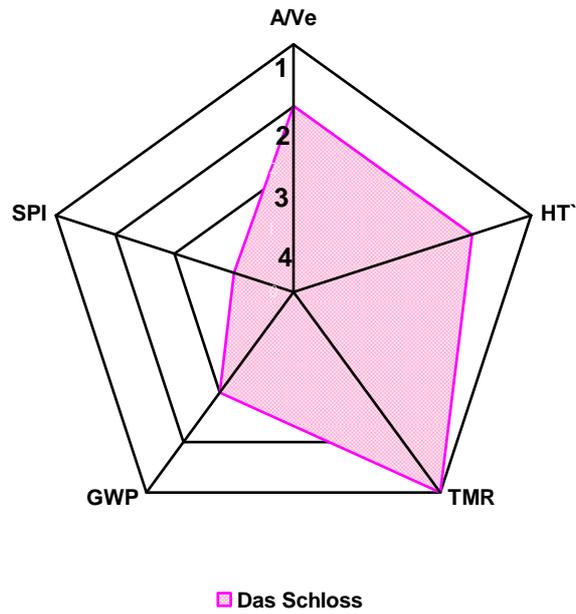
## 4.6. Fazit



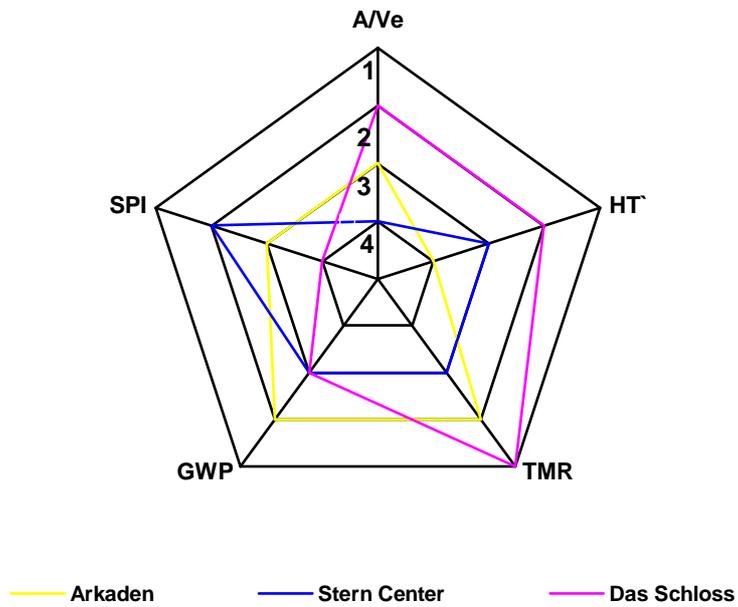
**Abbildung 62:** COMPASS<sub>Radar</sub> Ergebnisse Beispiel 1, Potsdamer Platz Arkaden, Berlin  
Quelle: Verfasser



**Abbildung 63:** COMPASS<sub>Radar</sub> Ergebnisse Beispiel 2, Stern Center, Potsdam  
Quelle: Verfasser



**Abbildung 64:** COMPASS<sub>Radar</sub> Ergebnisse Beispiel 3, Das Schloss, Berlin  
Quelle: Verfasser



**Abbildung 65:** COMPASS<sub>Radar</sub> Ergebnisse der ökologischen Untersuchung  
Quelle: Verfasser

## 5.1. Indikator 6: Der Kumulierte Energieaufwand (KEA)

Der Kumulierte Energieaufwand (KEA) ist entsprechend der Definition in der VDI-Richtlinie 4600 die Gesamtheit aller primärenergetisch bewerteten Aufwendungen, zusammengesetzt aus den Aufwendungen der Herstellung (Index H), der Nutzung (Index N) und der Entsorgung (Index E) eines ökonomischen Gutes.

Es wird zwischen aquatischer und terrestrischer Ökotoxizität unterschieden.

$$KEA = KEA_H + KEA_N + KEA_E$$

Zur besseren Vergleichbarkeit der einfließenden Energieaufwendungen werden alle Energiemengen primärenergetisch bewertet und bilanziert, d. h. auf den tatsächlichen Ressourcenverbrauch bezogen.

Die Ermittlung des KEA erfolgt anhand zweier prinzipiell unterschiedlicher Methoden. Zum einen anhand der klassischen Prozesskettenanalyse. Hierbei werden alle Prozessglieder zur Herstellung eines ökonomischen Gutes von der ‚Wiege bis zur Bahre‘ detailliert aufgeschlüsselt und die einfließenden Energieströme aufsummiert bzw. kumuliert. Die zweite Methode der Erhebung des KEA erfolgt anhand von energetischen Input-Output-Tabellen.<sup>112</sup>

Die Methodik der energetischen Input-Output-Tabellen stützt sich in der Regel auf die nationalen Angaben zur volkswirtschaftlichen Verflechtung und Energieaufwendung. Ein Nachteil dieser Methode ist, dass sie auf Grund des hohen Aggregationsgrades und der Bezugnahme auf monetäre Werte für eine direkte Ermittlung des KEA von einzelnen Produkten weniger gut geeignet ist.

Grob 80 % aller Umweltwirkungen werden vom Energieeinsatz zur Herstellung eines Produktes bestimmt. Ein Energieverbrauch reduziert auch die Umweltwirkungen der Kategorien GWP.<sup>113</sup>

Aus diesem Grund erscheint die Angabe des Verbrauchs an energetischen Ressourcen als besonders bedeutend. Eine Unterscheidung in erneuerbarer und nicht erneuerbarer Energie ist sinnvoll, da erneuerbare Energiequellen, wie die Nutzung solarer Energie, weit weniger Umweltschäden verursacht als die Nutzung nicht erneuerbarer Energieträger, wie Erdöl oder Kohle.

Auch bei diesem Indikator können nur die kumulierten Energieaufwendungen für die Herstellungs- und Nutzungsphase des Baumaterials angegeben werden, da es an spezifischen und repräsentativen Daten für die Entsorgung in Deutschland mangelt.

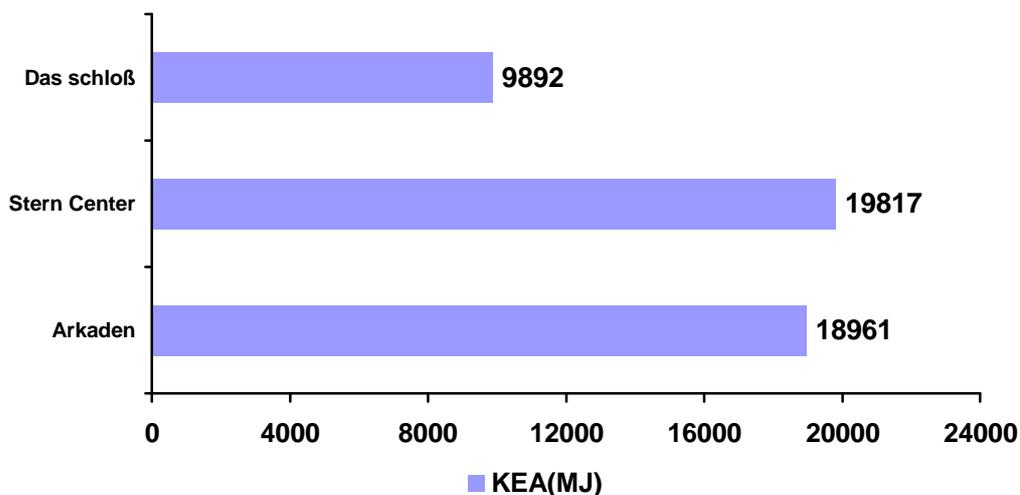
.....  
112. Oswald, Gudrun, Ökologische Bewertung im Holzwohnbau, 2003. S:152

113. Wallbaum Spies, Holger, Nachhaltiges Bauen und Wohnen, Wuppertal, 2002, S:170-171

Subprozess	Bezuges-Größe	Abiot. Rohmaterial Kg	Biot. Rohmaterial. Kg	KEA (MJ)	
Beispiel 1 (Potsdamer Platz Arkaden)	Gesamt	m <sup>2</sup> *a	221	18	18.961
	Erstellung (Rohbau ohne Fenster)	m <sup>2</sup>	3.516	168	2.095
	Erstellung (Rohbau ohne Fenster)	m <sup>2</sup> *a	37	3	26
	Betrieb	m <sup>2</sup> *a	6	1	19.791
	Erstellung (Rohbau ohne Fenster)	ohne	3,2E+06	1,1E+05	2,4E+06
	Betrieb	m <sup>2</sup>	1.312	-	1,6E+06
Beispiel 2 (Stern Center, Potsdam)	Gesamt	m <sup>2</sup> *a	311	53	19.817
	Erstellung (Rohbau ohne Fenster)	m <sup>2</sup>	5.194	269	2.985
	Erstellung (Rohbau ohne Fenster)	m <sup>2</sup> *a	77	3	37
	Betrieb	m <sup>2</sup> *a	6	1	20.924
	Erstellung (Rohbau ohne Fenster)	ohne	2.8E+06	3,2E+04	5,4E+05
	Betrieb	m <sup>2</sup>	1.122	-	1,7E+06
Beispiel 3 (Das Schloss, Berlin)	Gesamt	m <sup>2</sup> *a	234	26	9.892
	Erstellung (Rohbau ohne Fenster)	m <sup>2</sup>	4.821	207	3.027
	Erstellung (Rohbau ohne Fenster)	m <sup>2</sup> *a	85	3	38
	Betrieb	m <sup>2</sup> *a	6	1	20.274
	Erstellung (Rohbau ohne Fenster)	ohne	2,1E+06	2,5E+05	1,4E+06
	Betrieb	m <sup>2</sup>	1.367	-	1,6E+06

**Tabelle 24:** Darstellung der Kennzahlen der KEA.  
Quelle: Verfasser

Es ist offensichtlich, dass die Herstellung des Rohbaus die absolut bestimmende Größe des KEA mit 99,42 % des Gesamtwertes darstellt in der Tabelle.24. Die Nutzung sowie die Erneuerung folgen abgeschlagen mit 0,28 % bzw. 0,27 %.



**Abbildung 66:** Darstellung der Ergebnisse KEA(MJ)  
Quelle: Verfasser

(Abb. 66): Darstellung der gewerkebezogenen Anteile hinsichtlich der einzelnen ökologischen Indikatoren über einen Zeitraum von 80 Jahren (Hinweis: logarithmischer Maßstab).

Betrachtet man den KEA des Rohbaus so fällt das Maurergewerk mit nahezu 50 % am stärksten ins Gewicht, gefolgt von den Gewerken Dach mit 22,59 % und Betonbau mit 16,75 %.<sup>114</sup>

114. Wallbaum Spies, Holger, Nachhaltiges Bauen und Wohnen, Wuppertal, 2002, S:171

Für den Indikator 6, lässt sich für den KEA Summe in MJ bezogen auf einen Quadratmeter Nutzfläche und Jahr abschließend auf der nachfolgenden Skala die Note 3 ablesen für das Beispiel 1 (Arkaden), die Note 3 auch für das Beispiel 2 (Stern Center), und die Note 1 für das Beispiel 3 (Das Schloss) , was sich mit den Bemühungen zur Reduzierung des Energieaufwands erklären lässt. (Tabelle.25)



<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>&gt;8000 MJ</b>	<b>&gt;12000 MJ</b>	<b>&gt;18000 MJ</b>	<b>&gt;24000 MJ</b>

Beispiel 1, Potsdamer Platz Arkaden, Berlin



<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>&gt;8000 MJ</b>	<b>&gt;12000 MJ</b>	<b>&gt;18000 MJ</b>	<b>&gt;24000 MJ</b>

Beispiel 2, Stern Center, Potsdam



<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>&gt;8000 MJ</b>	<b>&gt;12000 MJ</b>	<b>&gt;18000 MJ</b>	<b>&gt;24000 MJ</b>

Beispiel 3, Das Schloss, Berlin

1= sehr gut 2= gut 3= Genügend 4= nicht genügend  
**Tabelle 25:** Indikator 6, KEA, kumulierte Energie Aufwand.  
 Quelle : Verfasser

## 5.2. Indikator 7: Heizenergiebedarf ( $\Phi_H$ )

### 5.2.1. Der Heizenergiebedarf

Wir leben und arbeiten in Gebäuden. Ein angenehmes Klima mit Schutz vor Witterung, günstige Beleuchtung durch die Sonne ohne lästige Blendung im Tagesverlauf, die Verbindung von Innen und Außen und dies alles innerhalb einer funktional und gestalterisch anspruchsvollen Umgebung, das wünschen wir uns von Gebäuden. Hierzu brauchen wir in den meisten Klimazonen der Erde Energie. Diese müssen wir jedoch sparen aber nicht auf Kosten der Aufenthaltsqualität. Durch das Sick-Building-Syndrom war diese Aufenthaltsqualität allerdings in den letzten Jahrzehnten trotz hoher Energieverbrauch eher unbefriedigend. Können all diese Probleme Gleichzeitig angepackt werden? Energie sparen und gleichzeitig die Aufenthaltsqualität verbessern kann gelingen, wenn wir die Fehler vermeiden und die planerischen, konstruktiven und betrieblichen Möglichkeiten in einem Gesamtkonzept nutzen. Dazu müssen wir allerdings die Zusammenhänge genau studieren. Die Gebäudeplanung insgesamt im Verhältnis zur Umwelt, die Konstruktion, die Installation und die Nutzung müssen zusammen Schritt für Schritt unter allen Aspekten analysiert werden. (Abb.68, 69)

### 5.2.2. Innenraumklima

Gebäude müssen in erster Linie der komfortablen Nutzung dienen. Eine gut gedämmte Hülle, gut belichtete und besonnte Räume und ein Optimaler Luftwechsel tragen nicht nur zu einem angenehmen Raumklima bei, sondern sind auch Voraussetzung zum Energiesparen.

Grundlegenden Einfluss auf die Behaglichkeit in Innenräumen haben die Temperatur der Luft und Bauteiloberfläche, Temperaturunterschiede (z.B. zwischen Innen –und Außenwand) die Wärmestrahlung, die Besonnung bzw. Belichtung, die Luftfeuchte, die Luftqualität und Schadstoffe, die Luftbewegung sowie Radioaktivität und elektrische Felder – das sind viele Parameter. Es wird also deutlich, dass Behaglichkeit von Nutzer zu Nutzer und im Laufe des Tages unterschiedlich empfunden wird, zumal da Aktivität und Bekleidung wechseln. Können wir diese Anforderungen alle mit einem Normklima erfüllen? Wohl kaum, wir können aber eine gute Grundlage im Groben schaffen, die der Nutzer im Feinbereich seinen Bedürfnissen mit möglichst geringem Aufwand und einfacher Technik anpassen kann.

Raumtemperaturen in Verbindung mit der Belichtung und Belüftung sind ganz wesentlich. Wie weit Schadstoffe Einfluss nehmen, hängt stark von den gewählten Baustoffen ab.

Günstige Innenraumtemperatur liegt zwischen 19 und 24 °C. Dabei besteht eine starke Abhängigkeit von der Oberflächentemperatur der raumumschließenden Bauteile, der Art des Bodenbelages, der Luftgeschwindigkeit und Luftfeuchtigkeit.<sup>115</sup>

.....  
115. Glücklich, Detlef, Ökologisches Bauen, 2005

Bereits Raumlufttemperaturen von 19°C können als behaglich empfunden werden, wenn die Oberflächen Temperaturen (Wand, Boden) ebenso warm sind und die Luftfeuchtigkeit über 40% bei geringer Luftgeschwindigkeit (ohne stehende Luft) liegt.

Sind diese Bedingungen nicht erfüllt, muss die Lufttemperatur erhöht werden und es muss mehr geheizt werden.

### **5.2.3. Wärmestrahlung**

Sie findet zwischen Körpern statt, die unterschiedliche Temperaturen aufweisen und sich nicht berühren. Dabei überträgt der wärmere Körper seine Wärme an die kälteren Bauteile, bei warmen großflächigen Heizkörpern oder einem Ofen nimmt der Körper Wärme auf. Je größer die Temperaturunterschiede, desto größer ist die abgestrahlte Wärme. Die Luft zwischen den Körpern wird kaum erwärmt. Mit abnehmender Temperatur der raumumschließenden Flächen wird der Nutzer bei gleich bleibender Raumtemperatur – Unbehaglichkeit empfinden. Grund hierfür ist der Wärmestrahlungsaustausch des Menschen mit seiner Umgebung. Die gefühlte Temperatur liegt etwa in der Mitte zwischen Luft- und Oberflächentemperatur. Plattenheizkörper, Wandheizungen, werden auch bei niedrigerer Raumtemperatur wegen des hohen Strahlungsanteils als angenehm empfunden, mit Einschränkungen auch Decken und Fußbodenheizungen.

### **5.2.4. Wärmeleitung**

Als Wärmetransport innerhalb von Materialien trifft sie in Bauteilen zwischen dem Inneren und der Außenluft auf, beim Heizen und Kühlen gleichermaßen, jedoch in entgegen gesetzter Richtung, aber auch zwischen den Fußsohlen des Nutzers und dem Fußboden. In allen Fällen ist die Dämmung wichtig, für den Fuß zudem der Belag.

Luftkonvektion gleicht Temperaturunterschiede aus. Die Konvektionsheizung profitiert davon. Deren Wärmeabgabe ist mit hoher Luftbewegung verbunden. Was auf den einen Seiten zur Staubaufwirbelung beiträgt, ermöglicht auf der andern Seite kürzere Aufheizzeiten.

Luftfeuchte fällt dem Nutzer nur dann auf, wenn sie zu hoch oder zu niedrig ist. Eine Umgebung mit zu hoher Luftfeuchtigkeit (über 70% rel. F.) macht einen schwülen Eindruck und führt zu vermehrtem Schwitzen. Mikroorganismen können sich in feuchter Umgebung besonders gut vermehren. Eine längere hohe relative Luftfeuchte sollte auch aus bautechnischen Gründen vermieden werden. Da hier die Gefahr der Kondensation an kälteren Bauteiloberflächen besteht und damit Feuchtigkeitsschäden mit ihren Folgeproblemen wie Schimmelbildung entstehen können. Geringe Luftfeuchtigkeit unter 35% macht sich durch trockene Schleimhäute bemerkbar, welche wiederum Erkältungskrankheiten verursachen.

Wichtig ist eine ausreichende Luftfeuchte, möglichst im Bereich von 40 – 60% r. F. Besonders im Winter besteht die Gefahr trockener Raumluft, da die kalte

Außenluft meist weniger Wasserdampf als warme Innenluft enthält. Frischluft trocknet scheinbar aus beim Aufheizen. Pflanzen und andere Luftbefeuchter schaffen Abhilfe, „atmende“ Baumaterialien einen Ausgleich. Durch viele Geräte können größere Feuchtigkeitsmengen an die Raumluft abgegeben werden.

Auch die Raumluftqualität hat entscheidenden Einfluss auf die Behaglichkeit. Die Raumluft enthält Schadstoffe aus unterschiedlichen Quellen, z.B. das Rauchen, Emissionen aus Baustoffen, Möbeln, Textilien und Geräten, die abgelüftet werden müssen, ebenso wie die verbrauchte Atemluft des Nutzers. In der Heiz- bzw. Kühlperiode muss Frischluft aufgeheizt bzw. gekühlt werden, wozu Energie notwendig ist. Mit schadstoffarmen Materialien kann mit stetiger sparsamer Lüftung ausreichend frische Luft zugeführt und gleichzeitig Energie gespart werden. Dies gelingt nur mit einer kontrollierten Lüftung in der Heizsaison, die bei Bedarf durch Fensterlüftung ergänzt wird. Kühle Luft im Sommer wird von der Kühlen Nordseite oder im Tag-Nacht-Rhythmus hereingebracht, ohne die Nutzung von Kühlaggregaten.

Luftbewegungen bewirken einen stärkeren Wärmeaustausch zwischen der Luft und der Körperoberfläche. Luftbewegungen über 0,2 m/s werden vor allem im Winter zu unangenehmen Zugluft-Erscheinungen führen. Luftgeschwindigkeiten bis 0,1 m/s werden hingegen nicht wahrgenommen. Mit steigender Raumlufttemperatur – also vorwiegend im Sommer – wird Luftbewegungen als angenehm empfunden.

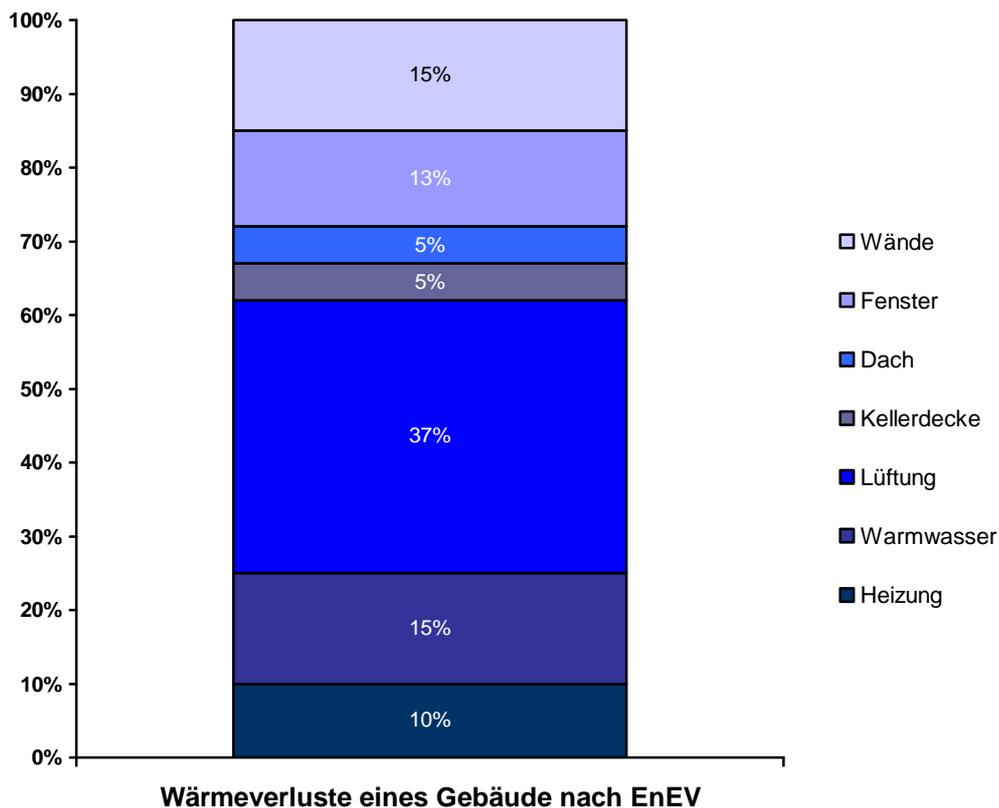
Ein gutes Belichten und Besonnen des Innenraumes ist für die Behaglichkeit von Räumen unabdingbar. Im wechselnden Tageslicht ohne Blendung liegt ein besonderer Reiz. Der natürliche Sonnenverlauf des Tages sowie Witterungsschwankungen sollten im Raum wahrnehmbar sein. Gleichzeitig kann auf einfache Weise die Sonnenenergie ohne technische Hilfsmittel genutzt werden. Der Blendschutz vermeidet für das Auge unangenehme Einstrahlungen, die z.B. bei Bildschirmarbeit störend wirken. Der Sonnenschutz hingegen hält die (im Sommer) unerwünschte Solarstrahlung ab.

Insgesamt ergeben sich viele Parameter, die das Wohlbefinden im Innenraum beeinflussen. Eine gute Chance für uns, denn diese Parameter können wir günstige gestalten mit dem Ziel hoher Raumluftqualität und niedrigen Energieverbrauchs.

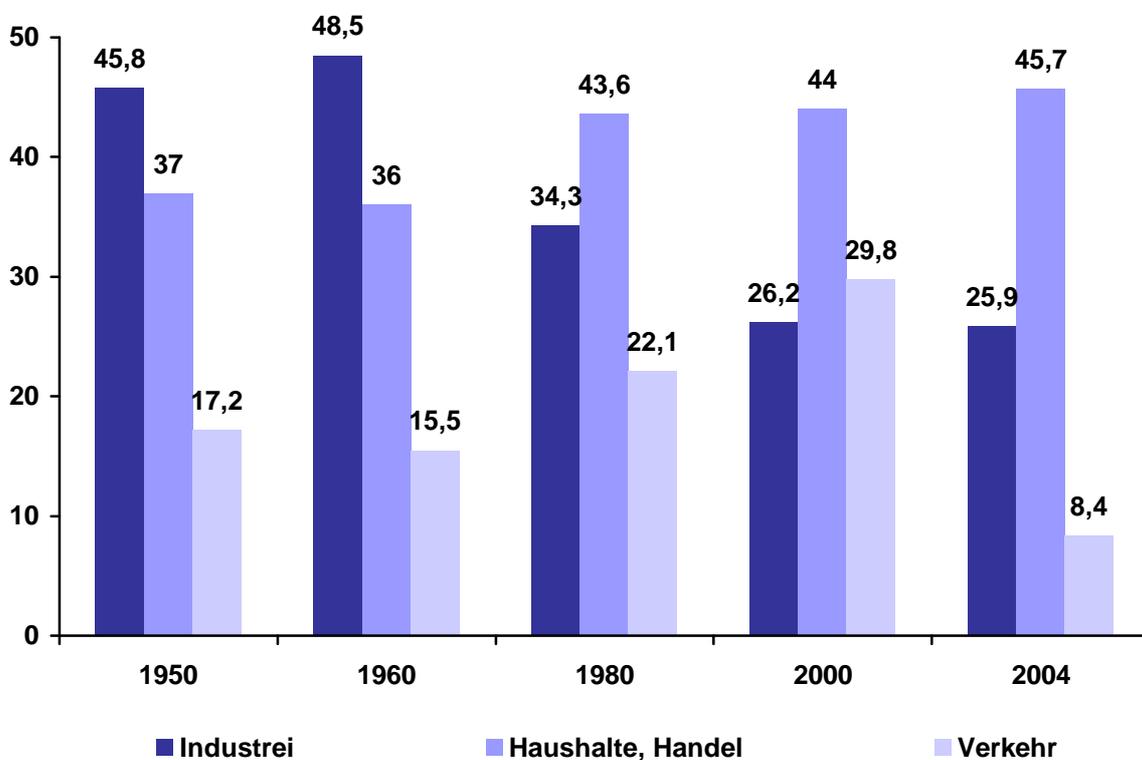
Die Sonne erwärmt die Außenluft und die Räume durch die Glasscheiben. Erst wenn all diese Wärmequellen nicht mehr ausreichen müssen wir zur Erwärmung der Frischluft und zum Ausgleich der Wärmeleitungsverluste durch die Bauteile heizen. Ab etwa 10°C Außentemperatur ist dies der Fall mit großen Unterschieden von Gebäude zu Gebäude.<sup>116</sup>

---

116. Glücklich, Detlef, Ökologisches Bauen, 2005



**Abbildung 67:** Anteilige Wärmeverluste eines Gebäudes nach EnEV.  
Quelle: Jahresbericht, 2007



**Abbildung 68:** Verbrauch an Endenergie nach Verbrauchergruppen  
Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, DIW Berlin

### 5.2.5. Rechnung von Heizenergiebedarf $\Phi_h$

So die Ermittlung des Heizwärmebedarfs pauschal eine ganze Heizperiode lang betrachtet wird, muss im Monatsbilanzverfahren der Heizwärmebedarf monatsweise nach der Gleichung:

$$\Phi_{h,M} = \Phi_{l,M} - \mu_M \cdot \Phi_{g,M}$$

berechnet werden mit:

$\Phi_{h,M}$ : der monatliche Heizwärmebedarf

$\Phi_{l,M}$ : die monatlichen Wärmeverluste

$\Phi_{g,M}$ : die monatlichen Wärmegewinne

$\mu_M$ : der monatliche Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne

Der Jahres-Heizwärmebedarf ergibt sich aus der Summe der Monate mit positiver Bilanzsumme zu:

$$\Phi_h = \sum \Phi_{h \cdot M / \text{pos}}$$

Die monatlichen Wärmeverluste  $\Phi_{l,M}$  eines Gebäudes berechnen sich aus den Transmissionswärmeverlusten  $H_T$  und den Lüftungswärmeverlusten  $H_V$  zu:

$$\Phi_{l,M} = 0,024 \cdot (H_T + H_V) \cdot (\theta_i - \theta_{e,M}) \cdot t_M$$

mit

$\Phi_{l,M}$ : die monatlichen Wärmeverluste [kWh]

0,024: Faktor in kWh = 1 Wd

$H_T$ : die spezifischen Transmissionswärmeverluste [W/K]

$H_V$ : die spezifischen Lüftungswärmeverluste [W/K]

$\theta_i$ : die Innentemperatur (+19 °C)

$\theta_{e,M}$ : die mittlere Außenlufttemperatur des betrachteten Monats

$t_M$ : die Anzahl der Tage des betrachteten Monats [d]

In die monatlichen Wärmegewinne  $\Phi_{g,M}$  eines Gebäudes gehen die monatlichen solaren Wärmegewinne  $\Phi_{s,M}$  und die monatlichen internen Wärmegewinne  $\Phi_{i,M}$  ein:

$$\Phi_{g,M} = 0,024 \cdot (\Phi_{s,M} + \Phi_{i,M}) \cdot t_M$$

mit:

$\Phi_{g,M}$ : die Wärmegewinne im Monatsmittel [kWh]

$\Phi_{s,M}$ : die mittleren monatsbezogenen solaren Strahlungs-Wärmegewinne [W]

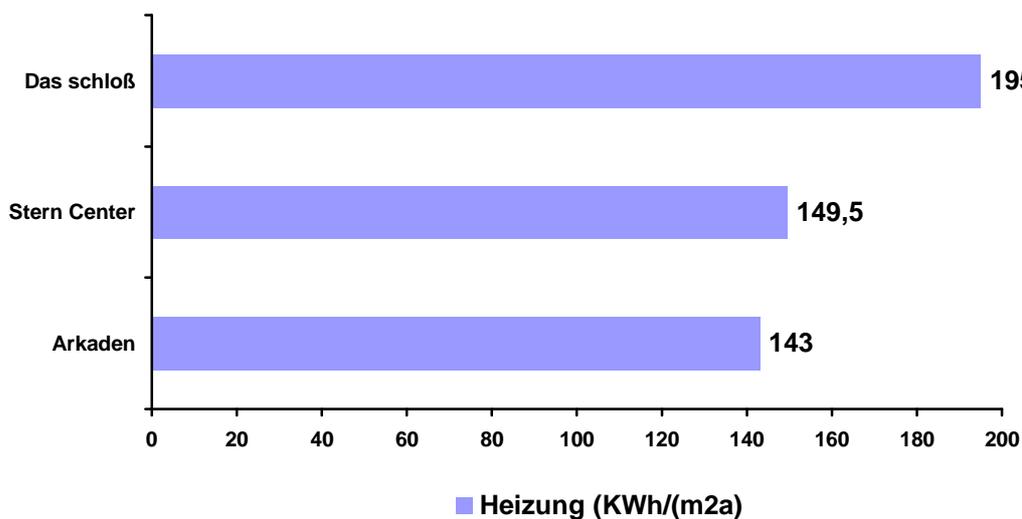
$\Phi_{i,M}$ : die monatsbezogenen internen Wärmegewinne [W]

$t_M$ : die Anzahl der Tage des betrachteten Monats [d] Der Jahres-Heizwärmebedarf ist Eingangsgröße zur Bestimmung des Jahres-Primärenergiebedarfs. Zu dem Jahres-Heizwärmebedarf  $\Phi_h$  wird zur Erfassung des Nutzwärmebedarfs für die Warmwasserbereitung ein feststehender Wert  $\Phi_w$  von 12,5 kWh/(m<sup>2</sup>·a) addiert:

$$\Phi_p = (\Phi_h + \Phi_w) \cdot e_p$$

Heizenergiebedarf	Bedarf Beispiel 1 Potsdamer Platz Arkaden	Bedarf Beispiel 2 Stern Center, Potsdam	Bedarf Beispiel 3 Das Schloss, Berlin
Wärmeerzeugen	110,14 KWh/(m <sup>2</sup> a)	119,79 KWh/(m <sup>2</sup> a)	141,24 KWh/(m <sup>2</sup> a)
Warmwasser	15,20 KWh/(m <sup>2</sup> a)	13,45 KWh/(m <sup>2</sup> a)	11,25 KWh/(m <sup>2</sup> a)
Übertragung	8,88 KWh/(m <sup>2</sup> a)	5,38 KWh/(m <sup>2</sup> a)	25,19 KWh/(m <sup>2</sup> a)
Transmission	5,33 KWh/(m <sup>2</sup> a)	8,76 KWh/(m <sup>2</sup> a)	8,44 KWh/(m <sup>2</sup> a)
Steuerung	3,45 KWh/(m <sup>2</sup> a)	2,12 KWh/(m <sup>2</sup> a)	8,88 KWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Gesamt</b>	<b>143,00 KWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	<b>149,50 KWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	<b>195,00 KWh/(m<sup>2</sup>a)</b>

**Tabelle 26:** Heizenergiebedarf der untersuchten Beispiele  
Quelle: Verfasser



**Abbildung 69:** Darstellung des Heizenergiebedarfs  $\Phi_h$   
Quelle: Verfasser

(Tab.26) und (Abb.72): Ergebnisse aus den durchgeführten Untersuchungen lassen sich für den Heizenergiebedarf in KWh/(m<sup>2</sup>a) aufstellen, die auch mit der Note 2 für das Beispiel 1 (Arkaden), die Note 2 auch für das Beispiel 2 (Stern Center), und die Note 4 für das Beispiel 3 (Das Schloss) aufweist.



<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>≥120 KWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	<b>≥140 KWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	<b>≥160 KWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	<b>≥180KWh/(m<sup>2</sup>a)</b>

Beispiel 1, Potsdamer Platz Arkaden, Berlin



<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>≥120 KWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	<b>≥140 KWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	<b>≥160 KWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	<b>≥180KWh/(m<sup>2</sup>a)</b>

Beispiel 2, Stern Center, Potsdam



<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>≥120 KWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	<b>≥140 KWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	<b>≥160 KWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	<b>≥180KWh/(m<sup>2</sup>a)</b>

Beispiel 3, Das Schloss, Berlin

1= sehr gut 2= gut 3= Genügend 4= nicht genügend

**Tabelle 27:** Indikator 7,  $\Phi_h$  Heizenergiebedarf

Quelle: Verfasser

### **5.3. Indikator 8: Lüftungsenergieverbrauch ( $\Phi_v$ )**

Mechanische Lüftungsanlagen im Einkaufszentrum dienen dazu, Gebäuden Luft zuzuführen und so aufzubereiten, dass die für die Benutzung der Räumlichkeiten erforderliche Luftqualität gewährleistet werden kann. Mechanische Lüftungsanlagen kommen dann zum Einsatz, wenn die Belüftung der Räumlichkeiten durch natürliche Lüftung (v. a. Fensterlüftung) nicht in ausreichender Menge und/oder Qualität erreicht werden kann.

Darüber hinaus kommen mechanische Lüftungsanlagen verstärkt zum Einsatz, da in den Einkaufszentren die Fensterbelüftung nicht genügend, und die belüfteten Räume sehr groß sind.

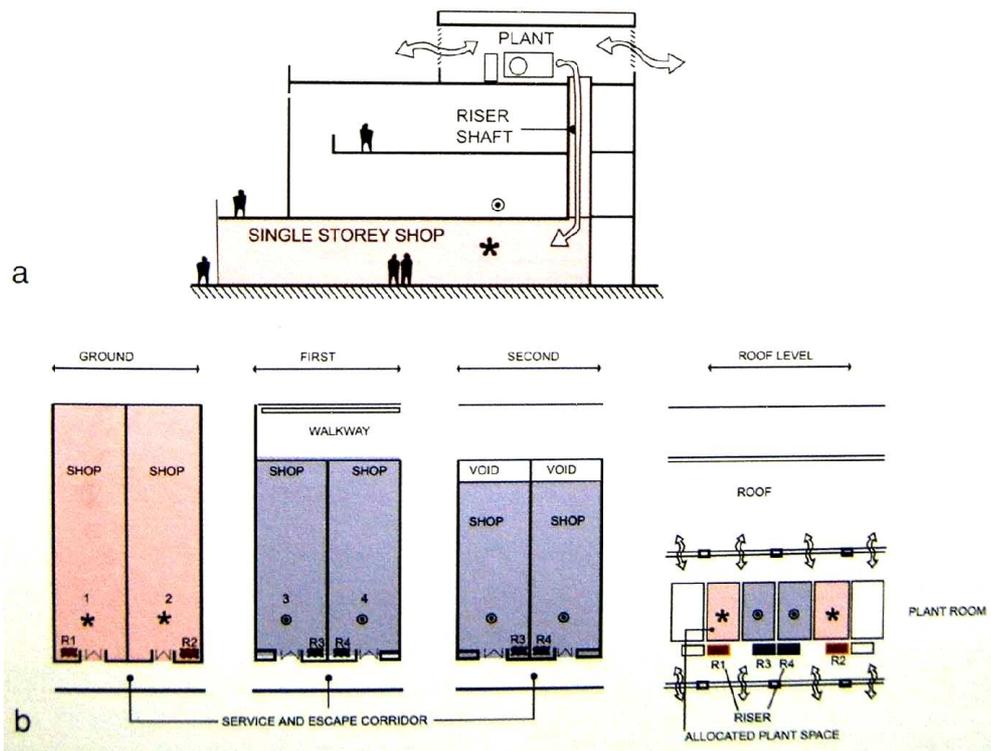
Die Luftbewegung in den Baukörpern des Gebäudes übt einen spürbaren Einfluss auf den Wärmehaushalt des Menschen und somit auf das Wohlbefinden aus, in DIN EN ISO 7730 sind Richtwerte für Luftgeschwindigkeit in Zusammenhang mit dem Turbulenzgrad der Strömung angegeben, da Luftströmungen mit wechselnden Anströmungsrichtungen und Geschwindigkeit das Zugempfinden verstärken. Bei Raumlufttemperatur von 20 °C wird schon eine Luftgeschwindigkeit von über 0.15 m/s als unbehaglich empfunden.

Wenn die Raumlufttemperatur bei über 23°C liegt, trägt jedoch eine erhöhte Luftgeschwindigkeit dazu bei, dass durch die Abgabe von Körperwärme ein behagliches Umfeld hergestellt wird. Bereits während der Planung und insbesondere auch bei der Bauüberwachung lassen sich spätere Zugluft-Erscheinungen durch eine wind- und luftdichte Detailausbildung vermeiden.

#### **5.3.1. Sommerliche Überhitzung**

Die Wärmespeicherfähigkeit der raumumschließenden Bauteile und die Gebäudelüftung sind weitere wichtige Parameter zur Vermeidung sommerlicher Überhitzung. Bei fehlenden Speichermassen führt der Wärmeeintrag direkt zu einer unbehaglichen Erhitzung der Raumluft. Ist ausreichend Speichermasse vorhanden, beispielsweise durch massive Decken, Wand- und Bodenbauteile, kann ein Teil der Wärmeenergie in den Bauteilen zwischengelagert werden. Dieser ist jedoch zeitversetzt abzuführen.

Es ist daher durch geeignete Maßnahmen eine thermische Entspeicherung sicherzustellen, z.B. Lüftung mit kühler Nachtluft. Entscheidend für die Wirksamkeit von Speichermassen ist deren direkte thermische Verbindung mit dem Innenraum. Wenn Aufgeständerte Boden, abgehängte Decken oder Vorsatzschalen an Wänden zum Einsatz kommen, wird der Wärmefluss zwischen Raumluft und Speichermasse unterbunden. Die thermische Aktivierung von Speichermassen hat oftmals Konsequenzen für die Raumgestaltung und die Raumakustik, beispielsweise bei Sichtbetondecken und Wänden. Bei der Innenraumgestaltung müssen diese Parameter entsprechend werden.



**Abbildung 70:** Lüftung durch Dachkanäle eines Einkaufszentrums  
Quelle: Energiesparverband, 2008

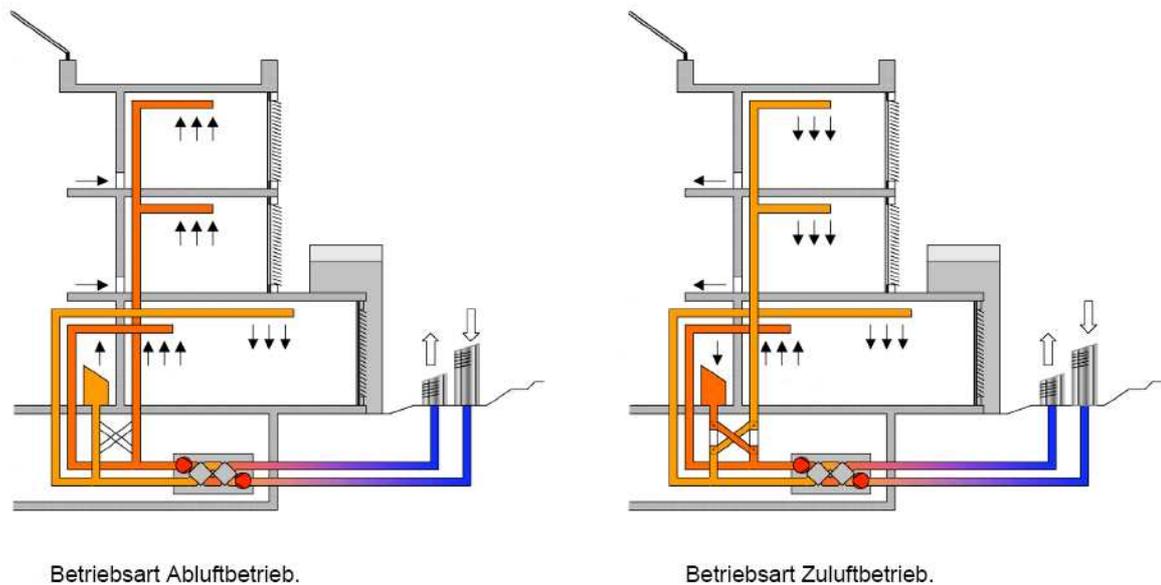
Neben Transmission und Solareinstrahlung kann eine unerwünschte Wärmezufuhr auch über den erforderlichen Luftaustausch erfolgen. Dies ist dann der Fall, wenn die Außenluft über der Raumtemperatur liegt, und direkt dem Raum zugeführt wird.

Bei doppelschaligen Fassaden kann die Luft in Zwischenraum thermisch besonders belastet sein, eine Optimierung des Luftaustausches kann über eine thermische Vorkonditionierung z.B. Erdkanal, Verdunstungskühlung, Wärme- bzw. Kälterückgewinnung erfolgen.

In den meisten Fällen ist dafür eine maschinelle Unterstützung mit entsprechendem Energiebedarf erforderlich. Sinnvoll ist eine Kombination von natürlicher und maschineller Lüftung vorhanden sein. Es wird nur in extremen Kälte- und Hitzeperioden, ca.30 % des Jahres, die maschinelle Lüftung eingesetzt, in der übrigen Zeit ist das Gebäude natürlich belüftbar, ohne den Innenraum thermisch zu belasten.

### 5.3.2. Luftdichtigkeit

Die Luftdichtigkeit nimmt bei hoch wärmegeprägten Gebäuden einen hohen Stellenwert ein. Ein Spalt von einem Millimeter Breite und einem Meter Länge bewirkt bei einem Druckunterschied von zehn Pascal einen konvektiv



**Abbildung 71:** Ab- und Zuluftbetrieb

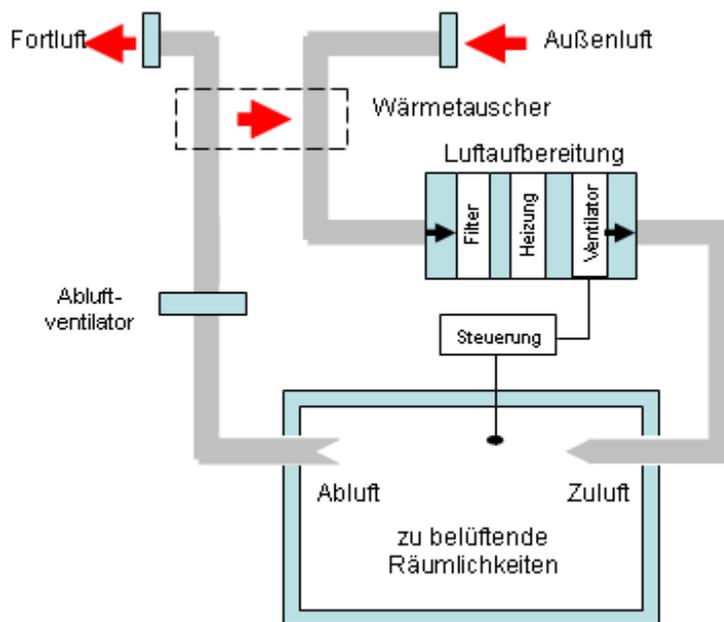
Quelle: Energiesparverband, 2008

bedingten Wärmetransport, der dem Transmissionswärmeverlust einer Fläche von einem Quadratmeter (Dämmstärke ca.10 cm) entspricht.

Zwischen Innen- und Außenbereich bestehen in der Heizperiode Druckunterschiede. Diese entstehen infolge von Wind und unterschiedlichen Druckverhältnissen in den Gebäuden. Die Wirkung des Windes auf den Luftwechsel des Gebäudes ist in Abb.70, 71 dargestellt. Der Druckunterschied entsteht durch Winddruck auf der einen Seite des Gebäudes und Sog auf der Anderen. Durch die nach oben steigende warme Luft entsteht im oberen Teil eines Gebäudes über-, und im unteren Teil Unterdruck. Ist die Luftdichtigkeit der Gebäudehülle nicht gewährleistet, strömt kalte Luft durch Leckagen im unteren Bereich des Gebäudes ein, im oberen Bereich strömt warme Luft nach außen. Hieraus resultieren Zugerscheinungen dann Bauschäden, die erhöhten Heizenergiebedarf und Unbehaglichkeitempfinden verursachen.

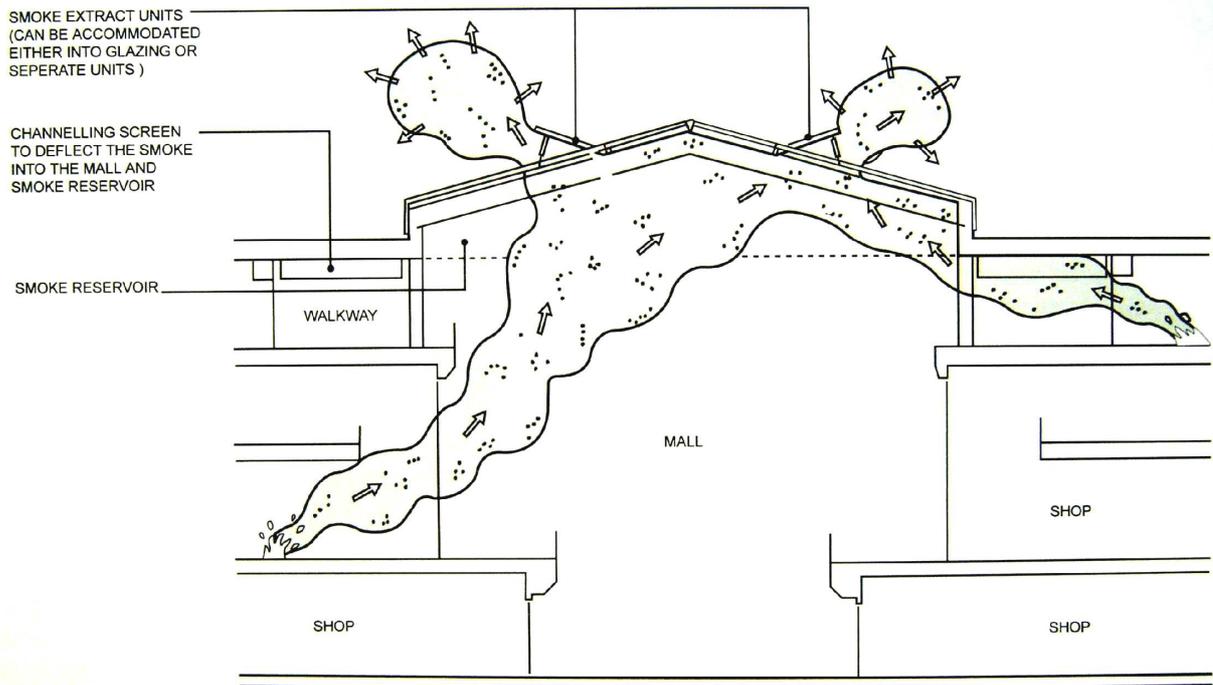
Die wichtigsten Komponenten einer Lüftungsanlage sind in der Abbildung 72 dargestellt.

Wenn in einer Lüftungsanlage die Luft durch Erzeugung von Kälte auch gekühlt wird, versteht man darunter eine (raumluftechnische) Klimaanlage. Die Kühlung von Räumen kann jedoch auch ohne Verbindung mit einer Lüftungsanlage erfolgen.<sup>117</sup>

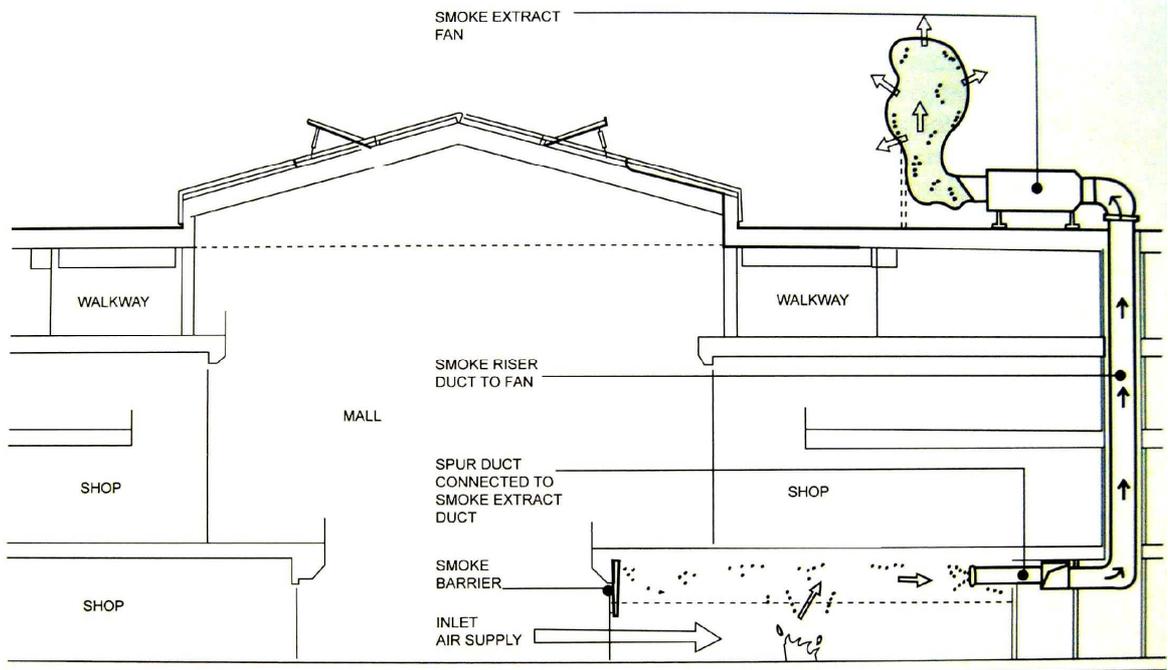


**Abbildung 72:** Struktur einer Lüftungsanlage  
Quelle: Energiesparverband, 2008

117. Der g-Wert gibt Aufschluss darüber, wie viel Energie des Sonnenlichtes das Fenster in Form von Kurzwellige Strahlung und Wärmeabgabe der Vergasung passiert.



**Abbildung 73: Überhitzung unter dem Glasdach**  
 Quelle: Daniels, Klaus, Dirk u. Hindrichs,2007



MECHANICAL VENTILATION

**Abbildung 74: mechanisches Ablüftsytstem**  
 Quelle: Daniels, Klaus, Dirk u. Hindrichs,2007

Der Energiebedarf einer Lüftungsanlage ist von vielen Faktoren abhängig und kann äußerst stark variieren. Bei gleichen Anforderungen an das Komfortniveau, kann der Stromverbrauch um den Faktor 10 variieren.

Der Stromverbrauch für die Luftförderung mit elektrisch angetriebenen Ventilatoren berechnet sich nach der einfachen Formel:

$$Q_{LF} = \frac{\dot{V} * \Delta p * t}{\eta_V * \eta_M * \eta_A}$$

- $Q_{LF}$  Stromverbrauch für die Luftförderung [kWh]
- $\dot{V}$  Luftvolumenstrom [ $m^3/h$ ]
- $\Delta p$  Gesamtdruckdifferenz [Pa] in den Rohrleitungen
- t Betriebszeit der Lüftungsanlage [h]
- $\eta_V$  Wirkungsgrad Ventilator
- $\eta_M$  Wirkungsgrad Motor
- $\eta_A$  Wirkungsgrad Antrieb

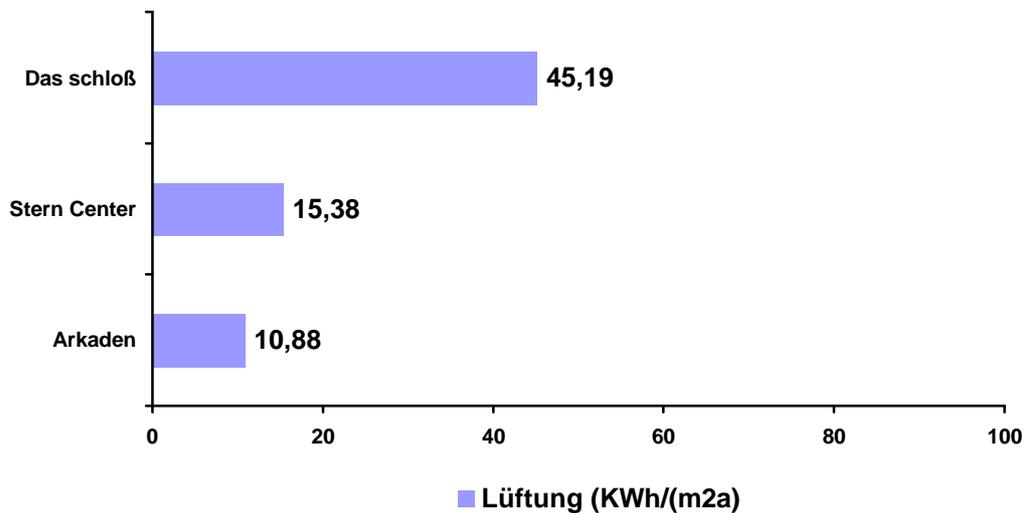
Das Produkt der drei Teilwirkungsgrade wird oft zum Gesamtwirkungsgrad  $\eta_{ges}$  zusammengefasst, vor allem dann, wenn ein Ventilator direkt durch den Motor angetrieben wird.

Lüftungsanlagen	Beispiel. 1 Potsdamer Platz Arkaden	Beispiel2. Stern Center, Potsdam	Beispiel 3. Das Schloss, Berlin
Luftwechsel	2 /h( $4,8m^3/hm^3$ )	1 /h( $4,8m^3/hm^3$ )	4/h( $12,56m^3/hm^3$ )
Lufttransport	9 $m^3/s$	12 $m^3/s$	22 $m^3/s$
Luftvolumenstrom	8.900 $m^3/h$	6.800 $m^3/h$	13.650 $m^3/h$
Energiebedarf	39,00 kWh/( $m^2 a$ ) 0,85 W/ $m^2$	33,68 kWh/( $m^2 a$ ) 1,02 W/ $m^2$	49,44 kWh/( $m^2 a$ ) 1,25 W/ $m^2$

**Tabelle 28:** Hilfsenergie bei der Lüftungsanlage der untersuchten Beispiele  
Quelle: Verfasser

Lüftungsenergie-Bedarf	Beispiel. 1 Potsdamer Platz Arkaden	Beispiel2. Stern Center, Potsdam	Beispiel 3. Das Schloss, Berlin
Ventilation	24 KWh/(m <sup>2</sup> a)	25 KWh/(m <sup>2</sup> a)	23 KWh/(m <sup>2</sup> a)
Transmission	8 KWh/(m <sup>2</sup> a)	12 KWh/(m <sup>2</sup> a)	19 KWh/(m <sup>2</sup> a)
Verluste	2 KWh/(m <sup>2</sup> a)	2 KWh/(m <sup>2</sup> a)	3 KWh/(m <sup>2</sup> a)
Steuerung	5 KWh/(m <sup>2</sup> a)	5,35 KWh/(m <sup>2</sup> a)	4.44 KWh/(m <sup>2</sup> a)
Gesamt Bedarf	39,00 KWh/(m <sup>2</sup> a)	33,68 KWh/(m <sup>2</sup> a)	49,44 KWh/(m <sup>2</sup> a)

**Tabelle 29:** Lüftungsenergiebedarf der untersuchten Beispiele  
Quelle: Verfasser



**Abbildung 75:** Darstellung der Ergebnisse  $\Phi_V$  Lüftungsenergiebedarf  
Quelle: Verfasser

Bei den durchgeführten Untersuchungen lässt sich eine Skala für den Indikator  $\Phi_V$  in kWh/(m<sup>2</sup>a) in der Tab. 28, 29 und der Abb.78, aufstellen, die auch mit der Note 1 für das Beispiel 1 (Arkaden) und das Beispiel 2 (Stern Center), sogar die Note 3 für das Beispiel 3 (Das Schloss) aufweisen.



1	2	3	4
$\geq 20$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	$\geq 40$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	$\geq 60$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	$\geq 80$ kWh/(m <sup>2</sup> a)

Beispiel 1, Potsdamer Platz Arkaden, Berlin



1	2	3	4
$\geq 20$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	$\geq 40$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	$\geq 60$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	$\geq 80$ kWh/(m <sup>2</sup> a)

Beispiel 2, Stern Center, Potsdam



1	2	3	4
$\geq 20$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	$\geq 40$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	$\geq 60$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	$\geq 80$ kWh/(m <sup>2</sup> a)

Beispiel 3, Das Schloss, Berlin

1= sehr gut 2= gut 3= Genügend 4= nicht genügend

**Tabelle 30:** Indikator 8,  $\Phi_V$  Lüftungsenergiebedarf.

Quelle: Verfasser

### 5.3.3. Wärmerückgewinnung (WRG)

Durch Lüftungsanlagen wird in der kalten Jahreszeit erwärmte Luft nach außen befördert. Durch einen Wärmetauscher kann die Wärmeenergie der Abluft entzogen werden, um sie dann wieder der Zuluft zuführen zu können. Dadurch können die Lüftungswärmeverluste – und damit der Heizwärmebedarf – erheblich reduziert werden.

Als Vorteile der Wärmerückgewinnung (WRG) bei Lüftungsanlagen sind zu sehen:

- Verringerung der Anschlussleistungen [kW] für Heiz- und Kälteenergie;
- Verringerung des Energieverbrauchs [kWh] für Heizung und Kühlung;
- Verkleinerung oder allenfalls sogar Entfall von Heizkessel, Kältemaschine, Rückkühlwerk, Verrohrung, Technikzentrale, Schornstein usw.
- Verringerung der Investitions- und Betriebskosten
- Verringerung der Schadstoffemissionen
- eventuell Entfallen des Nacherwärmers für komfortable Zulufttemperatur aufgrund der Verringerung der Temperaturdifferenz

Die Effizienz des Wärmetauschers wird dabei über die Rückwärmezahl beschrieben. Diese liegt zumeist zwischen 0,4 und 0,8. Es ist zu beachten, dass eine hohe Rückwärmezahl zumeist einen höheren Druckverlust im Wärmetauscher bedingt. <sup>118</sup>

$$\phi = \frac{t_{AB} - t_{Fort}}{t_{AB} - t_{Aussen}}$$

$\phi$  Rückwärmezahl

$T_{ab}$  Temperatur der abzuführenden Luft vor dem Wärmetauscher

$T_{Fort}$  Temperatur der abzuführenden Luft nach dem Wärmetauscher

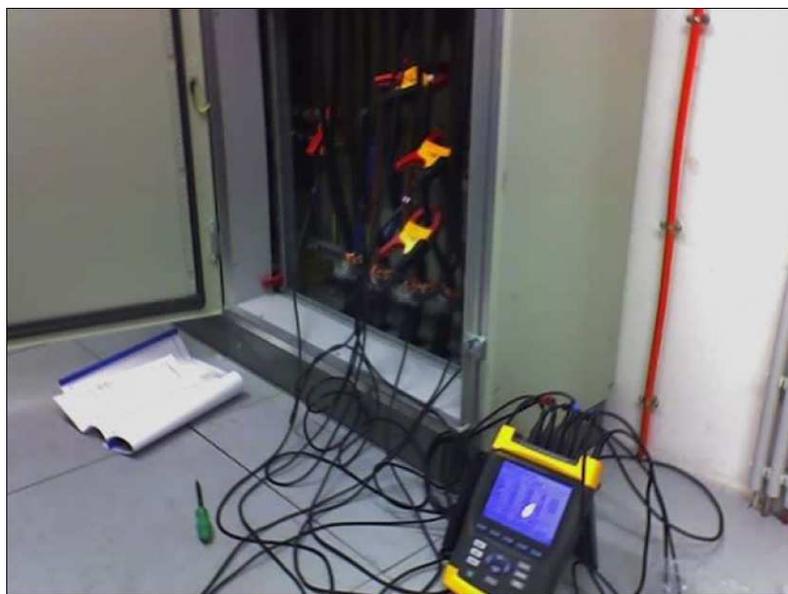
$T_{Außen}$  Temperatur der Außenluft

---

118. Rietz, Andreas, Technologische Neurungen, 2007, S:66



**Abbildung 76:** Lüftungsanlagen eines Einkaufszentrums  
Quelle: Rietz, Andreas, Technologische Neurungen, 2007



**Abbildung 77:** Lüftungsmanagement in einem Einkaufszentrum  
Quelle: Rietz, Andreas, Technologische Neurungen, 2007

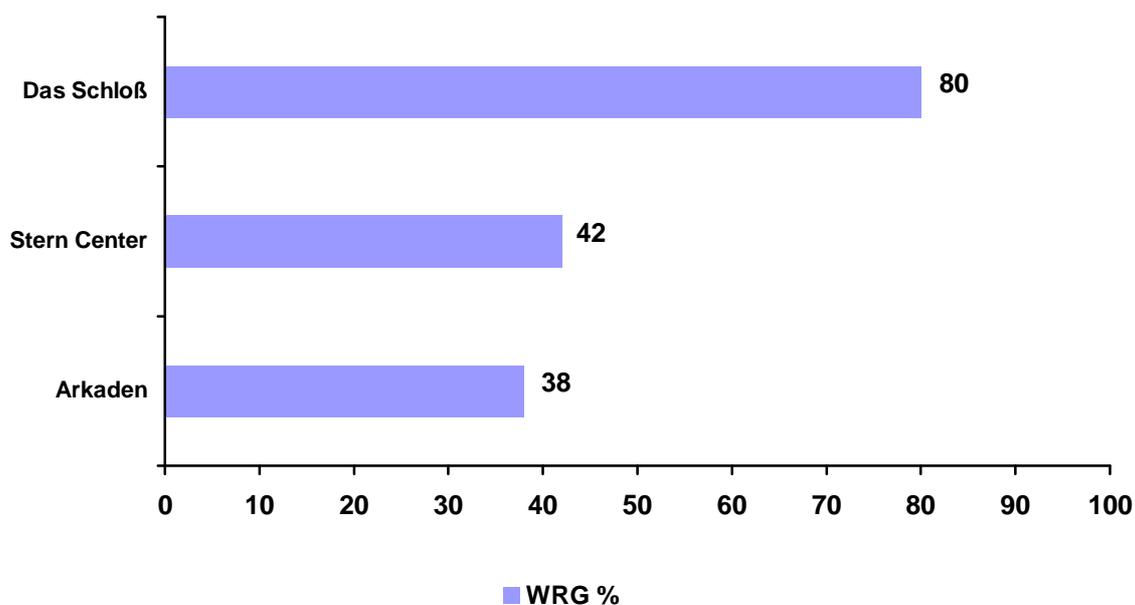
WRG – System	Wärmeübertragung	Rückwärmzahl
Rekuperative Systeme		
	Kreuzstrom	0,4-0,8
	Gegenstrom	0,3-0,5
Regenerative Systeme		
Kreislauf-Verbundsysteme	Kompakt-Wärmetauscher	0,3-0,5
	Gegenstrom-Schichtwärmetauscher	0,7-0,8
Wärmerohr	Schwerkraftwärmerohr (Thermosion)	0,2-0,4
	Kapillarwärmerohr	0,5-0,8
Regeneratoren		
Rotoren	Rotor mit Sorption	0,7-0,8
	Rotor ohne Sorption	0,7-0,8
Sonstige	Kapillargebläse	0,2-0,4
	Umschalt Speicher	0,6-0,9

**Tabelle 31:** Arten von Wärmetauschern

Quelle: Rietz, Andreas, Technologische Neurungen, 2007

Die Erfahrung zeigt, dass sich die Installation einer Wärmerückgewinnung bereits bei kleinem Luftvolumen (ab ca. 2000 m<sup>3</sup>/h) und teilweise auch schon darunter auszahlt. (Tab.31)

Aus dieser Betrachtung lässt sich im Rahmen dieser Indikator 8: Lüftungsenergiebedarf, in dem nachfolgenden Diagramm die Wärmerückgewinnungszahl der Anlage aufweisen. (Abb.78)



**Abbildung 78:** Darstellung der Wärmerückgewinnung durch die Lüftungsanlagen. Quelle: Verfasser

#### 5.4. Indikator 9: Beleuchtungsenergiebedarf ( $\Phi_L$ ).

Eigentlich kann man so das primäre Tageslicht definieren, der von der Sonne abgestrahlte Licht. An der Sonnentagen erhalten wir eine gute Beleuchtungsstärke von 40.000 bis 100.000 Lux im Bereichen der Sonnenscheins, 10 -20 % reduziert sich den Wert im Schattenbereiche. Bei bewölktem Himmel kann das Tageslicht stark abnehmen je nach Dichte der Bewölkung ebenfalls auf ein Zehntel des Werts gegenüber Sonnentagen.

Tageslicht variiert in Qualität und Quantität nicht nur nach Bewölkung, sondern auch nach geografischen Situation, Orientierung, Jahres- und Tageszeiten. Von Bedeutung ist der Unterscheidung in horizontal und vertikal beleuchtete Flächen. Und sozusagen bei tief stehender Sonne steigt die vertikale Helligkeit und die horizontale lässt nach. Bei bedecktem Himmel tritt eine ungefähre Konstanz beider Helligkeitsflächen auf. Das primäre Licht ist natürlich nicht sichtbar, sondern nur an seine Wirkung spürbar, indem es auf ein Objekt trifft. Die Objekte werden ausschließlich durch ihre Reflexion des auffallenden Lichtes sichtbar. So auch medizinisch und physikalisch mit dem Funktion unserem Augen kann man das verstehen. Dieses reflektierte Licht wird als sekundäres Licht bezeichnet.<sup>119</sup>

Tageslicht ist für den Mensch lebensnotwendig und sollte deswegen in seiner spektralen Zusammensetzung als natürliche Lichtquelle benutzt werden, insbesondere in den Einkaufszentren.

Durch die natürliche Belichtung mit Tageslicht innerhalb von Räumen wird vom Menschen die Kontinuität von Raum und Zeit wahrgenommen. Natürliches Tageslicht ist ein wesentlicher Faktor gesunden Innenraumklimas. Vorteile von Tageslicht gegenüber künstlicher Beleuchtung sind weiterhin die sehr gute Lichtqualität und Farbwiedergabe und die unentgeltliche Verfügbarkeit. im Sommer wird durch natürliche Belichtung die Kühllast der Gebäude verringert.

Für die normalen Arbeitsräume wird die Sichtverbindung nach außen hervor gehoben. Für die als Sichtverbindung erforderlichen flächen wird zwar nur eine Gesamtfläche der Verglasung von Einzehntel der Raumgrundfläche gefordert, dennoch sollte die verglaste Fläche in der Regel wesentlich höher sein, um mit Blend- und Verschattungselementen eine Variable und vielgestaltige Raumausleuchtung zu ermöglichen.

Die Tageslichtverteilung in einem Raum ist daher abhängig von:

- Größe und Anforderung der Fenster
- Orientierung des Fensters
- Sichtbaren Himmelsanteilen
- Position des Fensters bezüglich des Innenraumes

---

119. Glücklich, Detlef, Ökologisches Bauen, 2005 S:53

- Größe und Form des Raumes
- Farbe der Wände und Decken sowie auch die Raumordnung
- Verglasungsart

Durch mache planerische Maßnahmen könne helle Räume mit dem Erlebnis des Lichtverhältnisses über den Tag geschaffen werden.

Konventionelle Tageslichtnutzung erfolgt über Öffnungen in der Gebäudehülle, und das bedeutet natürlich der Fassade, dem Dach oder Seiten- und Oberlicht. Atrien, die verglaste Lichthöfe sind, insbesondere bei Kaufhäusern bzw. Shopping-Centers gestatten eine Belichtung in der Tiefe des Gebäudes, Flure und Räume erhalten zusätzlich Tageslicht. Gleichzeitig kann über das Atrium günstig ohne großen Rohrleitungsaufwand gelüftet werden – und zwar für Quer-Kaminlüftung. Auch eine unterschiedliche Geschosszahl z.B. an der Süd- und Nordseite, nutzt das Tageslicht günstig. Eine geneigte Nordfassade lässt Himmelslicht in das Einkaufszentrum eintreten.

Atrienhöfe an der Südfassade oder kammartige Grundrissgestaltung lassen das Licht tief in dem Gebäude eindringen.

Für eine Optimale Beleuchtung muss der Raum Kontrastarm, gleichmäßig hell und ohne Blendung ausgeleuchtet werden. In Fensternähe ist die Beleuchtungsstärke sehr hoch, und Blendungs- und Überhitzungsprobleme können auftreten. Weniger Meter tiefer in den Raum kann das Beleuchtungsstärkeniveau schon zu niedrig für eine normale Nutzung sein, so dass Kunstlicht genutzt wird.<sup>120</sup>

Die verbesserte Tageslichtnutzung kann durch die Anforderung und Größe der Glasfläche günstig beeinflusst werden. Je mittiger die Glasfläche in der Raumbereite gelegen und je geringer ihr Abstand zu decke ist, umso besser die Breiten- und Tiefenausleuchtung des Raumes sowie die Lichtstreuung oder -lenkung in der Verglasungsebene (Tageslichtsysteme), Über-Kopf-Verglasung gibt besonders gutes Himmelslicht, birgt aber auch die Gefahr der sommerlichen Überhitzung. In den meisten Einkaufszentren macht die Beleuchtungsenergie einen wesentlichen Anteil des Gesamtenergieverbrauchs aus. Aus diesem Grund sollte dem Tageslicht optimale Nutzung geschaffen werden, um so Energie für künstliches Licht einzusparen.

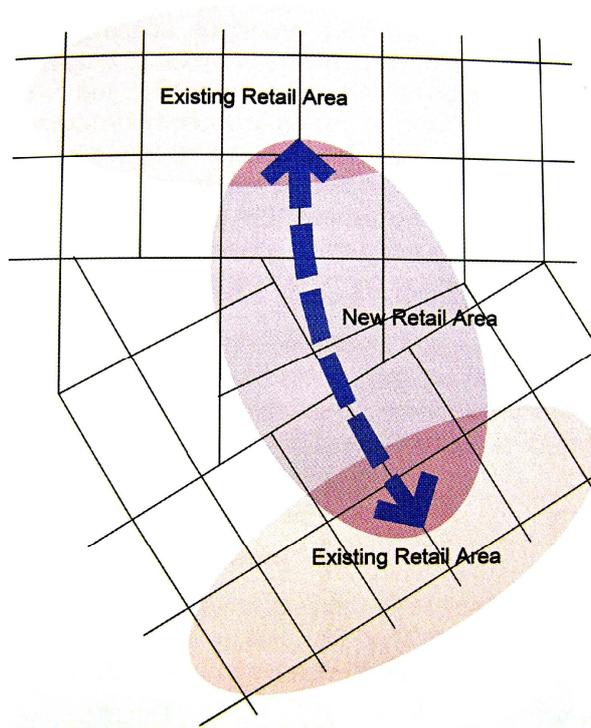
#### **5.4.1. Natürliche Beleuchtung von Innenräumen (Atrien)**

In den Atrien muss die Eigenverschattung durch das Gebäude berücksichtigt werden, die sich auf die Beleuchtungsstärke auswirkt. Da die Atrien meist individuell geplant sind, empfiehlt sich die Verwendung computergestützte Planungsinstrumente zur Bestimmung der Lichtverteilung im Gebäude.

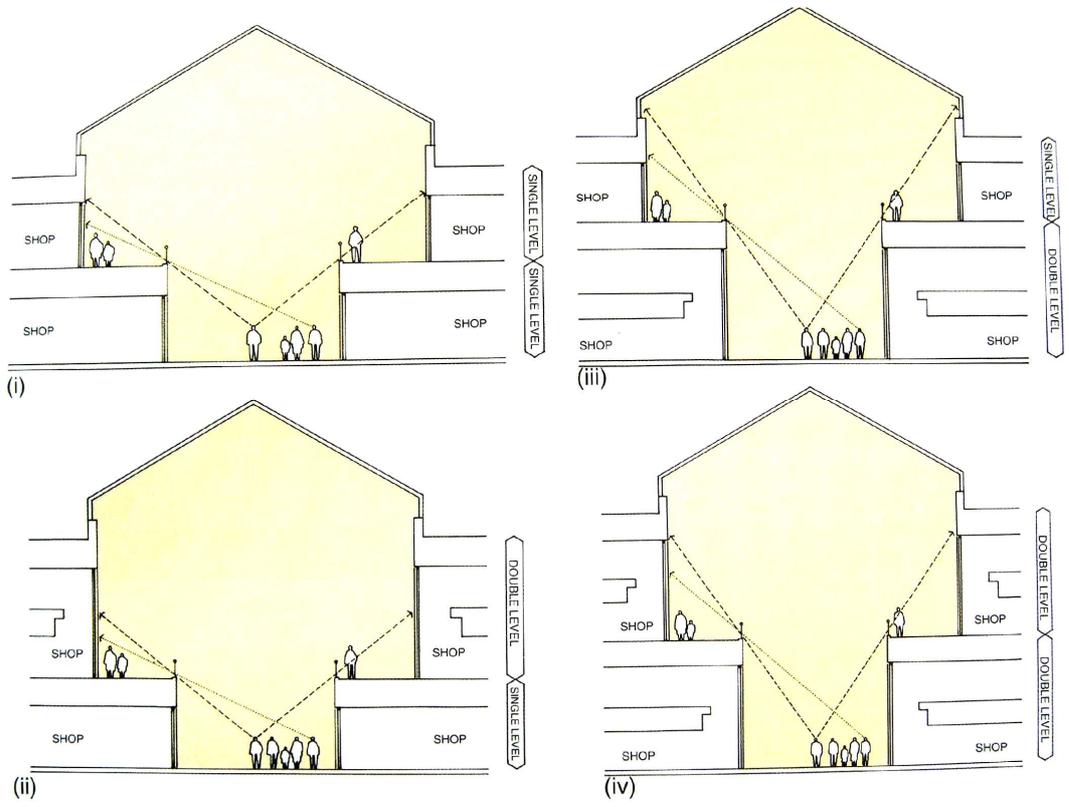
Bei seitenbelichtetem Raum ist deutlich zu erkennen, dass das Tageslichtangebot in größerer Raumtiefe stark abnimmt, das im Brüstungsbereich einfallende Licht kann kaum zur Belichtung des Raumes benutzt werden. (Abb.79, 80)

---

120. Glücklich, Detlef, Ökologisches Bauen, 2005, S:55



**Abbildung 79:** Die Ausrichtung der Einkaufsräume  
 Quelle: Glücklich, Detlef. 2005



**Abbildung 80:** Die Sicht und Tageslichtnutzung im Einkaufszentrum  
 Quelle: Glücklich, Detlef. 2005

Oberlicht und Tageslichtöffnungen in der Decke bringen eine beträchtliche Verbesserung der Beleuchtungsverhältnisse und des Tageslichtquotienten. Die Effektivität eines Oberlichtes als natürliche Raumbeleuchtung ist deutlich höher als die eines Seitenlichtes, bei dessen Öffnungen es sich entweder um Oberlichter oder um Shed-Dächer handelt, deren vertikale Seite verglast ist. Direkte Sonneneinstrahlung sollte abgeschirmt oder reflektiert werden. Um Blendung und Überhitzung zu vermeiden.(Abb. 80)

#### **5.4.2. Tageslichtsysteme**

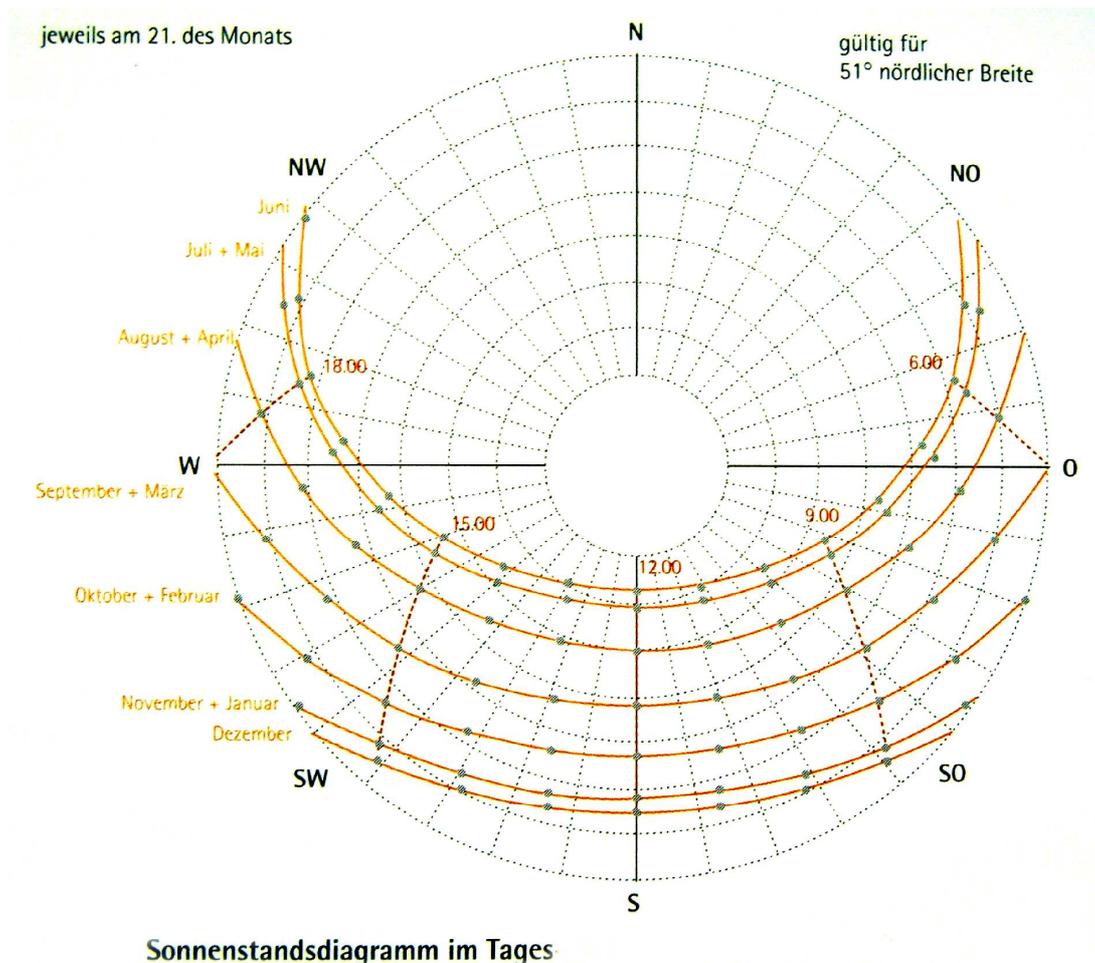
Lichtstreuung und –Lenkung kann durch Prismensysteme, Spiegelsysteme, reflektierende Lamellen usw. sowie die indirekte Beleuchtung des Raumes durch eine reflektierende, mit Spiegelflächen versehene Decke erreicht werden. Tageslichtsysteme ermöglichen eigentlich das Arbeiten mit natürlichem Licht, ohne Blendung oder unerwünschte Wärmebelastung, außerdem reduzieren sie den Beleuchtungsbedarf, und das ist unser Ziel. Sie nutzen die Vorzüge des Himmelslichtes und schließen die Nachteile des Sonnenlichts weitgehend aus. Dieses Ziel zeigt die gleichmäßige und ausreichende Ausleuchtung des Raumes auch in größerer Raumtiefe insbesondere des Arbeitsplatzes. Meist wird ein Überangebot an Sonnenlicht im Fensterbereich in den Raum umgelenkt. So kann das Tageslicht besser genutzt werden. Tageslichtsysteme werden unterschiedlich konzipiert und ausgeführt, je nach ihren Anforderungen und Ansatzgebieten am Gebäude:

- Als Sonnenschutz – die direkte Sonneneinstrahlung wird ausgeblendet und nur das allgemeine Licht kommt in den Raum.
- Zu der Lichtlenkung – das Licht kann z.B. über Schwerter oder Spiegelkonstruktionen gesammelt und durch ein Umlenkprisma auf die Decke projiziert und dadurch gleichmäßig im Raum verteilt werden. Reflektorisch ausgebildete Decken transportieren das einfallende Tageslicht in die Tiefe des Raumes.

Eine Kombination beider Systeme ist schon möglich, dadurch wird neben der entscheidenden Verbesserung der Lichtverhältnisse in der Tiefe des Raumes die Blendung reduziert, elektrische Energie für künstliche Beleuchtung eingespart sowie Überhitzungsschutz im Sommer realisiert. Die wichtigsten Tageslichtsysteme werden im Folgenden vorgestellt.

#### **5.4.3. Lichtlenkung**

In Mitteleuropa gibt es ein vergleichsweise größeres Angebot an diffuser als an direkter Solarstrahlung. Das diffuse Licht wird mittels eines Diffuslichtlenkungssystems in eine Vorzugsrichtung umgeleitet, damit es wie direktes Licht genutzt werden kann. Mit diesem System lassen sich Blendungen im Fensterbereich verringern und gleichzeitig größere Raumtiefen aufhellen. Lichtlenkung wird z.B. mittels Lichtschwert und Nordlichtumlenkung mit holographisch-optischen Elementen erreicht. Auch Lichtlenkglas, Lichtschwert



**Abbildung 81:** Sonnenstandsdiagramm am Tag. Quelle: Daniels, Klaus.2005

drehbare Lamellen, Jalousien zur Lichtumlenkung, holografisch –optische Elemente in Oberlicht-Heliostaten (Spiegel zur Umlenkung des Sonnenlicht-einfall) dienen der Lichtumlenkung.

Lamellen werden vornehmlich als Sonnenschutz genommen und sind vor oder innerhalb vertikaler Fenster installiert. Sie können auch zur Lichtumlenkung genutzt werden, wenn die Lamellenoberfläche reflektierend ausgeführt wird und der Winkel der Lamellen richtig eingestellt ist. Durch Verglasungen mit speziellen Spiegelprofilen im Glaszwischenraum kann das Licht sonnenstandsabhängig gelenkt werden. (Abb.81)

#### 5.4.4. Sonnenschutz mit Diffuslichtdurchlass

Diffuses Licht kann mit Hilfe von Prismenplatten, Prismen, Aluminiumlamellen und Sonnenschutzspiegelrastern durchgelassen werden. Auch für holografisch–optische Elemente werden zum Diffuslichtdurchlass Rollos und Markisen mit entsprechenden Stoffen und außenseitige Reflexionsschicht benutzt. Elektrooptisch schaltbare Systeme sind neuere Entwicklungen. Dabei wird ein Film aus Flüssigkristallen in die Scheibe integriert. Abhängig von einen elek-

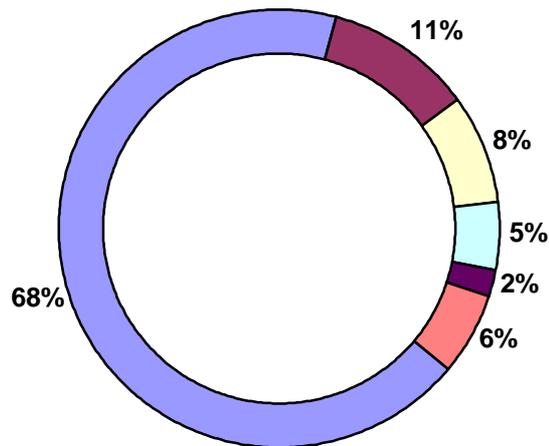
trischen Spannung, erscheint die Scheibe völlig transparent oder gewissen undurchsichtig. Die elektrische Spannung kann mittels handelsüblicher Schaltsysteme (Zeitschalter, Fotosensoren, Bewegungsmelder,...) verändert werden. Ein Blendschutz ist immer dann notwendig, wenn direktes Sonnenlicht auf Personen oder Bildschirme trifft. Beim Einsatz von Sonnen- oder Blendschutz sollten die natürliche Belichtung sowie die Blickkontakte nach außen bestehen bleiben. Bei der Sonneneinstrahlung muss ein Blendschutz in Augenhöhe vorhanden sein, bei hoch stehender Sonne muss er speziell im Oberen Fensterbereich vorgesehen werden. Der Blendschutz soll nur da, wo er notwendig ist eingesetzt werden, um die natürliche Belichtung und den Blickkontakt nach außen weiterhin durch die Restverglasungsfläche zu ermöglichen. Ein Blendschutz kann auch raumseitig angebracht sein. Jalousien, Rollos und Faltstores sind gängige Blendschutzsysteme. Der Blendschutz muss auf der Fensterinnenseite angebracht werden, da sonst die Solarenergie nicht passiv genutzt werden kann. Dort kann er bei nicht zu großen Glasflächen, mit dem Sonnenschutz versehen werden. Bei den meisten Geschäftshäusern wird der außenseitige Sonnenschutz als Blendschutz verwendet. Gerade die tief stehende Wintersonne wird dann ausgesperrt und kann nicht heizen. Zudem wird dann noch wegen der Verdunklung die elektrische Beleuchtung eingeschaltet.

#### **5.4.5. künstliche Beleuchtung**

Die künstliche Beleuchtung muss immer mit elektrischem Strom betrieben werden. Dies ist eine hochwertige Energieform und der Wirkungsgrad der konventionellen Erzeugung elektrischer Energie ist sehr niedrig. Die Elektroenergie wird in Beleuchtungskörpern nur zum Teil in Licht umgewandelt, ein anderer Teil in Wärme. Wie hoch das Verhältnis Licht zu Wärme ist, hängt vom Beleuchtungskörper ab. Normale Glühlampen wandeln nur wenige Prozent der Elektroenergie in Licht um. Die Wärmeentwicklung durch die Beleuchtung kann beträchtlich sein.

Sie macht einen Teil des internen Wärmegewinns aus. Besonders in Gebäuden mit viel künstlicher Beleuchtung besteht die Gefahr der sommerlichen Überhitzung. Vorschaltgeräte wirken für Leuchtstofflampen Strom begrenzend. Die Wirkungsgrade von elektronischen Vorschaltgeräten sind am größten, gefolgt von verlustarmen Vorschaltgeräten und konventionellen Vorschaltgeräten.

Die Beleuchtungsstärke künstlicher Beleuchtung und die Art der Beleuchtung wirken sich direkt auf den Stromverbrauch, sowie die Dauer der künstlichen Beleuchtung aus. Die Anforderungen an die Beleuchtungsstärke sind daher sehr unterschiedlich: in Verkaufsräumen ist eine sehr viel höhere Beleuchtungsstärke erforderlich.



■ Mietbereiche  
 ■ Einkaufspassage  
 ■ Park  
 ■ Fassade  
 ■ Aussenlicht/Reklame  
 ■ Sonstiges

**Abbildung 82:** Energiebedarf Beleuchtung eines Einkaufszentrums im Durchschnitt. Quelle: Immobilien Zeitung, 5,2008, Bohne

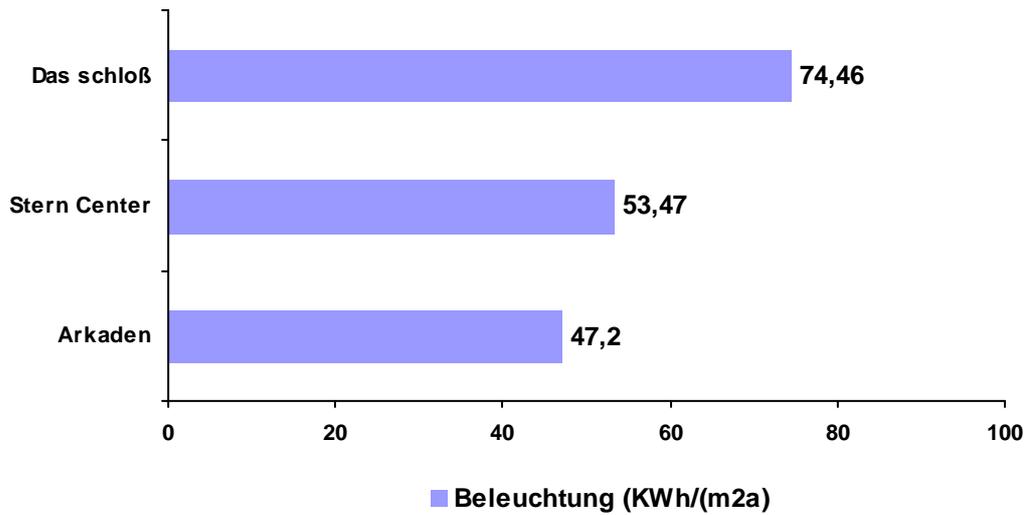
Bei künstlicher Beleuchtung sollte die zu beleuchtende Fläche in unabhängig voneinander kontrollierbare Zonen aufgeteilt werden, die jeweils elektronisch gesteuert werden können. (Abb.82)

Diese Aufteilung erfolgt mit Rücksicht auf das Tageslicht so dass die aktive Fläche zur natürlichen Beleuchtung in der Nähe des Fensters liegt. Reihenweise Regulierung der künstlichen Beleuchtung (Reihenparallel zum Außenfenster) kann von den Personen im Raum gemäß deren Bedürfnissen durchgeführt werden. Allerdings wird gewöhnlich eine Überleuchtung nicht wahrgenommen und kann so zu Stromvergeudung führen.

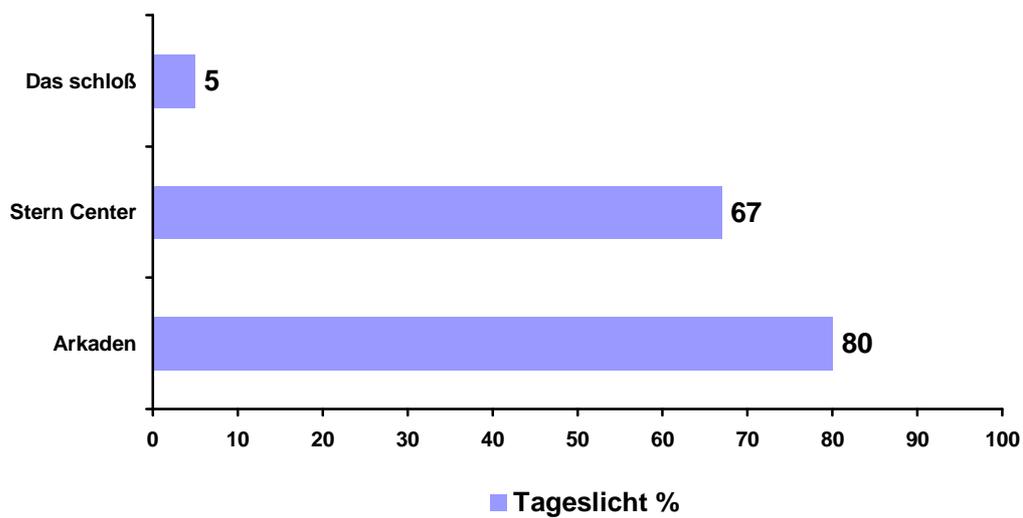
Helligkeitssensoren und Anwesenheitsmelder helfen, künstliche Beleuchtung nur dann zu verwenden, wenn sie notwendig ist. Lichtsimulationen unterstützen die Dimensionierung künstlicher Beleuchtung zu den sicherstellenden Helligkeiten.<sup>121</sup>

---

121. Glücklich, Detlef, Ökologisches Bauen, 2005, S: 55



**Abbildung 83:** Darstellung des Beleuchtungsenergiebedarfs der untersuchten Beispiele. Quelle: Verfasser



**Abbildung 84:** Darstellung des Tageslichts  
Quelle: Verfasser

Die Bewertung für den Indikator 9:  $\Phi_L$  wird zunächst dargestellt. In einer Skala lassen sich die Werte in kWh/(m<sup>2</sup>a) aufstellen, die auch auf der Note 1 für das Beispiel 1 (Arkaden), die Note 2 für das Beispiel 2 (Stern Center), und die Note 4 für das Beispiel 3 (Das Schloss) aufweisen. (Tab.32)



1	2	3	4
$\geq 40 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$	$\geq 50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$	$\geq 60 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$	$\geq 70 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$

Beispiel 1, Potsdamer Platz Arkaden, Berlin



1	2	3	4
$\geq 40 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$	$\geq 50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$	$\geq 60 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$	$\geq 70 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$

Beispiel 2, Stern Center, Potsdam



1	2	3	4
$\geq 40 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$	$\geq 50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$	$\geq 60 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$	$\geq 70 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$

Beispiel 3, Das Schloss, Berlin

1= sehr gut 2= gut 3= Genügend 4= nicht genügend

**Tabelle 32:** Indikator 9,  $\Phi_L$  Beleuchtungsenergiebedarf.

Quelle: Verfasser

## 5.5. Indikator 10: Primärenergiebedarf ( $\Phi_p$ )

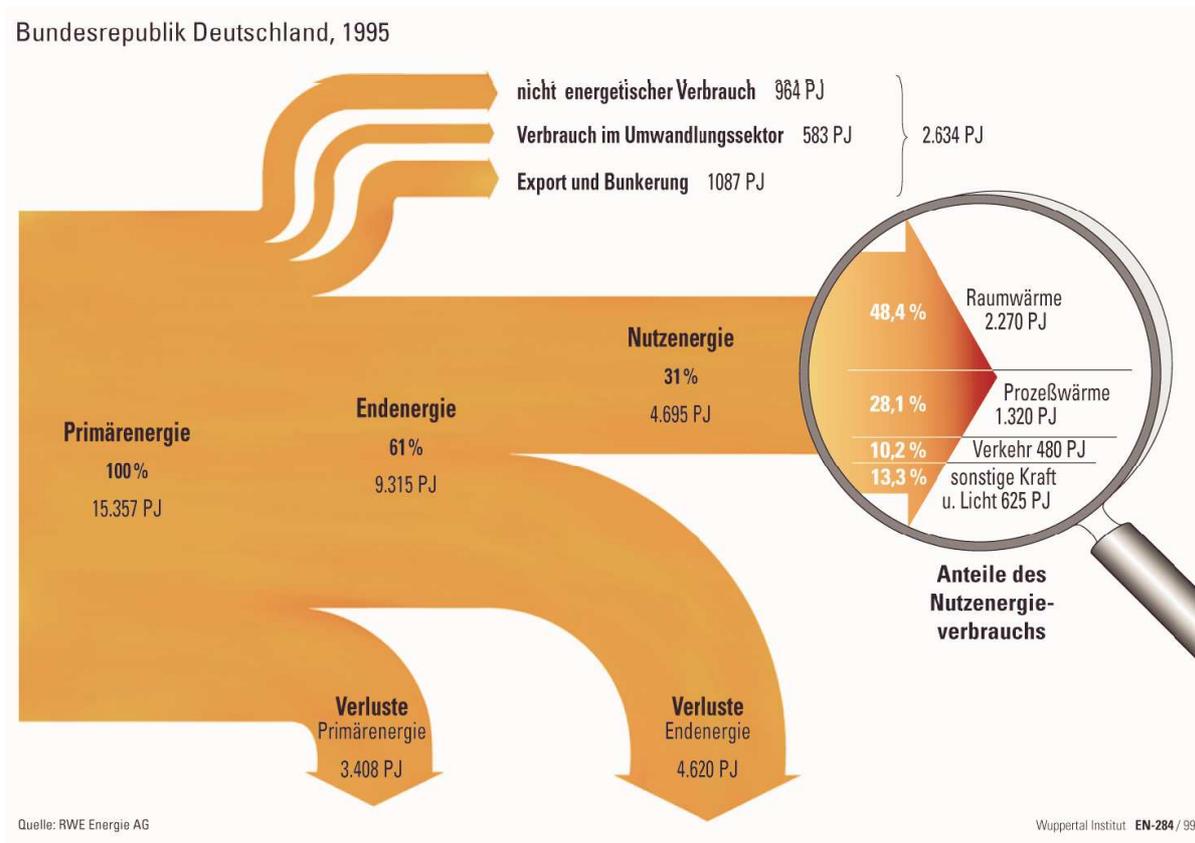


Abbildung 85: Primär-, End- und Nutzenergie. Quelle: IWE Energie AG

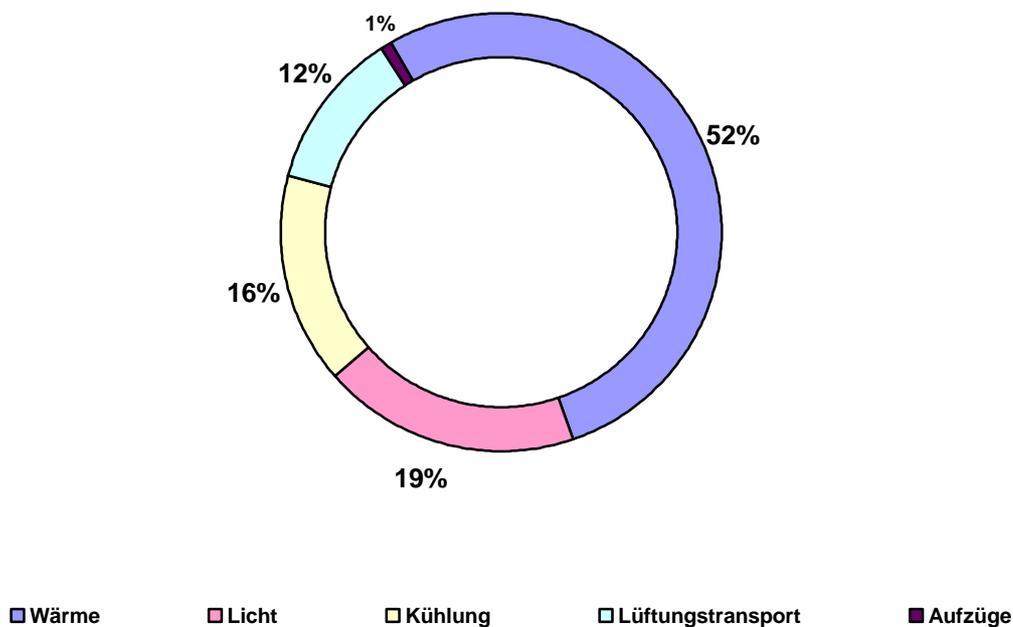
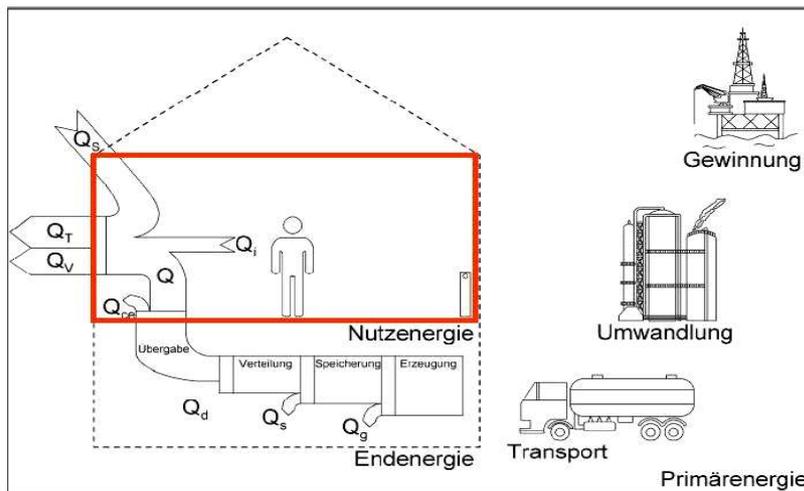
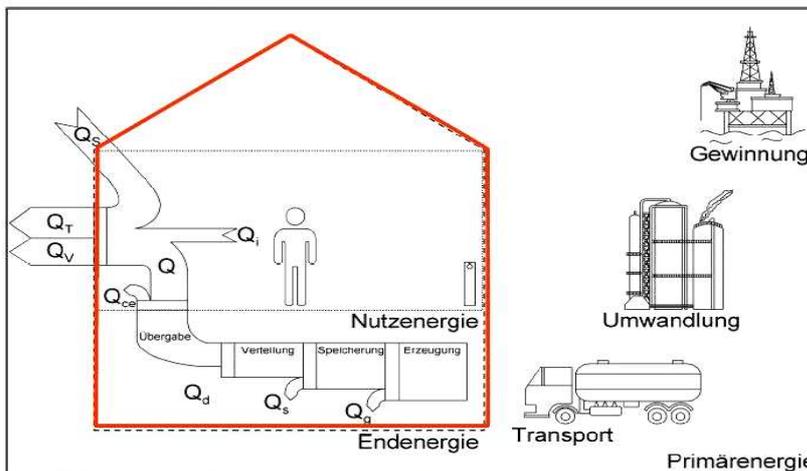


Abbildung 86: Energiebedarf eines Einkaufszentrums im Durchschnitt  
Quelle: Immobilien Zeitung, 5,2008, Bohne

## Nutz-, End- und Primärenergiebedarf

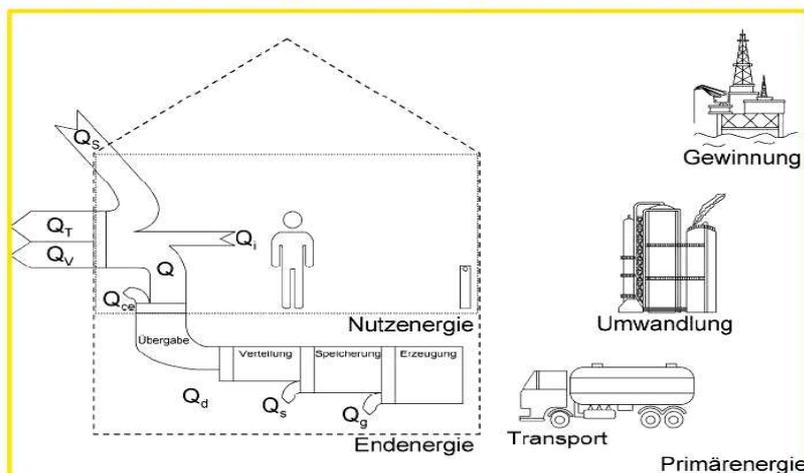


Der **Nutzenergiebedarf** ist diejenige Energiemenge, die der Verbraucher an der Bilanzgrenze „Raumhülle“ von der Anlagentechnik anfordert, um festgelegte Nutzungsparameter wie Innentemperatur, Warmwasserbedarf oder Beleuchtung sicherzustellen.



Im Endenergiebedarf sind Verluste der Anlagentechnik hinsichtlich Erzeugung, Speicherung, Verteilung und Übergabe berücksichtigt.

Der **Endenergiebedarf** stellt die Energiemenge dar, die der Verbraucher für die vorgesehene Nutzung unter standardisierten Randbedingungen an der Bilanzgrenze „Gebäudehülle“ abnimmt und wird daher nach verwendeten Energieträgern angegeben.



Der **Primärenergiebedarf** ist diejenige Energiemenge, die über den Energieinhalt des Brennstoffs hinaus auch die Energiemengen einbezieht, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb der Bilanzgrenze „Gebäudehülle“ bei der Rohstoffgewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweils eingesetzten Brennstoffe entstehen.

**Abbildung 87:** Primär-, End- und Nutzenergie. Quelle: IWE Energie AG

### 5.5.1. Kühlenergiebedarf ( $\Phi_v$ ).

Um die thermische Behaglichkeit von Gebäuden im Sommer sicherzustellen, muss vor allem Überwärmung vermieden werden. Kühlung ist besonders in den Kaufhäusern relevant und kann in derselben Größenordnung wie der Heizenergiebedarf liegen. In subtropischen und tropischen Gebieten und in ungünstig geplanten Gebäuden in anderen Klimazonen kann der Primärenergiekühlbedarf die größten Anteile ausmachen. Einflussfaktoren für den Kühlbedarf von Gebäuden sind dieselben wie beim Wärmebedarf:

- Raumausrichtung und solarer Eintrag
- Verschattung
- Gebäudenutzung (interne Wärmegewinne)
- Individuelle Behaglichkeitsanforderungen
- Gebäudeklima und Komfort
- Lüftung
- Gebäudegeometrie
- Gebäudekonstruktion und (Kälte-)Dämmung
- Standort des Gebäudes (Topografie) und Windrichtung
- Außenklima
- Freiraumbegrünung

Zunächst sollte versucht werden, den Kühlbedarf von Gebäuden zu verringern. Das kann geschehen durch verminderte interne Wärmegewinne (energiesparende Geräte, möglichst wenig künstliche Beleuchtung), Minderung der Solargewinne (Größe und Neigung der transparenten Bauteile, Verschattungseinrichtungen, sommerliche Begrünung, Verglasungsqualität), Nutzung des natürlichen Windes, Wärmepufferung durch Gebäudemasse, Wärmeableitung durch Lüftung, wärmeleitende Raumbeläge und offene Raumgestaltung zwischen Süd- und Nordräumen. Besonders stark aufheizungsgefährdete Räume (Fenster nach Südwest) sollten vermieden werden.

Man unterscheidet aktive Kühlung (mit Hilfe gebäudetechnischer Anlagen) und passiv Kühlung. Passiv Kühlmaßnahme sind nicht nur energiesparende, sondern auch Kosten sparender (installations- und Unterhaltungskosten).<sup>122</sup>

### 5.5.2. Aktive und passive Kühlung.

Herkömmliche Kälteanlagen werden meist elektrisch betrieben und sind sehr energieintensiv. Durch die Anwendung elektrischer Energie beträgt der Primärenergiebedarf für die Kühlung oft ein Vielfaches des Primärenergiebedarfes der Heizung. Sie muss abgelüftet werden und kann nicht wie beim Heizen benutzt werden.

Herkömmliche Kälteanlagen arbeiten nach dem Kompressionsprinzip (wie auch Kühlschränke).

---

122. Glücklich, Detlef, Ökologisches Bauen, 2005 S:49

Kälte kann wie Wärme über Wasser oder Luft transportiert werden, doch ist Wasser zumeist das günstigere Transportmittel als Luft. Je geringer die Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf der Kältemaschinen, desto wirtschaftlicher ist die Arbeitsweise.

Bei der Konvektionskühlung werden Kühlelemente meist oberhalb einer luftdurchlässigen Deckenabhängung angeordnet. Die erzeugte kalte Luft ist dichter und sinkt ab. Neben dieser dezentralen Kälteerzeugung besteht die Möglichkeit, die Kälte zur Kühlung der Zuluft zu nutzen oder dem Raum über Kühldecken zuzuführen. Kühldecken arbeiten nach dem Prinzip der Strahlung und /oder Konvektion. Eine Kombination der Kühlung und Heizung in den Decken im gleichen Verteilersystem nach dem Rohrprinzip der Fußbodenheizung wird oft erfolgreich angewendet.

In der letzten Zeit werden Systeme zur aktiven solaren Kühlung verstärkt angewendet. So kann z.B. Fotovoltaik Strom günstig genutzt werden, da er mit der Gebäudekühlung synchron maximal anfällt, also bei starkem Sonnenschein. Aber auch in thermischen Kollektoren erzeugte Wärme lässt sich zu Kühlzwecken einsetzen.

Bei anderen Systemen wird der Zuluft über ein Trocknungsmittel wie Silikagel Feuchte und damit Energie entzogen. Bei erneuter Befeuchtung (durch Raumluft) wird die Luft stark abgekühlt. Das nach Feuchteaufnahme gesättigte Trocknungsmittel wird solar erwärmt und damit entfeuchtet. Dann kann die Zirkulation erneut beginnen.

Beim Einsatz aktiver Kühlmaßnahmen sollte die Regelung erlauben, dass die Raumlufttemperatur gegenüber der üblichen Temperatur von 22°C auf bis zu 26°C, in Ausnahmefällen auch darüber, steigen kann. Die Speichermasse im Gebäude kann dann wirksamer im Tag- Nacht- Rhythmus zur Kühlung beitragen. Das so erreichte Gebäudeklima ist angenehm, da der Unterschied bei der Temperatur zwischen Außen und Innen geringer ist als in streng auf z.B. 22°C klimatisierten Gebäuden. Damit ist der Übergang zur passiven Kühlung beschritten.

Wie auch bei der Heizung passive Maßnahmen zur Energieeinsparung beitragen, so kann auch zur Kühlung das Gebäude und sein Umfeld genutzt werden. Die Maßnahmen wurden vom Prinzip her bereits beschrieben, wenn meist auch in Verbindung mit der Heizung und dem sommerlichen Wärmeschutz.

Planerisch muss das Gebäude günstig zur Hauptwindrichtung in ein sommerlich beschattendes Grün Raum gestellt werden. Glasdächer sind eher von Nachteil. Glas in den Ost- und mehr in Westfassaden ist gering zu halten. Aufgrund des hohen Sonnenstands im Süden ist die Strahlungsbelastung von südorientiertem Raum aber geringer. Flure, Treppenhäuser und Lüftungsöffnungen sind so zu planen, dass mit Unterstützung eines Kamineffekts das Gebäude gut belüftet werden kann. Ein Temperatenausgleich zwischen den Nord- und Südräumen sollte durch entsprechende Grundrissgestaltung ermöglicht werden.

Die DIN 4108-8 enthält ein Rechenverfahren, mit dem die Wirkung der Passiven Kühlungsmaßnahmen abgeschätzt werden kann. Ansonsten muss eine dynamische Computersimulation erfolgen. Die Lüftung lässt sich dabei nur begrenzt und hohen Aufwand abbilden.<sup>123</sup>

Innerhalb des Gebäudes soll die Entstehung von Wärme durch interne und solare Gewinne möglichst gering gehalten werden, indem z.B. Tageslicht statt künstlicher Beleuchtung verwendet wird. Hierzu zählen insbesondere Maßnahmen zur Energieeinsparung des elektrischen Stromverbrauchs. Gerätewärme sollte direkt am Entstehungsort abgeführt werden, so dass die Gebäudemasse nicht aufgeheizt wird.

Eine gute Wärmedämmung der thermischen Gebäudehülle hilft, den Wärmetransport von außen nach innen zu reduzieren und dadurch thermische Belastungen zu senken. Verstärkte Lüftung führt in Folge der Erhöhung der Luftzirkulationsgeschwindigkeit zu verbessertem thermischen Komfort, kann aber auch den Wärmeeintrag erhöhen. Dann ist die Lüftung wie in Heizfällen zu begrenzen. Insbesondere nachts kann verstärkte Lüftung das Gebäude und insbesondere seine passiven Bauteile auskühlen und damit der Überwärmung am folgenden Tag entgegenwirken. Um den notwendigen, erhöhten Luftwechsel zu ermöglichen, müssen Öffnungen vorgesehen werden, die der kühlenden Luft erlauben, das Gebäude durch Schächte oder Fenster zu durchströmen.

Wird die Luftbewegung von Wind so unterstützt, dass die Temperaturdifferenz und Luftbewegung stark differieren, ist die Einstellung einer exakten Luftwechselzahl unmöglich. Nachtlüftung kommt ohne aufwändige Gebäudetechnik aus. Bei Nachtlüftung ist zu beachten, dass die Kühllast nicht extrem hoch sein darf und die Temperatur nachts ausreichend kühl sein muss (mind. 5 Stunden unter 21°C). Die Luftqualität für Nachtlüftung muss ausreichend sein, da Filter aufgrund ihrer hohen Druckdifferenz nicht verwendet werden können. Der Luftwechsel sollte zwischen 2 und 4 h liegen.

Auch das Erdreich kann im Sommer zur Luftkühlung genutzt werden. Die Außenluft wird dabei über Erdluftregister geführt, ehe sie in das Gebäude geleitet wird. Flächenheizungen können im Sommer als Kühlung dienen, wenn das Wasser über ein Erdregister geführt wird. Durch geschickte Abstimmung einiger dieser Maßnahmen lassen sich Kühlanlagen vermeiden.

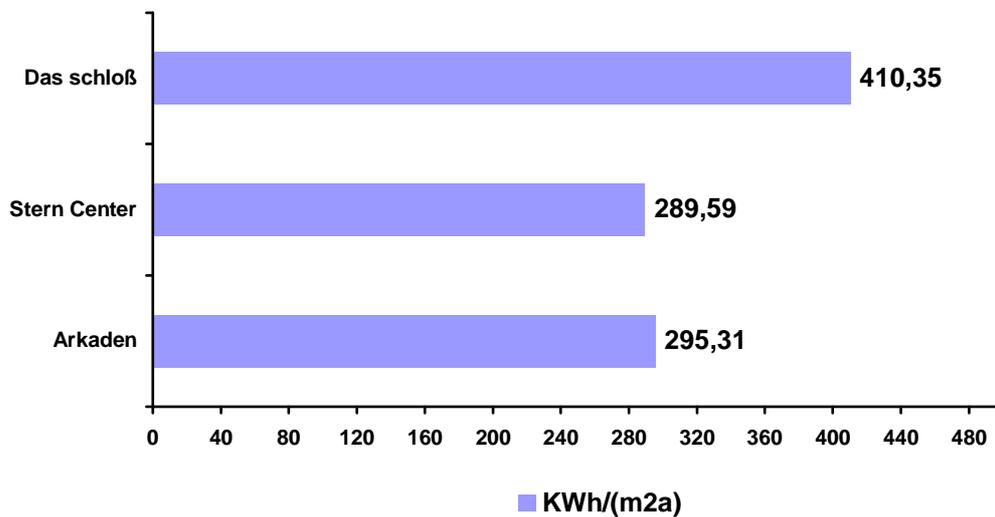
In den Zonen, die wärmer als Mitteleuropa ist die Anwendung dieser Kühlprinzipien zur Verminderung der Kühllast wenig verbreitet. Hier liegt aber ein besonders hohes Energieeinsparpotential.

---

123. Glücklich, Detlef, Ökologisches Bauen, 2005, S:50

Energiebedarf	Beispiel 1 Potsdamer Platz Arkaden	Beispiel 2 Stern Center, Potsdam	Beispiel 3 Das Schloss, Berlin
$\Phi_h$	143,00KWh/(m <sup>2</sup> a) 10,45 W/m <sup>2</sup>	149,5 KWh/(m <sup>2</sup> a) 7,96 W/m <sup>2</sup>	195,00 KWh/(m <sup>2</sup> a) 15,25 W/m <sup>2</sup>
$\Phi_L$	47,2 KWh/(m <sup>2</sup> a) 10,45 W/m <sup>2</sup>	53,47 KWh/(m <sup>2</sup> a) 7,96 W/m <sup>2</sup>	74,46 KWh/(m <sup>2</sup> a) 15,25 W/m <sup>2</sup>
$\Phi_k$	66,11 KWh/(m <sup>2</sup> a) 18.8 W/m <sup>2</sup>	52,94 KWh/(m <sup>2</sup> a) 16.55 W/m <sup>2</sup>	91,45 KWh/(m <sup>2</sup> a) 22.3 W/m <sup>2</sup>
$\Phi_V$	39,00 KWh/(m <sup>2</sup> a) 0,85 W/m <sup>2</sup>	33,68 KWh/(m <sup>2</sup> a) 1,02 W/m <sup>2</sup>	49,44 KWh/(m <sup>2</sup> a) 1,25 W/m <sup>2</sup>
$\Phi_P$	295,31 KWh/(m <sup>2</sup> a)	289,59 KWh/(m <sup>2</sup> a)	410,35 KWh/(m <sup>2</sup> a)

**Tabelle 33:** Primärenergiebedarf in KWh/(m<sup>2</sup>a)  
Quelle: Verfasser



**Abbildung 88:** Darstellung des Primärenergiebedarfs  $\Phi_P$   
Quelle: Verfasser

Resultierend aus den durchgeführten Untersuchungen lässt sich eine Skala für den  $\Phi_P$  in  $\text{KWh}/(\text{m}^2\text{a})$  aufstellen, die auch mit der Note 2 für das Beispiel 1 (Arkaden), die Note 2 auch für das Beispiel 2 (Stern Center), und die Note 4 für das Beispiel 3 (Das Schloss) aufweist.(Tab.34)



1	2	3	4
$\geq 100 \text{ KWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$\geq 250 \text{ KWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$\geq 350 \text{ KWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$\geq 400 \text{ KWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Beispiel 1, Potsdamer Platz Arkaden, Berlin



1	2	3	4
$\geq 100 \text{ KWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$\geq 250 \text{ KWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$\geq 350 \text{ KWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$\geq 400 \text{ KWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Beispiel 2, Stern Center, Potsdam



1	2	3	4
$\geq 100 \text{ KWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$\geq 250 \text{ KWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$\geq 350 \text{ KWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$\geq 400 \text{ KWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Beispiel 3, Das Schloss, Berlin

1= sehr gut 2= gut 3= Genügend 4= nicht genügend

**Tabelle 34:** Indikator 10,  $\Phi_P$  Primärenergiebedarf .

Quelle: Verfasser

5.6. Fazit

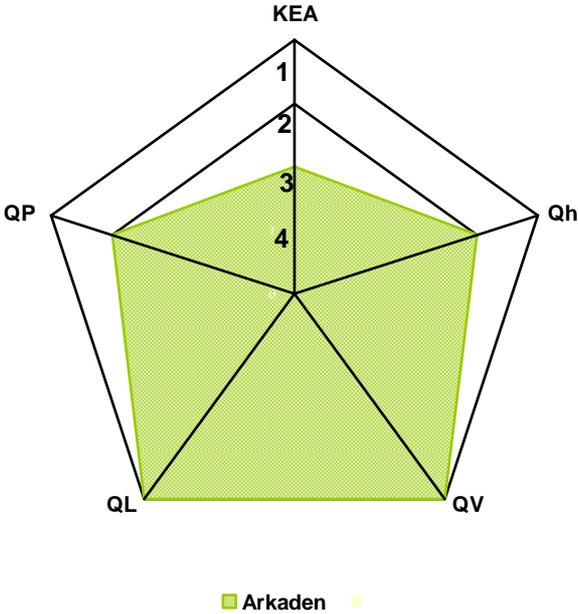


Abbildung 89: COMPASS<sub>Radar</sub> Ergebnisse Beispiel 1, Potsdamer Platz Arkaden, Berlin. Quelle: Verfasser

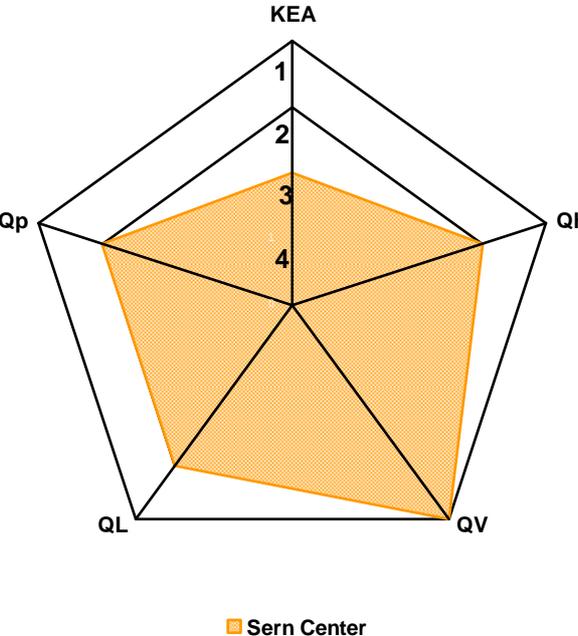
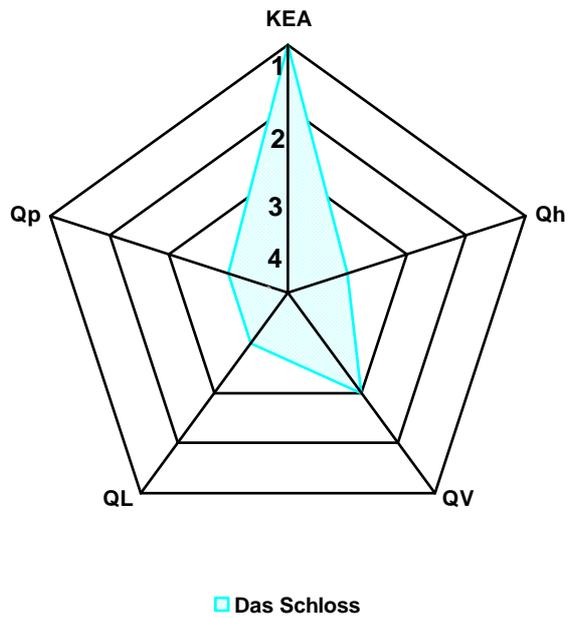
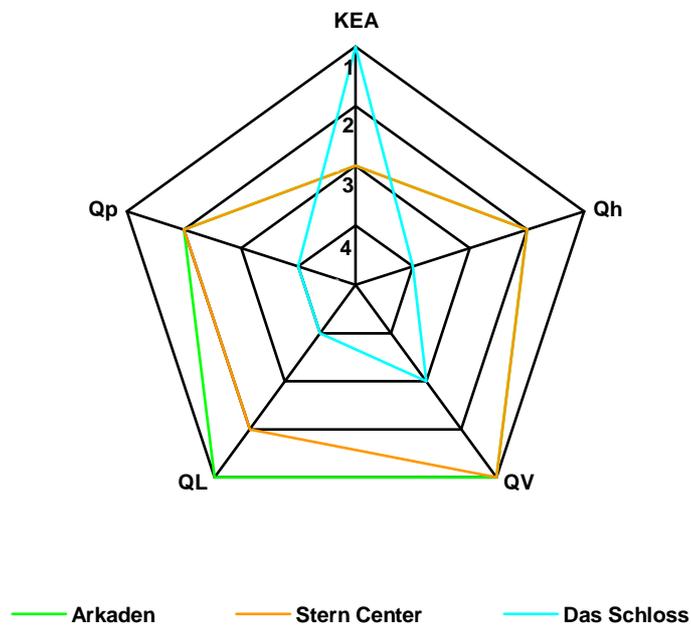


Abbildung 90: COMPASS<sub>Radar</sub> Ergebnisse Beispiel 2, Stern Center, Potsdam. Quelle: Verfasser



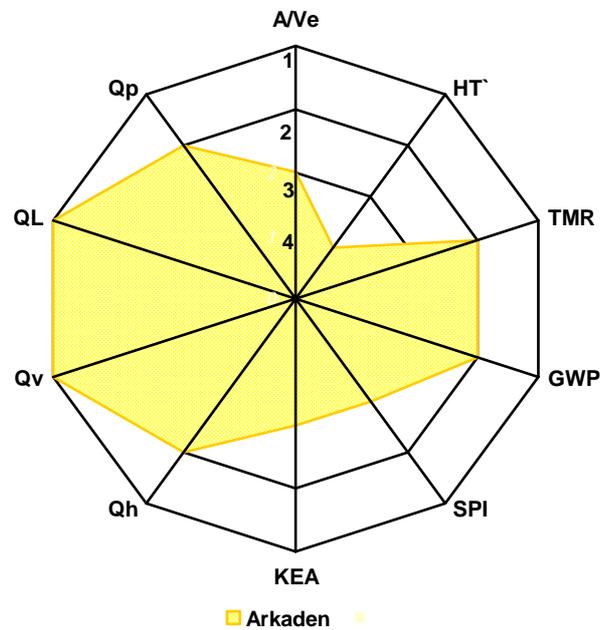
**Abbildung 91:** COMPASS<sub>Radar</sub> Ergebnisse Beispiel 3, Das Schloss, Berlin.  
Quelle: Verfasser



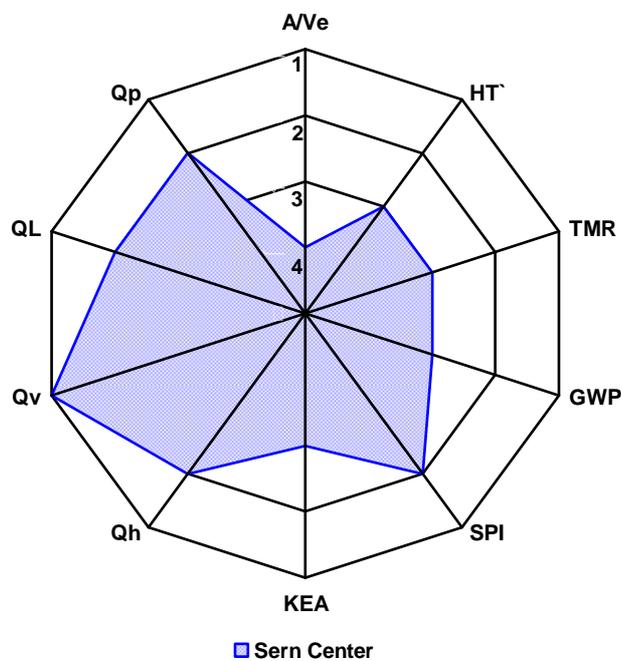
**Abbildung 92:** COMPASS<sub>Radar</sub> Ergebnisse, Energetischer Untersuchung  
Quelle: Verfasser

## 6. Die Antwort auf die Fragestellung

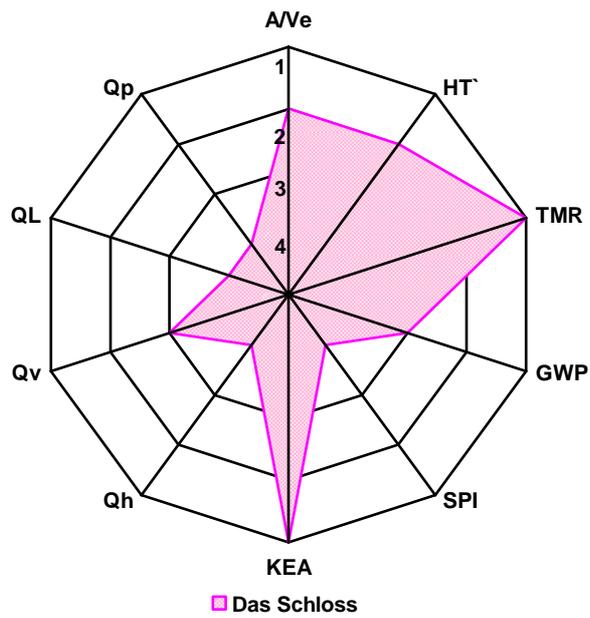
Hier wird zusammenfassend aufgezeigt mit den gesamten Noten im Rahmen der gesuchten Aspekte für die Drei untersuchten Beispiele:



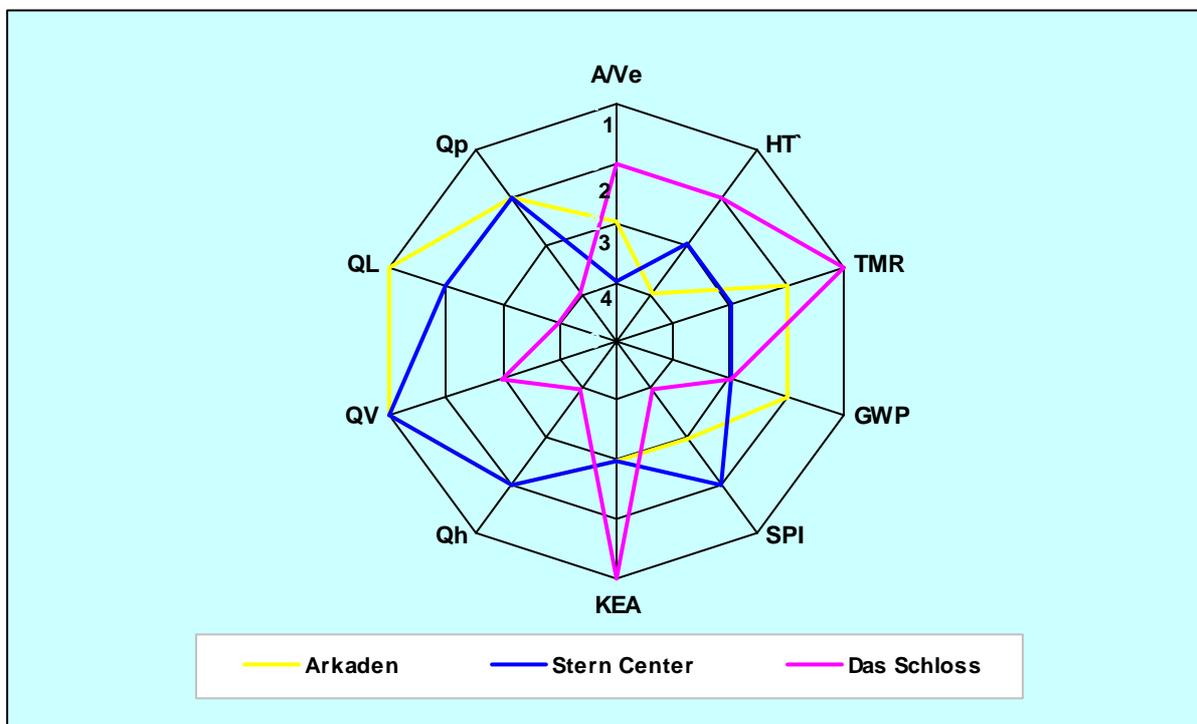
**Abbildung 94:** COMPASS<sub>Radar</sub> Ergebnisse Beispiel 1, Potsdamer Platz Arkaden, Berlin  
Quelle: Verfasser



**Abbildung 95:** COMPASS<sub>Radar</sub> Ergebnisse Beispiel 2, Stern Center, Potsdam.  
Quelle: Verfasser



**Abbildung 96:** COMPASS Radar Ergebnisse Beispiel 3, Das Schloss, Berlin.  
Quelle: Verfasser



**Abbildung 93:** COMPASS Radar, Ergebnisse der gesamten Untersuchungen  
Quelle: Verfasser

Die Indikatoren werden bezüglich mit ihren Bewertungen auf einen Wertbereich von 0 bis 100 Punkte skaliert und gewichtet.

Die Typologischen und ökologischen Indikatoren werden wie folgt gewichtet:

$$\text{Typo. \& \u00d6ko. Inki.} = (1 * A/Ve + 1 * H_T + 3 * TMR + 3 * GWP + 2 * SPI) / 10$$

Die energetischen Indikatoren werden wie folgt gewichtet:

$$\text{Ener. Indi.} = (2 * KEA + 2 * Q_h + 1 * Q_v + 1 * Q_L + 3 * Q_P) / 10$$

Die folgende Tabelle (35) fasst alle Ergebnisse dieser Bewertungen zusammen:

Die Gewichtung		Die Drei untersuchten Beispiele					
		Beispiel .1		Beispiel .2		Beispiel .3	
Typo. & \u00d6kol. Indikatoren	A/Ve	3=50/100*(1/10)	625 / 1000	4=25/100*(1/10)	525 / 1000	2=75/100*(1/10)	650 / 1000
	H <sub>T</sub>	4=25/100*(1/10)		3=50/100*(1/10)		2=75/100*(1/10)	
	TMR	2=75/100*(3/10)		3=50/100*(3/10)		1=100/100*(3/10)	
	GWP	2=75/100*(3/10)		3=50/100*(3/10)		3=50/100*(3/10)	
	SPI	3=50/100*(2/10)		2=75/100*(2/10)		4=25/100*(2/10)	
Energetische Indikatoren	KEA	3=50/100*(2/10)	675 / 1000	3=50/100*(2/10)	650 / 1000	1=100/100*(2/10)	400 / 1000
	Φ <sub>h</sub>	2=75/100*(2/10)		2=75/100*(2/10)		4=25/100*(2/10)	
	Φ <sub>v</sub>	1=100/100*(1/10)		1=100/100*(1/10)		3=50/100*(1/10)	
	Φ <sub>L</sub>	1=100/100*(1/10)		2=75/100*(1/10)		4=25/100*(1/10)	
	Φ <sub>P</sub>	2=75/100*(3/10)		2=75/100*(3/10)		4=25/100*(3/10)	
Ergebnisse		65 / 100		58.75 / 100		52,5 / 100	

**Tabelle 35:** Darstellung der gesamten gegebenen Noten im Rahmen der Gewichtung.  
Quelle: Verfasser

Die Analyse und Diskussion der Bewertungen kamen zu folgenden Ergebnissen:

- Die Kompaktheit der thermischen Hülle zeigte ein besseres Verhalten im Energieverbrauch, da der Energiebedarf in einem mehrgeschossigen Gebäude nur ca. 50 % des Energieverbrauchs vom Einzel stehenden Gebäude betrug. Der große Unterschied im Energiebedarf war insbesondere in der Heizenergie begründet. Das Beispiel 3 erwirbt eine bessere Note beim A/Ve Verhältnis durch die Kompaktheit der Gestaltung.
- Die Dämmung spielte im Winter eine signifikant positive Rolle bei der Heizlastenreduzierung beider Gebäudeformen der Beispiele 1 und 2. Im Sommer wirkte sich der Einfluss der Dämmung positiv aus. Beispiel 3 bekommt bezüglich Dämmung vor allem durch die Nutzung neuer Dämmmaterialien eine bessere Note im Vergleich zu den anderen Beispielen.
- Die Ergebnisse zeigten die Wichtigkeit des Außenwandaufbaues und seiner thermischen Spezifikationen.
- Der Einfluss der Orientierung auf den Energiebedarf ist gering, deshalb müssen aus energetischer Sicht unter den hier gewählten Rahmenbedingungen keine besonderen Anforderungen an die Ausrichtung der Hauptfassaden gestellt werden.
- Der Einfluss der Benutzung der Verschattungseinrichtungen auf den Energiebedarf ist gering, insbesondere der festen Einrichtungen, bewegliche Einrichtungen sind minimal effektiver.
- Es stellte sich heraus, dass bei breiten Straßen die Schirmung der Gebäudehülle schlechter wird. Dies ist entscheidend vor allem während der Tagesstunden, wenn die Menschen draußen auf den Straßen sind und das Wohlbefinden der Fußgänger von entscheidender Bedeutung ist, wie bei Beispiel 1.
- Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass ein Gebäude in engen Gassen effizienter als ein auf einer breiteren Straße stehendes Gebäude ist.
- Die Ergebnisse zeigen, dass die Minimierung der Entfernung zwischen dem Gebäude und seinen Nachbarn unter Berücksichtigung der Behaglichkeitsbedingungen gute Auswirkungen auf die Innentemperaturen hat.

- Die Ergebnisse zeigten die Wichtigkeit der Farben der externen Flächen des Gebäudes. Die gute Auswahl der Farben führt zu besserer Leistung beim Energieverbrauch.
- Das Doppelglas spielte eine positive Rolle bei der Reduzierung des jährlichen Energiebedarfs um 7,5 bis 10 % wobei der größte Teil dieser Reduzierung im Heizenergiebedarf lag. Diese Reduzierung resultierte aus der Reduzierung der unterschiedlichen thermischen Lasten. Die Reduzierung der thermischen Lasten der direkten Solargewinne war gering während der verschiedenen Jahreszeiten. Das wirkte sich negativ auf die Heizenergie und positiv auf den Kühlenergiebedarf aus.
- Im Beispiel 3 trug das Doppelglas zur Reduzierung des jährlichen Energiebedarfs um 10 % (14,7 % bei der Heizenergie und 4 % beim Kühlenergiebedarf) bei. Außerdem lässt sich Beispiel 3 durch die guten und besseren Glasarten bei dem  $H_T$  Indikator besser bewerten. Die Tageslichtnutzung in Beispiel 1 und 2 spart viel Energie und bietet eine bessere Note als die künstliche Beleuchtung im Fall des Beispiels 3.
- Die Kombination von Doppelglas und Dämmung reduzierte den Energiebedarf um 17 % im Beispiel 3, ohne aber eine deutliche Auswirkung auf dem Kühlenergiebedarf zu haben. Bei der Nutzung neuer Glasformen und neuer Fassadensysteme in dem Beispiel 3 ergeben sich bessere  $H_T$  und sie verringern den Wärmeverlust für das Gebäude, wie z. B. Nutzung von Wärmeschutzglas mit gutem isolierten Rahmen mit sehr niedrigem U-Wert.
- Die Dämmung des Neubaugebäudes und die Erfindung einer neuen energieeffizienten Gebäudehülle trug deutlich zur Reduzierung des Energiebedarfs bei. Dieser Effekt stieg bis zu einer bestimmten Dicke der Dämmschicht an, danach spielte die Erhöhung der Dicke keine Rolle mehr bei der Reduzierung.
- Die aus dem Wärmetausch in den Baumaterialien (Konduktion) resultierenden thermischen Lasten waren der wichtigste Einflussfaktor bei der starken Reduzierung des Heizenergiebedarfs und der geringen des Kühlenergiebedarfs. Die Konduktionslasten sanken während des Winters deutlich um 19,5 % im Vergleich zwischen Beispiel 1 und 3, was sich positiv auf den Heizenergiebedarf auswirkte. Diese Senkung war im Sommer bei 6,5 % geringer und wirkte sich auch positiv auf den Kühlenergiebedarf aus.

- Die Nutzung von natürlichen Materialien wie Naturstein, Holz, Stoff, Wolle, und Lehm ergibt beim Vergleich der Beispiele 1 und 3 bessere Ergebnisse in der Bewertung von TMR .
- Die modernen Bau- und Dämmungssysteme im Fall des Beispiels 3 weisen gute Ergebnisse beim TMR und KEA auf.
- Ein sehr wichtiger Faktor im Sommer könnte der Absorptionsgrad des Daches sein. Bei einem Dach mit einem niedrigen Außen-Absorptionsgrad und weißer Farbe könnte sich die Energie für die Kühlung um 33% senken. Dieser Faktor spielt aber eine negative Rolle im Winter. Jedoch wirkte sich seine Rolle in der Reduzierung des jährlichen Energiebedarfs insgesamt mit einer Energieeinsparung von 10,3 % sehr deutlich positiv aus.
- Es wurde in den Ergebnissen der Untersuchungen die Wichtigkeit der Belüftungskontrolle in der Reduzierung des Energiebedarfs festgestellt. Durch die natürliche Belüftung im Beispiel 2 lässt sich der gesamte Energiebedarf um 50 % verringern im Vergleich zur mechanischen Lüftung im Beispiel 3. Resultierend daraus bekommt das Beispiel 1 und 2 eine bessere Note durch die natürliche Belüftung.
- Eine Verringerung der Tagesbelüftung und die zunehmende Nachtlüftung im Sommer reduziert die Innentemperatur auf ein sehr akzeptables Niveau. Die Kontrolle im Luftwechsel führt zu einer Reduzierung des Energieverbrauchs im Sommer.
- Der hohe Lüftungs- und Beleuchtungsenergiebedarf, der durch die Erschließung der inneren Verkehrsflächen verursacht wird, lässt Beispiel 3 im Vergleich zu den anderen untersuchten Beispielen schlechter abschneiden.
- Der Kontrollprozess in der Energienutzung durch den Verbraucher half deutlich bei der Reduzierung des Energiebedarfs im Sommer wie im Winter.
- Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass bei der Reduzierung des Energieverbrauchs richtige Benutzung und bewusste Kontrolle der Energie auf die wichtige Rolle des Betreibers verweisen.
- Die Tageslichtnutzung bietet besseres und gesünderes Innenklima für das Gebäude und verringert den Energiebedarf um 50 % im Vergleich der Beispiele 3 und 1.

- Bei der energetischen Untersuchung bekommt das Beispiel 2 die beste Note. Der Energiebedarf vermindert sich durch :
  1. Ein gutes A/Ve Verhältnis (Kompakte Gestaltung) zwischen 0,5 und 0,8
  2. Gute Dämmung und Glasformen,  $H_T'$  von 0,30
  3. Einen Tageslichtanteil von 50 bis 80 %
  4. Neue Lüftungssysteme mit Wärmerückgewinnung bis 95 %.
  
- Die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen des Einkaufszentrums, verursacht durch Heizung und Kühlung des Gebäudes, sinken um ca. 500 t/a. Der gesamte CO<sub>2</sub>-Ausstoß des Gebäudes wird um ca. 55 % reduziert.
  
- Die Überlegung bezüglich des Energieverbrauchs in Gebäuden führt uns zu dem Aspekt der menschlichen Behaglichkeit als nicht ignorierbare Bedingung in Gebäuden und damit zu dem Umstand, dass die Energieeinsparung in Gebäuden die Bedingung der Behaglichkeit nicht tangieren darf.  
 Behagliche Räume führen in der Regel zu einer optimalen Leistungsbereitschaft der sich darin aufhaltenden Personen. Diese setzt eine mittlere Luftgeschwindigkeit von 0,15 m/s und eine mittlere Feuchte von 50 % r.F voraus. Um das Raumklima "qualitativ" beurteilen zu können, ist man auf die subjektiven Aussagen von Bewohnern und Nutzern angewiesen. Allein aus der Tatsache, dass jeder ein anderes Raumklima als optimal empfindet, wird deutlich, dass eine objektive, quantitative Beurteilung nur schwer zu erreichen sein wird.
  
- Das Niedrigenergiegebäude ist in einem Einkaufszentrum durch Verwendung verschiedener Maßnahmen erreichbar, unter der Berücksichtigung, dass es bislang keine Norm für ein Niedrigenergie-Einkaufszentrum gibt.
  
- Ein nach einem Konsequenten ökologischen Gesamtkonzept errichtetes Einkaufszentrum:
  - schont unsere immer knapper werdende offene Landschaft,
  - Schützt und verbessert die Lage: Konserviert und unterstützt die lokalen Ökosysteme und die Biodiversität,
  - trägt zur Energieeinsparung bei,
  - schützt den Menschen durch Behaglichkeit,
  - leistet so einen Beitrag zur Minderung des CO<sub>2</sub>- Ausstoßes,
  - spart Rohstoffe,

- minimiert den Wärme- und Kältebedarf,
- vermeidet Baumaterialien mit Schadstoffen,
- beachtet die Maßstäbe der Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit von Baustoffen,
- vermindert die Innenraumlufbelastung,
- schafft ein gesundes Raumklima,
- nutzt erneuerbare Energien,
- fördert das Wohlbefinden der Kunden und Mitarbeiter,
- stärkt die örtliche Wirtschaft durch Verwendung regionaler Baustoffe, und reduziert dadurch den Transportverkehr
- führt zu Flächen sparendem Bauen.

## **6.1. Die Einflüsse auf den Energiehaushalt durch architektonische Gestaltung des Gebäudes.**

Gestaltung und Beschaffenheit der Gebäudehülle haben entscheidenden Einfluss auf den Energiehaushalt des Gebäudes.

Durch die Außenhaut geht dem Gebäude zwar Wärme verloren, andererseits kann aber auch Wärme aufgenommen werden.

Die Wirkung der Gebäudeform auf den Wärmeverlust ist größtenteils eine Funktion des Grads von Hülle-Aussetzung zu Außentemperatur und Windbedingungen.

- Die Gebäudeform - Kompaktheit
  - Gebäudetiefe/Raumtiefe
  - Gebäudehöhe
  - Gebäudegeometrie
  - Orientierung
  - Pufferzonen
- Die Bauweise,
- Die Gestaltung der Fassaden - Wärmedurchgangskoeffizienten
  - Wärmespeichervermögen
  - Fugendichtheit
  - Gesamtenergie-Durchlassgrad
  - Lichttransmissionsgrad
  - Ausbildung und Anordnung der Fenster
  - Sonnen- und Blendschutz
- Die technische Ausstattung - Klima-, Licht- und Energietechnik  
Geräteausstattung

**Die Kompaktheit:** Der Baukörper ist für energiesparendes Bauen von großer Bedeutung. Die Kompaktheit eines Gebäudes wird durch das Verhältnis zwischen seiner Außenfläche und seinem Volumen ausgedrückt ( $A/V_e$ ).

Die Transmissionswärmeverluste werden durch die Gebäudeform bei gleich bleibenden äußeren und inneren Temperaturbedingungen und gleichem K-Wert verändern.

Der Wärmeverlust oder -gewinn ändert sich proportional zur Oberfläche. Abweichungen ergeben sich durch unterschiedliche Grundflächen, da der Wärmeverlust oder -gewinn zum Erdreich hin geringer ist. Die Halbkugel bildet die günstigste Form.

**Ausbildung und Anordnung der Fenster:** Die zu beachtenden, allgemeinen Prinzipien bei der Spezifikation von Fensterflächen, Eigenschaften des Glases und Bauteilen sind die folgenden:

- Wahrung des angemessenen Tageslichts für die Räume.
- Steuerung der Fensterflächen, Lage und Eigenschaften des Glases als Funktion von Orientierung und Solarzugriff.

- Wahrung guter Details an Gelenken und Verbindungen mit anderen Elementen.
- Versorgung mit Mitteln zur kontrollierbaren Ventilation und Wärmeableitung.
- Angeben der Mittel für Nachtisolierung (wo möglich) und für Solarsteuerung (wo notwendig). Fenster und Glas spielen eine wichtige Rolle bei Wärmeverlust und Solargewinn.

**Erhöhung der Lüftungswärmeverluste durch undichte Stellen in der Gebäudehülle:** nach der Analyse dieses Parameters sind die örtlichen Verhältnisse bestimmend. Insbesondere sind Topographie, Vegetation und die Bebauung in der Umgebung zu berücksichtigen. Stärke, Häufigkeit und Richtung örtlicher Winde bestimmen ihre mögliche Nutzung zur Lüftung und Energie-Gewinnung sowie -Verlust bzw. den erforderlichen Windschutz. Die geringsten Richtungsänderungen treten bei stromlinienförmigen Hindernissen auf. Laminare Luftbewegungen (ohne Verwirbelungen) streichen z. B. parallel über modelliertes Gelände. Unregelmäßigkeiten und Turbulenzen entstehen durch Hindernisse (z. B. hohe Gebäude, Windschutzanlagen).

Ausrichtung und Form eines Baukörpers (im Schnitt und im Grundriss) können den Einfluss des Windes erheblich mindern. Nebenräume oder Nebengebäude (Abstellräume, Schuppen, Garagen usw.) können auch als Schutzschild für die restliche Bebauung dienen. Enge Baugruppen und gebrochene Frei- und Straßenräume verhindern eine Windkanalwirkung.

Windschutzpflanzungen (Bäume, Hecken) oder Erdwälle können die örtlichen Windverhältnisse ändern oder die Windgeschwindigkeit reduzieren. Damit wird Wärmeabfuhr durch Konvektion verringert und werden windberuhigte Außenbereiche geschaffen. Bei Durchlüftung kühlt oder erwärmt der Wind die Räume auch.

Die Reduktion des Anspruchs der Windgeschwindigkeit, um das Gebäude zu schützen, ist eine Funktion von Höhe, Breite und Dichtheit der Windbarrieren.

## **6.2. Die Auswirkung auf den Energiebedarf während der Nutzungsphase des Gebäudes.**

**High-Tech-Systeme:** Im Einkaufszentrum werden neue Technologien, Materialien und Elemente (technische Hilfsmittel) benutzt:

- Systeme, die Licht transportieren: Heliostaten und Lightpipe-Systeme transportieren Sonnenlicht über größere Strecken im Gebäude und können Lichteffekte von zonal hoher Helligkeit erzeugen. Diese Systeme sind geeignet für große Treppenhäuser und für spezielle Effekte in innenliegenden Hallen.
- Prismensysteme: In diesen Systemen werden die direkten Sonnenstrahlen ausgeblendet und nur das Licht oberhalb des höchsten Sonnenhöhwinkels in den Innenraum gelenkt.

Die mit Umlenkprismen ausgestatteten Räume haben zwar einen High-Tech- Charakter, sie erzeugen jedoch häufig einen überproportional hohen Aufwand (vom Einsatz genauer Energie ganz abgesehen).

- Spiegelrastersysteme: Sie sind vom Wirkungsprinzip her optimierte Nord-Sheds, deren Seitenteile parabolisch verformt und verspiegelt werden. Die direkte Sonneneinstrahlung wird auf diese Weise ausgeblendet, und die Lichtanteile des Nordhimmels werden in das Gebäude hinein gelenkt.
- Lichtlenkende Lammellensysteme und Umlenkschwerter: Sie werden in der Mehrzahl als starre Systeme konzipiert, die das Tageslicht in einem dafür vorgesehenen oberen Fensterbereich in größere Raumtiefen umlenken.
- Holographische Systeme: Sie arbeiten mit dreidimensionalen Gittern, die das Licht abhängig von der Wellenlänge in einen vorgegebenen Austrittsbereich lenken.

Damit können Hologramme auch zur Lichtlenkung und zum Sonnenschutz benutzt werden. Die Entwicklung der Hologramme ist in einer ersten Stufe abgeschlossen. Weiterentwicklungen sind zu erwarten.

**Wärmeverluste:** sie können durch die Bedingung einer Wärmedämmung und durch richtiges Nutzungs- und Temperaturverhalten bei Pufferräumen und Zonen mit unterschiedlicher Temperatur kontrolliert, können die Bewohner zur Reduktion der Transmissionswärmeverluste beitragen.

Bei der Lüftung ist vielleicht die größte Mitarbeit der Bewohner gefordert. Niedrigenergiegebäude verlangen eine Änderung der Lüftungsgewohnheiten. Die leider allzu häufig angewandte Dauerlüftung führt zu einem erhöhten Luftaustausch und damit zu hohen Energieverlusten. Diese Lüftungsart ist mit einem Niedrigenergiekonzept nicht vereinbar. Eine bewusste Stoßlüftung ist in jedem Fall vorzuziehen.

So sind im Lüftungsbereich große Energieeinsparungen zu erreichen, allerdings nur durch bewusste Mitwirkung der Bewohner.

**Wärmegewinne:** Wie schon erwähnt, ist die richtige Einschätzung der Gewohnheiten der Bewohner für die Entwicklung eines Niedrigenergie- und Solarkonzeptes entscheidend.

Unter diesem Aspekt können die Systeme zur passiven Sonnenenergienutzung in drei Gruppen klassifiziert werden:

- Systeme, die keine oder nur sehr geringe Bedienung erfordern und sie durch Einfachheit auszeichnen.
- Systeme, die eine gewisse Bedienung benötigen, aber von dieser nicht absolut abhängig sind. Sie fordern nur eine beschränkte Beteiligung der Bewohner.
- Systeme, die eine große Beteiligung der Bewohner bei ihrer Bedienung erfordern.

Zu ihrer Anwendung wird der Architekt normalerweise von einer stark energiebewussten Einstellung des Bauherrn ermutigt.

**Einfluss auf den Heiz- und Kühlenergiebedarf:** Bei einem kombinierten Heiz- und Kühlsystem für mehrere Gebäuden ist eine getrennte Abrechnung der Kosten selbstverständlich. Dadurch werden der individuelle Energieverbrauch und die Folgen des energetischen Verhaltens ersichtlich.

Die Temperaturanforderungen in einem Raum sind hauptsächlich von der Art der Verwendung abhängig, aber auch räumliche Eigenschaften führen zu großen Unterschieden.

Das Einbeziehen der Sonne in einen Raum hat manchmal eine Auswirkung auf die subjektive Behaglichkeitsempfindung, so dass auch niedrige Temperaturen noch als angenehm empfunden werden.

Eine klare Definition der Raumnutzung und eine eindeutige Raumtrennung zu den beheizten und unbeheizten, gekühlten oder ungekühlten Bereichen bzw. eine neutrale Anbindung an mehrere Räume sind daher notwendig. Auch die Bauweise oder die Raumproportionen können die temporäre (witterungsabhängige) Nutzung der Räume (z. B. Pufferräume) unterstützen. Dass der Bewohner ein zweigeschossiges oder ein einfachverglastes Glashaus beheizen wird, ist eher unwahrscheinlich.

**Verhältnis Planer / Bauherr:** Maßnahmen zur passiven Nutzung der Sonnenenergie setzen das Verständnis der Betreiber für energetische Vorgänge und ihre Bereitschaft mehr im Einklang mit der Natur zu leben voraus.

Wenn diese Bereitschaft nicht gewährleistet ist, sollten lieber Maßnahmen zur Energieeinsparung getroffen werden, während die zum Energiegewinn eher zurückhaltend zu planen sind.

Der durchschnittliche Bauherr hat gegenüber der energiesparenden und solaren Architektur mehrere Vorurteile. Diese sind entweder auf die mangelnden attraktiven Vorbilder oder auf oberflächliche und oft sogar sich widersprechende Informationen über das Thema zurückzuführen.

Problematisch sind vor allem die folgenden Punkte: Das Verhältnis von Investitionskosten zur eingesparten oder gewonnenen Energie; die Schwierigkeiten beim Erhalt der Baugenehmigung für ein „unkonventionelles Haus“; die Angst vor einer unverständlichen Technik sowie das unkonventionelle Erscheinungsbild mancher Sonnenhäuser.

Das bedingt, dass vor der Planung eines Niedrigenergie- oder Solargebäudes eine Anzahl von Aspekten mit dem Bauherrn geklärt und Ängste ausgeräumt werden müssen.

Aber auch falsche Vorstellungen und unrealistische Erwartungen an die Solararchitektur sollten bei oder schon vor der Planung geklärt werden.

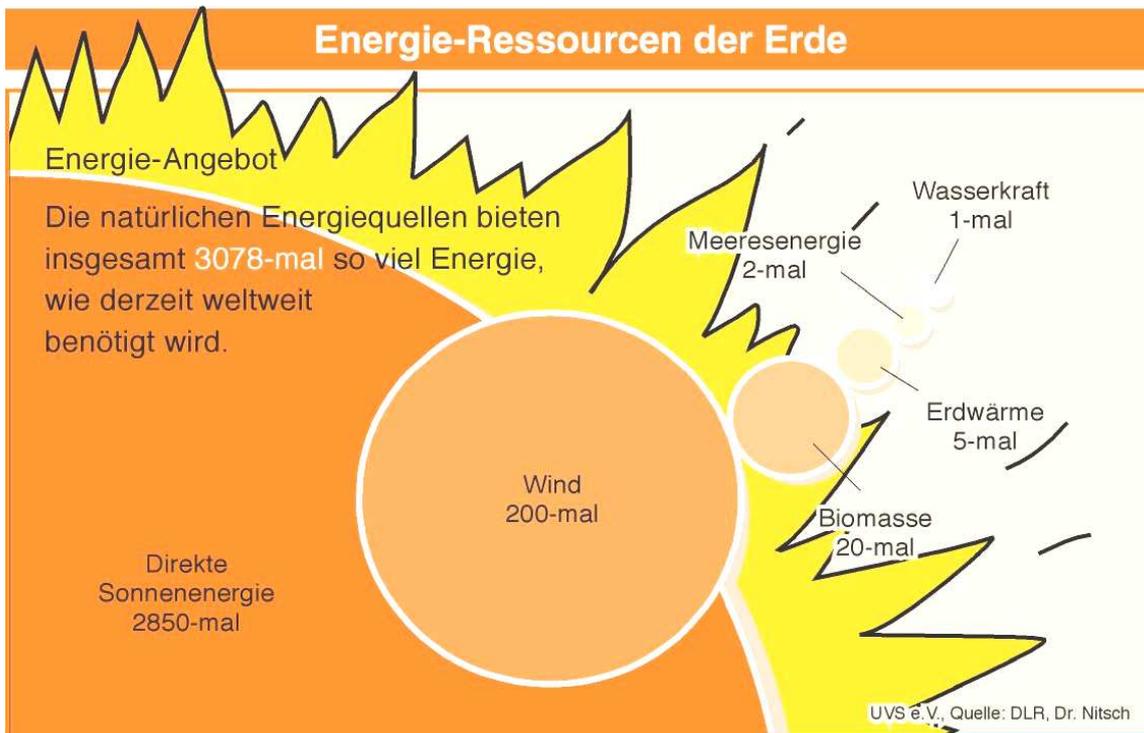
### **6.3. Reduktion des Ressourcenverbrauchs bei der Herstellungsphase des Gebäudes.**

Vor der Auswahl des Baustoffs müssen eine Reihe von Kriterien und Punkten beachtet werden:

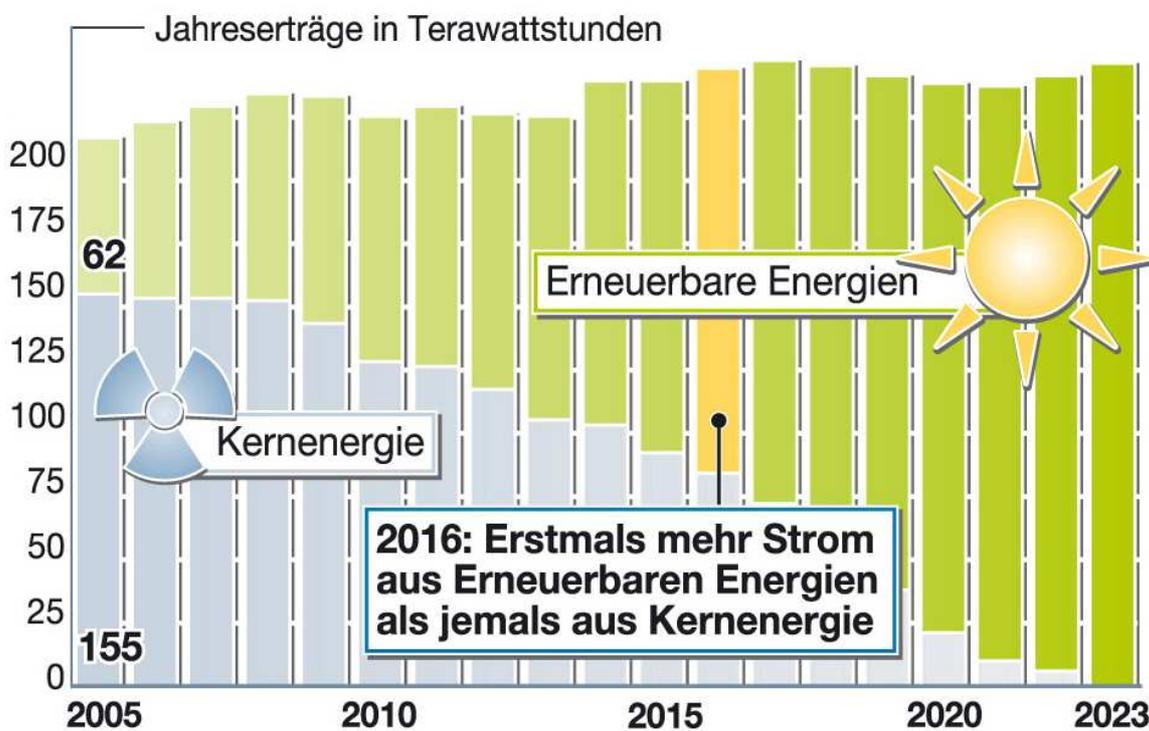
- Die Rohstoffe müssen umweltgerecht und ressourcenschonend gewonnen werden. Es sollten vordergründig regenerative bzw. langfristig verfügbare Rohstoffe gewählt werden, die gleichzeitig mit wenig Abraum, weitgehend verwertbaren Nebenprodukten und keiner Schädigung der Biosphäre einhergehen.
- Der Energieaufwand zur Gewinnung und Herstellung sollte so gering wie möglich sein. Der Energieaufwand für Einbau sollte trotz einer untergeordneten Rolle gleichzeitig berücksichtigt werden. Die Bedeutung der Baustoffe sollte im Gesamtenergieszenario berücksichtigt werden.
- Transportwege von der Rohstoffgewinnung zum Verbraucher und von dort zur Verwertung müssen kurz und umweltschonend sein, dies hält zum einen den Transportenergieaufwand gering, erleichtert aber gleichzeitig einen lokalen Stoffkreislauf.
- Schadstoffemissionen bei der Herstellung, Verarbeitung, Nutzung, Entsorgung und während einer Havarie, z.B. bei Brand, müssen weitgehend vermieden werden.
- Kreislauffähigkeit: Die Baustoffe müssen wieder verwendet, recycelt oder zumindest umweltfreundlich verarbeitet werden können. Damit wird ausgeschlossen, dass ein fertiges Produkt Sondermüll darstellt.

Der Baustoff muss langlebigkeitsfähig sein. Die Lebensdauer wirkt als Faktor auf die Gesamtbilanzen. Doppelte Lebensdauer bedeutet dann beispielsweise halben Energieaufwand für Rohstoffgewinnung, Herstellung, Einbau, Abriss und Entsorgung. Für Verpackungen müssen dieselben Kriterien und Aspekte wie bei den Baustoffen berücksichtigt werden, wobei die Wiederverwendbarkeit aufgrund der kurzen Gebrauchszyklen in Vordergrund steht.

Sinnvolle Dämmschichten für Außenbauteile für Niedrigenergiegebäude liegen zwischen 10 und 30 cm, zum Erdreich hin bei 15 cm. Andererseits ist eine unterschiedliche Dämmstoffdicke keine gute Wahl. Eine gute Verteilung des Dämmmaterials über die gesamte Außenhaut hat etwa die Wirkung eines großen Wintermantels ohne Löcher, also Schwachstellen. Bei sehr dicken Dämmschichten entstehen solche Schwachstellen an den Detailpunkten wie Leibungen und Durchstoßstellen. Auch die Konstruktionen können unterschiedlich günstig mit dicken Dämmstoffstärken umgehen. Holzständerkonstruktionen und Dachsparren lassen eine größere Dicke zu als massive Außenwandkonstruktionen.



**Abbildung 97:** Nutzung der Solarenergie. Quelle: DLR Dr. Nitsch



**Abbildung 98:** Solarenergie als Ersatz für Kernenergie. Quelle: BEE, BMU, BMWi

## **6.4. Reduktion des Primärenergiebedarfs des Gebäudes.**

### **6.4.1. Niedriger Energiebedarf**

- Wenig Transparenz bei Energiekosten
- Thema Energieeffizienz unbekannt (Kein Vertragsinhalt für Betreiber)
- Gebäudeleittechnik wird kaum zur Optimierung genutzt
- Keine Überprüfung der Planungsziele
- Hohe Energiekosten
- Probleme mit der Nutzerzufriedenheit
- Extrem große Spanne von Energiekennwerten (Faktor 6 !)
- Primärenergieverbrauch liegt zum Teil mehr als 50 % über dem normierten Bedarf!
- Stromverbrauch macht ca. 70-90 % des Gesamtenergieverbrauchs aus
- Anteil Kälte überwiegend < 10 % des gesamten Primärenergieverbrauchs
- Effiziente Beleuchtungssysteme werden erfolgreich eingesetzt
- Lüftungsanlagen werden effizient geplant, aber ineffizient betrieben

### **6.4.2. Graue Energie nutzen**

- Reduzierung der zu bewegenden Luftmengen
- Kombination von zentralen RLT Anlagen und thermisch aktiven Bauteilmassen
- Laufzeiten der Lüftungsgeräte müssen angepasst werden (Einsparpotenzial: 30 % Gesamtenergieverbrauch!)
- Erhebliches Optimierungspotenzial im Betrieb vorhanden!
- Erzeugung der Kälte Umweltenergie Grundwasser Erdreich Luft – nasser Kühlturm – Adiabate Kühlung (Nachtbetrieb)
- Energieeffiziente Beleuchtung
- Energiemonitoring – Energieaudit – Energiemanagement

## **6.5. Alternative Gebäudetechnik**

- Kommunikation Nutzer – Gebäude muss verbessert werden
- Offene/schlanke Raumkonzepte sind in der Nutzung sensibel
- Zählerauslesung ist Standard- Leistung, i. d. R. ohne Nutzung zur Betriebsoptimierung
- Monitoring- und Automatisierung durch DDC Systeme
- GLT wird nicht effektiv zur Betriebsoptimierung genutzt
- Geringe Transparenz in der (GLT-) Dokumentation

## **6.6. Erneuerbare Energiequellen nutzen**

Weitere Einsparpotenziale können wie in der Abbildung 99 durch neue technische Entwicklung von Solarzellen, neue Windräder, mini BHKW und Wärmepumpe realisiert werden.

## Wind power <sup>(1)</sup>



- Small, light installations
- Easy to install on roofs
- Produce up to 10,000 kWh p.a.
- Produce enough electricity for 2 low-energy houses or one office with 20 workplaces

## Solar heat and solar power



- 50% efficiency
- 50% increase in solar heat in Germany in first half of 2008
- Crystalline silicon solar modules convert 13 to 18% of solar energy to electrical power
- Thin-film solar modules have efficiencies of 5 to 8%

## Geothermal energy and heat pumps <sup>(3)</sup>



- 25% energy is required to produce 100% heat output
- 38% less CO<sub>2</sub> emissions compared to gas heating, and 57% less compared to oil heating
- Only 40% of operating costs of a typical gas heating

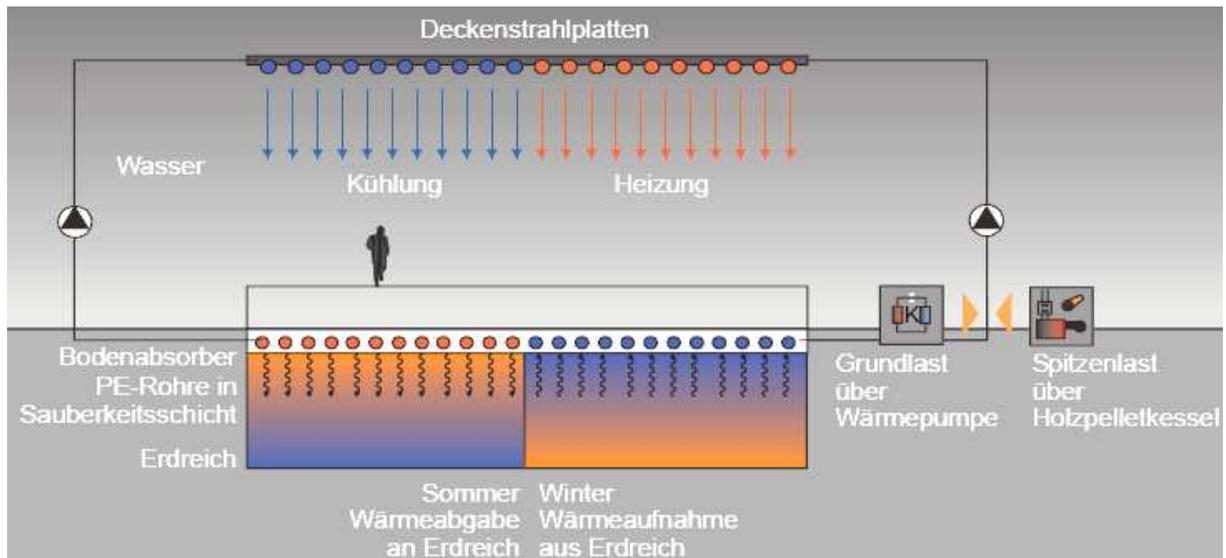
## Combined heat and <sup>(4)</sup> power plants (biomass)



- In 2007, co-generation plants in Germany produced 21 GW (12%) of all electrical power generated
- Bio co-generation plants produce 70% less CO<sub>2</sub> than conventional power plants, used amounts to about 57% of all electrical power generated

**Abbildung 99:** Nutzung von erneuerbaren Energiequellen.

Quelle: [www.erneuerbarerEnergien.de](http://www.erneuerbarerEnergien.de)



**Abbildung 100:** Heizung und Kühlung mit Nutzung von Erdwärme  
 Quelle: [www.erneuerbarerEnergien.de](http://www.erneuerbarerEnergien.de)

Die ökologischen und die energetischen Untersuchungen, die in dieser Arbeit durchgeführt wurden, um die ökologischen Aspekte des Gebäudes zu analysieren, erfolgen nur mit zehn Indikatoren. Da die erforderliche Zeit für die Untersuchung weiteren Aspekten fehlt, wie z. B. grüne Dächer, Innenhöfe, Doppelfassadensysteme, innere und äußere Wasserflächen .etc. Aspekte, die künftig untersucht werden können, um das Gebäude energetisch zu verbessern und dadurch zu Einkaufszentren mit ökologischen Aspekten zum Bau und Betrieb zu bekommen.

## 7. Empfehlungen für die Bedingungen des Klimas, der Energiewirtschaft und der Architektur in Syrien

### 7.1. Klima in Syrien.

Syrien grenzt im Westen an das Mittelmeer und den Libanon, im Süden an den Irak und Jordanien, im Osten an den Irak und im Norden an die Türkei. Geographisch kann Syrien in vier Hauptgebiete unterteilt werden: Die fruchtbaren Küstenebenen im Westen, ein Plateau und die Bergkette Jebel Anusariyah, die Ebenen in der Landesmitte sowie Wüste und Savanne im Südosten. Der 2330 km lange Euphrat kommt aus der Türkei und fließt durch den Norden des Landes bis in den Irak. Der Fluss durchquert das Land auf ca. 600 km, was ihn zum längsten Fluss Syriens macht. Im Nordosten fließt der Kabur durch das Al-Kabur-Becken. Abbildung (101) zeigt die geographische Lage.

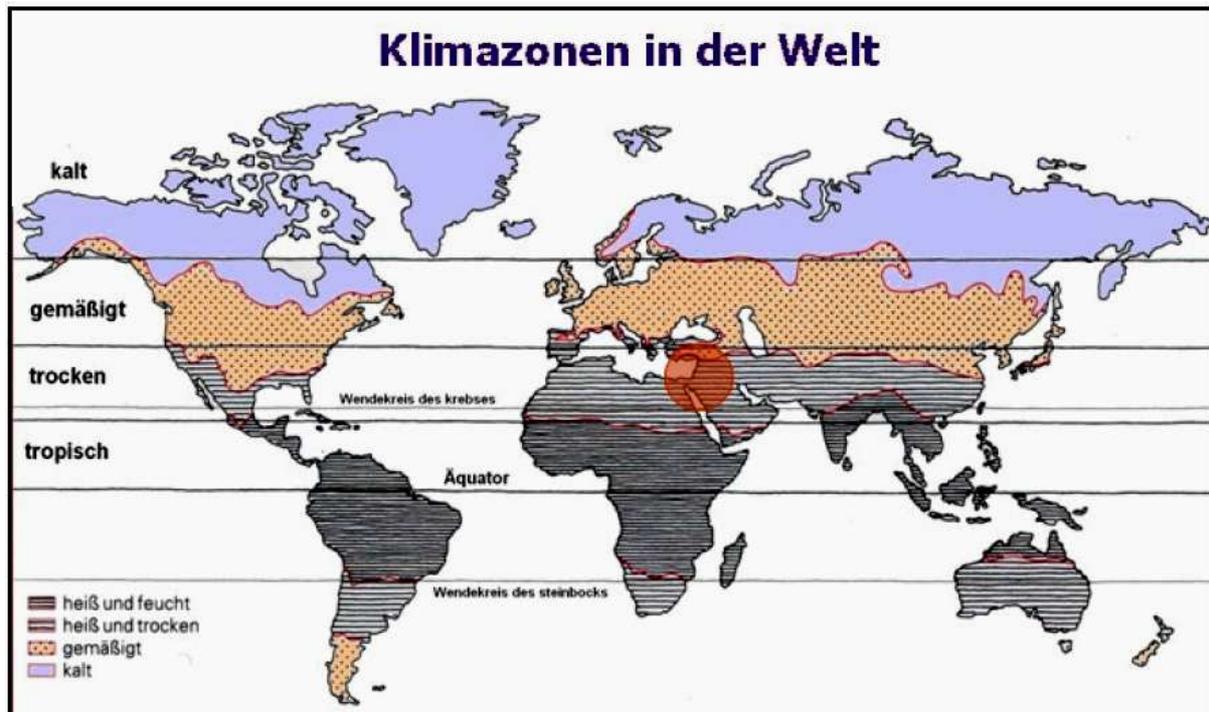


**Abbildung 101:** geografische Lage Syriens

Quelle: Ministerium für Tourismus, Syrien

Syrien liegt in einem heißen und trockenen Gebiet in den Klimazonen der Welt, die durch große Solarstrahlung und große Unterschiede zwischen Winter und Sommer und zwischen Tag und Nacht charakterisiert sind.

Syrien liegt zwischen dem 33. und 37. Breiten- und 36. und 41. Längengrad. Abbildung (102) zeigt die Lage Syriens in den Klimazonen



**Abbildung 102:** Lage Syriens in den Klima-Zonen  
Quelle: Lippsmeier, 1982

Die Klima-Analyse wurde mit Hilfe einer Software durchgeführt (Weather Tool von ECOTECH). Diese Software ist eine vollständige Darstellung und ein Analyseprogramm für stündlich ermittelte Klimadaten.

Sie erkennt eine große Auswahl der Dateiformate internationaler Wetterdaten und bietet eine große Auswahl von Darstellungsoptionen sowohl 2D- oder 3D-Schaubilder sowie Wind- und Sonne-Pfad Zeichnungen, zuzüglich einer vollen psychometrischen und bioklimatischen Analyse.

Man kann mit dieser Software die optimalen Rahmendaten (wie günstigste Orientierungen) für den Entwurf eines spezifischen Gebäudes bestimmen.

Das Ergebnis ist ein umfassendes Werkzeug für die klimatischen Bedingungen.

In trockenen, heißen Zonen wie Syrien, stellt das Flachdach Sonnenschutz und Regensammelbecken dar.

Die klimatischen Bedingungen in Syrien fördern eine Verringerung des Wärmegewinns und Reduzierung von Transmissionswärmegewinnen sowie die Möglichkeit zur Verdunstungskühlung durch die Bauform und die Baumaterial. Offene Bauweisen und die steile Dachneigung sorgen in der trockenen heißen Zone für eine Reduzierung der Strahlungsgewinne und fördern die Kühlung durch Verdampfungsverluste (Regenzeiten).

## 7.2. Traditionelles Leben und Handel in Syrien

Ein Spaziergang durch die Souqs in der syrischen Hauptstadt Damaskus oder in Aleppo entführt Sie in die Welt des Orients. Die bunten, zum Teil überdachten Märkte versprühen ihren ureigenen Charme und bringen Sie der Atmosphäre von 1001 Nacht ein Stückchen näher.<sup>124</sup>

Es gibt in der Altstadt Aleppos 23 Souqs, 6 Kaiserunterkünfte und eine Moschee, die so zentral liegen, dass sie für die meisten Einwohner nur ein paar Meter von zu Hause entfernt sind. Zu dieser Einsicht gelangten auch die Händler, und so entstanden die ersten Geschäfte. Mit der Zeit gesellten sich immer mehr Verkaufsstände hinzu, die sich schnell zum Zentrum des täglichen Handels und der sozialen Kontakte entwickelten. Bis zum heutigen Tag wird der Besuch einer Moschee meist mit dem Einkauf im Souq verbunden.

Die meisten Geschäfte öffnen mit den ersten Sonnenstrahlen und schließen erst nach der Dämmerung. Außer freitags: Am muslimischen Ruhetag bleiben die Läden geschlossen. Die Betriebsamkeit beschränkt sich nicht nur auf die Geschäfte, auch in den engen Gassen wimmelt es von Saftverkäufern und Händlern, die Nüsse und anderes Naschwerk feilbieten. Dazu kommt der Strom der Einkaufswilligen. Der Souq überfällt Sie mit einer exotischen Mischung aus Düften und Farben. Pikante Gewürze in den erstaunlichsten Färbungen aus entlegenen Regionen, Parfüm, Kleidung verschiedener Stile, bunte Verpackungen und allerlei Lebensmittel warten darauf, den Besitzer zu wechseln. Ein Merkmal der Souqs ist die Gruppierung der Geschäfte nach ihrer Handelsware. Gewürzhändler und Fleischer haben eigene Abteilungen, es gibt Sträßchen voll von Brautkleidern, gegenüber den Juwelieren, Spielzeughändler und schließlich eine Reihe Bücherverkäufer. Man fragt sich, wie die Konkurrenten so nahe beieinander allesamt überleben können. Aber das einkaufende Publikum wählt oft nicht den Kaufmann mit dem größten Geschäft, sondern denjenigen, der etwas Besonderes anzubieten hat. (Abb.103, 104)

Der Khan als Gebäude war ein Warenhaus in einem großen Einkaufszentrum, der Mitte der alten Stadt liegt. Der Khan wurde damals als Zentrum des Handels, Industrie, Tourismus und Unterkunft genutzt. In der Mitte des Khans liegen die Geschäfte, im unteren Bereich des Khans befinden sich ein großer Handelsraum und die Ställe für die Pferde der Reisenden. Der obere Bereich besteht aus Unterkunftsräumen.

Die Khans waren für eine Zeit lang von europäischen Familien bewohnt, wobei jede europäische Nationalität ihren eigenen Khan hatte, die auch ihre eigene "Botschaft" und die Unterkünfte für die Geistlichen Unterbrachte.

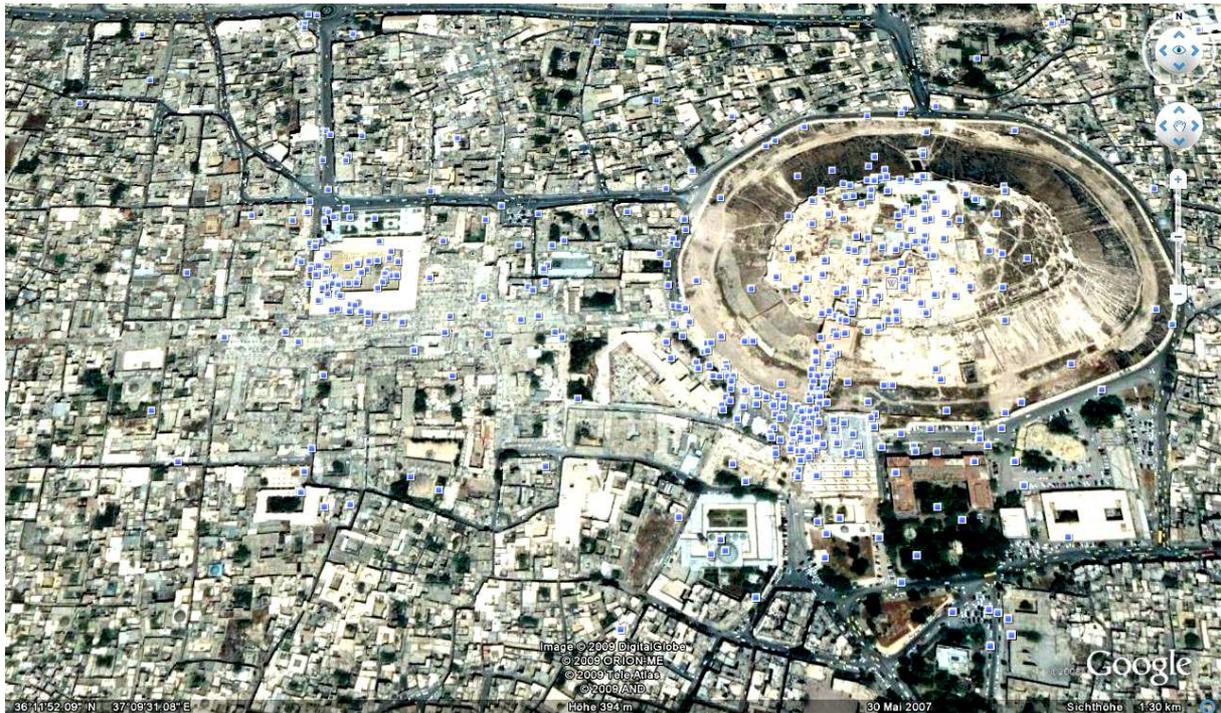
.....  
124. Die Wunderbare Welt der Souqs, Gudrun Harrer, Magazin Winter 2005



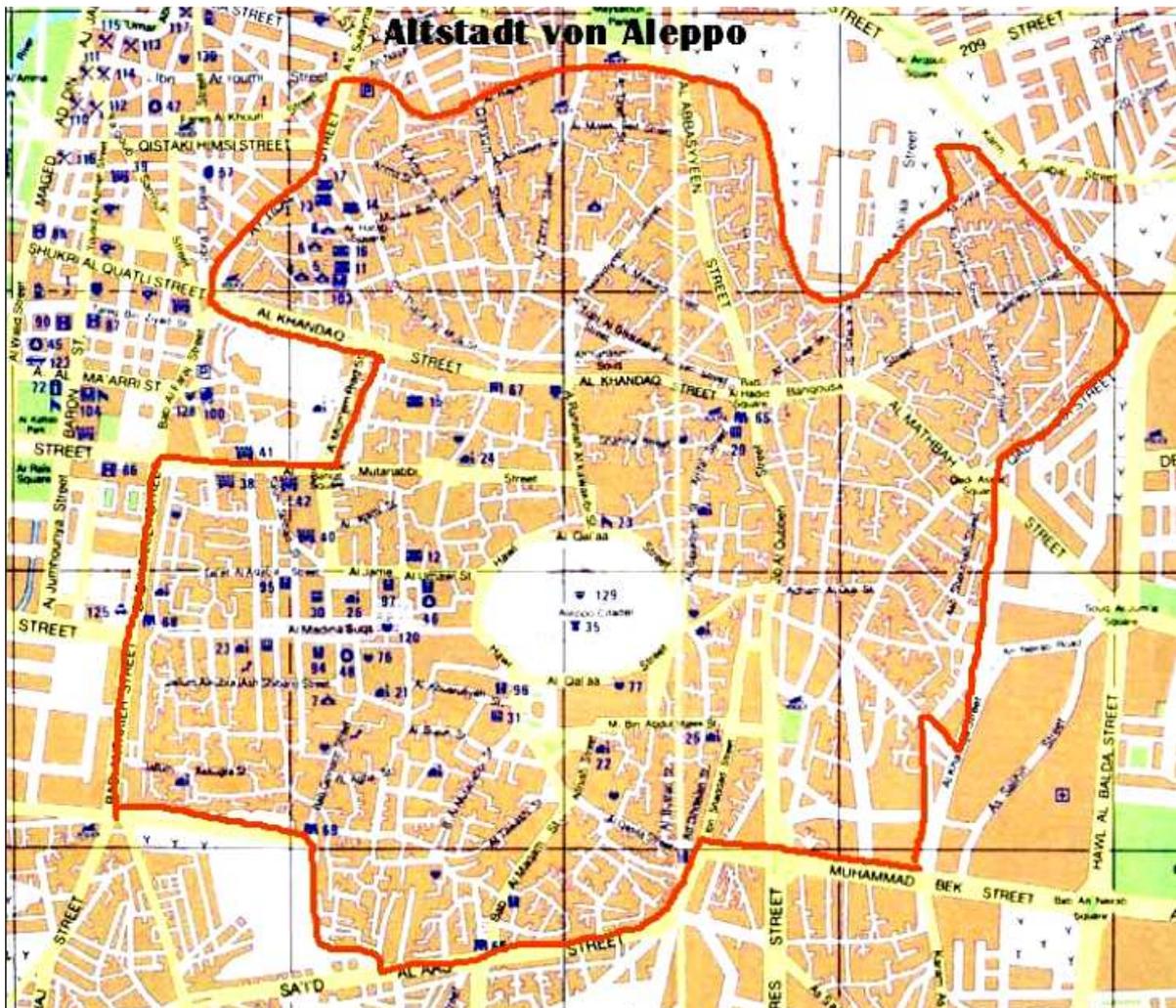
**Abbildung 103:** Al Souq, Einkaufsstadt seit 5000 Jahren in Betrieb.  
Aufnahme: Gudrun Harrer, Magazin Winter 2005



**Abbildung 104:** Die Tageslichtöffnungen im Dach des Souq.  
Aufnahme: Gudrun Harrer, Magazin Winter 2005



**Abbildungen 105,106:** Luftaufnahme und Lageplan des Souqs in Aleppo.  
 Quelle: Ministerium für Tourismus, Syrien



### 7.3. Zustand der Energiewirtschaft in Syrien.

Der Energiesektor wird als der wichtigste Sektor angesehen, der positiv zur wirtschaftlichen und sozialen Entwicklung in Syrien beigetragen hat. Er ist die Grundlage für andere Wirtschafts- und Dienstleistungssektoren.

Der Gewinn aus der Öl- und Gasförderung wird als wichtigster Anteil am Nationaleinkommen dargestellt. Der Energieverbrauch in Syrien in den letzten Jahren zeichnet sich durch zunehmenden Verbrauch bei niedriger Effizienz aus. Alle Forschungen und Berichte der (UNDB) und (UN-ESCOA) haben die Möglichkeiten zur Realisierung von Einsparungen im Energieverbrauch durch Verbesserung der Effizienz in allen Verbrauchsgebieten und auch durch Benutzung der erneuerbaren Energiequellen erläutert.

In diesem Teil meiner Arbeit werde ich Informationen und Daten über die Energie und den Energieverbrauch in verschiedenen Gebieten auswerten.

	Öl (79)	Erdgas (80)	Hydroelektrische (81)	Summe*
Syrien	26228	6426	466	33120

\* ohne und Kohle anderen Primärenergiequellen

**Tabelle 36:** Die Produktion der Primärenergie nach Energieträgern im Jahr 2001 (in 1000 Tonnen Öl-Brennstoff). Quelle: Ministerium für Elektrizität, Syrien UNDB

	Primärenergie (Kg Brennstoff)	Strom (KWh)	CO <sub>2</sub> (Kg)*
Syrien	870	1522	2199

\* 1 Kg Brennstoff kann 2,528 Kg CO<sub>2</sub> als Emission erzeugen

**Tabelle 37:** Primärenergieverbrauch und Strom mit zugehörigen CO<sub>2</sub>-Emission pro Person und Jahr. Quelle: Ministerium für Elektrizität, Syrien UNDB

	Öl		Gas	
	2001	Zeitraum 1992-2001	2001	Zeitraum 1992-2001
Syrien	7,7	8,2	1,9	2,6

\* durchschnittliche Produktion/bestimmte Reserve

**Tabelle 38:** Der geförderte Energieanteil vom Gesamtvorkommen von Öl und Gas im Jahr 2001 und der Mittelwert im Zeitraum 1992-2001(%).  
Quelle: Ministerium für Elektrizität, Syrien UNDB

	Wind	Solar	Hydroelektrische	Biomasse	Summe
Syrien	3	9	466	0	478

**Tabelle 39:** Anteil Primärenergie aus erneuerbaren Quellen im Jahr 2001 (von 1000 t). Quelle: Ministerium für Elektrizität, Syrien UNDB

Das Öl stellt den größten Teil der Quellen der Primärenergien dar. Dagegen stellt die Produktionsmenge der erneuerbaren Energie einen kleinen Teil dar.

Das zeigt, dass Syrien in hohem Maße auf vorhandene Quellen der konventionellen Energie angewiesen ist, obwohl Syrien ausreichende ungenutzte Potenziale an erneuerbaren Energien hat.

Infolgedessen hat der Anteil der Einzelperson an Primärenergieverbrauch bis zu 870 kg Brennstoff und bis zu 1522 KWh Strom zu einer Emission von CO<sub>2</sub> von bis zu 2199 kg CO<sub>2</sub> geführt.

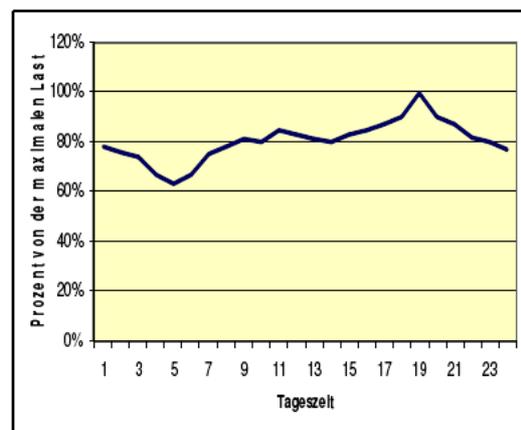
Der geförderte Energieanteil am syrischen Gesamtvorkommen von Öl und Gas hat im 2001 bis zu 7,7 % bzw. 1,9 % erreicht und als Mittelwert bis zu 8,2 % bzw. 2,6 % in den Jahren 1992 bis 2001. Das bedeutet, dass die Ölreserve in den nächsten Jahren in Syrien ausgenutzt sein werden, wenn keine neuen Reserven entdeckt werden. Gleichzeitig werden die erneuerbaren Energien noch ineffizient genutzt.

Der gesamte Ölverbrauch hat bis zu (95.486.000) Tonnen Brennstoff in Syrien im Jahr 1999 erreicht, davon (21.348.000) Tonnen Brennstoff (22 % von gesamtem Verbrauch) in Baugebieten, (20.595.000) Tausende Tonnen Brennstoff (21,6 % von gesamtem Verbrauch) in Industriegebieten, (3071,9) Tausende Ton Brennstoff (32,2 %) in Transportgebieten, (52.816.000) Tonnen Brennstoff (5,5 %) in Agrargebieten und anderen verschiedenen Gebieten, die Reste (18,3 %) werden in der Stromproduktion verbraucht.

- Daten und Informationen über den Stromverbrauch in Syrien:

Der Mittelwert des jährlichen Wachstums der Stromerzeugung im Zeitraum von 1995 bis 2002 hat in Syrien bis zu 8,63 % erreicht. Der Prokopfanteil am Stromverbrauch hat zugenommen und es wird eine weitere Zunahme des Stromverbrauchs in den nächsten Jahren erwartet.

Der Strompreis beträgt 2001 für 1 Dollar 1,293 KWh.



**Abbildung 107:** Stromverbrauch im Tagesverlauf. Quelle: Journal UNDR

Andererseits unterschieden sich die maximalen elektrischen Verbrauchlasten durch die Tagesablauf. Das Diagramm Abbildung (107) zeigt 2 Höhepunkte der Lasten in Syrien, der Erste ist am Vormittag um 11.00 Uhr und reicht bis zu 80-85 % von der maximalen Last. Der zweite ist am Abend (19.00 Uhr) und stellt den maximalen Wert der Last (100%) dar.

Der jährliche Höhepunkt des Stromverbrauchs ist an kalten Tagen des Jahres oft im Dezember; die minimale jährliche Last ist in Frühling.

Der gesamte Stromverbrauch hat bis zu 20000 GWh in Syrien in dem Jahr 1999 erreicht, davon 8948 GWh ca. 44,7 % vom gesamten Verbrauch im Baubereich, davon 7.794 MWh ca. 39 % in den Wohnbauten und 1.154 MWh ca. 5,9 % für Wirtschaftsbauten.

Industrieanlagen und andere industrielle Anwendungen im Agrarsektor verbrauchten 5.482 MWh ca. 28 % des gesamten Verbrauchs, 5.635 MWh ca. 27,3 % haben andere Gebiete, davon auch Industrieanwendungen verbraucht.

Der Verbrauch in Wohngebäuden hat 2001 bis zu 46,1 % des Gesamtverbrauches erreicht.

Diese Schätzungen und Zahlen sind Ergebnisse der Abrechnungen, die abhängig von anderen Informationen über Gebäudezahlen in urbanen und ländlichen Gebieten und ihrer Ausstattungen sind.

## 7.4. Empfehlungen

In Syrien beträgt die in Gebäuden verbrauchte Energie 50 % des Gesamtenergieverbrauchs des Landes und mehr als 20 % des Ölverbrauchs. Das bedeutet mehr als 40 % der Primärenergieproduktion.

Vom Gesamtenergieverbrauch des Gebäudes in Syrien werden nur 1-2 % aus Solarenergie genutzt, trotz des großen Reichtums an solchen Energien. Dabei nimmt auch die Bevölkerungszahl in Syrien um 2,54 % jährlich zu und mithin der Energieverbrauch.

Die Nachfrage nach Energie nimmt in Syrien jährlich um 10 bis 11 % zu, bei gleichzeitiger Zunahme des Wirtschaftswachstums um nur 5-6 %. Das wird künftig wirtschaftliche Probleme zur Folge haben, insbesondere durch Verknappung des syrischen Öls in den nächsten 5 Jahren.

Andrerseits unterstützt die syrische Regierung die Energiepreise. Das kostet sie einen großen Teil des Staatshaushalts z.B. bezahlt die Regierung mehr als 25 Milliarden Syrische Pfund (SYP) oder eine halbe Milliarde US-Dollar zur Subvention von Strompreisen. Hier zeigt sich die dringende Notwendigkeit, Energie zu sparen.

Durch die große Zunahme der Bevölkerung in Syrien, nimmt gleichzeitig der Energieverbrauch erheblich zu.

Dabei treten mehr und mehr Umweltprobleme sowie Verschmutzungsprobleme von Wasser und Luft auf. Zum Beispiel leben derzeit 50 % der Einwohner der Städte in Siedlungen, in denen es zumeist keine oder nur eine unzureichende Versorgung mit Wasser und Entsorgung des Abwassers gibt.

Die geringen Kenntnisse und Informationen bewirken in Syrien ein falsches Verständnis der Bedeutung ökologischen Bauens. Damit bleibt der Begriff des ökologischen Bauens nicht deutlich von dem des klimagerechten Bauens unterschieden.

Trotzdem werden Gebäude oft ohne genügende Berücksichtigung klimatischer Implikationen entworfen.

In Syrien sollten folgende Merkmale bedacht werden:

- Mangel an Kenntnissen
- Mangel an effizienter Anreiz-Politik und leistungsfähigen Rechts- und Verwaltungsvorschriften

Die nationale Politik hat lange einen gewissen Druck auf das Energiesparen in Industrie und Verkehr gelegt. Gleichzeitig fehlen für energiesparende und grüne Gebäude eine effiziente Förderungspolitik und entsprechende Gesetze und Regelungen.

In Syriern gibt es keine vorhandenen Gesetze und Regelungen mit funktionsfähigen Bonus-/ Malussystemen, die alle beteiligten Parteien zur Einsparung von Energie, Land, Wasser und Materialien zwingen.

Ferner fehlt es an einer Kommunikationsplattform für neue Technologie, neue Materialien sowie die neuen Ausstattungen in den Managementstrukturen in Syrien. Demgegenüber hat die energiesparende und grüne Architektur in den Industrieländern bereits Jahrzehnte lang Tradition. In einigen dieser Länder wurde aus wirtschaftlichen Gründen längst ein deutlich niedrigerer Energieverbrauch erzielt. Die systematische und zugleich alle unterschiedliche berücksichtigende Übertragung dieser erfolgreichen Erfahrungen und Technologien in Syrien, würde sie helfen, energiesparende, grüne Architektur und die Verbreitung neuer Technologien, neuer Produkte sowie neuer Managementstrukturen zu fördern.

Das System von Standards und Normen ist noch nicht ausgebildet.

Die Standards der Energieeinsparung für Gebäude wurden noch nicht festgelegt und das komplette Standardsystem für die Gebäude-Energieeinsparung, das Land, das Wasser und die Material-Effizienz und den Umweltschutz wurden noch nicht eingerichtet.

Der wirkungsvolle administrative, regelnde Rahmen ist nicht richtig platziert oder gar nicht vorhanden.

Administrative Funktionen im Zusammenhang mit Energieeffizienz und grünen Gebäude sind noch nicht implementiert worden. Das derzeitige administrative System ist bei schwacher Regulierung nahezu unwirksam. In einigen Orten ist die Verwaltung auch außer Kontrolle.

Die Energiestruktur in den Städten ist nicht angemessen und Betriebsmittel und Ressourcen werden vergeudet.

Indem sie Kohle als die Hauptenergiequelle beibehalten, bleiben Syrien heute weiterhin bei einer unvernünftigen Energiestruktur. Erdgas und besonders erneuerbare Energien, wie Solarenergie, geothermische Energie, Windenergie etc. werden in den Gebäuden kaum eingesetzt.

**Die Mehrzahl der Bevölkerung in Syrien hat keine oder allenfalls vage Vorstellungen davon, was Niedrigenergiebauten ist.**

**Finanzielle Überlegungen gehören zu den Hauptbedenken gegenüber Niedrigenergiehäusern.**

**Eine energiesparende Bauweise wird als zukunftssträftig erachtet. Auch wenn Niedrigenergiehäuser – wie oben gesehen – noch mit dem Vorurteil behaftet sind, eine neue und unerprobte Bauweise zu sein, wird ihnen für die Zukunft zugetraut, die Regel statt die Ausnahme zu sein.**

**Das Argument der Unabhängigkeit von Energiepreissteigerungen scheint für viele Befragte – vielleicht gerade angesichts der aktuellen rasanten Energiepreisentwicklung - einleuchtend zu sein.**

**Bei immerhin fast 20%, also nicht die Majorität, haben Niedrigenergiehäuser das Image, technisch komplizierter als herkömmliche Häuser zu sein.**

**Das Einsparpotenzial des Niedrigenergiehauses wird von vielen deutlich unterschätzt.**

Die Faktoren, die die Verwendung und Verwirklichung des ökologischen Bauens in Syrien erschweren, können hier zusammengefasst werden:

- Keine große Investitionen
- Kein technisches Know-how
- Teure Maschinen
- Alte Systeme in der Infrastruktur
- Limitierte Ressourcen
- Politische und administrative Gründe

Die Einschränkungen der Ressourcen und Technologien Syriens hindern nicht die Nutzung vieler natürlicher Energiequellen wie Solarenergie, von der sie reichlich hat. Diese Energiequellen können aktivierende Wirkungen haben und eine wichtige Rolle in der Architektur spielen.

Es gibt oft ein Übermaß an ungenutzten natürlichen Ressourcen in Syrien und zugleich viele Menschen, die zwar leistungsfähig, aber mit wenig Geld ausgestattet sind. Da in Syrien kann der Automatisierungsprozess eine wichtige Basis sein.

**Die Quellen der erneuerbaren Energie in Syrien:** Das Potenzial der Solar-, Wind- und Biomasseenergie ist in Syrien sehr groß.

Die durchschnittliche jährliche Solarstrahlung auf einer Horizontalebene beträgt um 5.2 kWh/m<sup>2</sup> pro Tag. Windgeschwindigkeitmesswerte wurden in mehr als zwanzig Stationen in Syrien dokumentiert. Die Aussichten dieser Messwerte zeigen Wind als weitere viel versprechende Quelle der erneuerbaren Energie in Syrien. Die gelistete durchschnittliche Windgeschwindigkeit erreicht in einigen Regionen des Landes mehr als 13 m/sec.

Eine theoretische Studie schätzt, dass die Bio-Gas Produktion der täglichen Abfälle der Menschen, Tiere und Landwirtschaft mehr als 300 Millionen Kubikmeter pro Jahr beträgt.

Neue Studien zeigen uns auch, dass Syrien zu den Staaten der Welt zählt, die große geothermische Energiequellen haben, die aktiv nutzbar sind.

Sonnenlicht und hydroelektrische Energie sind auch in Syrien effizient nutzbar.

Syrien verzeichnete dank verbesserter Investitionsbedingungen ein steigendes Engagement ausländischer Unternehmen und dadurch in den vergangenen Jahren ein kontinuierliches Wirtschaftswachstum. 2006 betrug das BIP 29,3 Mrd. USD, das reale Wachstum lag bei 3,2 %. Die syrische Volkswirtschaft ist stark vom Erdölsektor abhängig. Dessen Einnahmen machen zwei Drittel der syrischen Exporte aus. Der Energieminister, Dr.-Ing. Ahmad Khaled Al-Ali geht jedoch davon aus, dass das Land bereits ab 2015 seinen Energiebedarf nicht mehr decken kann. Syrien wird langfristig zu einem Nettoerdölimporteur.

Ein Blick in die offiziellen Solar- und Windatlanten Syriens zeigt die sehr guten natürlichen Bedingungen für Solar- und Windenergie: Die Globalstrahlung ist die zweihöchste der gesamten arabischen Welt und beträgt 2.360 KWh/(m<sup>2</sup>a). Das Windenergiepotenzial beläuft sich auf 1.789 Volllaststunden pro Jahr und liegt damit über dem Durchschnitt der gesamten MENA-Region. Zwischen 2000-2004 wurde in Zusammenarbeit mit UNDP ein "National Renewable Energy Master Plan" erarbeitet. Danach soll bis 2011 der Anteil der Erneuerbaren 4,3% am Primärenergiebedarf ausmachen.<sup>125</sup>

---

125. Heß, Stefanie, Deutsche Energie- Agentur GmbH(dena), 2008

Die Wasserkraft ist bislang die einzige regenerative Energiequelle mit einem signifikanten Anteil an der Stromerzeugung. Sie liefert zwischen 2.000 und 4.000 GWH/Jahr. Die installierte Gesamtleistung beträgt 1.500 MW, was rund 40% der Gesamtstromkapazität entspricht.

Erste Ansätze für die Nutzung weiterer Technologien gibt es bereits seit den 90er Jahren. So wurden PV-Anlagen mit einer installierten Leistung von 80KW für die ländliche Elektrifizierung und 15.000-20.000 solarthermische Anlagen zur Warmwasserbereitung installiert. Auch einige kleine Windkraftanlagen wurden bereits errichtet. Für 2008 erfolgte die Inbetriebnahme zweier Windparks mit einer Leistung von 6 MW bzw. 12,5 MW. Ende 2012 soll der erste 100 MW Windpark ausgeschrieben werden. Zudem ist die Gründung eines Fonds mit einem Volumen von 500 Millionen US\$ für die Förderung von Solarthermie-Anlagen ähnlich wie in Marokko und Tunesien geplant. Richtlinien für die Steigerung der Energieeffizienz im Strom und Gebäudebereich werden erarbeitet.

**Umwelt als Einflussfaktor im Energieverbrauch in Syrien:** Die Umwelt spielt eine wichtige Rolle als Faktor in Syriens Energieverbrauch, dennoch bleibt der dominierende Charakter der Bauplanung umweltschädigend und ohne Rücksicht auf diesen Faktor.

Das Ungenügende und die Ungenauigkeit der speziellen meteorologischen Gegebenheiten und Informationen bzgl. Temperatur, Wind, Sonnenstrahlung und Feuchtigkeit beeinflussen die baulichen Untersuchungen negativ. So ergeben sich manchmal ungenaue oder falsche Ergebnisse. Der Grund ist der bereits erwähnte Mangel an Leistung und Know-how.

Andererseits beachten bauliche und architektonische Entwürfe die wichtige Rolle dieser Faktoren im Energieverbrauch nicht, da die Berücksichtigung des Energieverbrauchs noch unausgereift ist.

Die traditionelle Architektur Syriens (z.B. Altstadt von Aleppo) berücksichtigt diese Faktoren als Ergebnisse langer Erfahrungen, aber leider wurde diesem Wissen in heutiger Architektur keine Beachtung geschenkt.

Außerdem haben die entstehenden Stadtgebiete im Stadtzentrum oder in den zukünftigen Stadtplanungen am Stadtrand in ihrer baulichen Gestaltung den Energieverbrauch nicht berücksichtigt. Das kann man ebenfalls über die Lage von Wohngebieten in der Stadtplanungen sagen (z.B. Meridian Quartier in Aleppo).

Die karge Bepflanzung in syrischen Städten verhindert die Nutzung von deren wichtigen Vorteilen. Als Folge davon nehmen Umweltprobleme und Energieverbrauch direkt zu.

**Die baulichen Einflussfaktoren:** Sie sind die wichtigsten Faktoren, die die Architekten oder Planer kontrollieren können, doch werden sie in Syrien nicht beachtet. Das ist nicht allein Schuld des Architekten, sondern das Ergebnis verschiedener Gründe und Situationen, die eine negative Rolle in der energiesparenden Architektur spielen können, wie im Folgenden beschrieben wird:

- Die hoch verdichteten Regionen im Stadtzentrum und die dichtgedrängten Baumassen sind die Folge der besonderen Gegebenheiten und Bedingungen, die die Bauherrn oder Investoren bestimmen können. Dafür findet sich hier sehr selten ein architektonischer Entwurf, der menschliche Behaglichkeit ohne Hilfsmittel erfüllt.
- Die falschen architektonischen Bauformen verhindern schon die Realisierung einer energiesparenden Architektur.
- Die Altstadt in Aleppo ein gutes Beispiel, das viele Bedingungen der energiebewussten Bauweise erfüllt sind
- Andererseits wurden die traditionellen Methoden in Form und Gestaltung gar nicht berücksichtigt, das unterbindet den Gedanken an Energieeinsparung.
- Die schlechte Ausführung von Fassaden, die Verwendung falscher Materialien und die falsche Ausnutzung ihre Eigenschaften, oder - bei Glasflächen - von Fassaden oder Fassadenelementen sowie bei Verschattungselementen, und Konstruktionsausführung, sind wesentliche, negative Faktoren beim Bau energetischer Architektur.
- Eine schlechte Wahl der Glas-Arten oder Fensterflächen oder Fensterelemente wirkt negativ auf den Energieverbrauch des Gebäudes.
- finde ich die Reduzierung des Verbrauchs über die Baumaterialien und Baukonstruktionen, die ästhetische Funktion die architektonische Aufgaben überdeckt hat.
- Die mangelnde Pflanzung und Wasserflächen ein klarer Minuspunkt zur Verbesserung der Behaglichkeit und des Innenklimas.
- Eine entsprechende technische Ausstattung ist in Syrien zurzeit nicht ausreichend gewährleistet, und was davon vorhanden ist, ist zu teuer, um es verwenden zu können.

**Die traditionelle Architektur in Syrien:** Die traditionelle Architektur hat viele Eigenschaften zum ökologischen Bauen, davon sind folgende zu nennen:

- Kleine enge Straßen, um die von der Sonne unbedeckten Flächen zu vermindern.
- Kleine Fenster im Untergeschoss und komplizierter Schutz für die Fenster im Obergeschoss (Mashrabiya).
- Das Gebäude wird von der Sonne geschützt zu sein: Die Höfe sind offen zum Norden (Iwan Element), um die kühle vorherrschende Briesse des Abends zu empfangen.

- Die Gebäude werden in Beziehungen zueinander aufgestellt, was den maximalen Kreislauf der Luft begünstigt, sodass jede Gebäude gut über den Windschatten des angrenzenden oder Nachbargebäude hinaus gebaut ist.
- Zusätzlich haben diese Gebäude jeweils eine von zwei grundlegenden Windventilationsstrukturen: entweder den unidirektionalen Wind-Kanäle oder den multidirektionalen Wind-Turm.
- Bei beiden Typen sind die Einlässe hoch über den Dachterrassen, wo die Windgeschwindigkeit am größten und die Reinigung der Luft am besten ist, sodass weniger Staub verteilt wird (15 Meter über dem Boden).
- Traditionelle Baumaterialien sind größtenteils dicke Steine (45-60 cm), Mörtel und Schlamm.

Mit diesen Eigenschaften ist die Altstadt von Aleppo (als Beispiel der traditionellen Architektur) ein guter Spiegel des klimagerechten Bauens in Syrien. Sie hat mit ihren Eigenschaften, die sie durch lange Erfahrung gewonnen hat, ihre Verpflichtung als energiesparende Architektur ohne Intention erfüllt.

**Die Neue Architektur:** Seit Anfang der 90er entstanden neue architektonische Konzepte in Aleppo. Ähnlich allen anderen Städten Syriens nehmen sie fremde Architektur und andere städtische Formen an.

Die Globalisierungsauswirkung hat größere Änderungen im Baustil bewirkt, wie breite Straßen, Boulevards und Quadrate, öffentliche Gebäude, Villen und Blöcke mit flachem Dach. Infolge dieses Identitätsverlustes sind Gebäude mit auffälligen Balkonen und Terrassen entstanden.

Folglich wurden Baumaterialien wie Beton, Zement und Tonblöcke, konkrete hohle Steine aus Beton und Ziegelblöcke mit einer dünnen Oberfläche von weißem Stein bedeckt.

Diese und weitere Gründe machen die moderne Architektur Syriens immun für Aspekte der Energie oder Ökologie.

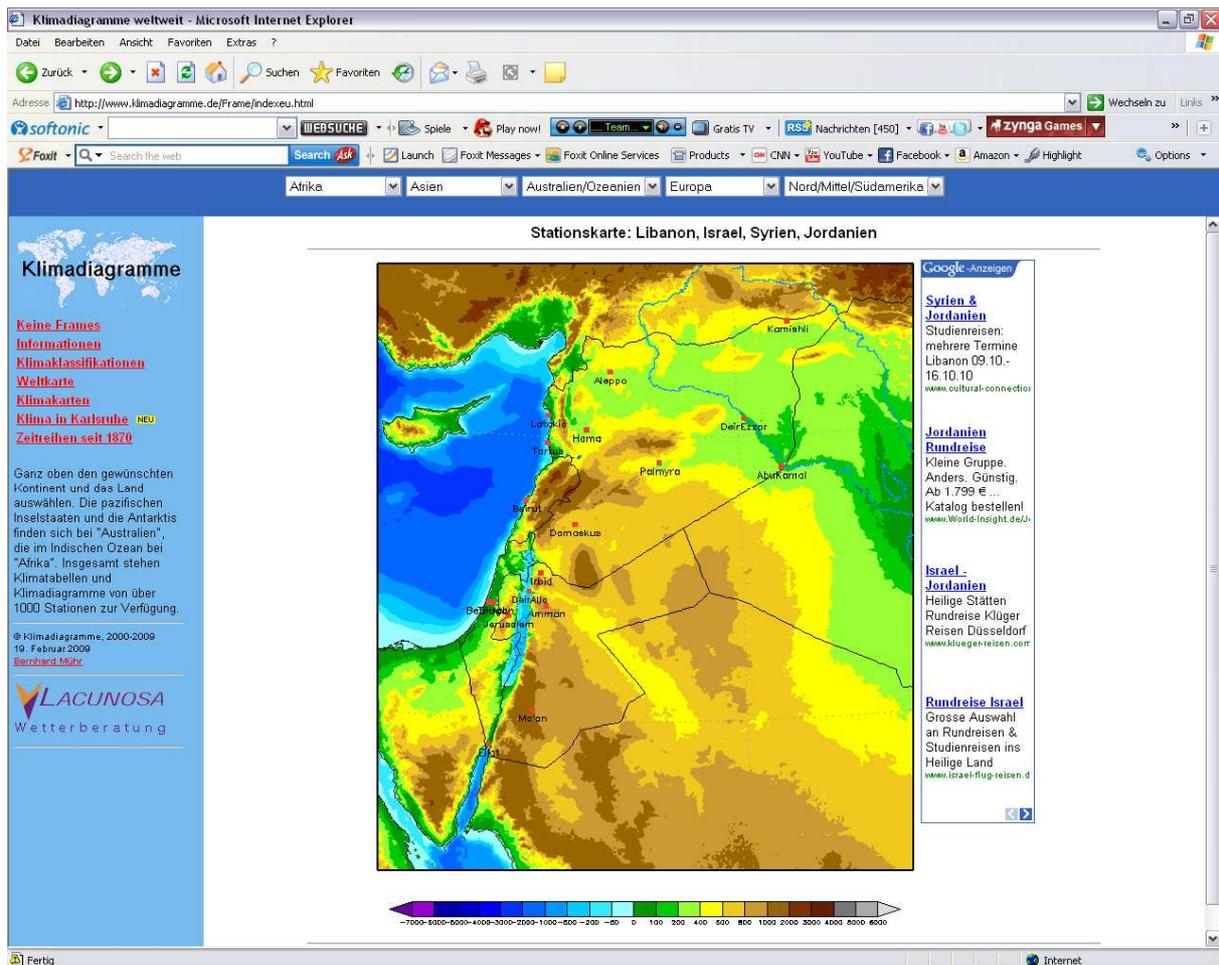
**Das Nutzerverhalten in Syrien:** Der neue Sinn für die Wichtigkeit von Energie und ihren Wert gibt den syrischen Energiebenutzern neue Ideen über Energieeinsparung. Die Diskussion über künftig erschöpfte Energie in Syrien hat eine neue Verantwortung für jeden Benutzer oder Bauherrn ergeben.

Die Verwendung von Solaranlage zur Wasser- und Raumerwärmung steht vor mehreren Hindernissen:

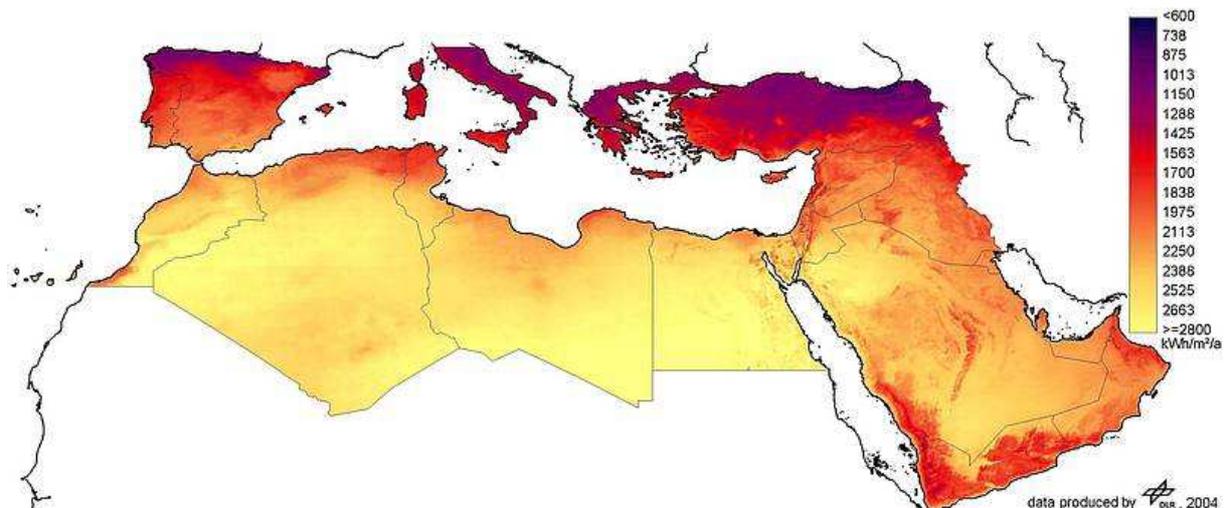
- Hohe Kosten für die Einarbeitung
- Mangel an Anreizen für die Verbraucher zum Energiesparen
- Subvention der Regierung für die Energiepreise wirkt negativ auf der Wirtschaftlichkeit der Solaranlage.
- Wegen des privaten Eigentums der Dächer oder der Besetzung der Dächer mit Satellitenempfängern werden der Installationen der Solaranlage unmöglich.

Die Analyse der Verwendung der energiesparenden Beleuchtungsmittel hat zu den folgenden Ergebnissen geführt:

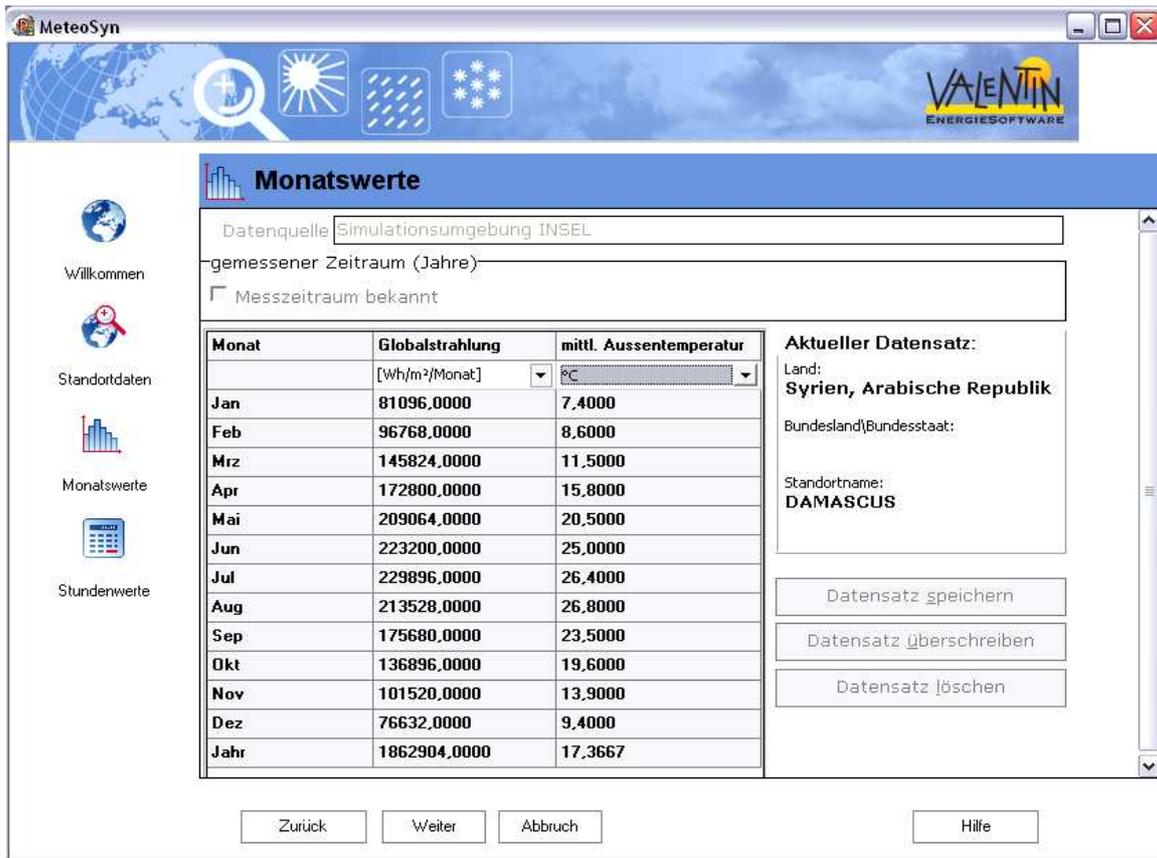
- Die Benutzung von energiesparenden Beleuchtungsmitteln in den Gebäuden (dies hängt auch von einer ordnungsgemäßen Prüfung der möglichen Nutzung eines guten Tageslichtes in der architektonischen Gestaltung ab) führt in Syrien zu einem wirtschaftlichen Prozess für den Benutzer und für die Regierung und zur deutlichen Einsparung der Energie und Kosten.
- Es besteht Interesse von Seiten der syrischen Stromerzeuger an der Verwendung von energiesparenden Lampen zur Reduzierung von Verbrauchsspitzen der Stromnutzung.
- Es besteht Interesse von Seiten der Regierung an der Subvention von energiesparenden Lampen zur Reduzierung der Unterstützung, die die Regierung dem Bürger zum Strompreis bezahlt. Diese Unterstützung kostet die Regierung viel Geld und ist ein großer Teil des Nationaleinkommens.
- Es besteht Interesse des Bürgers selbst an der Verwendung energiesparender Lampen, weil das die monatlichen Rechnungen für Stromverbrauch reduzieren kann und bei der Umstellung auf eine billigere Benutzungsstufe mit billigerem Tarif hilft.



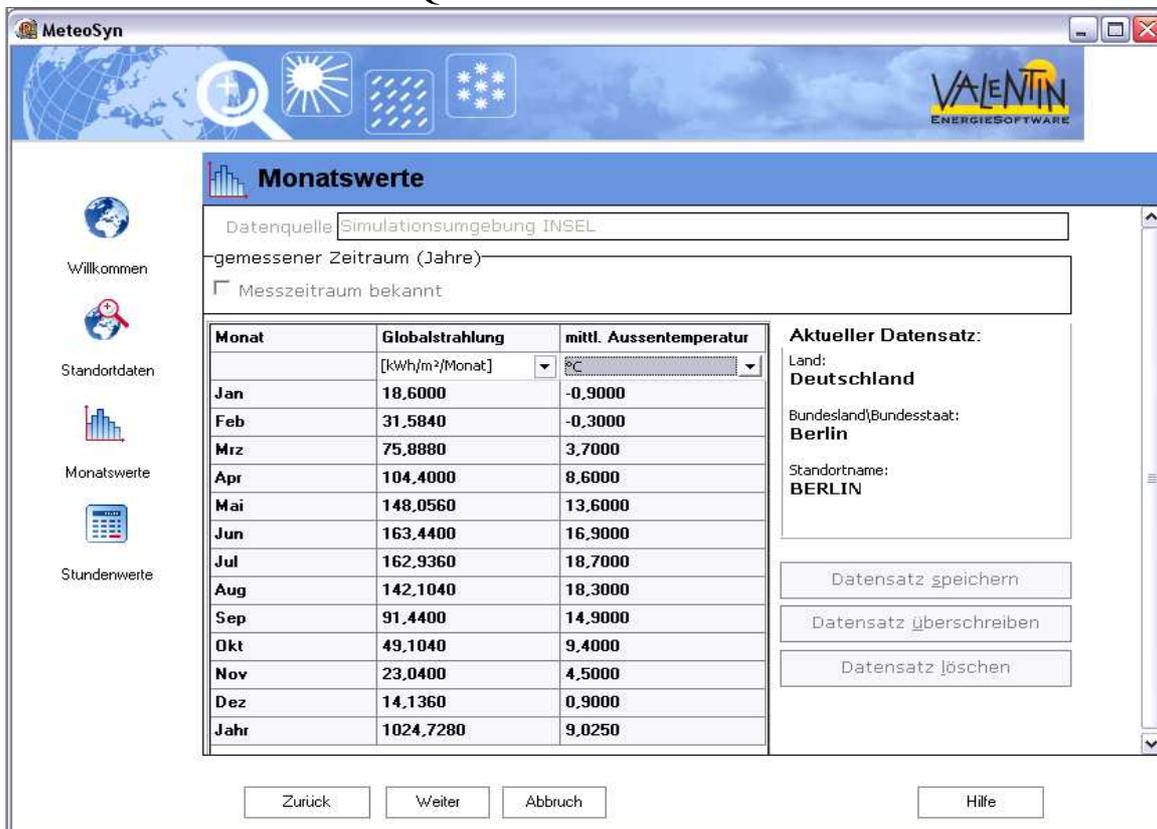
**Abbildung 108:** Die Solarstrahlung in Syrien, hohes Solarenergiepotential.  
Quelle: Klimadiagramme für Solarstrahlung 2004



**Abbildung 109:** Die Solarstrahlung im Mittelmeerbereich.  
Quelle: Klimadiagramme für Solarstrahlung 2004



**Abbildung 110: Jahressolarstrahlungsertrag pro m<sup>2</sup> in Damaskus**  
Quelle: Valentin Software



**Abbildung 111: Jahressolarstrahlungsertrag pro m<sup>2</sup> in Berlin**  
Quelle: Valentin Software



## **Machbarkeit in Syrien:**

Aus Zielen des ökologischen Bauens ergibt sich folgende Prioritätenliste für die Machbarkeit in Syrien:

### **Architektonischen Prioritäten:**

1. Verbesserungen der thermischen Leistungen des Gebäudes resultieren aus der Verbesserung der thermischen Spezifikationen der Gebäudehülle. Daher wird empfohlen, Isoliermaterialien und Doppelglas in Gebäuden zu nutzen.
2. Der Prozess der Verbesserung der thermischen Spezifikationen der Gebäudehülle muss im Zusammenhang mit bestimmten Regeln und Bedingungen des Bauprozess (z.B. U-Wert) erfolgen. Daher wird empfohlen, die erforderlichen Rechtsvorschriften für die Verwendung von Dämmstoffen und den Energieverbrauch in Wohngebäuden aufzustellen und diese zu obligatorischen Regeln zu machen.
3. Die Verbesserung der energetischen Leistung der Hofbauten macht es zu einem guten energiesparenden Gebäude mit großem kulturellem Wert.
4. Verringerung der Aufwand bei der Baumaterialherstellung: Optimierung der Herstellung, um die Aufwand von Baumaterialien zu verbessern.
5. Schützen und Verbesserung der Lage: Konservierung und Unterstützung der lokalen Ökosysteme und Biodiversität.
6. Die Nutzung von Dämmstoffen und Doppelglas (Prozess der Verbesserung der thermischen Leistung der Gebäudehülle) ist in den bestehenden Gebäuden ein erfolgreicher Prozess und es wird empfohlen, diesen Prozess weiterzuführen.
7. Die Nutzung der Materialien: Anwendung der niedrigumweltschädige Materialien und Betriebsmitteln.
8. Vermeiden bei Herstellung des Gebäudes die Nutzung von Lasuren und Kunststoffmaterialien, die die Gesundheit der Nutzer gefährden können.
9. Nutzung von natürlichen Dämmstoff Materialien wie Schafwolle, Holzfaser, Cellulose und Lehm.
10. Die Ermutigung der lokalen Industrien zur Produktion von Dämmstoffen oder Doppelglas ist förderlich für die Nutzung bei der Anwendung.

11. Versorgung des Gebäudes mit Tageslicht, Grüne- und Wasserflächen, um behagliches gesundes Innenklima zu bekommen.
12. Verringerung der Konstruktionsreste: Abbau und Wiederverwendung.
13. Verringerung des Mindestmaßes der Umweltschäden bei Flächennutzung.
14. Nutzung Erneuerbarer Energien im Gebäude wie die Geothermischeenergie und Photovoltaik sogar Kraftwärme- oder kältekopplung.
15. Energiesparen und damit Bauen des energiewirksamen Gebäudes.

### **Klimatischen Prioritäten:**

16. Klimaschutzkonzept durch CO<sub>2</sub>-Vermeidung in den Bereichen Bauen, Wohnen, Verkehr und Gewerbe.
17. Schaffung der Gemeinschaft: Entwurf Gemeinschaften, Abhängigkeit auf Automobilen zu verringern und einen Sinn der Gemeinschaft zu fördern.
18. Schaffung von Bezügen und Erlebnismöglichkeiten mit Elementarem und "Unsichtbarem", wie "Wasser", Erde, Pflanzen, Tieren, Energie und Abfall usw.
19. Planung von Gebäuden und Landschaften, die wassersparend sind.

### **Prioritäten zur Energiewirtschaft:**

20. Die Energiewirtschaft in Syrien zeigt, dass „Energieeinsparung“ noch nicht bekannt ist.
21. Die Niedrigenergiebauweise in der Architektur Syriens hat sich derzeit noch nicht entwickelt.
22. Das Steigen der Energiepreise weltweit verursacht die dringende Notwendigkeit für eine Energieeinspar-Verordnung.
23. Mangelndes Bewusstsein an Energieeinsparung in der Architektur oder Wissen über Nachhaltigkeit hat eine negative Rolle auf die Akzeptanz des Niedrigenergiebaus.
24. Erstellung einer eigenen Norm für ein Niedrigenergiebauen in Syrien.

25. Öffentliche, amtliche und offizielle Sensibilisierung für die Notwendigkeit der Nutzung der Sonnenenergie durch Bereitstellung von Informationen und Programmen zu diesem Thema.
26. Für die Anwendung der energiesparenden Beleuchtungsmittel soll die Regierung den Austauschprozess der Beleuchtungsmittel durch Reduzierung der Preise dieser Mittel begünstigen. Es ist z.B. durch verschiedene Maßnahmen wie Reduzierung des Importzolls auf diese Produkte oder durch Verkauf an die Bürger auf Ratenzahlung.
27. Schaffung der notwendigen staatlichen Pläne für diese verschiedenen Prozesse.
28. Gründung und Errichtung wirksamer Institutionen, die langfristig zu Energieeinsparung forschen.
29. Einführung des Konzepts der Rationalisierung von Energie in das tägliche Verhalten der syrischen Familien.
30. Zubereitung von kompletten Rehabilitationsprogrammen in die Rationalisierung der Energienutzung und zur Verbesserung der Effizienz.
31. Da der Bauprozess des Niedrigenergiebaus nach aktuellen Preisen wirtschaftlich für die Regierung ist, ist es möglich, dass die Regierung selbst die Häuser baut und sie dem Bürger via Ratenzahlung verkauft.
32. Es ist auch möglich, dass die Regierung den Investoren einen Baukredit oder Steuernachlass mit bestimmten Bedingungen für den Bauprozess gibt, die die Energieeinsparungs-Maßnahmen im Bauen berücksichtigen (nach der Ausstellung eines neuen Baurechts).
33. In allen Fällen muss der Bauprozess in der Zukunft energiebewusst sein, da er das wirtschaftliche Interesse für beide Seiten gleichzeitig (die Regierung und den Bürger) berücksichtigt.
34. Verbesserung der Leistungsfähigkeit der personellen Kapazitäten durch Kurse für Weiterbildung, damit verschiedene Gesetze besser verstanden und angewendet werden können.
35. Ermutigung zur Schaffung von architektonischen Wettbewerben für die Planung von Projekten. Dies trägt zu guter Konkurrenz bei, die die Grundsätze der Energieeinsparung und Energieeffizienz berücksichtigt.

36. Maximierung der Nachhaltigkeit: Entwurf für Dauerhaftigkeit und Anpassungsfähigkeit.
37. Einbezug des weltweiten Know-hows und Erfahrungen in der Energieeinsparung, insbesondere aus Deutschland, Österreich und Schweden.
38. Für die Nutzung der Solaranlage gibt es einige vorgeschlagene Lösungen:
1. Aufstellung neuer Gesetze für die Nutzung der Solarenergie und ihrer Anwendungen in Gebäuden.
  2. Anbieten eines eigenen Baukredites für die Anwendung von Solaranlagen.
  3. Schaffung von Planzielen für die Verwendung der Solaranlagen in den Neugebäuden und Anreize für die Einrichtung der notwendigen Industrien dafür.
  4. Aufstellung von Gesetzen, die die Nutzung der Satellitenanlagen auf den Dächern der Wohngebäude begrenzt. Dies ermöglicht die Installation der Solarkollektoren auf den Dächern.

## 8. Verzeichnisse:

### 8.1. Literaturverzeichnis

- Althaus ,Dirk (2001): Fibel zum ökologischen Bauen, Berlin Bauwerk
- ARCH + 51/52 Zeitschrift (Juli 1980): Ökologische Planen und Bauen, Aachen ,Klenkes Druck und Verlag
- ARCH + 62 Zeitschrift (Mai 1982): Ökologische Planen und Bauen, Aachen, Klenkes Druck und Verlag
- Bahrtdt, Hans-Paul (1998): Die moderne Großstadt. Soziologische Überlegungen zum Städtebau. Opladen
- Baier, R., Schäfer (1998): Innenstadtverkehr und Einzelhandel, Verkehrstechnik Heft
- Bareis, Ellen (2007): Verkaufsschlager. Urbanen Shopping-Malls – Orte des Alltags zwischen Nutzung und Kontrolle. Münster: Westfälisches Dampfboot.
- Barr, Vilma (2004): Building type basics for retail and mixed- use facilities, Barr Ver.
- Bastian, Antje (1999): Erfolgsfaktoren von Einkaufszentren. Ansätze zur kundengerichteten Profilierung. Wiesbaden
- Behrendt, Siegfried (1992): Kriterien für das ökologisches Bauen, Berlin
- Benecke, Georg (2008): Energieeffizienz bei Lüftungsanlagen. Stadt Wien MA 27.
- Berlin, Senatsverwaltung für Stadt- und Entwicklung, Umweltschutz und Technologie (1999): Handelsstandort Berlin; Stadtentwicklungsplan; Zentren und Einzelhandel, Berlin, Regiover
- Brune, Walter (1996): Die Stadtgalerie. Ein Beitrag zur Wiederbelebung der Innenstädte. Frankfurt am Main/New York: Campus.
- Brune, Stefan (2001): Die Stadtgalerie. Ein Beitrag zur Wiederbelebung der Innenstädte. Frankfurt, New York

- Bühler, Thomas (1991): City-Center. Erfolgsfaktoren innerstädtischer Einkaufszentren. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.
- Burns, Wilfred (1959): British shopping centres, Leonardo Hill, London
- Burt, Hill, Kose, Rittelmann Associates (1987): Commercial building design, New York ; van Nostrand Reinhold
- Coleman, Peter (2006): Shopping environments, Human Edition
- Daniels ,Klaus, (1995): Technologie des ökologischen Bauen, Basel , Boston , Berlin, Birkhäuser
- Daniels, Klaus, Dirk u. Hindrichs (2007): Plus minus 20/40 Latitude/ Schüco, Edition Axel Menges
- D.Beyard, Michael (2001): Developing Retail entertainment Destinations, Urban Land Institute, Washington
- DEUBAU `87- Kongresses (1989): Architektur und Natur ,Baukultur Morgen\_,Bonn ,Hamburg –Christians und Reim Verlag
- Dieter, Heinrich, Manfred Hergt (1980): dtv, Atlas zur Ökologie ,Tafeln und Texte /München; deutsche Taschenbuch Verlag GmbH co.kg
- Diederichs, Claus Jürgen (2001): Entwicklung eines Bewertungssystems für ökonomisches und ökologisches Bauen und gesundes Wohnen, Stuttgart: Fraunhofer-IRB Verlag
- Dittmeier, V., Maier, J. und Stettberger, M. (1999): Strukturwandel im Einzelhandel, eine Panel- Studie. Bayreuth
- Doernach, Rudolf (1985): Naturwerkstatt, Germany, Frankfurt am Main ,Fischer Verlag GmbH
- Dörhöfer, Kerstin (1998): ‚Wer eine kennt, kennt alle‘ – Utopia und die Shopping Mall. In: Raumplanung
- Dörhöfer, Kerstin (2008): Shopping Malls und neue Einkaufszentren. Urbaner Wandel in Berlin. Berlin: Reimer Verlag.
- ECE Projektmanagement GmbH & Co. KG (Hg.) (1999): Faktor Einzelhandel in Deutschland. Frankfurt am Main.

- Everts, Jonathan (2008): Konsum und Multikulturalität im Stadtteil. Eine sozialgeographische Analyse migrantengeführter Lebensmittelgeschäfte. Bielefeld: Transcript.
- Eyerer, Peter (2000): Ökologische Bilanzierung von Bau Stoffen und Gebäuden, Boston ,Berlin ; Birkhäuser Verlag
- Falk, Bernhard (1998) (Hg.): Das große Handbuch Shopping Center. Einkaufspassagen, Factory Outlet-Malls, Urban Entertainment-Center. Landsberg am Lech: Verlag Moderne Industrie.
- Faskel, Brend (1982): Die Alten bauen besser, Frankfurt am Main, Eichenborn Verlag
- Gerhard, Ulrike (2001): Stadt in der Stadt. Das Beispiel der West Edmonton Hall in Edmonton/Kanada. In: Praxis Geographie 5
- Gestring, Heine,-Montz, und Mayer,Siebel (1997): Ökologie und Urban Lebensweise ,Untersuchungen zu einem anscheinend unauflöslchen Widerspruch, Braunschweig ,Wiesbaden ,Vieweg
- Gillinger, Schmidt, Julian (2000): Bauen im Gleichgewicht ,von Haustraum Zum Traumhaus, Wien ,Uranus Verlagsgesellschaft mbH
- Glücklich, Detlef (2005): Ökologisches Bauen, von Grundlagen zu Gesamt Konzepten, München Deutsche Verlag
- Gurdun, Oswald (2005): Ökologischer Bewertung in Holzwohnholzbau, Tu Graz
- G. Hofer et. al.(1999): Ganzheitliche ökologische und energetische Sanierungsgebäuden bm, v, it
- Grieben, Rüdiger (2001): Innerstädtische Einkaufszentren als Instrument zur Revitalisierung ostdeutscher Cities. Eine empirische Untersuchung am Beispiel der Elbgalerie Riesa. Bayreuth: Universität Bayreuth.
- Gruppe LOG-ID (1982): Grüne Archen; Frankfurt am Main, Verlag Dieter Fricke GmbH
- Gruppe LOG-ID (1983): Das Haus in Baden Baden, Frankfurt am Main , Verlag Dieter Fricke GmbH

- Ingeborg Flagge, Verena Herzog ,Loibl Anna Meseure ,Thomas Herzog (2001): Arch und Technologie ,Germany, München Prestel Verlag
- Hahn, Barbara (2001): Erlebniseinkauf und Urban Entertainment Centers. In: Geographische Rundschau
- Hahn, Barbara(2002): 50 Jahre Shopping Center in der USA, Evolution und Marktanpassung, LIS- Verlag
- Handwick. M. Jellery (2004): Mall maker, Wehly Edition
- Hans, Mönninghoff, Hrsg (1993): Wege zur ökologischen Wasser Versorgung, br. Ökobuch Verlag , Staufen bei Freiburg
- Hatzfeld, U. (1994): Innenstadt – Handel - Verkehr. Verkehrtes Handeln in ostdeutschen Innenstädten, In: Informationen zur Raumentwicklung
- Harrer, Gurdun (2005): Die wunderbare Welt des Souqs, Magazin Winter 05, Berlin, Reimer Verlag
- Hausladen, Gerhard (2005): Clima Design, Lösungen für Gebäude mit der weniger Technik mehr können, München, Georg D.W.Callweg Verlag
- Heinritz, Günter, Klein Kurt E. & Popp, Monika (2003): Geographische Handelsforschung. Berlin, Stuttgart, Gebrüder Borntraeger (Reihe Studienbücher der Geographie).
- Hellman, Kai- Uwe (2005): Das Management der Kunde, Wiesbaden
- Heinritz, G. u. Schröder, F.(2001): Der gekaufte Verstand. Was taugen Gutachter und Beraterleistungen im Einzelhandel? München
- Herzog, Thomas (1996): Solar Energie in Architecture and urban Planning, München, London, New York, Prestel Verlag
- Herzog, Thomas (1996): European conference on Solar Energy in Architecture and urban Planning, Munich, Prestel
- Heß, Stefanie (2008): Energiebericht, Deutsche Energie-Agentur GmbH, Berlin, dena Verlag
- Hillmann, Gustav (1983): Klimagerechte und energiesparende

Architektur, Müller Verlag, Karlsruhe

- Hoffmann-Axthelm, Dieter (1994): Das Einkaufszentrum. In: Fuchs, Gotthard; Moltmann, Bernhard & Prigge, Walter (Hg.): Mythos Metropole. Frankfurt am Main.
- Huning, Sandra (2003): Sind Shopping Malls die besseren öffentlichen Räume? In: Arbeitskreis Stadterneuerung (Hg.): Jahrbuch Stadterneuerung 2003. Berlin.
- J. Farrell, James (2003): One nation under goods, Malls and the Seductions of American shopping, Washington. Dc (u. a.) Smithsonian Books
- Kassner, Jens (2002): Reiberei am großen C. Texte zu Architektur und Stadtentwicklung in Chemnitz. Chemnitz: Edition Vollbart.
- Kohmanns, Barbara (1995): Ökologisches Bauen, Neuherberg: GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit
- Konrad, Otto (1982): Ökologisches Bauen, Wiesbaden Berlin, Brandenburg Bauverlag
- Koolhaas, Rem (2001): Projekt on the City<sup>2</sup>, Harvard Design school. Guide to shopping, TASCHEN GmbH
- Kooperschmidt, Juliane (2003): Shopping-Center-Stadt; urbane Strategien für eine nachhaltige Entwicklung, GWN, Schriftenversand
- Krimmling, Jörn (2007): Energieeffiziente Gebäude, Fraunhofer Verlag
- Kulke, Elmar (2005): Geographie von Dienstleistungen und Einzelhandel. In: Schenk, Winfried & Schliephake, Konrad (Hg.): Allgemeine Anthropogeographie. Gotha/Stuttgart: Klett-Perthes
- Kulke, Elmar (2005): Dem Konsumenten auf der Spur – neue Angebotsstrategien und Nachfragemuster. Würzburg.
- Kursche, Per. Deutschland (1982): Ökologisches Bauen Wiesbaden und Berlin, Bau Verlag

- Legnaro, Aldo & Birenheide, Almut (2005): Stätten der späten Moderne. Reiseführer durch Bahnhöfe, Shopping Malls, Disneyland Paris. Wiesbaden
- Meyer, Günter & Pütz, Robert (1997): Transformation der Einzelhandelsstandorte in ostdeutschen Großstädten. In: Geographische Rundschau
- Ministerium für Arbeit und Soziales, Stadtentwicklung, Kultur und Sport des Landes Nordrhein-Westfalen (MASSKS) (2001): Innerstädtische Einkaufszentren. Anforderungen und Integration, Düsseldorf
- Mösel, Suzanne (2002): Kombinierte Großprojekte des Handels und Freizeit als Impulsgeber für die Stadtentwicklung
- Otto, Alexander (2006): Shopping Center – Erscheinungsformen und künftige Entwicklung. In: Zentes, Joachim (Hg.): Handbuch Handel. Strategien, Perspektiven, internationaler Wettbewerb. Wiesbaden
- Preisig, Hansreudi (1999): Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung, Zürich, Werd Verlag
- Richter, Tilo (2004): Chemnitz – neue Bauten in der Stadtmitte 1990-2003. Chemnitz.
- Riewoldt, Otto (2000): Retail Design, Laurence King Publishing, London
- Rocky Mountain Institute (1998): „Green Development, Integrating Ecology and Real Estate“, USA John Wiley and Sons, Inc
- Schäfers, Bernhard (2006): Stadtentwicklung im Spiegel der Stadtsoziologie. Beiträge seit 1970. Konstanz.
- Seidel, Wolfgang (1996): Innenstadt Chemnitz – Shopping Malls oder Stadt-Rekonstruktion. In: StadtBauwelt .
- Schmid, Peter (1986): Biologische Baukonstruktion, Köln -R. Müller
- Schulze, Darup-Burkhard(1996): Bauökologie, Wiesbaden und Berlin, Bauverlag GmbH
- Siebel, Walther (2006): Zum Wandel des öffentlichen Raumes – das Beispiel Shopping Mall.. BKG Band 17. Stuttgart

- Sievers, Karen (2006): Kontrollierte Träume. Shopping Center als neue Form sozialer Kontrolle? Berlin: wvb.
- Solomon, Barbara- Standfacher (1989): Green Architecture and the agrarian garden , Japan
- Steele, James (2005): Ecological architecture - London , Thames and Hudson.
- Steiger, Peter (1995): PLENAR, Planung, Energie ,Architektur, Verlag Arthur Miggi, Zürich
- Stitt, Fred (1999): A.- Ecological Design Handbook, USA, The Mc. Grau- Hill Companies
- S.Hornbeck, James (1989): Stores and shopping centres, Mc Grau- Hill companies.
- Tomm, Arwed (1992): ökologisch, planen und bauen –Braunschweig,, Wiesbaden , Fried r. Vieweg und Sohn Verlag m.b.h
- Tu Was (1997): Ökologische Verbraucherberatung Mainfranken, Ökologisch bauen –aber wie? Düsseldorf ,Werner
- Vale, Brenda und Robert (1992): Ökologische Architektur , Frankfurt am Main, New York; Campus Verlag
- Voltz, Michael (1996): Die deutsche Architektur Museum (Frankfurt am Main), Die Ökologische Herausforderung in der Architektur, Tübingen- Wasmuth
- Wachberger, Michael und Hedy (1983): Mit der Sonne bauen, Anwendung passiver solar Energie\_München: Callwey ( Zeitschrift- EP Wohnen
- Wall, Axel, Victor (2005): Gruen Form urban shop to new city, Ingo print SA, Barcelona.
- Wehrheim, Jan (Hg.) (2007): Shopping Malls. Interdisziplinäre Betrachtungen eines neuen Raumtyps. Wiesbaden

- Weiß, Klaus-Dieter (1996): Warentausch nach amerikanischem Vorbild. Einkaufszentren, Shopping-Center, Mega-Malls. Basel, Berlin
- Weiß, Klaus-Dieter (1996): Architektur für den Handel, Birkhäuser Ver.
- Wines, James (2000): Grüne Architektur, Köln ,Benedikt Taschen Verlag
- Wright, David (1980): Sonne, Natur Architektur, Karlsruhe Verlag C.F. Müller
- Yannas, Simos (1991): Principles, objectives, guidelines- solar energy and housing design, London, Architectural Assoc.
- Yeang, Ken (1995): Designing with Nature ,the ecological Bases for Architectural Design, New York, Mc. Grau-Hill ,Inc

## 8.2. Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1	Entwicklungs- des Energieverbrauchs (Deutschlands)	30
Tabelle 2	Forderung wichtige Rohstoffe (Deutschland)	31
Tabelle 3	Primärenergieverbrauch in internationalen Vergleich 2004	32
Tabelle 4	Primärenergieverbrauch nach Energieträger	34
Tabelle 5	Endenergieverbrauch nach Energieträger	34
Tabelle 6	Einsatz von Umweltressourcen für wirtschaftliche Zwecke	43
Tabelle 7	Einsatz von Umweltressourcen für wirtschaftliche Zwecke Produktivität	43
Tabelle 8	Daten von der Beispiel 1, Arkaden, Potsdamer Platz, Berlin	64
Tabelle 9	Daten von der Beispiel 2, Stern Center, Potsdam	70
Tabelle 10	Daten von der Beispiel 3, Das Schloss, Schloss Straße, Berlin	75
Tabelle 11	Indikator 1, A/V Verhältnis	98
Tabelle 12	Typische U-Werte	105
Tabelle 13	U-Werte verschiedene Bauteile	105
Tabelle 14	Rechnung von U-Wert Arkaden, Potsdamer Platz	109
Tabelle 15	Rechnung von U-Wert Stern Center, Potsdam	110
Tabelle 16	Rechnung von U-Wert Das Schloss, Schloss Straße	110
Tabelle 17	Darstellung von U-Wert des Baukörpers der untersuchte Beispiele	111
Tabelle 18	Indikator 2; Transmissionswärmeverlust	112
Tabelle 19	Darstellung von Kennzahlen der untersuchte Beispiele	120
Tabelle 20	Indikator 3 (TMR) Total Material Requirement	122
Tabelle 21	Darstellung von Kennzahlen der untersuchte Beispiele	125
Tabelle 22	Indikator 4, GWP (Kg Co <sub>2</sub> -Äqu)	127
Tabelle 23	Indikator 5, Flächennutzung (SPI)	131
Tabelle 24	Darstellung von Kennzahlen der untersuchte Beispiele	135
Tabelle 25	Indikator 6, KEA, kumulierte Energie Aufwand	137
Tabelle 26	Heizenergiebedarf der untersuchte Beispiele	143
Tabelle 27	Indikator 7, PEV, Primärenergiebedarf	144
Tabelle 28	Hilfsenergie bei der Lüftungsanlage der untersuchte Beispiele	150
Tabelle 29	Lüftungsenergiebedarf der untersuchte Beispiele	151
Tabelle 30	Indikator 8, $\Phi_v$ Lüftungsenergiebedarf	152
Tabelle 31	Arten von Wärmetauchern	155
Tabelle 32	Indikator 9, $\Phi_L$ Beleuchtungsenergiebedarf	164
Tabelle 33	Primärenergiebedarf in KWh/(m <sup>2</sup> a)	170
Tabelle 34	Indikator 10, $\Phi_p$ Primärenergiebedarf	171
Tabelle 35	Darstellung von der gesamten gegebenen Noten im Rahmen der Prozess	179
Tabelle 36	Produktion der Primärenergie nach Energieträger	189
Tabelle 37	Personenanteil an Primärenergieverbrauch	189

Tabelle 38	Der geförderte Energieanteil vom Gesamtvorkommen	189
Tabelle 39	Ausgleichende Primärenergie durch Energieproduktion	189
Tabelle 40	Syrien, das Land in Fakten und Zahlen	212

### 8.3. Abbildungenverzeichnis:

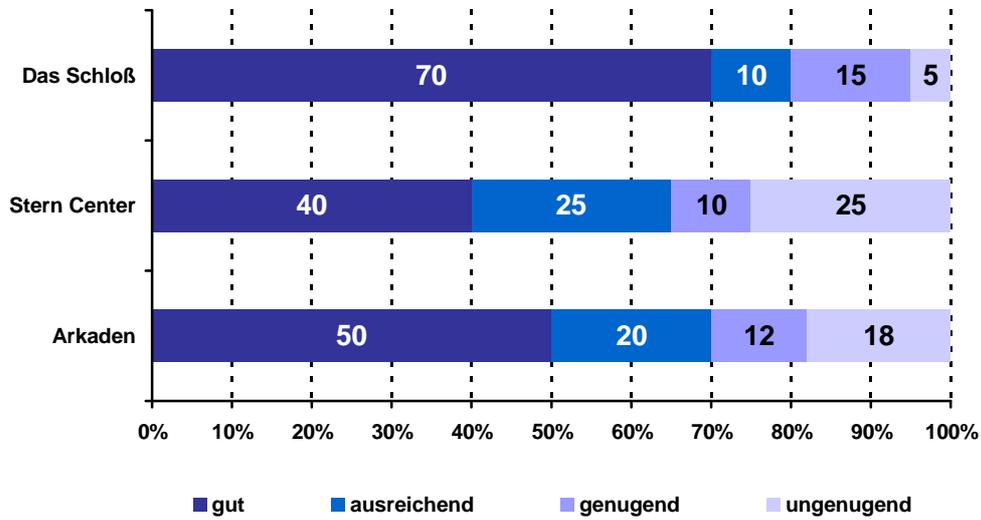
Abbildung 1	Entstehung von Einkaufszentren	15
Abbildung 2	Erster Handelsplatz in der Antike	15
Abbildung 3	Der Souq in der alt Stadt Damaskus 18 Jahrhundert	16
Abbildung 4	Der Souq als Tradition in der 19. Jahrhundert	16
Abbildung 5	Durchschnittliche Mietflächen und Anzahl deutscher Shopping-Center	18
Abbildung 6	Verkaufsfläche des Handels in Deutschland (1970-2005)	18
Abbildung 7	Prozentualer Energieverbrauch in allen Sektoren	20
Abbildung 8	Belastung von CO <sub>2</sub> um Wärme zu produzieren	20
Abbildung 9	Prozentuale Energieträger Weltweit	21
Abbildung 10	Erdöl Reserve (in Billion Barrel Öl) und erwartete Öl Produktion bis 2001	22
Abbildung 11	Europäische Entwicklung des Handels	27
Abbildung 12	Entwicklung des Handels in Deutschland	27
Abbildung 13	Entwicklung der gesamt Kennzahlen der CO <sub>2</sub> Kg/(m <sup>2</sup> a)	29
Abbildung 14	Anteil der Energiearten am Energieverbrauch 2004	35
Abbildung 15	Verbrauch an Endenergie nach Verbrauchergruppen	35
Abbildung 16	Verkaufsfläche je Einwohner, Europa	40
Abbildung 17	Shopping Center mit Fläche über 10000 m <sup>2</sup> in Deutschland	40
Abbildung 18	PM10 Quellanalyse in Berlin	45
Abbildung 19	Luftschadstoffmessungen in München	45
Abbildung 20	Grenzwerte der PM10 für Schwefeldioxid	47
Abbildung 20a	Konzentration der PM10 Immissionen in der Stadt	47
Abbildung 21	Darstellung der Methodik der Untersuchung	50
Abbildung 22	Darstellung die Ökologie und ihre Faktoren	50
Abbildung 23	Entwicklung der Gesetze	54
Abbildung 24	Potsdamer Platz Arkaden, Lageplan	62
Abbildung 24a	Potsdamer Platz Arkaden, die Haupteingang	62
Abbildung 25	Plan Potsdamer Platz, Berlin	65
Abbildung 26	Modell Arkaden, Potsdamer Platz, Berlin	65
Abbildung 27	Bau Elemente das Dach und die Fassade, Arkaden, Potsdamer-Platz, Berlin	67
Abbildung 28	Stern Center, Potsdam. Lageplan	69
Abbildung 29	Stern Center, Potsdam	71
Abbildung 30	Stern Center, Potsdam	73
Abbildung 31	Das Schloss, Berlin Steglitz. Lageplan	74
Abbildung 32	Die Fassade des Schlosses	76
Abbildung 33	Großen Glasflächen in der Fassade des Schlosses	76
Abbildung 34	Leuchtungs- und Lüftungselemente Das Schloss, Berlin	78
Abbildung 35	Innen Aufnahme, Das Schloss, Berlin	78
Abbildung 36	Innen Aufnahme, Das Schloss, Berlin	79

Abbildung 37	Methodik	84
Abbildung 38	EnEV erklärt die Abhängigkeit zwischen A/Ve und Primärenergieverbrauch	92
Abbildung 39	Der spez. Wärmebedarf des Mehretagen Gebäudes	93
Abbildung 40	das Verhältnis zwischen das Form und die Wärmebedarf eines Gebäudes	93
Abbildung 41	Darstellung Gebäudeform und Wärmebedarfsverhältnis	94
Abbildung 42	Änderung der Wärmegewinn mit verschiedenen Formen	96
Abbildung 43	Änderung der Transmissionswärmeverluste	96
Abbildung 44	Darstellung der Ergebnisse A/V Verhältnis des Gebäudes	97
Abbildung 45	Wärmebrüchen durch die Außenwände	101
Abbildung 46	Luftdichtheit	101
Abbildung 46a	Typische U-Wert	101
Abbildung 47	Wärmedämmung einer Fassade	103
Abbildung 48	Schnitt in Doppelglass Fenster	106
Abbildung 49	Thermografische Aufnahmen ( $T_e = -5^\circ\text{C}$ , $T_i = +20^\circ\text{C}$ )	108
Abbildung 50	Konventionelle Fenstertür mit 2-fach-WS-Glas	108
Abbildung 51	Details von der Fassade, Arkaden Potsdamer Platz	109
Abbildung 52	Darstellung der Ergebnisse U-Wert( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ )	111
Abbildung 53	Baumaterialien Lebenszyklus	113
Abbildung 54	Herstellbare Baustoffmengen aus 1000 kWh Energie	114
Abbildung 55	Schichtaufbau einer Dämmung	114
Abbildung 56	Verschiedene Dämmmaterialien mit Bewertung	117
Abbildung 57	Prozentuale Verteilung der einzelnen Gewerke am lebenszyklusweiten TMR des Gebäudes	119
Abbildung 58	Detaillierte prozentuale Verteilung der Aufwendungen der einzelnen Gewerke am TMR der Rohbauerstellung	119
Abbildung 59	Darstellung der Ergebnisse TMR (Kg)	121
Abbildung 60	Darstellung der Ergebnisse GWP (Kg $\text{CO}_2$ -Äqu)	126
Abbildung 61	Darstellung der Flächennutzung ( SPI)	130
Abbildung 62	COMPASS <sub>Radar</sub> Beispiel 1, Potsdamer Platz Arkaden	132
Abbildung 63	COMPASS <sub>Radar</sub> Beispiel 2, Stern Center, Potsdam	132
Abbildung 64	COMPASS <sub>Radar</sub> Beispiel 3, Das Schloss, Berlin	133
Abbildung 65	COMPASS <sub>Radar</sub> , ökologische Indikatoren	133
Abbildung 66	Darstellung der Ergebnisse KEA(MJ)	136
Abbildung 67	Anteilige Wärmeverluste eines Gebäudes nach EnEV	141
Abbildung 68	Verbrauch an Endenergie nach Verbrauchergruppen	141
Abbildung 69	Darstellung der Heizenergiebedarf in der untersuchten Beispiele	143
Abbildung 70	Lüftung durch Dachkanäle eines Einkaufszentrums	144
Abbildung 71	Ab- und Zulüftbetrieb	147
Abbildung 72	Struktur einer Lüftungsanlage	148
Abbildung 73	Überhitzung unter dem Glasdach	149
Abbildung 74	mechanische ab Lüftsystem	149

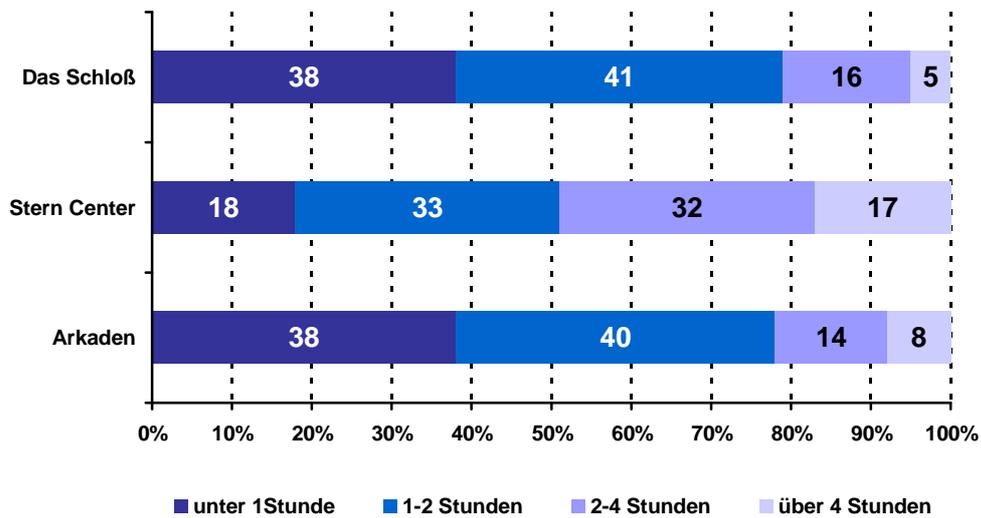
Abbildung 75	Darstellung der Ergebnisse $\Phi_V$ Lüftungsenergiebedarf	151
Abbildung 76	Lüftungsanlagen eines Einkaufszentrums	154
Abbildung 77	Lüftungsmanagement in einen Einkaufszentrum	154
Abbildung 78	Darstellung der Wärmerückgewinnung durch die Lüftungsanlagen	155
Abbildung 79	Die Ausrichtung der Einkaufsräume	158
Abbildung 80	Der Sicht und die Tageslichtnutzung im Einkaufszentren	158
Abbildung 81	Sonnenstandsdiagramm am Tag	160
Abbildung 82	Energiebedarf Beleuchtung eines Einkaufszentrums im Durchschnitt	162
Abbildung 83	Darstellung des Beleuchtungsbedarfs	163
Abbildung 84	Darstellung des Tageslichts	163
Abbildung 85	Primär-, End- und Nutzenergie	165
Abbildung 86	Energiebedarf eines Einkaufszentrums im Durchschnitt	165
Abbildung 87	Primär-, End- und Nutzenergie	166
Abbildung 88	Darstellung Primärenergiebedarf	170
Abbildung 89	COMPASS <sub>Radar</sub> Beispiel 1, Potsdamer Platz Arkaden	172
Abbildung 90	COMPASS <sub>Radar</sub> Beispiel 2, Stern Center, Potsdam	172
Abbildung 91	COMPASS <sub>Radar</sub> Beispiel 3, Das Schloss, Berlin	173
Abbildung 92	COMPASS <sub>Radar</sub> , Energetische Indikatoren	173
Abbildung 93	COMPASS <sub>Radar</sub> der gesamten Untersuchung	179
Abbildung 94	COMPASS <sub>Radar</sub> Beispiel 1, Potsdamer Platz Arkaden	180
Abbildung 95	COMPASS <sub>Radar</sub> Beispiel 2, Stern Center, Potsdam	180
Abbildung 96	COMPASS <sub>Radar</sub> Beispiel 3, Das Schloss, Berlin	181
Abbildung 97	Nutzung der Solarenergie	187
Abbildung 98	Solarenergie als Ersatz für Kernenergie	187
Abbildung 99	Nutzung von Erneuerbaren Energiequellen	189
Abbildung 100	Heizung und Kühlung mit Nutzung von Erdwärme	190
Abbildung 101	geografische Lage von Syrien	191
Abbildung 102	Lage des Syriens in den Klima Zonen	192
Abbildung 103	Al Souq, Einkaufsstadt seit 5000 Jahren im Betrieb	195
Abbildung 104	Tageslicht und Lüftung im Dach des Souq	195
Abbildung 105	Luftaufnahme und Lageplan des Souqs in Aleppo	196
Abbildung 106	Luftaufnahme und Lageplan des Souqs in Aleppo	196
Abbildung 107	Stromverbrauch in Syrien	198
Abbildung 108	Die Solarstrahlung in Syrien, hohe Solarenergiepotential	208
Abbildung 109	Die Solarstrahlung im Mittelmeer Bereich	208
Abbildung 110	Jahressolarstrahlungsertrag pro m <sup>2</sup> ,Damascus-Berlin	209
Abbildung 111	Jahressolarstrahlungsertrag pro m <sup>2</sup> ,Damascus-Berlin	209
Abbildung 112	Attraktivität der Einkaufsräume nach 100 gefragten Kunden	228
Abbildung 113	Verweildauer in den Einkaufsräumen	228
Abbildung 114	Altersgruppen des gefragten Kunden, Juni 2008	229
Abbildung 115	Informationen für den berechneten wärmsten und kältes-	

-116	ten Tag im Jahr	231
Abbildung 117	Behaglichkeitsbereich im Jahresverlauf	231
Abbildung 118	Meteorologische Gegebenheiten in einem Jahr / Aleppo und Damaskus	232
Abbildung 119	Informationen zur Behaglichkeit	233

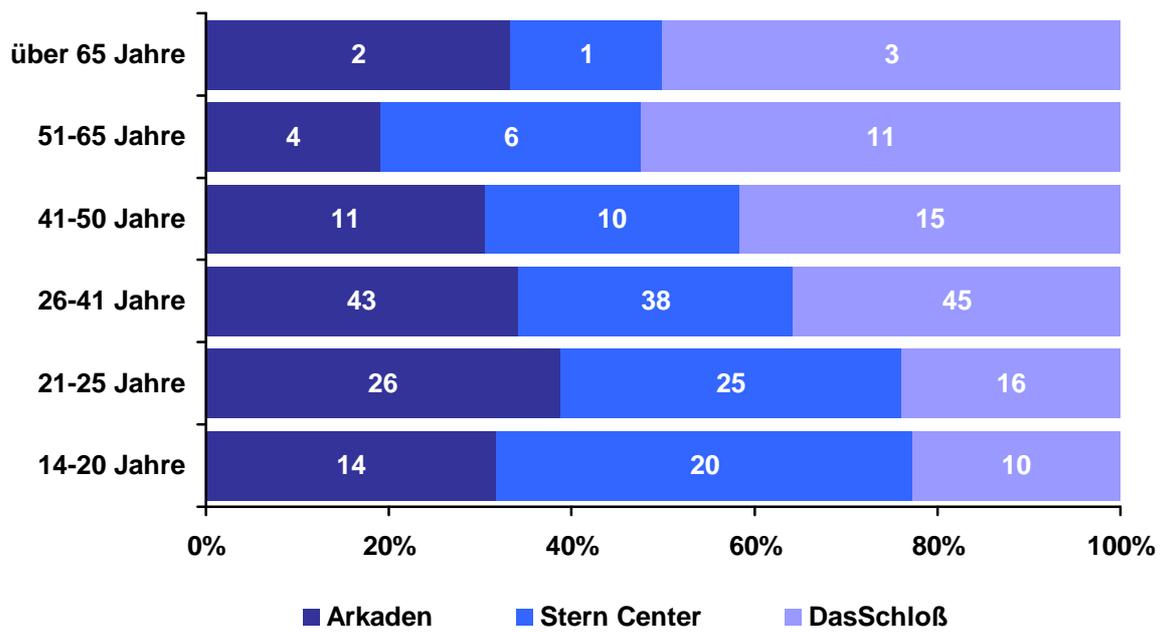
## 9. Anhang



**Abbildung 112:** Attraktivität der Einkaufsräume nach 100 befragten Kunden Juni/2008 Quelle: Verfasser



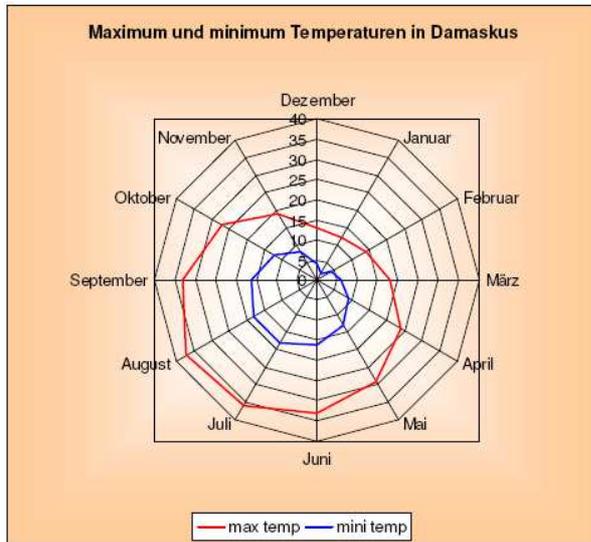
**Abbildung 113:** Verweildauer in den Einkaufsräumen nach 100 befragten Kunden Juni/2008 Quelle: Verfasser



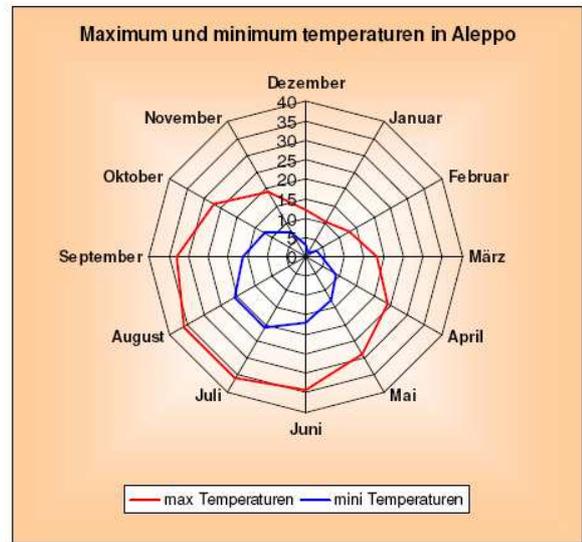
**Abbildung 114:** Altersgruppen der befragten Kunden, Juni 2008  
 Quelle: Verfasser

	2005	2006
<b>1. Bevölkerung</b>		
(Einwohner in Mio.)	18,6	19,5
Wachstum in v.H.	2,4	2,4
<b>2. BIP</b>		
BIP insgesamt (zu Marktpreisen US\$)	27,3 *	29,3 *
BIP pro Kopf der Bevölkerung ( in US\$)	1360 *	1465 *
reales Wachstum in v.H.	2,9 *	3,2 *
Inflationsrate	10%*	5 % *
<b>3. Staatshaushalt</b>		
Umfang und Saldo in v.H. des BSP	- 4,2	- 3,2 *
Staatsverschuldung international in v.H. des BSP (in US\$)	k.A.	k.A.
<b>4. Zahlungsbilanz</b>		
Devisenreserven (in US\$)	18,9 Mrd. *	18,9 Mrd. *
<b>5. Außenverschuldung</b>		
(öffentliche und private, in US\$)	k.A.	k.A.
(nur öffentliche, in US\$)	8,4 Mrd.	k.A.
<b>6. Währung</b>		
(Parität zu Euro, jeweils Ende des Jahres)	66	68
<b>7. Bilaterale Beziehungen</b>		
Außenhandel mit Deutschland		
Einfuhren aus Syrien	908,3 Mio. €	1309,2 Mio. €
Ausfuhren nach Syrien	526,4 Mio. €	665,9 Mio. €
<b>Rang nach Volumen im Außenhandel</b>		
- Deutschland (für Syrien)	53.	51.
- Syrien (für Deutschland)	73.	70.
Deutsche Direktinvestitionen	208 Mio. €	k.A.
Investitionsschutzvertrag seit 1980 in Kraft		
Doppelbesteuerungsabkommen 2004 paraphiert		
Entwicklungshilfezusagen für 2007/8: insgesamt 70,7 Mio. €		
Entwicklungshilfezusagen insgesamt bisher 535,2 Mio. €		

**Tabelle 40:** Syrien, das Land in Fakten und Zahlen. Quelle, Hantouch 2008

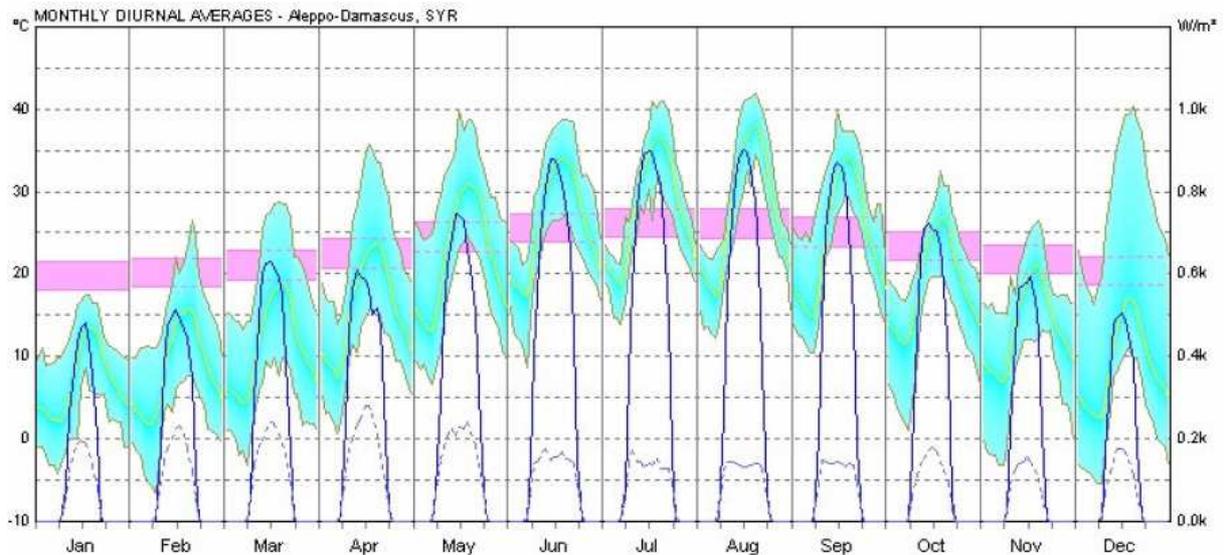


**Abbildung Die Temperatur in Damaskus**  
(Quelle: Wetter Station – Damaskus)

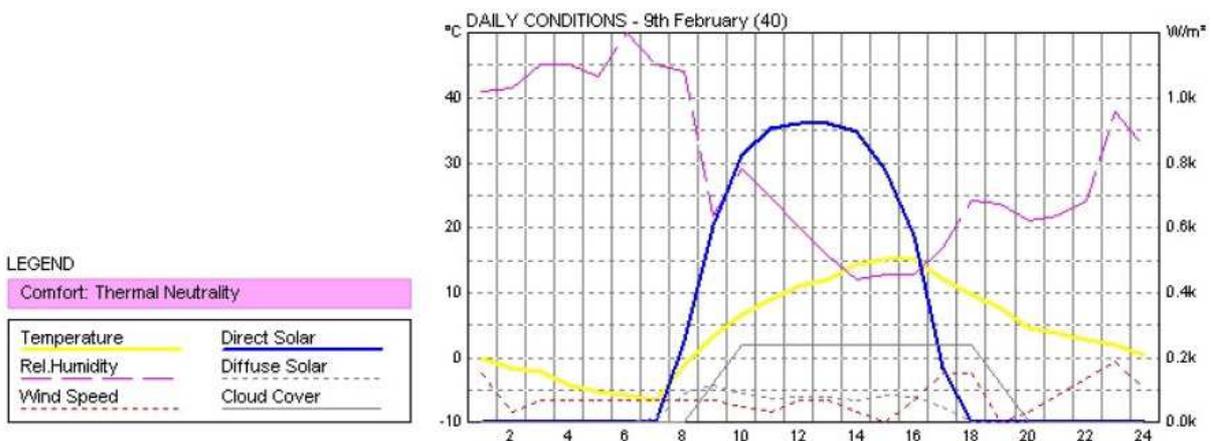
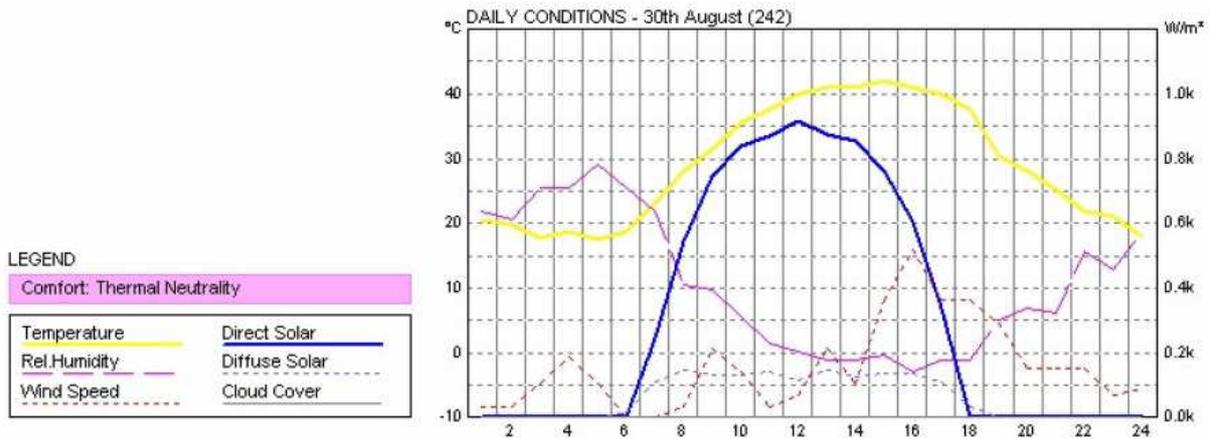


**Abbildung Die Temperatur in Aleppo**  
(Quelle: Wetter Station – Aleppo)

**Abbildung 115,116:** Informationen für den berechneten wärmsten und kältesten Tag im Jahr. Quelle: Wetter Station-Damaskus, Aleppo



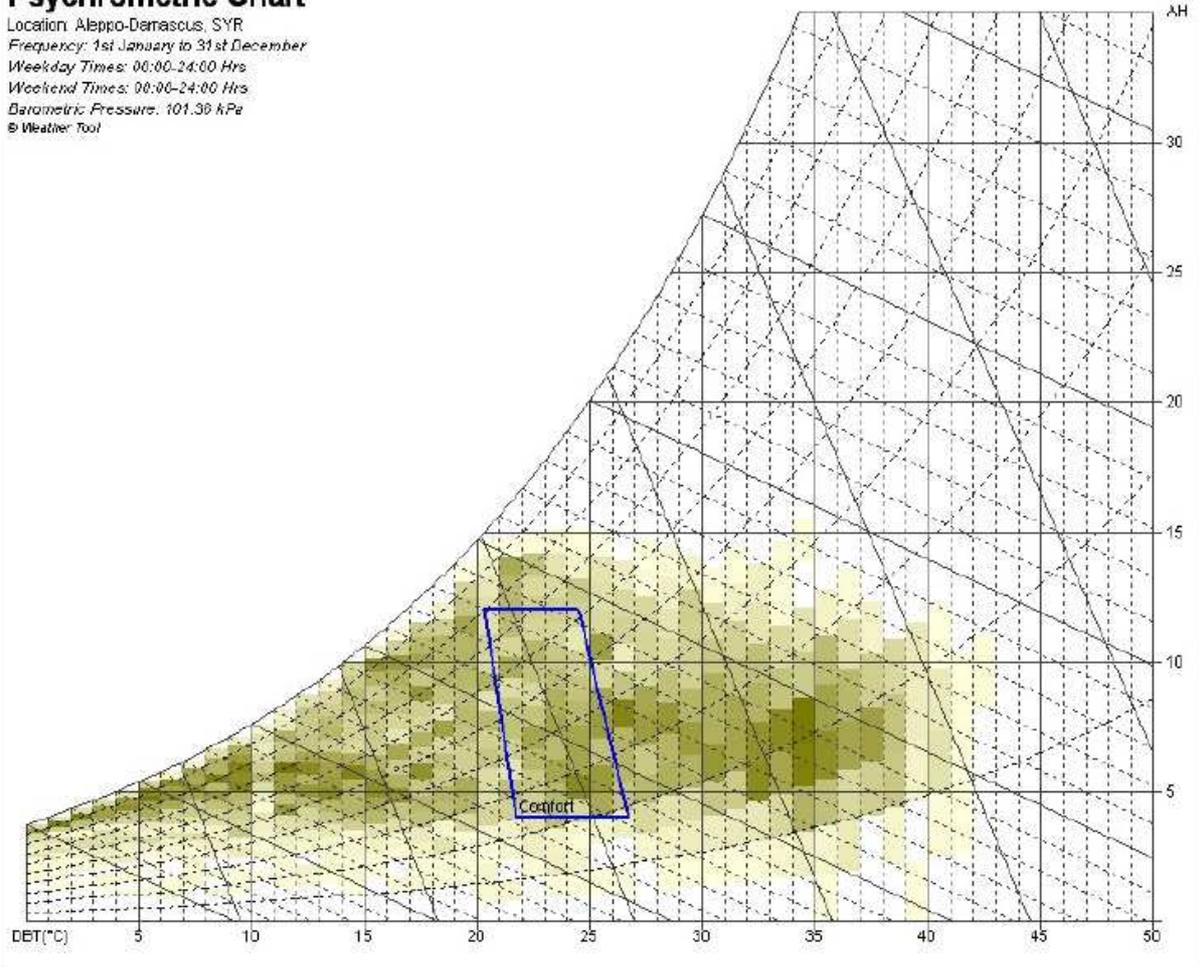
**Abbildung 117:** Behaglichkeitsbereich im Jahresverlauf  
Quelle: Wetter Station-Damaskus, Aleppo



**Abbildung 118:** Meteorologische Gegebenheiten in einem Jahr / Aleppo und Damaskus, Quelle, Hantouch 2008

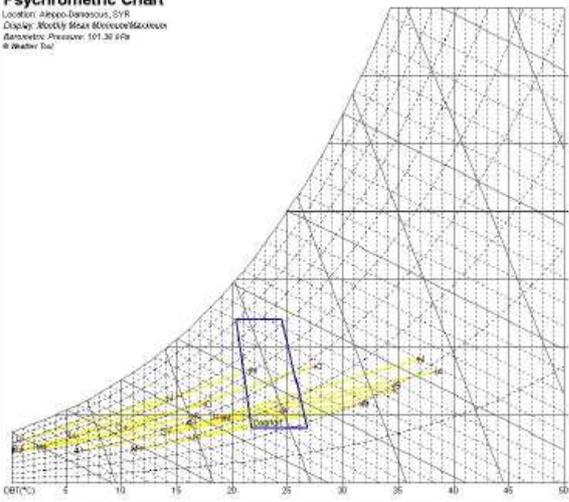
### Psychrometric Chart

Location: Aleppo-Damascus, SYR  
 Frequency: 1st January to 31st December  
 Weekday Times: 00:00-24:00 Hrs  
 Weekend Times: 00:00-24:00 Hrs  
 Barometric Pressure: 101.30 kPa  
 © Weather Tool



### Psychrometric Chart

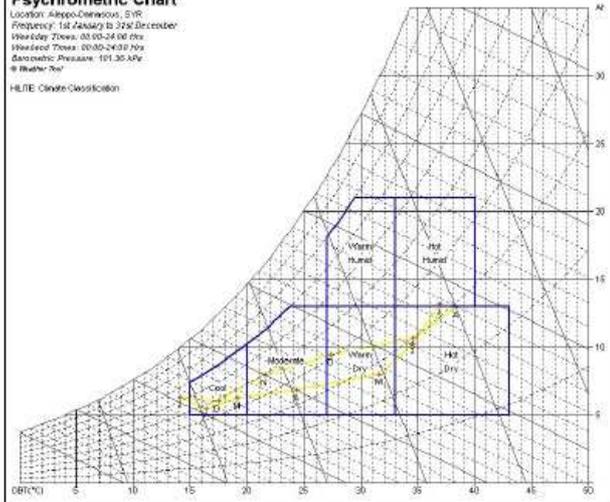
Location: Aleppo-Damascus, SYR  
 Display: Monthly Mean Minimum/Maximum  
 Barometric Pressure: 101.30 kPa  
 © Weather Tool



### Psychrometric Chart

Location: Aleppo-Damascus, SYR  
 Frequency: 1st January to 31st December  
 Weekday Times: 00:00-24:00 Hrs  
 Weekend Times: 00:00-24:00 Hrs  
 Barometric Pressure: 101.30 kPa  
 © Weather Tool

HLETC Climate Classification



**Abbildung 119:** Die folgenden Abbildungen zeigen den Behaglichkeitsbereich im Jahr und geben Informationen zur Behaglichkeit. Hantouch 2008