

# Beitrag zur Ökobilanz-Werkstatt 2007

Bitte schicken Sie das ausgefüllte Formular bis spätestens **16. Juli 2007** an  
[lca-werkstatt@netzwerk-lebenszyklusdaten.de](mailto:lca-werkstatt@netzwerk-lebenszyklusdaten.de) !

**Name:** Lammers

**Vorname:** Jörg

**Organisation:** TU-Berlin

**Organisationseinheit:** FG Gebäudetechnik und Entwerfen

**Kontaktdaten:**

Strasse: Strasse des 17. Juni 152

PLZ: 10623

Ort: Berlin

Telefon: 030.25396

Email: joerg.lammers@tu-berlin.de

**Titel:**

**Abstract:** (max. 1000 Zeichen)

**Stichwörter zum Anwendungsfeld:**

(hier müssen Sie genau **drei** Stichwörter angeben, wobei mindestens **eins** aus der vorgegebenen Liste ausgewählt werden muss; bis zu zwei Stichwörter können frei formuliert werden.)

- |   |   |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Gebäude und Bauprodukte | <input type="checkbox"/> Materialentwicklung                              |
| <input type="checkbox"/> Biomassennutzung                   | <input type="checkbox"/> Energieträger, Energiewandlung und –distribution |
| <input type="checkbox"/> Konsumgüter                        | <input type="checkbox"/> Infrastrukturen und Investitionsgüter            |
| <input type="checkbox"/> Transport und Verkehr              | <input type="checkbox"/> chemische Grundstoffe und Erzeugnisse            |
| <input type="checkbox"/> Abfallwirtschaft und Entsorgung    | <input type="checkbox"/> metallische Roh- und Werkstoffe, Halbzeuge       |
- (eigene Stichworte):
- Nutzungsphase von Gebäuden
- 

**Stichwörter zur Methodik:**

(auch hier müssen sie genau **drei** Stichwörter angeben, wobei mindestens **eins** aus der vorgegebenen Liste ausgewählt werden muss; bis zu zwei Stichwörter können frei formuliert werden)

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Sachbilanz (LCI)                   | <input type="checkbox"/> Lebenszyklusbetrachtungen im betrieblichen Umfeld   |
| <input type="checkbox"/> Wirkungsabschätzung (LCIA)         | <input type="checkbox"/> Ökobilanzen für Produktgestaltung und -auszeichnung |
| <input type="checkbox"/> Allokation / Systemraumerweiterung | <input type="checkbox"/> Lebenszykluskosten und Ökoeffizienz                 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Datenqualität           | <input type="checkbox"/> Datenintegration und Umgang mit Datenlücken         |
| <input type="checkbox"/> Datenhaltung und Datenverarbeitung | <input checked="" type="checkbox"/> Szenarien                                |
- (eigene Stichworte):
- Umgang mit Unsicherheiten
-

### **abstract**

lebenszyklusorientierte Raumkonditionierung

Die Studie erforscht das Potential einer auf dem Nutzerverhalten basierenden Optimierung des kumulierten Primärenergieverbrauchs von Wohngebäuden. Als Berechnungsmodell wird die thermische Konditionierung des Wohnraums zugrunde gelegt. Die durch den Nutzer induzierten Energie- und Stoffflüsse werden mit Hilfe der Stoffflussanalyse [BACCINI 1991 und 1996] bilanziert und in Bezug zum gesamten Gebäudelebenszyklus gesetzt.

Die Relevanz der privaten Haushalte für den gesamtwirtschaftlichen Ressourcenverbrauch steht außer Frage. Im Jahr 2005 entfallen in Deutschland fast 30% des Endenergiebedarfs bzw. des Primärenergieverbrauchs auf das Bedürfnisfeld Wohnen [BMWI 2007]. Die Reduzierung der Energie- und Stoffflüsse, die durch Wohngebäude und deren Bewohner verursacht werden, ist somit ein wesentlicher Faktor im Hinblick auf die nachhaltige Entwicklung industrieller und postindustrieller Gesellschaften. Eine detaillierte Analyse der Stoffwechselprozesse dieses Subsystems der Anthroposphäre [BACCINI 1996] sollte das Verständnis für die komplexen Zusammenhänge verbessern und mögliche Steuerungsmechanismen generieren bzw. verifizieren.

Die Lebenszyklusanalyse von Gebäuden spielt im Vergleich zu anderen Bilanzierungsinstrumenten bisher eine untergeordnete Rolle. Im Zuge besserer Verbrauchsstandards für den Gebäudeneubau und der Herausforderung einen angemessenen Umgang mit dem Gebäudebestand zu finden [KÖHLER 1999], bekommt die systemische Betrachtung der gesamten Stoffflüsse eine größere Relevanz.

Die Beurteilung der umweltrelevanten Stoffflüsse, die durch bauliche Strukturen und deren Bewohner verursacht werden, kann allerdings nicht ausschließlich auf Objektebene durchgeführt werden. In bestehenden Analysetools wird die Rolle des Nutzers überhaupt nicht oder lediglich vereinfacht berücksichtigt. Innerhalb der Berechnungsmodelle fehlen Methoden zur Repräsentation des Nutzers und der Konsequenz seines/ihrer Verhaltens. Denn selbst bei Niedrigstenergie- und Passivhäusern bleibt die Nutzungsphase, trotz der geringen Verbrauchswerte, die stoffstromintensivste Phase des gesamten Lebenszyklus.

Für die Untersuchung der Stoffflüsse werden die privaten Haushalte als komplexes Interaktionssystem zwischen dem Nutzer, dem Wohnraum und der Umwelt betrachtet. Die spezifischen Eigenschaften und Systemgrenzen des dafür zugrunde gelegten Raummodells definieren sich nicht nur aus der materiellen Gestalt sondern auch aus den gesellschaftlichen Prozessen, die Raum konstituieren [STURM 2000]. Dabei werden insbesondere die historische Entwicklung des Wohnens und die damit einhergehenden Komfortstandards untersucht. Individuelle Komfortansprüche und das daraus resultierende Nutzerverhalten verursachen schließlich die Energie- und Stoffflüsse, die den Wohnraum thermisch konditionieren.

Eine gleichermaßen durchgeführte Sensitivitätsanalyse soll das Raum- bzw. Bilanzierungsmodell weiter spezifizieren und die für den gesamten Lebenszyklus relevanten Stoffflüsse klassifizieren. Die quantitativen Ergebnisse werden anhand stichprobenartiger Untersuchungen existierender Wohngebäude überprüft und hinsichtlich möglicher Fehlerquellen bewertet.

Ziel der Studie ist es, dass die Ergebnisse als Entscheidungshilfe zur Optimierung des kumulierten Primärenergieverbrauchs von Wohngebäuden dienen können.

### **keywords**

Gebäude-LCA, Nutzerverhalten, Unsicherheiten, Raumkonditionierung, Wohnkomfort

### **Literatur**

- [BACCINI 1991] Baccini, Peter und Paul H. Brunner: Metabolism of the Anthroposphere, 1991
- [BACCINI 1996] Baccini, Peter und Hans-Peter Bader: Regionaler Stoffhaushalt, 1996
- [BMWI 2007] Energiedaten, Nationale und Internationale Entwicklung, Erstellt vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, 2007
- [KÖHLER 1999] Kohler, Niklaus; Uta Hassler und Herbert Paschen (Hrsg): Stoffströme und Kosten in den Bereichen Bauen und Wohnen, 1999
- [STURM 2000] Sturm, Gabriele: Wege zum Raum, Methodologische Annäherung an ein Basiskonzept raumbezogener Wissenschaften, 2000

## **LCA Werkstatt 26. und 27.09.2007**

Dipl. Ing. Architekt Jörg Lammers  
wissenschaftlicher Mitarbeiter an der TU-Berlin  
FG Gebäudetechnik und Entwurf, Prof. C. Steffan

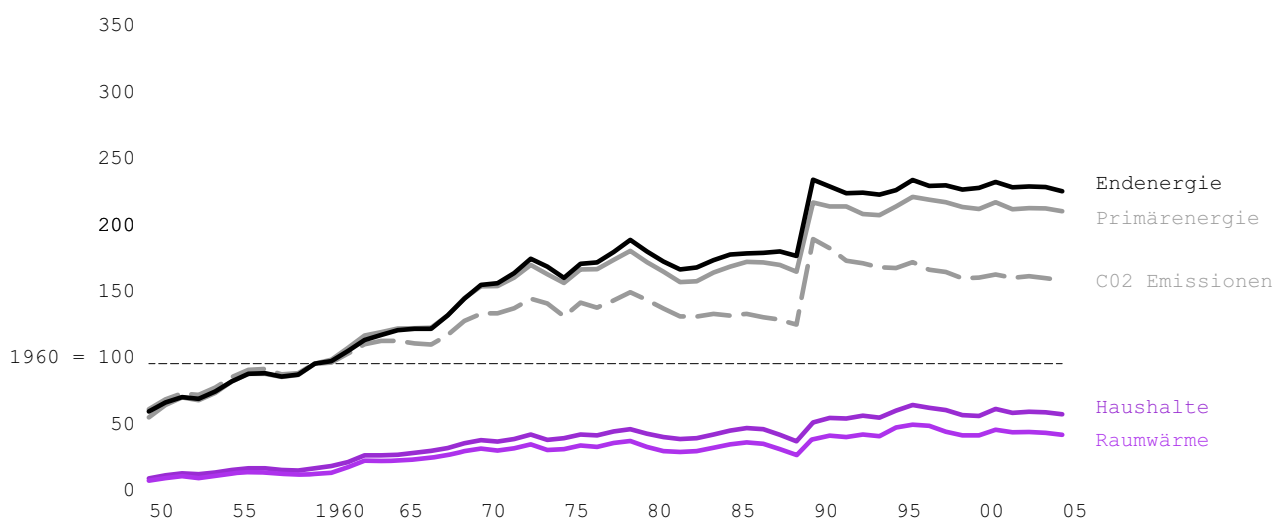
tätig in Lehre und Forschung mit folgenden Arbeitsschwerpunkten:  
Stoffstrom- und Lebenszyklusanalyse; energetische Optimierung; Entwurfsmethodik

Thema: **lebenszyklusorientierte Raumkonditionierung**  
Die Studie erforscht das Potential einer auf dem Nutzerverhalten basierenden  
Optimierung des kumulierten Primärenergieverbrauchs von Wohngebäuden.

## **Inhalt**

1. Energieverbrauch der privaten Haushalte in Deutschland
  2. soziotechnische Systeme
  3. Nutzerverhalten und Unsicherheit
  4. LCA und Unsicherheit
  5. Umgang mit unsicherem Wissen
  6. Ursachen des Energieverbrauchs
  7. Zusammenfassung

## Energieverbrauch der privaten Haushalte in Deutschland



### 1. Endenergieverbrauch der privaten Haushalte in der BRD und in Deutschland

Datenquellen: Schlette, K.: Entwicklung eines ... Modells zur Prognose des deutschen Energieverbrauchs; Oldenburg1999 / BMWi; Berlin 2007

## soziotechnische Systeme

... „Vereinfacht gesagt ist ein soziotechnisches System eine Einheit, die aus einem sozialen und einem technischen System kombiniert ist. Wichtig ist dabei, dass das soziale System mit dem technischen interagieren kann. Technische Systeme können von ihrer Umgebung, also von den sozialen Sub-Systemen, gesteuert werden.“

Thomas Herrmann, Universität Dortmund 2001

... „In soziotechnischen Systemen gilt das Ursache-Wirkungs-Prinzip nur eingeschränkt. Sie registrieren die Veränderungen in ihrer Umwelt, reagieren aber autonom, d. h. ihre Reaktion ist nicht vorhersagbar. Man spricht aber von struktureller Kopplung solcher Systeme, da sie von der Umwelt beeinflusst werden und sich gegenseitig beeinflussen“

Sigrid Schubert, Universität Siegen 2001

... „Mit Maturanas Begriff der strukturellen Kopplung wird das Verhältnis eines Systems zu den Umweltvoraussetzungen bezeichnet, die gegeben sein müssen, um die Autopoiesis fortsetzen zu können. Jedes System ist in diesem Sinne an seine Umwelt angepaßt; wäre es nicht so, könnte es nicht existieren. Innerhalb des so verfügbaren Möglichkeitsraumes vollzieht es seine Operationen autonom“

GLU Glossar zu Niklas Luhmanns Theorie sozialer Systeme. Von Claudio Baraldi, Giancarlo Corsi und Elena Esposito, Frankfurt a. M. 1997

### 2.1 soziotechnische Systeme

verschiedene Quellen



## 2.2 soziotechnisches System: Haus - Heizung - Nutzer - Umwelt

Bildquelle: Basilico, G.: Cityscapes; London 1999

## Nutzerverhalten und Unsicherheit

... „Der Einfluß der Nutzer auf den jeweils individuellen Verbrauch einer Wohnung ist groß; Schwankungen von  $\pm 60\%$  um den Mittelwert sind möglich.“

Passivhaus Institut Protokollband Nr. 9: Nutzerverhalten, Darmstadt 1997

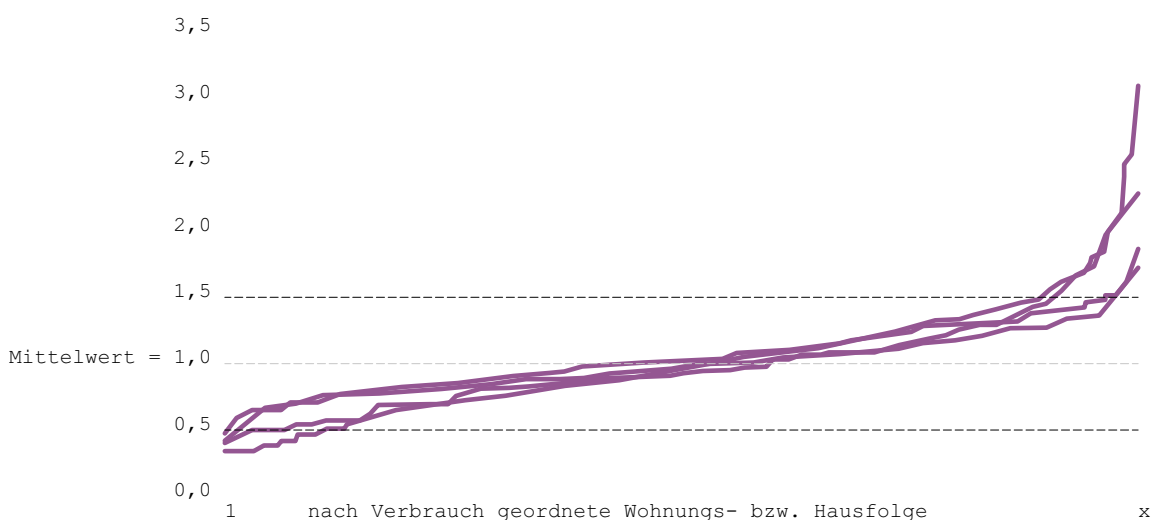
... „Das Nutzerverhalten kristallisiert sich zunehmend als eine wesentliche Einflußgröße auf den Energieverbrauch bei der Gebäudekonditionierung heraus. Der Nutzer definiert die Ansprüche an die Raumluft (z.B. Temperatur und Luftwechsel), greift in die Anlagentechnik ein (z.B. Absenkbetrieb) und bestimmt den Warmwasserbedarf (z.B. Wassermenge und Zapfprofil).“

W. Richter u.a.: Einfluß des Nutzerverhaltens auf den Energieverbrauch in Niedrigenergie- und Passivhäusern, TU Dresden 2003

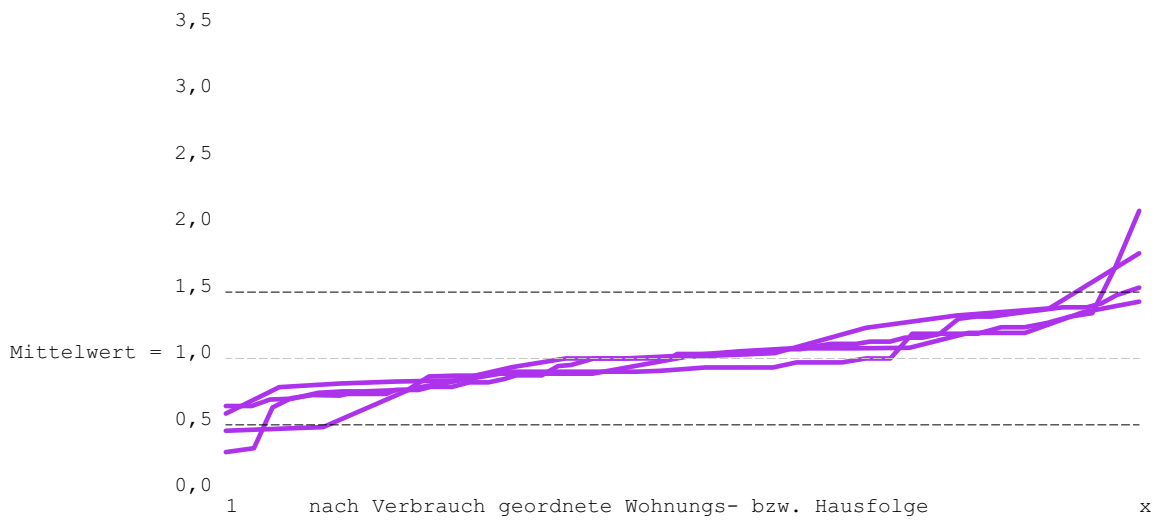
... „Dennoch hat der einzelne Nutzer immer einen Einfluss auf seinen Verbrauch. Besonders sparsames oder besonders verschwenderisches Verhalten führt auch bei unterschiedlichsten Gebäudestandards typischerweise zu Verbrauchsänderungen von über  $\pm 50\%$ “

Institut Wohnen und Umwelt, IWU: Der Einfluss des Gebäudestandards und des Nutzerverhaltens auf die Heizkosten, Darmstadt 2003

### 3.1 Nutzerverhalten: Einfluß auf den Energieverbrauch von Wohngebäuden verschiedene Quellen

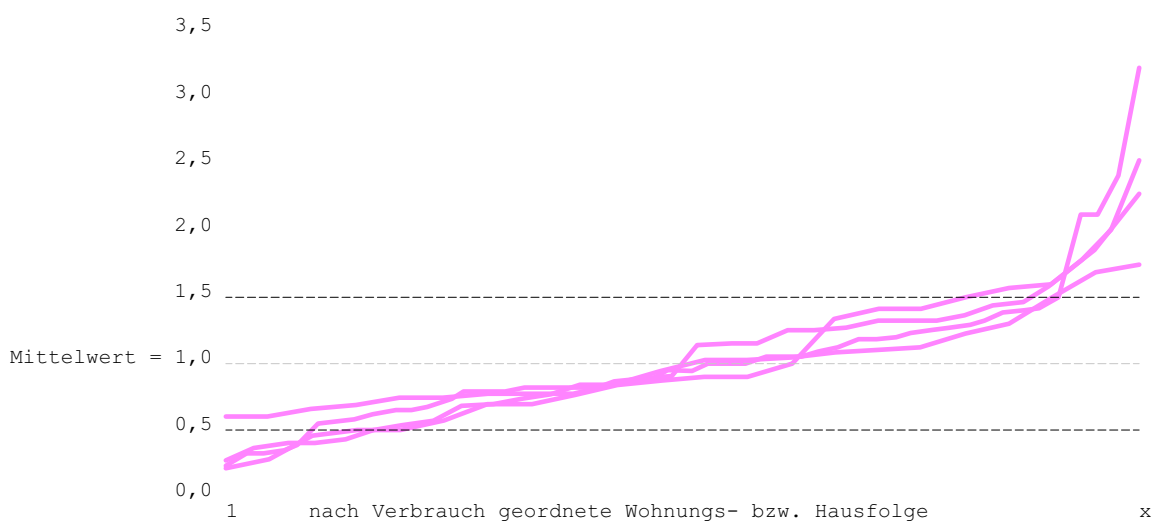


### 3.2 Nutzerverhalten im Bestand: Verhältnis von individuellem Heizwärmeverbrauch zum Mittelwert Datenquelle: IWU, Darmstadt



### 3.3 Nutzerverhalten EnEV: Verhältnis von individuellem Heizwärmeverbrauch zum Mittelwert

Datenquelle: IWU, Darmstadt



### 3.4 Nutzerverhalten Passivhaus: Verhältnis von individuellem Heizwärmeverbrauch zum Mittelwert

Datenquelle: IWU, Darmstadt

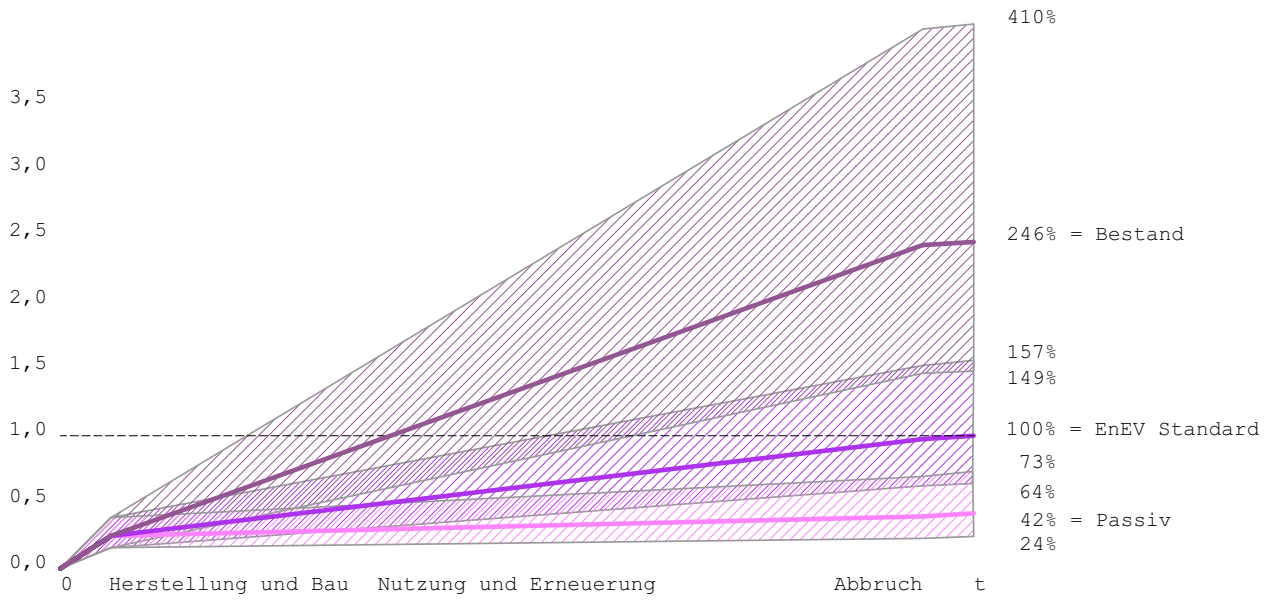


## LCA und Unsicherheit

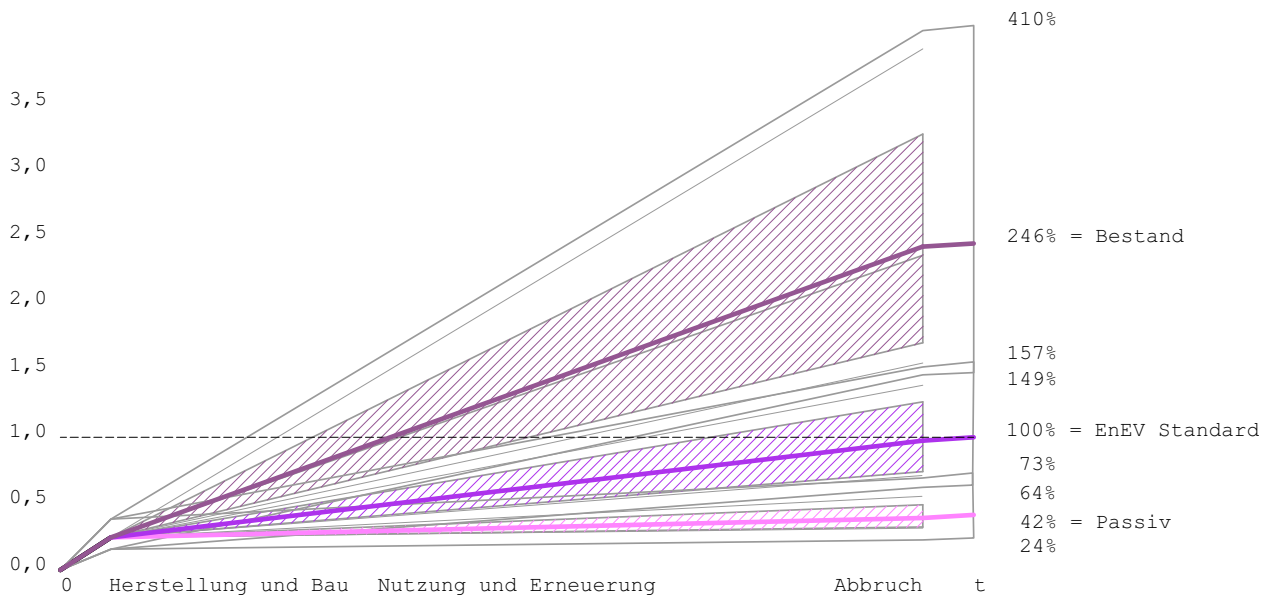
		Material/Bau	Bestand	EnEV/NH	Passiv
<b>Mittelwert Heizwärmeverbrauch</b> $\mu$	kWh/m <sup>2</sup> a		183,4	62,2	13,6
<b>Standardabweichung</b> $\sigma$		1,25	1,30	1,25	1,45
min. Vertrauensintervall 2,5%	$\mu / \sigma^2$	- 36,0%	- 39,9%	- 35,6%	- 52,2%
max. Vertrauensintervall 97,5%	$\mu \times \sigma^2$	+ 56,3%	+ 68,2%	+ 57,6%	+ 111,9%
<b>Median Heizwärmeverbrauch</b>	kWh/m <sup>2</sup> a		177,6	61,2	13,0
Abweichung vom Mittelwert			- 3,1%	- 1,7%	- 4,5%
Mittelwert 25% Quartil	kWh/m <sup>2</sup> a		122,7	41,4	6,8
Abweichung vom Median			- 30,9%	- 32,3%	- 47,4%
Mittelwert 75% Quartil	kWh/m <sup>2</sup> a		255,0	85,3	21,8
Abweichung vom Median			+ 43,6%	+ 39,5%	+ 95,6%

4.1 **Unsicherheit** LCA: Vertrauensintervalle Primärenergieverbrauch für Bau- und Nutzungsphase

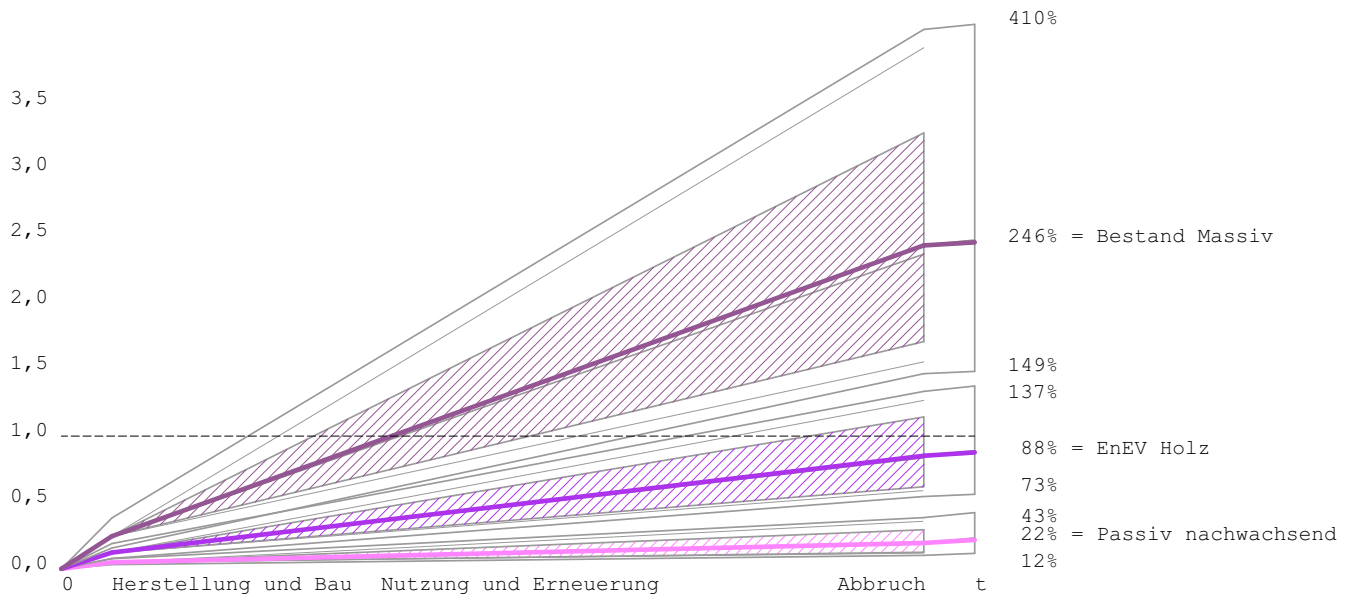
Datenquelle: ecoinvent, Dübendorf und IWU, Darmstadt



### 4.2 Unsicherheit Gebäudelebenszyklus: 95% Vertrauensintervall (80 Jahre)



### 4.3 Unsicherheit Nutzungsphase: Mittelwerte der 25% und 75% Quartile



#### 4.4 **Unsicherheit** Nutzungsphase: Mittelwert der 25% und 75% Quartile

### Umgang mit unsicherem Wissen

... „Die Rede von der Wissensgesellschaft jedenfalls – sie ist eine Selbstbeschreibung der modernen Gesellschaft, die darauf hinweist, dass uns das Wissen zum Problem geworden ist und dass nicht das Wissen ein knappes Gut ist, sondern jene Sicherheit, die wir dem Wissen einst entnommen haben. Vielleicht wäre es nicht das schlechteste Szenario der „Wissensgesellschaft“, Unsicherheit und Nicht-Wissen stärker ins Kalkül zu ziehen.“

Armin Nassehi: Was wissen wir über das Wissen, München 2000

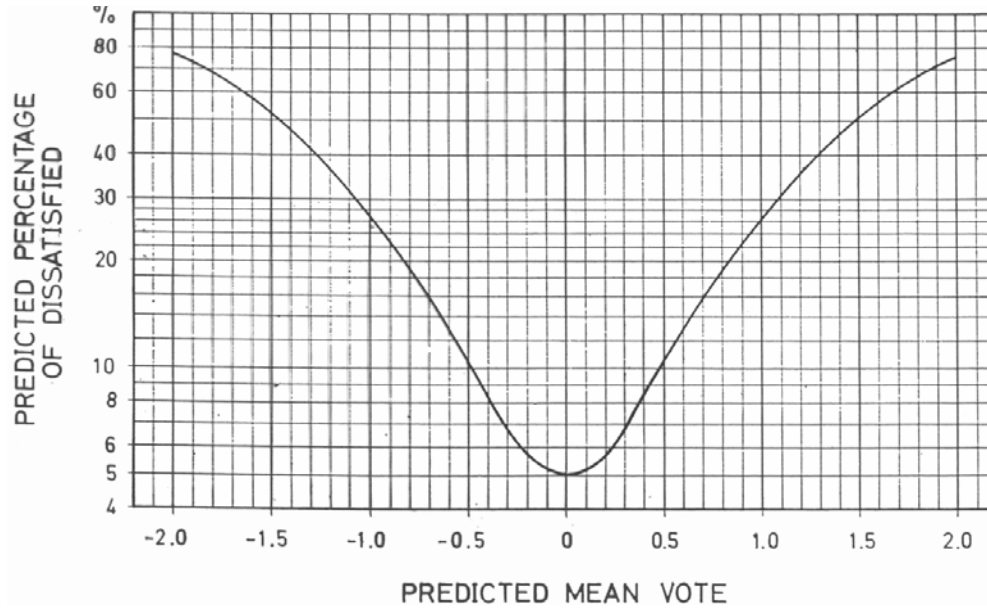
... „Entscheidungen sind in ihr (der Risikogesellschaft) nicht als punktuelle Dezi- sion innerhalb einer durch rationale Begründung bestimmten Schwankungsbreite zu konzipieren, sondern als Ergebnis eines Prozesses des Entwurfs, der Modellierung, der Auswahl und der Revision vorläufig brauchbarer Entscheidungsalternativen. Dieser Prozess wird zweckgerechte Ergebnisse um so eher hervorbringen, je mehr er die skizzierten Modi der Unsicherheitsabsorption inkorporiert: Reflexion, Intuition, Antizipation und Kommunikation.“

Arno Scherzberg in: Wissen nicht Wissen unsicheres Wissen, Baden-Baden 2002

## 5. Umgang mit unsicherem Wissen

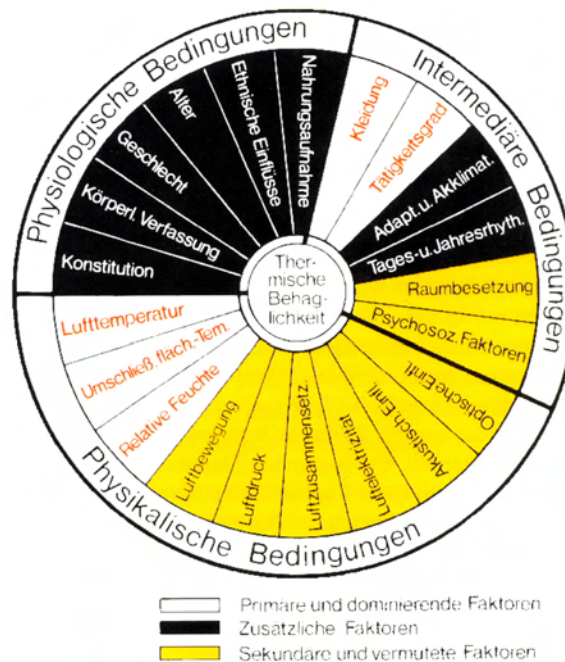
verschiedene Quellen

## Ursachen des Energieverbrauchs



### 6.1 Ursachen des **Energieverbrauchs**: thermische Behaglichkeit

Quelle: Fanger, P. O.: Thermal Comfort : Analysis and Applications in Environmental Engineering; Copenhagen 1970



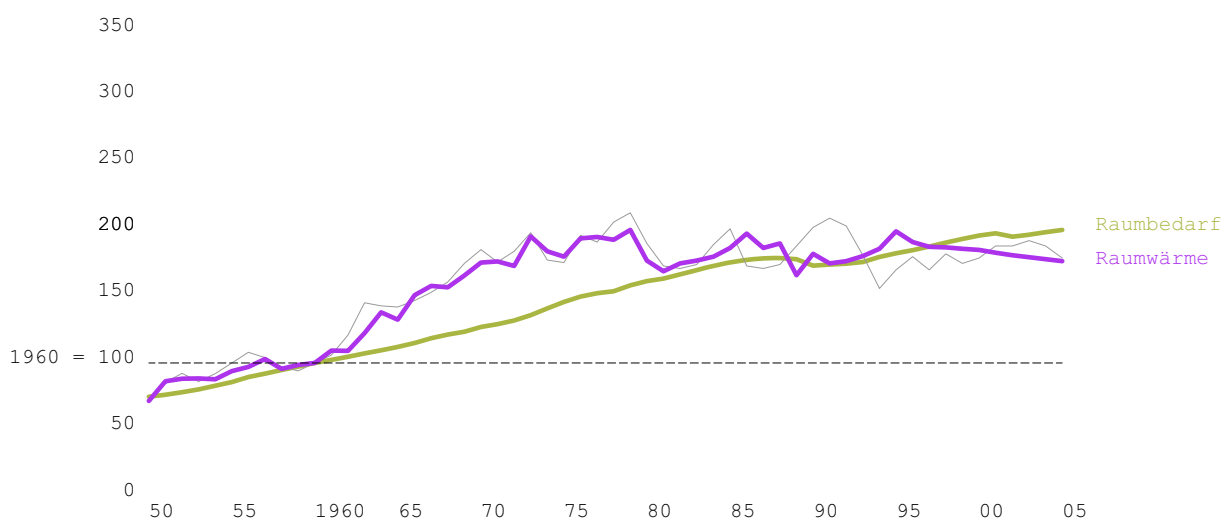
### 6.2 Ursachen des **Energieverbrauchs**: menschliche Physiologie

Quelle: Frank, W.: Raumklima und thermische Behaglichkeit, 1975



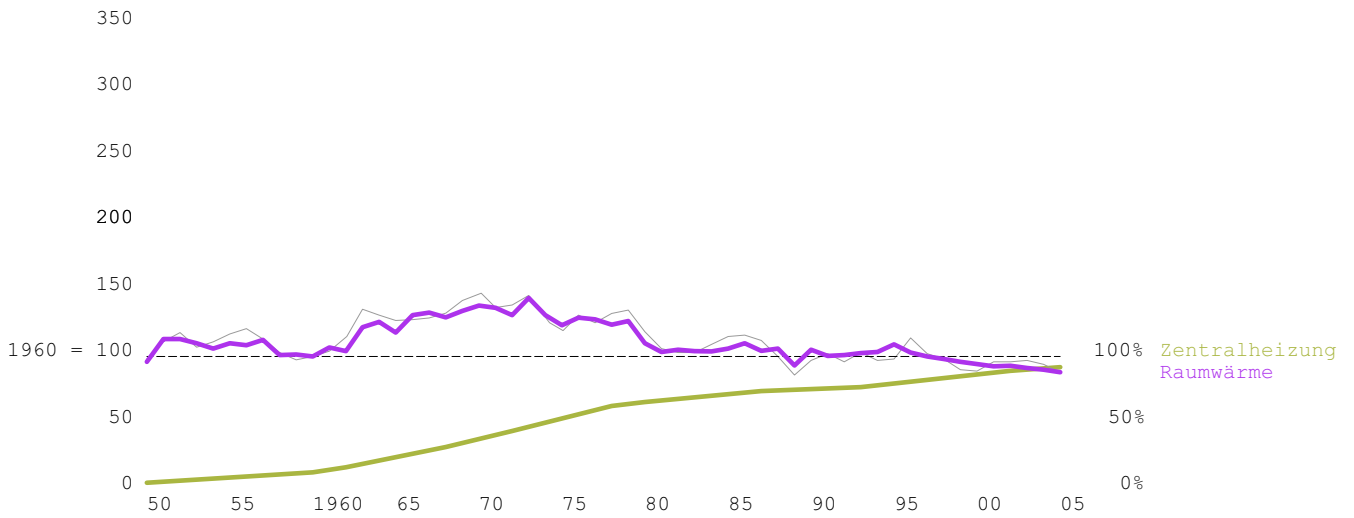
### 6.3 Ursachen des **Energieverbrauchs**: Wohnkomfort

Bildquelle: Grohmann, H.: Heizungen; München 1958

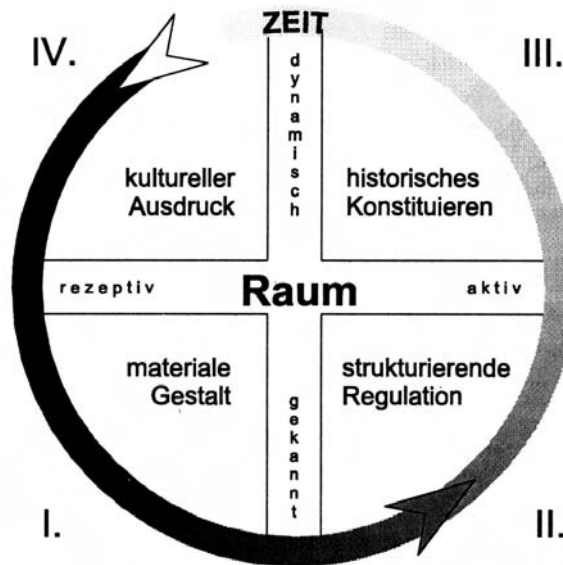


### 6.4 Ursachen des **Energieverbrauchs**: Endenergieverbrauch und Wohnfläche **pro Kopf**

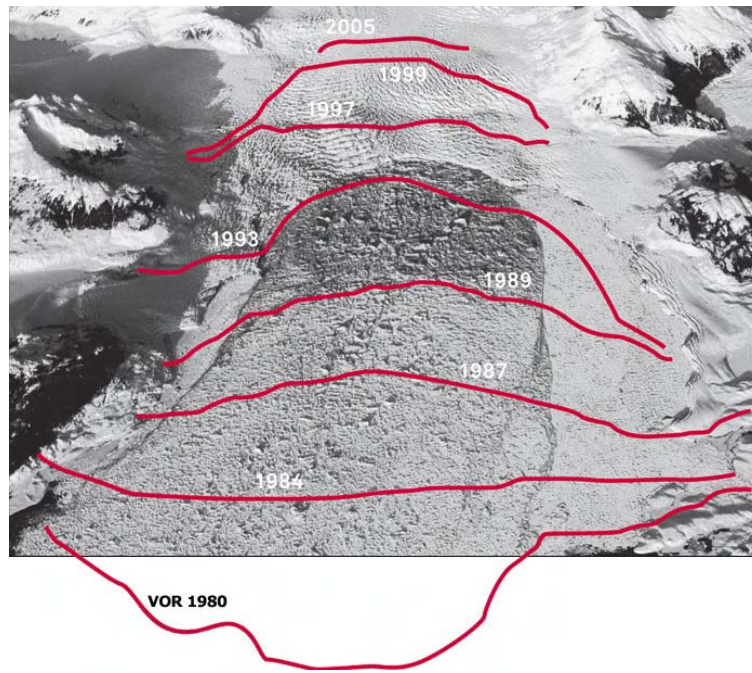
Datenquellen: Schlette, K.: Entwicklung eines ... Modells zur Prognose des deutschen Energieverbrauchs; Oldenburg 1999 / BMWi; Berlin 2007



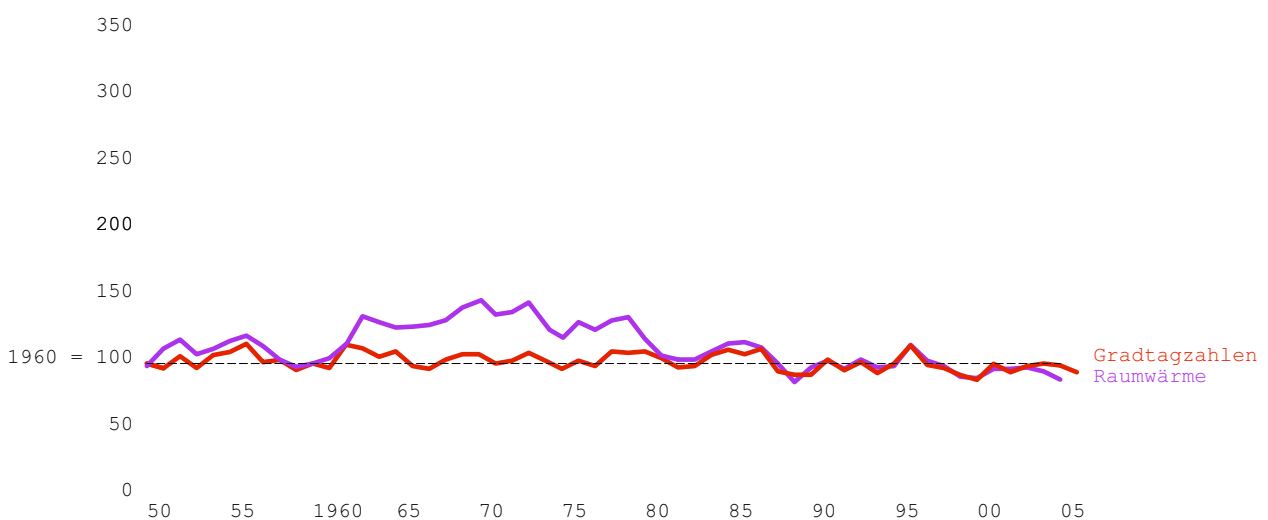
6.5 Ursachen des **Energieverbrauchs**: Endenergieverbrauch **pro qm** und Anteil Zentralheizungen  
 Datenquellen: Schlette, K.: ... Modells zur Prognose des deutschen Energieverbrauchs; Oldenburg1999 / BMWi; Berlin 2007 / destatis, Wiesbaden 2000



6.6 Ursachen des **Energieverbrauchs**: soziotechnisches System, konstituierter Raum  
 Quelle: Sturm, G.: Wege zum Raum, Opladen 2000



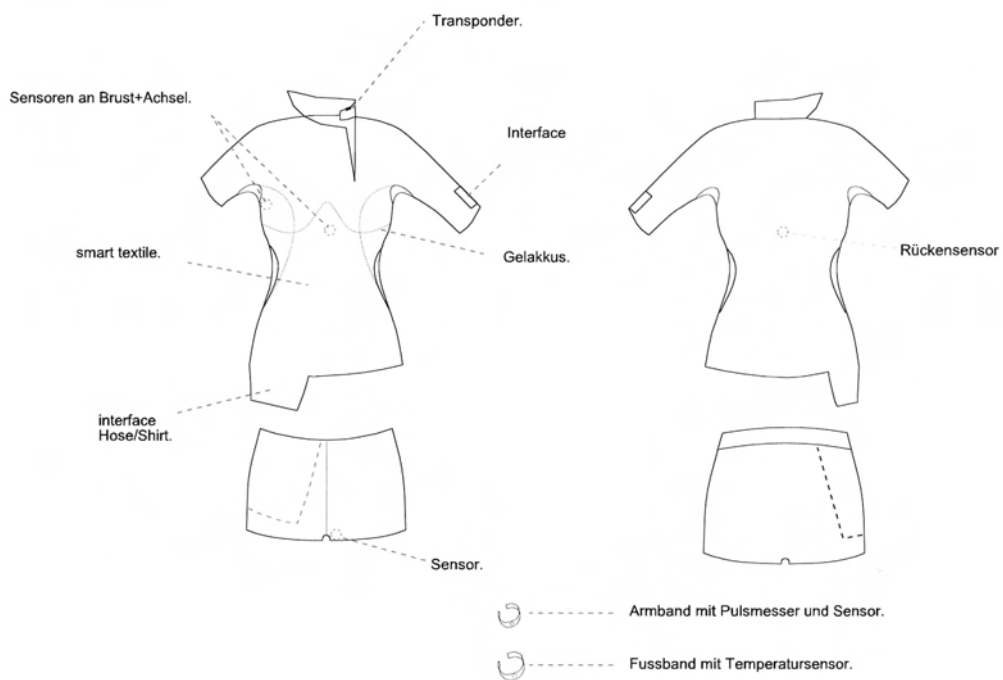
6.7 Ursachen des **Energieverbrauchs**: Klima, Columbia-Gletscher in Alaska  
 Bildquelle: <http://www.zeit.de/online/2006/46/bildergalerie-klima?2> aus: Al Gore: eine unbequeme Wahrheit; 01.2007



6.8 Ursachen des **Energieverbrauchs**: Klima, Gradtagzahlen und Raumwärmeverbrauch  
 Datenquellen: Schlette, K.: ... Modells zur Prognose des deutschen Energieverbrauchs; Oldenburg 1999 / BMWi; Berlin 2007 / IWU; Darmstadt 2007

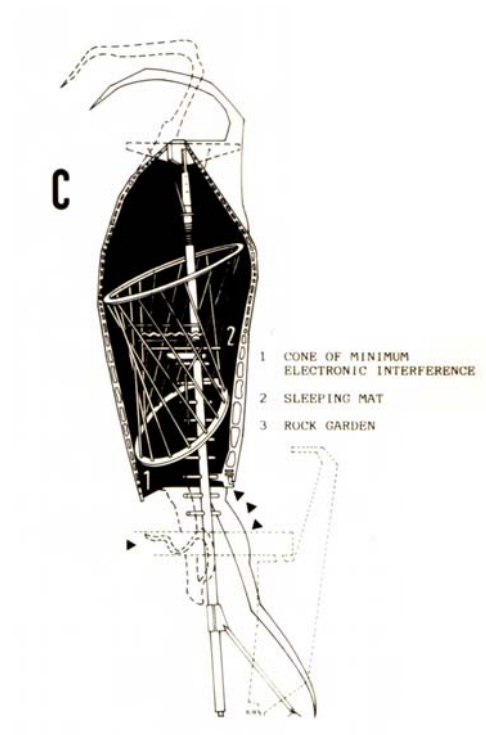


## Zusammenfassung



### 7.1 Behaglichkeit: multisensorische Interaktion des Menschen

Quelle: realities:united: Open the House! in: Vitra Design Museum: Open House; Weil am Rhein 2006



## 7.2 Wohnkomfort: historisches konstituieren des „Komforts“

Quelle: Bolles & Wilson: Comfort in the Metropolis in: Western objects, eastern fields : recent projects by the Architekturbüro Bolles Wilson; London 1989



