Professur für Architektur
und Konstruktion Annette Gigon
Tel + 41 44 633 20 09

HS19

«STOFF-WECHSEL»

Nullenergie- und Nullemissionshäuser in der Stadt

Assistierende: Regula Zwicky zwicky@arch.ethz.ch Moritz Holenstein holenstein@arch.ethz.ch Kathrin Sindelar sindelar@arch.ethz.ch

Leitung HS 19: Annette Gigon gigon@arch.ethz.ch

04 ZUM SEMESTER				
	$^{\circ}$	71114	CEM	IECTED

- **06 SEMESTERAUFBAU**
- 08 TERMINE
- 09 ANFORDERUNGEN

10 BAUPLÄTZE

- 12 Stadtplan der Stadt Zürich
- 14 Bergstrasse
- 16 Sonneggstrasse
- 18 Hardturmstrasse
- 20 Birmensdorferstrasse

22 RAUMPROGRAMM

24 AUFGABE ENERGIE

34 BEISPIELE ÖKOLOGISCHER PROJEKTE

82 NICHT REALISIERTE PROJEKTE

- **88 TEXTE**
- 90 Die Grenzen des Wachstums, Dennis Meadows u.A.
- 96 Selbstdenken Eine Anleitung zum Widerstand, Harald Welzer
- 116 Null Öl. Null Gas. Null Kohle, Marcel Hänggi

120 KLIMA

- 128 Hitzesommer und nur noch halb so viel Schnee in der Schweiz so trifft uns der Klimawandel, Sven Titz u.A.
- 142 "Tipping points" could exacerbate climate crisis, scientists fear, Fiona Harvey

144 ENERGIE

- 146 Energieverbrauch pro Kopf weltweit
- 148 Energieverbrauch / Energiemix Schweiz
- 149 Energieversorgung
- 150 Stromproduktion
- 152 Primärenergie und Treibhausgasbilanz
- 156 Auf lange Sicht Eine kleine Energiegeschichte, Simon Schmid

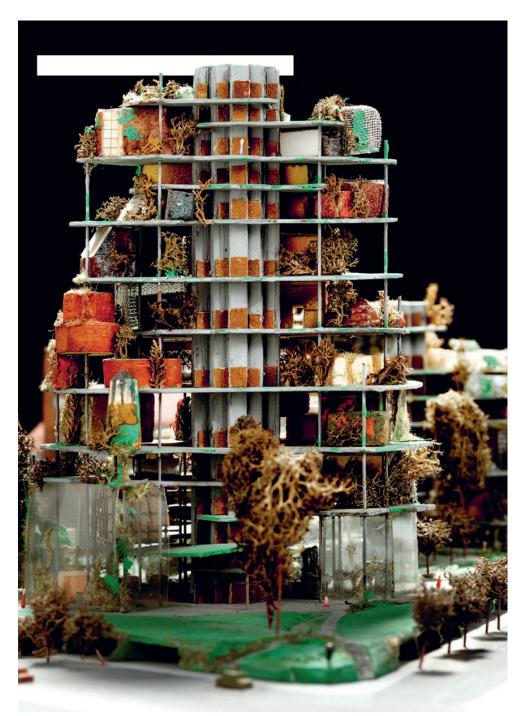
INHALT

	ENERGIE UND LEISTUNG
162	Tabellen, Grössenordnungen, Verhältnisse - Faustformeln
170	GRAUE ENERGIE
172	Tabellen KBOB, Ökobilanzdaten Baumaterialien, Haustechnik, Transporte
184	Auszug aus Bauteilkatalog: Daten zu Konstruktionen
190	GEBÄUDETECHNIK
192	Photovoltaik und Solarthermie
194	Erfahrungen mit Solarhäusern in der Schweiz, Charles Filleux und Peter Schlegel
200	Verschiedene Solartechnologien
206	Solartechnlogie und Architektur - Eine kunstvolle Synthese, Dr. Maria Munari Probst u.A.
212	Neues Farbenspiel, Prof. Dr. Stephen Wittkopf
218	Wärmepumpen
224	Kombinierte Technologien
226	Von der Sonne zur Erde und wieder zurück, Hansjürg Leibundgut
	MATERIALIEN
232	CO ₂ -speichernde Materialien
236	Recycliermaterialien
246	ENERGIELABELS UND STANDARDS
248	Minergie
254	Problem mit Minergie, Christian von Burg
256	2000-Watt-Gesellschaft
	DECDIFFCDEFINITIONEN
268	BEGRIFFSDEFINITIONEN
290	KENNWERTE, NÄHERUNGEN, GRÖSSENORDNUNGEN

BIBLIOGRAPHIE UND WEITERFÜHRENDE LITERATUR

290

294



Frei Otto, Entwurf Ökohaus, Berlin 1984

ZUM SEMESTER

NULLEMISSIONSHÄUSER IN DER STADT

«STOFF-WECHSEL»

NULLENERGIE - UND

Ökologische Themen stehen seit der Publikation «Die Grenzen des Wachstums» des Club of Rome Anfang der 1970er Jahre im Raum. Viele Probleme sind seither angegangen worden – die Wasserverschmutzung, die Luftverschmutzung, die Umweltverschmutzung mit Abfall –, aber der Energieverbrauch ist nicht gesunken, obwohl auch in dieser Hinsicht Anstrengungen gemacht wurden. Die Autos werden derweil immer zahlreicher und grösser, die Flugreisen nehmen Jahr für Jahr zu, der Wohnflächenbedarf pro Kopf ebenfalls und auch die Bevölkerung wächst. Das Hauptproblem bildet dabei ein farbloses und geruchloses Gas, das bei allen Verbrennungsprozessen anfällt, ja das Menschen und Tiere beim Atmen selber produzieren und das Pflanzen für die Photosynthese brauchen – CO₃ (Kohlenstoffdioxid).

40–50% des Gesamtenergiebedarfs der Schweiz wird von Gebäuden konsumiert und fast 30% des CO₂-Ausstosses von ihnen verursacht.

Uns interessiert es am Beispiel eines mehrgeschossigen Wohngebäudes zu testen, ob und wie ein hoher ökologischer Anspruch bei einem grösseren Bau eingelöst werden kann, d.h. ob sich Gebäudetypen entwickeln liessen, die nicht nur als freistehende, kleinere Pionierbauten in der Landschaft sehr gute Werte zeigen, sondern auch als grosse Baukörper in einer dichten, urbanen Bebauung.

Dabei untersuchen wir, wie Gebäude beschaffen sein könnten, die wenig bis keine zugeführte Energie benötigen und mit verhältnismässig wenig grauer Energie erstellt werden. Wie viel CO₂ bei der Erstellung und dem Betrieb entsteht, ist eine weitere Betrachtung, bzw. auch wie Gebäude als «Zwischenlager» für in organischen Stoffen gebundenes Kohlenstoffdioxid fungieren können.

Die Bauplätze befinden sich an frequentierten Strassen in Zürich, jeweils am Standort einer heutigen Tankstelle. Die Entwurfsaufgabe sind mehrgeschossige Wohnhäuser mit einer öffentlichen oder gewerblichen Nutzung im Erdgeschoss (vgl. Aufgabenstellung).

Das Semester wird von Prof. Dr. Arno Schlüter und seiner Professur für Architektur und Gebäudesysteme, Institut für Technologie in der Architektur (ITA) am Departement Architektur der ETH Zürich, begleitet. Prof. Dr. Guillaume Habert, Leiter des Instituts Bau- und Infrastrukturmanagement (IBI) am Departement Bau, Umwelt und Geomatik der ETHZ berät uns zu Fragen der grauen Energie und des Kohlenstoffdioxidausstosses.

Verschiedene Gäste sind zu Vorträgen und Gesprächen eingeladen – darunter Reto Knutti, (Professor am Departement Umweltsystemwissenschaften der ETHZ), Marcel Hänggi (Journalist und Autor von verschiedenen Publikationen über ökologische Themen) und Matthias Schuler (Professor für Environmental Technologies an der Harvard University und Gründer von Transsolar). Ein Gespräch mit Daniel Binswanger (Magazin «Republik»), Reto Knutti und Marcel Hänggi über Klimawandel beleuchtet die gesellschaftliche Relevanz von ökologischem Handeln. An den Schlusskritiken nehmen teil: Prof. em. Dietmar Eberle (Baumschlager Eberle Architekten), Erika Fries (Huggenbergerfries), Veronika Harder (Harder Haas) und Matthias Sauerbruch (Sauerbruch Hutton).

Das Semester wird von Annette Gigon geleitet.



Oil Tank, Luca Zanier, Chavalon 2009

SEMESTERAUFBAU

PROVISORISCHE TERMINSTRUKTUR*

Woche	Datum	Zeit	Programm
KW38 01	Di 17.09.19	10:00 h 13:30 h	EINFÜHRUNG Annette Gigon Zeichensaal HIL D15 VORTRAG Prof. Dr. Arno Schlüter Zeichensaal HIL D15, anschliessend Besuch Baubibliothek
	Mi 18.09.19	15:00 h 09:00 h 17:00 h	BESICHTIGUNG Solarhäuser und Bauplätze in der Stadt Zürich und Umgebung BESICHTIGUNG Solarhäuser und Bauplätze in der Stadt Zürich und Umgebung Bauplatzwahl, Individuelle Arbeit, Vorbereitung Seminar, Konzept, Modellbau
KW39 02	Di 24.09.19 Mi 25.09.19	09:00 h 09:00 h	Individuelle Arbeit, Vorbereitung Seminar, Konzept, Modellbau, HIL D 15 <u>SEMINARTAG mit Prof. A. Gigon, Prof. Dr. G. Habert, Prof. Dr. A. Schlüter</u> <u>und Axel Simon (Redaktor Architektur Hochparterre)</u> HIL D 15
KW40 03	Di 01.10.19 Mi 02.10.19	09:00 h 09:00 h	individuelle Arbeit, Tischkritik mit Assistierenden KONZEPTBESPRECHUNG HIL D 15
KW41	Di 08.10.19	09:00 h	individuelle Arbeit, Tischkritik mit Assistierenden
04	Mi 09.10.19	16:00 h 09:00 h	VORTRAG UND DISKUSSION mit Prof. Matthias Schuler (Gründer Transsolar Energietechnik) individuelle Arbeit, Tischkritik mit Assistierenden
KW42	Di 15.10.19	09:00 h	ZWISCHENKRITIK 1 mit Prof. Dr. A. Schlüter, Dr. I. Hischier, Prof.Dr. M. Angélil HIL D15
05	Mi 16.10.19	09:00 h	ZWISCHENKRITIK 1 mit Prof. Dr. G. Habert, Prof. Dr. A. Schlüter, Dr. I. Hischier, Prof.Dr. M. Angélil
KW43	21 25.10.19		SEMINARWOCHE
KW44	DI 29.10.19	09:00 h	individuelle Arbeit, Tischkritik mit Assistierenden
06	MI 30.10.19	14:30 h 09:00 h	<u>VORTRAG / DISKUSSION mit Prof. Dr. Reto Knutti (Institute for Atmospheric and Climate Science)</u> individuelle Arbeit, Tischkritik mit Assistierenden
	WI 50. 10. 15	14:30 h	VORTRAG / DISKUSSION mit Marcel Hänggi (Umweltjournalist und Buchautor)
KW45	Di 05.11.19	09:00 h	ZWISCHENKRITIK 2 mit Prof. Dr. A. Schlüter, Dr. I. Hischier HIL D15
07	Mi 06.11.19	09:00 h	ZWISCHENKRITIK 2 mit Prof. Dr. A. Schlüter, Dr. I. Hischier HIL D15
KW46	Di 12.11.19	09:00 h	individuelle Arbeit, Tischkritik mit Assistierenden
08	Mi 13.11.19	18:00 h 09:00 h	IEA RINGVORLESUNG mit ANNETTE GIGON HIL E4 individuelle Arbeit, Tischkritik mit Assistierenden
	WI 13.11.13	14:00 h	GESPRÄCH mit Daniel Binswanger (Journalist «Republik»), Marcel Hänggi und Reto Knutti HIL D15
KW47	Di 19.11.19	09:00 h	individuelle Arbeit, Tischkritik mit Assistierenden
09	Mi 20.11.19	09:00 h	individuelle Arbeit, Tischkritik mit Assistierenden
KW48	Di 26.11.19	09:00 h	ZWISCHENKRITIK 3 mit Prof. Dr. A. Schlüter, Dr. I. Hischier HIL D15
10	Mi 27.11.19	09:00 h	ZWISCHENKRITIK 3 mit Prof. Dr. A. Schlüter, Dr. I. Hischier HIL D15
KW49	Di 03.12.19	09:00 h	individuelle Arbeit, Tischkritik mit Assistierenden
11	Mi 04.12.19	09:00 h	individuelle Arbeit, Tischkritik mit Assistierenden
KW50	Di 10.12.19	09:00 h	individuelle Arbeit, Tischkritik mit Assistierenden
12	Mi 11.12.19	09:00 h	individuelle Arbeit, Tischkritik mit Assistierenden
KW51	Mo 16.12.19	17:00 h	Schlussabgabe und komplette Räumung des Zeichensaals HIL D15
13	Di 17.12.19	18:00 h 09:00 h	Aufbau der Kritikzone im Zeichensaal gemäss Plan Assistenz SCHLUSSKRITIK HIL D15 mit Professoren Annette Gigon, Mike Guyer, Arno Schlüter
			Gäste: Dietmar Eberle, Erika Fries, Matthias Sauerbruch
	Mi 18.12.19	09:00 h	SCHLUSSKRITIK HIL D15 mit Professoren Annette Gigon, Mike Guyer, Arno Schlüter Gäste: Dietmar Eberle, Veronika Harder, Matthias Sauerbruch
		20:00 h	

ANFORDERUNGEN

SEMINARTAG*: Näherungen, Grössenordnungen, Projekte und Fragen zu Energie und CO2

- Abgabe von 2-4 A3 Blättern gemäss Vorlage Lehrstuhl (Layout und Font übernehmen, Quellenangaben)
- Abgabe Beamer Präsentation mit Plänen und Bildmaterial (Abgabe PDF) Präsentationszeit: 5 -10 Minuten + Diskussion
- Ablage der A3 Panels und der Präsentation im PDF Format auf dem Studentenserver
- Besprechung ausgewählter Texte

KONZEPTBESPRECHUNG*: Volumen / städtebauliche Setzung

- Einsatzmodell Volumen 1:200
- Konzeptpläne /-skizzen (Setzung, Typologie, Höhenentwicklung, Kontext, etc.) Planformat A1, Hochformat
- Varianten und Volumenstudien sind möglich

ZWISCHENKRITIK 1*: Volumen, Wohnungen, EG-Nutzung, Energiebilanz und Materialvergleich, ...

- Einsatzmodell mit Fassade 1:200
- Arbeitsmodell M 1:100
- Grundrisse, Schnitte, Fassaden 1:100, W
- Erste Visualisierungen: Skizzen, Montagen

ZWISCHENKRITIK 2*: Zusammenspiel von Volumen / Nutzungen / Ausdruck / Konstruktion / Materialisierung / Energiekonzept

- Einsatzmodell mit Fassade 1:200
- Arbeitsmodell M 1:50
- Grundrisse, Schnitte, Fassaden 1:50, Zimmer- und Wohnungsgrössen beschriftet, Wohnungen möbliert
- Konstruktionsschnitt durch Dach, Boden, Fenster 1:20 mit Ansicht
- Visualisierungen: Perspektiven / Renderings / Modellfotos (Auswahl Standpunkt, Licht und Schatten)

ZWISCHENKRITIK 3*: Schlüssigkeit von Volumen und Öffnungsverhalten / Nutzungen / Konstruktion / Materialisierung / Energiekonzept

- Vertiefung der 2. Zwischenkritik
- Details Kontruktion und Matierialisierung Aussen und Innen 1:20
- Visualisierung: Innen- und Aussenbild, Stimmung, Material, Licht, Schatten
- Arbeitsmodell M 1:50

SCHLUSSKRITIK*

- 6 Pläne im Ouerformat A0
- Grundrisse, Schnitte, Fassaden 1:50, Zimmer- und Wohnungsgrössen beschriftet, Wohnungen möbliert
- Fassadenschnitt 1:20 mit Aussen- und Innenansicht
- Visualisierungen Aussen und Innen
- Einsatzmodell mit Fassade 1:200
- Modell M 1:50

ANFORDERUNGEN / AUFGABE ENERGIE:

Aufgaben, Tools und Anforderungen für die einzelnen Zwischenkritiken siehe Kapitel "Aufgabe Energie", S.25

Beurteilungskriterien:

Schlüssigkeit architektonisches Konzept:

- Städtebau / Volumen
- Grundrisse / Schnitte
- Fassade / Ausdruck
- Konstruktion / Detaillierung (aussen / innen)

Weitere wichtige Kriterien:

- Qualität der Darstellung in Zeichnung, Bild und Modell
- Projektvorstellung / Vermittlung
- Projektentwicklung im Verlauf des Semesters
- Stringenz und Plausibilisierung d. gewählten Energiekonzepts

Allgemeine Hinweise zur Darstellung:

- gut lesbare Pläne (Linien nicht zu fein, sichtbar aus 4 Metern Distanz), keine zu detaillierte Möblierung (Topfpflanzen, Türdrücker, Teppichfransen, etc. weglassen)
- Beschriftung unten links: "HS19, Professur Gigon / Guyer, Leitung Prof. Annette Gigon", unten rechts: "StudentIn: Vorname Name, Anzahl Semester (z.B. 5. Semester), AssistentIn: Vorname Name"

Die Schlusskritiken mit Gästen finden im Zeichensaal HIL D15 statt. Ein aufgeräumter Zeichensaal ist Voraussetzung für ein gutes Kritikklima.

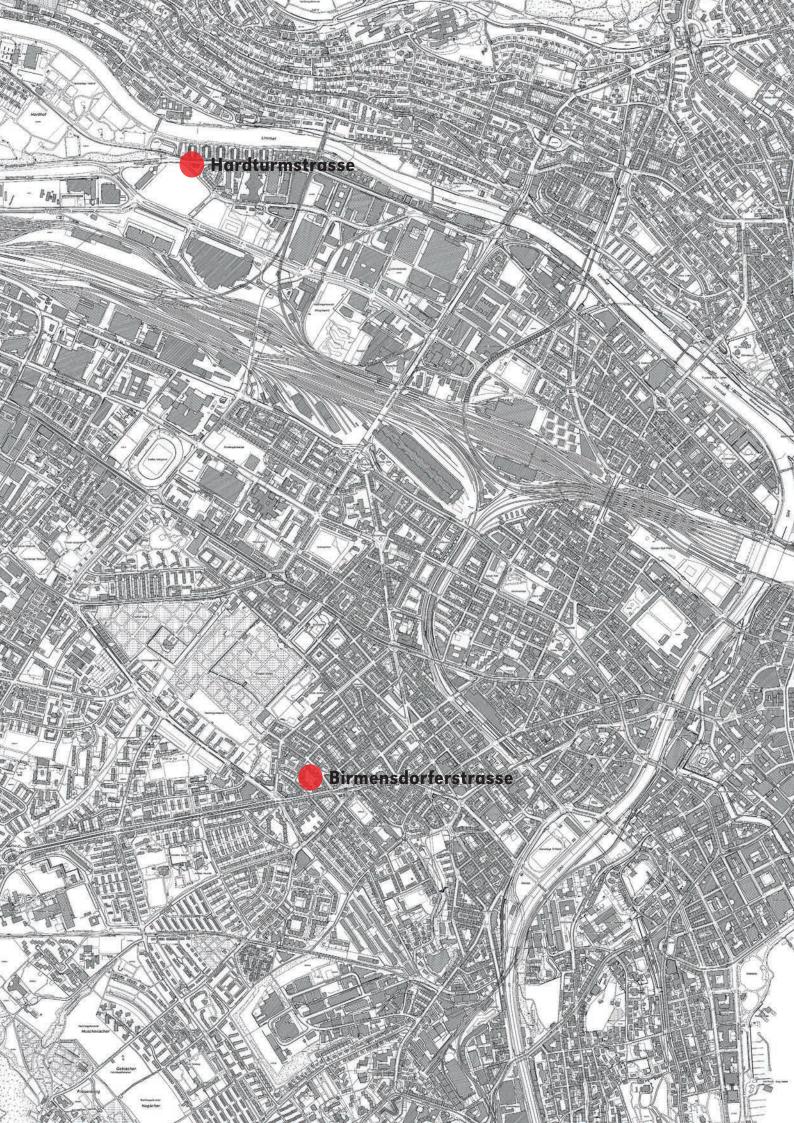
Alle Studierenden müssen sich am Aufräumen des Zeichensaals und am Aufbau der Kritikzone beteiligen.



Film Still aus Koyaanisqatsi, Godfrey Reggio, 1982

VIER STANDORTE IN ZÜRICH

- Bergstrasse
- $\bigcirc \ \ \textbf{Sonneggstrasse}$
- Hardturmstrasse
- O Birmensdorferstrasse

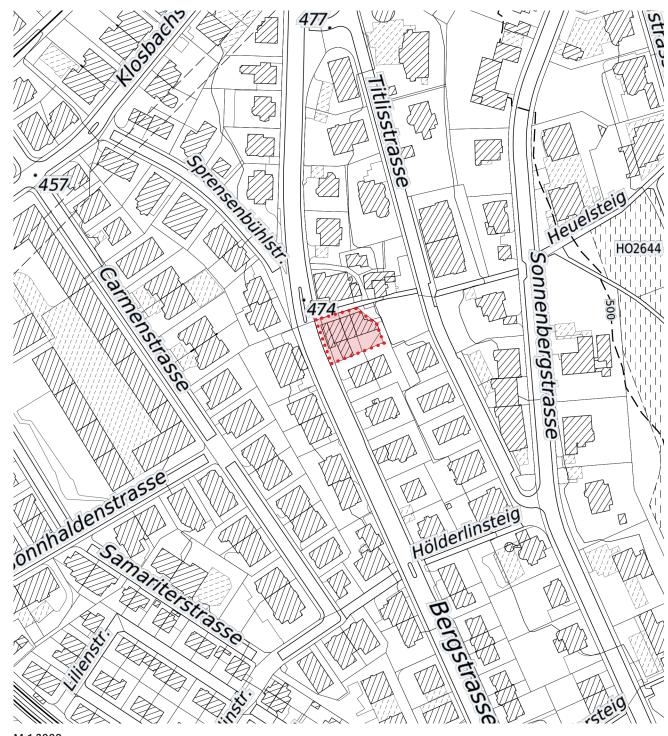




01 BERGSTRASSE NORD



Luftbild

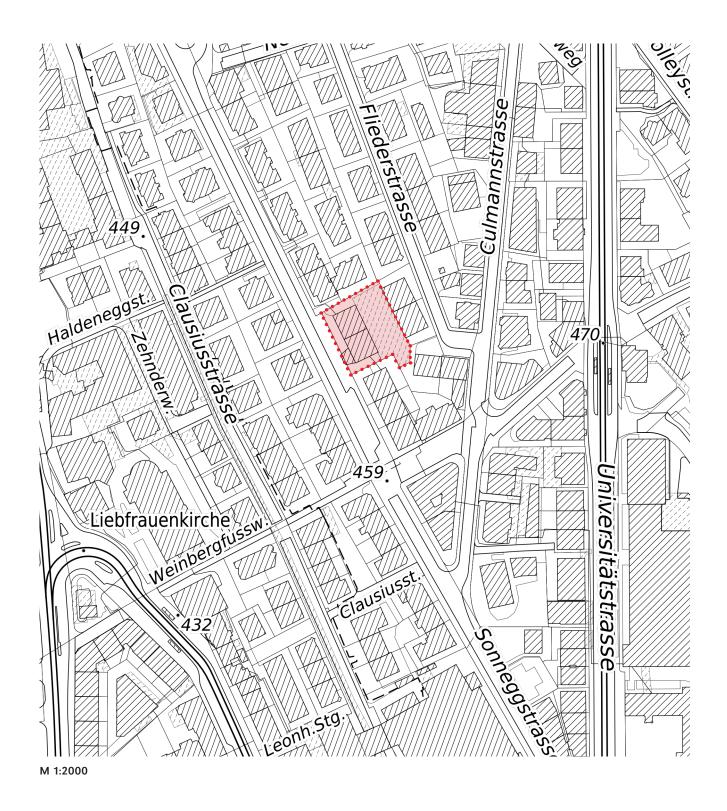


M 1:2000

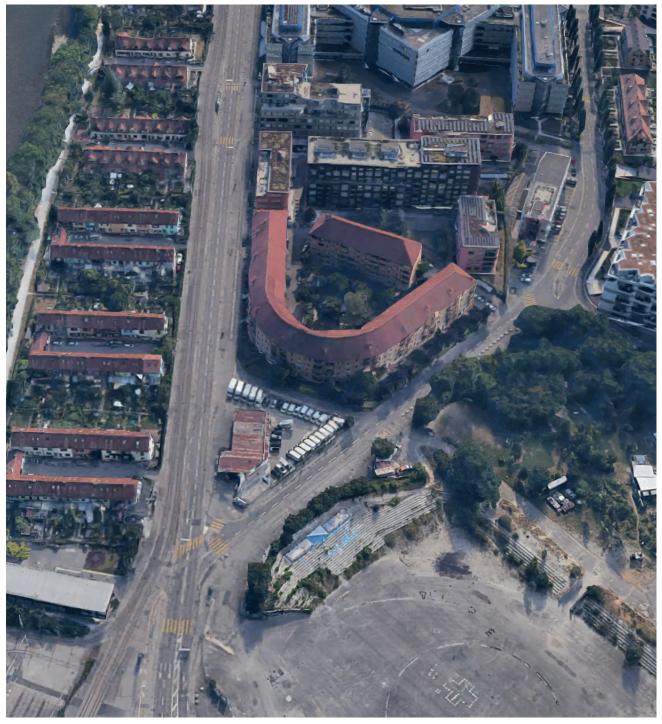
02 SONNEGGSTRASSE



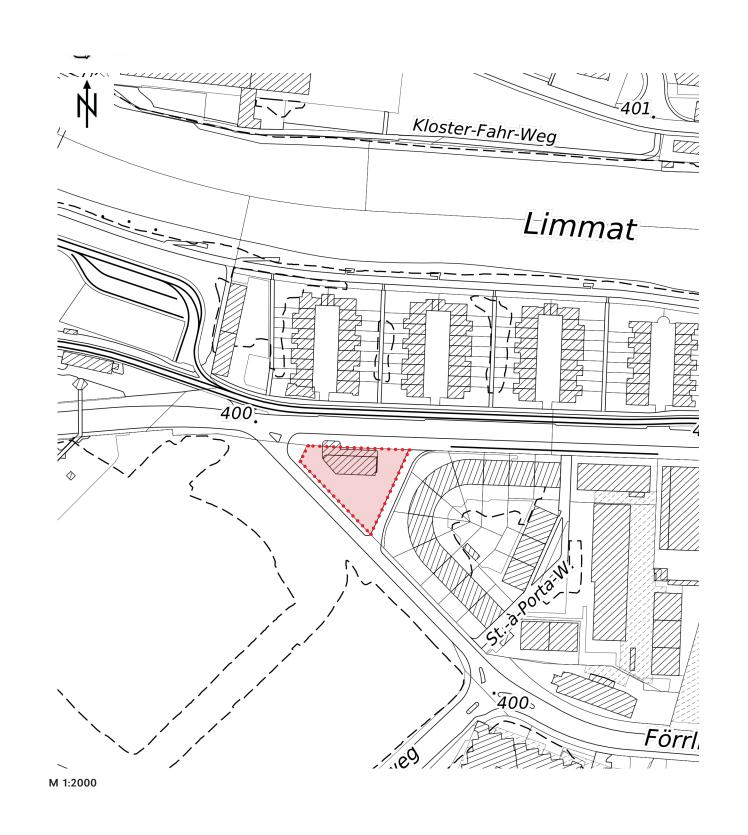
Luftbild



03 HARDTURMSTRASSE



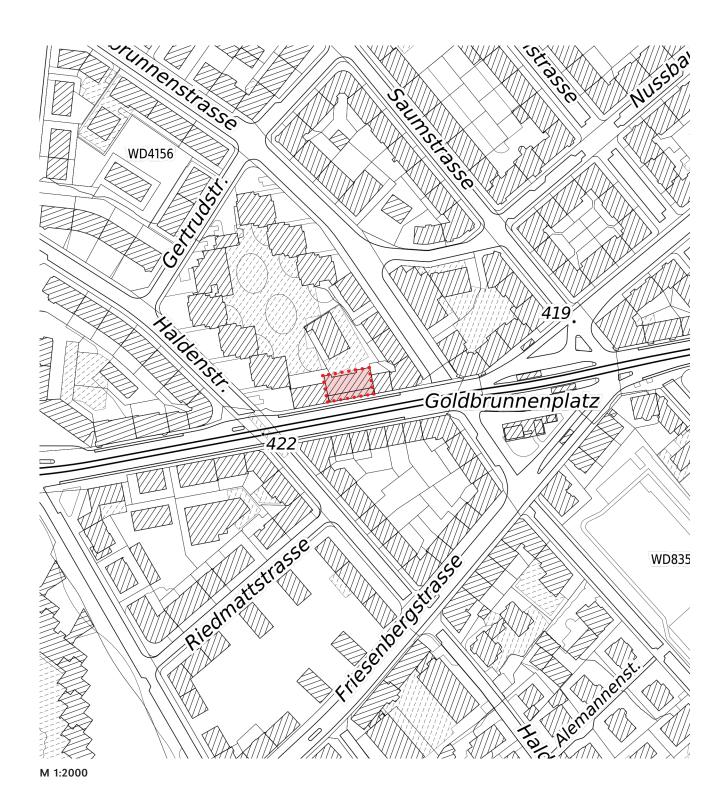
Luftbild



04 BIRMENSDORFERSTRASSE



Luftbild





Oil refinery, Luca Zanier , Collombey 2011

RAUMPROGRAMM

MEHRFAMILIEN-WOHNHAUS MIT ÖFFENTLICHER ERDGESCHOSSNUTZUNG

Wohnungen

Frei wählbarer Wohnungsspiegel zwischen Kleinwohnungen à 50 m² bis zu max. Wohnungsgrössen von 140 m². Richtwerte Wohnungsgrössen:

2½-Zimmer-Wohnungen 50-70 m²

3½-Zimmer-Wohnungen 80-100 m²

41/2-Zimmer-Wohnungen 100-120 m²

51/2-Zimmer-Wohnungen 120-130 m²

Zu jeder Wohnung ist ein privater Aussenraum in Form eines Balkons, einer Loggia, eines Wintergartens oder "Jahreszeitenzimmers" vorzusehen.

In den Wohnungen sind Stauflächen in Form von Abstellräumen oder Einbauschränken einzuplanen.

Zuteilung der Sanitärräume: bis 3½-Zimmer: Bad/WC/Lavabo

ab 4½-Zimmer: Bad/WC/Lavabo + Dusche/WC/Lavabo

Küchenausstattung: bis 3½-Zimmer: 4 Küchenelemente (Arbeitsfläche) + 2 Hochschränke

ab 4½-Zimmer: 5 Küchenelemente (Arbeitsfläche) + 2 Hochschränke

Erdgeschossnutzung

Öffentliche oder/und gemeinschaftliche Nutzung wie zB. Café, Bistro, Laden, Werkstatt, Kita, etc. Wohnungseingänge, Fahrrad- und Kinderwagenabstellplätze, Waschküche, ev. Ladestelle für E-Bikes/E-Autos

Die direkte Anlieferung im Erdgeschoss muss gewährleistet sein.

Die EG-Nutzungen sowie die einzelnen Wohnungen müssen hindernisfrei zugänglich sein.

Parkierungsanlagen im Untergeschoss können vernachlässigt werden.

Die Angaben sind als approximative Richtwerte zu verstehen, je nach gewähltem Standort/Bauplatz variieren die Nutzungsflächen stark.

Es werden mindestens 4 Geschosse erwartet. Anzahl Geschosse und Ausnützung sind projektabhängig nach volumetrischen, städtebaulichen und konstruktiven Überlegungen zu bestimmen.

Volumetrie, Geschossflächen und Öffnungsverhalten haben einen direkten Einfluss auf die Gesamtenergiebilanz des Neubaus.



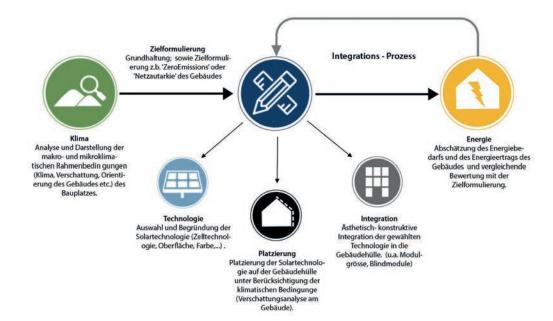
Nuclear power plant, Luca Zanier, Leibstadt 2009

AUFGABE ENERGIE

A / Architecture and Building Systems

Prof. Dr. Arno Schlueter Institute of Technology in Architecture (ITA) ETH Zurich

Methodik



Architecture and Building Systems S

rror. Dr. Arno Schlueter Institute of Technology in Architecture (ITA) ETH Zurich

Energie und Emissionen im Gebäude

ETH zürich

Wärmeerzeugung durch Wärmepumpe

Die für das Gebäude notwendige Wärme (Heizung und Warmwasser) kann effizient über eine Wärmepumpe bereit gestellt werden. Sie benötigt Umweltwärme (Luft, Erdreich) und Strom.

Coefficient of Performance (COP)

Die notwendige Leistung an Strom (Exergie Ex) im Verhältnis zur Umweltwärme (Anergie) für die Erzeugung der Heizwärme lässt sich durch die Berechnung des COPs bestimmen:

$$COP = \eta \frac{T_1}{T_1 - T_2}$$

$$Ex = \frac{Q_h}{COP}$$

Effizienz der WP [-], <1; üblich 0.5-0.6 Vorlauftemperatur [K], nicht °C! Quellentemperatur $T_2 < T_1$ [K]

Jahrsarbeitszahl (JAZ)

Die Jahresarbeitszahl beschreibt das Verhältnis des gesamten Jahreswärmebedarfes Q zur gesamt aufgenommenen elektrischen Energie (=Exergie), einschliesslich aller Bauteile wie z.B. Pumpen etc.

$$\beta = \frac{Q}{}$$

Jahreswärmebedarf des Gebäudes [kWh/a] Q

Jahresenergiebedarf für alle elektrischen Komponenten $\left[kWh/a\right]$

Architecture and Building Systems

Prof. Dr. Arno Schlueter Institute of Technology in Architecture (ITA) ETH Zurich



② Pufferspeicher

③ Wärmepumpe

Erdsonden



Bild 3.25: Sole-Wasser-Wärmepumpenanlage mit Erdsonden



Quelle: Bonin, Handbuch Wärmepumpe, Beuth 2012

Abschätzung Energiebedarf Gebäude (Wärmeerzeugung über Wärmepumpe)

Der totale Energiebedarf eines Gebäudes ergibt sich aus der Summe von Heizenergie, Energiebedarf für Warmwasseraufbereitung und elektrischen Energie.

Der Energiebedarf wird massgeblich beeinflusst von Klima, Typologie (EFH/Wohnung), Personenzahl, Zimmerzahl, Geräteausstattung (Geschirrspüler, LED, etc.), Gebäudetechnik (Wärmepumpe, etc.) und Wärmedämmung.

Zur Vereinfachung kann der **elektrische Energiebedarf** mit den Werten in der unten stehenden Tabelle jährlich und monatlich abgeschätzt werden

Ausgangslage Entwurf:

Elektrischer Energiebedarf pro Nettogeschossfläche														
		Jahr	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dez
Stromverbrauch Wärmepumpe für Heizung und Warmwasser	kWh/m2	12.7	2.3	1.7	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.8	2.4
Stromverbrauch Geräte/Beleuchtung/Lüftung	kWh/m2	27.6	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
Stromverbrauch total	kWh/m2	40.3	4.6	4.0	3.3	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	4.1	4.7

Annahme: Wärme für Heizung und Warmwasser wird mittels Wärmepumpe zur Verfügung gestellt.

A / Architecture and Building Systems

Prof. Dr. Arno Schlueter Institute of Technology in Architecture (ITA) ETH Zurich

3 Energie und Emissionen im Gebäude

ETH zürich

Globalstrahlung

Die Globalstrahlung ist die Summe der

- · direkten Einstrahlung
- · indirekten Einstrahlung

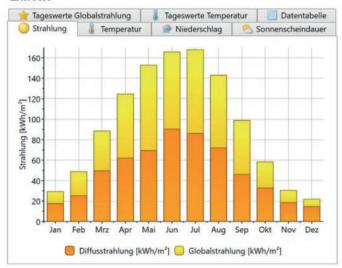
An einem klaren Sommertag können bis zu 1000 W/m2 Globalstrahlung senkrecht zur Sonneinstrahlung gemessen werden.

Beide, direkte wie auch diffuse Strahlung tragen zum Ertrag einer Solaranlage bei. Daher kann auch bei bewölktem Himmel Strom produziert werden.

Auch an sonnigen Tagen macht die Diffusstrahlung bis zur Hälfte der Ertragsleistung aus.

Insbesondere Dünnschicht-Module arbeiten bei diffuser Strahlung weiterhin effizient.

Zürich



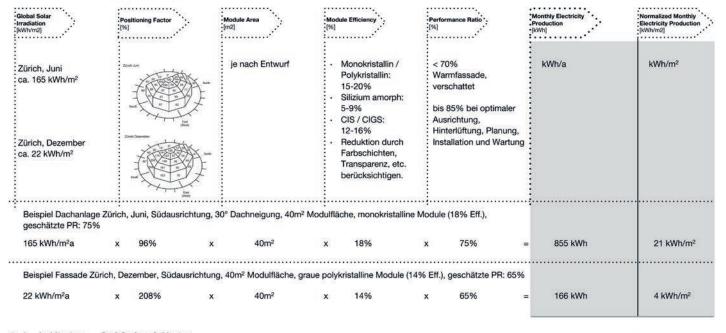
rce: Meteonorm

A / Architecture and Building Systems

Prof. Dr. Arno Schlueter Institute of Technology in Architecture (ITA) ETH Zurich

(für Konsistenz Beispiele mit monatlichen Werten angepasst!)

Abschätzung Energieertrag PV



A / Architecture and Building Systems Prof. Dr. Arno Schlueter Institute of Technology in Architecture (ITA) ETH Zurich

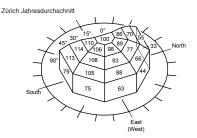
Energie und Emissionen im Gebäude

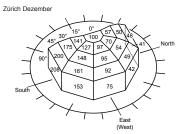
ETH zürich

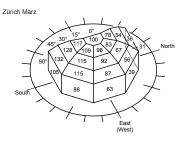
Einstrahlung auf ein Modul / Positioning Factor

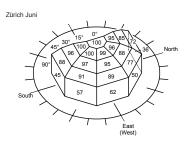
Die Einstrahlung auf ein Modul ist abhängig von

- · dem geographischen Ort
- · lokalem Wetter
- · Täglicher und saisonaler Schwankung
- lokaler Umgebung (Gebäude, Bäume, Topgraphie)
- Orientierung des Gebäudes bzw. des Moduls
- statischen oder nachgeführten Modulen









A / Architecture and Building S Systems Prof. Dr. Arno Schlueter Institute of Technology in Architecture (ITA) ETH Zurich

Systemwirkungsgrad / Performance Ratio (PR)

Die Qualität bzw. der Einfluss der Systemtechnik der gesamten Solaranlagen inklusive seiner Installation wird (vereinfacht) mittels der "performance ratio" berücksichtigt.

Sie wird ermittelt durch das Verhältnis von tatsächlichem Energieertrag zu theoretisch möglichem Energieertrag der PV Anlage (unter standard (STC) Bedingungen, ohne Verluste in der nachfolgenden Systemtechnik).

Gute geplante und ausgeführte Dachanlagen weisen eine PR um die 75% auf; Fassadenanlagen durch die schwierigeren Rahmenbedingungen (z.Bsp. **Verschattung**) eine PR von oft unter 70%.

100% Einstrahlung	Reflexionsverluste	Abweichungen von 1000W/m² und AM 1,5	Modulverschmutzung, Schneebedeckung	Modultemperatur	Verschattung	Modultoleranz und Anpassungsverluste	Wechselrichterverluste	Leitungsverluste, Zähler	Netzeinspelsung 70-85 % Performance Ratio (Anlagengüte)
	2,0%	3,5%	1,0%	%0'9	%0'0	2,0%	10,0%	1,5%	Beispiel CIS-Warmfassade 29 % Verluste
	3,0%	2,5%	2,5%	3,5%	2,0%	2,0%	7,0%	1,5%	Belspiel Aufachanlage 24 % Verluste

Quelle: Detail Praxis: Photovolti

A / Architecture and Building Systems Prof. Dr. Arno Schlueter Institute of Technology in Architecture (ITA) ETH Zurich

9 Energie und Emissionen im Gebäude

ETH zürich

Übersicht von Leistungen / Module Efficiency

Solarwall www.solarwall.ch		T	ypical po	wers of PV-	Technologie	es		
				Monocrystalline Silicon	Polycrystalline Silicon	GIGS	Amorphous Silicon	Organic PV
				mono-Si	multi-Si		a-Si	DSC
Call officionay		0		18 - 20%	16 - 17%	12 - 13%	6 - 7 %	10 12 9/ // -
Cell efficiency (Irradiance: 1000 W/m²)		1000 W/m^)	180 - 200 W/m ²	160 - 170 W/m ²	120 - 130 W/m ²	60 - 70 W/m ²	10 - 12 % (Lab	
ВІ	PV Ap	plications		[W/m ²]	[W/m ²]	[W/m ²]	[W/m ²]	[W/m ²]
		- standard		160 - 170	140 - 150	120 - 125	58 - 60	20 - 25
	8	- with Kromatix tech	nology	150 - 160		110 - 120	54 - 56	
Panel efficiency	out g	- with Solaxess tec	nology	90 - 110		70 - 80		
	colored front glass	- with Ceramic print technology		80 - 110				
opo copo		- with Stone technol	ogy	60 - 70				
		- standard		130 - 160	110 - 140	120 - 125	56 - 58	
Size Customized	25	- with Kromatix technology		120 - 150		110 - 120	54 - 55	
PV Glass	colored front galss	- with Solaxess technology		70 - 90				
PV Glass	- P	- with Ceramic print	technology	70 - 90				
qia		- with Stone technology		50 - 70				
Size Customized		transparency	10 - 20 %	150 - 100		110 - 90	40 - 35	20 - 25
PV Glass with tran	spa-	(configuation with color	30 - 50 %	120 - 60		80 - 60	30 - 20	
rency and color		possible)	50 - 70 %	90 - 40		60 - 40		

Copyright ® - 2017 Solarwall SA/AG/Ltd - All rights reserve

A / Architecture and Building Systems

Prof. Dr. Arno Schlueter Institute of Technology in Architecture (ITA) ETH Zurich

Farbige Beschichtungen / Module Efficiency

Übersicht Technologien

Hochschule Luzern

	farbige	Zellen		farbige, transparer	te Beschichtungen	
Technologien	farbige Silizium- Zellen	Gräezel-Zellen	Glas-Siebdruck	Glasbeschichtung	Folie	Glas-Digital-Druck
Effizienzverlust durch Farbe/Verschattung resultierende Moduleffizienz % (Referenz: 16.5%))	15-40% 10-15%	2-8%	15-60% 7-14%	3-8%* 15-16%	20-45% 9-14%	10-40% 10-15%
zusätzlichen Kosten farbige Schicht EUR/m2			50-75	50-100	75-150	75-150
Anzahl unterschiedlicher Farben 2017 stk.	ca. 10	ca. 5-10	00	208	8 Standardfarben	00
Individuelle Motive ja/nein	<u></u>		×		(X)	×
Vorteile	auch als Standardmodul erhältlich	homogen teiltransparent	individuelle Farben und Motive möglich	Abechattunge-	kaum Sichtbarkeit der Zelle. Helle Farben möglich.	individuelle Farber und Motive möglich
Nachteile	keine extakte Farbbestimmung möglich	noch in der Prototypenphase	starke Abschattungs- Verluste bei intensiven Farben	für Einzelprojekte keine individuellen Farben erhältlich	zur Zeit wenig Farben erhältlich	für Standardmodule wenig geeignet
Anbieter	Sunshine PV Corp. LOF Solar Corp.	Solaronix	Ertex ViaSolis Hero Solar	SwissInso/Cromatix	Solaxess	Üserhuus Issol Ertex
Anmerkungen	optisch sehr lebendige kristalline Struktur	Langzeitstabilität noch fraglich.	sehr bekanntes Verfahren	Zelle kaum wahrnehmbar * Abweichende Feldmessungen	sehr hohe Farbsättigung	sehr flexible Projektierung und Fertigung.

Architecture and Building Systems Prof. Dr. Arno Schlueter Institute of Technology in Architecture (ITA) ETH Zurich

8 Energie und Emissionen im Gebäude

ETH zürich

Building Integrated Photovoltaics (BIPV) - Ressources

The following links serve as a digital catalogue, providing information on BiPV systems. It includes an overview on the various types of photovoltaic systems (PV), their properties, geometrical and aesthetic characteristics, and integration with buildings. The aim is to provide you with a comprehensive set of information that will assist the decision making process of your architectural design project.

Websites

Catalog of PV modules for building integration: http://www.bipv.ch/index.php/de/produkte/bipv-module

 $Swissolar\ nationale\ Photovoltaik\ Tagung:\ \underline{http://www.swissolar.ch/15-nationale-photovoltaik-tagung-2017/2016}.$

http://www.solarintegrationsolutions.org/

https://www.detail.de/artikel/stadt-land-meer-architekturpreis-gebaeudeintegrierte-solartechnik-entschieden-31199/

Catalog of BIPVT architecture: https://www.buk.arch.ethz.ch/Solardatenbank/

http://www.bipv.ch/index.php/de/beispiele-top-de/wohnungsbau

http://www.swissolar.ch/14-nationale-photovoltaik-tagung-2016/

BIPV status report, SUPSI-SEAC, 2015: http://www.bipv.ch/images/160112 BIPV digitale.pdf

Detail Practice Photovoltaics - Technology, Architecture, Installation, Weller B., Hemmerle C., Jakubetz S., Unnewehr S.: Birkhäuser Edition Detail, Basel, 2010 https://www.degruyter.com/viewbooktoc/product/202468

Planning and installing photovoltaic systems: a guide for installers, architects and engineers, DGS - Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie, 2013

Photovoltaik - Lehrbuch zu Grundlagen, Technologien und Praxis, Mertens K., Carl Hanser Verlag, München, 2013

Companies / Examples

Building integrated PV (BIPV) Solar cell covers Solar cell technologies http://www.issol.eu/ http://www.swissinso.com/ http://www.opvius.com http://www.ertex-solar.at/ http://www.solaxess.ch/ https://www.infinitypv.com/ http://www.solarwall.ch/ http://www.onyxsolar.com/ https://www.solaronix.com/

Architecture and Building Systems Prof. Dr. Arno Schlueter Institute of Technology in Architecture (ITA) ETH Zurich

HS19 / Studio Gigon / Guyer

Nullenergiehaus / Nullemissionshaus in der Stadt: Aufgabe Energie Arno Schlüter / Illias Hischier, Prof. Architektur und Gebäudesysteme

1. Zwischenkritik

Aufgabe:

- Zielvorgabe / Position beziehen ('Nullenergie' etc.)
- Wärmebedarf anhand des Konzepts (Grundfläche) abschätzen anhand von Ziel- bzw. Richtwerten
- Solarpotential vor Ort analysieren und Auswirkungen auf das Konzept (Ausrichtung, Flächen) diskutieren

Tools

- Überschlägige Handrechnung Wärmebedarf
- Verschattungsstudie im CAD, ggf. Rhino / Ladybug

Präsentation

- Statement zum Ziel / Position
- Abschätzung Wärmebedarf und Erläuterung Massnahmen bez. Wärmehaushalt
- Bewertung Solarpotential und Auswirkungen auf den Entwurf (Verschattungsstudie)

2. Zwischenkritik

Aufgabe:

- Strombedarf abschätzen anhand von Ziel- und Richtwerten
- Konstruktion der Fassadenbauteile (u-Werte / g-Werte) definieren
- Wärmebedarf berechnen
- Jährlichen Stromertrag mit PV berechnen

Tools

- Richtwerte Stromverbrauch
- UBAKUS Bauteil- / Wärmerechner (https://www.ubakus.de/berechnung/waermebedarf/)
- Energie Schweiz Solarrechner (https://www.energieschweiz.ch/page/de-ch/solarrechner)

Präsentation

- Bilanz Energiebedarf vs. Erzeugung und Bewertung Zielerreichung
- Bewertung / Erläuterung Interaktion mit dem Entwurf

3. Zwischenkritik

Aufgabe:

- Überarbeitung Bilanz (Energieverbrauch- / Erzeugung) nach der 2. ZK
- Integration / Umsetzung des Konzepts in Entwurf und Konstruktion
- Darstellung in den relevanten Plänen bzw. Renderings

Tools

- UBAKUS Bauteil- / Wärmerechner (https://www.ubakus.de/berechnung/waermebedarf/)
- Energie Schweiz Solarrechner (https://www.energieschweiz.ch/page/de-ch/solarrechner)

Präsentation

- Überarbeitete Bilanz Energiebedarf vs. Erzeugung und Bewertung Zielerreichung
- Bewertung / Erläuterung Interaktionen auf den Entwurf
- Darstellung der relevanten Konstruktionen und ggf. Technologien in den Plänen

«Atypischer» Haushalt

	Personen- zahl	Typische Zimmerzahl	Basiswert kWh/Jahr
Wohnungen in	1	2-4	2200
MFH, inkl. 400	2	3-4	2750
kWh Allgemein-	3	3-5	3300
strom für Gebäudetechnik Einfamilienhaus (inkl. Gebäudetechnik)	4	4-5	3850
	5	4-6	4350
	6	5-7	4850
	1	(3-5)	2700
	2	4-6	3550
	3	4-7	4400
	4	5-7	5200
	5	5-7	5950
	6	(5-8)	6700

Quelle: J. Nipkow, Typischer Haushalt-Stromverbrauch, Bundesamt für Energie BFE, Bern, 2013

Zusätzliche Korrektur des Basiswertes

Beispiele für Korrekturen des Basiswertes (BW) in (kWh/Jahr)

Elektroboiler (Warmwasser)	BW + (500 + (Personen x 800)
Wärmepumpenboiler (Warmwasser)	BW + (190 + (Personen x 260))
>80% effiziente Lampen	BW - (130 - (Personen x 55))
Häufiges Kochen/Backen	BW + (Personen x 75)
Häufiges Auswärtsessen	BW - (Personen x 75)
Viele Zimmer/grosse Räume	BW x 1.1

MFH / EFH und Anzahl der Personen sind die wichtigsten Einflussgrößen auf den Stromverbrauch. Durch die technischen Entwicklungen und Vorschriften verändert sich die Effizienz von Beleuchtung, Kühlschränken, Gefriergeräten und Tumbler.

Die Anzahl der Menschen sind wie folgt zu verstehen

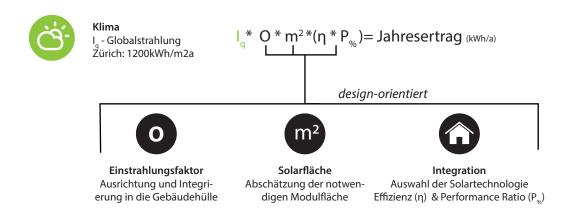
- Die Personen sollten mindestens an Werktagen anwesend sein. Zumindest am Abend und in der Regel für 2 Mahlzeiten.
- Kinder bis 10 Jahre werden als "1/2 Person" gezählt.
- Jugendliche ab etwa 11 Jahren werden als Erwachsene angesehen.

Standardausrüstung für typische Haushaltstypen:

- Ohne elektrisch beheiztes Warmwasser
- Ohne getrennte Gefrierschrank (Gefrierschrank oder Gefrierschrank)
- Mit Spülmaschine (normalerweise kalt verbunden)
- Inkl. Waschen + Trocknen
- Inkl. Gebäudetechnik (Umwälzpumpe, Brenner, Ventilatoren, Außenbeleuchtung etc.)

A/ S Architecture and Building Systems Prof. Dr. Arno Schlueter Institute of Technology in Architecture (ITA) ETH Zurich

Überschlägige Berechnung des Ertrages



A / Architecture and Building Systems

Prof. Dr. Arno Schlueter Institute of Technology in Architecture (ITA) ETH Zurich

BEISPIELE ÖKOLOGISCHER PROJEKTE*

01 Maschinenfabrik Micafil AG, Zürich, 1979 Pierre Sabady



Wärmedämmung

Wand (Steinwolle): 8 cm
Dach: 8cm
Fenster: 3-fach

Energieversorgung

Solar Thermisch (600m2): 60'000kWh/a

Projektierte Energiekennwerte

Europas grösste thermische Solaranlage an der Fassade einer Schweizer Fabrik der 1970er-Jahre wies den Weg in eine Zukunft, die noch nicht eingetreten ist: dass sich die Ästhetik der Architektur und der Solarenergie zu einer neuen Formensprache verschränken könnten.

Als die Hauszeitung des Elektrotechnikkonzerns Brown, Boveri & Cie (BBC, heute ABB) 1978 zum «Zukunftsproblem Nr. 1» berichtete, wie Wissenschaftler die «Energie aus dem Kernreaktor Sonne» auf neue Weisen zu nutzen hofften, bezog sie sich damit gleichzeitig auf atomare wie auch thermische Techniken.

Neben Atomkraft-Grossaufträgen führte die BBC Deutschland in ihrem zentralen Forschungslabor in Heidelberg seit Anfang 1973 Studien zur Nutzungsmöglichkeit von Sonnenenergie durch. Im Frühjahr 1974 gingen die ersten Versuchsanlagen zur Warmwasserbereitung in Betrieb, ab 1976 wurden thermische Kollektoren entwickelt – vor allem für die Montage auf Dächern von Einfamilienhäusern.

Am Gebäude der Tochtergesellschaft Micafil an der Badenerstrasse in Zürich erprobte BBC ein Architekturkonzept, in dem sich die Erwartungen an die Solarthermie nach der ersten Ölkrise von 1973 in architektonisch expressiver Weise spiegeln. Micafil plante ab 1974 eine Fabrik für Feindrahtwickelmaschinen.

Europas grösstes in einen Industriebau integriertes Solarprojekt der 1970er-Jahre war die Folge verschiedener Voraussetzungen: des persönlichen Engagements von Micafil-Hausarchitekt Pierre Robert Sabady (1938–1994), der Pläne von Bernhard Winkler (heute WSS Architekten) und der energiepolitischen Zuversicht der BBC, dass sich Investitionen in die Solarenergie in Zukunft auszahlen würden. «Die Sonne – neuer Mitarbeiter bei Micafil» titelte die BBC-Hauszeitung ihren Bericht zur grossflächigen Kollektoranwendung in Zürich, die in der Fach- und Publikumspresse einiges Aufsehen erregte.s

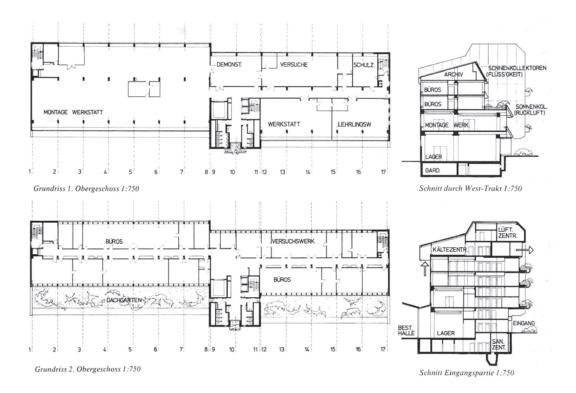
Mit der Ausrichtung nach Süden und grossen, um 60° geneigten Dach- und Brüstungsflächen folgte der Entwurf der Micafil-Fabrik den Prinzipien architektonischer Solarenergiegewinnung, wie sie z.B. seit den 1930ern am MIT in Boston untersucht wurden. Für den sommerlichen

Wärmeschutz auf der Südfassade sah der Entwurf eine tiefe Fassadenmodulation mit Verschattung vor, für den winterlichen Wärmeschutz knapp bemessene Bandfenster. Die Nordfenster sind klein. Alle Fenster sind dreifachverglast. Aussenwände und Dach sind mit 8 cm Steinwolle (k-Wert 0.4) isoliert, ein überdurchschnittlicher Wert zu einer Zeit, als die SIA-Norm 180 erst als «Empfehlung für Wärmeschutz im Hochbau» vorlag.

Anders als beim 1977 eröffneten Citicorp-Hochhaus in New York, wo die Solarpaneele (auf der 45-Grad-Fläche) als zu teuer erachtet und schliesslich verworfen wurden, investierte Micafil in Solartechnik. Dach- und Brüstung von je 60° Neigung waren auf maximale thermische Gewinne über solare Luft- und Wasserkollektoren ausgelegt. Die 135 wasserführenden Kollektoren auf dem Dach schlugen mit 150 m2 zu Buche, in den Fensterbrüstungen wurden weitere 450 m2 Luftkollektoren installiert.

Bei Bezug am 1. März 1979 errechnete sich die Firma eine Verzinsung von 2.5 % der «ökotechnischen» Investitionen, die sich auf 5 % der Bausumme beliefen. Im Vergleich zu den damaligen Zinserwartungen erschien das zwar als wenig angesichts des bedrohlichen Anstiegs der Energiepreise nach der Erdölkrise waren Alternativen allerdings dringend benötigt. Bald nach dem Bezug der Maschinenfabrik folgte die zweite Ölpreiskrise der 1970er-Jahre, die die Sonnenenergie umso mehr als ökonomische Alternative bestätigte. Für die 600 m2 solarthermischer Kollektoren errechneten die Planer Energieerträge von 60000 kWh pro Jahr. Im Juni 1979, drei Monate nach Inbetriebnahme, waren sie bereits zu zwei Dritteln erreicht. «Die Ergebnisse der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten des BBC-Solar-Systems sowie die noch fortlaufenden Langzeittests haben gezeigt, dass ein Besitzer im Jahresmittel mehr als die Hälfte der Energie für die Warmwasserbereitung aus der Sonnenstrahlung gewinnt. Durch die Senkung des Anlagenpreises arbeiten die Anlagen bei dem derzeitigen Ölpreis wirtschaftlich.»

Die Kollektoren an der Fassade der Fabrik, wegweisend für den Einsatz von Solarthermie in einem dichten städtischen Umfeld, blieben allerdings nur wenige Jahre in Betrieb. Eine amortisierbare Solaranlage ist nicht nur abhängig von den wirtschaftlichen und politischen Rahmen-



bedingungen, sondern auch vom technischen Konzept. Die Verteilung und Umwandlung der thermischen Gewinne geschah in einem aufwendigen System, das mit der Lebensdauer der Kollektoren, die bis heute hätten funktionieren können, nicht mithielt. An die Herausforderungen erinnert sich Robert Aerni, der für die Gebäudetechnik verantwortlich war, gut: Für die Absorptionskältemaschine, die aus den USA importiert wurde, seien Temperaturen von mindestens 150 °C wünschenswert gewesen, die Sonnenkollektoren lieferten 90 °C. Dieses Problem ist durch heutige Niedertemperatursysteme allerdings aus dem Weg geräumt.

Sämtliche Zukunftsszenarien für die Schweiz sehen Energie aus der Sonne als einen der Hauptpfeiler einer nachhaltigen Strom- und Wärmeversorgung. Solarenergie ist allerorts ohne Transportkosten verfügbar; eine effiziente Strom- und Wärmegewinnung am Gebäudestandort ist einfach planbar, kalkulierbar und kann langlebig sein.

Gibt es daher Hoffnung für das Solarthemiesystem aus den 1970er-Jahren? Die Anlage könnte im Prinzip wieder in Betrieb gehen. Im gut isolierten Produktions- und Bürogebäude wird Heizenergie oder Brauchwarmwasser aber weniger benötigt als hochwertige elektrische Energie. Das Low-Tech-Prinzip der thermischen Warmwasser- und Warmluftaufbereitung funktioniert ausserdem nach wie vor unverändert. Während sich der Wirkungsgrad von thermischen Solaranlagen kaum gesteigert hat, vervielfachte sich die Effizienz von Photovoltaikanlagen in den letzten Jahren. PV-Zellen durchliefen viele Entwicklungen und lassen sich mit der thermischen Solargewinnung kombinieren. Die niederwertige und schwierig zu speichernde Energie von Wasser- oder Luftkühlung ist in hybriden Systemen sinnvoll: Weil Photovoltaikflächen bei intensiver Sonneneinstrahlung an Effizienz verlieren, wäre eine Kühlung der Flächen optimal, was heutige Hybridkollektoren leisten können.

In einer Aufschlüsselung von Gebäuden und ihrer Gebäudetechnik in einzelne Bausteine können diese einzeln untersucht und ausgetauscht werden sowie neue Oberflächen und neue Funktionen bekommen: Das könnte heute mit dem Micafil-Sonnenhaus geschehen, wenn es für eine wegweisende Ästhetik energetischer Systeme eben-

falls eine denkmalpflegerisches Konzept gäbe – was hinsichtlich der vieldiskutierten Energiestrategie 2050 dringend notwendig ist.

Die in die Fassade integrierten solarthermischen Bausteine stehen zur energiespendenden Sonne optimal ausgerichtet und passend geneigt. Dank dem 60-Grad-Winkel sind die Gläser selbstreinigend. Für die Sanierung des Micafil-Solarsystems müsste die in einem Baustein der Fassade geerntete Sonnenenergie der Nutzung des Gebäudes angepasst in einem weiteren Baustein gespeichert werden: Anders als in den 1970er-Jahren, als Photovoltaik zwar bekannt, aber nicht grossflächig einsetzbar war, braucht es heute eine Abwägung: Thermische Energie wird tageweise für die Brauchwarmwassererwärmung in Wasserspeichern oder saisonal zur Heizungsunterstützung in Erd- oder Wasserspeichern gelagert. Geerntete elektrische Energie bietet verschiedene Möglichkeiten: Die Elektrizität fliesst direkt ins Gebäude, wird tagesweise vor Ort in Batterien gespeichert oder ins Stromnetz eingespeist. Falls Batterien erwünscht sind, ist auch eine intelligente, bezahlte Fremdspeicherung aus dem Stromnetz zur Spitzenbrechung sinnvoll.

Im hier angedachten Szenario eines Umbaus der thermischen Kollektorflächen zu Photovoltaikzellen würde der so produzierte Strom in Batteriebausteinen oder chemischen Prozessen gespeichert. Nützen wir die wasser- und luftführenden Schichten der vorhandenen Solarkollektoren zur Kühlung der Photovoltaikflächen, kann die abgeführte niederwertige thermische Energie dann über Wärmepumpen auf Heizenergieniveau gehoben werden. Speichern wir interne Wärme und durch die Fenster eingestrahlte Sonnenenergie in Materien, die mit der gespeicherten Energie ihren Phasenzustand ändern, führen wir diese tagsüber gespeicherte Energie über die Solarflächen an der Fassade an den Nachthimmel ab.

Die architektonische Vision lässt Architekten- genauso wie Ingenieurherzen höher schlagen und eröffnet ein neues Spielfeld für denkmalpflegerische Fragen, in denen energetische Systeme Teil des Denkens und Pflegens sind.

 ${\bf https://www.espazium.ch/de/aktuelles/ein-ge-schichtstraechtiges-werk}$

<u>02 Solarhäuser, Domat/Ems, 1996</u> Dietrich Schwarz



Wärmedämmung

Wand (TWP): 10cm

Energiebedarf

Energiebezugsfläche: 96 m2

Energiebezug total: 20.8 kWh/m2a

4000 kWh/a

Heizungsart: Passive solare Ener-

giegewinnung

Energieversorgung

Solar Thermisch (8m2): unbekannt Solar PV (30m2): 140 kWh/m2a Energieversorgung solar: 4'200 kWh/a

Eigenenergieversorgung: 210%

Projektierte Energiekennwerte

Die 100%-Solarhäuser von Jürgen Schwarz in Domat/ Ems sind so angelegt, dass sie im Betrieb keine Emissionen verursachen und auf keine Fremdenergie angewiesen sind, obwohl die Sonnenscheindauer im Winter nur 2,5 Stunden beträgt. Die Solaranlagen zeichnen sich aus durch 8m2 Sonnenkollektoren und eine 4.0 kWp-Photovoltaik-Anlage pro Haus, welche mit einer Leistung von 4200 kWh/a den Elektrizitätskonsum der Liegenschaften decken sollen. Die besonderen Merkmale dieser Solarhäuser sind die kontrollierte Wohnraumlüftung, die solarelektrische Notheizung von 3 kWp Heizleistung und vor allem die Transparente-Wärme-Dämmung (TWD) der gesamten Gebäudehüllen (230 m2). Die Energiekennzahl beträgt 75 MJ/m2/a.

Wenn davon ausgegangen wird, dass neben der rein passiv genutzten Sonnenenergie auch technisch aufwendigere Einrichtungen, die aktiv helfen die Sonnenenergie zu gewinnen, ihre wichtige Berechtigung haben, kommt man zu andersartigen Häusern, welche auch eine selbsttragende Gesamtenergiebilanz aufweisen. Dietrich Schwarz begeht nicht den «ökologisch» motivierten Weg, wo durch Komfortbeschränkung und Lebensumstellung der Bewohnerinnen und Bewohner ein Nullenergiehaus möglich ist. Sondern er sucht die Verbindung zwischen moderner, «gehobener» Wohnkultur und der Nutzung der Sonnenenergie, die weitere Interessenkreise anspricht. Neue Ansätze demonstriert auch die architektonische Lösung: Neben der passiven Sonnenenergienutzung durch bauliche Massnahmen kommen die technischen Einrichtungen dazu. Interessant an dieser Solararchitektur ist die enge Zusammenarbeit zwischen Naturwissenschaft und Architektur. Physikalische Vorgaben werden konkret in Konstruktionen umgesetzt. Faszinierend daran ist die Tatsache, dass von ganz klaren Sachzwängen die Form direkt abgeleitet wird. Unnötige Schnörkel fallen weg. Im Gegensatz zu anderen Solarhäusern ist die Kollektorfläche nicht nur auf das Dach oder einen anderen Gebäudeteil beschränkt, sondern das Haus ist selber ein riesiger Kollektor mit einem nicht zu übertreffenden Wirkungsgrad. Die Häuser stehen an einem Standort wo die minimale Sonnenscheindauer durch die Horizontalverschattung im Dezember nur zweieinhalb Stunden beträgt. Aus diesem Grund muss hier der Heizenergiebedarf durch eine passive Energiegewinnung sichergestellt werden und zwar durch eine transparente Wärmedämmung (TWD). Der Schichtaufbau der TWD-Fassade besteht aus 10 cm dicken Polykarbonatwaben, die aussen durch ein gehärtetes Glas geschützt sind und innen mit 2 cm Abstand das Sonnenlicht auf ein schwarzchrombechichtetes Absorberblech, welches «schwärzer» als schwarz ist, leitet. Die Hitze der Absorber wird - über einen sich selber langsam drehenden Luftstrom - in 10 cm dicken Schächten an die Betonwand des Hauses als eigentliche Wärmespeicher abgegeben. Die grossen Vorteile der TWD bezüglich der Isolierverglasung liegen im hohen Gesamtwirkungsgrad. Die anfallende Sonnenenergie wird nicht im Gebäudeinneren absorbiert, sondern in den Aussenwänden. Für die Solararchitektur bedeutet das, dass nicht nur an idealen Standorten ein Nullenergiehaus möglich ist, sondern zum Beispiel auch in städtischen Gebieten im Unterland.

Die Anwendung der TWD hat aber ein Problem: Was im Winter als Wärmegewinnung erwünscht ist, würde im Sommer das Haus zum Backofen machen. Also muss dafür gesorgt werden. dass die Schächte hinter der TWD







vom Roden his zum Dach hei Redarf automatisch hinterlüftet werden können. Dazu braucht es unten und oben Klappen, welche sich öffnen, unten kühle Luft in die Schächte lassen. Die Luft erhitzt sich an den heissen Absorberblechen, steigt durch die Thermik auf und entweicht oben wieder an die Umgebung. Der grosse Speicher - das Haus - steht also im Sommer quasi im Schatten der Kollektoren. Das Herzstück dieser Einrichtung sind diese Klappen, welche einerseits im geschlossenen Zustand gut isolieren und abdichten, andererseits im offenen Zustand viel Luft durchlassen müssen. Dies wird erreicht, indem man eine dicke, isolierte Klappe innen und eine dünne, luftabschliessende Klappe aussen wie ein Parallelogramm bewegt. Das Öffnen und Schliessen erfolgt durch eine automatische Steuerung mit Elektromotoren - leise in 7 Sekunden. Die langsamen klimatischen Wechsel erfordern kein häufiges Betätigen der Klappen. Zweckmässig installierte Temperatursensoren liefern die Werte für die elektronische Steuerung. So kann die Innentemperatur im Sommer und Winter konstant gehalten werden.

Auch wenn der Löwenanteil der Beheizung des Hauses, durch den von Sonnenlicht erwärmten Betonspeicher über das ganze Jahr abgedeckt ist, darf dieser Speicher sich in den kalten Wetterperioden nicht auskühlen. Die Isolation der Fassaden durch die TWD, dreifachverglaste Fenster, Glaswolle auf dem Dach und an der Kellerdecke sind das eine, das Auskühlen durch das Lüften wäre das andere. Daher wird im Erdreich rund ums Haus in einem 25 m langen Lüftungsrohr Frischluft angesogen und so vorgewärmt, im Keller in einem Wärmerückgewinnungsgerät (WRG) von der abgehenden, verbrauchten Luft auf Raumtemperatur erwärmt und

überall im Haus auf Bodenhöhe in die Wohnräume eingelassen. Die verbrauchte Luft wird in der Küche und im Bad oben an der Decke abgesogen und via WRG im Keller in die Umgebung abgegeben.

Dadurch wird der Wärmeverlust massiv eingeschränkt, die Frischluftzufuhr sichergestellt und zugleich der Dampfabzug aus den Nassräumen realisiert, der Dampf über dem Kochherd wird nur gefiltert (durch Aktivkohle gereinigt) und wieder an den Raum zurückgegeben (Umluft). Erst diese Massnahmen verhindern den grossen Wärmeverlust durch die Belüftung. Wärmeleitungs- und Lüftungsverluste des Gebäudes liegen• so unter I ,000 kWh/a. Für das Brauchwarmwasser sind 8 m2 Kollektoren auf dem Dach installiert. Das Warmwasser wird in zwei 500 Liter-Speicher geführt. 30 m2 Solarzellen erzeugen über das ganze Jahr Strom (ca. 4'000 kWh/a), welcher im Netzverbund in das örtliche EW-Netz eingespiesen wird. Der elektrische Energiebedarf für das ganze Haus mit sparsamen Haushaltgeräten (ca. 2'000 kWh/a) ist inklusive der Antriebsmotoren von Klappen und Ansteuerelektronik sowie der Ventilatoren in, Keller sichergestellt. Bei der ganzjährigen Einspeisung ins Netz macht es Sinn, die im Sommer ausreichend produzierte elektrische Energie, bei Bedarf - wenn alle Stricke reissen, z.B. eine extreme Kaltwetterperiode - quasi erst im Winter in einer elektrischen 3 kW Fussbodenheizung mit gutem Wirkungsgrad als Überbrückung einzusetzen.Mit all diesen Massnahmen ist die Energiebilanz über das ganze Jahr Null oder gar Minus, was die Bezeichnung eines Nullenergiehauses rechtfertigt.

03 Office fédéral de la statistique, Neuchâtel, 1998 Bauart Architekten



Energiebedarf

Energiebezugsfläche: 20'065 m2
Heizung: 26.1 kWh/m2a
Warmwasser: 3.3 kWh/m2a
Elektrizität: 61.1 kWh/m2a
Elektrizität Rechenzentr.: 61.1 kWh/m2a
Energiebezug total: 151.6 kWh/m2a

3'041'854 kWh/a

Heizungsart: Solarer Saisonspei-

cher und unbek. Zu-

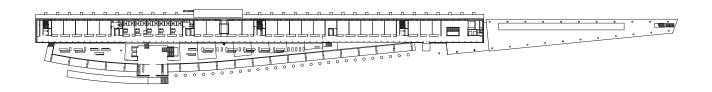
satzheizung

Energieversorgung

Solar Th. (1'121m2): 303.3 kWh/m2a Energieversorgung solar: 340'000 kWh/a

Eigenenergieversorgung: 11%

Projektierte Energiekennwerte



Der 240 Meter lange Bau des "Office Federal de la Statistique" (OFS) in Neuchâtel entsprang einem Wettbewerb im Jahre 1990 und bietet 670 Arbeitsplätze. Der Bau zeichnet sich aus durch 1'121 m2 Sonnenkollektoren mit einem Jahresertrag von 340'000 kWh/a. Der Bund als Bauherr hat es zum Pilotprojekt für nachhaltige, ökologische und energiesparendes Bauen erklärt. Die Energiekennzahl Heizung beträgt 94 MJ/m2a - mit Solarbeitrag noch 33 MJ/m2a! Die Energiekennzahl Strom beträgt 220 MJ/m2/a - mit Rechenzentrum 440 MJ/m2/a - Warmwasser: 12 MJ/m2/a; Gesamtenergiekennzahl bei Vollausbau: 546 MJ/m2/a - mit Rechenzentrum. Mit Solarenergie Energiekennzahl Wärme: 45 MJ/m2/a! Der solare Deckungsgrad liegt bei 65%. Das Gebäude verfügt über ein Gesamtenergiekonzept mit solarer Saisonspeicherung (Speicher 2'400 m3), passiver Sonnenenergienutzung und einem natürlichen Lüftungssystem. Der mit 75 cm isolierte Saisonspeicher von 14,5 m Durchmesser und 14,2 m Höhe kühlt sich Ende Wintersaison bis auf 30°C ab und erreicht im August die Spitzentemperatur von 95°C. Dazu wurd ein bauökologisches Gesamtkonzept erstellt.



in: Schweizer Solarpreis 1998, Zürich 1998, S.18-20

04 Wohnüberbauung Brunnenhof, Siedlung für kinderreiche Familien, Zürich, 2007 Annette Gigon / Mike Guyer



Wärmedämmung

 Wand:
 20cm / U-Wert: 0.17 W/m2K

 Dach:
 20cm / U-Wert: 0.13 W/m2K

 Boden:
 12cm / U-Wert: 0.3 W/m2K

 Fenster:
 2-fach / U-Wert: 1.3 W/m2K

Energiebedarf

Energiebezugsfläche: 13'904 m2 Heizung 23,7 kWh/m2a Warmwasser: 20,5 kWh/m2a

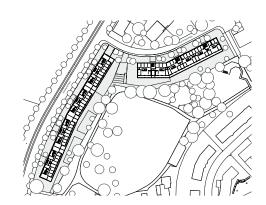
Projektierte Energiekennwerte

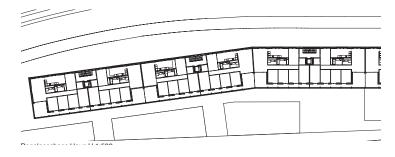
gemessene Werte siehe S. 254

2005 bis 2007 realisierte die Stiftung Wohnungen für kinderreiche Familien die Ersatzneubausiedlung Brunnenhof beim Bucheggplatz in Zürich. Die neue Siedlung bietet heute 403 Personen mit 258 Kindern günstigen und komfortablen Wohnraum, mehr als doppelt so vielen wie früher. Die beiden langgestreckten Gebäude mit insgesamt 72 Wohnungen grenzen direkt an die grosse Parkanlage des Gemeinschaftszentrums Buchegg – optimal für die vielen jungen Bewohner. Nachhaltig sind die Bauten auch aus ökologischer Sicht: Der Brunnenhof ist die erste MINERGIE-ECO®-Wohnsiedlung der Stadt Zürich.

Die beiden Baukörper verlieren dank ihrer kompakten Form und der mit 20cm Mineralwolle gedämmten Fassaden nur wenig Wärme. Den Restbedarf deckt die Kehrichtverbrennungsanlage Hagenholz; sowohl für die Wassererwärmung wie auch für die Raumheizung wird zu 100 % Fernwärme eingesetzt. Die mechanische Lüftungsanlage sorgt nicht nur für gute Luft in den Wohnungen, sondern bringt auch energetische Vorteile. Denn die Abluftwärme kann in den Lüftungsgeräten auf die Zuluft übertragen und in die Wohnräume zurückgeführt werden.

Eindrücklich wirken die parkseitigen, farbigen Fassaden der beiden Baukörper. Die Glasplatten zur Verkleidung der gedämmten Backsteinmauern boten die nötige Fläche zur Gestaltung des Brunnenhofs. Das Farbkonzept stammt aus einer Fotoarbeit des Künstlers Adrian Schiess. Für Abwechslung sorgen unterschiedlich gefärbte Glasschiebeelemente, mit denen sich bei jeder Wohnung etwa die Hälfte der Fassade abdecken lässt. Sie bieten den Bewohnern auf den Terrassen und in den Wohnungen Sicht- und Sonnen-







Minergie Eco Faltblatt, Zürich November 2008

schutz sowie angenehm gefärbtes Licht.

05 Einfamilienhaus aus Stroh, Eschenz, 2005 Felix Jerusalem



Wärmedämmung

Wand: 20cm / U-Wert: 0.2 W/m2K

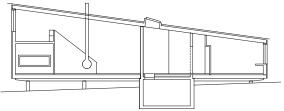
(Strohfaserplatte)

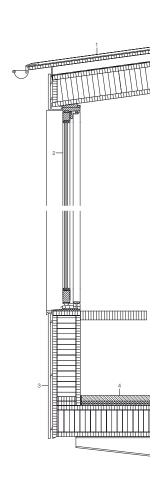
Energiebedarf

Energiebezugsfläche: 230 m2 45 kWh/m2a **Energiebedarf:**

Gas (Bodenheizung) Heizung:

Projektierte Energiekennwerte





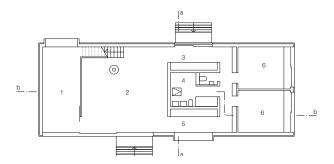
- Dachaufbau:
 Dachaindeckung Chromnickelstahlblech 0,5 mm
 Dreischichtplatte 27 mm
 Lattung/Hinterioffung 80 mm
 Dachbann diffusionsoffen
 Dachelement:
 Strohtaserplath hochverdichtet 40 mm
 Strohtaserplathe hochverdichtet 40 mm
 Holzfenster mit Isolierverglasung VSG 4 mm + SZR 16 mm + VSG 4 mm
 Wandaufbau:
 SRH 50 mm + VSG 4 mm
 Wandaufbau:
 GRK-Wellplatte 20 mm
 Befestigung 2-Profil Aluminium gelocht/
 Hinteriuffung 20 mm
 Wandelement:
 Dammung Strohchverdichtet 40 mm
 Strohtaserplatte hochverdichtet 40 mm
 Strohtaserplatte hochverdichtet 40 mm
 Strohtaserplatte hochverdichtet 40 mm
 Strohtaserplatte bodment in the Strohtaserplatte britant in the St

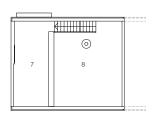
- Intiticalisatististis of a Uniter instantialisation Societical Report Societical Rep











Die vollständig aus Strohplatten bestehende Aussenwand ist wie ein Sandwich aufgebaut, welches im Verbund als statisches Scheibenelement wirksam wird: Die dichtere Innen- und Aussenbeplankung (je 4cm) umschliesst die poröseren, wärmeisolierenden Elemente aus Stroh (17cm).

Die vorgesetzte Lichtwellplatte ist Witterungsschutz und zugleich energetische Optimierung (entspricht dem schweizerischen Minergiestandard). Boden- und Deckenelemente sind kombiniert aus Holz und Stroh gefertigt. Die Elementbauweise erlaubt einen hohen Vorfertigungsgrad in der Fabrik (Max Kaufmann,Wallbach) und damit eine trockene und schnelle Montage auf der Baustelle. Mit Ausnahme des Betonkerns ist der gesamte Innenausbau aus Strohplatten gefertigt. Dieses aus den genannten Prämissen entwickelte System ist weltweit ein Prototyp.

Durch das vorgegebene Budget der Bauherrschaft wurde ein "Edelrohbau" angestrebt. Das heisst, mit Ausnahme des massiven Kerns aus Sichtbeton sind alle Rohre (Elektrisch, Heizung) sichtbar geführt. Der Unterlagsboden ist imprägniert und als fertiger Belag im Einsatz. Die rohen Oberflächen der Strohplatten sind entweder naturbelassen oder gestrichen.

Das schwebende Cheminée im hohen Wohnraum mit Galerie und die grossflächigen Schiebefenster (auch Hauseingang, Kinderzimmer und Büro) charakterisieren den Bau im besonderen.

Das Abheben des "Pfahlbaus" vom Boden ist durch die römische Geschichte des Untergrundes, sowie durch den hohen Grundwasserspiegel (Seenähe) begründet.

Das mit der durchscheinenden Lichtwellplatte umhüllte Volumen wirkt dadurch wie eine "boîte en l`air", knüpft also auch an die Schwebethematik in der Moderne an.

06 Hauptsitz IUCN, Gland, 2010, AGPS Architecture



Wärmedämmung

 Wand:
 34cm

 Dach/Estrich:
 34cm

 Boden:
 34cm

 Fenster:
 3-fach

Energiebedarf

Energiebezugsfläche: 5'150 m2
Heizung & Warmwasser: 10.8 kWh/m2a
Elektrizität: 4.7 kWh/m2a
Energiebezug total: 15.5 kWh/m2a
55'625 kWh/a

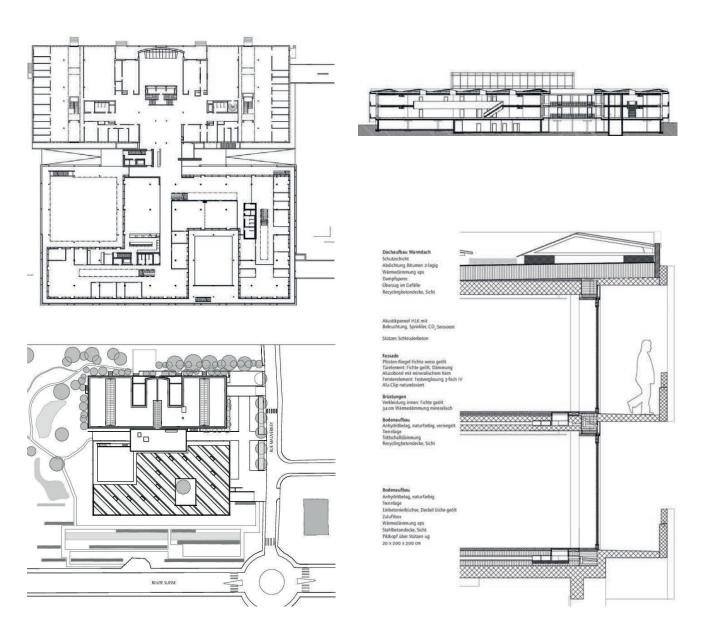
Heizungssystem: Sole-Wasser-WP

Energieversorgung

Energieversrgung solar: 38'938 kWh/a

Eigenenergieversorgung: 70%

Projektierte Energiekennwerte



^{*}Falls sich bei den aufgeführten Daten und Zahlen Fehler eingeschlichen haben, bitten wir um Korrektur.



Projektinformationen

Die IUCN ist das weltweit grösste und wichtigste Naturschutz-Netzwerk. Mit dem Erweiterungsbau entsteht das « Conservation Centre» das als Drehscheibe für Interessenvertreter rund um das Thema Natur dient und den Austausch mit der Öffentlichkeit sucht. Der Neubau soll die Anforderungen der Labels LEED Platinum und Minergie-P-Eco erfüllen. Nebst einer hoch gedämmten Gebäudehülle wurden die Ressourcen Sonne, Wasser und Erdwärme bestmöglich genutzt: optimale Tageslichtausbeute, aktive und passive Solarenergienutzung, eine umfassende Regenwassernutzung innerhalb und ausserhalb des Gebäudes sowie die Nutzung des Untergrunds als Wärmereservoir. Das Resultat ist ein LowEx-ZeroEmisson-Gebäude, das zu 100% mit erneuerbaren Energien betrieben wird und dabei 70%seines gesamten Energiebedarfs, inklusive Brauchstrom, selber produziert.



Raumprogramm

Der Neubau ist auf vier Ebenen organisiert. Parking und Technikzentrale liegen halb versenkt im leicht abfallenden Gelände. Zwei Atrien, ergänzt mit Oberlichtern und Galerien in den Mittelzonen, versorgen die beiden Bürogeschosse mit viel Tageslicht. Der Fassade entlang aufgereiht sind nebst den Büroräumen ein Foyer, Sitzungszimmer, das Besucherzentrum, die Küche und das Restaurant, welches ans Holzdeck des grossen Atriums stösst. In der Fuge zwischen dem bestehenden und dem neuen Gebäude liegt der neue Hauptzugang und eine Verbindungsterrasse, darüber schwebt der «Think Tank», der Vordach, städtebauliches Zeichen und ideelles Zentrum des neuen Campus ist. Von diesen Konferenzräumen bietet sich ein Blick über das Photovoltaik-Dach in die Französischen Alpen.

Konstruktion

Das Tragwerk ist eine Stützen-Plattenkonstruktion, die teilweise aus Recyclingbeton besteht, ausgesteift mit zwei Betonkernen. Der «Think Tank» sitzt auf Dämmbetonwänden, welche mehrmals den Dämmperimeter durchstossen. Der Rohbau bleibt weitgehend sichtbar. Die Fassade besteht aus einer Pfosten-Riegel-Konstruktion aus Fichtenholz mit mineralischer, hinterlüfteter Dämmung. Die äusserste Hülle wird durch umlaufende Balkone gebildet, die als Fluchtwege und sommerlicher Wärmeschutz dienen. Die Brüstungen bestehen aus vorfabrizierten Betonelementen, deren Zusammensetzung – Weisszement, Jurakalk und Flusskies – die Farbigkeit der benachbarten Travertinfassade aufnimmt.

Gebäudetechnik

Minergie-P-Eco und LEED Platinum, beide in Zertifizierung), Geothermie- und Photovoltaikanlage, dezentrales Lüftungssystem, Regenwassernutzung.

07 Monte-Rosa-Hütte, Zermatt, 2010 Bearth & Deplazes



Wärmedämmung

Wand: 30cm / U-Wert: 0.13 W/m2K Dach/Estrich: 36cm / U-Wert: 0.11 W/m2K Boden: 22cm / U-Wert: 0.20 W/m2K 3-fach / U-Wert: 1.0 W/m2K Fenster:

Energiebedarf

890 m2 Energiebezugsfläche: Heizung: 5.7 kWh/m2a Warmwasser: 11.7 kWh/m2a Elektrizität: 41.4 kWh/m2a **Energiebezug total:** 59.1 kWh/m2a

66'071 kWh/a

Heizungsart: Th. Solarkollektoren

Blockheizkraftwerk

Energieversorgung

Solar Th. (156m2): 163.6 kWh/m2a Solar PV (110m2): 151.1 kWh/m2a Energieversorgung solar: 42'139 kWh/a

Eigenenergievers. solar: 63.8%

10'182 kWh/a **Energieversorg. Rapsöl: Energieversorg. Propan:** 13'750 kWh/a

Projektierte Energiekennwerte



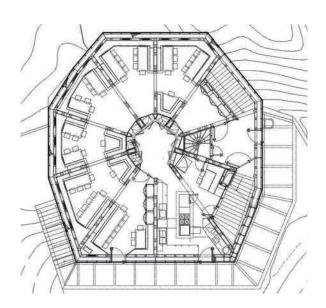
*Falls sich bei den aufgeführten Daten und Zahlen Fehler eingeschlichen haben, bitten wir um Korrektur.

Die Herausforderungen für eine SAC-Hütte mit 120 Betten sind enorm. Auf 2'880 m ü.M existiert keine Wasser- und Stromversorgung. Ein Anschluss an eine Abwasser- und Kanalisationsanlage fehlt hier ebenfalls. Trotz diesen erheblichen Herausforderungen erstellten die Planer und Verantwortlichen mit der neuen Monta Rosa Hütte des SAC ein fünfstöckiges Gebäude.

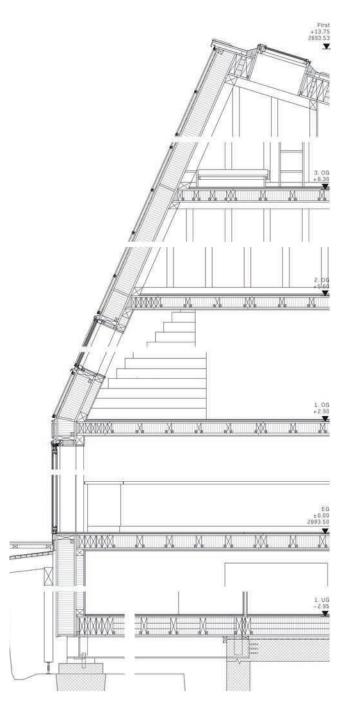
Die Architektur, die Holzkonstruktion, die Innenausstattung mit den Schlafräumen für 120 Personen und die Ausgestaltung des Restaurants mit einem einmaligen Ausblick auf den Gorner Gletscher und zahlreiche Viertausender der Walliser Bergwelt sind einzigartig. Trotz den erschwerten Umweltbedingungen findet man in diesem SAC-Gebäude Toiletten und sogar Duschen. Die Monte Rosa-Hütte setzt bezüglich Komfort und Annehmlichkeiten neue Standards im Hochgebirge. Wenn dieser "SAC-Luxus" künftig erwünscht, in jeder Hinsicht umweltverträglich ist und finanziert wird, stellt sich die Frage, warum ökologisch vertretbarer Komfort verhindert werden sollte, solange global 1 Mio. Tonnen Erdöl pro Stunde verbrennt wird? Unsere Bundesverfassung schreibt eine nachhaltige Entwicklung und die Nutzung einheimischer und erneuerbaren Energien vor. Der angepeilte energetische Selbstversorgungsgrad von 90% gilt für 28 Wochen im Sommerhalbjahr - nicht inbegriffen sind rund 23'900 kWh/a Propangas und Rapsöl zum Kochen, die per Helikopter hinauf geflogen werden müs-

Durch eine wärmetechnische "U-Wert-Optimierung" wie beim Solarrestaurant Klein Matterhorn und verstärkte solare PV-Nutzung der Südost- und Südwestfassade inkl. Dach gemäss heutigem Stand der Technik könnten künftige SAC Hütten nach Ansicht der Jury mehr als den gesamten Energiebedarf mit erneuerbaren Energien decken. Je nach Batterie- oder Wasserstoffspeicher könnte eine Eigenenergieversorgung von 150% oder mehr erreicht und die graue Energie mit verstärkter PV-Nutzung massiv gesenkt werden.

in: Schweizer Solarpreis 2010, Zürich 2010, S. 38-39







08 Wohn- & Geschäftshaus Badenerstrasse, Zürich, 2010 Pool Architekten



Wärmedämmung

Wand: 24cm
Dach/Estrich: 15 - 25cm
Fenster: 3-fach

Energiebedarf

Energiebezugsfläche: 9'150 m2
Heizung: 17.5 kWh/m2a
Warmwasser: 19.4 kWh/m2a
Elektrizität: 25.1 kWh/m2a
Energiebezug total: 62 kWh/m2a
567'300 kWh/a

Heizung: Grundwasser-WP

und Restwärme Supermarkt

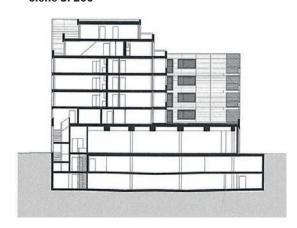
Energieversorgung

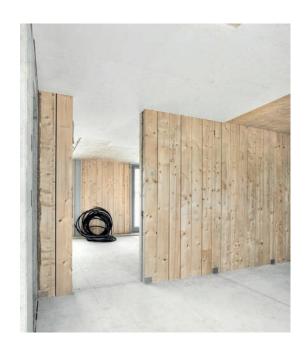
Solar PV (82m2): 122 kWh/m2a Energieversorgung solar: 10'000 kWh/a

Eigenenergievers. solar: 1.8%

Projektierte Energiekennwerte

Gemessene Werte und Gesamtumweltbelastung siehe S. 260



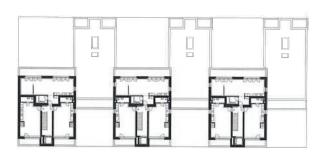


^{*}Falls sich bei den aufgeführten Daten und Zahlen Fehler eingeschlichen haben, bitten wir um Korrektur.









Das Projekt wurde konsequent nach den Kriterien der 2000-Watt-Gesellschaft entwickelt. Es ist das erste Gebäude in Zürich, welches den hohen Standard erfüllt. Das Volumen reagiert auf die Umgebungssituation, indem die Baukörper auf der lärmbelasteten Strassenseite geschlossen sind, während sich zum Park hin wohnliche Balkone finden, die das Bild baumartig auflösen. Aus der plastischen Gestalt des Gebäudes ergeben sich in den drei obersten Geschossen grosszügige Terrassen, welche die dazugehörenden Wohnungen attraktiv erweitern.

Das siebengeschossige Gebäude ist oberhalb der Betondecke über dem ebenerdigen Ladengeschoss als Holzbau ausgeführt. Das Sockelgeschoss ist als Abfangtisch in Ortbeton ausgeführt, um der Migros eine möglichst stützenfreie Verkaufsfläche anzubieten. Darauf wurde in Holz der sechsgeschossige Wohnteil erstellt. Die Vorteile dieser Bauweise waren neben der kurzen Erstellungszeit, gegeben durch Vorfabrikation und Elementbau, das geringere Gewicht und die optimalen Werte des Holzbaus bezüglich Nachhaltigkeit. Das in den Aussenwänden verwendete Bausystem besteht aus vertikalen, in einem Raster von 200 mm aneinandergereihten Bohlen in der Abmessung 100 x 195 mm. Eine Ausnahme zum Holz-

bau bilden im Wohnteil die massiven Treppenhäuser, die den Zugang, den Fluchtweg und die Gebäudeaussteifung sicherstellen. Durch die Verwendung von Holz für das leichte Tragwerk konnte die Massivbaukonstruktion des Ladengeschosses im Erdgeschoss aus Stützen und einer Rippendecke entsprechend kleiner dimensioniert werden. Die vorgehängte Fassade aus Faserzementplatten ist an vertikalen Profilen und Aluminiumkonsolen befestigt. Die Platten enthalten nicht nur wenig Grauenergie, sondern erscheinen auch hinsichtlich Unterhalt günstig. Zudem verleihen sie dem Gebäude den massiven Ausdruck, der für das innerstädtische Wohngebäude gewünscht wurde. Die Holz-Metall-Fenster sind aussen mit farbig anodisierten Aluminiumprofilen abgedeckt.

Die Wärmeerzeugung erfolgt über die Rückkühlung der Kälteaggregate des Grossverteilers im Erdgeschoss sowie eine Grundwasserwärmepumpe, welche mit Strom der Fotovoltaikanlage auf dem Dach betrieben wird. Die kontrollierte Wohnungslüftung ist dezentral mit einem CO2-gesteuerten Fensterlüfter mit Wärmerückgewinnung unter geringem Installationsaufwand gelöst.

09 Wohnsiedlung Burgunder, Bern, 2010 BSR Bürgi Schärer Raaflaub Architekten



Wärmedämmung

Wand: 32cm / U-Wert: 0.11 W/m2K Dach/Estrich: 32cm / U-Wert: 0.10 W/m2K

Boden: 30cm Misapor/ U-Wert: 0.28 W/m2K

Fenster: 3-fach

Energiebedarf (Haus A+B)

Energiebezugsfläche: 2'966 m2
Heizung: 20.8 kWh/m2a
Warmwasser: 12.5 kWh/ m2a
Elektrizität: 13.7 kWh/m2a

(WP, Monoblock, weitere)

Energiebezug total: 47 kWh/m2a

139'402 kWh/a

Heizung: Erdwärmesonde

Wärmepumpe

Energieversorgung

PV Dach (190m2): 142 kWh/m2a Energieversorgung solar: 27'000 kWh/a

Eigenenergieversorgung: 19%

<u>Gemessene</u> Energiekennwert, weitere Informationen siehe S.254







Mit der 2010 fertig gestellten Wohnsiedlung Burgunder in Bern-Bümpliz werden die Ziele einer nachhaltigen Quartierentwicklung konsequent umgesetzt. Die ganze Siedlung ist autofrei. Die zwei Häuser A und B mit 40 kostengünstigen Mietwohnungen sind nach dem Standard Minergie-P-ECO zertifiziert. Ökologische und ökonomische Aspekte verbinden sich mit den sozialen und kulturellen Dimensionen der Nachhaltigkeit: Raumqualitäten, Flexibilität und Anpassbarkeit, Mieterpartizipation, gemeinschaftliches Hofhaus. Wie erste Auswertungen der Planungswerte zeigen, wird der Zielwert (Betriebsenergien, Graue Energie, Mobilität) von 440 MJ/m2a nicht erneuerbarer Primärenergie deutlich erreicht. Die Siedlung Burgunder ist damit nicht nur die erste autofreie Wohnsiedlung der Schweiz, sondern auch klar 2000-Watt-kompatibel.

Bundesamt für Energie BFE, Wohnsiedlung Burgunder, Bern 2013

10 Wohn- & Geschäftshäuser Mühlebachstr., Zürich, 2012 Kämpfen für Architektur



Wärmedämmung

Wand: 34cm / U-Wert: 0.13 W/m2K Dach/Estrich: 42cm / U-Wert: 0.08 W/m2K **Boden:** 29cm / U-Wert: 0.13 W/m2K Fenster: 3-fach / U-Wert: 0.8 W/m2K

Energiebedarf

Energiebezugsfläche: 4'424 m2 11.2 kWh/m2a Heizung: Warmwasser: 16.6 kWh/m2a 18.6 kWh/m2a Elektrizität: **Energiebezug total:** 56.5 kWh/m2a 205'500 kWh/a

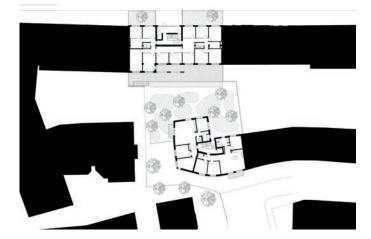
Heizung: **Pellets-Heizung**

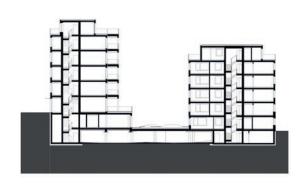
Energieversorgung

Solar Th. Fassade (95m2): 17'103 kWh/a Solar Th. Dach (20m2): 14'105 kWh/a **Solar PV Dach:** 32'628 kWh/a Energieversorgung solar: 63'836 kWh/a

Eigenenergieversorgung: 31%

Projektierte Energiekennwerte





Die beiden Minergie-P-Wohn- und Geschäftsbauten In Zürich weisen eine Energiebezugsfläche von 4'420 m2 auf und umfassen in beiden Gebäuden 15 Wohnungen und 6 Büros. Die 95 m2 thermischen Solarkollektoren sind in die eine Südwestfassade integriert und weitere 20 m2 auf den Flachdächern zusammen mit 41 kWp PV-Modulen. Die monokristallinen PV-Anlagen erzeugen 32'630 kWh/a, zusammen mit den 31'210 kWh/a thermischer Solarenergie generieren die Anlagen einen Solarenergieertrag von Jährlich 63'840 kWh. Bei einem Energiebedarf von 205'500 kWh/a ergibt sich eine Eigenenergieversorgung von 31%. Die Luft der Lüftungsanlage wird durch drei Erdsonden vorgewärmt oder vorgekühlt. Eine Pellets-Feuerung, die zwischen 17 kW und 60 kW modulierbar ist, sorgt für die Wärmeerzeugung. Diese Bauten zeigen, dass energieeffiziente und nachhaltige Architektur auch bei grossen MFH an dicht bebauter innerstädtischer Lage möglich ist.

in: Schweizer Solarpreis 2013, Zürich 2013, S. 36-37



11 Wohnhaus B35, Zürich, 2011 AGPS Architecture / Hansjürg Leibundgut



Wärmedämmung

Wand: 12cm EPS,

Misaporbeton 9+16cm

Dach/Estrich: 18cm 3-fach Fenster:

Energiebedarf

830 m2 Energiebezugsfläche: 12.4 kWh/m2a Heizung: Warmwasser: 1.2 kWh/m2a Elektrizität: 16.8 kWh/m2a **Energiebezug total:** 30.4 kWh/m2a

25'232 kWh/a

Heizung: Sole-Wasser-WP

Energieversorgung

Solar Th. (32m2): 250 kWh/m2a Solar PV (32m2): 125 kWh/m2a

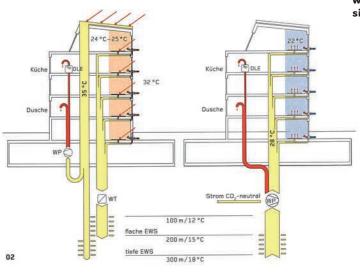
(Th. und PV kombiniert)

Energieversorgung solar: 12'200 kWh/a

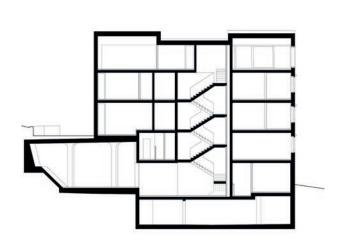
Eigenenergieversorgung: 48.4%

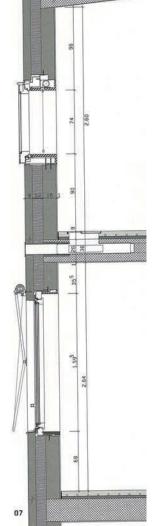
Gemessene Energiekennwerte

weitere Informationen siehe S.226









^{*}Falls sich bei den aufgeführten Daten und Zahlen Fehler eingeschlichen haben, bitten wir um Korrektur.

In der warmen Jahreszeit ernten, im Keller einlagern und im Winter nach und nach konsumieren – auf diese Art und Weise funktioniert Jahrtausende lang unsere Nahrungsversorgung. Dieses archaische Prinzip ist auch Vorbild für die Energieversorgung eines neuen Hauses an der Bolleystrasse 35 im Zürcher Kreis 6. Das auf «B35» getaufte Gebäude ist ein Prototyp für CO2 -freies Wohnen. Die benötigte Energie für Heizung, Warmwasser und die elektrischen Geräte liefert die Sonne. Haupterntezeit ist bei uns natürlich der Sommer. Nur ist dann der Energiebedarf klein und es braucht einen grossen Speicher, um die Ernte für den Winter einlagern zu können.

In den letzten Jahren wurden bei anderen Objekten verschiedene Speichervarianten getestet: grosse, in den Erdboden eingegrabene Wassertanks oder Geröllpackungen. Doch ihr Speichervolumen erwies sich als zu klein. Bei «B35» ging man einen anderen Weg: Eine Erdsonde reicht 380 Meter tief in den Untergrund - in Analogie zum Lagerkeller von früher. Weil es dort wärmer ist als in den bei Erdsonden sonst üblichen Tiefen bis 180 Metern, kann der Vorlauf der Wärmepumpen mit höherer Temperatur versorgt und damit die Effizienz gesteigert werden, andererseits sind die Tiefen zwischen 200 und 400 Metern gut geeignet, um die im Sommer geerntete Wärme für den Winter einlagern zu können. Als Erntefläche dienen Hybridkollektoren auf dem Dach, die Strom und Wärme gleichzeitig liefern, sowie die zur Sonne gerichteten Wohnräume. Der gewonnene Strom wird im Haus selbst gebraucht, der Überschuss ins öffentliche Netz eingespiesen. Die Wärme aus den Kollektoren wiederum wird via Wärmetauscher an den Kreislauf der Erdsonde abgegeben, in die Tiefe geleitet und eingelagert. Ähnlich funktioniert das Prinzip in den Wohnräumen Um diese im Sommer zu kühlen, zirkuliert in den Rohren der Bodenheizung kühles Wasser. Dieses stammt aus einer zweiten, weniger tief reichenden Erdsonde und nutzt die dortigen kühlen Temperaturen. Beim Zirkulieren durch die Bodenheizungsrohre erwärmt sich das Wasser und die so aufgenommene Wärme wird über die kürzere Erdsonde wieder in den oberen Teil des Erdspeichers übertragen. In der kalten Jahreszeit nutzt das System dann die im Erdspeicher eingelagerte Energie der Sonne und der Wohnraumwärme. Dazu wird das Prinzip umgedreht: Die Wärme aus der Tiefe dient als Medium für die Wärmepumpen. Diese erwärmen damit das Wasser für Heizung, Küche und Bad. Und noch eine Analogie hat der Neubau an der Bolleystrasse zum ursprünglichen Nahrungskreislauf: So wie früher keine Lebensmittel weggeworfen, sondern als Restengerichte verwertet wurden, verschwendet auch der Kreislauf von «B35» keine Energie Anfallende Abwärme, etwa aus der Abluft der Räume, wird wieder in den Kreislauf zurückaespiesen.

Wie viel Technik hinter der dunklen Sichtbetonfassade steckt, zeigt sich dem Betrachter nicht. Die Architekten zelebrieren die einzelnen Komponenten nicht, sie lassen sie leise im Hintergrund spielen - in Schächten und im Innern unter Putz. Denn agps Architekten wollten keine Maschine bauen, sondern ein Haus, in dem in erster Linie gewohnt wird. Massgebend für den ersten Eindruck ist die dunkle Fassade Sie ist in Dämmbeton gegossen,



der sandgestrahlt und mit einer graubraunen Lasur eingefärbt ist. Sie macht das Haus zu einem auffälligen, rohen Betonkörper, an dem die Architekten pragmatisch alle weiteren Elemente befestigen liessen: Rollläden und Metallgeländer - alles wurde direkt auf den Beton geschraubt. Sogar die Regenrohre stehen vor der Fassade und kleine Metallgitter, durch welche die Luft dezentral angesaugt wird, glänzen im Licht neben dem dunklen Sichtbeton. Zwei Fenstertypen prägen die Fassaden. Vor den Wohn- und Schlafräumen öffnen Flügelfenster mit herkömmlichen Dreifach-Isoliergläsern die Wand. Daneben stehen festverglaste Flächen in verschiedenen Grössen aus der Fassade hervor. Ihre Scheiben spiegeln stark und schimmern in kräftigem Grün. Sie ziehen sich rund um das Gebäude und lockern den Raster der normalen Öffnungen auf. Die speziellen Sonnenschutzgläser zeichnen sich durch eine gute Farbechtheit im Innenraum aus. Aussen sorgen sie für einen farblichen Kontrast zum graubraunen Beton, dessen Farbe sich je nach Lichteinfall verändert.

> in: Beilage zu Hochparterre 8/2011, Zürich 2011, S.6 & TEC21 45/2012, Zürich 2012, S. 37-41

12 Tour Bois le Pêtre, Paris, 2010 Lacaton & Vassal Architectes



Energiebedarf

Energiebezug total:

80.0 kWh/m2a

Energiebezug vor Sanierung:

183 kWh/m2a

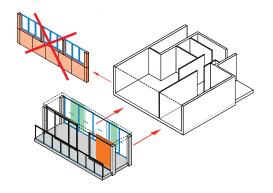
Projektierte Energiekennwerte

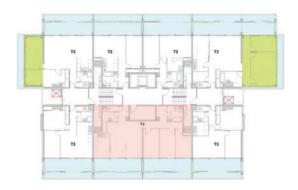
16 Geschosse, 97 Wohnungen Hinzufügen eines Wintergartens vor den beiden Hauptfassaden, zusätzliche Dämmung der blin-

den Fassaden.

Ähnlich einem Baugerüst werden dem Skelettbau vorgefertigte Module von außen an die Fassade angebaut. Eine 44 Quadratmeter große Wohnung bekommt durch zusätzliche 26 Quadratmeter Außenwohnraum völlig neue Qualitäten. Raumhohe Glasschiebetüren trennen die eigentliche Wohnung von dem angedockten Modul, welches sich in einen zwei Meter breiten Wintergarten und einen ein Meter breiten Balkon unterteilt. Durch verschiebbare Sonnenschutzpaneele lässt sich der Außenbereich nach Belieben gliedern; gleichzeitig wird Energie gespart und gespeichert.

www.baunetz.de, Möglichkeiten der Nachkriegsmoderne, 14.08.19











Quelle: Lacaton & Vassal Architectes, Paris

13 Umweltarena, Spreitenbach, 2012 René Schmid Architekten



Die Umwelt-Arena in Spreitenbach ist ein PlusEnergie-Bau (PEB) mit der grössten dachintegrierten Anlage der Schweiz. Mit einer Energiebezugs- und Ausstellungsfläche von über 12'700 m² und einer Eigenenergieversorgung (EEV) von über 200% zeigt sie die verschiedenen Haustechnik-Systeme auf und macht sie für Besucher/ innen verständlich. Im Sommer kühlen das Grundwasser, ein Erdregister und diverse Wärmepumpen-Systeme die Arena. Die Verteilung erfolgt über das thermoaktive Bausystem (TABS-Leitungssystem) in den Decken. Das Erdkollektorfeld mit 9km langen Leitungen bildet das Erdregister und ist unter der Bodenplatte des 3. Untergeschosses situiert. Eine Absorptionskältemaschine nutzt das Heisswasser der Sonnenkollektoren und ergänzt die Kälteerzeugung. Grundwasser und ein 70'000 I-Kaltwasserspeicher sichern einen beständigen Kühlbetrieb. Überschüssige Wärme wird im Sommer in einem 70'0001 Warmwasserspeicher und wieder im Erdreich gespeichert. Die Warmwasseraufbereitung wird durch die solarthermische Anlage von 38 m² mit 20' 150 kWh/a ergänzt.

Im Winter liefern weitere Energie-Systeme die notwendige Energie: Eine effiziente Wasser/Wasser- und eine Luft/Wasser-Wärmepumpe (WP) mit Hybrid-Box (Biogas), eine Sole/Wasser-WP und eine Pellet-/Hackschnitzel-Demoanlage mit einem Biogas-Blockheizkraftwerk (BHKW). Eine Hybridbox erzeugt aus hauseigenen Restaurantabfällen 97'099 kWh/a, wobei (nur) die Hälfte, 48'550 kWh/a, als EEV angerechnet werden.

Die optimal gedämmten Fenster der Minergie-P-Arena weisen einen vorbildlichen U-Wert von 0.67 W /m2K. Der PEB hat einen Gesamtenergiebedarf von 299'500 kWh/a und erzeugt mit der vorbildlich integrierten PV-Anlage, den solarthermischen Anlagen und dem Biogas-Fermenter 608'700 kWh/a Endenergie. Dies ergibt eine EEV von 203%.

in: Schweizer Solarpreis 2012, Zürich 2012, S.48-49

Wärmedämmung

 Wand:
 20cm / U-Wert: 0.16 W/m2K

 Dach/Estrich:
 10cm / U-Wert: 0.14 W/m2K

 Boden:
 20cm / U-Wert: 0.17 W/m2K

 Fenster:
 3-fach / U-Wert: 0.67 W/m2K

Energiebedarf

 Energiebezugsfläche:
 12'734 m2

 Heizung:
 7.9 kWh/m2a

 Warmwasser:
 3.0 kWh/m2a

 Elektrizität:
 12.7 kWh/m2a

 Energiebezug total:
 23.6 kWh/m2a

 299'500 kWh/a

,

Heizung: Luft-Wasser-WP

Energieversorgung

 Solar PV (5'300m2):
 102 kWh/m2a

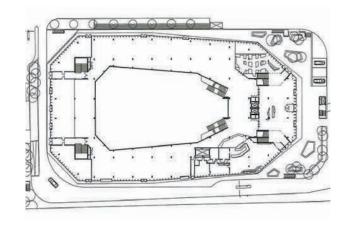
 Solar Th. (38m2):
 530 kWh/m2

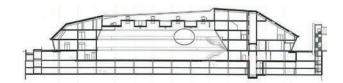
 Biogas (Abfälle):
 48'550 kWh/a

 Energieversorgung:
 608'700 kWh/a

Eigenenergieversorgung: 203%

Projektierte Energiekennwerte







14 Bürohaus 2226, Lustenau, 2013 Baumschlager Eberle Architekten



Wärmedämmung

Wand: 0cm

(78 cm

Porothermziegel)

Dach/Estrich:28cmBoden:20cmFenster:3-fach

Heizung: keine

Energiebedarf

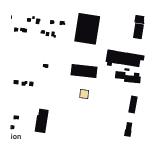
Energiebezugsfläche: 3'201 m2
Heizung: 0 kWh/m2a
Warmwasser: 1.9 kWh/m2a
Elektrizität: 21.4 kWh/m2a
(Lüftung, Hilfsenergie, Beleuchtung, Betriebs-

einrichtung)

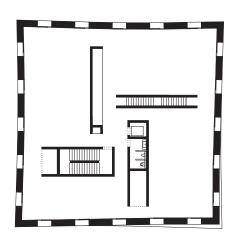
Energiebezug total: 23.3 kWh/m2a

74'583 kWh/a

Projektierte Energiekennwerte













Fassadenschnitt

Dachaufbau

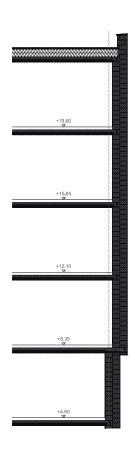
5 mm Bitumenbahn geschiefert 2. Lage 5 mm Bitumenbahn 1. Lage 80 mm PU-Dämmung 80 mm PU-Dämmung 120 mm im Mittel Gefälledämmung 5 mm Bitumenlage 2. Lage 5 mm Bitumenlage 1. Lage Voranstrich 240 mm Betondecke 5 mm Deckenspachtelung

Bodenaufbau Regelgeschoss

50 mm Anhydrit Fliessestrich 10 mm Akustikmatte 24 mm Vollholzschalung 56 mm Polsterhölzer 240 mm Betondecke 5 mm Deckenspachtelung

Bodenaufbau Erdgeschoss

50 mm Anhydrit Fliessestrich 10 mm Akustikmatte 24 mm Vollholzschalung 216 mm Polsterhölzer 5 mm Bitumenbahn 250 mm WU-Betonplatte 200 mm XPS-Dämmung



Ein Kubus von 24 x 24 x 24 Metern, tragende Außenwände, im Innern vier um ein offenes Zentrum versetzte, gemauerte Körper für Treppen, Lift, Nebenräume; vorgespannte Stahlbetondecken über maximal zehn Meter, die zum Himmel und zur Erde gedämmt sind. Es gibt keine Heizung, keine Kühlung, keine mechanische Lüftung. Eine monolithische Außenwand aus 75 Zentimeter Ziegel, innen wie außen verputzt mit reinem Kalk von der Kanisfluh (einem Berg im Bregenzer Wald), mit Fenstern in nur einem Format. Feststehend dreifachverglast in Rahmen aus Massivholz, reichen sie von einer Brüstung auf Sitzhöhe bis unter die Decke und in der Breite von linker zu rechter Fingerspitze der ausgestreckten Arme. In regelmäßigem Rhythmus wechseln sie mit Mauerscheiben von anderthalbfachem Maß.

Bemerkenswert: Die lichte Raumhöhe beträgt 3,40 Meter, im Erdgeschoss gar 4,50 Meter. Das ist einem kohärenten Klimakonzept geschuldet, das sich zusammensetzt aus der Masse des Steins mit seinem Speichervermögen (den Anhydritboden eingeschlossen), einem großen Luftvolumen, den hohen, innenbündig gesetzten Fenster, die weitgehend verschattet sind dank der tiefen Außenwand, die wiederum mit 22 Prozent maßvoll befenstert ist (gegenüber heute üblichen bis zu 50 Prozent). So reicht zur Temperierung der Räume die Abwärme der Nutzung von der Kaffeemaschine über den Computer bis zur Körperwärme der Mitarbeiter – mit gesicherten Temperaturen von 22-26°C, daher der Name des Projekts: "2226". Natürlich ist das verwegen, doch der Aufwand, der an Simulation und Modellierung getrieben wurde, verstreute Zweifel. Wesentlich dabei waren komplexe Rechenprogramme, die die Trägheit des Baus in Rechnung stellen und die Dimension der Lufträume.

Es wäre vorschnell, das Gebäude unter Lowtech abzulegen. Die Außenwand – reiner Ziegel ohne integrierte Dämmung, ergänzt durch mineralischen Putz – ist auf höchstem Stand der Technik: Die verbundene zweischalige Wand hat innenseitig nach Belastungsfall wechselnd Ziegel unterschiedlicher Dichte, während die außenseitige Schale auf hohe Dämmwerte ausgelegt ist, eine nach Lage und Höhe optimierte Konstruktion. Der entscheidende Unterschied zur heute gängigen Praxis: Die technische Intelligenz ist in den Bau gewandert, in Wände und Decken, Grundriss und Fassade – und nicht in Apparate. Lediglich die ins Fenster integrierten schmalen, geschlossenen Lüftungsflügel aus Holz werden elektrisch und sensorgesteuert betrieben (etwa wenn der CO,-Gehalt zu hoch wird), gewährleisten frische Raumluft und nutzen die Nachtkühle.

Es ist ein Haus mit klaren Räumen, hohen Räumen, gut genutztem Tageslicht und viel Kubatur pro Person, was Schadstoffe mindert, generell das Wohlbefinden hebt. Ein Haus, das in seiner Konstitution Qualitäten bereitstellt, die lange gelten werden. Etwa: eine gute Beziehung nach außen, frische Luft aus der Umgebung. Ein Gebilde von deutlicher Gestaltqualität, von hoher haptischer Qualität, dessen Plastizität mit wenigen dezenten Mitteln unterstrichen wird – geringfügige Versprünge, die durch leicht sich vorwölbende Wände entstehen und die Elastizität des Körpers betonen. Ein Haus, das seine Kraft aus ursprünglicher Einfachheit bezieht und sie mit minimalen Interventionen differenziert – lebendig, lesbarer, anschaulich.

15 Dreifachturnhalle, Visp, 2013 Savioz Fabrizzi & François Meyer



Der Kanton Wallis erstellte in Visp eine Dreifachturnhalle für die Berufsschule und das Gymnasium. Der Kanton sorgte dafür, dass die Sporthalle in drei funktionsfähige Hallen unterteilbar ist. Jede Halle verfügt über eine eigene Garderobe. Die Bauherrschaft achtete besonders auf die Wärmedämmung, damit sie besser sei als die Minimalstandards. Entsprechend positiv sind die U-Werte, welche gewährleisten, dass die Halle möglichst wenig Energieverluste aufweist.

Bei der Visper Sporthalle galt es, sie in die bestehende Dorfstruktur der Gemeinde zu integrieren. Und selbstverständlich musste die Funktionalität der Sporthalle allen Anforderungen und Bedürfnissen der Schulen entsprechen.

Die Firma Tritec installierte eine 145 kWp-Photovoltaikanlage vorbildlich in die drei Dachflügel der Dreifachturnhalle. Die Sporthalle benötigt jährlich 338'810 kWh und erzeugt 153'400 kWh/a; 13'400 kWh/a davon durch eine thermische Solaranlage mit 40 m². Damit deckt sie 45% des Gesamtenergiebedarfs. Den Rest führt sie zu. Die Abwärme und der Dampf der Lonza Werke liefern über ein Fernwärmenetz die benötigte Energie.

Diese Dreifachhalle erfüllt mehrere Vorgaben. Die Funktionalität dieser grossen Sporthalle mit einer Energiebezugsfläche von 1'959 m² musste an bestehende Strukturen angepasst werden. Dazu erzeugt die PV-Anlage 140'000 kWh/a oder 45% des Gesamtenergiebedarfs der Halle mit vorbildlich integrierten PV-Modulen. Die Gesamterscheinung ist in ästhetischer und architektonischer Hinsicht sehr gut.

Wärmedämmung

Wand: 26cm / U-Wert: 0.12 W/m2K Dach/Estrich: 26cm / U-Wert: 0.12 W/m2K **Boden:** 40cm / U-Wert: 0.20 W/m2K 3-fach / U-Wert: 1.1 W/m2K Fenster:

Energiebedarf

Energiebezugsfläche: 1'959 m2 Heizung: 14.6 kWh/m2a 83.3 kWh/m2a Warmwasser: Elektrizität: 75.1 kWh/m2a **Energiebezug total:** 173.0 kWh/m2a

338'810 kWh/a

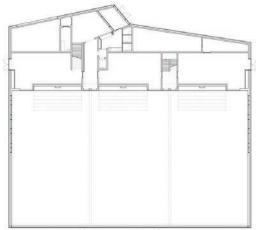
Heizung: Fernwärme

Energieversorgung

Solar PV (965m2): 145.1 kWh/m2a 335.0 kWh/m2 Solar Th. (40m2): Energieversorgung solar: 153'400 kWh/a

Eigenenergieversorgung: 45%

Projektierte Energiekennwerte







in: Schweizer Solarpreis 2013, Zürich 2013, S.34-35

16 Wohnhochhäuser Sihlweid, Zürich, 2013 Harder Haas & Partner



Die Hülle, die die beiden Wohntürme neu umgibt, ist ein kleines Kraftwerk. Denn in die vorgehängte Metallfassade sind gegen alle vier Himmelsrichtungen Photovoltaikmodule mit amorphen Solarzellen eingelassen. Damit macht das Gebäude seinen Beitrag zur 2000-Watt-Gesellschaft sichtbar, durch die Art der Konstruktion allerdings erst auf den zweiten Blick. Im Zusammenspiel mit den speziell für die Fassade angefertigten, stranggepressten Profilen in hellem Aluminium, die die standardmässig produzierten Module fassen, wirken die dunklen Elemente mit den integrierten Solarzellen je nach Lichteinfall wie ein herkömmliches Plattenmaterial. Erst wenn man direkt vor der Fassade steht, erkennt man die technische Innovation, die sich dahinter verbirgt. Dadurch, dass die Module im Bereich der Brüstung quer und zwischen den Fenstern hochformatig angeordnet sind, entsteht über den Verlauf der Fassade ein Muster. Dieses erhält durch die in der Fhene zurückversetzten Bleche zwischen den einzelnen Modulen, die der Revision dienen, eine zusätzliche Tiefe. Die ebenfalls in eloxiertem Aluminium gehaltenen Balkonbrüstungen mit schräg gestellten Blechen, die Schutz und Durchlässigkeit gleichzeitig bieten, korrespondieren mit den leicht schräg gestellten Revisionsblechen. Das Resultat ist eine Fassade, die je nach Lichteinfall und Blickwinkel mit der Umgebung in Verbindung tritt, sich von ihr abgrenzt oder manchmal sogar ganz aufzulösen scheint. Die Solarzellen liefern rund ein Drittel des Strombedarfs der Wohnungen - dank der Ausrichtung auf alle vier Seiten gleichmässig über den Tag verteilt. An der Nordfassade, die 13% des Ertrags liefert, kamen Silizium-Dünnschichtmodule zum Einsatz; diese sind für tiefe Einstrahlungswerte und damit für Stellen mit ungünstier Exposition besonders geeignet; zudem erleiden sie durch die Erwärmung keine Leistungseinbusse.

in: Solares Bauen, Zürich 2013, S.36-38

Wärmedämmung

Wand: 24cm

Energiebedarf

 Energiebezugsfläche:
 3'606 m2

 Heizung:
 13.6 kWh/m2α

 Warmwasser:
 13.9 kWh/m2α

 Elektrizität:
 14.1 kWh/m2α

 Energiebezug total:
 41.6 kWh/m2α

 150'000 kWh/α/41.6

Heizung: Holz-Schnitzel-Heiz.

Energieversorgung

Solar PV Fass. (1'235m2): 36.4 kWh/m2a Energieversorgung solar: 45'000 kWh/a

Eigenenergieversorgung: 30%

Projektierte Energiekennwerte

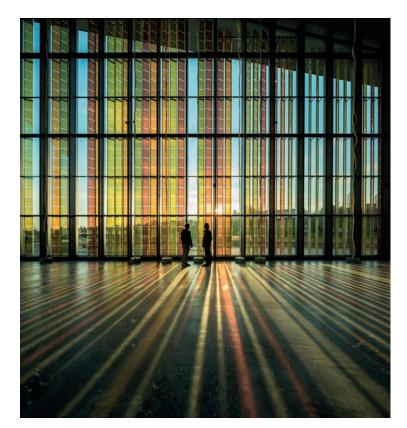
Gemessene Werte und Gesamtumweltbelastung siehe S. 260







17 Swisstech-Convention-Center, Lausanne, 2014 **Richter Dahl Rocha Architectes**



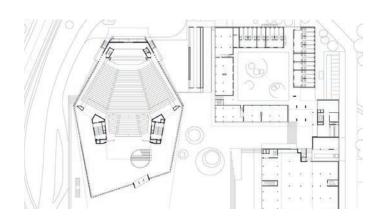
Energieversorgung

Grätzel-Zellen (250m2): 32 kWh/m2a Energieversorgung solar: 8'000 kWh/a

Projektierte Energiekennwerte

in: Baublatt 12/2013, Adliswil 2013, S.16-18





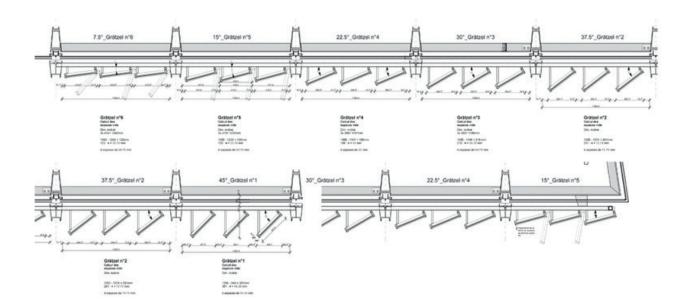




*Falls sich bei den aufgeführten Daten und Zahlen Fehler eingeschlichen haben, bitten wir um Korrektur.







Für warme Farbtöne als Kontrast zur technoiden Anmutung sorgt die farbige Gestaltung der Gebäudehülle durch Catherine Bolle. Gemeinsam mit ihrem Künstlerkollegen Daniel Schlaepfer hat sie die transluzenten, bis zu 15 Meter hohen Farbstreifen vor der Westfassade gestaltet, wo die Verglasung der geneigten Decke des Foyers folgt. Bei trübem Licht verfremden sie den Blick auf die Einfamilienhäuser des benachbarten Dorfs, bei tief stehender Abendsonne wirken sie wie Farbfilter von Scheinwerfern. Dann werden durch die gesamte Halle hinweg bunte Strichcodes auf den Boden projiziert und der sachliche Raum in mystisches Licht getaucht.

Die Funktion der bunten Glaslamellen geht über den Sonnenschutz hinaus. Technisch gesehen sind sie eine Weltneuheit, denn es handelt sich um den ersten großmaßstäblichen Einsatz von elektrochemischen Dünnschicht-Solarzellen. Diese so genannten Grätzel-Zellen sind nach dem EPFL-Professor Michael Grätzel benannt, der diese innovative Technologie entwickelt hat. Aufgrund der chemischen Zusammensetzung der Farbstoffe kann selbst bei bedecktem Himmel Strom erzeugt werden. Die Orientierung zur Sonne spielt keine entscheidende Rolle. Die unterschiedlich eingefärbten Farbstoff-Solarmodule

sind in 41 x 210 cm große übereinander angeordnete Aluminium-Glas-Paneele integriert, die in unterschiedlichen Winkeln vor die Fassade montiert wurden. Neben den Vorteilen hoher Gestaltungsfreiheit und vergleichsweise ressourcensparender Produktion liegt der Wirkungsgrad jedoch bisher noch weit hinter den herkömmlichen Siliziumzellen zurück.

18 Wohnhaus Rue Myrha, Paris 18E, 2014 North by Northwest Architectes



Wärmedämmung

Wand

(Hanfbeton): 27cm / U-Wert: 0.048 W/m2K Fenster: 2-fach / U-Wert: 1.20 W/m2K

Energiebedarf

Energiebezug total

(Primärenergie): 42,0 kWh/m2a

Heizungsart: Erdgas,

Solarthermie (20m2)

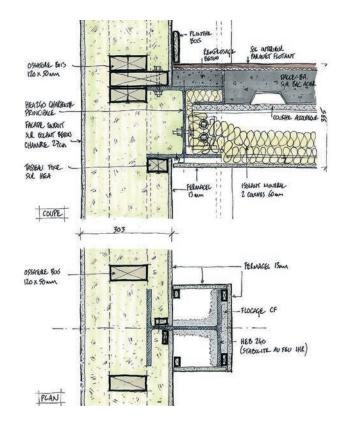
Projektierte Energiekennwerte



Das Projekt befindet sich in der Rue Myrha 37 im 18. Arrondissement in Paris. Die Grundform, die sich aus einer rationellen Organisation der Wohnungen ergibt, besteht aus einer Fläche von 10m x 12m zwischen zwei Brandmauern entlang der Strasse. Im hinteren Teil der Parzelle befindet sich ein gemeinsamer Garten nach Süden. Die Konzeption der Innenräume richtet sich nach den Bedürfnissen der Bewohner, während die Gestaltung Fassaden die Integration in das bestehende Stadtbild zum Ziel hat.

Das Projekt besteht aus Hanfbeton, in einer Fermacell-Schalung, welche auf einem sekundären Holzrahmen montiert ist, die wiederum an einem primären Stahlrahmen befestigt ist. Hanfbeton bietet einen hohen thermischen Komfort und eine einfache Handhabung. Es ermöglicht eine signifikante Reduktion der Energieverluste, die Einrichtung eines sauberen Standorts und die Schaffung eines positiven CO₂-Fußabdrucks. Die Leichtigkeit des Materials, die einfache Habdhabung und die Geschwindigkeit in der Ausführung waren von grossem Interesse in Bezug auf die örtlichen Gegebenheiten der Parzelle (schwieriger Baugrund, sehr kleine Abmessungen des Grundstücks, Enge der Straße).

in: www.nxnw.fr, North by Northwest Architectes



19 MFH Aescherstrasse, Basel, 2016 **OPQMB Architectes**



Wärmedämmung

Wand: 28cm / U-Wert: 0.15 W/m2K Dach/Estrich: 28cm / U-Wert: 0.14 W/m2K **Boden:** 30cm / U-Wert: 0.13 W/m2K 3-fach / U-Wert: 0.82 W/m2K Fenster:

Energiebedarf

Energiebezugsfläche: 781 m² Heizung: 3.3 kWh/m2a 7.7 kWh/m2a Warmwasser: Elektrizität: 19.1 kWh/m2a 30.1 kWh/m2a **Energiebezug total:**

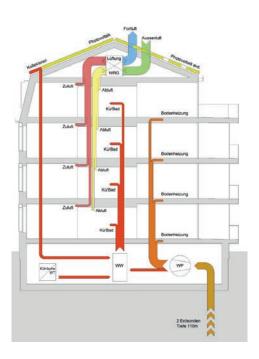
23'530 kWh/a

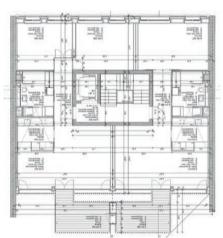
Energieversorgung

Solar PV (108m2): 126.9 kWh/m2a Energieversorgung solar: 13'706 kWh/a

Eigenenergieversorgung: 58%

Gemessene Energiekennwerte





An der zentral gelegenen Aescherstrasse in Basel steht seit Ende 2015 das als stadteigenes Pilotprojekt für nachhaltiges Bauen verwirklichte Mehrfamilienhaus (MFH). Die 28cm starke Wärmedämmung, energieffiziente Haushaltgeräte, eine vollständig aus LED-Lampen bestehende Beleuchtung sowie eine Wärmerückgewinnungsanlage sorgen für einen niedrigen Energiebedarf bei vollem Komfort. Die Komfortlüftung bietet ein angenehmes Wohnraumklima. Auf Garage und Einstellplätze wurde aus Nachhaltigkeitsgründen verzichtet. Die Lage der aus monokristallinen Solarzellen bestehenden PV-Anlage auf dem OstWest ausgerichteten Giebeldach sorgt für zwei Leistungsspitzen: am Morgen von der Osthälfte und am Nachmittag von der Westhälfte. Die aus dem Dach herausragenden Gaubenfenster passen zum Gesamtbild der Nachbarschaft, doch verschatten sie die mit Blindmodulen ausgestatteten Dachflächen. Insgesamt liefert die 17.6 kW starke PV-Anlage jährlich 13'700 kWh. Damit werden rund 58% des Gesamtenergiebedarfs des Gebäudes gedeckt. Die restliche Energie wird als Elektrizität vom öffentlichen Netz bezogen.

in: Schweizer Solarpreis 2016, Zürich 2016, S.78-79



^{*}Falls sich bei den aufgeführten Daten und Zahlen Fehler eingeschlichen haben, bitten wir um Korrektur.

20 MFH Culmannstrasse, Zürich, 2016 BE Netz AG







Wärmedämmung

 Wand:
 36/30cm / U-Wert: 0.09 W/m2K

 Dach/Estrich:
 36/28cm / U-Wert: 0.12 W/m2K

 Boden:
 24cm / U-Wert: 0.14 W/m2K

 Fenster:
 3-fach / U-Wert: 0.94W/m2K

Energiebedarf

Energiebezugsfläche: 541 m2
Heizung & Warmw.: 15.0 kWh/m2a
Elektrizität: 17.0 kWh/m2a
Energiebezug total: 32.0 kWh/m2a
16'400 kWh/a

Energieversorgung

PV Dach (100m2): 126.9 kWh/m2a
PV Fassade (92m2): 55.2 kWh/m2a
Therm. Dach (16m2) 296.3 kWh/m2a
Energieversorgung solar: 19'400 kWh/a
Eigenenergieversorgung: 118%

Gemessene Energiekenwerte

Das 1908 errichtete Vierfamilienhaus an der Culmannstrasse steht in Zürichs Hochschulquartier. Wie etwa 90% der bestehenden Schweizer Wohn- und Geschäftsbauten verbrauchte auch diese Energieschleuder rund 130'000 kWh/a, davon 118'000 kWh/a fossile Energie. In zwei Sanierungsetappen (1996/2015) wurden ca. 88% Energieverluste reduziert. Der Energiebedarf beträgt heute rund 16'400 kWh/a.

Transformation des Die energieverschwendenden Mehrfamilienhauses (MFH) in einen verfassungskonformen, gut gedämmten Minergie-P-Bau mit 36 cm FlumrocDämmung erfolgte ohne Eingriffe in die Jugendstil-Architektur. Die bestehenden, zum Teil über 100 Jahre alten opaken «Verbrauchsmaterialien» der Gebäudehülle wurden durch zeitgemässe und ökologischere Baumaterialien ersetzt. Die alten «Verbrauchsmaterialien» der 19 unterschiedlichen Dachflächen, Ost- und Westfassaden wurden durch aktuelle ersetzt und solar genutzt.

Die bereits 1996 auf dem Westdach montierten Schweizer Sonnenkollektoren erzeugen 4'700 kWh/a thermische Energie. Die 14.7 kW starke ganzflächige PV-Dachanlage erzeugt ca. 9'600 kWh/a (65%); die 13.2 kW starken Ostund Westfassaden produzieren jährlich 5'100 kWh (35%). Das PES-sanierte MFH wird mit insgesamt 19'400 kWh/a bzw. 118% Eigenenergieversorgung zur ersten PES-Sanierung der Stadt Zürich. Durch die Reduktion von 130'000 kWh/a fossil-nuklearer Energien sinken die C0₂-Emissionen um 46.3 t pro Jahr.



in: Schweizer Solarpreis 2016, Zürich 2016, S.70

21 Haus Schneller Bader, Tamins, 2016 Bearth & Deplazes



Wärmedämmuna

Wand: 51.5cm / U-Wert: 0.19 W/m2K
Dach/Estrich: 39.1cm / U-Wert: 0.16 W/m2K
Fenster: 3-fach / U-Wert: 0.8 W/m2K

Energiebedarf

Energiebezugsfläche: 220 m2
Heizung: 41.0 kWh/m2a
Warmwasser: 14.0 kWh/m2a
Elektrizität: 17.0 kWh/m2a
Energiebezug total: 72.0 kWh/m2a
15'830 kWh/a

Energieversorgung

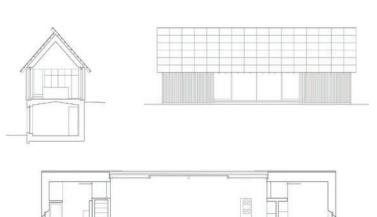
Solar PV (108m2): 210.6 kWh/m2a Energieversorgung solar: 22'750 kWh/a Eigenenergieversorgung: 144%

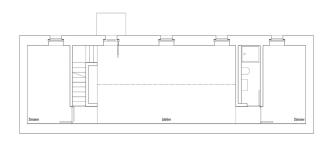
Gemessene Energiekennwerte

Zwischen einem Gehöft und freiem Feld in einer topografischen Kante direkt an der Landwirschaftszone liegt der lange und sehr schmale Neubau. Je nach Richtung der Annäherung erscheint das Gebäude mal ein-, mal zweigeschossig. Auf der Hofseite liegt der offene Wohnraum in einem sockelartigen Hohlkörper, darüber spannt sich das Dach. Darauf befindet sich die 17 kW starke und 108 m2 grosse PV-Anlage. Die Anlage ist first-, seiten- und traufbündig perfekt in die Dachfläche integriert. Im Zentrum des Wohnhauses liegen die beiden Haupträume. Im Erdgeschoss befindet sich ein grosszügiger Atelierraum zum Arbeiten. Der darüber liegende Wohnraum gewährt einen Weitblick über die Rheinebene. In den Betontürmen befinden sich die Schlafkammern und Badräume.

Seit dem 1.August 2016 hat die PV-Anlage 22'800 kWh/a erzeugt. Der Energiebedarf des Neubaus beträgt 15'800 kWh/a. Daraus resultiert ein Überschuss von 6'920 kWh/a respektive 44%, der in das Netz der Rhiienergie eingespeist wird.

Besonders hervorzuheben ist die schlichte und elegante Ausführung des Gebäudes. Die PV-Anlage ergibt zusammen mit den geschosshohen, gesprengten Holzschiebeläden, die aus sägerohen Tannenbrettern gefertigt sind, ein ästhetisch harmonisches Gesamtbild. Dank der Wahl der Materialien und der Farben sowie der klaren Linien fügt sich dieser Neubau ideal in den bestehenden Kontext des Dorfes und die Landschaft ein. Die Gestaltung des Satteldaches mit PV-Paneelen und Eternitplatten als Dachhaut erinnert auch an die Ökonomiebauten im Dorf. Das Haus Schneller/Bader leistet mit seinem Erscheinungsbild einen wichtigen baukulturellen Beitrag für das intakte Ortsbild von Tamins.



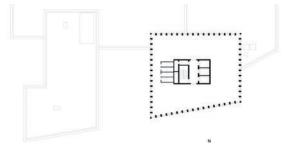


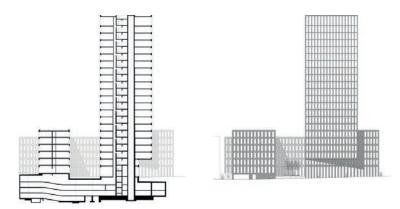


in: Schweizer Solarpreis 2017, Zürich 2017, S.32-33

22 Grosspeter-Tower, Basel, 2017 **Burckhardt & Partner**







Wärmedämmung

Wand: 20cm / U-Wert: 0.18 W/m2K Dach: 16-24cm / U-Wert: 0.15 W/m2K Boden: 10-20cm / U-Wert: 0.25 W/m2K 3-fach / U-Wert: 0.94 W/m2K Fenster:

Energiebedarf

Energiebezugsfläche: 20'300 m2 Heizung: 16.1 kWh/m2a 3.4 kWh/m2a Warmwasser: Elektrizität: 25.0 kWh/m2a 44.5 kWh/m2a **Energiebezug total:** 903'500 kWh/a

Heizung: Sole-Wasser-WP

Energieversorgung

PV Dach (770m2): 91.6 kWh/m2a 37.8 kWh/m2 PV Fassade (4'800m2): Energieversorgung solar: 252'000 kWh/a

Eigenenergieversorgung: 28%

Gemessene Energiekennwerte

An verkehrsgünstiger Lage, nahe Autobahn und Bahnhof SBB, liegt das GrosspeterAreal. Der sich darauf befindende Basler Grosspeter Tower beherbergt ein Hotel sowie Büroräumlichkeiten und nutzt sämtliche Fassaden zur Solarstromerzeugung. Die Solarmodule sind sorgfältig integriert; 450 unterschiedliche Modulgrössen mit unterschiedlichen PV-Substratgrössen und Zellbreiten sind fassadenbündig montiert. Die ganzflächige, opake PV-Fassade genügt ästhetisch hohen Ansprüchen. Durch die vielen grossen Fenster steigt der Kühl- und Wärmebedarf des Gebäudes erheblich. Die Leistung der aus Dünnschichtzellen bestehenden PV-Fassadenelementen des gesamten Hochhauses inkl. des Sockelbereichs beträgt 440 kWp. Ergänzt wird die Anlage mit einem 100 kW starken Solarkraftwerk auf dem Dach. Die 540 kW starke und 5'570m2 grosse PV-Anlage erzeugt 252'000 kWh/a. Zum Heizen und Kühlen des Gebäudes dient ein Erdsondenfeld mit 56 durchschnittlich 250 m tiefen Sonden. Der saisonale Geospeicher, der im Sommer ein grösstenteils freies Kühlen zulässt, und die hochdruckseitig transkritisch geführte Wärmepumpe/ Kältemaschinen ermöglichen eine hohe Arbeitszahl.

in: Schweizer Solarpreis 2017, Zürich 2017, S.74



23 Grand Parc, Bordeaux, 2017 Lacaton Vassal Architectes



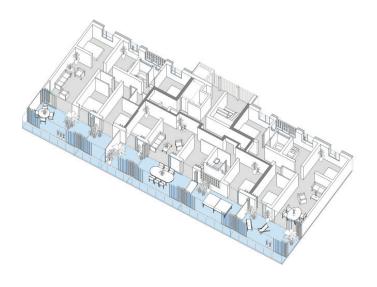
Energiebedarf

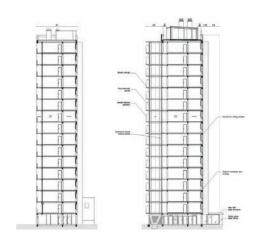
Heizung & Warmw.: 20.1 kWh/m2a Elektrizität: 28.7 kWh/m2a Energiebezug total: 48.8 kWh/m2a

Energiebezug vor

Sanierung: 153 kWh/m2a

Projektierte Energiekennwerte











Quelle: Lacaton & Vassal Architectes, Paris

^{*}Falls sich bei den aufgeführten Daten und Zahlen Fehler eingeschlichen haben, bitten wir um Korrektur.

24 MFH Hofwiesenstrasse, Zürich, 2017 Viridén & Partner



Das 1982 errichtete Mehrfamilienhaus (MFH) in Zürich wurde um zwei auf sieben Stockwerke erhöht. Es bietet nun Platz für 28 Familien. Obwohl die Wohnfläche von 2'112 m2 um 36% auf 2'870m2 vergrössert wurde, sank der Gesamtenergiebedarf um 72% von 343'400 kWh/a auf rund 96'900 kWh/a. Durch die optimale Dämmung von 34 cm verwandelten die Architekten von Viridén + Partner die Energieschleuder in eine effiziente MFH-Sanierung, welche rund 95'000 kWh/a erzeugt. Auffallend unauffällig sind die durch farbiges Glas verdeckten PV-Fassaden-Anlagen, welche sich optisch nicht von den übrigen Fassadenbestandteilen unterscheiden. Dieses Fassadensystem ist allseits fassadenbündig als Baubestandteil in das Gebäude integriert. Die PV-Module verfügen über eine matte Oberfläche. Die Farbe ist unterschiedlich wählbar und führt zu einer Reduktion der PV-Stromproduktion von ca. 39% oder rund 38'700 kWh/a.

Wärmedämmung

 Wand:
 34cm / U-Wert: 0.10 W/m2K

 Dach/Estrich:
 34cm / U-Wert: 0.09 W/m2K

 Boden:
 33cm / U-Wert: 0.16 W/m2K

 Fenster:
 3-fach / U-Wert: 0.8 W/m2K

Energiebedarf

Energiebezugsfläche: 2'870 m2
Heizung: 13.3 kWh/m2a
Warmwasser: 3.1 kWh/m2a
Elektrizität: 17.3 kWh/m2a
Energiebezug total: 33.7 kWh/m2a
96'948 kWh/a

Energieversorgung

PV Dach (165m2): 154.0 kWh/m2a
PV Fassade (1'535m2): 39.5 kWh/m2
Therm. Dach (15.4m2): 584.4 kWh/m2
Energieversorgung solar: 95'008 kWh/a

Eigenenergieversorgung: 98%

Gemessene Energiekennwerte

Die solarthermischen Anlagen liefern rund 9'000 kWh/a; die PV-Dachanlagen erzeugen 25'400 kWh/a, und die PV-Fassadenanlage produziert 60'600 kWh/a. Die gesamte Solarstromproduktion beträgt somit 95'000 kWh/a. Ohne Verdeckung der Fassaden-PV-Anlagen würden diese voraussichtlich 38'700 kWh/a mehr erzeugen. Dadurch wäre diese Sanierung mit total (25'411 kWh/a + 60'597 kWh/a + 9'000 kWh/a + verdeckt 38'700 kWh/a) 133'800 kWh/a zur 138%-PEB-MFH-Sanierung geworden.

in: Schweizer Solarpreis 2017, Zürich 2017, S.84



25 Parking 2 Roche, Kaiseraugst, 2017 BE Netz AG



Energiebedarf

Elektrizität: 10'000 kWh/a Energiebezug total: 10'000 kWh/a

Energieversorgung

PV Dach (1'400m2): 146.5 kWh/m2a PV Fassade (2'383m2): 140.2 kWh/m2 Energieversorgung solar: 539'100 kWh/a Eigenenergieversorgung: 5391%

Neigung Dachanlage: 10° Neigung Fassadenanlage: 70°

Gemessene Energiekennwerte

Die 404 kW starke PV-Anlage am Parkhaus der F. Hoffmann-La Roche AG in Kaiseraugst ist zurzeit mit 2'383 m2 die schweizweit leistungsstärkste PV-Fassadenanlage. Direkt an der A2 gelegen, musste die Anlage ästhetisch überzeugen und bezüglich Sicherheit, Gebäudelüftung, Schallschutz, Reflektion usw. alle Anforderungen und Auflagen erfüllen. Um die Sicherheitsbedenken zu klären, beauftragte Roche eine anforderungsspezifische Reflexionsanalyse. BE Netz prüfte verschiedene Anstellwinkel und mögliche Auswirkungen im Jahresverlauf auf die Verkehrsteilnehmer und ermittelte mittels einer 3D-Simulation die optimale Modulanordnung hinsichtlich der Eigenverschattung und der Energieoptimierung. Da sich Personen unter den Modulen aufhalten können, musste die Resttragfähigkeit ebenfalls geprüft werden (Windlasten etc.). Verschiedene Errungenschaften aus

diesem Projekt dienen der Branche bei der weiteren Entwicklung der Gebäudehülle zum Kraftwerk für PlusEnergieBauten. Die 404 kW starke PV-Fassadenanlage wird durch die 230 kW starke und 1 ,400 m2 grosse PV-Dachanlage ergänzt. Insgesamt erreichen die Anlagen eine Leistung von 634 kWp. Jährlich werden rund 539'100 kWh erzeugt. Bei einem Strombedarf von 10'000 kWh/a resultiert ein Solarstromüberschuss von 529'100 kWh/a. Die Solar-Fassade zeigt auf, dass die Kosten mit Standardmodulen niedrig gehalten werden können. Dadurch und durch den Ersatz der ohnehin nötigen Fassadenelemente kann auch eine vertikale PV-Anlage wirtschaftlich betrieben werden.

in: Schweizer Solarpreis 2017, Zürich 2017, S.84



*Falls sich bei den aufgeführten Daten und Zahlen Fehler eingeschlichen haben, bitten wir um Korrektur.

26 Wohnsiedlung Soubeyran, Genf, 2017 ATBA Architecture



Wärmedämmung

Wand: Strohdämmung

Energiebedarf

Energiebedarf total: 110'000 kWh/a

Energieversorgung

PV Dach (188m2): 176.0 kWh/m2a Energieversorgung solar: 33'000 kWh/a

Eigenenergieversorgung: 30%

Projektierte Energiekenwerte

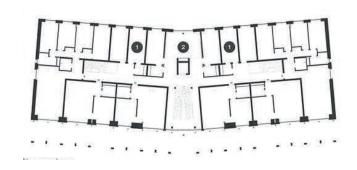
Die Baugenossenschaften Équilibre und Luciole haben im Genfer Quartier Servette einen siebengeschossigen Neubau mit 38 vom Kanton subventionierten Wohnungen für Personen und Familien mit geringem Einkommen realisiert.

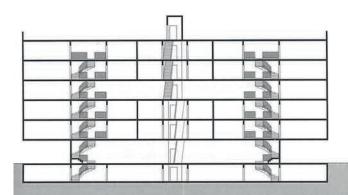
Im Erdgeschoss befinden sich Gewerberäume und ein Gemeinschaftsraum mit Küche und WC. Die drei Treppenhäuser sind aus einem zentralen Eingangs- raum erschlossen, wobei vorerst nur beim mittleren ein Aufzug in den Schacht eingebaut wurde. Das 3. Obergeschoss ist als «rue intérieure» für Begegnung und Austausch ausgestaltet. Dort befinden sich auch die Gemeinschaftswaschküche und 6 Gäste- bzw. individuell zumietbare Zimmer. Das Gebäude erfüllt höchste Anforderungen an

das ökologische und energieeffiziente Bauen. Aktive und passive Sonnenenergienutzung und die Verwendung von gesunden und ökologischen Baumaterialien standen bei der Planung ebenso im Vordergrund wie ein stark reduziertes Parkplatzangebot. Hervorzuheben ist das Wassermanagement. So wird das Regenwasser zusammen mit wieder aufbereitetem Spülwasser für die Spülung der Toiletten verwendet, womit ein geschlossener Kreislauf entsteht.

Soubeyran Genf in: Wohnbauten planen, beurteilen und vergleichen: Wohnungs-Bewertungs-System WBS, Ausgabe 2015







27 MFH Zwyssigstrasse, Zürich, 2018 Kämpfen für Architektur



Wärmedämmung

Wand (Steinwolle): 32cm Dach/Estrich: 24cm

Fenster: **3-fach Verglasung**

Energiebedarf

Energiebezugsfläche: 3'772 m2

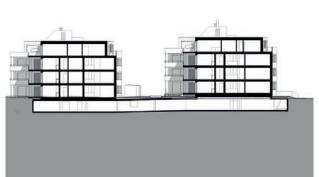
Heizung: Pellets-Heizung

Energieversorgung

PV Fassade (262m2): 95.4 kWh/m2a Therm. Dach (83m2): 385 kWh/m2a Energieversorgung solar: 56'955 kWh/a

Projektierte Energiekennwerte









in: Nachhaltiges Bauen 3/2018, Zürich 2018, S.5-8

28 Bürohaus Suurstoffi 22, Rotkreuz, 2018 Burkhard Meyer Architekten



Wärmedämmung

Wand (Steinwolle): 28cm

Fenster: 3-fach Verglasung

Energiebedarf

Energiebezugsfläche: 17'900 m2 Heizung & Warmwasser: 560 kWp Kälte: 580 kWp Elektrizität: unbekant

Heizung: Fernwärme

(Anergienetz, wird über WP im Gebäude

verwertet)

Projektierte Energiekennwerte

Bei der Planung für das Bürogebäude Suurstoffi 22 bildeten Fragen zur typologischen Ausbildung eines generischen Programms, die folgerichtige konstruktive Umsetzung als Holzbau, sowie der angemessene architektonische Ausdruck in einem referenzlosen Kontext das gedankliche Gerüst des Entwurfes. So entstand das erste Bürohochhaus der Schweiz in Holzbauweise. Während der zentrale Kern die horizontale Aussteifung sichert, findet die gewünschte Flexibilität ihre Umsetzung in einem Holzskelettbau mit Vollholzstützen und Unterzügen in Baubuche-Furnierschichtholz.

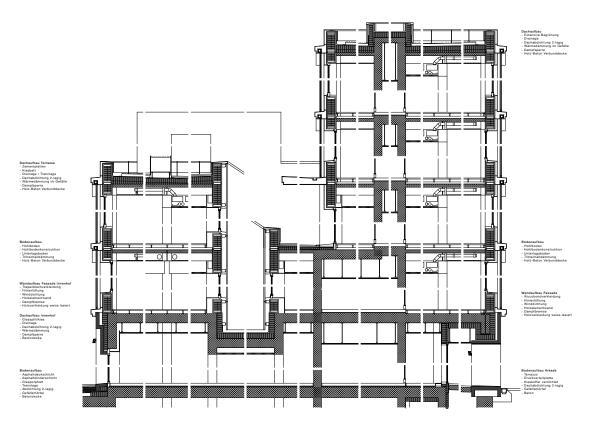
Die sichtbaren, in der Fassadenebene liegen-

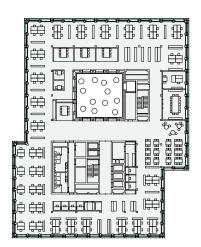
den vertikalen Holzstützen (Brettschichtholz Fichte / Tanne) sowie die innere, umlaufende Tragebene mit Stützen und Unterzügen in Baubuche werden dabei mit einer Holz-Beton-Verbunddecke kombiniert. Die hybriden Deckenelemente wurden für die spezifischen Anforderungen eines Bürogebäudes konzipiert und dienen sowohl der Kühlung, Heizung und Lüftung, als auch der Raumakustik. Darüber hinaus haben sie eine brandabschnittbildende Funktion, wirken schalldämmend und nehmen auch die Leitungsführung des Sprinklersystems auf.

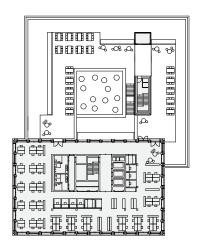
Die Hülle besteht aus einer nicht brennbaren, matten Bekleidung in Alucobond.

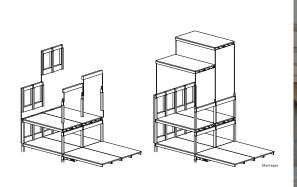














Quelle: Burkhard Meyer Architekten, Baden

29 Neue Schule Port, Port, 2018 Skop Architekten



Wärmedämmung

 Wand:
 24cm / U-Wert: 0.17 W/m2K

 Dach:
 18cm / U-Wert: 0.11 W/m2K

 Boden:
 14cm / U-Wert: 0.16 W/m2K

 Fenster:
 3-fach / U-Wert: 0.60 W/m2K

Energiebedarf

Energiebezugsfläche: 3'341 m2
Heizung & Warmwasser: 45.2 kWh/m2a
Elektrizität: 19.2 kWh/m2a
Energiebezug total: 64.4 kWh/m2a
215'355 kWh/a

Heizung: Fernwärme

Energieversorgung

PV Dach (1'800m2): 160 kWh/m2a Energieversorgung solar: 288'064 kWh/a

Eigenenergieversorgung: 134%

Gemessene Energiekennwerte

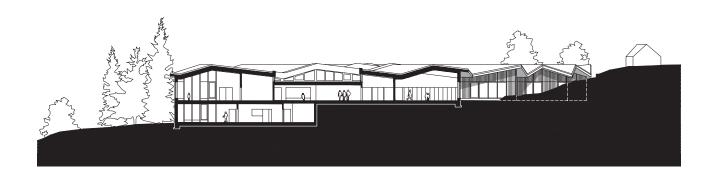
Die neue Schule in Port fällt durch ihre komplexe Geometrie, die dunkelbraune Fassade aus Weisstannenholz und das mehrfach gefaltete und mit PV-Modulen verzierte Dach auf. Das gut gedämmte Dach mit einem UWert von 0.11 W/m2K, die dreifach verglasten Fenster, effiziente Geräte und LED-Lampen reduzieren den Energiebedarf des PlusEnergie-Schulhauses auf rund 215'400 kWh/a. Mit einer besseren Wärmedämmung der Wand wäre der Energiebedarf noch geringer ausgefallen. Die Müllverwertung Biel liefert Wärmeenergie für Heizung und Warmwasser. Die 298 kW starke, 1'800 m2 grosse und ganzflächig dachintegrierte PV-Anlage produziert 288'000 kWh/a. Bei einem Energiebedarf von rund 215'400 kWh/a beträgt die Eigenenergieversorgung so-

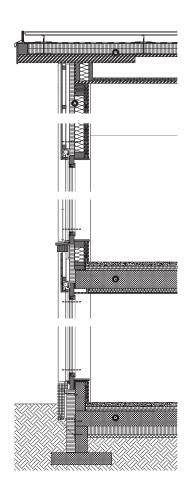
mit 134%. Mit der eingebauten Ladestation können EAutos direkt mit dem vom Schulhaus produzierten Solarstrom CO2 frei fahren. Der Stromüberschuss von 72'700 kWh/a wird direkt in das Netz der Gemeinde Port eingespeist und vor Ort verbraucht. Mit Portsolar können Einwohnerinnen und Einwohner sowie Firmen in Port ein 20-jähriges Nutzungsrecht an der PV-Anlage auf der neuen Schule erwerben und den damit hergestellten Strom selber verbrauchen. Dieses Schulhaus sticht nicht nur durch seine auffallende Architektur hervor, sondern auch durch sein nachhaltiges und zukunftsweisendes Energiekonzept.

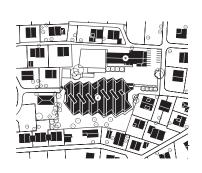
in: Schweizer Solarpreis 2018, Zürich 2018, S.63

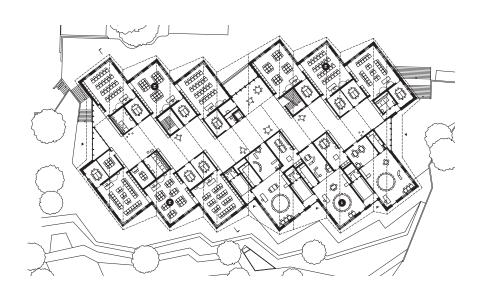


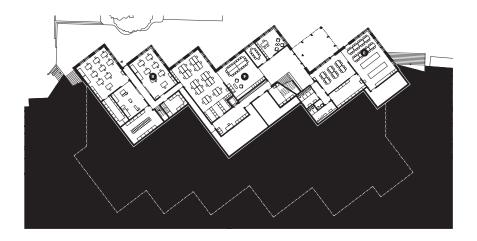
*Falls sich bei den aufgeführten Daten und Zahlen Fehler eingeschlichen haben, bitten wir um Korrektur.











30 Wohnhaus Solaris, Zürich, 2018 Huggenbergerfries



Wärmedämmung

 Wand:
 20cm / U-Wert: 0.15 W/m2K

 Dach:
 20cm / U-Wert: 0.13 W/m2K

 Boden:
 22cm / U-Wert: 0.17 W/m2K

 Fenster:
 3-fach / U-Wert: 0.80 W/m2K

Energiebedarf

Energiebezugsfläche: 815 m2
Heizung & Warmwasser: 46.6 kWh/m2a
Elektrizität: 36.8 kWh/m2a
Energiebezug total: 83.4 kWh/m2a
68'000 kWh/a

Heizung: Erdgas-Heizung

Energieversorgung

PV Dach (200m2): 74.0 kWh/m2a
PV Fassade (420m2): 40.5 kWh/m2
Energieversorgung solar: 31'832 kWh/a

Eigenenergieversorgung: 47%

Gemessene Energiekennwerte



*Falls sich bei den aufgeführten Daten und Zahlen Fehler eingeschlichen haben, bitten wir um Korrektur.

Mit Solaris steht in Zürich Wollishofen gegenüber dem Kulturzentrum «Rote Fabrik» ein Mehrfamilienhaus, welches hohe gestalterische Ansprüche mit moderner Solartechnologie verbindet.

Die gesamte Gebäudehülle dient der Solarstromgewinnung. Die monokristallinen Siliziumzellen sind von rotbraunem Gussglas verdeckt. Dadurch reduziert sich die Stromproduktion der PV-Dach- und Fassadenanlage um rund 39%. Ohne Verdeckung würde die Solaranlage etwa 52'200 kWh/a produzieren.

Die solare Gebäudehülle entstand aus der Zusammenarbeit der Hochschule Luzern mit Sundesign und Ertex. Die 47 kW starke PV-Fassadenanlage erzeugt ca. 17'000 kWh/a. Die optimal integrierte 25 kW starke PV-Dachanlage generiert rund 14'800 kWh/a (7 4 kWh/m2a). Der Solarertrag von 31'800 kWh/a deckt 47% des Gesamt-

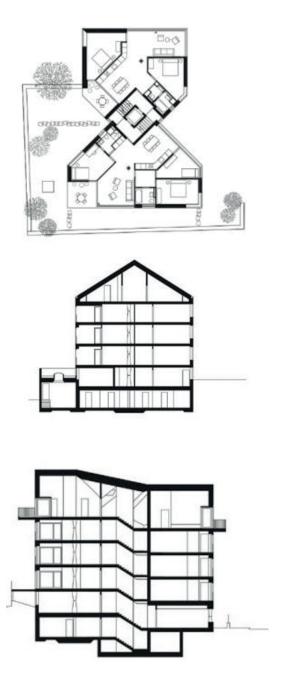
energiebedarfs von 68'000 kWh/a. Ein 10-kWh-Batteriespeicher erhöht die Eigenverbrauchsquote. Den restlichen Wärmebedarf von 36'200 kWh/a deckt eine ErdgasHeizung (Biogas-Anteil: 1.7%).

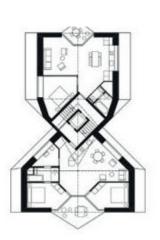
Durch eine Minergie-P- oder etwas optimalere Dämmung könnten die U-Werte, die Energieverluste und die C02-Emissionen erheblich vermindert werden.

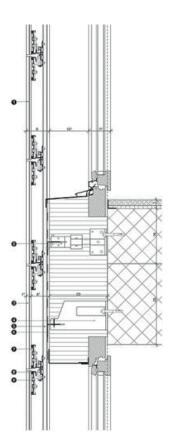
Auf 815 m2 ermöglicht das Gebäude zehn Wohnungen. Im Mietpreis inbegriffen ist die Benutzung eines hauseigenen Elektroautos.

Das MFH Solaris zeigt auf, wie sich die Nutzung von Sonnenenergie und Solararchitektur in städtebaulichen Projekten ergänzen können.

in: Schweizer Solarpreis 2018, Zürich 2018, S.79







31 Maison rurale Galley, Ecuvillens, 2018 Lutz Architectes





Energiebedarf

Energiebezugsfläche: 250 m2
Heizung & Warmwasser: 220 kWh/m2a
Elektrizität: 30 kWh/m2a
Energiebezug total: 250 kWh/m2a
62'500 kWh/a

Heizung: Ölheizung

Energieversorgung

PV Dach (262m2): 63.0 kWh/m2a Energieversorgung solar: 16'500 kWh/a

Eigenenergieversorgung: 26%

Projektierte Energiekennwerte

Für den Besitzer des Bauernhofes von Ecuvillens - erbaut im Jahr 1859 - wäre es kaum möglich gewesen, seinen eigenen Strom zu produzieren, denn die strengen Denkmalschutzauflagen des Kantons Freiburg verbieten den Einbau von terracotta-farbenen Solarmodulen im Dorf Ecuvillens. Dank der seit 2014 geleisteten Forschungsarbeit des CSEM in Neuchatei in Zusammenarbeit mit Issol Schweiz konnte dennoch eine Solaranlage realisiert werden.

Der Bauernhof konsumiert 2'500 I Heizöl oder rund 27'500 kWh/a fossile Energie und emittiert ca. 7.5 t C02 pro Jahr. Für die Stromversorgung wurde eine 27.2 kW starke Solaranlage optimal in die Dachfläche integriert.

Sie versorgt etwa 26% des Gesamtenergiebedarfs. Die rotbraune Farbe vermindert die Leistung um ca. 39% oder rund 10'800 kWh/a auf rund 16'500 kWh/a. Vom Gesamtenergiebedarf deckt die Solaranlage etwa 39% ab. Mit einer besseren Dämmung könnte der sehr hohe Energieverbrauch massiv reduziert werden.

Nach dem Ersatz der traditionellen Dachziegel dienen die neuen Solarmodule als Witterungsschutz, produzieren erneuerbare Energie und tragen schliesslich zum Erhalt der lokalen Baukultur bei.

in: Schweizer Solarpreis 2018, Zürich 2018, S.82



32 MFH Hohlstrasse, Zürich, 2018 Schwarz Architekten



Wärmedämmung

Wand (Aerogel): 8cm

2-fach (Vakuumiso-Fenster:

lierglas)

Energiebedarf

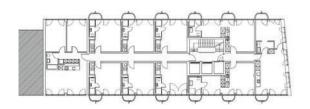
2'760 m2 Energiebezugsfläche: Heizung: 5.7 kWh/m2a 15.8 kWh/m2a Warmwasser:

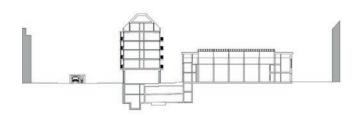
Heizung: Wärmepumpe

Energieversorgung

PV Dach (550m2): 45.6 kWh/m2a Energieversorgung solar: 25'080 kWh/a

Projektierte Energiekennwerte







in: Faktor Minergie 47/2018, Zürich 2018, S.36-37

33 Coopérative d'Ateliers Erlenmatt, Basel, 2019 Degelo Architekten



Wärmedämmung

Wand

(porosierter Backstein): 78cm

Energiebedarf

Heizung:

Energiebezugsfläche:

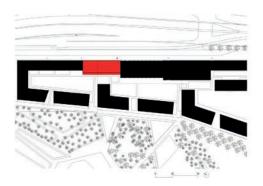
2'627 m2 0 kWh/m2a

Heizung: keine

(Luft-Wasser-WP für

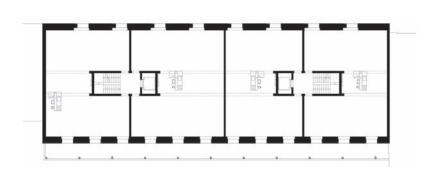
Warmwasser)

Das 4-geschossige Gebäude vereint 17 Wohnateliers unter einem Dach. Um das Ziel von 10 CHF/m2 Monatsmiete zu erreichen, wurde das Gebäude auf das wirklich notwendige beschränkt. Die offenen Wohn- und Arbeitsflächen können frei eingerichtet werden. Es gibt ein Sanitärelement mit WC, Dusche und Waschbecken, sowie den freistehenden Küchenelementen Herd, Spüle und Kühlschrank. Die 80 cm starken Aussenwände aus Dämmziegelmauerwerk sorgen für eine hohe Speichermasse. Das Gebäude ist mit träger Gebäudemasse und gesteuerten Lüftungsflügeln so optimiert, dass keine Heizung notwendig ist. Die tiefen Fensterlaibungen schützen auf natürliche Weise im Sommer vor Überhitzung, ohne dass ein Sonnenschutz notwendig wäre. Die auf der Süd-West-Seite vorgelagerten Holzbalkone tragen ebenfalls zum sommerlichen Hitzeschutz bei und erweitern mit ihrem Geländer aus massiven Eicheholzscheiten den Wohnbereich auf der Hofseite.















Quelle: Degelo Architekten, Basel

NICHT REALISIERTE PROJEKTE

34 Amt für Umwelt & Energie, Basel, 2013 Jessen Vollenweider Architektur



Wärmedämmung

Wand: 20cm Dach: 25cm Fenster: 3-fach

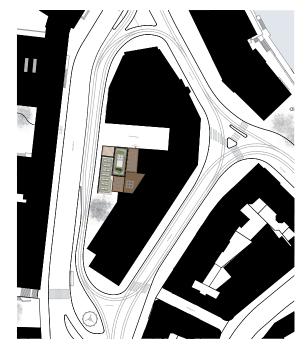
Energiebezugsfläche: 2'520 m2

Heizung: Fernwärme

Energieversorgung

PV Fassade (953m2): 48.3 kWh/m2a Energieversorgung solar: 46'061 kWh/a

Projektierte Energiekennwerte





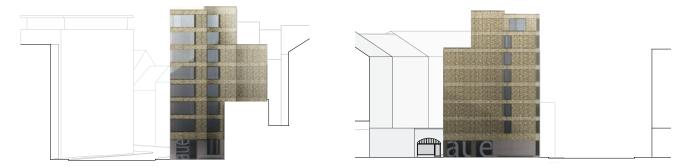












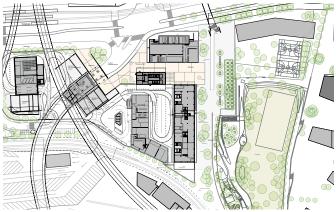
Quelle: Jessen Vollenweider Architektur, Basel

35 Wettbewerb Bürohaus EWZ Herdern, Zürich, 2016 Annette Gigon / Mike Guyer











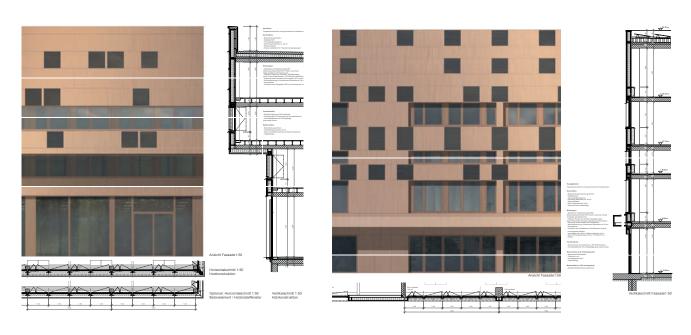






PV-Fassade Hochhaus in Zusammenarbeit mit U.B. Roth











Ice watch, Olafur Eliasson, London 2018

TEXTE

Dennis Meadows u.A., "Die Grenzen des Wachstums", New York 1972, S. 45-66

Sich nicht regenerierende Rohstoffe

[...]

Die Antwort auf die Frage, ob es genug Rohstoffe für die sieben Milliarden Menschen im Jahr 2000 bei einem erträglichen Lebensstandard geben wird, kann wiederum nur bedingt gegeben werden. Sie hängt davon ab, auf welche Weise die Verbrauchernationen einige wichtige Entscheidungen treffen werden. Sie könnten weiterhin ihren Rohstoffverbrauch wie bisher steigern oder aber dazu übergehen, wichtige Rohstoffe aus Abfallmaterial zurückzugewinnen und neu zu gebrauchen. Sie könnten neue Techniken anwenden, um die Lebensdauer von Produkten aus knappen Rohstoffen zu verlängern. Sie könnten soziale und wirtschaftliche Verhaltensweisen fördern, die dazu anreizen, den persönlichen Bedarf an den unersetzlichen Stoffen zu verringern, statt ihn ständig zu vergrößern.

Diese möglichen Entwicklungslinien erfordern Entscheidungen, die in diesem Fall besonders schwierig sind, da man zwischen gegenwärtigem und zukünftigem Wohlergehen zu entscheiden hat. Um auch für die Zukunft noch ausreichende Rohstoffvorräte zu sichern, müssen Maßnahmen erfolgen, die heute schon den Rohstoffverbrauch senken. In den meisten Fällen hat das steigende Rohstoffkosten zur Folge. Wiederverwendung von Rohstoffen und dauerhaftere Produkte sind kostspielig, meist betrachtet man sie heute als *unwirtschaftlich*. Aber selbst wenn sie angewendet werden sollten, wird bei anhaltendem Bevölkerungswachstum und wirtschaftlichem Zuwachs das Gesamtsystem gegen seine Grenze getrieben – die Erschöpfung der nicht regenerierbaren Rohstoffvorräte

Im rein physikalischen Sinn gehen die verbrannten Rohstoffe und die verbrauchten Metalle nicht verloren. Ihre Atome werden lediglich umgruppiert und in verdünnter, für den Menschen aber nicht nutzbarer Form in die Luft, über den Boden und im Wasser unseres Planeten verteilt. Das natürliche ökologische System ist in der Lage, viele solche Abfallstoffe menschlicher Lebenstätigkeit zu absorbieren und sie in chemischen Prozessen in Substanzen umzuwandeln, die für andere Organisationsformen des Lebens nutzbar oder wenigstens nicht schädlich sind. Wenn jedoch ein Abfallstoff in sehr großen Mengen freigesetzt wird, kann er den natürlichen Mechanismus der Absorption übersättigen und blockieren. Die Abfälle menschlicher Zivilisation häufen sich in seiner Umwelt an. werden erkennbar, wirken störend und schließlich auch schädigend. Der Quecksilbergehalt von Meeresfischen, Bleipartikeln in der städtischen Luft, Berge von Schutt und Abfällen sind die Endergebnisse des ständig zunehmenden Stroms von Rohstoffen in und aus den Händen des Menschen. Die Umweltverschmutzung stellt eine weitere exponentiell stark zunehmende Größe im Weltsystem dar.

Exponentiell zunehmende Umweltverschmutzung

Praktisch jeder Schadstoff, dessen Konzentration über eine gewisse Zeit gemessen wurde, scheint exponentiell zuzunehmen. Die Zunahmeraten der später angeführten Beispiele sind zwar sehr unterschiedlich, wachsen aber meist rascher an als die Bevölkerungszahl. Einige Schadstoffe stehen in direktem Zusammenhang

mit dem Bevölkerungswachstum oder der Wachstumsrate in der Landwirtschaft, die wiederum mit der Bevölkerungszunahme verknüpft ist. Bei anderen zeigt sich ein Zusammenhang mit dem industriellen Wachstum und dem technischen Fortschritt. In irgendeiner Weise sind die meisten Schadstoffe in diesem komplizierten Weltsystem sowohl mit dem Bevölkerungswachstum wie mit dem industriellen Wachstum verknüpft.

Wir beginnen mit denjenigen Schadstoffen, die mit der zunehmenden Energiefreisetzung durch den Menschen in Zusammenhang stehen. Wirtschaftliche Entwicklung ist im Grunde nichts anderes als die nutzbringende Anwendung von mehr Energie zur Steigerung der Produktivität menschlicher Arbeit. Eines der verläßlichsten Merkmale des Reichtums einer Bevölkerungsgruppe ist der Grad der Energienutzung pro Person (siehe Abbildung 14). Die Energienutzung pro Kopf der Weltbevölkerung wächst jährlich um 1,3 Prozent. Das entspricht einer absoluten Zunahme um 3,4 Prozent.

Gegenwärtig stammen 97 Prozent der vom Menschen industriell genutzten Energie aus natürlichen Brennstoffen, besonders der Kohle, aus Öl und Erdgasen. Bei der Verbrennung dieser Stoffe entsteht unter anderem Kohlendioxid (CO₂), das in die Atmosphäre abgegeben wird, insgesamt gegenwärtig rund 20 Milliarden

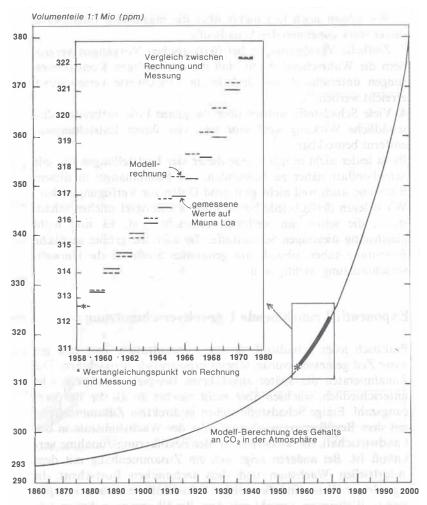


Abb. 15: Konzentration von Kohlendioxid (CO2) in der Atmosphäre

Seit 1958 wird auf dem Mauna Loa, Hawaii, ein ständig steigender Gehalt der Atmosphäre an Kohlendioxid registriert. Gegenwärtig steigt er jährlich um etwa 1,5 ppm. Berechnungen, die den CO₂-Austausch zwischen Atmosphäre, Biosphäre und den Ozeanen berücksichtigen, lassen im Jahr 2000 einen Gehalt von 380 ppm erwarten, dreißig Prozent mehr als 1860. Das zusätzliche Kohlendioxid stammt in erster Linie aus den Verbrennungsprozessen mit natürlichen Brennstoffen.

Tonnen jährlich.¹¹ Deshalb steigt auch der Kohlendioxidgehalt der Luft gegenwärtig exponentiell um etwa 0,2 Prozent jährlich an, wie Abbildung 15 zeigt. Aber nur etwa die Hälfte der Kohlendioxidmengen, die durch Verbrennung natürlicher Brennstoffe entstanden sein müssen, sind entsprechend solchen Messungen tatsächlich in der Atmosphäre festgestellt worden. Die andere Hälfte wurde offensichtlich hauptsächlich vom Wasser der Ozeane absorbiert.¹² Kohlendioxid löst sich sehr leicht in Wasser.

Wenn der Gebrauch natürlicher Brennstoffe eines Tages durch die Freisetzung von genügend Kernenergie ersetzt werden sollte, hört auch die Freisetzung von Kohlendioxid auf, vielleicht, wie man hofft, ehe es meßbare ökologische und klimatologische Wirkungen hinterlassen hat.

Aber bei der Energiefreisetzung tritt noch ein Nebeneffekt, völlig unabhängig von der Art des verwendeten Brennstoffes, auf. Nach den Gesetzen der Thermodynamik wird alle vom Menschen freigesetzte und genutzte Energie schließlich in Wärme umgewandelt. Wenn die Energiequelle nicht die Sonnenstrahlung ist, sondern Brennstoffe irgendwelcher Art, einschließlich von Kernbrennstoffen, erwärmt diese freigesetzte Wärme im Endeffekt die Atmosphäre direkt oder indirekt, zum Beispiel über das bei Kühlvorgängen erwärmte Wasser. Örtlich kann eine solche Abwärme oder »thermale Umweltverschmutzung«13 in Flüssen das Gleichgewicht des Lebens im Wasser sehr ungünstig beeinflussen. Atmosphärische Abwärme kann um und über Städten Wärmeglocken bilden, in denen viele anomale meteorologische Erscheinungen beobachtet werden. Wenn die thermale Verschmutzung einen nennenswerten Bruchteil der von der Erde absorbierten

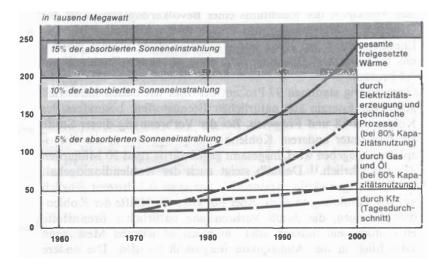


Abb. 16: Freigesetzte Wärme über dem Gebiet von Los Angeles

Die freigesetzte Wärmemenge beträgt in dem rund 12000 Quadratkilometer großen Gebiet von Los Angeles gegenwärtig etwa fünf Prozent der absorbierten Sonneneinstrahlung und beeinflußt damit bereits das örtliche Klima. Bei der gegenwärtigen Wachstumsrate wird sie im Jahr 2000 18 Prozent der eingestrahlten Sonnenenergie betragen.

Sonnenenergie erreicht, kann sie zu schwerwiegenden klimatischen Störungen führen. ¹⁴ Auf Abbildung 16 sind die Werte der Abwärme einer Großstadt in Prozenten der absorbierten Sonnenenergie eingetragen.

Bei der Freisetzung von Kernenergie entsteht radioaktiver Abfall als Schadstoff. Da die Kernenergie heute erst einen unwesentlichen Teil der vom Menschen genutzten Energie ausmacht, kann die Umweltbelastung durch Kernreaktoren in der Zukunft nur geschätzt werden. Hinweise geben die tatsächlichen und erwarteten Mengen entstehender radioaktiver Isotope durch die heute schon bestehenden oder geplanten Kernkraftwerke. Auf der unvollständigen Liste eines gegenwärtig im Aufbau befindlichen Kernkraftwerks für 1,6 Millionen Kilowatt in den USA über jährlich der Umwelt zufließende Mengen finden sich 42 800 Curie in Form radioaktiven Kryptons mit Halbwertszeiten von einigen Stunden bis zu 9,5 Jahren, je nach Art der Isotope in den Abgasen, die gespeichert werden, und 2910 Curie in Form von Tritium mit einer Halbwertszeit von 12,5 Jahren in den Abwässern. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß 1 Curie die Strahlung von 1 Gramm Radium darstellt und eine so große Strahlungsmenge ist, daß radioaktive Strahlungen in der Umwelt normalerweise in Mikro-Curie (Millionstel eines Curie) angegeben werden. Wie die Kapazität an Kernenergie in den USA bis zum Jahr 2000 ansteigen soll, zeigt Abbildung 17. Sie enthält auch die Kurven für die geschätz-

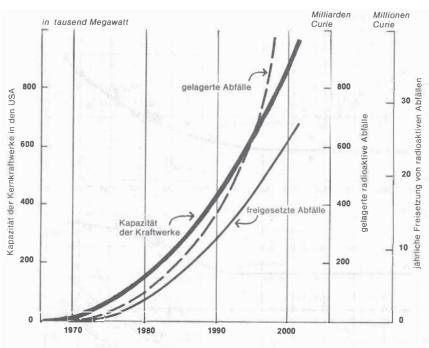


Abb. 17: Energie radioaktiver Abfälle

Die Kapazität zur Freisetzung von Kernenergie wird in den USA von 11000 Megawatt (MW) 1970 bis zum Jahr 2000 auf 900000 MW steigen. Die Radioaktivität der Abfälle wird dann rund 1000 Milliarden Curie betragen. 25 Millionen Curie werden dann besonders in Form von Krypton und Tritium freigesetzt.

ten Mengen an angegebenen radioaktiven Stoffen und die der radioaktiven Abfälle wie radioaktive Reaktorteile, die strahlungssicher verwahrt werden müssen.

Kohlendioxid, Abwärme und radioaktive Abfälle sind nur drei der vielerlei Störfaktoren, mit denen der Mensch in exponentiell zunehmendem Maße seine Umwelt belastet.

[...]

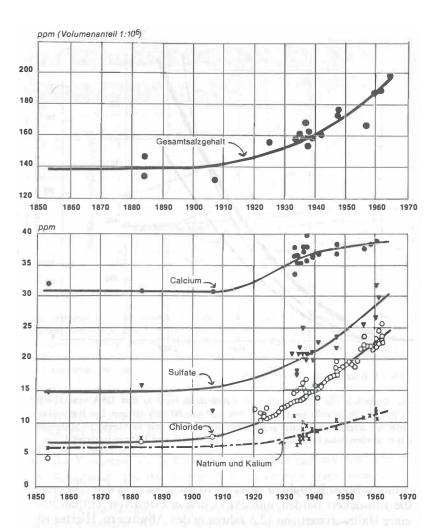


Abb. 18: Gehalt an Chemikalien und Fischfangergebnisse im Ontario-See

Infolge der Ableitung großer Schmutzmengen aus Städten, Industrien und landwirtschaftlichen Betrieben in den Ontario-See ist der Gehalt des Wassers an verschiedenartigen Salzen exponentiell angestiegen. Dies hatte einen starken Rückgang der Fischfangergebnisse zur Folge. Die Fangergebnisse der einzelnen Fischarten sind auf $^1\!/_{100}$ bis auf $^1\!/_{1000}$ der früheren Werte gesunken.

WOHNST DU NOCH, ODER ZERSTÖRST DU SCHON?

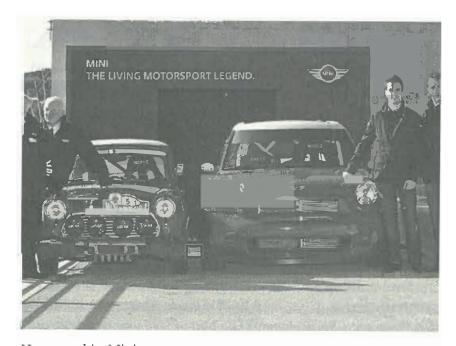
Stellen Sie sich vor: Ein älteres Ehepaar geht zu IKEA, bleibt lange vor dem Schrank »Bjursta« stehen, öffnet und schließt die Türen, zieht und schiebt die Schubladen, prüft das Holz, streicht über die Oberflächen, geht um das Stück herum, überlegt, sinniert. Schließlich sagt die Frau zu ihrem Mann: »Den nehmen wir. Der ist schön und solide, von dem wird unser Enkelchen noch etwas haben!«

Wenn ich diese fiktive kleine Episode in Vorträgen erzähle, gibt das verlässlich einen Lacher. Warum? Weil heute die Vorstellung völlig absurd scheint, dass man ein Möbelstück vererben könnte, ja dass man es in der Perspektive anschaffen könnte, es wäre nicht spätestens in fünf, sechs Jahren aus der Mode und würde ersetzt werden. Tatsächlich kauft man Möbel heute für den Sperrmüll, auf dem sie über kurz oder lang landen werden. Sie sind in Relation zu den verfügbaren Einkommen extrem billig, weshalb es nichts macht, sie wegzuschmeißen und à la mode zu ersetzen. Was IKEA und andere Billigmöbelhäuser geschafft haben, ist die Verwandlung von langlebigen in kurzlebige Konsumgüter. Während Durchschnittsfamilien früher lange sparten, um sich einen neuen Schrank leisten zu können, und sie ihn sich dann anfertigen ließen oder im Möbelhaus kauften, handelt es sich heute um Mitnahme- und Wegwerfartikel. Ökologisch betrachtet sind diese kurzlebigen Pseudomöbel nicht nur deswegen eine Katastrophe, weil sie nach kurzem Gebrauch entsorgt werden: In ihre Produktion geht auch wesentlich mehr Energie-, Material- und Transportaufwand ein als in jeden getischlerten Schrank. Die Ikeaisierung der Welt sieht in Zahlen so aus, dass der Konsum an Möbeln in den westlichen Gesellschaften alle zehn Jahre um 150 Prozent wächst. 11 Und IKEA ist inzwischen überall. Mit seinem ekelhaften Geduze, das den Kunden in genau dem infantilen Zustand anspricht, in den es ihn zu versetzen beabsichtigt.

Allein im 20. Jahrhundert wurde mehr Energie verbraucht als während der kompletten Menschheitsgeschichte davor. Im selben Zeitraum ist die Wirtschaft um das Vierzehnfache, die industrielle Produktion um das Vierzigfache angewachsen.¹² Die Menge an gekaufter Kleidung verdoppelt sich in den USA jahr-

zehntweise.¹³ Aber wir verzeichnen nicht nur ein exorbitantes Mengenwachstum; viele Produkte fordern selbst immer mehr Material. Autos zum Beispiel verzeichnen über die letzten Jahrzehnte ein spektakuläres Wachstum. Ein VW Golf hat im Lauf seiner Bauzeit von 750 Kilogramm Gewicht auf 1,2 Tonnen zugelegt. Noch extremer ist der Mini. War der vor 40 Jahren tatsächlich klein und transportierte mit 34 PS und 617 Kilogramm Gewicht immerhin vier Personen, gibt es ihn heute als Limousine, Cabrio, Kombi, Coupé, Roadster und SUV, mit bis zu 211 PS und 1380 Kilogramm Gewicht.

Die Größe des heutigen Mini übertrifft lässig die des einstigen Inbegriffs des Oberklasse-Sportwagens Porsche 911. Der wiederum ist in seiner aktuellen Ausbaustufe so breit wie 1960 der legendäre Mercedes 300, der »Adenauer-Mercedes«. Für solches hypertrophes Wachstum, das von den surrealen »Stadtgeländewagen« Audi Q7, BMW X5, Porsche Cayenne und so

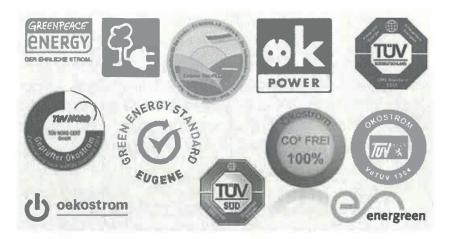


Hypertrophie: Mini.

weiter noch locker übertroffen wird, sind die Straßen, die Parkbuchten und die Autobahnen mittlerweile zu klein geworden. Folgerichtig fordert die größte und mächtigste NGO Deutschlands, der ADAC, eine Verbreiterung der Überholspuren in Autobahnbaustellen (die sich natürlich vervielfachen würden, wenn diese Forderung umgesetzt würde).

Und derlei Monsterautos, die in der Regel nach wie vor nur eine einzige Person transportieren, gibt es heute pro Haushalt nicht mehr nur einmal, sondern gleich zwei- bis dreifach, und in denselben Haushalten finden sich sechs Flatscreens, eine Klimaanlage, ein amerikanischer Kühlschrank mit Eiswürfelbereiter (falls mal Dean Martin vorbeikommt) und überhaupt eine sogenannte Landhausküche, mit deren technischer Ausrüstung man zwei vollbelegte Jugendherbergen mühelos versorgen könnte.

In mehr als 70 Prozent der amerikanischen Haushalte findet sich eine Bohrmaschine. Deren Nutzungsdauer beläuft sich auf durchschnittlich 13 Minuten, insgesamt.¹⁴ In Deutschland



Sehr grün: Ökostromlabel, Auswahl.

prognostiziert man für das Jahr 2012 einen Absatz von 10 Millionen Flatscreen-Fernsehern. Die Nutzungsdauer bei elektronischen Geräten verkürzt sich, den unermüdlichen Ingenieuren sei Dank, rasant, und mittlerweile werden in den USA 40 Prozent und in Europa 30 Prozent der Nahrungsmittel als Dreck entsorgt, weil sie nur noch gekauft, aber nicht mehr konsumiert werden.

Unermüdlich produziert die Nachhaltigkeitsindustrie Berechnungen und Labels zu Carbon footprints, ökologischen Rucksäcken, virtuellem Wasser und übersieht dabei völlig, dass alles dieses längst in Produkte eingeht, die erstens niemand braucht und die zweitens gar nicht mehr konsumiert, sondern nur noch gekauft und weggeschmissen werden. Oder so funktionieren wie die Abfallerzeugungsmaschinen vom Typ »Nespresso«. Erst setzt sich die Strategie am Markt durch, pro Tasse Kaffee eine aufwendige Kunststoffkapsel mit zu verkaufen, um so das Produkt mit einem exorbitanten Preis und einem noch grandioseren Müllfaktor versehen zu können. In den bis zu 43 Cent teuren Kapseln sind je nach Hersteller zwischen sieben

und sechzehn Gramm Kaffee enthalten; das Pfund Kaffee kommt da auf 30 Euro. Die Kaffeemaschinen sind dagegen vergleichsweise günstig, weshalb allein in Deutschland im Jahr 2011 mehr als eine Million Kapselkaffeemaschinen verkauft wurden. 16 Für die Umweltkosten der Kapseln liegen mir keine Berechnungen vor, aber es war natürlich nur eine Frage der Zeit, bis jemandem auffiel, dass hier eine veritable Öko-Schweinerei vorliegt. Folgerichtig begann man, Ökokaffeekapseln für die Kapselkaffeemaschinen herzustellen. Schwupps konnte ein Produkt als »umweltfreundlich« gelten, das es vor kurzem noch gar nicht gab und das ausschließlich aufgrund seiner Inexistenz umweltfreundlich war. Die nächste Stufe hat Nestlé bereits eingeläutet (siehe unten).

Wahrscheinlich haben Sie beim Lesen der letzten Seiten das Gefühl gehabt, dass Sie längst etwas tun, was Sie freiwillig und bewusst nie beabsichtigt haben: Sie verzichten auf Ihre Freiheit, Ihr Leben nach Ihren eigenen Entscheidungen einzurichten. So wie Sie sich Ihren Lebensraum mit Produkten vollstellen, von denen Sie bis vor kurzem gar nicht wussten, dass Sie sie jemals haben wollen würden, so wenden Sie immer mehr Zeit dafür auf, sich in diesem Konsumuniversum für oder gegen irgendetwas zu entscheiden: Sie lesen Tests und Erfahrungsberichte,



BabyNes: Es handelt sich bei der abgebildeten Person nicht um eine Ministerin.

arbeiten sich durch Bedienungsanleitungen und Updates, rufen Preisvergleiche ab, schließen Verträge aller Art ab – weshalb Sie immer mehr kaufen, aber immer weniger konsumieren, was Sie gekauft haben (vgl. S. 80).

Sie befriedigen also in Wahrheit nicht *Ihre* Bedürfnisse, sondern die eines Marktes, den es ohne Sie gar nicht gäbe. Sie sind wie der Mieter eines 20-Quadratmeter-Apartments, der auf den Balkon gehen muss, um den »Tatort« auf seinem Fernseher mit 60-Zoll-Bildschirmdiagonale verzerrungsfrei sehen zu können. Sie schränken Ihre Freiheit ein, um Platz für Produkte zu machen. Oder um Wochenendtrips mit dem Billigflieger und Flughafentransfers und Sicherheitskontrollen zu absolvieren, anstatt zu Hause zu bleiben und sich von der Arbeitswoche zu erholen – hat Ihnen das jemand befohlen? Wer?

Ein Marketing-Mann von Harley-Davidson hat einmal gesagt: »Bei Harley kaufen sie ein Lebensgefühl und bekommen noch kostenlos ein Motorrad dazu.« Als Kunde von Lifestyle-Anbietern sind Sie längst Teil der Benutzeroberfläche von Unternehmensstrategien geworden, die Sie als ihr eigentliches Produkt erfunden haben: als unablässiger Neu-Bedürfnis-Haber, dem man in immer kürzeren Zeitabständen immer mehr Neues andreht. Zum Beispiel ist Apple kaum daran interessiert, welche Krankheiten die Arbeiter bekommen, die bei Foxconn die Displays imprägnieren, über die Ihre Finger dann so geschmeidig gleiten können, dafür umso mehr daran, wie sich die Produktion von immer mehr Geräten für immer absurdere Zwecke in Ihrer Innenwelt einrichtet. In der haben sich die Prioritäten, die Aufmerksamkeiten und die Wahrnehmungen bereits so verändert, dass Sie längst schon ein digitaler Junkie geworden sind, der Entzugserscheinungen bekommt, wenn das iPhone weg ist. Selbst auf Musikfestivals bilden sich die längsten Schlangen vor den Aufladestationen für Handys; nicht auszudenken, wenn man nicht online gehen kann. Der Anblick der szenigen jungen Paare, die in szenigen Berliner Bars nebeneinandersitzen und auf die Bildschirme ihrer MacBooks starren und von Zeit zu Zeit irgendwelche Tasten auf ihren Tastaturen drücken, hat für mich etwas zutiefst Deprimierendes.

Mich verstört der leichtherzige Verzicht auf Freiheit und das freimütige Eintauschen von Autonomie gegen Produkte auch deswegen, weil hier ohne Not preisgegeben wird, was der wirkliche historische Gewinn des Aufstiegs der frühindustrialisierten Gesellschaften war. Das ist nicht primär der Wohlstand, der ja hinsichtlich seines Mehrwerts an Glück ab einem bestimmten Niveau ziemlich begrenzt ist, sondern eben das: bürgerliche Rechte, Demokratie, Rechtsstaatlichkeit, Bildungs- und Gesundheitsversorgung. Denn die kapitalistischen Gesellschaften produzieren ja beides zugleich: die Erfahrung von Freiheit und Teil-

habe *und* Ungleichheit und Ungerechtigkeit. Die Steigerung des individuellen Glücks *und* die Zerstörung der Welt. Aufklärung *und* Selbstentmündigung.

Deshalb greift alle grüne Kritik an der ressourcenübernutzenden Kultur und jede Forderung nach mehr Nachhaltigkeit in der Wachstumswirtschaft gleich zweimal daneben: Erstens geht es heute nicht mehr um Korrekturen, sondern um eine Umkehr, und zweitens nicht um die Frage, was es zu vermeiden, sondern was es zu erhalten gilt. Denn eines ist ja klar: Gesellschaften unseres Typs werden in den kommenden Jahren und Jahrzehnten mehr und mehr unter Stress geraten, unter Ressourcenstress, Schuldenstress, Migrationsstress usw. Unter Bedingungen von erhöhtem Stress schrumpft der Raum zum Handeln: Man beginnt dann nur noch zu reagieren und hört auf zu gestalten so wie es die europäischen Regierungen unter dem Druck der Finanzindustrie heute schon tun. Weshalb man vor einer einfachen Wahl steht: Da sich unsere Welt radikal verändern wird. stehen wir nicht vor der Frage, ob alles bleiben soll, wie es ist, oder nicht. Wir stehen nur vor der Frage, ob sich diese Veränderung durch Gestaltung oder Zerfall vollziehen wird - ob man sehenden Auges die sukzessive Verkleinerung des noch bestehenden Handlungsspielraums geschehen und damit Freiheit, Demokratie, Recht und Wohlstand über die Klinge springen lässt. Oder ob man seinen Handlungsspielraum nutzt, um Freiheit zu erhalten, also auch die Freiheit, die Dinge besser zu machen. Warum bevorzugen Sie die erste Variante?

Harald Welzer, "Selbstdenken - Eine Anleitung zum Widerstand", Frankfurt am Main 2014, S. 114-126

WARUM IST DER KLIMAWANDEL EIGENTLICH SO TOLL?

»Der Meeresspiegel könnte bis zum Jahr 2300 um vier Meter steigen, selbst wenn die Politiker im frühen 21. Jahrhundert alles richtig machen. Das Anschwellen der Ozeane lasse sich nicht so schnell bremsen wie der Anstieg der Lufttemperatur, erklärt eine Gruppe von Klimaforschern, die mit Hilfe ihrer Computer fast 200 Jahre in die Zukunft geschaut haben. Die Höhe der Weltmeere reagiere mit 50 Jahren Verzögerung auf Maßnahmen eines möglichen Klimaschutzes [...]. [Der Meeresspiegelanstieg könnte bis 2100] das Dreifache heutiger Werte erreichen: neun bis zehn Millimeter pro Jahr. [...] Bei der ehrgeizigeren Politik, die die Erwärmung auf 1,5 Grad begrenzt, dürften die Meere um insgesamt 1,5 Meter anschwellen. Der Anstieg würde bis zum Jahr 2300 zum Stillstand kommen. Die Zwei-Grad-Politik hätte hingegen zur Folge, dass die Ozeane um 2,7 Meter steigen. Werte zwischen 1,6 und 4,0 Metern wären auch möglich. Außerdem würde sich der Meeresspiegel im Jahr 2300 immer noch gut doppelt so schnell erhöhen wie heute, ein Ende wäre nicht in Sicht. Verpasst die Politik einen effektiven Klimaschutz, ist bis 2300 mit einem Anstieg um bis zu fünf Meter zu rechnen, bei ungebremster, viermal so schneller Zunahme wie heute. Viele Inseln und Städte würden bewohnte Küstenstreifen verlieren. In New York bewirke schon ein Anstieg um einen Meter, dass schwere Überflutungen im Mittel alle drei Jahre statt einmal im Jahrhundert auftreten«.76

Manchmal denke ich, die meisten wissenschaftlichen Ergebnisse könnten auch ruhig in der Schublade verschwinden, sie müssen nicht zwingend die Öffentlichkeit erreichen. Auch in diesem Fall. Dass die Forscher sich die Welt in 300 Jahren offenbar noch so vorstellen, wie sie jetzt ist, nur feuchter (vor 300 Jahren hatte New York übrigens 5700 Einwohner und war gut im Fellhandel), ist an Naivität kaum zu überbieten. Und ihr Zahlengeballer, das auf Computermodelle mit ständig höherer Rechenkapazität zurückgeht, impliziert aber auch nicht das Geringste für die Gegenwart, zumal ja inzwischen in der Klimaforschung Einigkeit herrscht, dass das (politische, nicht wissenschaftliche) »Zwei-Grad-Ziel« nicht zu halten sein wird.

Aber kein heute lebender Mensch, und sei er noch so zukunftsbewusst, würde sein Handeln an einem Horizont von mehreren Jahrhunderten ausrichten. Für so etwas braucht man entweder eine Religion oder politische Hybris – die Letzten, die solche Weitsicht hatten, waren Adolf Hitler und Pol Pot. Weniger zukunftsbewusste Menschen situieren sich selbst und ihre Absichten im gelebten Generationenhorizont, also etwa im Rahmen eines Jahrhunderts. Mehr wäre auch gar nicht sinnvoll, weil, wie die Klimaforscher selbst ja andauernd feststellen, die Erde ein System voller Wechselwirkungen ist, weshalb die lachhaften Jahresmillimeter der Modelle durch irgendeine nichtlineare Wirkung sich ja genauso gut in Zentimeter Anstieg oder Rückgang verwandeln können. Oder in Meter. Oder in was auch immer – Maßstäbe sind ja historisch gleichfalls variabel.

Die außerwissenschaftliche Kommunikation solcher Befunde führt also eher zu Verdummung; innerwissenschaftlich machen derlei Ergebnisse durchaus Sinn, weil weitere Diskussionen und Berechnungen daran ansetzen können. Politisch ruiniert die Kommunikation solcher Daten allerdings alles, was an der Klimaforschung je politisierend gewesen wäre: zum Beispiel die dringliche Mitteilung, dass man in das Erdzeitalter des Anthropozäns übergetreten und die Menschen die am stärksten wirkende geologische Kraft geworden sind. Das ist in der Tat revolutionär: Bedeutet das doch, dass wir nicht mehr oder wenigstens nicht mehr ausschließlich Objekt der Naturverhältnisse sind, sondern dass die Natur Objekt von Sozialverhältnissen geworden ist. Das ist allerdings eine Vertiefung der Dialektik der Aufklärung, die sich Max Horkheimer und Theodor W. Adorno nicht hätten vorstellen können, als sie schrieben, dass jeder Versuch, den Naturzwang zu brechen, desto tiefer in ihn hineinführe.⁷⁷ Dieser Satz gilt im Anthropozän mehr als je zuvor; denn die Rückwirkungen der menschlichen Einflüsse auf das Erdsystem sind, wie allein die Zunahme der Extremwetterereignisse zeigt, heute noch unabschätzbar, sicher aber verheerend.

Gerade darum aber täte der internationalen Community der Klimaforscher ein wenig Gesellschaftstheorie nicht schlecht. Denn der »Natur«, dem »Klima«, den »Weltmeeren« ist ja völlig gleichgültig, ob sie sich verändern oder nicht. Das bewusste Registrieren von Umweltveränderungen bleibt den Menschen vorbehalten; es bedarf eines Subjektes, und zwar eines, das sich

darüber klar ist, dass sein Leben endlich ist. Erst aus diesem Bewusstsein resultieren Vorausschau, Planung und Vorkehrung. Die Erde plant so wenig wie das Meer, und auch wenn die Menschen verschwunden sind, wird die Biosphäre weiterexistieren. Deshalb sind alle ökologischen Fragen nie etwas anderes als soziale und kulturelle Fragen: Sie betreffen immer die Existenzbedingungen menschlicher Überlebensgemeinschaften. Wenn diese Gemeinschaften naturwissenschaftliches Wissen und Technik für die Erhaltung ihrer Überlebensbedingungen einsetzen, bleibt dieser Einsatz eine soziale Handlung und etabliert eine soziale Praxis. Diese diente immer und dient auch heute noch in einem sehr grundlegenden Sinn der Beherrschung äußerer Natur - diese ist im Anthropozän womöglich noch bedrohlicher als im Holozän, da sich ja kaum vorhersagen lässt, welche nichtlinearen Wirkungen eine globale Erwärmung um drei, vier oder fünf Grad mit sich bringen würde. Die Klimaforschung hat eine Reihe von sogenannten Tipping points identifiziert, die die unangenehme Eigenschaft haben, sich ab dem Erreichen eines Schwellenwerts mit einer nicht antizipierbaren Dynamik zu entwickeln. Das ist die Dialektik des Anthropozäns: Die möglichst weit vorangetriebene Naturbeherrschung und die herrschende Kultur immer weiter perfektionierter Fremdversorgung schafft Kontrollverluste ungeahnten und unplanbaren Ausmaßes. Man könnte es auch so sagen: Erdbeben, Tsunamis, Überschwemmungen – das gehört zum Erwartbaren und ist in lokale Resilienzstrategien ebenso eingebaut wie in die Berechnungen der Versicherungen und Rückversicherungen. Die Menschheit hat ein paar hunderttausend Jahre Erfahrung mit solchen Dingen, auch damit, dass sie nie beherrschbar waren. Mit den kommenden Tipping points kennt sie sich aber leider nicht aus.

Die wiederum einfache Wahrheit lautet: Vollständige Naturbeherrschung bleibt ein unerfüllbarer Traum, solange Menschen Naturwesen sind, und jeder Versuch, äußere Natur zu beherrschen, verändert auch die innere Natur, entlässt sie also keineswegs aus dem Naturzwang. Kultur ist nie etwas anderes als ein spezifischer Ansatz von Naturbeherrschung. Da solche Ansätze historisch bekanntlich sehr unterschiedlich erfolgreich ausfallen können, sollte sich auch in der Klimaforschung allmählich herumsprechen, dass Überlebensfragen Kulturfragen sind, die naturwissenschaftlich zwar informiert werden können, aber nie naturwissenschaftlich zu lösen sind. Leben ist keine Gleichung, und Gesellschaften sind keine komplexen Glei-

chungen. Im Gegenteil: Gleichungen sind Erfindungen von Gesellschaften, die, wie Norbert Elias sagen würde, ein hohes Syntheseniveau erreicht haben. Mathematische Modelle sind Weltdeutungsversuche auf hohem Abstraktions- und Syntheseniveau, nicht mehr und nicht weniger.

Das vergessen die meisten Vertreter und Vertreterinnen der Natur- und Technikwissenschaften, falls sie es überhaupt je gewusst haben. Dieses Vergessen ist allerdings folgenreich: führt es doch zu der fatalen Vorstellung, die Welt ließe sich auf der Grundlage naturwissenschaftlicher Daten und Befunde einrichten. Die Naivität, mit der heute Gesellschaft und ihre Transformation gedacht werden, ist nur ein weiterer Beleg dafür, wie sehr Geschichte und Gesellschaftstheorie fehlen, wenn nach Strategien gegen die fortschreitende Zerstörung der Überlebensbedingungen gesucht wird. Dass »Lösungen« primär auf technologischer und ökonomischer Ebene angestrebt werden, dokumentiert einmal mehr die Wirksamkeit der kulturellen Bindung: In einer Kultur, die von Technologie und expansiver Ökonomie in der Tiefe geprägt ist, kann das ja auch kaum anders sein.

Genau daraus resultiert die Konzentration der Aufmerksamkeit auf den Klimawandel und die Vernachlässigung *aller* anderen Umweltthemen in der öffentlichen und vor allem in der politischen Debatte. Spätestens seit den alarmierenden Berichten, die der IPCC zum Jahresbeginn 2007 publizierte, rückte der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur in der Rangreihe der ökologischen Besorgnisse nach ganz vorne – und das, obwohl psychologisch eigentlich alles gegen diese Prominenz spricht:

Erstens wäre da die schon erwähnte zerdehnte Zeitstruktur zwischen Ursachen und Wirkungen, die den Klimawandel psychologisch so schwer erfahr- und greifbar macht: Die heute zu verzeichnenden Steigerungen in der globalen Durchschnittstemperatur gehen auf die rasant angewachsenen Emissionsmengen in der Nachkriegszeit zurück (vgl. S. 44). Die Ursachen für die heute zu beobachtenden Folgen der Erwärmung – Hitzesommer, Überschwemmungen, Tornados in Mittelhessen usw. – haben keinen direkten Zusammenhang mit dem, was man gerade tut, sondern mit dem, was Menschen vor vier oder fünf Jahrzehnten getan haben. Wegen dieser Trägheit hätten auch alle Maßnahmen, die heute ergriffen würden, messbare Wirkung erst in wiederum vier bis fünf Jahrzehnten, was die Leidenschaft für sofortiges Handeln eher kühl hält.

Die zerdehnte Kausalität macht den Klimawandel unschuldig. Konkrete Verursacher lassen sich nicht identifizieren oder nicht mehr haftbar machen; konkrete Leidtragende leben vor allem in der Zukunft. Das ist gut: Vorwürfe aus der Nachwelt sind wenig bedrohlich. Niemand scheint verantwortlich, weshalb man auch niemanden anklagen oder unschädlich machen kann: »Da müsste ich ja vor meinem eigenen Kamin demonstrieren«, zitiert Joachim Radkau einen Politiker der »Grünen«.⁷⁸ Exakt das wäre die Konsequenz. Ernst genommen lautete der Imperativ, der aus der globalen Erwärmung folgt: Niemand kann so weitermachen wie bisher. Diesem Imperativ kann man sich nur entziehen, wenn man das Phänomen naturalisiert: Wie bei einem Naturereignis finden sich weder Verursacher noch Schuldige. Da muss schon »die Weltgemeinschaft« her, um eine Lösung zu finden. Da es die nicht gibt, bleibt alles, wie es ist.

Zweitens ist das Bedingungsgefüge, das für die Klimaerwärmungsfolgen ursächlich ist, mindestens so vielfältig und komplex wie die faktischen Wirkungen, die aus der Erderwärmung resultieren: Wie CO₂, Methan und andere Treibhausgase aus industrieller Produktion, Viehzucht, Heizungen und Mobilität resultieren, so wechselwirken diese Emissionen mit Veränderungen in den Senken, also zum Beispiel den Ozeanen und Regenwäldern. Die Auswirkungen der Klimaerwärmung fallen lokal so unterschiedlich aus wie ihre Erscheinungsformen: Dürren gehören genauso zu ihnen wie Überschwemmungen, Eisschmelzen genauso wie lokale Abkühlungen, Starkregen genauso wie Hitzesommer. Und während Erwärmungsfolgen an der einen Stelle des Planeten zur radikalen Einschränkung von Überlebensmöglichkeiten und zu Krieg führen,⁷⁹ schaffen sie an einer anderen Stelle erfreuliche Aussichten für den Tourismus oder für den Wein- oder Obstbau.

Wenn alles mit allem zusammenhängt, scheint es schier aussichtslos, durchzublicken, und noch aussichtsloser, irgendwo Maßnahmen anzusetzen. Wenn etwas aus jeder Perspektive verschieden aussieht, fällt schwer, zu entscheiden, welches »die richtige« ist. Daher ist es so schwierig, den Klimawandel zu politisieren: Führt man ihn auf den ressourcenübernutzenden Lebensstil des Westens zurück, kommt sofort das Argument, genau diesen könne man den Bewohnerinnen und Bewohnern der Schwellenländer doch nicht vorenthalten (seltsam, dass diese egalitäre Haltung bei keinem anderen transnationalen Gerechtigkeitsthema vorzufinden ist). Fordert man dagegen die

Einschränkung von Mobilität und Konsum hierzulande, wird sofort »Ökodiktatur« gerufen und die Freiheit bedroht gesehen (seltsam, dass diese Freiheitsfreunde bei Google oder Facebook nichts Diktatorisches wittern). Darin sind Bewohner von Mediengesellschaften geübt: Zu jedem noch so plausiblen Argument findet sich ein gegenläufiges, in jeder Talkshow sitzt demgemäß irgendein Professor, der den abseitigsten Unsinn zu vertreten bereit ist, nur damit er im Fernsehen sein darf. Die Einfachheit des zentralen wissenschaftlichen Befundes, dass die Praxis der Ressourcenübernutzung mittelfristig entweder nicht durchzuhalten oder aber nicht universalisierbar ist, wird durch die Komplexitätsbehauptung kaschiert. Aus dem einfachen Argument folgt eine unangenehme Konsequenz. Aus dem komplexen: gar nichts.

Drittens: Es gibt keine Regierungskunst für den Umgang mit globalen Problemen. Wie man ein Problem, das im Kern eine Folge der Industrialisierung ist, in dem Augenblick lösen soll, in dem immer mehr Gesellschaften weltweit Industriegesellschaften werden, ist völlig schleierhaft. Dass die regelmäßig stattfindenden internationalen Klimaverhandlungen regelmäßig zu nichts führen, ist demgemäß auf die international äußerst disparaten und ungleichzeitigen Interessen zurückzuführen. Die einzige bislang in Ansätzen praktizierte transnationale Lösung, der Emissionshandel, ist so unverständlich und in seinen Folgen bizarr, dass der Eindruck beim Publikum, dass man es mit einem höchst abstrakten Phänomen zu tun hat, nochmals verstärkt wird. Da der Handel so konstruiert ist, dass Emissionseinsparungen, die beispielsweise die Kunden eines Energieanbieters leisten, dazu führen, dass dieser weniger Verschmutzungszertifikate kaufen muss oder sogar welche verkaufen kann, wird die Veränderung individueller Verhaltensweisen konterkariert: Der sorgsamere Umgang mit Ressourcen führt zu besseren wirtschaftlichen Chancen des Anbieters, die Emissionsmenge selbst bleibt aber gleich. Dazu war Betrug im Emissionshandel so erwartbar wie bei jeder anderen Wirtschaftstätigkeit und blieb auch nicht lange aus: Überall, wo monetäre Lösungen gewählt werden, entsteht sekundäre Anpassung: Leute beuten das System für ihre Interessen aus.⁸⁰

In einer expansiven Wirtschaftskultur, deren Bestreben es ist, alles und jedes zu ökonomisieren, liegt es nahe, sogar noch Emissionen mit einem Preis zu versehen und marktförmig zu machen. Auf wundersame Weise entsteht hier die Kategorie des negativen Gutes, das aber handelbar ist wie jedes andere Gut

auch. Damit sind Partikularinteressen Tür und Tor geöffnet. Sofort entsteht die Praxis, Regenwälder abzuholzen, um auf den freigewordenen Flächen Palmölmonokulturen anzulegen, die »nachhaltig« bewirtschaftet werden, wofür dann Verschmutzungsrechte in Anspruch genommen werden können. Auch hier erweist sich der Kapitalismus als grenzenlos geschmeidig: Hat etwas erst einmal einen Preis, lassen sich damit Geschäfte jeglicher Art treiben. Der Handel mit Emissionen hat ungefähr so viel mit dem Klima zu tun wie ein Finanzmarktderivat mit einem Glas Milch; er gilt gleichwohl als der Fortschritt in der internationalen Klimapolitik. Interessanterweise wurde die Ökonomisierung unabhängig von einer internationalen Koordination der Reduktion von Treibhausgasen des Klimaschutzes in Gang gesetzt.⁸¹ So bleibt die handelbare Menge groß, und bevor überhaupt etwas gegen die Klimaerwärmung beschlossen ist, sind ihre Ursachen schon monetarisiert. Wenn man etwas kaufen, halten oder verkaufen kann, was vorher keinen Preis hatte, ist Eigentum entstanden, wo es zuvor keines gab. Man sollte das als Lehrstück nehmen, wenn die Monetarisierung von sogenannten Ökosystemdienstleistungen gefordert wird: Vergessen Sie nie zu fragen, wer Besitzrechte an dem jeweiligen Ökosystem besitzt oder beansprucht, dessen »Dienstleistungen« plötzlich Geld kosten sollen!

Viertens und letztens: Die Kommunikation des Themas ist, man lese nur das einleitende Zitat noch mal, abstrakt und unverständlich. CO₂ ist weder sicht- noch fühl- noch riech- noch schmeckbar. Seltsamerweise hat es aber ein Gewicht; das, was aus dem Auspuff eines Autos kommt, wiegt trotz seiner Unsichtbarkeit eine Menge, was kein Mensch versteht. Reduktionsfortschritte wirken sich dementsprechend auch nur unsichtbar aus. Sie stehen lediglich in Verkaufsprospekten für Autos.

Die so einfache wie gefährliche Tatsache, dass eine Wirtschaftsweise es in zwei Jahrhunderten (bei immerhin 200 000 Jahren Menschheitsgeschichte) geschafft hat, substantiellen Einfluss auf das Erdsystem auszuüben, wird durch eine verwissenschaftlichte und bürokratisierte Sprache voller Akronyme und Kunstwörter (IPCC, CCS, CDM usw.) zu einem Komplex aufgeblasen, den niemand verstehen kann, der sich in den Details verliert. Man beachte die Parallelität zur Finanzmarktkrise, die auf die so einfache wie gefährliche Tatsache zurückgeht, dass private Akteure gegen Volkswirtschaften spekulieren und damit erfolgreich sind. Auch hier wird Komplexität suggeriert; die Akronyme heißen dann ESM, EFSF, EZB, die Plastikwörter

»Troika«, »Krisengipfel«, »Eurorettung«, »europäisches Projekt« usw.

Aber gerade mit diesem letzten Punkt kommen wir auf eine Spur, wieso das alles in allem so abstrakte, ferne, unlösbare und ambivalente Thema »Klimawandel« solche Prominenz hat, in den Besorgnisumfragen ganz vorn rangiert und hinsichtlich der Neugründung von Instituten und Stiftungen sowie des Einwerbens von Forschungsgeldern so frappierend erfolgreich ist. Dass man nichts sehen kann, macht den Klimawandel im Unterschied zum Beispiel zu Müllverbrennungsanlagen, verschmutzten Gewässern oder zurückgehenden Gletschern so harmlos – Beunruhigendes drängt sich da gar nicht auf.

Tatsächlich tragen alle genannten Aspekte, die seinen hohen Aufmerksamkeitswert psychologisch unwahrscheinlich machen, dazu bei, ihn als ökologisches Problem attraktiver werden zu lassen als alle anderen Umweltprobleme. Weil die Kausalität zerdehnt ist, weil seine Komplexität so groß ist, weil er ein globales und kein lokales Problem darstellt, weil er scheinbar nur über den Markt und nicht über Verhaltensveränderung bekämpft werden kann und eben weil er so perfekt unsinnlich ist, schiebt er sich als Menschheitsproblem so weit nach vorn. Seine Botschaft ist: Schlimm, wir versuchen unser Bestes, aber leider kann man nichts machen. Psychoanalytisch würde man das als



Alfred Hitchcock, Erfinder des McGuffin.

»Verschiebung« bezeichnen – man hat ein Problem, das zu beseitigen höchst unangenehm wäre, und konzentriert sich daher lieber auf ein anderes.

Cineastisch würde der Klimawandel die Rolle eines »McGuffin« übernehmen. Alfred Hitchcock hat diesen Begriff erfunden, um damit ein filmisches Element zu bezeichnen, das selbst nicht besonders von Interesse ist, das aber dazu dient, den Handlungsverlauf in Gang zu bringen oder in Gang zu halten. Die Bedeutung eines McGuffins liegt darin, dass er selbst irrelevant ist. In seinem Interview mit François Truffaut hat Hitchcock 1966 den Begriff »McGuffin« so definiert: »Es ist vielleicht ein schottischer Name, in einer Geschichte von zwei Männern im Zug. Der eine fragt: ›Was ist denn das für ein Paket da oben in der Gepäckablage? Und der andere antwortet: ›Ach, das ist ein McGuffin«. Also fragt der erste: ›Was ist denn ein McGuffin?« ›Ja‹, sagt der andere, ›das ist ein Gerät, mit dem man Löwen in den schottischen Highlands jagt. Sagt der erste Mann: In den Highlands gibt es aber doch gar keine Löwen. Und der andere antwortet: Na ja, dann ist das kein McGuffin. Also, Sie sehen, ein McGuffin ist überhaupt nichts.«82

Genau in diesem Sinn bildet der Klimawandel das perfekt unlösbare Problem, um das sich ostentativ Besorgnisse, Forschungsanstrengungen und politische Übersprungshandlungen – wie etwa die Verpflichtung auf sogenannte Energiesparlampen - kristallisieren. Dieser McGuffin stört das Betriebssystem von Extraktion und Konsumismus nicht, sondern treibt mit Modernisierungsimpulsen wie Energiewende und »green economy« die Handlung voran. Worüber man hingegen nicht sprechen mag: Die anderen, mindestens so gravierenden ökologischen Probleme - Rückgang der Biodiversität, Bodenverlust, Wassermangel, Überfischung usw. - haben alle einen direkten Bezug zum Extraktivismus. Wenn es um sie geht, kann man unmöglich die eigenen Ernährungs-, Mobilitäts- und Konsumgewohnheiten außen vor lassen – diese Themen haben unweigerlich eine reflexive Komponente. Dasselbe gilt für alle anderen Planetary Boundaries, die überschritten werden.

Während man in den reichen Gesellschaften mit ihren enormen infrastrukturellen Vorsprüngen und geopolitischen Machtvorteilen immer noch an Waren aller Art kommt, wenn die Knappheiten zunehmen, beginnt man anderswo zu hungern, weil die Preise für Grundnahrungsmittel zu hoch geworden sind. Die globalen Warenströme verteilen Güter gerade unter Bedingungen von Knappheit an den Benachteiligten vorbei, weshalb die Folgen von Bodenzerstörung, Überfischung der Meere, Mangel an Trinkwasser soziale Ungleichheit vertiefen. Das expansive Kulturmodell des Kapitalismus hat immer Ungleichheit vorausgesetzt, und es gibt keinen Grund, weshalb sich das durch eine Verschärfung ökologischer Problemlagen ändern sollte. Die Furcht davor ist nicht zuletzt ein nachvollziehbarer Grund, wenn arme Länder die Zustimmung zu internationalen Klimaabkommen verweigern.

Dem Extraktivismus kann man nicht durch internationale Abkommen, schon gar nicht durch Geo-Engineering oder durch Eröffnen eines neuen Marktes beikommen: Er lässt sich nur durch Reduktion von Verbrauch bekämpfen. Da er eine soziale Praxis ist, kann er durch nichts ersetzt werden als durch eine *andere* soziale Praxis. Genau an diesem Punkt wird es politisch.

Harald Welzer, "Selbstdenken - Eine Anleitung zum Widerstand", Frankfurt am Main 2014, S. 126-129

ZURÜCK ZUM POLITISCHEN

Und nun die politische Lesart des Klimawandels. Der Umweltaktivist und Autor Bill McKibben hat unlängst in einem brillanten Artikel⁸³ beschrieben, womit man es im Fall des Klimawandels zu tun hat: nicht mit einem Problem ohne Täter und Verantwortliche, vor dem eine Weltgemeinschaft händeringend und tatenlos herumsteht, sondern mit einem radikalen Interessengegensatz, der sich sehr einfach formulieren lässt. Möchte man das sogenannte 2-Grad-Ziel erreichen, darf man weltweit bis zur Jahrhundertmitte nicht mehr als etwa 565 weitere Gigatonnen CO₂ in die Atmosphäre blasen. So sagt es übereinstimmend die Klimaforschung. Die gegenwärtig vorhandenen Lager für fossile Energien umfassen allerdings ein Potential von 2795 Gigatonnen CO₂, also etwa die fünffache Menge. Das Geschäftsmodell aller Mineralölunternehmen besteht darin, dieses Potential für 2795 Gigatonnen CO2 aus dem Boden und aus dem Meer, aus dem Ölschiefer und den Ölsänden zu holen und auf den Markt zu bringen, und folgerichtig tun sie das auch, und zwar völlig unbekümmert um alle Probleme der globalen Klimaerwärmung. Sie investieren gigantische Summen in die Erschließung der Vorkommen, weil sie damit gigantische Umsätze und Gewinne zu erzielen gedenken. Exxon beispielsweise wird bis 2016 jährlich 37 Milliarden Dollar für die Suche nach Ölund Gasvorkommen und ihre Erschließung ausgeben. Das sind ungefähr einhundert Millionen Dollar pro Tag.84

Das Geschäftsmodell von Unternehmen dieser Art ist, so plakativ kann man es sagen, die Zerstörung der Erde. Wollte man gegen den Klimawandel tatsächlich etwas unternehmen, müsste man also dieses Geschäftsmodell zerstören. Und genau an dieser Stelle wird aus dem McGuffin etwas völlig anderes: ein radikaler politischer Gegensatz, der durch die Pole Zukunftsfeindlichkeit und Zukunftsfähigkeit markiert ist. So betrachtet, ist der Klimawandel nämlich nicht unideologisch und subjektlos wie ein Naturgeschehen, sondern eine Bedrohung, die Verursacher hat, und zwar solche, die nicht entfernt daran denken, von dieser Verursachung abzulassen. Gegen diese Leute muss man Widerstand leisten.

Das bedeutet zugleich auch: gegen eine Politik Widerstand zu leisten, die Zukunftsfeindlichkeit unterstützt und fördert. Ge-

genwärtig würde allerdings kein politischer Akteur gegen die Absichten von BP, Exxon, Gazprom usw. vorgehen, weil – und hier kommt das fossile System zu sich selbst – die komplette Wirtschaft und ihr Wachstumsprinzip von der beständigen Dosiserhöhung der täglichen Infusion mit fossilen Rohstoffen abhängig ist. Mehr noch: weil auch der Aufstieg der Mittelklassen in den Schwellenländern und die Erhöhung der Lebensstandards in den asiatischen und südamerikanischen Ländern genau daran hängt. Mit anderen Worten: Politisch steht nicht weniger als das Zivilisierungsmodell der expansiven Moderne zur Debatte.

Das ist exakt am Beispiel der Verbesserung des Lebensstandards der Bewohnerinnen und Bewohner der Schwellenländer zu belegen, eben an der rasanten Entwicklung von Mittelklassen, von Konsumkulturen, von erhöhtem Wohlstand, von besserer Bildungs- und Gesundheitsversorgung. Denn es geschieht ja beides zugleich: die Erhöhung des durchschnittlichen Lebensstandards und der Geschwindigkeit der Zerstörung der natürlichen Ressourcen, also gerade der Voraussetzungen für die Zukunftsfähigkeit der expansiven Moderne. Das, was in ökologischer Hinsicht spektakulär verlorene Jahre sind, das sind für die aufsteigenden Bevölkerungsgruppen in Brasilien, China, Vietnam Wirtschaftswunderjahre, psychologisch wie ökonomisch vergleichbar mit der westeuropäischen Nachkriegszeit.

Hier und in den USA ging es, wie gesagt (vgl. S. 43), schon vor einem halben Jahrhundert richtig los mit dem Massenkonsum und der permanenten Ausweitung der Komfortzone; die Kehrseite des Aufstiegs bildeten die erwähnten exponentiellen Steigerungsraten im Material- und Energieverbrauch, bei den Emissionen und beim Müll – genau wie jetzt in den Schwellenländern. Das zugrundeliegende Prinzip ist simpel: Es gibt in Wachstumswirtschaften einfach mehr Treiber für Entwicklung als für Nachhaltigkeit. Die Zahlen sprechen für sich: Während heute jeden Tag 50 000 Hektar Wald gerodet, 100 Arten verschwinden und 350 000 Tonnen Fisch aus dem Meer geholt werden und Investoren überall auf der Welt Land aufkaufen, hat sich die weltweite Armut reduziert: Die Zahl derjenigen, die pro Tag nicht mehr als einen Dollar ausgeben können, hat sich seit dem Erdgipfel von Rio 1992 halbiert; wahrscheinlich gibt es demnächst auch weniger als eine Milliarde absolut arme Menschen. Beim Zugang zu Trinkwasser zeigt sich die gleiche Tendenz; insgesamt werden weit mehr Lebensmittel produziert als vor zwanzig Jahren, und sogar die Zahl der Kriege hat abgenommen.

Was man hier beobachten kann, entspricht insgesamt genau jenem »Fahrstuhleffekt«, der den sozialen Frieden im europäischen Nachkrieg gewährleistet hat: Zwar blieb soziale Ungleichheit bestehen, vertiefte sich zum Teil sogar, aber mit dem Lebensstandard ging es für alle im Fahrstuhl nach oben. Das ist das unzweifelhafte Verdienst des Prinzips der Wachstumswirtschaft: Kein System hat historisch vergleichbar schnell soziale Verhältnisse verbessert und damit für viele zum ersten Mal ein Gefühl von Chancen und Freiheit gegeben.

Leider machen diese Wirtschaftswunder das Leben nur kurzfristig besser; mittelfristig, wie gesagt, unterminieren sie ihren eigenen Erfolg. Die Wahrheit ist nicht schön: Das ethisch wünschenswerte Ziel global auch nur annähernd egalitärer Wohlstandsniveaus steht in Widerspruch zu allen Nachhaltigkeitszielen. Ökologie und Wachstum schließen sich wechselseitig aus. Will man soziale Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit im globalen Maßstab, hilft alles nichts: Dann muss man die Komfortzone verlassen, auf Wohlstand verzichten, abgeben, andere Modelle des Verteilens, Wirtschaftens und Lebens entwickeln. Was das politisch heißt, kann weder mit dem Kauf von »fair« gehandeltem Kaffee noch durch das rituelle Verlautbaren von Absichten (wie dem Einhalten des »2-Grad-Ziels«) beantwortet werden, sondern nur durch die ernsthafte und konfliktträchtige Auseinandersetzung darüber, was man für die Zukunft behalten und was man aufgeben möchte. Und gegen wen man das daran geknüpfte Interesse durchsetzen muss.

Marcel Hänggi, "Null Öl. Null Gas. Null Kohle - Wie Klimapolitik funktioniert. Ein Vorschlag", Zürich 2018, S.121-128 & S.143-145

REDUZIEREN

senken: Effizienzsteigerung und die Dekarbonisierung der Energieversorgung (also Substitution). Die Suffizienz fehlt.⁹⁹ Bevor ich mich den drei Wegen zu-

Bevor ich mich den drei Wegen zuwende, mache ich einen Schritt zurück und frage, welche Rolle Energie in einer Gesellschaft überhaupt spielt.¹⁰⁰

* Statt von »Substitution« spr man auch von »Konsistenz«. bevorzuge den ersten Begriff, d mir klarer erscheint.

Es gibt Umweltprobleme, die haben sich in den letzten Jahrzehnten wenigstens in Teilen der Welt entschärft. Die Luft ist in Europa und Nordamerika sauberer geworden. Vorschriften und Grenzwerte wurden erlassen, Verbrennungsprozesse optimiert, Abgase werden mit Filtern und Katalysatoren gereinigt und die Reinheit der Brennstoffe erhöht. Mit besserer Technik kann man mehr verbrennen und trotzdem weniger verdrecken.

Die Klimakrise ist nicht analog zur Luftverschmutzung lösbar. CO₂ ist kein Nebenprodukt der Verbrennung wie Ruß oder Schwefeldioxid, sondern ihr Hauptprodukt: Energie wird beim Verbrennen fossiler Brennstoffe frei, weil Kohlenstoff zu CO₂ (und Wasserstoff zu Wasser) verbrennt. Man kann den Kohlenstoff nicht vorgängig aus den Brennstoffen entfernen. Man kann CO₂ nur unter großem Aufwand aus den Abgasen entfernen, denn die Abgase bestehen zu einem großen Teil aus ebendiesem CO₂. Und man kann das CO₂ in den Abgasen auch nicht mit einem Katalysator in eine harmlose Substanz verwandeln. Nein: Die CO₂-Emissionen gehen nur zurück, wenn der Verbrauch fossilen Kohlenstoffs zurückgeht. So einfach das ist: Doch leicht ist es nicht, dahin zu kommen.

Es gibt drei mögliche Strategien, weniger von einer Ressource zu verbrauchen: Man kann das selbe mit weniger Ressourcen tun – das ist der Weg der Effizienz. Man kann das selbe mit anderen (umweltverträglichen) Ressourcen tun – das ist der Weg der Substitution.* Und man kann, ganz einfach, weniger tun – das nennt man Suffizienz (Genügsamkeit). Eine Lösung für die Klimakrise wird nur eine Kombination dieser drei Strategien bringen. Dabei ist einzig die Substitution in der Lage, den Verbrauch auf null zu senken; Effizienz und Suffizienz können aber dazu beitragen, dass weniger substituiert werden muss.

Die politische Debatte hat klare Präferenzen: Die Effizienz zu steigern ist immer gut; Effizienz fügt sich bestens in die kapitalistische Produktionslogik ein. Substitution erfährt schon mehr Gegenwind, wenn es darum geht, die Substitute durch geeignete politische Maßnahmen zu fördern (statt einfach darauf zu warten, dass sie sich von allein durchsetzen). Ihr steht sowohl eine Ideologie entgegen, der zufolge nur wert ist, zu überleben, was sich auf dem freien Markt durchsetzt, wie auch die enorme Beharrungskraft der alten Energien und der mit ihnen verbundenen Interessen. Aber der Weg der Substitution eröffnet immerhin neue Geschäftsfelder und bietet neue Gewinnchancen und hat deshalb auch seine Lobby. Sehr wenig Unterstützung erfährt jedoch der dritte Weg, die Suffizienz. Sie ist mit der Logik einer Wirtschaft unter Wachstumszwang nicht verträglich, man verdient mit ihr kein Geld und auf sie zu setzen, gilt weit herum als naiv. So nennt etwa das UK's Committee on Climate Change, das die britische Regierung in der Klimapoli-

ENERGIE

tik berät, auf seiner Website zwei Wege, die CO₂-Emissionen zu

Im 17. und 18. Jahrhundert ereignete sich in den abgelegenen Prärien Nordamerikas eine Energierevolution. Damals begannen Indianerstämme, die am Rande der unbewohnten Great Plains lebten, das Pferd zu nutzen, das sie von den spanischen Siedlern übernommen hatten. Das Pferd ist ein Energiekonverter: Es wandelt die Energie, die in der Biomasse des Grases steckt, in kinetische Energie um. Diese Energie wiederum nutzten die Indianer, um zu jagen – und hochwertige Nahrungsenergie zu gewinnen. Es war eine Energierevolution, wie sie sich heutige »Energierevolutionäre« erträumen: Die neue Energiequelle, das Gras der Prärien, war im Überfluss vorhanden, seine Nutzung setzte keine Schadstoffe frei, und weil das Gras bisher von den Menschen nicht genutzt worden war, konkurrierte seine Nutzung auch keine andere Tätigkeit. Auch dass nun viel mehr Bisons gejagt werden konnten, war unproblematisch: Es gab so viele, dass die Jagd sie nicht in Bedrängnis brachte. (Dass sie im 19. Jahrhundert fast ausstarben, war Folge einer gezielten Ausrottungskampagne. Die weißen Siedler wollten damit den Indianern die Lebensgrundlage entziehen.)

Aber diese Energierevolution war auch ein großes soziales Experiment, und dessen Resultate waren nicht unbedingt erbaulich. Vor der Ankunft der Europäer hatten die Prärieindianer sesshaft gelebt und weder Zug- noch Reittiere gekannt. Sie betrieben Gartenbau, jagten kleinere Tiere und gelegentlich einen Bison. Kriegerische Auseinandersetzungen gab es kaum, die Hierarchien waren flach. Zwischen den Geschlechtern bestand eine Arbeitsteilung, aber kein ausgeprägtes Machtgefälle.

Nun aber wurde das Jagen viel leichter. War die Bisonjagd zuvor ein Gemeinschaftsunternehmen gewesen (man kreiste einen Bison ein und trieb ihn über eine Felsklippe), konnte nun ein einziger Jäger mehrere Bisons auf einem Jagdzug erbeuten. Das Pferd wurde zu einem Machtsymbol; wer das schnellste Pferd besaß, war den anderen überlegen. Die Hierarchien wurden steiler, Pferderaub wurde zu einem prestigeträchtigen Unternehmen. Das Verhältnis zwischen den Geschlechtern änderte sich dramatisch: Das Pferd erleichterte das Jagen, eine Männersache, enorm, aber die Frauen hatten nun viel mehr Arbeit: Ihnen oblag die Verarbeitung der Jagdbeute. Erfolgreiche Jäger brauchten nun zur Verarbeitung ihrer Beute mehrere Frauen: Polygamie (für die erfolgreichen Männer) und Frauenraub kamen auf. Die kriegerischen Indianerkulturen, die man aus den Wildwestfilmen kennt, sind ein Ergebnis dieser Energierevolution.

Wie Energie eine Gesellschaft verändert, und dass mehr Energie, selbst wenn sie ökologisch unproblematisch bereitgestellt wird, nachteilige Folgen haben kann: Davon ist in der ganzen Energiedebatte unserer Tage kaum je die Rede. Die politische Debatte zur Energieversorgung dreht sich um technische Machbarkeiten und um die ökologischen und ökonomischen Kosten der Energiebereitstellung, seltener auch um die sozialen Kosten (wie Unfälle in Kohlebergwerken beispielsweise oder Umsiedlungen für den Bau von Stauseen). Ökonomische Kosten-Nutzen-Rechnungen führen die (monetären, ökologischen und sozialen) Kosten der Energiebereitstellung als Aufwand, die Energie selber als Ertrag. Gelingt es, mehr Energie mit weniger Kosten bereit zu stellen, ist das in dieser Sichtweise immer gut.

Ich will mich hier nicht auf Studien, Zahlen und den Streit um (künftige) Potenziale bestimmter Energietechniken einlassen. Aber ich will hier die Prämisse hinterfragen, wonach Energie, wenn man sie einmal hat, stets etwas Gutes sei und es lediglich gelte, die Kosten ihrer Bereitstellung zu minimieren.

Zu wenig, genug, zu viel

Energie verändert eine Gesellschaft: Das ist trivial. Eine Gesellschaft, die mehr Energie verbraucht, ist eine andere als eine, die wenig verbraucht. Eine Gesellschaft, die ihre Energie auf andere Weise bereitstellt und Energieträger mit anderen Eigenschaften verwendet, ist ebenfalls eine andere Gesellschaft. Eine zentralisierte Energieversorgung zentralisiert Macht, dezentrale Energiestrukturen verteilen Macht.

Energie transportiert Materialien: Das ist ökologisch relevant. Energie transportiert Menschen: Das ist sozial relevant. Energie beschleunigt sozialen Wandel. Energie verändert Gewohnheiten, befreit von Zwängen und schafft neue. Energie prägt, wie wir unsere Umwelt wahrnehmen und wie wir uns in Raum und Zeit bewegen. Energie prägt die Arbeitswelt, die Produktions-, Allokations- und Distributionssysteme. Energie verleiht Menschen Macht über andere Menschen und über ihre Umwelt.

Eine große Zahl von Menschen leidet darunter, dass sie zu wenig Energie oder zu schlechte Formen von Energie zur Verfügung hat. Eine bessere Energieversorgung könnte ihre Lebensqualität, ihre Gesundheit und ihre Chancen auf Bildung und auf ökonomischen Erfolg enorm steigern. Aber das gilt nicht mehr, wenn einmal ein gewisser Versorgungsgrad erreicht ist. Der Philosoph Ivan Illich postulierte in den 1970er-Jahren, es gebe eine »Schwelle«, jenseits derer zusätzlicher Energiekonsum keine zusätzliche Wohlfahrt mehr schaffe, ja sogar Wohlfahrt vernichte – selbst wenn dieser zusätzliche Energiekonsum vollkommen aus ökologisch und sozial unproblematischen Quellen gedeckt würde. 1011

[...]

EFFIZIENZ

Die erste Reduktionsstrategie, die Effizienzsteigerung, ist leicht zu definieren: Effizienz ist das Verhältnis von Ertrag zu Aufwand. Dass bei näherer Betrachtung oft nicht so klar ist, was man unter Aufwand und was unter Ertrag verstehen will: darauf komme ich zurück.

Effizienz heißt ein großes Versprechen: Probleme lösen und gleichzeitig Geld sparen. »Faktor Vier. Doppelter Wohlstand – halbierter Naturverbrauch« hieß der Bericht an den Club of Rome aus dem Jahr 1995. 103 »Energieeffizienz ist die Energiequelle, die jedes Land im Überfluss besitzt«, schreibt die Internationale Energieagentur auf ihrer Website. 104 Effizienz ist ein Fetisch der Energiepolitik.

Das theoretische Einsparpotenzial von Effizienzsteigerungen ist zwar begrenzt – die Gesetze der Thermodynamik setzen ihm unverrückbare Grenzen –, aber dennoch enorm, weil Energie heute in vielen Bereichen sehr verschwenderisch eingesetzt wird. Aber wie viel von dem theoretischen Potenzial wird in der Praxis realisiert?

Ein Blick in die Geschichte der Energienutzung zeigt ein äußerst ernüchterndes Bild, das, nähme man es ernst, jeden Glauben an die Energieeffizienz als Sparstrategie entmutigen müsste. Während nämlich die Techniken der Energienutzung dank technischer Fortschritte stets effizienter wurden und werden, nahm gleichzeitig auch der Verbrauch immer mehr zu. Man kann also auch immer effizienter immer mehr verbrauchen.

Das scheinbare Paradox des effizienten Mehrverbrauchs findet klassischerweise zwei Erklärungen: Erstens: Der Energieverbrauch nimmt wegen des steigenden Wohlstands zu. Hätte es keine Effizienzsteigerungen gegeben, hätte der Verbrauch noch viel

* Man findet in der Fachliteratur Schätzungen zum Potenzial von Effizienzsteigerungen. Solche Zahlen bringen aber wenig, solange nicht geklärt ist, welches Verhältnis von Ertrag zu Aufwand mit Effizienz gemeint sei. mehr zugenommen. Die Effizienz hat also tatsächlich Energie gespart – gemessen an einem Vergleichsszenario ohne Effizienzsteigerung.

Rebound

Etwas kritischer ist die zweite Erklärung: Es werden immer mehr Energiedienstleistungen in Anspruch genommen, gerade weil sie effizienter bereitgestellt werden. Als beispielsweise im frühen 20. Jahrhundert Glühbirnen mit Wolfram-Leuchtfäden auf den Markt kamen, die viermal so energieeffizient waren wie die bis dahin üblichen Kohlefaser-Glühbirnen, fürchteten sich einige Elektrizitätswerke um Umsatzeinbußen. Andere dagegen sahen den Massenmarkt kommen und stellten sich darauf ein. Sie bekamen recht: War elektrisches Licht bis dahin ein teurer Luxus gewesen, konnten es sich nun plötzlich viele leisten. Der Stromverbrauch explodierte regelrecht – nicht trotz, sondern wegen der effizienteren Technik.

Die Energieökonomie nennt solche Effekte heute Rebound. Rebound sorgt dafür, dass das Sparpotenzial von Effizienzsteigerungen nur teilweise ausgeschöpft wird oder, wie im Glühbirnenbeispiel, dass statt einer Einsparung sogar ein Mehrverbrauch resultiert. Ist letzteres der Fall, spricht man von einem

Rebound von mehr als 100 Prozent oder von Backfire.

Rebound wirkt auf verschiedenen Ebenen. Von direktem Rebound spricht man, wenn die gesteigerte Energieeffizienz eine Energiedienstleistung billiger macht und diese deshalb mehr nachgefragt wird. Indirekter Rebound tritt auf, wenn man das dank der besseren Effizienz gesparte Geld für etwas anderes ausgibt, das ebenfalls Energie verbraucht. Die dritte Form von Rebound sind die marktweiten General equilibrium effects: Gesparte Energie wirkt auf dem Markt wie ein zusätzliches Angebot. Sie senkt den Preis, wodurch sich die Nachfrage erhöht. Salopper ausgedrückt: Was ich spare, verbraucht ein anderer. Und schließlich gibt es die transformational effects: Technische Effizienzsteigerungen verändern Konsummuster. Das beschriebene Glühbirnenbeispiel hat neben direktem Rebound auch solche tranformational effects ausgelöst und soziale Normen, welche Helligkeit als angemessen gilt, verschoben.

[...]

SUFFIZIENZ

Suffizienz wird meistens mit »Genügsamkeit« übersetzt und häufig synonym mit »Verzicht« verwendet. Und der ist unpopulär: »Niemand will verzichten«, heißt es, oder auch: »Natürlich wäre Suffizienz eine gute Sache, aber sie lässt sich nicht verordnen.«

Das sind zwei gewichtige Einwände: Müssen »wir«, um die Umweltprobleme zu lösen, »verzichten«? Und: Lässt sich Suffizienz – oder Verzicht – in einem liberal-demokratischen Gemeinwesen verordnen?

Zum ersten Punkt zwei Antworten. Erste Antwort: Wenn es denn so wäre, dass Verzicht auf gewisse Dinge, die uns lieb sind, unabdingbar wäre, um das Überleben der Menschheit zu garantieren und einen katastrophalen Klimawandel (und andere katastrophale Umweltveränderungen) abzuwehren, so müsste es eben sein: Eine Güterabwägung gäbe eine sehr klare Antwort. Und auch angesichts der extremen Ungleichheit zwischen Arm und Reich auf diesem Planeten sollten wir uns vor Verzichtleistungen nicht allzu sehr drücken, wenn mit »wir« durchschnittliche Bewohnerinnen und Bewohner der reichen Länder der Weltgemeint sind.

Zweite Antwort: Die Frage, ob »wir« verzichten müssen, ist falsch gestellt. Jede gesellschaftliche Veränderung bringt Gewinne hier und Verluste da, nötigt einigen Verzichte ab und bringt anderen Vorteile. Die sinnvolle Frage lautet nicht »Müssen wir verzichten?«, sondern »Worauf müssen wir verzichten – und was gibt es dabei zu gewinnen?« Die Wahrnehmung dessen, was Verzicht sei, ist aber einseitig und hat viel mit Gewohnheit zu tun, denn worauf zu verzichten man sich gewöhnt ist, das erlebt man nicht mehr als Verzicht. Eine Straße für den Motorverkehr zu sperren, gilt vielen als Verzichtszumutung; dass der Motorverkehr auf der Straße die Menschen daran hindert, sie ohne Fahrzeug zu benutzen, ist »normal« und wird kaum als Verzicht beklagt. Aus diesem Grund »wird Veränderung umstandslos mit Verzicht gleichgesetzt, wodurch in dem Augenblick, in dem

man ¡Verzicht‹ sagt, der Status quo als ein Optimum erscheint, an dem um Gottes willen nicht herumgeschraubt werden darf«, schreiben Claus Leggewie und Harald Welzer.¹¹³ Die Feststellung, niemand wolle verzichten, ist immer konservativ.

Suffizienz einfordern?

Das waren zwei Antworten auf die erste Frage. Die zweite Frage ist schwieriger zu beantworten: Darf man Suffizienz – und damit den Verzicht auf gewisse Dinge – verordnen? Oder muss Suffizienz die Leistung einzelner sein, die auf das tägliche Stück Fleisch oder den Urlaubsflug verzichten, um die Umwelt möglichst wenig zu belasten?

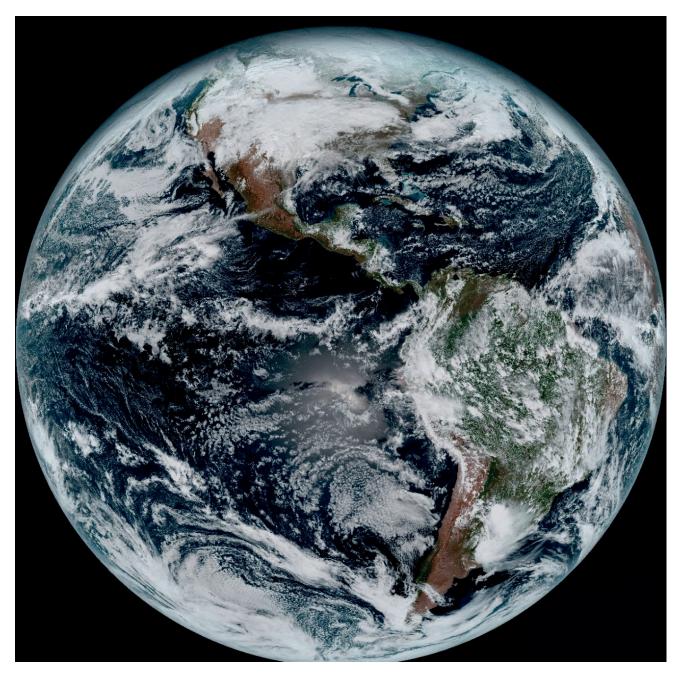
Freiheiten zu beschränken, wenn dadurch die Freiheiten anderer geschützt werden, ist zweifelsohne legitim (vgl. Kapitel »Verbieten«). Aber wie lässt sich Suffizienz einfordern?

Ein möglicher Weg führt über das Portemonnaie. Müssten Konsumenten für die externen Kosten aufkommen, die ihr Konsum verursacht, verteuerten sich viele Produkte und Dienstleistungen – Fleisch beispielsweise oder der Verkehr. Die Nachfrage ginge zurück (vgl. Kapitel »Preise«). Der Verzicht würde aber vor allem jenen auferlegt, die sich die höheren Kosten nicht leisten können. Das ist nicht grundsätzlich ein Problem: Es ist nun mal so, dass sich Reiche mehr leisten können als Arme, und dafür, dass sich die Schere zwischen Arm und Reich nicht zu sehr öffnet, müsste die Sozialpolitik sorgen. Aber es wird dann zum Problem, wenn die höheren Kosten jemanden daran hindern, am Leben in der Gesellschaft teilzunehmen: Wenn jemand wegen zu hoher Energiepreise seine Wohnung nicht mehr heizen kann. Oder wenn wegen zu hoher Verkehrspreise die Mobilität unerschwinglich wird.

Damit bin ich wieder beim Unterschied zwischen Mobilität und Verkehr. Eine Verteuerung des Verkehrs kann für einzelne zu einem Mobilitätsproblem werden, wenn es vieler Kilometer bedarf, seine Mobilitätsbedürfnisse zu befriedigen. Eine ungünstige Raumstruktur mit langen Wegen schafft einen gewissen Zwang, viel unterwegs zu sein: Sie schafft einen Zwang zu nicht-suffizientem Verhalten. Wer in einem solchen Umfeld suffizient leben will, zahlt dafür einen hohen Preis. Aber den Preis zahlen auch alle anderen. Am Beispiel der Schweiz erläutert: Laut dem Bundesamt für Statistik machten Verkehrsausgaben 1912 durchschnittlich 1,9 Prozent der Gesamtausgaben eines Haushalts aus. Vor fünfzig Jahren waren es 4,6 Prozent, 2016 11 Prozent. Dabei sind die Kosten des Aufbaus der Verkehrsinfrastruktur nicht eingerechnet, ebensowenig die externen Kosten des Verkehrs.

Eine intelligente Suffizienz-Politik versucht deshalb nicht in erster Linie, Suffizienz zu erzwingen, sondern Suffizienz zu ermöglichen. Sie schafft nicht Zwänge, sondern baut Zwänge ab, die bestrafen, wer suffizient lebt. Eine Stadt, die die Verkehrsgeschwindigkeit auf ihrem Territorium reduziert, sorgt dafür, dass Quartierläden höhere Überlebenschancen haben, dass die Wege kürzer werden, dass ihre Einwohnerinnen und Einwohner mit weniger Verkehr mobiler sind.

[...]



Aufnahmen von Nord- und Südamerika vom Wettersatelliten "GOES-16" (kurz für "Geostationary Operational Environmental Satellite"), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 15. Januar 2019

KLIMA

TABELLEN UND DATEN

Der Treibhausgasausstoss in der Schweiz hat zwischen 1990 und 2017 um 12 % abgenommen. Das Ziel, diesen bis 2020 um 20 % zu senken, wird möglicherweise nicht erreicht. Zudem verursacht die Schweiz nicht nur im Inland Emissionen, sondern – durch den Import von Gütern – noch höhere im Ausland. Der Klimawandel äussert sich in der Schweiz überdurchschnittlich: Die mittlere Jahrestemperatur ist seit Messbeginn 1864 um 2°C gestiegen, gut doppelt so stark wie im globalen Mittel.

Mobilität, Wohnen, Ernährung, Import von Gütern (Ursachen)

Der Mensch verändert durch die Emission von Treibhausgasen zunehmend die Zusammensetzung der Atmosphäre.

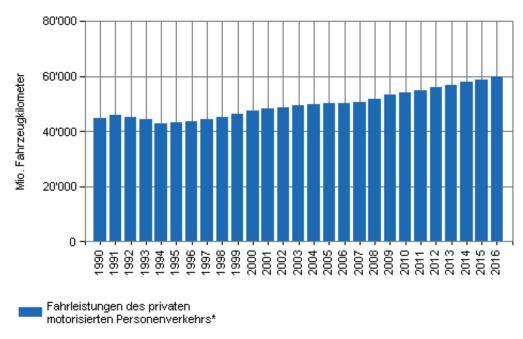
Der wachsende Güter- und Personenverkehr, insbesondere der Flugverkehr, und das Heizen des Gebäudebestandes führen zu einem grossen Verbrauch an fossilen Energieträgern. Bei der Verbrennung von Treibstoffen wie Benzin, Diesel oder Kerosin und von Brennstoffen wie Heizöl und Erdgas wird CO2 ausgestossen, das den natürlichen Treibhauseffekt verstärkt und zu einer Erwärmung der Erde führt.

Auch Landnutzungsänderungen und die Landwirtschaft tragen zur Anreicherung von Treibhausgasen wie CO2, Methan und Lachgas in der Atmosphäre bei..

Weiter fallen auch Treibhausgasemissionen im Industriesektor an sowie zu einem kleineren Teil in der Abfallwirtschaft. Der Konsum von importierten Gütern führt zu erheblichen Emissionen im Ausland, welche ebenfalls zur Erderwärmung beitragen.

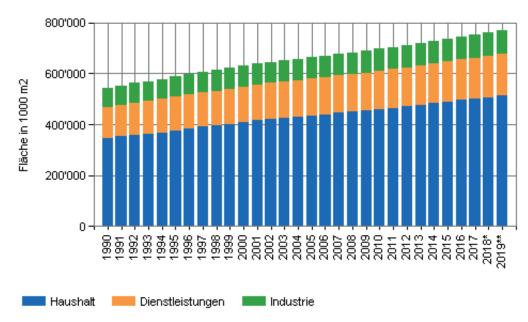
Auch Finanzierungs- und Investitionsentscheide auf den Finanzmärkten beeinflussen die Umwelt und das Klima. So entscheiden heutige Investitionen z.B. in die Energieversorgung, wie viel Treibhausgase zukünftig ausgestossen werden.

Indikator Personenverkehr Strasse



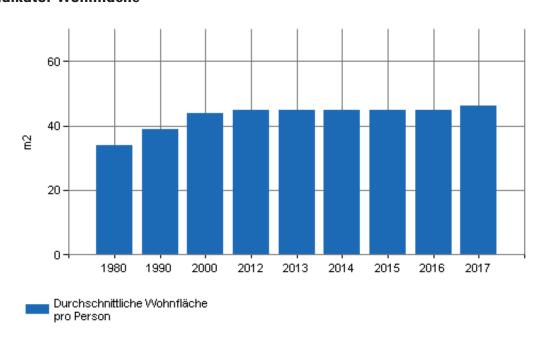
Quelle: BFS

Indikator Energiebezugsfläche



Quelle: Wüest Partner i.A BFE

Indikator Wohnfläche



Quelle: BFS: Gebäude- und Wohnungsstatistik

Ausstoss von Treibhausgasen (Belastungen)

Die Treibhausgasemissionen auf Schweizer Territorium sind seit 1990 um 12% gesunken. Die innerhalb der Schweiz 2017 in die Atmosphäre ausgestossene Menge an Treibhausgasen entspricht 47,2 Millionen Tonnen CO2-Äquivalenten (nicht eingerechnet ist der internationale Flug- und Schiffsverkehr). Dies entspricht einem Treibhausgas-Ausstoss von 5,6 t pro Kopf (davon CO2: 4,5 t).

Addiert man allerdings die durch Importgüter im Ausland verursachten Emissionen hinzu, beläuft sich das Total der Pro-Kopf-Emissionen auf mehr als das Doppelte (14t CO2-eq im Jahr 2015). Damit liegt der sogenannte Treibhausgas-Fussabdruck der Schweiz deutlich über dem weltweiten Durchschnitt von knapp 6 t CO2-eq.. Den von der planetaren Belastbarkeitsgrenze ableitbaren Schwellenwert von höchstens 0,6 t bis Ende des Jahrhunderts bzw. 1 - 1.5 t bis 2050 übersteigt er sogar um das mehrfache.

Zwischen 1990 und 2017 haben sich die Emissionen der verschiedenen Treibhausgase in der Schweiz wie folgt verändert:

der CO2-Austoss ist leicht zurückgegangen (14%).

die synthetischen Gase haben deutlich zugenommen (Faktor 7).

die Methan- und Lachgas-Emissionen, welche vor allem aus der Landwirtschaft stammen, haben abgenommen (um 19 und 15%).

Von den gesamten Treibhausgasemissionen in der Schweiz werden verursacht:

32% durch den Verkehr (ohne Flugverkehr)

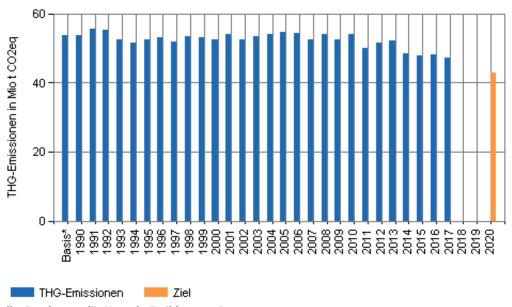
26% durch Gebäude

23% durch die Industrie

19% durch die Landwirtschaft und Abfallbehandlung sowie den Ausstoss von synthetischen Gasen.

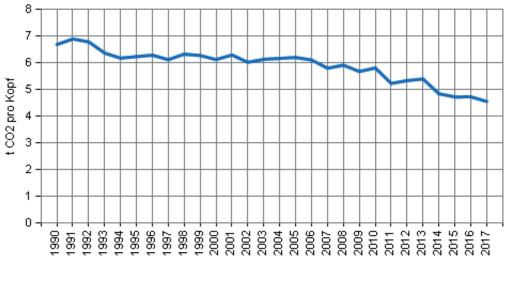
Die Entwicklung in der Schweiz läuft nicht in allen Sektoren gleich. Die Emissionen aus dem Verkehr gehen erst seit wenigen Jahren leicht zurück. Sie liegen 2017 immer noch 1% über dem Niveau von 1990. Hingegen konnten die Emissionen in den Sektoren Gebäude und Industrie um 26% bzw. 18% gegenüber 1990 gesenkt werden.

Indikator Treibhausgas-Emissionen



Quelle: Bundesamt für Umwelt: Treibhausgasinventar

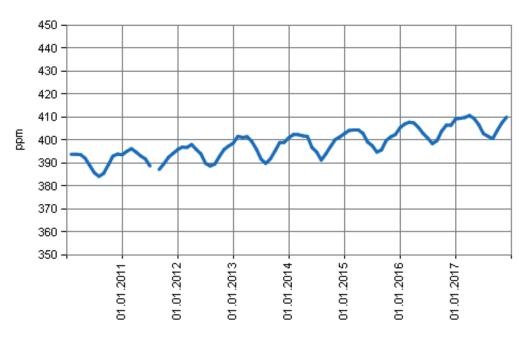
Indikator CO2-Emissionen pro Kopf



CO2-Emissionen pro Kopf

Quelle: BAFU, BFS

Indikator Treibhausgas-Konzentration in der Atmosphäre



CO2 Konzentration

Quelle: BAFU (Empa)

Klimaänderungen (Zustand)

Die durchschnittliche Temperatur in der Schweiz hat seit Messbeginn (1864) um 2°C zugenommen und ist damit doppelt so hoch wie der globale Anstieg, der etwa 1°C beträgt. Die steigenden Temperaturen lassen sich seit Mitte des 19. Jahrhunderts mit natürlichen Faktoren (z.B. Schwankungen der Sonnenstrahlung) nicht mehr erklären. 9 der 10 wärmsten je gemessenen Jahre in der Schweiz wurden im 21. Jahrhundert registriert.

Die Sommertage mit Maximaltemperaturen über 25°C haben zugenommen, während Frosttage mit Minimaltemperaturen unter 0°C abgenommen haben.

Weil die Niederschläge in Form von Schnee zurückgehen und die Sommer immer trockener und heisser werden, verlieren die Alpengletscher seit Mitte der 1970er-Jahre im Schnitt Jahr für Jahr 1% ihres Volumens. Setzt sich dieser Trend fort, drohen bis 2050 50–90% der Alpengletscher ganz zu verschwinden.

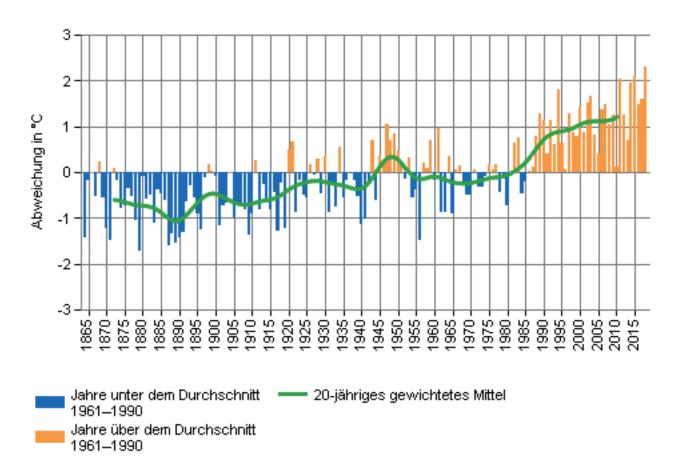
Die Vegetationsperiode hat sich seit den 1960er Jahren um etwa zwei bis vier Wochen verlängert. Die Niederschläge im Winterhalbjahr nahmen im Laufe des 20. Jahrhunderts im nördlichen und westlichen Alpenraum um 20–30% zu.

Es gibt auch erste Anzeichen, dass sich extreme Ereignisse häufen werden. So haben seit 1901 sowohl die Häufigkeit als auch die Intensität von Starkniederschlägen an über 90% der Messstationen zugenommen.

Wenn die weltweiten Treibhausgasemissionen weiterhin ungebremst ansteigen, dürften bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts laut Klimaszenarien die jahreszeitlichen Mitteltemperaturen in der Schweiz um etwa 2 bis 3.3°C zunehmen (gegenüber der Periode 1981-2010) und bis zum Ende des 21. Jahrhunderts um etwa 3.3 bis 5.4°C. Falls die Emissionen gemindert werden (um mindestens 50% bis 2050 in Bezug auf 1990, was dem Ziel des Pariser Abkommens entspricht), könnte sich die Erwärmung bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts bei 0.7 bis 1.9°C und bis zum Ende Jahrhundert bei 0.6 bis 1.9°C stabilisieren.

Die Sommer werden gemäss Modellrechnungen trockener und die Abflussregimes dürften sich verändern. Zudem muss die Schweiz mit fortschreitenden Veränderungen der Wetterextrema rechnen, beispielsweise mit mehr Hitzewellen und Starkniederschlagsereignissen und weniger Kälteperioden.[...]

Indikator Jahresmitteltemperatur



Quelle: MeteoSchweiz

Sven Titz (Text), Alexandra Kohler und Balz Rittmeyer (Grafiken), "Hitzesommer und nur noch halb so viel Schnee in der Schweiz – so trifft uns der Klimawandel", in: NZZ vom 13. August 2019, Zürich.

Hitzesommer und nur noch halb so viel Schnee in der Schweiz – so trifft uns der Klimawandel

Weltweit finden Klimastreiks statt. Zur Einordnung haben wir die wichtigsten Fakten zum Klimawandel und zu den Klimazielen zusammengestellt.

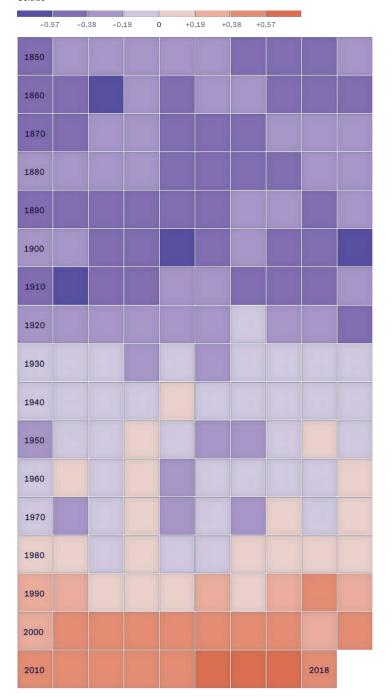
Neueste Entwicklungen

- 8. August 2019: In einem Sonderbericht macht der Uno-Klimarat auf die Bedeutung der Landoberfläche aufmerksam. Nützlich im Kampf gegen den Klimawandel sind demnach ein stärkerer Schutz der Wälder, gebietsweise Aufforstung, eine nachhaltige Art der Landwirtschaft und eine fleischarme Ernährung.
- 12. Juni 2019: Grossbritannien will als erstes Land der G7-Gruppe den Ausstoss von Treibhausgasen nahezu auf null senken. Die Regierung kündigt ein entsprechendes Gesetz an. Das Ziel «netto null» soll im Jahr 2050 erreicht sein.
- 17. April 2019: Demonstranten der Bewegung «Extinction Rebellion» besetzen Plätze und Strassen in der Londoner Innenstadt. Die Polizei nimmt mehr als 400 Personen fest.
- 15. März 2019: In 25 Schweizer Städten finden Klimastreiks statt. Sie sind Teil einer weltweiten Aktion, bei der Schüler, Studenten und andere für einen besseren Klimaschutz auf die Strasse gehen. Laut der Bewegung Klimastreik Schweiz sind über 1300 Veranstaltungen in 98 Ländern geplant.
- 13. März 2019: An der vierten Uno-Umweltversammlung in Nairobi warnen Forscher in einem Bericht vor der Umweltverschmutzung und dem Klimawandel. Durch Feinstaub würden ohne ausreichende Massnahmen Millionen von Menschen vorzeitig sterben, heisst es in dem Bericht. Viele Küstenstädte und kleine Inseln seien vom steigenden Meeresspiegel bedroht.

Worum geht es?

Mit dem Klima ist immer irgendetwas: Ein riesiger Eisberg bricht ab. Politiker streiten am Umweltgipfel. Oder es werden gegenwärtige Unwetter in der Schweiz mit der Erderwärmung in Verbindung gebracht. An dem Thema Klimawandel, das als eines der drängendsten unserer Zeit gilt, kommt man kaum mehr vorbei. Doch wie ist der Stand des Wissens zum Klimawandel wirklich? Wer stösst die meisten Treibhausgase aus? Welche Optionen gibt es, um die Veränderung in Grenzen zu halten? Bei den vielen Nachrichten zu Erwärmung und Emissionen verliert man leicht den Überblick. Den wollen wir hier schaffen.

Vergleichsweise leicht ist zu erkennen, wie stark sich seit der industriellen Revolution die Erdatmosphäre erwärmt hat. Wissenschafter vom Met Office Hadley Centre in England haben aus den weltweiten Temperaturmessungen für jedes Jahr den globalen Mittelwert errechnet.



Wir haben die vorliegenden Daten in gleich grosse Intervalle eingeteilt. Nur das unterste Intervall ist kleine denn der grösste Wert ist 0,762, der kleinste –0,597. – Quelle: Met Office Hadley Centre – Grafik: brt.

Der Klimawandel im Detail

- 1 Was ist das überhaupt, das Klima?
- 2 Was ist der Treibhauseffekt?
- 3 Wie stark hat sich die Erde in verschiedenen Regionen erwärmt?
- 4 Wo kommt das CO2 her, und was sind CO2-Senken?
- 5 Wie stark tragen wir in der Schweiz zur Erderwärmung bei?
- 6 Wie stark ist die Schweiz vom Klimawandel betroffen?
- 7 Was bedeutet der menschengemachte Klimawandel konkret?
- 8 Sind wir auf Kurs? Ein Überblick über die Klimaziele
- 9 Wie der menschengemachte Klimawandel entdeckt wurde

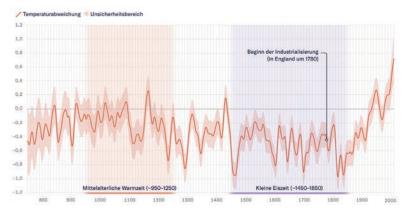
1 Was ist das überhaupt, das Klima?

Wetter sei eine Laune, Klima die Persönlichkeit. So erklärt der amerikanische Klimaforscher Marshall Shepherd den Unterschied zwischen Wetter und Klima. In der Tat bezeichnet man als Wetter den gegenwärtigen Zustand der Atmosphäre. Demgegenüber ist das Klima eine Bestandsaufnahme des Wetters über einen längeren Zeitraum. In der Regel betrachten Wissenschafter mindestens 30 Jahre.

Zum Klima gehört nicht nur der Mittelwert, vielmehr wird die gesamte Bandbreite des Wetters in statistischen Grössen erfasst. Zum Klimasystem zählen Wissenschafter nicht nur die Atmosphäre, sondern auch das Meer, die Eisschilde auf dem Land, die Gletscher und die schwimmenden Eisschollen. Je nach Definition gehören auch Flora und Fauna dazu. Als

Im vergangenen Jahrhundert ist die Temperatur auf der Nordhalbkugel rasant gestiegen





* Basierend auf einer Rekonstruktion der Sommertemperaturen (Mai bis August) auf der Nordhalbkugel von 750 bis 2011 -

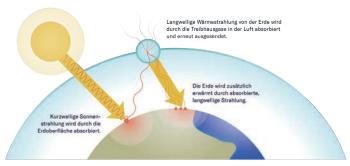
Quelle: Rob Wilson et al. / Science Direct - Grafik: brt

Klimawandel werden alle Veränderungen bezeichnet, die sich auf Zeitskalen abspielen, die mehr als 30 Jahre umfassen.

Es ist hilfreich, die globale Erwärmung seit Beginn der Industrialisierung mit dem Klimawandel in der Vergangenheit zu vergleichen. Wissenschafter rekonstruieren die Temperaturen zum Beispiel mithilfe von Baumringen. Die Dicke der Baumringe verrät, wie warm es einst im Sommer war. In der gezeigten Rekonstruktion für die Nordhalbkugel erkennt man viele Schwankungen der Temperatur, die natürliche Ursachen haben. Man sieht aber auch den deutlichen Anstieg seit dem 19. Jahrhundert. Die Freisetzung von Treibhausgasen durch den

2. Was ist der Treibhauseffekt?

Sonnenstrahlen erwärmen die Erde direkt und indirekt: Zu den indirekten Wegen gehört der Treibhauseffekt. Dabei wird die entstehende Wärmestrahlung in der Atmosphäre von Treibhausgasen absorbiert und erneut zur Erde gesendet.



Grafik: brf

Menschen führt zu einer globalen Erwärmung. Dieser menschengemachte Klimawandel besitzt zahlreiche Facetten.

2 Was ist der Treibhauseffekt?

Der Treibhauseffekt gehört zur Natur der Atmosphäre. Ohne ihn wäre es auf der Erde gut 30 Grad Celsius kälter.

Die Sonne wärmt die Erde mit ihren kurzwelligen Strahlen. Von der Reflexion einmal abgesehen, werden sie von der Oberfläche aufgenommen (absorbiert). Die Erde sendet daraufhin langwellige Strahlen aus, die man auch als Wärmestrahlung bezeichnet. Ein Teil der Wärmestrahlung wird auf verschiedene Art und Weise aufgehalten, nicht nur durch Wolken. Natürliche Treibhausgase in der Luft, vor allem Wasserdampf und Kohlendioxid, absorbieren die Wärmestrahlung bei bestimmten Wellenlängen und senden sie wieder aus. Ein Teil dieser Strahlung geht Richtung Erde. Das hat einen wärmenden Effekt. Zu den natürlichen Treibhausgasen zählen neben Wasserdampf und Kohlendioxid (CO2) auch Methan (CH4), Ozon (O3) und Lachgas (N2O).

Der Mensch verstärkt den natürlichen Treibhauseffekt, indem er zusätzliche Mengen an Treibhausgasen freisetzt, vor allem seit Beginn der Industrialisierung. Zu diesen Gasen gehört neben Kohlendioxid (dem wichtigsten menschengemachten Treibhausgas), Methan

Die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre steigt und

steigt CO2-Konzentration in der Atmosphäre auf Hawaii, in ppm (parts per million)* 450 400 250

n atmosphärischer CO₂-Konzentration weltweit. – Quelle: Earth System Research Laboratory / NOAA - Grafik: koa

und Lachgas auch bodennahes Ozon. Ihre Konzentration ist stark gestiegen, und das lässt den Treibhauseffekt immer grösser werden. Auch einzelne vom Menschen produzierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) und Fluorkohlenwasserstoffe (FKW) sind Treibhausgase. Ihr Rückgang wurde in Abkommen zum Schutz der Ozonschicht geregelt, ist aber noch nicht durchweg zu beobachten.

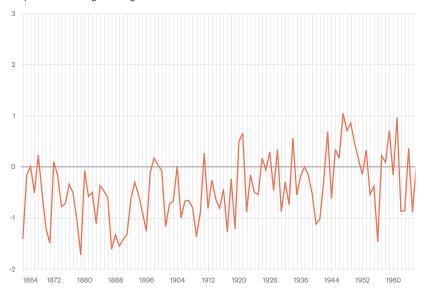
Durch die Verstärkung des Treibhauseffekts verändert sich auch die thermische Schichtung der Atmosphäre: In der Troposphäre (0–15 km Höhe) wird es wärmer, in der Stratosphäre (15-50 km Höhe) wird es kälter. Die Grenze zwischen Troposphäre und Stratosphäre hebt sich langsam.

3 Wie stark hat sich die Erde in verschiedenen Regionen erwärmt?

Das Klima verändert sich nicht gleichmässig. Je nach Region hat sich die Erdatmosphäre unterschiedlich stark erwärmt. Das Temperaturmittel der Schweiz zum Beispiel ist um ungefähr 2 Grad Celsius gestiegen, mehr als doppelt so viel wie im globalen Durchschnitt. Im Jahr 2017 war es zuletzt 1,6 Grad wärmer, als es im Mittel 1961 bis 1990 war.

Die Jahresmitteltemperatur in der Schweiz steigt

Temperaturabweichungen im Vergleich zum Referenzzeitraum 1961–1990 in Grad Celsius



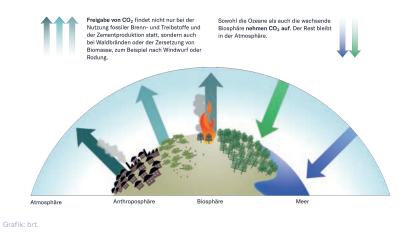
Das Schweizer Temperaturmittel beschreibt die im Mittel über die gesamte Fläche und die verschiedenen Höhenlagen der Schweiz gemessene Temperatur. – Quelle: Meteo Schweiz / eigene Berechnung – Grafik: koa.

Den grössten Temperaturanstieg verzeichnet man aber in der Arktis. Vor allem im Winter hat sich die Luft dort erheblich erwärmt. Wissenschafter bezeichnen die Tatsache, dass sich die Arktis rascher als jede andere Region wandelt, als «arktische Verstärkung». Die wichtigste Ursache für die arktische Verstärkung ist das Schrumpfen des Meereises: Ohne die reflektierenden Eisschollen nimmt der Ozean mehr Sonnenlicht auf, und im Winter gibt das Wasser ohne isolierende Eisschicht mehr Wärme an die Atmosphäre ab.

In der Arktis ist der Temperaturanstieg am grössten

* Es handelt sich um die Durchschnittstemperatur zwischen 70 und 90 Grad nördlicher Breite. – Quelle: <u>Met Office Hadley Centre for Climate Science and Services</u> – Grafik: koa.

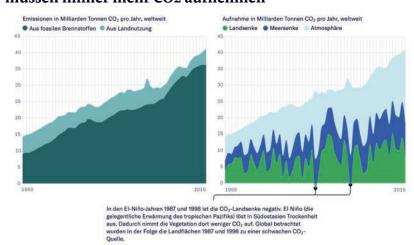
Der Löwenanteil der anthropogenen CO2-Emissionen stammt von der Nutzung fossiler Brenn- und Treibstoffe. Ausserdem setzt die Produktion von Zement das Klimagas frei. Darüber hinaus entsteht Kohlendioxid bei der Zersetzung von Biomasse und bei Waldbränden. Wenn Pflanzen wachsen, nehmen sie allerdings CO2 für die Fotosynthese auf und stellen somit eine CO2-Senke dar. Auch der Ozean ist eine wichtige Senke. Doch je mehr er sich erwärmt, desto weniger CO2 kann er speichern.



Weltweit sind die Emissionen stark angestiegen. Der wichtigste Sektor, in dem weltweit CO2 freigesetzt wird, ist die Erzeugung von Strom und Heizungswärme, vor allem für Haushalte und Industrie. Bedeutsam ist aber auch der Anteil des Verkehrs. In vielen industriellen Prozessen werden ebenfalls grosse Mengen an CO2 produziert. Auch eine veränderte Landnutzung kann eine Quelle für CO2 sein. Ein Beispiel dafür ist die Rodung von Wald zur Bereitstellung von Acker- oder Weideland. Die Trockenlegung von Feuchtgebieten mit dem

Ziel, dort Landwirtschaft zu betreiben, kann zusätzlich zur Freisetzung von CO2 führen.

Kohlenstoffdioxid-Emissionen aus fossilen Brennstoffen steigen deutlich an, und Atmosphäre, Pflanzen und Meere müssen immer mehr CO2 aufnehmen



Die wachsenden Emissionen von CO2 führen dazu, dass die Atmosphäre, die Meere und die Biosphäre immer mehr von dem Treibhausgas aufnehmen. Der jeweilige Anteil schwankt von Jahr zu Jahr stark. Das liegt unter anderem am Auf und Ab der Meerestemperaturen, denn kaltes Wasser kann mehr CO2 aufnehmen als warmes. Auch bei der Biosphäre gibt es Schwankungen: Sie nimmt in Dürrejahren weniger und in feuchten Jahren mehr CO2 auf.

China ist in absoluten Zahlen der grösste CO₂-Produzent

Emissionen aus Verbrennung von fossilen Brennstoffen, Zementproduktion und Verbrennung von Gasen, in Millionen Tonnen CO₂, 2014



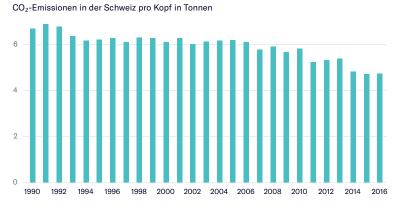
Quelle: Weltbank - Grafik: brt.

Vor wenigen Jahren löste China die USA als grösster CO2-Emittent ab. Indien holt immer mehr auf. Die Höhe des künftigen globalen CO2-Ausstosses wird vor allem vom Wachstum in asiatischen und afrikanischen Ländern abhängen. Historisch betrachtet gehen die grössten Mengen aber noch auf das Konto früher Industrieländer.

5 Wie stark tragen wir in der Schweiz zur Erderwärmung bei?

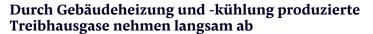
Im Vergleich zu anderen Ländern der Erde ist der Anteil der Schweiz am weltweiten Ausstoss von Treibhausgasen gewiss klein. Doch die Vorbildfunktion eines hochentwickelten Industrielands ist nicht zu unterschätzen. Im Jahr 2015 setzten die Schweizer innerhalb der Landesgrenzen pro Kopf 4,7 Tonnen CO2 frei. Seit 1990 ist der Ausstoss leicht zurückgegangen. Nicht berücksichtigt sind allerdings die Emissionen, die im Ausland bei der Produktion von Importgütern hervorgerufen wurden.

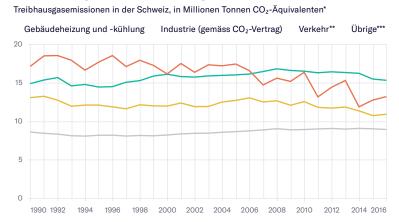
Der CO₂-Ausstoss pro Kopf ist in der Schweiz leicht zurückgegangen



Quelle: <u>Bafu</u> - Grafik: koa.

Den grössten Anteil am Ausstoss von Treibhausgasen hat in der Schweiz der Verkehr, und er blieb ab 1990 auch konstant. Die Emission durch das Heizen von Gebäuden ist deutlich zurückgegangen. Gering war die Reduktion in der Industrie.





* Verschiedene Treibhausgase wärmen die Atmosphäre unterschiedlich stark. Um ihre Wirkung vergleichen zu können, spricht man von «CO₂-Äquivalenten». Dazu werden die Mengen anderer Treibhausgase (wie Methan oder Lachgas) in diejenige Menge CO₂ umgerechnet, welche die gleiche erwärmende Wirkung hat. / ** Ohne internationalen Flug- und Luftverkehr / *** Landwirtschaft, Abfallbehandlung und synthetische Gase. – Quelle: Bundesamt für Umwelt: Treibhausgasinventar – Grafik: koa.

Auch der Einzelne kann bei der Reduktion der CO2-Emissionen mithelfen, zum Beispiel durch die Wahl der Nahrungs- und Verkehrsmittel. Beim Fliegen wird es besonders deutlich: Wer pro Jahr eine Langstrecke (hin und zurück) absolviert, hat schon einen grossen Teil des durchschnittlichen Pro-Kopf-Ausstosses in der Schweiz erreicht. Beim Autofahren ist die Emission deutlich kleiner. Doch am schonendsten für das Klima ist das Zugfahren. Allerdings hängen die Emissionen bei der Eisenbahn stark davon ab, wie viel CO2 bei der Produktion des Stroms entsteht, mit dem die Züge betrieben werden.

120-mal Paris mit dem Zug oder einmal nach Tokio mit dem Flugzeug



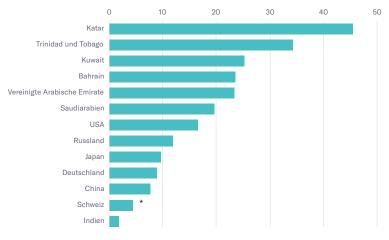


* Flug in der Economy Class / ** Treibstoff: Benzin – Quelle: ZHAW / mobitool / KBOB Ökobilanz – Grafik: koa

Im internationalen Vergleich ist der CO2-Ausstoss pro Kopf in der Schweiz relativ niedrig. Katar führt die Rangliste der höchsten Emissionen pro Einwohner an: Im Jahr 2014 waren es dort 45,4 Tonnen, etwa zehnmal so viel wie hierzulande. Auch in den anderen Staaten rund um den Persischen Golf, in Kuwait, Bahrain und den Vereinigten Arabischen Emiraten zum Beispiel, wird pro Kopf vergleichsweise sehr viel CO2 ausgestossen. China – der total mit Abstand grösste CO2-Emittent – rangiert noch hinter den USA, Deutschland oder Russland. Die Emissionen pro Kopf haben sich in China seit 1990 aber mehr als verdreifacht.

In der Schweiz sind die Pro-Kopf-Emissionen vergleichsweise tief





* Die Schweiz im Vergleich mit den fünf grössten Pro-Kopf-Emittenten und einigen der absolut grössten Emittenten (Saudiarabien, USA, Russland, China, Deutschland, Indien) – Quelle: <u>Weltbank</u> – Grafik: koa.

*(Bemerkung: CH ohne Importe)

6 Wie stark ist die Schweiz vom Klimawandel betroffen?

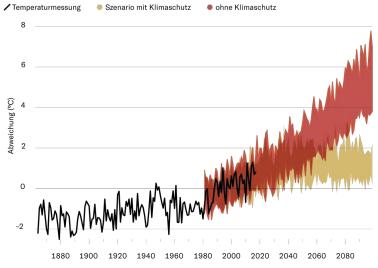
Die Schweiz ist überdurchschnittlich stark vom Klimawandel betroffen. Sie wird trockener, heisser und schneeärmer werden und die Niederschläge werden zunehmen. Das ist das Ergebnis einer Auswertung von Klimadaten von Meteoschweiz und der ETH Zürich, der Universität Bern unter der Mitwirkung von ProClim.

Worauf sich die Schweiz einzustellen hat, hängt vor allem davon ab, wie sich die Treibhausgasemissionen in den nächsten Jahrzehnten entwickeln werden. Geht man vom ungünstigsten Fall aus, nämlich von einer ungebremsten Zunahme der Emissionen, muss man laut dem Bericht bis zum Jahr 2060 mit einer Erwärmung von 2 bis 3,3 Grad gegenüber dem Vergleichszeitraum von 1981 bis 2010 rechnen.

In den Sommermonaten wäre es noch schlimmer: Die Temperaturen würden um bis zu 4,5 Grad ansteigen.

Wie sich die Schweiz erwärmt, hängt stark vom Klimaschutz ab

Schweizer Jahresmitteltemperatur (Abweichung von der Normperiode 1981–2010)



Quelle: Center for Climate Systems Modeling (C2SM). – Grafik: cke.

Sogar mit Klimaschutz steigt die Sommertemperatur um mindestens 1 Grad

Anstieg der mittleren Sommertemperatur bis 2060, in Grad Celsius



Möglicher Bereich der Veränderungen gegenüber der Periode 1981–2010. Schweizweit typische 30-Jahre-Mittelwerte. Temperaturänderungen sind auf 0,5 Grad genau. – Quelle: Meteo Schweiz, ETH Zürich, Center for Climate Systems Modeling (C2SM) – Grafik: koa.

Die Klimaszenarien 2018 zeigen, dass es bis 2060 vier Hauptveränderungen geben wird.

- Trockenere Sommer: Es wird weniger regnen, w\u00e4hrend die Verdunstung mit steigender Temperatur zunimmt. Die B\u00f6den werden somit trockener.
- Mehr Hitzetage: Was zunehmen wird, sind vor allem die Höchsttemperaturen. An den heissesten Tagen im Sommer wird es 2 bis 5,5 Grad wärmer sein als heute, Hitzesommer könnten zur Normalität werden.

Anzahl der sehr heissen Tage* wird ansteigen

Zunahme der sehr heissen Tage bis 2060

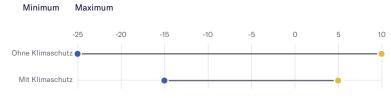


*Sehr heisser Tag: 1 Prozent der heissesten Tage von 1981 bis 2019. / Möglicher Bereich der Veränderungen gegenüber der Periode 1981-2010. Schweizweit typische 30-Jahre-Mittelwerte. Niederschlagsänderungen sind auf 5 Prozent genau angegeben. – Quelle: Meteoschweiz, ETH Zürich, Center for Climate Systems Modeling (C2SM) – Grafik: koa.

 Heftige Niederschläge: Es wird häufiger und stärker regnen als heute. Der stärkste Niederschlagstag des Jahres wird durchschnittlich etwa 10 Prozent mehr Regen bringen.

Die Menge des Sommerniederschlags ist sehr variabel

Zu- und Abnahme des Sommerniederschlags bis 2060, in Millimetern



Möglicher Bereich der Veränderungen gegenüber der Periode 1981–2010. Schweizweit typische 30-Jahre-Mittelwerte. Niederschlagsänderungen sind auf 5 Prozent genau angegeben. – Quelle: Meteoschweiz, ETH Zürich, Center for Climate Systems Modeling (C2SM) – Grafik: koa.

Schneearme Winter: Im Winter wird es wärmer sein, deshalb wir Niederschlag häufiger in Form von Regen und nicht in Form von Schnee fallen. Schnee wird also seltener, und die erwartete Schneebedeckung im Flachland wird nur noch etwa halb so gross sein wie heute.

7 Was bedeutet der menschengemachte Klimawandel konkret?

- Weltweit schwinden die Gletscher. Massnahmen zum Schutz helfen nur wenig. Das Schmelzwasser von Gletschern und Eisschilden trägt zum Anstieg des Meeresspiegel bei.
- Im Zuge des menschengemachten Klimawandels steigen die Temperaturen auch in Sibirien. Die Grenze zwischen der baumlosen Tundra und den Nadelwäldern der Taiga verschiebt sich dadurch nach Norden.
- Vielerorts tauen die Permafrostböden auf. In der Tundra kann aus ehemaligen Permafrostböden das Treibhausgas Methan entweichen, was den Klimawandel noch beschleunigt.
- Die Arktis erwärmt sich besonders stark. Die Fläche des Meereises geht vor allem im Sommer immer weiter zurück. Auch an der Ostküste Grönlands gibt es weniger Eisschollen zu sehen als früher. Mitte des Jahrhunderts könnte der Arktische Ozean erstmals im Sommer eisfrei werden.
- Die Wirkung des Klimawandels auf die Landwirtschaft ist komplex, weil sie von Veränderungen der Temperatur, des Niederschlags und vielen weiteren Faktoren abhängt. Fachleute rechnen damit, dass die Maisernte in etlichen Ländern zurückgehen wird.
- Bis Ende des 21. Jahrhunderts steigt der mittlere Meeresspiegel voraussichtlich um 30 bis 60 Zentimeter, vielleicht sogar noch mehr, und das ist erst der Anfang. Hervorgerufen wird der Anstieg durch die Erwärmung des Meerwassers und das Schrumpfen von Eisschilden und Gletschern.
- Für Staaten wie z.B. die Malediven, die sich nur wenige Meter über Normalnull erheben, wächst durch den Anstieg des Meeresspiegels die Gefahr von Überflutungen, vor allem bei Stürmen.
- Bienenfresser reagieren sehr empfindlich auf die Wintertemperaturen. Mit der globalen Erwärmung dürfte sich die Vogelart weiter Richtung Norden ausbreiten. Auch in der Schweiz sind die Tiere schon zu entdecken.
- Überschreitet die Wassertemperatur eine Schwelle, beginnen Korallen zu erbleichen. Langfristig können sie absterben. Durch die globale Erwärmung besteht diese Gefahr in vielen Regionen der Welt.
- Steigende Wassertemperaturen beeinflussen das Leben vieler Fischarten. Manche verlagern ihren Lebensraum in höhere Breiten, andere verändern ihr reproduktives Verhalten.

8 Sind wir auf Kurs? Ein Überblick über die Klimaziele

William Nordhaus ist einer der ersten Wissenschafter, die darüber nachgedacht haben, wie viel Erwärmung noch zu tolerieren wäre. Im Jahr 1977 schrieb er: Es sei vernünftig, so zu argumentieren, dass die Klimawirkung von Kohlendioxid im Rahmen der normalen Spanne langfristiger Klimaschwankungen gehalten werden solle. Als Limit schlug er provisorisch eine maximale Erwärmung um 2 Grad Celsius vor. Nordhaus wurde am 8. Oktober der Wirtschaftsnobelpreis für seine Arbeit im Feld der Wachstumstheorie verliehen.

Nordhaus ist nicht der einzige Initiator bei der Festlegung dieser Temperaturmarke. Später wurde sie mit anderen Argumenten begründet. Beispielsweise rechnen Forscher mit gravierenden und teilweise unumkehrbaren Folgen, sollte die Temperatur um mehr als 2 Grad über das vorindustrielle Niveau steigen.

2015 wurde das 2-Grad-Limit sogar auf höchster Ebene der Vereinten Nationen vereinbart: im Pariser Klimaabkommen. Im Dezember 2018 einigten sich die Mitgliedstaaten der Klimakonvention nach jahrelanger Vorarbeit auf ein Regelwerk zur Umsetzung des Abkommens. Vor allem jene Länder, die vom Anstieg des Meeresspiegels bedroht sind, müssen allerdings schon bei einer Erwärmung um 1,5 Grad mit ernsten Folgen rechnen. Das ist einer der Gründe, weshalb in den letzten Jahren über eine Verschärfung der Zielvorgabe diskutiert wurde. Auch im Pariser Abkommen ist zu lesen, dass die Bestrebungen des Klimaschutzes in Richtung 1,5 Grad gehen sollen.

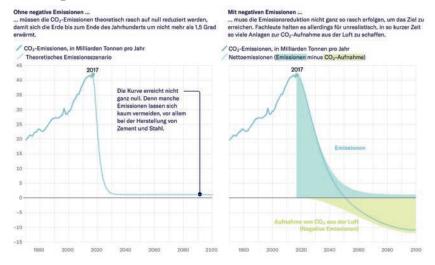
Nicht immer werden Klimaziele in Form von Temperaturmarken formuliert. Gebräuchlich ist auch die Vorgabe einer maximal erlaubten Konzentration von CO2-Äquivalenten wie zum Beispiel 350 ppm. Darüber hinaus haben Wissenschafter in den letzten Jahren auszurechnen versucht, wie gross die Menge an Treibhausgasen ist, die die Menschheit noch ausstossen darf, ohne bestimmte Temperaturmarken zu überschreiten. Allerdings ist die Ungewissheit bei diesem Budgetansatz riesig. Daher sind Zweifel am Nutzen dieses Konzepts für die Politik aufgekommen.

In jedem Fall gilt: Alle gegenwärtigen Szenarien laufen darauf hinaus, dass der Ausstoss an Treibhausgasen rasant sinken muss, wenn man eine Erwärmung um 1,5 oder 2,0 Grad Celsius vermeiden möchte. In den meisten Szenarien wäre sogar eine Entfernung von CO2 aus der Atmosphäre nötig (siehe Grafik). Fachleute sprechen bei dieser Massnahme von «negativen Emissionen».

Für die Erzielung negativer Emissionen gibt es viele technische Möglichkeiten: Man kann zum Beispiel CO2 aus der Luft filtern und im Untergrund speichern. Eine andere Möglichkeit bietet der Anbau geeigneter Pflanzen, die CO2 aufnehmen. Das bei der anschliessenden Verbrennung entstehende CO2 muss ebenfalls weggesperrt werden. Bis jetzt existieren für derartige Techniken aber erst wenige Testanlagen.

Insofern lautet das oberste Klimaziel, auf das sich alle verständigen können: schnellstmögliche «Dekarbonisierung» der Weltwirtschaft. Darunter versteht man in diesem Kontext die Verringerung des CO2-Aussstosses bei ökonomischen Aktivitäten. Sich auf die Einrichtung unzähliger technischer Anlagen zur Entfernung von CO2 aus der Atmosphäre zu verlassen, käme einer höchst riskanten Wette gleich, argumentieren Fachleute.

Durch negative Emissionen können wir Zeit gewinnen bei der CO₂-Reduktion



Die Zahlen zu diesen Szenarien stammen aus einem einzelnen Modell. Sie sind mit einer grossen Ungewissheit behaftet. – Quelle: G. Peters / CICERO – Grafik: brt.

9 Wie der menschengemachte Klimawandel entdeckt wurde

1859

John Tyndall weist nach, dass die Erdatmosphäre einem Treibhauseffekt unterliegt. An diesem Effekt ist, wie er bemerkt, neben dem Wasserdampf auch Kohlendioxid beteiligt.

1908

Der Schwede Svante Arrhenius sagt wegen des Ausstosses von Kohlendioxid durch die Zivilisation eine globale Erwärmung voraus.

1938

Der englische Ingenieur Guy Callendar stellt aufgrund von Temperaturmessungen eine globale Erwärmung fest, die er mit dem menschengemachten Treibhauseffekt in Verbindung bringt.

1957

Der Amerikaner Roger Revelle und der gebürtige Österreicher Hans Suess weisen nach, dass sich ein Teil des Kohlendioxids aus der Nutzung fossiler Brennstoffe in der Atmosphäre anreichert, weil der Ozean nicht alles aufnehmen kann.

1967

Der Japaner Syukuro Manabe und der Amerikaner Richard Wetherald berechnen mit einem der ersten Klimamodelle, wie stark sich die Atmosphäre durch die Verdopplung von Kohlendioxid erwärmt. Sie kommen auf 2,3 Grad Celsius.

Der Japaner Syukuro Manabe und der Amerikaner Richard Wetherald berechnen mit einem der ersten Klimamodelle, wie stark sich die Atmosphäre durch die Verdopplung von Kohlendioxid erwärmt. Sie kommen auf 2,3 Grad Celsius.

1971

Erstmals verfasst eine internationale Forschergruppe einen Bericht über die Gefahr einer weltweiten Klimaveränderung. Das Werk trägt den Titel «Inadvertent Climate Modification: Report of the Study of Man's Impact on Climate».

1979

In Genf findet die erste Weltklimakonferenz statt. Dabei wird das Weltklimaprogramm zur Erforschung des Klimawandels initiiert.

1985

Nach einer Konferenz von Klimaforschern in Villach zur Wirkung von Treibhausgasen erreichen die Warnungen vor einem menschengemachten globalen Klimawandel endgültig die breite Öffentlichkeit.

1988

Das <u>Intergovernmental Panel on Climate Change</u> (IPCC) wird gegründet, also der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen. In seinem Auftrag erstellen Wissenschafter in der Folge regelmässig umfassende Berichte zum Klimawandel.

1995

Im zweiten grossen Bericht des IPCC konstatieren die wissenschaftlichen Autoren erstmals, dass der Mensch inzwischen einen erkennbaren Einfluss auf das Klima ausübt.

Weiterführende Literatur: Die wichtigsten Bücher zum Thema

<u>Spektrum Spezial – Klimawandel</u>: *Strategien gegen die weltweite Bedrohung*. Spezialheft von Spektrum der Wissenschaft, März 2018.

Dieter Helm: Burn Out: Der Klimawandel und das Endspiel der fossilen Brennstoffe. 352 S., Langen/Müller-Verlag 2018.

Heinz Wanner: *Klima und Mensch. Eine 12 000-jährige Geschichte.* 276 S. Haupt-Verlag, Bern 2016.

IPCC: Climate Change 2014: <u>Synthesis Report</u>. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Genf, 2014.

Fiona Harvey (Text), "Tipping points" could exacerbate climate crisis, scientists fear", in: The Guardian online vom 09. Oktober 2018.

"Tipping points" could exacerbate climate crisis, scientists fear

IPCC report underestimates potential of these key dangers to send Earth into spiral of runaway climate change



The north-east coastline of Greenland, one of the world's two great ice sheets.

Key dangers largely left out of the IPCC special report on 1.5C of warming are raising alarm among some scientists who fear we may have underestimated the impacts of humans on the Earth's climate.

The IPCC report sets out the world's current knowledge of the impacts of 1.5C of warming and clearly shows the dangers of breaching such a limit. However, many scientists are increasingly worried about factors about which we know much less.

These "known unknowns" of climate change are tipping points, or feedback mechanisms within the climate system – thresholds that, if passed, could send the Earth into a spiral of runaway climate change. Tipping points merit only a few mentions in the IPCC report. Durwood Zaelke, founder of the Institute for Governance and Sustainable Development, said: "The IPCC report fails to focus on the weakest link in the climate chain: the self-reinforcing feedbacks which, if allowed to continue, will accelerate warming and risk cascading climate tipping points and runaway warming."

He pointed to water vapour in the air, which traps heat in the atmosphere, as well as the loss of polar ice, the collapse of permafrost, and the migration of tropical clouds towards the poles. Ice melting at the poles is known to be of particular danger. The Earth's ice caps act as reflectors, sending some of the sun's rays back into space and cooling the planet. When sea ice melts, it reveals dark water underneath, which absorbs more heat and in turn triggers greater warming, in a constant feedback loop.

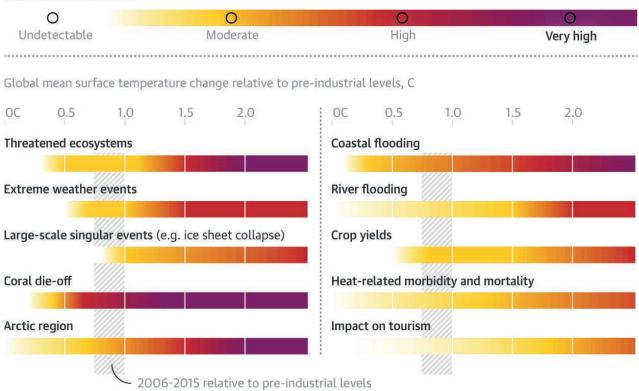
Ice on land, such as in Greenland and under much of the Antarctic, may contain yet another feedback loop; when the ice melts, water percolates to the land below where it lubricates the slide of ice over rock and could accelerate the collapse of glaciers into the surrounding sea.

Bob Ward, of the Grantham Institute, said: "The IPCC summary for policymakers only mentions the west Antarctica and Greenland tipping points, which we may already have reached."

The full report of the IPCC reflects our lack of knowledge of the full potential of tipping points, he said: "The underlying report suggests that the other tipping points are too poorly understood, or not likely to be triggered until higher amounts of warming – but given their consequences, one would expect a more risk-based approach. That is, you don't ignore them until you know them to be impossible."

Rising temperatures, rising risks





Guardian graphic. Source: IPCC Special Report on Global Warming of 1.5C

One of the problems with tipping point thresholds is that we may not know when they are reached. Robert Larter, of the British Antarctic Survey, called polar ice sheets "sleeping giants", which if they pass a tipping point will cause devastation.

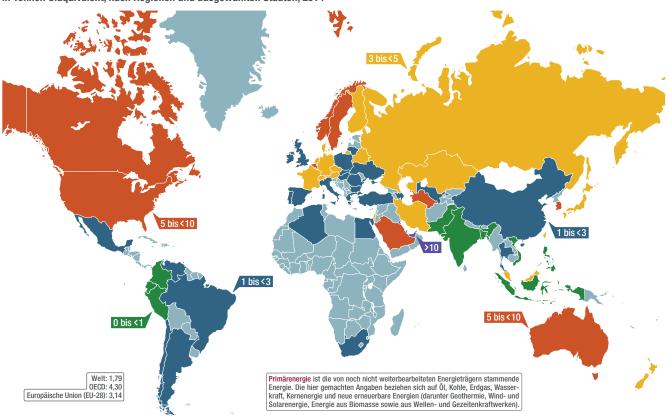
"As ice sheets melted after the last glacial period, there were times when sea level rose at a rate of more than three metres per century, an order of magnitude faster than the current rate," he said. "This implies that there are situations in which ice sheets can melt much more rapidly than they have over the period we have been observing them. We should be very cautious about disturbing these sleeping giants."

Another issue with melting ice is that it uncovers and destabilises permafrost. This layer is known to contain vast quantities of methane, a powerful greenhouse gas with a warming effect many times that of carbon dioxide. Melting permafrost will release that gas into the atmosphere, with unpredictable consequences.

Further unknowns include the effects of climate change on carbon sinks, such as soils and forests: higher temperatures could dry out some soils, causing them to release stored carbon into the air. But increased rainfall – a symptom of climate change in some regions – could in other areas be making it harder for forest soils to trap greenhouse gases such as methane.

Mario Molina, who shared the Nobel prize in chemistry in 1995 for his work on depletion of the ozone layer, said: "The IPCC report demonstrates that it is still possible to keep the climate relatively safe, provided we muster an unprecedented level of cooperation, extraordinary speed and heroic scale of action. But even with its description of the increasing impacts that lie ahead, the IPCC understates a key risk: that self-reinforcing feedback loops could push the climate system into chaos before we have time to tame our energy system, and the other sources of climate pollution."

■ Verbrauch von Primärenergie pro Kopf In Tonnen Öläquivalent, nach Regionen und ausgewählten Staaten, 2014



Quelle: British Petroleum (BP): Statistical Review of World Energy 2015; United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD): Online-Datenbank: UNCTADstat (Stand: August 2015) Lizenz: Creative Commons by-nc-nd/3.0/de
Bundeszentrale für politische Bildung 2016 | www.bpb.de

ENERGIE

ENERGIEVERBRAUCH PRO KOPF, 2014 Kilogramme Öläquivalent, Quelle: Die Weltbank, TheGlobalEconomy.com)

1. Katar	17922.73	31. Japan 3470	.76
2. Island	17916.12	32. Slowenien 3236	24
3. Tr. and Tobago	14363.52	33, Iran 3060	39
4. Bahrain	10596.55	34. Schweiz 3059	94
5. Kuwait	9178.88	35. Malaysia 3003	.46
6. Brunei Daruss.	8673.09	36. Slowakei 2943	.19
7. Kanada	7897.86	37. Belarus 2928	.52
8. Ver. Arab. Em.	7648.40	38. Dänemark 2872	.57
9. Vereinigte Staate	6960.68	39, Libyen 2808	.65
10. Saudi-Arabien	6905.76	40. Großbritannien 2776	.84
11. Luxemburg	6861.11	41. Israel 2762	51
12. Finnland	6213.36	42. Irland 2741	.57
13. Oman	6040.61	43. Südafrika 2695	.42
14. Gibraltar	5812.45	44. Gabun 2694	21
15. Norwegen	5595.65	45. Bulgarien 2477	.66
16. Australien	5334.68	46. Polen 2473	.41
17. Korea, Republik	5289.28	47. Spanien 2464	.64
18. Singapur	5121.80	48. Italien 2414	.48
19. Schweden	4966.44	49. Litauen 2387	.28
20. Russische Föd.	4942.88	50. Ukraine 2334	.41
21. Turkmenistan	4893.41	51. Ungam 2314	.50
22. Belgien	4708.22	52. Bosnien and Her 2246	.92
23. Estland	4592.62	53. China 2236	.73
24. Neuseeland	4559.89	54. Lettland 2176	.84
25. Kasachstan	4434.64	55. Griechenland 2123	.90
26. Niederlande	4325.52	56. Portugal 2034	.51
27. Tsch. Republik	3915.11	57. Chile 2032	.93
28. Deutschland	3779.46	58. Argentinien 2029	.92
29. Österreich	3763.33	59. Hongkong 1970	.48
30. Frankreich	3658.87	60. Thailand	.00
31. Japan	3470.76	61. Kroatien 1897	.84
32. Slowenien	3236.24	62. Serbien 1859	.43
33. Iran	3060.39	63. Mongolei 1828	.10
34. Schweiz	3059.94	64. Malta 1781	.50
35. Malaysia	3003,46	65. Zypern 1712	.16
36. Slowakei	2943.19	66. Rumänien 1591	.67
37. Belarus	2928.52	67. Türkei 1573	.72
38. Dänemark	2872.57	68. Mexiko 1561	.87
39. Libyen	2808.65	69. Montenegro 1538	.26
40. Großbritannien	2776.84	70. Aserbaidschan 1502	.08
41. Israel	2762.51	71. Brasilien 1495	.54
42. Irland	2741.57	72. Irak 1437	.90

72. Irak	14 <mark>37.90</mark>	114. Äthiopien	493.13	
73. Uruguay	1386.02	115. Korea, Demokratis		
74. Algerien	1327.54	116. Philippinen	474.30	
75. Botsuana	1300.64	117. Togo	462.49	
76. Mazedonien	1262.39	118. Pakistan	460.23	
77. Suriname	1247.32	119. Mosambik	442.67	
78. Libanon	1196.61	120. Nepal	434.45	
79. Georgien	1180.27	121. Kambodscha	416.84	
80. Mauritius	1111.42	122. Benin	416.79	
81. Panama	1079.87	123. Haiti	393.67	
82. Kuba	1034.69	124. Kongo, D.R.	389.33	
83. Costa Rica	1023.01	125. Sudan	380.87	
84. Armenien	1015.91	126. Myanmar	369.33	
85. Jamaika	976.86	127. Tadschikistan	339.85	
86. Tunesien	950.49	128. Kamerun	335.20	
87. Moldau	928.33	129. Ghana	331.83	
88. Jordanien	916.99	130. Senegal	279.21	
89. Ecuador	888.96	131. Bangladesch	229.25	
90. Indonesien	883.92	132. Niger	150.01	
91. Guatemala	830.11		0 4480).7 8961.4 13442
92. Ägypten	827.50			
93. Albanien	808.46			
94. Namibia	794.30			
95. Peru	790.22			
96. Paraguay	783.08			
97. Bolivien	778.17			
98. Nigeria	763.63			
99. Domin. Rep.	751.80			
100. Kolumbien	724.05			
101. Kirgisistan	650.40			
102. El Salvador	645.88			
103. Indien	636.57			
104. Côte d'Ivoire	612.64			
105. Honduras	597.93			
106, Nicaragua	596.24			
107, Syrien	577.19			
108. Marokko	555.14			
109. Kongo	554.81			
110. Angola	544.61			
111. Sri Lanka	515.51			
112. Kenia	506.00		Bemerkung:	1kg Öl ≈ 41,868 MJ
113. Tansania	497.08		•	≈ 11,63 kWh

ENERGIEVERBRAUCH / ENERGIEMIX

Der Endenergieverbrauch der Schweiz lag 2015 bei rund 233 Terawattstunden (TWh). Davon entfielen rund 58 TWh auf die Elektrizität, was einem Anteil von 25 % entspricht. Treibstoffe machten 34,7 % (81 TWh), Erdölbrennstoffe 16 % (37 TWh) und Gas 13,5 % (31 TWh) des gesamten Verbrauchs aus. Der restliche Energiebedarf (rund 10,8 %) wurde mit anderen Energieträgern wie zum Beispiel Holz, übrigen erneuerbare Energieträgern oder Industrieabfällen gedeckt.¹

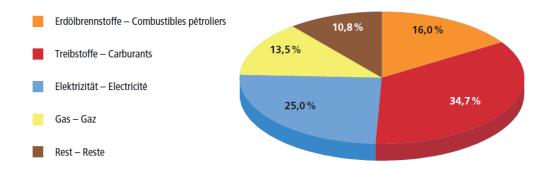


Abbildung 1: Aufteilung Endverbrauch nach Energieträgern 2015 (Quelle: BFE, Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2015)

(Bemerkung: \approx 64,2 % aus fossilen Brennstoffen)

Grösste Verbrauchergruppe war 2015 mit 36,4 % der Verkehr, gefolgt von den Haushalten mit 27,7 %, der Industrie mit 18,5 % und den Dienstleistungen mit 16,5 %.²

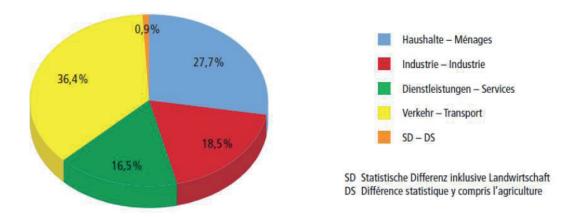


Abbildung 2: Aufteilung des Energie-Endverbrauchs nach Verbrauchergruppen 2015

Entwicklung im Laufe der Jahre

Seit 1910 veränderten sich die Anteile der Energieträger an der Energieversorgung stark: Bis zum Zweiten Weltkrieg dominierte die Kohle, seit den 1950er Jahren spielen Erdölbrenn- und Treibstoffe und seit den 1970er Jahren auch Erdgas und Elektrizität eine wichtigere Rolle.

Der Endenergieverbrauch stieg ab den 1950er Jahren stark an. Die Erdölkrisen der 1970er-Jahre bremsten das Wachstum etwas. Seit 1990 verlangsamte sich der Anstieg des Energieverbrauchs u.a. dank Effizienzsteigerungen (sinkender Energieverbrauch pro Person).

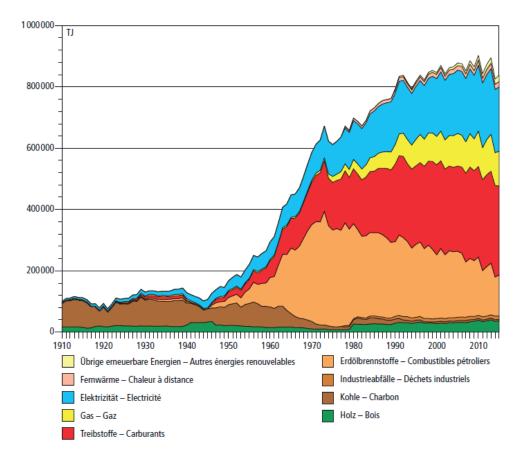


Abbildung 3: Endenergieverbrauch der Schweiz 1910 bis 2015 nach Energieträgern (Quelle: BFE, Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2015)

Energieversorgung

Die Energieversorgung der Schweiz ist geprägt durch eine hohe Versorgungssicherheit, aber auch durch eine hohe Auslandabhängigkeit: Rund 75 % des Schweizer Energiebedarfs wird importiert.³ Darin enthalten sind sämtliche Erdölprodukte, Erdgas sowie die Kernbrennstoffe, welche in den Schweizer Kernkraftwerken (KKW) zur Stromproduktion verwendet werden.

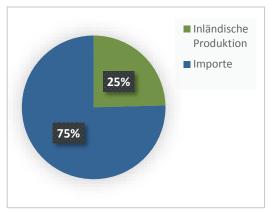


Abbildung 4: Inländische Produktion und Importe (Einfuhrüberschuss) von Energieträgern (inkl. Kernbrennstoffe) 2015 (Quelle: BFE, Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2015)

Ausgaben für Energie

2015 gaben Schweizer Konsumentinnen und Konsumenten rund 26 Milliarden Franken für Energie aus. Das sind 4,1 % des Bruttoinlandproduktes. Dieser Wert bewegt sich seit Jahren zwischen 4,1 und 5,5 %. Von den 26 Milliarden Franken entfielen über die Hälfte auf fossile Energieträger: Gut 13 Milliarden Franken wurden in der Schweiz für Erdölprodukte (Heizöl, Benzin, Diesel usw.) bezahlt, rund 2,5 Milliarden Franken für Gas. Für Strom bezahlten Schweizer Konsumentinnen und Konsumenten 2015 10 Milliarden Franken.⁴

Stromproduktion

Was den Strom betrifft, ist die Produktion in der Schweiz seit Jahren recht stabil. Sie lag 2015 bei 66 TWh⁵, was in etwa dem schweizerischen Jahresverbrauch entspricht.⁶ Allerdings ist die Schweiz im Winter auf Stromimporte angewiesen, weil die Produktion den höheren Verbrauch im kalten Winterhalbjahr nicht decken kann. Von der einheimischen Stromproduktion waren rund 64 % erneuerbaren Ursprungs, der Grossteil davon aus Wasserkraft.

Als gebirgiges Land mit vergleichsweise häufigen Niederschlägen eignet sich die Schweiz gut für die Stromproduktion aus Wasserkraft. Mehr als 600 Wasserkraftwerke erzeugen knapp 60 Prozent des Schweizer Stroms. Aus anderen erneuerbaren Energien werden heute 4.3 % der gesamten Schweizer Stromproduktion gewonnen (Stand 2015). Dieser Anteil nimmt allerdings stetig zu. Knapp 40 % stammten im Durchschnitt der Jahre 2006 bis 2015 von KKW, 2015 betrug der Anteil 33,5 %.

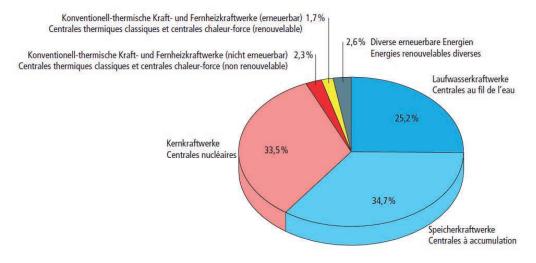
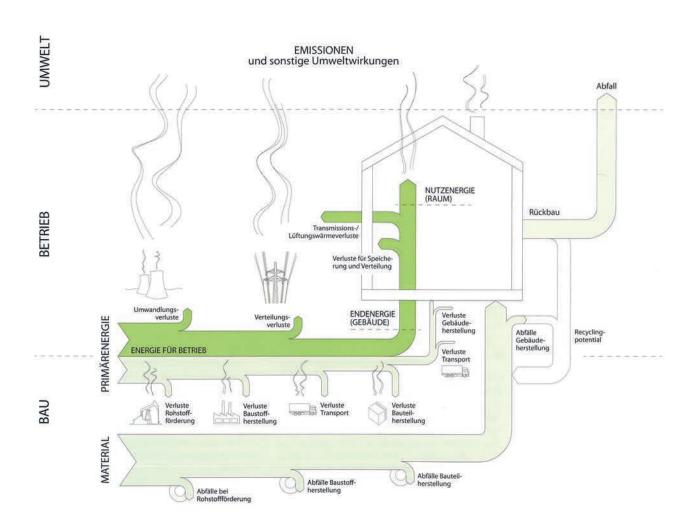


Abbildung 5: Stromproduktion in der Schweiz 2015 nach Kraftwerkskategorie, in Prozent der Gesamtproduktion (Quelle: BFE, Schweizerische Elektrizitätsstatistik)

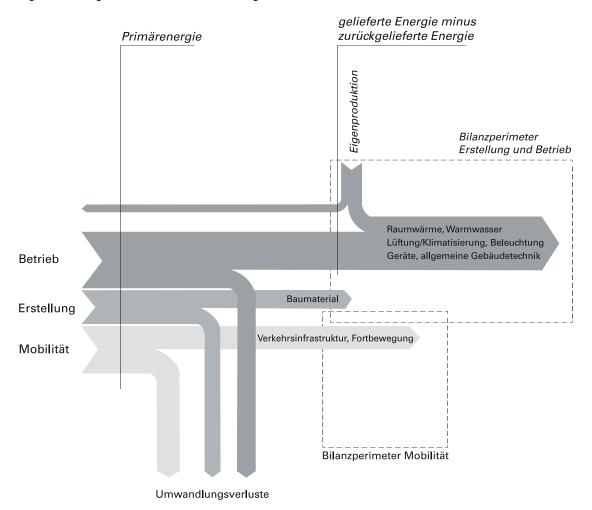


Potenzielle Bilanzkriterien: Grundsätzlich verbraucht ein Gebäude Energie und Material und erzeugt Emissionen sowie weitere Umweltwirkungen. Demnach gibt es drei Bereiche, in denen je nach Bilanzierungsziel die geeignete Stelle im Rahmen der Produktions- und Erzeugungskette als Kriterium der Bilanz gewählt werden kann.

PRIMÄRENERGIE- UND TREIBHAUSGASBILANZ

Im Zentrum dieses Merkblatts stehen die Bilanz für die nicht erneuerbare Primärenergie und die entsprechende Bilanz der Treibhausgasemissionen eines Gebäudes und der Mobilität über den ganzen Lebenszyklus. Die Energieflüsse sind in Figur 1 vereinfacht dargestellt. Die Berechnung erfolgt, entgegen dem Energiefluss, von rechts nach links.

Figur 1 Energiefluss von der Primärenergie bis zum Nutzen



- 1.1.2 Der Bereich Erstellung umfasst die Erstellung, allfällige Ersatzinvestitionen und die Entsorgung eines Gebäudes. Die Graue Energie und die Treibhausgasemissionen der Bauteile und der gebäudetechnischen Anlagen werden aufgrund ihrer Amortisationszeit in Werte pro Jahr umgerechnet. Damit ist der Energiebedarf für die Erstellung direkt vergleichbar mit dem Energiebedarf für den Betrieb und die Mobilität.
- 1.1.3 Der Bereich **Betrieb** wird unterteilt in die Verwendungszwecke Wärme, Lüftung/Klimatisierung, Beleuchtung, Geräte und die allgemeine Gebäudetechnik.
- 1.1.3.1 Der Verwendungszweck Wärme umfasst die Energie für Raumheizung und Warmwasser, inkl. der elektrischen Hilfsenergien. Der Wärmebedarf wird auf der Stufe Nutzenergie berechnet und mittels Nutzungsgrad, der die Umwandlungs-, Speicher- und Verteilverluste berücksichtigt, auf Endenergie umgerechnet. Der Nutzenergiebedarf kann ganz oder teilweise durch Eigenproduktion erneuerbarer Energie (Solarthermie, Umweltwärmenutzung) innerhalb der Bilanzgrenzen gedeckt werden.
- 1.1.3.2 Der Verwendungszweck Lüftung/Klimatisierung umfasst die Energie für Lüftung, Kühlung, Entfeuchtung und Befeuchtung. Der Klimakältebedarf wird auf Stufe Nutzenergie berechnet und mittels Nutzungsgrad, der die Umwandlungs-, Speicher- und Verteilverluste berücksichtigt, auf Endenergie umgerechnet.
- 1.1.3.3 Der Verwendungszweck **Beleuchtung** umfasst die elektrische Energie für Beleuchtung von Innenund Aussenräumen. Diese Energie ist Endenergie.
- 1.1.3.4 Der Verwendungszweck **Geräte** umfasst die elektrische Energie für Geräte, welche der Nutzung der Räume dienen. Bei den Gebäudekategorien Lebensmittelgeschäft und Restaurant sind unter Geräte auch die gewerbliche Kälte für Kühlmöbel und Kühlräume sowie die Küchengeräte enthalten. Bei der Gebäudekategorie Verwaltung sind unter Geräte auch Serveranlagen enthalten, welche ausschliesslich der Nutzung im Gebäude dienen.
- 1.1.3.5 Der Verwendungszweck **allgemeine Gebäudetechnik** umfasst die elektrische Energie für Anlagen, welche dem ganzen Gebäude und nicht der Nutzung einzelner Räume dienen (Waren- und Personenaufzüge, Transformatoren, Schliessanlagen, Brandschutzanlagen, Storenantriebe usw.).
- 1.1.4 Der Bereich **Mobilität** umfasst die Energie für die standortabhängige Alltagsmobilität und die zugehörige Infrastruktur (Fahrzeuge, Strassen und Gleisanlagen). Die Alltagsmobilität umfasst alle Ortsveränderungen in Zusammenhang mit alltäglichen Aktivitäten bis zu einer Unterwegszeit von 3 Stunden innerhalb der gewohnten Umgebung. Der Bedarf an nicht erneuerbarer Primärenergie für die Mobilität und die entsprechenden Treibhausgasemissionen werden personenbezogen berechnet und mittels Standardpersonenflächen auf flächenbezogene Werte umgerechnet.
- 1.1.5 Der gesamte Bedarf an nicht erneuerbarer Primärenergie bzw. die Treibhausgasemissionen werden dann verglichen mit den Zielwerten des SIA-Effizienzpfads Energie, die ebenfalls in diesen Grössen ausgedrückt sind.

¹ Die nicht alltägliche Mobilität (beispielsweise ein Tagesausflug oder eine Reise mit Übernachtung) ist weitgehend unabhängig vom Gebäudestandort und wird im SIA-Effizienzpfad Energie deshalb nicht berücksichtigt. Der Anteil der nicht alltäglichen Mobilität an der Gesamtmobilität ist aber nicht zu unterschätzen: Würde auch sie eingerechnet, würden sich die Werte für die Gesamtmobilität um rund 30% erhöhen (abhängig von der Gebäudekategorie, vgl. dazu SIA 2039).

Primärenergiefaktoren und Treibhausgasemissions-Koeffizienten

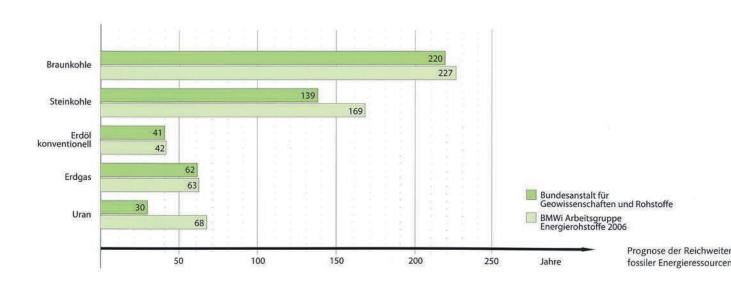
Tabelle A.1

		Primärenergiefaktor nicht erneuerbar	Treibhausgasemissions- Koeffizient
Brennstoffe		_	kg/MJ
flüssig	Heizöl EL	1,23	0,083
	Propan / Butan	1,18	0,078
fest	Kohle Koks	1,68	0,120
	Kohle Brikett	1,20	0,108
	Stückho l z	0,05	0,004
	Holzschnitzel	0,06	0,003
	Pellets	0,21	0,010
gasförmig 1)	Erdgas	1,11	0,066
	Propan / Butan	1,18	0,078
	Biogas (mit Erdgasqualität) ²⁾	0,37	0,045
Elektrizität	CH Verbrauchermix ¹³	2,64	0,041

Werte im Norm-Zustand (0°C, 101300 Pa)

Merkblatt zu SIA 2040, Effizienzpfad Energie, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein [Hrsg.], Zürich 2017, S.24

Progronosen für Reichweiten fossiler Energieresourcen



²⁾ nach Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches SVGW, Regelwerk G13, 2008

Greenhouse gas emissions due to electricity generation with different technologies (in g CO2eq/kWh), (Christian Bauer, Stefan Hirschberg) 2017)

Technology	New plant (g CO ₂	eq/kWh)
	Today	2050
Hydro – Run of river	5 - 10	5 - 10
Hydro – Storage dam	5 -15	5 - 15
Small hydro	5 - 10	5 - 10
Wind – Switzerland	8 - 27	5 - 30
Wind - Offshore	8 - 16	5 - 20
Photovoltaic: Multi-crystalline	39 - 69	7 - 45
Monocrystalline	62 - 109	11 - 71
Thin film	25 - 43	8 - 30
Wood combustion & gasification	10 - 120	10 - 100
Agricultural biogas plants	150 - 450	Not available
Deep geothermal	Not available	27 - 84
Nuclear energy	10 - 20	5 -40
Gas combined cycle (GCC)	387 - 400	346 - 363
GCC with CO ₂ sequestration	Not available	70 -100
Gas cogeneration: 10 kW _{el}	583 - 633	546 - 601
1000 kW _{el}	459 - 500	423 - 468
Fuel cells: 1 kW _{el}	560 - 780	440 – 570
300 kW _{el}	370 - 650	340 - 450
Coal plants (foreign)	823 – 1022	734 - 850
Coal plants with CO 2 sequestration	Not available	34 - 214

Quelle: Dynamic Parametric LCA of BIPV Design, Master Thesis Jianxiang Ma, Chair of Sustainable Construction, ETH Zürich, 2019

Simon Schmid, "Auf lange Sicht - Eine kleine Energiegeschichte", in: Digitales Magazin Republik vom 1. Juli 2019, Zürich 2019

Auf lange Sicht

Eine kleine Energiegeschichte

Wie die Schweiz in nur 100 Jahren zum Vielverbraucher fossiler Treibstoffe wurde – und wie sich der Energiehaushalt des Landes in den nächsten Jahrzehnten verändern muss.

Von Simon Schmid, 01.07.2019

Staubsauger, Sportwagen, Stereoanlagen und auf Sommertemperaturen geheizte Wohnungen – im tiefsten Winter: Das 20. Jahrhundert hat den Lebensstandard in Industrieländern auf unglaubliche Weise angehoben.

Wenig bringt dies so deutlich zum Ausdruck wie der Energieverbrauch, der hinter den vielen Errungenschaften in diesem Jahrhundert steht und der die Explosion der Konsummöglichkeiten und Annehmlichkeiten ermöglicht hat.

Zum Beispiel in der Schweiz. 1910, also vor etwas über 100 Jahren, lag der Energieverbrauch bei rund 100 Petajoule. Zur Erklärung: Ein Joule ist die Energiemenge, die nötig ist, um eine Schokoladentafel einen Meter zu heben, und ein Petajoule ist ein Joule mit 15 Nullen hintendran. Also ziemlich viel.

Wenn diese Zahl bereits 1910 ziemlich gross erscheint, dann ist sie für 2017 exorbitant. Der Energieverbrauch beträgt heute über 800 Petajoule. Zum Vergleich: Mit dieser Energiemenge könnte man das gesamte Wasser im Bodensee 1,7 Kilometer weit über die Nordostschweiz hochheben.

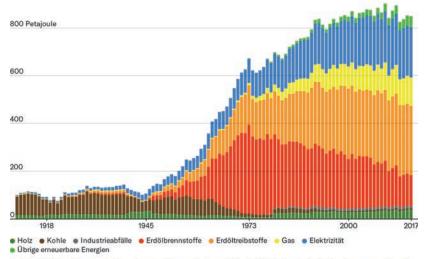
Mix der Vergangenheit

Bereits bei einem kleinen Land wie der Schweiz sprechen wir also über gewaltige Grössen. Woher all diese Energie kommt, darüber gibt die folgende Grafik Aufschluss. Sie stammt aus der <u>Gesamtenergiestatistik des Bundes</u> und zeigt den Energiemix der Schweiz im historischen Verlauf.

Fossile Energien wie Kohle, Erdöl und Erdgas sind darauf in Braun-, Rotund Gelbtönen dargestellt, erneuerbare Energien in Grün. Die Elektrizität (primär aus Wasser- oder Kernkraftwerken) ist blau abgebildet. Man sieht, wie über die Zeit immer mehr Energieträger zum Verbrauchsmix hinzugekommen sind.

Aufgefächert

Energieendverbrauch in der Schweiz



Quelle: <u>BFE</u>. Ohne Flugverkehr. Umstellung der Messmethode um 1980. Der Endverbrauch ist die Energiemenge, welche die Energielieferanten an die Energiekonsumenten liefern oder die Energiekonsumenten direkt der Natur für ihren Eigenbedarf entnehmen oder aus ihr erzeugen.

Was lernen wir aus der Grafik? Im Rückblick lässt sich die Energiegeschichte der Schweiz über die letzten gut 100 Jahre in drei Phasen einteilen:

1. Das Kohlezeitalter

Der Anbruch dieser Phase reicht über den linken Horizont der obigen Grafik hinaus und liegt im ausgehenden 18. Jahrhundert, also an der Schwelle zur Industrialisierung.

Zuvor hatte die Gesellschaft ihren Energiebedarf vorwiegend mit Holz (zum Heizen), Wasser und Wind (in Mühlen) und Tieren (als Antriebskräfte) gedeckt, also letztlich mit Biomasse und erneuerbaren Energien (wobei die Abholzung bereits ein ernsthaftes Nachschubproblem verursachte).

Mit der Industrialisierung begann die Schweiz, grosse Mengen an Steinkohle zu importieren. Diese lieferte Energie für zahlreiche neue Industriezweige: <u>Blechnereien, Bierbrauereien, Baustoffherstellung, Metallverarbeitung</u>. Die Eisenbahn, eine der bedeutendsten Neuerungen im 19. Jahrhundert, transportierte die Kohle und wurde zugleich durch sie angetrieben.

Als es im Ersten Weltkrieg erstmals zu Lieferengpässen kam (und in der Folge auch der Energieverbrauch einbrach), begann die Schweiz mit dem Bau von Staudämmen zur Stromproduktion. Das erste <u>Wasserwirtschaftsgesetz</u> stammt aus dieser Zeit. Danach wurde die Elektrifizierung der Eisenbahn angegangen, womit sich der Energiemix etwas diversifizierte.

Ein Ende fand das Kohlezeitalter allerdings erst mit dem Zweiten Weltkrieg.

2. Der Ölboom

Bis zu diesem Zeitpunkt war der Energieverbrauch trotz rasanter technischer Entwicklung nicht wesentlich gestiegen – 1939 wurde nur 40 Prozent mehr Energie verbraucht als 1910. Nach 1945 explodierte die Energiewirtschaft jedoch regelrecht. Verantwortlich dafür war ein einziger Rohstoff: Erdöl.

In den Haushalten löste das Erdöl die Kohle als primären Brennstoff ab. Die Zentralheizung wurde zum Standard. Zugleich kam das Automobil auf. Das Land wurde mit Strassen zugepflastert, 1955 wurde bei Luzern das <u>erste Autobahnteilstück eröffnet</u>. Innerhalb von knapp drei Jahrzehnten stieg der Energieverbrauch massiv – um den Faktor sechs, auf über 600 Petajoule.

Auch die Wasserkraft wurde in dieser Zeit ausgebaut. 1965 entstand <u>in</u> <u>Grande Dixence</u> die nach wie vor höchste Staumauer der Schweiz. Angesichts des Ölbooms blieb der Anteil der Elektrizität am Energiemix jedoch relativ klein. 1973 machte sie erst ein Sechstel des Gesamtverbrauchs aus.

1973 war auch das Jahr, in dem es <u>zur Ölkrise</u> kam. Das Datum markiert eine Zäsur und beschliesst die zweite Phase in der Schweizer Energiegeschichte.

3. Die Umschichtung

Öl ist knapp und kann teuer werden – diese Lehre zog man in vielen Ländern, als die arabischen <u>Opec-Staaten</u> 1973 ein erstes Mal den Hahn zudrehten. Das Ereignis wirkte sich auch auf die Energiewirtschaft in der Schweiz aus.

Erstens begann ab diesem Jahr der Verbrauch von Öl als Brennstoff zu sinken. Die Effizienz von Heizungen und die Isolierung von Häusern wurde erstmals zum Thema. Der Bund begann mit der Erarbeitung einer Gesamtenergiekonzeption mit Schwerpunkten auf Sparen, Forschen und Diversifizieren. Man schaute sich nach Alternativen zum Erdöl um – und fand diese im Erdgas, dessen Verbrauch über die nächsten Jahrzehnte stetig hochging.

Zweitens wurde die Stromproduktion noch intensiver vorangetrieben. Beznau, das erste Atomkraftwerk, <u>war bereits 1969 ans Netz gegangen</u>. Bis 1984 folgten weitere Kernkraftwerke in Mühleberg, Gösgen und Leibstadt. So wuchs der Anteil der Elektrizität am hiesigen Energiemix weiter.

Allerdings deckt die Schweiz auch ein halbes Jahrhundert nach der ersten Ölkrise noch immer nur ein Viertel ihres Energiebedarfs mit Strom ab. Der Grund dafür ist, dass die energetische Umschichtung in einem wesentlichen Sektor nicht stattfand: beim Verkehr. Pro Person wurden immer mehr Kilometer gefahren. Benzinmotoren wurden zwar etwas effizienter, doch die Automotoren wurden kräftiger. Benzin blieb das Antriebsmittel der Wahl.

Bis heute ist deshalb der Anteil der Erdöltreibstoffe am Energiemix der Schweiz steigend. Und dies, obwohl der Gesamtenergiebedarf des Landes sich ab der Jahrtausendwende auf einem stabilen Niveau eingependelt hat: bei gut 800 Petajoule, der erwähnten Bodensee-Weltall-Beförderungsmenge.

Mix der Zukunft

Die Jahrzehnte seit dem Ölschock lassen sich im Rückblick somit als Phase begreifen, in denen ein zaghafter Umbau des Energiesystems begonnen hat. Das erste Element dieses Umbaus ist: ein grösserer Fokus auf Effizienz.

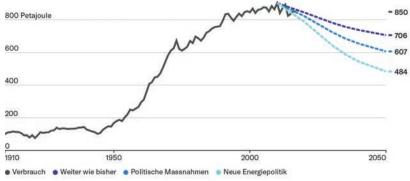
Trotz steigender Einwohnerzahlen und wachsender Wirtschaft verbraucht die Schweiz seit der Jahrtausendwende nicht mehr Energie (zumindest auf dem Boden: Der Flugverkehr ist in dieser Bilanz nicht inbegriffen). Diese Entkopplung dürfte sich in den kommenden Jahrzehnten akzentuieren.

Das wird deutlich, wenn man sich die <u>Energieperspektiven 2050 des Bundes</u> ansieht – eine bereits leicht in die Jahre gekommene Prognose aus dem Jahr 2012, die in ihren Grössenordnungen aber nach wie vor aussagekräftig ist.

In dieser Publikation wurden drei politische Szenarien durchgerechnet: «Weiter wie bisher», «Politische Massnahmen», «Neue Energiepolitik». Die drei Szenarien gehen bis im Jahr 2050 davon aus, dass sich der gesamte Energieverbrauch jeweils um gut 20, gut 30 und knapp 50 Prozent gegenüber dem Höhepunkt von 2010 reduziert. Zu diesem Rückgang sollen einerseits der technische Fortschritt und andererseits die Energiepolitik beitragen.

Schubumkehr

Energieverbrauch bis 2050



Quelle: BFE, Prognos. Prozentuale Reduktionen, ausgehend von 2010 berechnet.

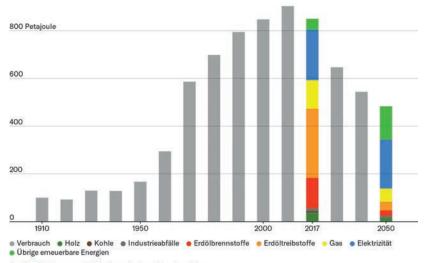
Ebenso wie im 19. und 20. Jahrhundert eine Vielzahl von neuen Industrien den Energieverbrauch in die Höhe schnellen liessen, dürften also im 21.- Jahrhundert diverse Effizienzverbesserungen den Verbrauch senken.

Angesprochen sind etwa neue Materialien im Wohnungsbau und energieoptimierte Heiz- und Kühlsysteme, effiziente Leuchtmittel, der Verzicht auf Elektroheizungen oder Prozessoptimierungen in der Industrie. Auch der Umstieg auf die Elektromobilität <u>bringt grosse Energieersparnisse</u>.

Fürs Klima relevant ist jedoch, ob dieses erste Element des Energieumbaus-der sinkende Gesamtverbrauch – am Ende wirklich auch mit dem zweiten Element einhergeht: dem Ausstieg aus fossilen Energien. Hier stellen die letzten Energieperspektiven den Zustand des 2012 politisch denkbaren, nicht aber des für die Zukunft Wünschbaren dar. Selbst im besten Szenario machen Erdöl und Gas noch immer knapp 25 Prozent des Verbrauchs aus.

Umschichtung

Energiemix heute und in Zukunft



Quelle: BFE, Prognos. 2050 = Szenario Neue Energiepolitik.

Was es braucht, damit der fossile Anteil nicht auf ein Viertel fällt, sondern gegen null geht, werden wir im Verlauf des Sommers noch ausleuchten.

In der Zwischenzeit bleibt der historische Blick zurück – und das Fazit, dass es bei der Energie in relativ kurzer Zeit enorme Umwälzungen geben kann. Der Stoffwechsel der Zivilisation verändert sich fortwährend, getrieben durch technische Entwicklungen, aber auch durch bewusste Entscheide der Politik. Die Gewinnung von Energie und der Umgang damit waren schon immer Angelegenheiten, die die Allgemeinheit betrafen – nicht nur das Individuum.

Wir müssen davon ausgehen, dass dies auch in Zukunft so sein wird.

In einer früheren Version des Artikels wurde der Anhub des Bodensees mit 1700 statt 1,7 Kilometer angegeben. Wir entschuldigen uns für den Umrechnungsfehler.

Die Daten

Sie stammen einerseits aus der <u>Gesamtenergiestatistik des Bundes</u> und andererseits aus den <u>Energieperspektiven 2050</u>, die das Büro Prognos 2012 im Auftrag des Bundesamts für Energie erstellt hat. Ein Update soll 2020 publiziert werden. Eine hervorragende Abhandlung zur Energiegeschichte der Schweiz findet sich im <u>Historischen Lexikon der Schweiz</u>.

Was verändert sich auf die lange Sicht?

Haben Sie Anregungen zu unseren Datenbeiträgen? Wünschen Sie sich bestimmte Themen? Diskutieren Sie im Forum der Rubrik «Auf lange Sicht».



Kiss #14, John Chamberlain, 1979

ENERGIE UND LEISTUNG TABELLEN, GRÖSSENORDNUNGEN **UND VERHÄLTNISSE** -**FAUSTFORMELN**

LEISTUNG

Die Leistung als physikalische Größe bezeichnet die in einer Zeitspanne umgesetzte Energie bezogen auf diese Zeitspanne. Ihr Formelzeichen ist meist P (von englisch power), ihre SI-Einheit das Watt mit dem Einheitenzeichen W.

Das Watt ist die im internationalen Einheitensystem (SI) verwendete Maßeinheit für die Leistung (Energieumsatz pro Zeitspanne). Sie wurde nach dem schottischen Wissenschaftler und Ingenieur James Watt benannt.

Das Watt ist eine abgeleitete Einheit. Sie lässt sich aus den Basiseinheiten Kilogramm (kg), Meter (m) und Sekunde (s) ableiten:

$$1\,W=1\,\frac{kg\,m^2}{s^3}$$

Im physikalisch-technischen Zusammenhang wird der Begriff Leistung in verschiedenen Bedeutungen verwendet:

- 1. als installierte oder maximal mögliche Leistung (Kennzeichen eines Gerätes oder einer Anlage; auch Nennleistung genannt)
- 2. als tatsächliche Leistung in einer Anwendung, entweder als die zugeführte Leistung oder die im Sinne der Aufgabenstellung abgegebene Leistung.

Die Leistungsaufnahme und die für eine bestimmte Anwendung nutzbringende Leistungsabgabe können je nach Wirkungsgrad bzw. Abwärme erheblich voneinander abweichen.

Watt-W

1,5 W - Leistung des menschlichen Herzens

1,5 W - Durchschnittliche Leistung eines Handys.

1 bis 10 W - typische Leistungsaufnahme eines Haushaltsgerätes im Bereitschaftsbetrieb ("Standby")

5 W - Lichtausbeute einer typischen 100-W-Glühlampe

5 bis 25 W - Leistungsaufnahme einer typischen Energiesparlampe

15 bis 300 W – Leistungsaufnahme einer typischen Glühlampe

70-90 W - Leistung, die der Mensch während des Schlafens erbringt, um seine Körperfunktion aufrecht zu erhalten (Grundumsatz)

100-130 W - Leistung eines Menschen bei der Büroarbeit. Zum Vergleich: Das ist die Leistung von zwei modernen LED-Fernseh-Geräten mit 48 Zoll Bildschirmdiagonale

140 W – Leistungsaufnahme eines Kühlschranks im Betrieb

400 W - Durchschnittliche Trittleistung eines Radrennfahrers während einer Bergetappe

500 bis 1000 W - mittlere elektrische Leistungsaufnahme eines 4-Personen-Haus-

551 W - Antriebsleistung des Benz-Patent-Motorwagens von 1886

735,49875 W = 1 PS

Kilowatt – kW

1 Kilowatt = 1000 Watt

1,367 kW – bei mittlerem Abstand Erde–Sonne ohne den Einfluss der Atmosphäre senkrecht zur Strahlrichtung empfangene Strahlungsleistung von der Sonne auf einem Quadratmeter Oberfläche (Solarkonstante)

2 bis 3,5 kW – Leistungsaufnahme einer typischen Waschmaschine

10 bis 20 kW - Wärmeleistung einer Heizung eines Einfamilienhauses

15 kW - kurzzeitige Höchstleistung eines Pferdes (≈ 20 PS, 1PS ≈ 0.7355 kW)

10 bis 100 kW - typische Leistungsabgabe eines Motorradmotors

20 bis 300 kW - typische Leistungsabgabe eines PKW-Motors mit 27-408 PS

500 kW – Spitzenleistung des über lange Zeit grössten schweizerischen Sonnenkraftwerks Mont Soleil

850 kW – Maximalleistung des Sonnenkraftwerks auf dem Dach des Stade de Suisse Wankdorf Bern

Megawatt - MW

1 Megawatt = 1000 Kilowatt = 1 Million Watt (10⁶)

3 bis 9 MW - Nennleistung großer Windenergieanlagen

8 MW - Antriebsleistung des Hochgeschwindigkeitszugs ICE 3

20 MW – Leistung des französischen Rekordhochgeschwindigkeitszugs TGV V 150

850 MW – Leistung der grössten Photovoltaikanlage der Welt

Gigawatt - GW

1 Gigawatt = 1000 Megawatt = 1 Milliarde Watt (109)

1 GW - typisches Kernkraftwerk

2 GW - Wasserkraftwerk im Hoover Dam

10 GW - in Deutschland installierte Leistung aller Kernkraftwerke (Stand 2011)

22,4 GW – Drei-Schluchten-Damm in der VR China, Wasserkraftwerk (Stand 2012)

38,5 GW - installierte Photovoltaik-Leistung in Deutschland (Stand Juni 2015)

133 GW - installierte Windkraftleistung ganz Europas (2014)

Terawatt - TW

1 Terawatt = 1000 Gigawatt = 1 Billion Watt (10^{12}) = 1 Milliarde Kilowatt

1,7 TW – durchschnittlich benötigte elektrische Leistung weltweit (Stand 2001)

3,3 TW – durchschnittlich benötigte Leistung (elektrisch, Benzin, Gas etc.) in den Vereinigten Staaten (Stand 2001)

13,5 TW - durchschnittlich benötigte Leistung weltweit (Stand 2001)

44 TW – Leistung, welche die Erde als Wärme aus Erdmantel und Erdkern abgibt

Petawatt – PW

1 Petawatt = 1000 Terawatt = 1 Billiarde Watt (10¹⁵) = 1000 Milliarden Kilowatt

174 PW – die Erde erreichender Teil der Strahlungsleistung der Sonne (davon erreicht etwa die Hälfte die Erdoberfläche)

(Anmerkung: Im Englischen steht die Zahl "billion" für 10⁹, entspricht also der Milliarde, die deutschsprachige Billion heißt im US-Englisch entsprechend "trillion")

ARBEIT = ENERGIE

Die Wattstunde (Einheitenzeichen: Wh) ist eine Maßeinheit der Arbeit bzw. der Energie. Sie gehört zwar nicht zum internationalen Einheitensystem (SI), ist zum Gebrauch mit dem SI aber zugelassen. Eine Wattstunde entspricht der Energie, welche ein System (z. B. Maschine, Mensch, Glühlampe) mit einer Leistung von einem Watt in einer Stunde aufnimmt oder abgibt. Eine 50-Watt-Glühbirne, die eine Stunde lang leuchtet, setzt also 50 Wh um.

Im Alltag gebräuchlich und verbreitet ist die Kilowattstunde (kWh), das Tausendfache der Wattstunde. In dieser Einheit werden vor allem Strom-, aber auch Heizwärmekosten abgerechnet und mit Messeinrichtungen wie dem Stromzähler oder Wärmezähler erfasst.

Anders als bei der Einheit Kilometer pro Stunde, die km/h geschrieben wird, weil dabei durch die Stunde dividiert wird, ist bei der Kilowattstunde kWh kein "/" zu schreiben, weil hier mit der Stunde multipliziert wird. Eine Schreibweise "kW/h" ist daher falsch.

Die Wattstunde leitet sich aus der SI-Einheit Joule ab:

1Joule = 1 Ws (Wattsekunden)

1 Wh = 3600 Ws (Wattsekunde) = 3600 Joule = 3,6 Kilojoule (kJ).

Die Einheit Wattstunde wird meistens mit dem dezimalen SI-Vorsatz Kilo verwendet (z. B. bei der Stromabrechnung).

1 Kilowattstunde (kWh) = 1 kW ⋅ 1 h = 1000 Watt ⋅ 1 h = 1000 Wh = 1000 W ⋅ 3600 s = 3,6 ⋅ 106 J = 3.6 Megajoule (MJ)

Wenn beispielsweise eine Solaranlage mit der Leistung von einem Kilowatt eine Stunde lang Sonnenlicht in elektrische Energie umwandelt, so entspricht das einer Energie einer Kilowattstunde.

Bei der Angabe der Stromproduktion von Elektrizitätswerken oder des Bedarfs an elektrischer Energie ganzer Länder werden die Vorsätze Mega (M) (für eine Million), Giga (G) (für eine Milliarde) oder Tera (T) (für eine Billion) der entsprechenden Einheit verwendet, um handlichere Zahlenwerte zu erhalten: so entsprechen z. B. 1000 Megawattstunden einer Gigawattstunde (GWh) usw.

Grundeinheit der Energie im internationalen Einheitensystem ist 1 Joule (auch Wattsekunde). Benannt nach James Prescott Joule, wird diese Einheit heute für alle Energieformen verwendet, also auch für die Arbeit und Wärmemenge.

Wie jede abgeleitete Einheit kann das Joule durch Basiseinheiten ausgedrückt werden. Mit den Einheiten kg, m und s gilt:

kg m²

 $1J = 1 \frac{kg m^2}{s^2}$

Joule – **J** 1 Joule = 1.000 Millijoule

1 J = 1 Ws = 1 Nm

1 J = Arbeit des menschlichen Herzens pro Schlag

1 J = erwärmt 1 g Luft (ca. 830 ml Volumen) um 1 K bei 1.013 hPa

4,18 J = erwärmt unter Normbedingungen 1 g Wasser um 1 K (in veralteten Einheiten: = 1 cal)

73,5 J = kinetische Energie eines Menschen (75 kg) bei Schrittgeschwindigkeit (1,4 m/s)

98,1 J = Energie, um 1 l Wasser auf der Erde 10 m hochzuheben/pumpen

Kilojoule – **kJ** 1 Kilojoule = 1000 Joule

 $1 \text{ kJ} \approx 0.278 \cdot 10 - 3 \text{ kWh} \approx 0.3 \text{ Wh}$

2,06 kJ = Energie, um einen 70 kg schweren Menschen 3 m anzuheben

4,18 kJ = erwärmt 1 kg Wasser um 1 K = 1 Kilokalorie

6 kJ = Energieverbrauch einer 100-W-Glühlampe in einer Minute

38 kJ = physiologischer Brennwert, das heißt für den menschlichen Körper nutzbarer Energiegehalt, von 1 g Fett

386 kJ = kinetische Energie eines PKW (Masse 1 t) bei einer Geschwindigkeit von 100 km/h

Megajoule - MJ 1 Megajoule = 1000 Kilojoule = 0.2778 kWh

2,3 MJ = physiologischer Brennwert von 100 g Schokolade

3,6 MJ = 1 Kilowattstunde (kWh) - Abrechnungseinheit für Energie wie Stromverbrauch, Heizleistung

6-7 MJ = täglicher Grundumsatz eines erwachsenen, 70 kg schweren Menschen

10–13 MJ =täglicher Energiebedarf des Menschen, Mittelwert, variabel nach Alter, Geschlecht und weiteren Faktoren

29,3 MJ = freiwerdende Energiemenge bei Verbrennung von 1 kg Steinkohle

41,9 MJ = freiwerdende Energiemenge bei Verbrennung von 1 kg Rohöl

Gigajoule - GJ 1 Gigajoule = 1000 Megajoule

 $1 \text{ GJ} \approx 278 \text{ kWh} \approx 0.3 \text{ MWh}$

 $11~\text{GJ} \approx 3,1~\text{MWh}$ Bedarf an elektrischer Energie eines Zwei-Personen-Privathaushalts pro Jahr

16 GJ = kinetische Energie eines Airbus A380 (Masse 500 t) bei einer Geschwindigkeit von 910 km/h

86,4 GJ = 24 MWh = 1 Megawatttag - Energieabgabe eines 1-Megawatt-Kraftwerks an einem Tag, z. B. eine mittlere Windkraftanlage

184 GJ = freiwerdende Explosionsenergie der stärksten konventionellen Bombe FOAB (entspricht 44 t TNT)

Terajoule - TJ 1 Terajoule = 1000 Gigajoule

1 TJ ≈ 278 MWh

56 TJ = freiwerdende Explosionsenergie der Atombombe Little Boy über Hiroshima (entspricht 13,4 kt TNT)

79,1 TJ = Energie, die bei der Spaltung von einem Kilogramm Uran 235 frei wird 84 TJ = freiwerdende Explosionsenergie der Atombombe Fat Man über Nagasaki (entspricht 20 kt TNT)

Petajoule -PJ 1 Petajoule = 1000 Terajoule

1 PJ ≈ 278 GWh

31,536 PJ = 8760 GWh = 1 Gigawattjahr - Energieabgabe eines 1-Gigawatt-Kraftwerks in einem Jahr (Gemeinjahr mit 365 Tagen)

89,9 PJ = vollständige Umwandlung von 1 kg Materie in Energie (E=m⋅c²)

210 PJ = Explosionskraft der stärksten Wasserstoffbombe (= 50 Mt TNT)



Annie Pratt, Unsplash 2018

GRAUE ENERGIE

Tabellen KBOB Ökobilanzdaten: Erläuterungen

Ökobilanzdaten im Baubereich	KBOB / eco-bau / IPB 2009/1:2016	1:2016	
Die Ökobilanz-Kennwerte wurden mit aktualisierten Hintergrunddaten (KBOB-Datenbestand 2016, basierend auf dem ecoinvent- Datenbestand v2.2) gerechnet. Neu wird in der pdf-Datei der Indikator "Primärenergie erneuerbar" anstelle des Indikators "Primärenergie, gesamt" aufgeführt. Zudem wurden die Sachbilanzen einzelner Baumatentalien (Durchschnitt und herstellerspezif Gebäudetechnikelemente, Energiesysteme und Transportsysteme aktualisiert beziehungsweise neu hinzugefügt. Legende: schwarz: aktualisierte Hintergrunddaten (Sachbilanzdaten unverändert) rort - Zahlen in rot: Sachbilanz- und Hintergrunddaten bei bestehenden Datensätzen aktualisiert (z.B. ID-Nr. 06.001) - ganze Zeile rot: Datensatz neu in die KBOB-Ökobilanzdaten 2016 aufgenommen (z.B. ID-Nr. 00.001) blau schattiert (nur in der Excel-Datei verfügbar): hersteller oder herstellerregionenspezifische Datensätze Sortierkriterien für die KBOB-Ökobilanzdaten 2016: 1. Gruppe gemäss vorderem Teil der ID-Nummer (z.B. ID-Nr. 06.xxx) 2. innerhalb Gruppe alphabetisch nach Name in deutscher Sprache	Die Ökobilanz-Kennwerte wurden mit aktualisierten Hintergrunddaten (KBOB-Datenbestand 2016, basierend auf dem ecoinvent- Datenbestand v2.2) gerechnet. Neu wird in der pdf-Datei der Indikator "Primärenergie emeuerbar" anstelle des Indikators "Primärenergie, gesamt" aufgeführt. Zudem wurden die Sachbilanzen einzelner Baumaterialien (Durchschnitt und herstellerspezifische). Gebäudetechnikelemente, Energiesysteme und Transportsysteme aktualisiert beziehungsweise neu hinzugefügt. Legende: schwarz: aktualisierte Hintergrunddaten (Sachbilanzdaten unverändert) not: - Zahlen in not: Sachbilanz- und Hintergrunddaten bei bestehenden Datensätzen aktualisiert (z.B. ID-Nr. 06.001) - ganze Zeile rot: Datensatz neu in die KBOB-Ökobilanzdaten 2016 aufgenommen (z.B. ID-Nr. 00.001) blau schattiert (nur in der Excel-Datei verfügbar): hersteller- oder herstellerregionenspezifische Datensätze Sortierkriterien für die KBOB-Ökobilanzdaten 2016: 1. Gruppe gemäss vorderem Teil der ID-Nummer (z.B. ID-Nr. 06.xxx) 2. innerhalb Gruppe alphabetisch nach Name in deutscher Sprache	Auf www.kbob.ch > Publikationen > Nachhaltiges Bauen, sind zwei Dateien platziert. Die pdf-Datei «Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2016» soll den Planenden den Einstieg in diese Thematik erleichtern. Sie enthält für die Schweiz repräsentative Daten für Baumaterialien und Gebäudetechnik (Herstellung, Entsorgung), Energie sowie Transporte (Betrieb, Fahrzeug, Infrastruktur). Die Excel-Datei «Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2016» enthält zusätzlich die Ergebnisse des Indikators "Primärenergie, gesamt", herstellerspezifische Daten sowie die Daten zu den bauspezifischen Entsorgungsprozessen. Die Excel-Datei wird in zwei Versionen angeboten, in denen die Primärenergie in MJ bzw. in kWh gezeigt wird. Ab 2017 wird nur noch die Einheit kWh verwendet. Die Excel-Datei stellt ein Arbeitsinstrument dar.	Dateien platziert. Planenden den Einstieg in diese Thematik erleichtern. Sie enthält detechnik (Herstellung, Entsorgung), Energie sowie Transporte sit zusätzlich die Ergebnisse des Indikators "Primärenergie, zrfischen Entsorgungsprozessen. Die Excel-Datei wird in zwei i gezeigt wird. Ab 2017 wird nur noch die Einheit kWh verwendet.
Gesamtbewertung		Teilbewertung	
UBP13	Primäre	Primärenergie (PE)	Treibhausgasemissionen (THG-E)
	erneuerbar	nicht erneuerbar (Graue Energie)	
Die Umweltbelastungspunkte 2013 (UBP'13) quantifizieren die Umweltbelastungen durch die Nutzung von Energie- und stofflichen Energieträger umfassen Wasserkraft, Holz / Biom Gewässer und Boden, durch die Ablagerung von Rückständen aus Kahlschlag von Primärwäldern), Sonnen-, Wind-, Energie und Umgebungswärme. Energie und Umgebungswärme. Primärenergie gesamt.	Die emeuerbare Primärenergie quantifiziert den kumulierten nam Energieaufwand der erneuerbaren Energieträger. Die erneuerbaren, Energieträger umfassen Wasserkraft, Holz / Biomasse (ohne s Kahlschlag von Primärwäldern), Sonnen-, Wind-, geothermische Energie und Umgebungswärme. Primärenergie emeuerbar und nicht erneuerbar bilden addiert die Primärenergie gesamt.	umulierten Die nicht erneuerbare Primärenergie (Graue Energie) quantifiziert Die erneuerbaren den kumulierten Energieaufwand der fossilen und nuklearen asse (ohne Energieträger sowie Holz aus Kahlschlag von Primärenergie erneuerbar und nicht emeuerbar bilden addiert die Primärenergie gesamt.	Die Treibhausgasemissionen quantifizieren die kumulierten Wirkungen verschiedener Treibhausgase bezogen auf die Leitsubstanz CO ₂ . Die Treibhauswirkung wird auf Basis der Treibhauspotenziale des 5. Sachstandberichts des IPCC (2013) quantifiziert.
Die Umweltauswirkungen der Teilbewertungen sind in der Gesamtbewertung UBP enthalten.	Diese Kenngrösse ist Teil der Betrachtung gemäss 2000 Watt Gesellschaft. Mit der Summe aus Primärenergie erneuerbar und nicht erneuerbar wird die dem Gebäude zugeführte Energiemenge (Endenergie) gemäss Merkblatt SIA 2031 «Energieausweis für Gebäude» bewertet.	Mit dieser Kenngrösse wird die Bezugsgrösse gemäss Merkblatt SIA 2032 «Graue Energie von Gebäuden» und gemäss Merkblatt SIA 2040 "SIA-Effizienzpfad Gebäude" bewertet.	Mit dieser Kenngrösse werden die dem Gebäude zugeführte Energiemenge gemäss Merkblatt SIA 2031 «Energieausweis für Gebäude», die Bezugsgrösse gemäss Merkblatt SIA 2032 «Graue Energie von Gebäuden» sowie der Energieverbrauch gemäss Merkblatt SIA 2040 «Effizienzpfad Energie» bewertet.
Die Beurteilung mit der Methode der ökologischen Knappheit zeigt in Umweitbelastungspunkten (UBP'13) ein vollständiges Bild der Umweltauswirkungen auf und basiert auf der Schweizerischen Umweltpolitik. Sie entspricht den Anforderungen eines "true and fair view" bezüglich Umweltinformationen.		Die nicht erneuerbare Primärenergie (Graue Energie) ist ein im Die in dieser Empfehlung ausgewiesenen Baubereich etablierter Kennwert. Die Instrumente des Vereins Treibhausgasemissionen sind ein Kennwert für die eco-bau (eco-devis, Eco-BKP-Merkblätter) stützen sich für eine Klimaerwärmung. Sie sind nicht gleichbedeutend mit dem gesamtheitliche Beurteilung neben zusätzlichen ökologischen standortgebundenen CO _Z -Ausstoss, welcher Gegenstand Merkmalen auf diese Teilbewertung ab. Zielvereinbarungen zwischen Emittenten und der Eidgenossenschaft im Rahmen des CO _Z -Gesetzes ist.	Die in dieser Empfehlung ausgewiesenen Treibhausgasemissionen sind ein Kennwert für die Klimaerwärmung. Sie sind nicht gleichbedeutend mit dem standortgebundenen CO ₂ Ausstoss, welcher Gegenstand von Zielvereinbarungen zwischen Emittenten und der Eidgenossenschaft im Rahmen des CO ₂ -Gesetzes ist.
Ökobilanzen basieren auf Modellen, die von Wertvorstellungen gebrägt sind. Somit sind die Ergebnisse nicht werffrei		in dieser Empfehlung wurde für alle Materialien dieselbe Modellierungsmethode verwendet. Werden andere Modellierungsmethoden verwendet. Können die	det Werden andere Modellierungsmethoden verwendet können die

Ökobilanzen basieren auf Modellen, die von Wertvorstellungen geprägt sind. Somit sind die Ergebnisse nicht wertfrei. In dieser Empfehlung wurde für alle Materialien dieselbe Modellierungsmethode verwendet. Werden andere Modellierungsmethoden verwendet, können die Ergebnisse anders aussehen.
Die Autoren oder ihre Organisationen lehnen jedoch jegliche Haftung für Schäden oder Verluste ab, die durch die Verwendung dieser Angaben entstehen könnten. Die Verantwortung für die Nutzung der Informationen liegt ausschliesslich bei den sie Verwendenden.

Ökobilanzdaten im Baubereich							KBOB,	/ eco-ba	au / IPE	KBOB / eco-bau / IPB 2009/1:2016	1:2016						
	Rohdichte		l	UBP'13		l	l	l		Primärenergie	ı	l	l			Treibhaus-	
BAUMATERIALIEN	/ Flächen-	6n:		UBP			gesamt			erneuerbar		nicht erne	nicht erneuerbar (Graue Energie)	e Energie)	e E	gasemissionen Emissions de gaz	_ N
		zəg	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung Entsorgung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung
			UBP	UBP	UBP	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq
Beton	kg/m³																
Magerbeton (ohne Bewehrung)	2'150	ş	65.1	40.2	24.9	0.149	0.100	0.049	0.00	0.007	0.002	0.139	0.092	0.047	0.059	0.050	0.009
Hochbaubeton (ohne Bewehrung)	2'300	ķ	94.3	67.3	27.0	0.215	0.159	0.055	0.013	0.012	0.002	0.201	0.148	0.054	0.099	0.089	0.010
Hanfbeton	009	₽.	371	370	0.743	1.87	1.86	0.002	0.882	0.882	0	0.984	0.982	0.002	0.288	0.288	0
Mauersteine	kg/m³																
Backstein	006	<u>S</u>	217	191	25.8	0.868	0.816	0.052	0.078	0.076	0.002	0.791	0.740	0.051	0.258	0.249	0.009
Kalksandstein	1.400	kg	157	132	25.1	0.434	0.385	0.050	0.037	0.035	0.002	0.398	0.350	0.048	0.138	0.129	0.009
Leichtlehmstein	700	ð	237	212	25.8	1.56	1.50	0.052	0.793	0.791	0.002	0.762	0.712	0.051	0.170	0.161	0.009
Leichtzementstein, Blähton	1,200	ğ	471	445	26.6	1.56	1.51	0.055	0.052	0.050	0.002	1.51	1.46	0.053	0.417	0.407	0.010
Leichtzementstein, Naturbims	1,200	δ	222	195	26.6	0.455	0.400	0.055	0.031	0.029	0.002	0.424	0.371	0.053	0.223	0.214	0.010
Porenbetonstein	200	δ	348	323	25.8	0.990	0.939	0.053	0.065	0.064	0.002	0.925	0.875	0.051	0.417	0.408	0.009
Zementstein	1,700	δ	133	108	25.1	0.278	0.229	0.049	0.024	0.022	0.002	0.254	0.207	0.047	0.129	0.121	0.009
Andere Massivbaustoffe	kg/m³																
Betonelement glasfaserverstärkt (1)	2,440	kg	•	-		0.240	0.190	0.050									
Betonziegel	2'300	<u>ā</u>	212	187	25.8	0.551	0.499	0.052	0.034	0.033	0.002	0.517	0.466	0.051	0.217	0.208	0.009
Faserzement-Dachschindel	1,800	<u>ā</u>	751	724	26.6	2.93	2.87	0.055	0.476	0.474	0.002	2.45	2.40	0.053	0.727	0.717	0.010
Faserzementplatte gross	1,800	ğ	1'030	1,000	26.6	3.90	3.84	0.055	0.624	0.622	0.002	3.27	3.22	0.053	1.09	1.08	0.010
Faserzement-Wellplatte	1,800	ğ	726	700	26.6	2.61	2.55	0.055	0.544	0.543	0.002	2.06	2.01	0.053	0.678	699.0	0.010
Feinsteinzeugplatte (1)	1.300	kg				3.92	3.87	0.050									1
Flachglas beschichtet	2,500	ķ	1'350	1'340	18.6	4.95	4.88	0.068	0.233	0.232	0.001	4.71	4.65	0.068	1.16	1.15	0.010
Flachglas unbeschichtet	2'500	δ	1.140	1'120	18.6	4.19	4.13	0.068	0.130	0.130	0.001	4.06	4.00	0.068	1.10	1.09	0.010
Profiglasplatten (1)	2,740	kg	•	•		3.53	3.46	0.070									
Gipsfaserplatte	1,200	ā	488	470	17.5	2.55	2.48	990.0	0.086	0.085	0.001	2.46	2.40	0.065	0.537	0.527	0.009
Gipskartonplatte	850	ğ	314	296	17.3	1.43	1.36	0.065	0.079	0.078	0.001	1.35	1.28	0.065	0.293	0.284	0.009
Gips-Wandbauplatte / Vollgipsplatte	1,000	ā	343	326	17.2	1.47	1.40	0.065	0.029	0.028	0.001	1.44	1.37	0.064	0.307	0.298	0.009
Hartsandsteinplatte	2,200	\$	75.0	49.9	25.1	0.341	0.291	0.050	0.039	0.037	0.002	0.302	0.254	0.048	0.034	0.025	0.009
Keramik-/Steinzeugplatte	2'600	ூ.	2'460	2'430	25.8	4.05	3.99	0.052	0.234	0.232	0.002	3.81	3.76	0.051	0.777	0.768	0.009
Kies, gebrochen	7,000	₽.	64.9	39.8	72.1	1.091	0.041	0.050	0.00	c00.0	0.002	0.084	0.030	0.048	0.013	0.005	0.009
Kulldkles	2,000	\$ \$	0.10	35.9	29.1	0.067	0.010	0.050	0.003	0.00	0.002	0.00	0.017	0.040	0.012	0.003	0.003
Sanitärkeramik	2,000	5 2	3.030	3,000	25.8	11.6	11.5	0.052	0.401	0.399	0.002	11.2	11.1	0.051	2.32	2.31	0.009
Stampflehm	2,000	\$	39.4	25.2	14.2	0.134	0.079	0.054	0.002	0.004	0	0.129	0.075	0.054	0.023	0.016	0.007
Tonziegel	1,700	ā	300	274	25.8	1.15	1.10	0.052	0.034	0.032	0.002	1.12	1.07	0.051	0.375	998.0	0.009
Mörtel und Putze	kg/m ³																
Baukleber/Einbettmörtel mineralisch	1,400	ķ	427	410	17.2	1.77	1.71	0.065	0.166	0.166	0.001	1.60	1.54	0.064	0.406	0.397	0.009
Baukleber/Einbettmörtel mineralisch Leichtzuschlag	1,100	kg	424	407	17.2	1.84	1.77	0.065	0.146	0.146	0.001	1.69	1.62	0.064	0.427	0.418	0.009
Baukleber/Einbettmörtel organisch	1.670	δ	1,000	982	17.2	4.35	4.29	0.065	0.146	0.145	0.001	4.20	4.14	0.064	0.758	0.749	0.009
Gips-Kalk-Putz	925	δ	151	134	17.2	0.750	0.685	0.065	0.064	0.063	0.001	0.686	0.622	0.064	0.155	0.145	0.009
Gips-/Weissputz	1,100	ā	146	129	17.2	0.754	0.689	0.065	0.062	0.061	0.001	0.692	0.628	0.064	0.147	0.138	0.009
Kunststoffputz (Dispersionsputz)	1,540	δ	1,230	1'210	17.2	5.48	5.42	0.065	0.227	0.227	0.001	5.25	5.19	0.064	0.951	0.942	0.009
Kalk-Zement/Zement-Kalk-Putz	1,550	ð	237	220	17.2	0.895	0.831	0.065	0.130	0.130	0.001	0.765	0.701	0.064	0.247	0.238	0.009
Lehmputz	1,800	\$	62.3	43.0	19.3	0.180	0.148	0.032	0.016	0.014	0.002	0.164	0.134	0.031	0.023	0.018	0.005
Leichtputz mineralisch	1,000	<u>\$</u>	366	348	17.2	1.45	1.39	0.065	0.154	0.154	0.001	1.30	1.23	0.064	0.366	0.357	0.009

Ökobilanzdaten im Baubereich							KBOB	KBOB / eco-bau / IPB	au / IPB	2009/1:2016	:2016						
	Rohdichte			UBP'13		l	l	l	ľ	Primärenergie	l	l	l			Treibhaus-	
BAUMATERIALIEN	/ Flächen-	бnz		UBP			gesamt			erneuerbar		nicht erneu	nicht erneuerbar (Graue Energie)	e Energie)	E E	gasemissionen Emissions de gaz	_ 8
		Be	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung
			UBP	UBP	UBP	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq
Silikatputz (Dispersionssilikatputz)	1'880	kg	1.220	1,200	17.2	5.36	5.29	0.065	0.249	0.248	0.001	5.11	5.04	0.064	0.975	996.0	0.009
Silikonharzputz	1'670	kg	1.410	1,390	17.2	6.54	6.47	0.065	0.370	0.370	0.001	6.17	6.10	0.064	1.12	1.11	0.009
Sumpfkalkputz	1'350	kg	442	425	17.2	1.92	1.85	0.065	0.113	0.112	0.001	1.80	1.74	0.064	0.469	0.460	0.009
Unterlagsboden Anhydrit, 60 mm	2,000	kg	146	128	18.5	0.483	0.414	0.070	0.025	0.025	0.001	0.458	0.389	0.069	0.087	0.077	0.010
Unterlagsboden Zement, 85 mm	1,820	kg	140	122	17.2	0.312	0.247	0.065	0.031	0.031	0.001	0.281	0.217	0.064	0.125	0.116	0.009
Warnedammpulz EPS	250	g Z	304	596	17.2	2.10	2.03	0.065	0.135	0.135	0.001	1.96	1.89	0.064	0.767	0.758	600.0
Zementputz	1,550	<u>\$</u>	255	238	17.2	0.850	0.785	0.065	0.122	0.121	0.00	0.728	0.664	0.064	0.269	0.260	0.009
Fenster, Sonnenschutz, Fassadenverkleidungen	kg/m ²																
Fassade, Pfosten-Riegel, Alu/Glas		m ²	250'000	242'000	7'250	827	823	3.18	66.1	0.99	660.0	260	757	3.08	177	163	13.5
Fassadenplatte, Aluverbund, 4 mm	7.1	m ²	45'400	41'100	4'240	224	224	0.536	24.5	24.5	600.0	200	199	0.527	44.3	35.8	8.58
Fassadenplatte, Hochdrucklaminatplatte (HPL), 8.1 mm	11.6	m ²	49'800	43'500	6'310	288	286	1.87	89.7	89.7	0.044	198	196	1.82	44.5	33.4	11.1
Fassadenplatte, Kalkstein, 30 mm	78	m ₂	6,160	4'210	1,960	27.5	23.6	3.89	1.92	1.77	0.145	25.6	21.8	3.75	5.13	4.45	0.677
Fassadenplatte, Kunststoff glasfaserverstärkt, 1.6 mm	2.4	m ₂	22'100	19'600	2,460	79.4	78.9	0.474	3.66	3.65	0.012	75.7	75.3	0.462	21.2	16.5	4.76
Fensterrahmen Aluminium		m ²	406,000	387,000	18'600	1.820	1'810	3.54	216	216	0.123	1.600	1,600	3.42	362	326	36.1
Fensterrahmen Holz		m ²	217.000	201,000	15'900	1.280	1,280	8.22	711	711	0.136	573	565	8.09	128	109	19.6
Fensterrahmen Holz-Aluminium		m ²	319,000	301,000	18'400	1.670	1,660	7.89	720	720	0.138	921	943	7.75	217	191	25.7
Fensterrahmen Kunststoff/PVC		m ₂	450,000	416'000	33,200	1.290	1,260	31.3	69.4	6.99	2.42	1.520	1,490	28.9	285	228	57.2
Isolierverglasung 2-fach, Ug-Wert 1.1 W/m²K, Dicke 24 mm		m ²	46'800	44,600	2'180	181	179	1.36	9.52	9.51	0.018	17	170	1.35	43.7	39.8	3.88
Isolierverglasung 2-fach, Ug-Wert 1.1 W/m²K, Dicke 18 mm		m ²	51,300	49'600	1,730	211	210	1.32	12.3	12.3	0.016	199	198	1.30	47.9	44.9	2.98
Isolierverglasung 2-fach, ESG, Ug-Wert 1.1 W/m²K		, m	57.500	55'300	2'180	243	242	1.36	16.8	16.8	0.018	226	225	1.35	51.1	47.2	3.88
Isolierverglasung 2-tach, VSG, Ug-Wert 1.1 W/m ⁻ K		E ~	84.000	001.08	3,900	44.6	352	2.08	5.9	7.61	0.025	335	333	20.7	7.87	1.1.7	7.10
Isolierverglasung 2-fach, ESG/NSG, Ug-Wert 1.1 W/m²-K		m ²	83.100	90.800	3.900	349	347	2.08	20.0	26.5	0.025	390	325	2.05	85.6	72.1	5.25
Isolierverdasung 3-fach. Ug-Wert 0.6 W/m²K. Dicke 40 mm		≡ ₂ m	74'300	70,900	3'450	276	274	2.06	14.9	14.9	0.027	261	259	2.04	8.99	60.7	6.16
Isolierverglasung 3-fach, ESG/ESG, Ug-Wert 0.6 W/m²K		m ₂	95'800	92'300	3'450	401	399	2.06	29.6	29.6	0.027	37.1	369	2.04	81.6	75.4	6.16
Isolierverglasung 3-fach, ESG, Ug-Wert 0.6 W/m²K		m ²	106,000	103,000	3'450	463	461	2.06	36.9	36.9	0.027	426	424	2.04	88.9	82.7	6.16
Isolierverglasung 3-fach, VSG, Ug-Wert 0.6 W/m²K		m ²	112,000	106'000	5'170	449	446	2.78	24.5	24.5	0.034	424	422	2.74	101	92.0	9.45
Isolierverglasung 3-fach, ESG/VSG, Ug-Wert 0.6 W/m ² K		m ²	124,000	118,000	5,170	516	513	2.78	32.0	32.0	0.034	484	481	2.74	110	100.0	9.45
Putzträgerplatte kunstharzgebunden 13 mm	6.3	m ^z	11,200	11,000	108	48.1	47.7	0.407	3.64	3.64	0.004	44.5	44.1	0.403	8.01	7.95	0.057
Putzträgerplatte mineralisch gebunden 12.5 mm	14.4	ZE	7.210	026,9	248	21.7	20.7	0.932	2.37	2.36	0.009	19.3	18.4	0.923	6.18	6.05	0.131
Sonnenschutz, Ausstellstoren motorisiert		μ,	141,000	140'000	831	333	333	0.479	36.0	36.0	0.031	297	297	0.448	65.0	63.5	1.48
Sonnenschutz, Lamellenstoren motonsiert		"E	111.000	110,000	633	295	295	0.401	32.4	32.3	0.028	263	797	0.374	57.4	56.3	1.11
Sonnenschutz, Rollladen motorisiert		m ²	138,000	137,000	284	376	376	0.394	44.5	44.5	0.029	331	331	0.365	71.9	71.5	0.408
Metallbanstoffe	ka/m³																
Aluminiumblech, blank	2'690	kg	7.300	7.300	0	31.9	31.9	0	5.29	5.29	0	26.7	26.7	0	5.62	5.62	0
Aluminiumprofil, blank	2'690	kg	6.980	086,9	0	32.6	32.6	0	5.30	5.30	0	27.3	27.3	0	5.71	5.71	0
Armierungsstahl	7.850	kg	2.860	2'860	0	3.76	3.76	0	0.211	0.211	0	3.55	3.55	0	0.682	0.682	0
Blei	11'340	kg	6.530	6,230	0	4.27	4.27	0	0.236	0.236	0	4.03	4.03	0	1.04	1.04	0
Chromnickelstahlblech 18/8 blank	7.900	kg	0.830	068,9	0	17.7	17.7	0	2.38	2.38	0	15.3	15.3	0	3.76	3.76	0
Chromnickelstahlblech 18/8 verzinnt	7.900	kg	10.700	10,200	0	25.7	25.7	0	2.66	2.66	0	23.0	23.0	0	5.45	5.45	0
Chromstahlblech blank	7.700	kg	5,250	5'250	0	10.5	10.5	0	0.923	0.923	0	9.53	9.53	0	2.24	2.24	0

Ökobilanzdaten im Baubereich							KBOB	KBOB / eco-bau / IPB 2009/1:2016	au / IPE	2009/	1:2016						
	Rohdichte			UBP'13					֓֟֟֟ ֓	Primäreneraie						Treibhaus-	
BAUMATERIALIEN	/ Flächen-	6		a dall			gesamt		-	erneuerbar		nicht erne	nicht erneuerbar (Graue Energie)	Energie)	E g	gasemissionen Emissions de gaz	_ N
		nzəş															
		8	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung Entsorgung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung
			UBP	UBP	UBP	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq
Chromstahlblech verzinnt	7.700	ā	8.390	8,990	0	18.4	18.4	0	1.20	1.20	0	17.2	17.2	0	3.93	3.93	0
Kupferblech, blank	8,300	ā	51,500	51,500	0	10.9	10.9	0	1.65	1.65	0	9.27	9.27	0	2.19	2.19	0
Messing-/Baubronzeblech	8,300	ķ	47.000	47'000	0	13.4	13.4	0	1.89	1.89	0	11.5	11.5	0	2.71	2.71	0
Stahlblech, blank	7'850	ğ	3.570	3'570	0	8.05	8.05	0	0.294	0.294	0	7.75	7.75	0	1.83	1.83	0
Stahlblech, verzinkt	7'850	ā	16'100	16'100	0	16.7	16.7	0	1.05	1.05	0	15.7	15.7	0	3.51	3.51	0
Stahlprofil, blank	7'850	kg	1,000	1,000	0	3.71	3.71	0	0.251	0.251	0	3.46	3.46	0	0.734	0.734	0
Titanzinkblech	7'200	kg	35'800	35'800	0	20.0	20.0	0	2.59	2.59	0	17.4	17.4	0	4.04	4.04	0
Holz und Holzwerkstoffe	kg/m³																
3-Schicht Massivholzplatte, PVAc-gebunden	470	ğ	1'360	1,280	79.7	12.6	12.5	0.054	9.57	9.57	0.001	2.99	2.94	0.053	0.523	0.412	0.111
Brettschichtholz, MF-gebunden, Feuchtbereich	470	kg	1.040	953	86.9	11.1	11.1	0.059	8.70	8.70	0.001	2.45	2.39	0.058	0.485	0.365	0.121
Brettschichtholz, UF-gebunden, Trockenbereich	470	ķ	995	806	86.9	10.9	10.9	0.059	8.70	8.70	0.001	2.24	2.18	0.058	0.446	0.326	0.121
Hartfaserplatte	955	ā	1'310	1,220	91.1	11.2	11.2	0.062	7.03	7.03	0.001	4.20	4.14	0.061	1.16	1.04	0.126
Holzwolle-Leichtbauplatte, zementgebunden	400	Ð.	561	508	52.8	3.36	3.28	0.078	2.02	2.02	0.001	1.34	1.26	0.077	0.554	0.537	0.017
Massivholz Buche / Eiche, kammergetrocknet, gehobelt	675	ĝ	420	393	27.0	7.01	6.97	0.035	6.32	6.32	0.001	0.685	0.651	0.034	0.126	0.116	0.010
Massivholz Buche / Eiche, kammergetrocknet, rau	675	ā	379	352	27.0	08.9	6.77	0.035	6.22	6.22	0.001	0.578	0.544	0.034	0.109	0.099	0.010
Massivholz Buche / Eiche, Iuftgetrocknet, rau	705	ğ	311	286	24.7	5.87	5.83	0.032	5.39	5.39	0.001	0.475	0.443	0.031	0.093	0.084	600.0
Massivholz Fichte / Tanne / Lärche, kammergetr., gehobelt	465	ğ	502	475	27.0	7.47	7.44	0.035	99.9	99.9	0.001	0.812	0.778	0.034	0.143	0.133	0.010
Massivholz Fichte / Tanne / Lärche, luftgetr., gehobelt	485	ā	424	399	24.7	6.47	6.44	0.032	5.78	5.78	0.001	0.690	0.659	0.031	0.125	0.116	600.0
Massivholz Fichte / Tanne / Lärche, luftgetrocknet, rau	485	ğ	347	322	24.7	6.01	5.98	0.032	5.51	5.51	0.001	0.504	0.473	0.031	0.101	0.091	0.009
Mitteldichte Faserplatte (MDF), UF-gebunden	685	ĝ	1.170	1,080	91.1	10.7	10.7	0.062	5.85	5.85	0.001	4.88	4.82	0.061	1.04	0.910	0.126
OSB Platte, PF-gebunden, Feuchtbereich	605	ā	883	792	91.4	11.0	10.9	0.062	8.24	8.24	0.001	2.76	2.70	0.061	0.614	0.487	0.127
Spanplatte, PF-gebunden, Feuchtbereich	640	ā	746	654	91.4	7.33	7.27	0.062	4.36	4.36	0.001	2.97	2.91	0.061	0.646	0.519	0.127
Spanplatte, UF-gebunden, beschichtet, Trockenbereich	640	ğ	296	876	91.4	8.87	8.81	0.062	4.68	4.68	0.001	4.19	4.13	0.061	0.845	0.718	0.127
Spanplatte, UF-gebunden, Trockenbereich	640	ā	746	654	91.4	7.33	7.27	0.062	4.36	4.36	0.001	2.97	2.91	0.061	0.646	0.519	0.127
Sperrholz/Multiplex, PF-gebunden, Feuchtbereich	200	ā	2,180	2,100	79.7	17.5	17.5	0.054	10.3	10.2	0.001	7.28	7.23	0.053	1.46	1.35	0.111
Sperrholz/Multiplex, UF-gebunden, Trockenbereich	200	ğ	1,860	1,780	79.7	16.1	16.1	0.054	10.2	10.2	0.001	5.94	2.88	0.053	1.17	1.06	0.111
Klebstoffe und Fugendichtungsmassen	kg/m³																
2-Komponenten Klebstoff	1,200	ā	6,450	2,200	754	25.0	24.7	0.353	0.355	0.350	0.005	24.6	24.3	0.348	5.95	4.61	1.34
Heissbitumen	1,000	Å	2.640	1,460	1,180	15.6	15.3	0.225	0.053	0.045	0.008	15.5	15.3	0.217	3.06	0.692	2.37
Kautschukdichtungsmasse	1,200	ā	7.470	2,880	1,290	24.4	24.3	0.169	0.288	0.282	9000	24.1	24.0	0.163	5.21	2.05	3.16
Polysulfiddichtungsmasse	1,600	ā	3,250	1'930	1,290	8.18	8.01	0.169	0.428	0.422	9000	7.75	7.59	0.163	4.67	1.51	3.16
Silicon-Fugenmasse	1,000	Ď	4.550	2,960	1,290	17.2	17.0	0.169	2.19	2.18	900.0	15.0	14.8	0.163	5.87	2.71	3.16
Dichtungsbahnen und Schutzfollen	kg/m′	-	20710	0001	00717				0.00					1,00		!;	1
Dampfbremse bituminos	1.100	₽.	3.100	1.920	1.180	14.5	14.3	0.225	0.658	0.650	0.008	13.9	13.6	0.217	3.54	1.1/	2.37
Damptbremse Polyethylen (PE)	920	Đ.	3.600	2.240	1.360	25.7	52.6	0.135	0.909	0.907	0.005	24.8	24.7	0.133	5.33	2.76	2.58
Dichtungsbahn bituminös	1,100	ķ	2.610	1,430	1,180	12.7	12.5	0.225	0.257	0.249	0.008	12.5	12.3	0.217	3.25	0.880	2.37
Dichtungsbahn Gummi (EPDM)	1,100	ğ	4.930	3'340	1,290	25.5	25.4	0.169	0.728	0.721	900.0	24.8	24.6	0.163	5.86	2.70	3.16
Dichtungsbahn Polyolefin (FPO)	1,000	ā	4.430	2'940	1,480	23.5	23.4	0.134	0.412	0.410	0.002	23.1	22.9	0.132	5.55	2.52	3.03
Kraftpapier	650	ā	3.040	2,950	86.2	22.5	22.4	0.104	14.5	14.5	0.002	8.05	7.95	0.102	1.69	1.65	0.041
Polyethylenfolie (PE)	920	ķ	3,600	2'240	1,360	25.7	25.6	0.135	0.909	0.907	0.002	24.8	24.7	0.133	5.33	2.76	2.58
Polyethylenvlies (PE)	920	kg	3,650	2,290	1,360	26.5	26.3	0.135	0.555	0.552	0.002	25.9	25.8	0.133	5.53	2.95	2.58
Wärmedämmstoffe	kg/m³																
Aerogel-Vlies	150	ā	45.400	45'200	181	245	245	0.129	13.7	13.7	0.002	231	231	0.127	48.7	48.4	0.303

Ökobilanzdaten im Baubereich							KBOB	KBOB / eco-bau / IPB	au / IPE		2009/1:2016						
	Rohdichte			UBP'13		l	l	l		Primärenergie		l	l		ľ	Treibhaus-	
BAUMATERIALIEN	/ Flächen-	6n		UBP			gesamt			erneuerbar		nicht erne	nicht erneuerbar (Graue Energie)	e Energie)	E	gasemissionen E <i>missions de</i> gaz	an <i>yaz</i>
		zəg	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung
			UBP	UBP	UBP	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq
Blähperlit	65-140	kg	950	920	29.8	4.70	4.64	0.069	0.173	0.172	0.001	4.53	4.47	0.068	1.01	1.00	0.010
Blähvermiculit	65-140	ķ	589	563	25.8	1.90	1.85	0.053	0.054	0.052	0.002	1.85	1.80	0.051	0.437	0.428	0.009
Flachsfasern	30	ķ	1.630	1'480	144	11.3	11.2	0.061	6.05	6.05	0.001	5.20	5.14	090.0	0.990	0.768	0.222
Flachsfasern, feuerfest	30	ķ	2.020	1'870	144	12.9	12.9	0.061	5.55	5.55	0.001	7.38	7.32	090.0	1.42	1.20	0.222
Glaswolle	20-100	kg	1.690	1,660	29.8	9.94	9.87	0.068	2.19	2.19	0.001	7.75	7.68	0.068	1.13	1.12	0.010
Korkplatte	120	kg	1.690	1'530	159	14.3	14.2	0.108	7.68	7.68	0.002	6.65	6.54	0.106	1.34	1.12	0.221
Phenolharz (PF)	40	kg	6.490	5'310	1,180	35.3	34.2	1.12	0.707	0.620	0.086	34.6	33.6	1.03	6.23	4.19	2.04
Polystyrol expandiert (EPS)	15-40	kg	5.180	3'610	1,570	30.2	30.0	0.136	0.360	0.358	0.002	29.8	29.7	0.133	7.64	4.46	3.19
Polystyrol extrudiert (XPS)	30-35	kg	10.800	9'240	1,570	29.6	29.4	0.136	0.507	0.505	0.002	29.1	28.9	0.133	14.5	11.3	3.19
Polyurethan (PUR/PIR)	30	kg	6.630	5'110	1'510	31.0	30.4	0.652	908.0	0.796	0.010	30.2	29.6	0.642	7.52	4.80	2.72
Schaumglas	100-165	kg	1.040	1'020	18.6	7.21	7.14	0.068	1.89	1.89	0.001	5.32	5.26	0.068	1.17	1.16	0.010
Schaumglasschotter	125-150	kg	323	309	14.2	2.00	1.95	0.054	0.261	0.260	0	1.74	1.69	0.054	0.155	0.148	0.007
Steinwolle	32-160	kg	1.140	1,110	29.8	4.67	4.60	0.068	0.339	0.338	0.001	4.33	4.27	0.068	1.13	1.12	0.010
Strohballenwand	215	kg	295	562	0	5.02	5.02	0	4.79	4.79	0	0.228	0.228	0	0.000	0.090	0
Weichfaserplatte	148	kg	860	816	43.6	10.6	10.5	0.041	7.04	7.03	0.001	3.53	3.49	0.041	0.665	0.624	0.041
Zellulosefasern	32-60	kg	418	332	86.2	1.28	1.17	0.104	0.242	0.240	0.002	1.03	0.931	0.102	0.257	0.216	0.041
Bodenbeläge	kg/m²																
2K-Fliessbelag Industrie (Epoxidharz), 2.25 mm	4.55	m ₂	28,300	25'500	3'430	66.5	64.9	1.61	1.44	1.41	0.024	65.1	63.5	1.58	17.2	11.1	60.9
2K-Fliessbelag Wohnen/Verw. (Epoxidharz, PU), 2 mm	3.6	m ₂	21,100	18'200	2'980	64.4	62.9	1.56	2.02	2.00	0.023	62.4	6.09	1.54	15.2	10.0	5.19
Gummigranulat versiegelt, 7.5 mm	8.25	m ₂	23,200	16'700	6'780	114	112	2.19	2.47	2.43	0.041	112	110	2.15	27.5	14.9	12.6
Gussasphalt, 27.5 mm	63.3	m ²	24,200	16'800	7'680	129	123	5.68	2.93	2.83	0.101	126	120	5.58	14.1	12.9	1.17
Hartbeton einschichtig, 27.5 mm	57.8	m ²	18,800	18'600	214	51.8	51.3	0.514	2.03	2.02	0.004	49.8	49.2	0.509	16.9	16.8	0.085
Hartbeton zweischichtig, 35 mm	73.5	, E	19,400	19'100	270	47.0	46.3	0.648	2.01	2.00	9000	45.0	44.3	0.642	16.8	16.7	0.107
Kautschuk, 2mm	3.36	, E	14,900	12'300	2'600	70.3	69.7	0.554	9.91	9.89	0.016	60.4	59.8	0.538	15.7	10.9	4.78
Keramik-/Steinzeugplatte, 9 mm	1 48	μ °	44.200	43,700	464	72.8	71.9	0.941	4.22	4.18	0.032	68.6	67.7	606.0	14.0	13.8	0.163
Kork PVC-heschichtet 3.2 mm	0.7	E 2	7:200	5,650	1.550	41.9	0.4.0	0.030	9.06	30.0	0.00	33.9	33.6	0.020	9.00	4.76	2 82
Korkparkett geölt/versiegelt, 5.3 mm	2.7	≡ _z	3.020	2'620	401	22.9	22.6	0.190	11.8	11.7	0.004	11.1	10.9	0.186	2.56	1.97	0.585
Kunststeinplatte zementgebunden, 10 mm	21.5	m ²	4.940	4'390	554	9.22	8.09	1.12	0.693	0.654	0.038	8.53	7.44	1.09	5.04	4.85	0.194
Laminat, 8.5 mm	8.5	m ₂	10,300	10,000	248	83.1	82.8	0.291	38.4	38.4	0.005	44.7	44.4	0.286	8.47	8.38	0.088
Linoleum, 2.5 mm	2.9	$m_{\rm s}$	10.800	10'400	378	46.2	45.9	0.274	19.3	19.3	0.004	26.9	26.7	0.270	98.9	5.90	0.462
Natursteinplatte geschliffen, 15 mm	40.5	m ₂	32,000	31,000	1,040	153	151	2.12	16.4	16.3	0.072	137	135	2.05	16.2	15.8	0.366
Parkett 2-Schicht werkversiegelt, 11 mm	6.1	m ₂	12'700	12'600	159	130	130	0.186	82.8	82.8	0.003	44.6	4.4	0.183	7.51	7.45	0.056
Parkett 3-Schicht werkversiegelt, 15 mm	7.9	m ₂	17.100	16'800	216	194	194	0.254	148	148	0.004	45.7	45.4	0.250	8.24	8.16	0.077
Parkett Mosaik werkversiegelt, 8mm	5.6	m ₂	7.920	7.790	134	104	104	0.158	78.1	78.1	0.003	26.1	26.0	0.155	3.43	3.38	0.048
PVC homogen, 2 mm	3.1	m ₂	12.400	9'350	3,020	59.7	57.2	2.50	2.17	1.99	0.181	57.5	55.2	2.32	13.4	8.12	5.24
Steinholz versiegelt, 16.5 mm	22	m ₂	8,790	8,460	330	27.0	25.7	1.27	0.946	0.935	0.011	26.0	24.8	1.26	12.8	12.7	0.164
Synthetische thermoplastische Beläge (TPO), 2 mm	3.4	m ₂	8.420	2,630	2'790	46.9	46.3	969.0	3.39	3.38	0.018	43.6	42.9	0.679	11.0	5.86	5.10
Teppich Kunstfaser getuftet	2.1	m ₂	10,300	8'640	2'270	20.7	50.3	0.408	0.583	0.572	0.011	50.1	49.7	0.397	14.9	10.5	4.41
Teppich Nadelfilz	1.3	m ²	096.9	2,080	1,880	35.0	34.8	0.282	0.613	0.605	0.008	34.4	34.2	0.274	9.65	5.97	3.68
Teppich Naturfaser	2.7	m ²	9.640	8,930	710	26.6	26.3	0.247	10.8	10.8	900.0	15.7	15.5	0.241	4.41	3.26	1.16
Terrazzo versiegelt, 40 mm	92	B ₂	18,800	18'500	339	48.1	47.3	0.815	3.51	3.51	0.007	44.6	43.8	0.808	17.8	17.6	0.135
Türen	•																

							7 0007		901/	,0000	2700.1						
							NBOB / eco-bau / IPB zoos/1.zo16		0 L	Z003/	0102.						
	Rohdichte			UBP'13					ā	Primärenergie					ä	Treibhaus- gasemissionen	_
BAUMAIERIALIEN	Flächen-	бnz		UBP			gesamt			erneuerbar		nicht erne	nicht erneuerbar (Graue Energie)	e Energie)	Ē	Emissions de gaz	ze
		eg	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung Entsorgung	intsorgung	Total	Herstellung Entsorgung	Entsorgung	Total	Herstellung Entsorgung	Entsorgung	Total	Herstellung Entsorgung	Entsorgung
			UBP	UBP	UBP	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq
Aussentüre, Holz, aluminiumbeplankt		m ²	166'000	161,000	4'680	505	496	8.78	175	175	0.116	330	321	8.66	77.6	74.3	3.27
Aussentüre, Holz, Glaseinsatz		m ₂	183.000	178'000	5,500	533	524	8.50	122	121	0.110	411	403	8.39	7.76	92.1	5.62
Innentüre, Holz		m ₂	58.700	53'300	5'370	483	479	4.18	290	290	0.083	193	189	4.10	43.0	35.3	7.73
Innentüre, Holz, Glaseinsatz		m ²	87'800	77'200	10,600	553	532	20.8	245	245	0.300	308	287	20.5	0.69	57.4	11.6
Rohre	kg/m³																
AcryInitril-Butadien-Styrol (ABS)	1,050	kg	5.380	3,890	1'480	29.8	29.7	0.134	0.434	0.432	0.002	29.4	29.3	0.132	7.94	4.91	3.03
Gusseisen	7'850	kg	4.200	4,200	0	6.82	6.82	0	0.212	0.212	0	6.61	6.61	0	1.51	1.51	0
Polyethylen (PE)	096	kg	3'410	1'920	1'480	23.7	23.6	0.134	0.549	0.547	0.002	23.2	23.1	0.132	5.41	2.38	3.03
Polypropylen (PP)	910	kg	3'430	1'940	1'480	23.1	23.0	0.134	0.433	0.431	0.002	22.7	22.6	0.132	5.43	2.40	3.03
Polyvinylchlorid (PVC)	1,390	ķg	4.400	3,220	1,180	20.1	19.0	1.11	0.645	0.559	0.086	19.5	18.5	1.03	4.42	2.38	2.04
Anstrichstoffe, Beschichtungen	kg/m ²																
Anstrich, lösemittelverdünnbar, 2 Anstriche	0.300	m ²	1.960	1'480	471	96.9	6.93	0.026	0.447	0.446	0.001	6.51	6.48	0.026	1.60	0.877	0.719
Anstrich, wasserverdünnbar, 2 Anstriche	0.300	m ²	1.230	759	471	4.36	4.33	0.026	0.145	0.144	0.001	4.21	4.19	0.026	1.36	0.644	0.719
Bitumenemulsion, 1 Anstrich	0.250	m ²	979	331	295	1.95	1.89	0.056	0.017	0.015	0.002	1.93	1.88	0.054	90.70	0.113	0.593
Emaillieren, Metall		m ₂	10.200	10'500	0	48.0	48.0	0	4.31	4.31	0	43.7	43.7	0	8.11	8.11	0
Pulverbeschichten, Aluminium		m ²	4.470	4'470	0	17.9	17.9	0	0.649	0.649	0	17.3	17.3	0	3.72	3.72	0
Pulverbeschichten, Stahl		m ²	4'740	4'740	0	22.9	22.9	0	0.775	0.775	0	22.1	22.1	0	4.50	4.50	0
Verchromen, Stahl		m ²	7.120	7'120	0	5.77	5.77	0	0.776	0.776	0	4.99	4.99	0	0.582	0.582	0
Verzinken, Stahl		m ₂	41.100	41,100	0	28.5	28.5	0	2.63	2.63	0	25.9	25.9	0	6.01	6.01	0
Kunststoffe	kg/m³																
Plexiglas (PMMA, Acrylglas)	1,180	kg	9.020	7.570	1,480	40.5	40.3	0.134	0.373	0.371	0.002	40.1	40.0	0.132	11.7	8.68	3.03
Polyamid (PA) glasfaserverstärkt	1'360	kg	7.730	7'350	377	40.8	40.7	0.131	1.01	1.00	0.002	39.8	39.7	0.129	9.60	8.89	0.714
Polycarbonat (PC)	1,200	kg	8'240	6,760	1,480	32.2	32.0	0.134	0.431	0.429	0.002	31.7	31.6	0.132	11.5	8.49	3.03
Polyester (UP) glasfaserverstärkt	1,200	kg	9.200	8'180	1.030	33.1	32.9	0.198	1.52	1.52	0.005	31.6	31.4	0.193	8.85	6.87	1.98
Polystyrol (PS)	1,050	kg	4.070	2'580	1'480	24.6	24.5	0.134	0.099	0.097	0.002	24.5	24.4	0.132	99.9	3.64	3.03
Kücheneinbauten und -möbel	•																
Abfalltrennsystem		Stk.	19.600	15'800	3'770	132	131	0.349	18.0	18.0	9000	114	113	0.343	23.7	16.0	7.68
Arbeitsplatte Chromstahl, high-end		m ₂	742.000	742'000	0	1.800	1,800	0	469	469	0	1,330	1.330	0	323	323	0
Arbeitsplatte Chromstahl, Standard		m ₂	112.000	111,000	1,130	239	238	0.764	35.6	35.6	0.012	204	203	0.752	50.2	48.6	1.57
Arbeitsplatte Kompositwerkstoff		m ₂	86,600	76'400	10'200	366	365	1.56	6.02	5.99	0.027	360	329	1.54	94.0	77.1	16.9
Arbeitsplatte kunstharzbeschichtet	'	m ₂	28.200	26'400	1,750	566	265	0.799	148	148	0.013	118	117	0.786	23.9	21.4	2.51
Arbeitsplatte Massivholz	-	m ²	35,300	35'300	634	336	335	0.818	252	252	0.013	84.1	83.3	0.804	11.9	11.7	0.237
Arbeitsplatte Naturstein		m ₂	121.000	119'000	2'130	472	468	4.31	62.1	6.19	0.146	410	406	4.17	36.3	35.6	0.745
Dampfabzug	,	Stk.	295'000	287,000	8'630	687	989	1.42	71.4	71.4	0.031	616	615	1.39	149	132	17.1
Küche, Massivholz, 16-teilig		Stk.	1.030.000	982,000	45'200	6.190	6,160	22.7	3.820	3'820	0.361	2'370	2'350	22.3	481	409	71.8
Küche, Metall, 16-teilig		Stk.	5'610'000	5'600'000	15'200	11.000	11,000	2.72	240	540	0.062	10.200	10'500	2.65	2,250	2,220	29.6
Küche, Spanplatte, 16-teilig		Stk.	981,000	903,000	77.700	2,690	2,660	36.5	2.230	2'530	0.581	3.170	3'130	36.0	269	578	119
Spüle Chromstahl		Stk.	89.000	86'800	2'240	266	266	0.215	40.6	40.6	0.004	226	225	0.211	46.5	41.9	4.57
Spüle Kompositwerkstoff (auf Gesteinsmehlbasis)		Stk.	32,700	28'200	4'490	165	164	1.13	17.6	17.6	0.018	148	147	1.11	37.1	30.7	6.39

Tabellen KBOB	Ökobilanzdaten:	Haustechnik
----------------------	-----------------	-------------

Ökobilanzdaten im Baubereich							KBOB	KBOB / eco-bau / IPB 2009/1:2016	au / IPB	2009/	1:2016						
	Bezug	Г	ı	UBP'13		ı	ı	ı		Primärenergie		ı	ı	Г	ı	Treibhaus-	
GEBÄUDETECHNIK	Grösse						gesamt			erneuerbar		nicht ernet	nicht erneuerbar (Graue Energie)	e Energie)	5	gasemissionen	
			Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung Entsorgung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung
		Einheit	UBP	UBP	UBP	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq
Heizungsanlagen		1															
Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 10 W/m²	EBF	m ₂	1,200	1.190	10.6	2.51	2.50	0.018	0.236	0.236	0.000	2.28	2.26	0.018	0.512	0.501	0.011
Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 30 W/m²	EBF	m ₂	3,290	3,260	31.8	7.54	7.49	0.055	0.708	0.707	0.001	6.83	6.78	0.054	1.53	1.50	0.033
Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 50 W/m²	EBF	m ₂	2,330	5'930	53.0	12.6	12.5	0.092	1.18	1.18	0.002	11.4	11.3	0.091	2.56	2.50	0.055
Wärmeverteilung Wohngebäude	EBF	m ²	5.480	4'670	807	15.8	13.1	2.70	1.51	1.14	0.370	14.3	12.0	2.33	3.07	2.39	0.674
Wärmeverteilung Bürogebäude	EBF	m ²	15'000	13'900	1,090	35.3	32.1	3.22	2.68	2.25	0.433	32.7	29.9	2.79	7.62	6.56	1.06
Wärmeabgabe über Heizkörper		'n,	10'200	10'200	17.9	24.4	24.4	0.037	1.63	1.62	0.002	22.8	22.7	0.035	5.46	5.44	0.023
Warmeabgabe uber Fussbodenneizung Warmeabnabe iher Heizkiihldecke (ohn Gins. od Metalld)	7 7	# 2	39'400	39,400	70.4	30.8	30.8	0.093	1.48	1.48	0.002	22.3	22.2	0.092	5.06	3.02	2.04
Wärmeverteilung und Abgabe, Luftheizung		a ²	2'940	2'910	33.6	8.29	8.28	0.007	0.325	0.325	0000	7.96	7.95	0.006	1.70	1.63	0.067
Erdsonden, für Sole-Wasser-Wärmepumpe	Sonde	٤	34'600	30,200	4'100	133	131	1.74	2.87	2.61	0.255	130	129	1.48	28.1	25.3	2.73
Sole-Wasser Wärmepumpe 8 kW	Gerät	١.	4'220'000	3'860'000	367'000	6.030	5'980	49.0	206	503	3.82	5.520	5'480	45.2	2.180	1.470	902
Sole-Wasser Wärmepumpe 8 kW	Masse	kg	22'500	20,600	1'960	32.2	31.9	0.262	2.70	2.68	0.020	29.5	29.2	0.241	11.6	7.86	3.77
Luft-Wasser Wärmepumpe 8 kW	Gerät	Sŧk.	5.460.000	4'910'000	546'000	7.100	7'030	65.3	641	636	5.01	6.460	6,400	60.2	2.910	1,860	1.050
Luft-Wasser Wärmepumpe 8 kW	Masse	kg	22'400	20,200	2,240	29.1	28.8	0.268	2.63	2.61	0.021	26.5	26.2	0.248	12.0	7.62	4.33
Flachkollektor für Warmwasser EFH	Kollektor	m ²	000,929	000,929	inkl.	1,280	1,280	inkl.	142	142	inkl.	1.140	1.140	inkl.	256	256	inkl.
Flachkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	Kollektor	m ²	452'000	452'000	inkl.	926	926	inkl.	102	102	in Kl	824	824	in Fi	184	184	in Fi
Flachkollektor für Warmwasser MFH	Kollektor	m ₂	394'000	394,000	inkl.	774	774	inkl.	79.0	79.0	in Kl	695	695	inkl.	155	155	inkl.
Röhrenkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	Kollektor	m ²	465'000	465,000	inkl.	1.020	1.020	inkl.	101	101	inkl.	924	924	inkl.	208	208	inkl.
Lüftungsanlagen																	
Lüftungsanlage, spez. Luftmenge 1 m³/hm² EBF	EB!	, E	31,700	31,400	222	28.9	58.6	0.215	4.35	4.35	0.007	54.5	54.3	0.208	12.7	12.3	0.345
Lüftungsanlage, spez. Luftmenge 2 m³/hm² EBF	EB!	μ,	42,100	42,400	311	79.5	79.2	0.296	5.85	5.84	0.009	73.6	73.3	0.287	17.1	16.6	0.485
Lüftungsanlage, spez. Luftmenge 4 m³/hm² EBF	H 1	'n,	64'800	64'300	488	121	120	0.458	8.84	8.83	0.015	112	13	0.444	25.9	25.2	0.763
Lüftungsanlage, spez. Luftmenge 6 m³/hm² EBF		'n,	86'900	86'200	999	162	161	0.620	11.8	11.8	0.020	150	149	0.601	84.8	33.7	1.04
Luftungsanlage, spez. Luftmenge 8 m/hm* EBF	# # #	E ~E	109'000	108,000	182	57.3	202	0.087	3.99	3.99	0.025	188	187	0.758	43.6 12.0	11.7	1.32
Lüftungsanlage Wohnen, PE-Kanäle, inkl. Küchenabluft	E E	m ₂	22,000	21'600	371	35.0	34.9	0.077	2.36	2.36	0.003	32.7	32.6	0.074	7.32	09.9	0.724
Abluftanlage Küche und Bad	EBF	m ₂	13'300	13'300	65.7	16.1	16.1	0.017	0.981	0.980	0.000	15.1	15.1	0.017	3.40	3.28	0.126
Erdregister zu Lüftungsanlage Wohnen	EBF	m ²	4.550	3'220	1'330	16.6	15.3	1.33	0.554	0.502	0.052	16.1	14.8	1.28	4.55	2.92	1.63
Erdregister kurz zu Lüftungsanlage Büro (0.27 m/m² EBF)	EBF	m ²	7.890	5.290	2'300	28.8	26.5	2.31	0.960	0.870	0.090	27.9	25.7	2.22	7.89	5.06	2.82
Erdregister lang zu Lüftungsanlage Büro (0.67 m/m² EBF)	EBF	m ²	19'700	14,000	2,760	72.1	66.4	5.77	2.40	2.18	0.224	69.7	64.2	5.54	19.7	12.7	7.05
Einzelraumlüfter Fenstermodell 10-30 m3/h, ohne Montage	Gerät	Sŧ.	63,200	29,800	3,260	329	327	1.49	109	109	920.0	220	218	1.41	43.5	38.0	5.48
Sanitäranlagen		,															
Sanitäranlagen, Büro, einfach, inkl. Apparate & Leitungen	EBF	'n,	086.9	6,390	587	20.8	20.6	0.141	1.20	1.19	0.005	19.6	19.4	0.137	4.48	3.33	1.15
Sanitäranlagen, Büro, aufwändig, inkl. Apparate & Leitungen	EBF	₂ E	18,600	16'700	1'950	20.0	49.5	0.493	3.37	3.35	0.015	46.6	46.2	0.478	11.8	8.05	3.76
Sanitäranlagen, Wohnen, inkl. Apparate und Leitungen	HB 1	,E	24.100	23,200	833	52.4	52.1	0.357	3.85	3.83	0.019	48.6	48.2	0.337	11.4	9.81	1.55
	Lat	2	71.000	451400	1000	6	7 0 1	0.00	4 05	04.40	0100	7 22	0 7 2	7320	7 27	CC	0,70
Elektroaniagen wonnen	H 1	Ę,	47.200	45.400	1.820	2.00	59.4	0.8.0	4.85	4.79	850.0	55.4	54.6	0.757	72.7	9.30	3.40
Elektroanlagen Büro	+	_	117.000	116'000	006	130	189	0.880	76.2	76.1	0.048	114	113	0.832	23.8	22.4	1.45
Solarstromanlage	\rightarrow	\rightarrow	3'170'000	3'170'000	inkl.	8,300	8,300	inkl.	902	902	inkl.	7.390	7.390	inkl.	2,080	2,080	inkl.
Solarstromanlage Schrägdach	-	\rightarrow	3'190'000	3'190'000	in :	8.190	8'190	in :	897	897	in :	7.290	7'290	<u>ii</u>	2,030	2'030	in :
Solarstromanlage Flachdach	\rightarrow	_	3.070.000	3.070.000	ınki.	0.6.8	8.970	ığ.	929	959] E	8.020	8.020	⊒k.	2.320	2320	inki.
Solarstromaniage Fassade	Max. kW	KWp	3.170.000	3.1 /0.000	INKI.	8.360	8.360	ınki.	902	905	nKl.	7.460	7.460	⊒KI.	2.140	2.140	INKI.

Tabellen KBOB Ökobilanzdaten: Energie

ENERGIE	Bezug		UBP'13		Primärenergie		Treibhausgas-
ENERGIE	_				218121218111		emissionen
				gesamt	erneuerbar	nicht erneuerbar	
	Grösse	Einheit	UBP	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq
Brennstoffe ¹							
Heizöl EL	Endenergie	kWh	234	1.24	0.009	1.23	0.301
Erdgas	Endenergie	kWh	137	1.07	0.004	1.06	0.228
Propan/Butan	Endenergie	kWh	200	1.16	0.008	1.15	0.273
Kohle Koks	Endenergie	kWh	477	1.47	0.013	1.45	0.439
Kohle Brikett	Endenergie	kWh	456	1.20	0.008	1.20	0.399
Stückholz	Endenergie	kWh	93.1	1.11	0.994	0.116	0.027
Stückholz mit Partikelfilter	Endenergie	kWh	88.2	1.11	0.994	0.119	0.028
Holzschnitzel	Endenergie	kWh	80.8	1.11	1.05	0.063	0.011
Holzschnitzel mit Partikelfilter	Endenergie	kWh	73.7	1.12	1.05	0.065	0.011
Pellets	Endenergie	kWh	81.1	1.20	1.04	0.157	0.027
Pellets mit Partikelfilter	Endenergie	kWh	76.8	1.20	1.04	0.160	0.027
Biogas	Endenergie	kWh	109	0.332	0.032	0.299	0.130
¹ Oberer Heizwert							
Fernwärme							
Heizzentrale Oel	Endenergie	kWh	341	1.70	0.016	1.68	0.408
Heizzentrale Gas	Endenergie	kWh	194	1.52	0.015	1.51	0.314
Heizzentrale Holz	Endenergie	kWh	120	1.72	1.58	0.143	0.050
Heizkraftwerk Holz	Endenergie	kWh	102	1.46	1.33	0.128	0.042
Heizzentrale EWP Luft/Wasser (JAZ 2.8)	Endenergie	kWh	186	2.13	0.991	1.14	0.078
Heizzentrale EWP Abwasser (JAZ 3.4)	Endenergie	kWh	124	1.07	0.172	0.894	0.041
Heizzentrale EWP Grundwasser (JAZ 3.4)	Endenergie	kWh	155	1.99	1.03	0.963	0.062
Heizzentrale EWP Erdsonde (JAZ 3.9)	Endenergie	kWh	139	1.90	1.05	0.849	0.057
Heizzentrale Geothermie	Endenergie	kWh	67.3	1.52	1.36	0.162	0.021
Heizkraftwerk Geothermie	Endenergie	kWh	47.6	0.590	0.465	0.125	0.015
Kehrichtverbrennung	Endenergie	kWh	7.31	090'0	0.009	0:020	0.003
Blockheizkraftwerk Diesel	Endenergie	kWh	120	0.628	0.012	0.617	0.145
Blockheizkraftwerk Gas	Endenergie	kWh	84.0	0.607	0.011	0.596	0.127
Blockheizkraftwerk Biogas	Endenergie	kWh	72.9	0.232	0.026	0.207	0.079
Blockheizkraftwerk Biogas, Landwirtschaft	Endenergie	kWh	28.2	0.080	0.014	0.067	0.021
Fernwärme Durchschnitt Netze CH	Endenergie	kWh	92.9	0.875	0.326	0.549	0.108
Fernwärme mit Nutzung Kehrichtwärme, Durchschnitt Netze CH	Endenergie	kWh	75.5	0.717	0.264	0.452	0.089
Nutzwärme							
Heizkessel Heizöl EL	Nutzwärme ²	kWh	251	1.31	0.007	1.30	0.322
Heizkessel Erdgas	Nutzwärme²	kWh	151	1.17	0.005	1.16	0.249
Heizkessel Propan / Butan	Nutzwärme ²	kWh	219	1.26	0.010	1.26	0.296
Heizkessel Kohle Koks	Nutzwärme ²	kWh	708	2.05	0.020	2.03	0.649
Heizkessel Kohle Brikett	Nutzwärme ²	kWh	929	1.53	0.013	1.52	0.590
Heizkessel Stückholz	Nutzwärme ²	kWh	152	1.77	1.58	0.194	0.045
Heizkessel Stückholz mit Partikelfilter	Nutzwärme ²	kWh	144	1.78	1.58	0.198	0.046
Heizkessel Holzschnitzel	Nutzwärme ²	kWh	116	1.52	1.42	0.097	0.020
Heizkessel Holzschnitzel mit Partikelfilter	Nutzwärme ²	kWh	106	1.52	1.42	0.100	0.020
Heizkessel Pellets	Nutzwärme ²	kWh	108	1.53	1.32	0.210	0.038
Heizkessel Pellets mit Partikelfilter	Nutzwärme ²	kWh	103	1.54	1.32	0.213	0.038
Heizkessel Biogas	Nutzwärme ²	kWh	121	0.365	0.035	0.330	0.142

Ökobilanzdaten im Baubereich				KBOB/	KBOB / eco-bau / IPB 2009/1:2016	09/1:2016	
	Bezug	Г	UBP'13		Primärenergie		Treibhausgas- emissionen
				gesamt	erneuerbar	nicht erneuerbar	
	Grösse	Einheit	UBP	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq
Nutzwärme am Standort erzeugt, inkl. erneuerbare Energien							
Elektrowärmepumpe Luft / Wasser (JAZ 2.8)	Nutzwärme ²	kWh	149	1.73	0.818	0.908	0.063
Elektrowärmepumpe Erdsonden (JAZ 3.9)	Nutzwärme ²	kWh	110	1.53	0.870	0.665	0.046
Elektrowärmepumpe Grundwasser (JAZ 3.4)	Nutzwärme ²	kWh	123	1.61	0.850	0.760	0.049
Flachkollektor für Warmwasser EFH	Nutzwärme ²	kWh	102	1.60	1.33	0.275	0.037
Flachkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	Nutzwärme ²	kWh	90.0	1.83	1.61	0.221	0.034
Flachkollektor für Warmwasser MFH	Nutzwärme ²	kWh	40.7	1.23	1.14	0.086	0.014
Röhrenkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	Nutzwärme ²	kWh	76.5	1.73	1.54	0.193	0.031
Kleinblockheizkraftwerk, Erdgas	Nutzwärme ²	kWh	70.5	0.504	0.002	0.502	0.111
² inkl. Verteilverluste (Wärme am Ausgang Wärmeerzeuger)							
Elektrizität vom Netz							
Atomkraftwerk	Endenergie	kWh	453	4.21	0.005	4.21	0.023
Erdgaskombikraftwerk GuD	Endenergie	kWh	308	2.22	0.006	2.22	0.466
Braunkohlekraftwerk	Endenergie	kWh	793	3.95	0.012	3.94	1.36
Steinkohlekraftwerk	Endenergie	kWh	892	3.94	0.033	3.91	1.24
Kraftwerk Schweröl	Endenergie	kWh	1,090	3.83	0.013	3.82	1.01
Kehrichtverbrennung	Endenergie	kWh	32.0	0.018	0.002	0.016	0.007
Heizkraftwerk Holz	Endenergie	kWh	295	3.88	3.64	0.240	0.118
Blockheizkraftwerk Diesel	Endenergie	kWh	677	3.28	0.014	3.27	0.823
Blockheizkraftwerk Gas	Endenergie	kWh	440	2.94	0.008	2.94	699.0
Blockheizkraftwerk Biogas	Endenergie	kWh	374	0.915	0.088	0.827	0.403
Blockheizkraftwerk Biogas, Landwirtschaft	Endenergie	kWh	230	0.194	0.042	0.152	0.177
Photovoltaik	Endenergie	kWh	174	1.56	1.22	0.334	960.0
Photovoltaik Schrägdach	Endenergie	kWh	169	1.54	1.22	0.318	0.091
Photovoltaik Flachdach	Endenergie	kWh	156	1.55	1.22	0.324	960:0
Photovoltaik Fassade	Endenergie	kWh	225	1.70	1.24	0.461	0.135
Windkraft	Endenergie	kWh	74.0	1.29	1.20	0.094	0.026
Wasserkraft	Endenergie	kWh	43.8	1.20	1.17	0.029	0.012
Pumpspeicherung	Endenergie	kWh	451	3.90	0.631	3.26	0.139
Heizkraftwerk Geothernie	Endenergie	kWh	103	3.36	3.17	0.191	0.031
CH-Produktionsmix	Endenergie	kWh	229	2.50	0.657	1.85	0.027
Mix Stromprodukte aus emeuerbaren Energien	Endenergie	kWh	47.8	1.21	1.17	0.036	0.015
CH-Verbrauchermix ³	Endenergie	kWh	347	3.00	0.488	2.52	0.102
ENTSO-E-Mix (ehemals UCTE-Mix)	Endenergie	kWh	548	3.18	0.299	2.89	0.524
³ ohne Stromprodukte aus erneuerbaren Energien							
Elektrizität am Standort erzeugt, inkl. erneuerbare Energien							
Photovoltaik	Endenergie	kWh	129	1.40	1.11	0.289	0.081
Photovoltaik Schrägdach	Endenergie	kWh	124	1.38	1.11	0.275	0.077
Photovoltaik Flachdach	Endenergie	kWh	112	1.39	1.11	0.280	0.081
Photovoltaik Fassade	Endenergie	kWh	175	1.52	1.12	0.402	0.115
Windkraft	Endenergie	kWh	38.1	1.16	1.09	0.071	0.017
Biogas	Endenergie	kWh	309	0.811	0.077	0.733	0.358
Biogas, Landwirtschaft	Endenergie	kWh	179	0.160	0.036	0.124	0.155
[2] - [Fndenergie	kWh	447	3.40	0.007	3 30	0 749

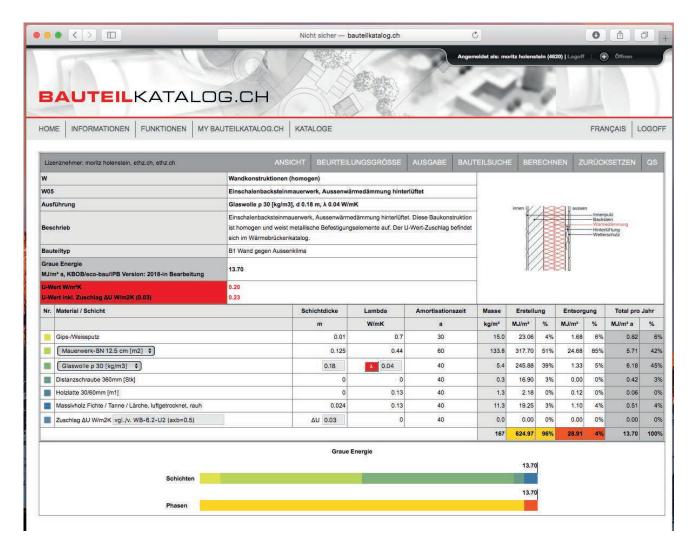
Tabellen KBOB Ökobilanzdaten: Transporte

Ökobilanzdaten im Baubereich	aubereich										¥	30B/	eco-p	au / IP	KBOB / eco-bau / IPB 2009/1:2016	/1:201	9				
	Bezug			UBr	UBP'13						ı.	Primärenergie	aje				ı		Treib	Treibhausgas- emissionen	
TRANSPORTE	Grösse							gesamt	ŧ			erneuerbar	_		nicht	nicht erneuerbar					
			Total	Betrieb	Fahrzeug	Infra- struktur	Total	Betrieb F	Fahrzeug	Infra- struktur	Total Be	Betrieb Fahr	Fahrzeug Inf	Infra- Total struktur	tal Betrieb	b Fahrzeug	ig Infra- struktur	Total	Betrieb	Fahrzeug	Infra- struktur
		Einheit	UBP	UBP	UBP	UBP	kWh oil-	KWh oil-	KWh oil-	kWh oil-	kWh oil-	kWh oil-	kWh oil-	kWh oil- kWh oil-	oil- kWh oil-	i- KWh oil-	- KWh oil-	- kg CO ₂ -	· kg CO ₂ -	kg CO ₂ -	kg CO ₂ -
Treibstoffe							3	3	3	3						3	3	3	3	3	3
Benzin in Personenwagen	Endenergie	kWh	309	309			1.28	1.28			0.004 0.0	0.004		1.27	1.27			0.320	0.320		
Benzin in Scooter	Endenergie	kWh	988	988			1.28	1.28			0.004 0.0	0.004		1.27	1.27			0.384	0.384		
Biogas in Personenwagen	Endenergie	kWh	161	161			0.347	0.347			0.037 0.0	0.037		0.310	10 0.310			0.115	0.115		
Diesel in Baumaschine	Endenergie	kWh	357	357			1.24	1.24			0.003	0.003		1.24	1.24			0.310	0.310		
Diesel in Lastwagen	Endenergie	kW	400	400			1.22	1.22			\dashv	0.003		1.22	\dashv			0.307	\dashv		
Diesel in Personenwagen	Endenergie	Š.	292	292			1.21	1.21			+	0.003		1.27	+			0.304	+		
Erdgas in Personenwagen	Endenergie	KWh	200	200			1.13	1.13			0.009	0.009		1.12	1.12			0.230	+		
Strom in Personenwaden	Endenergie	ž Š	438	322 438			3.00	3.00			+	0.488		2.52	+			0.300	0.300		
Güter-Transporte																					
Aushub maschinell, Durchschnitt	Aushubvolumen	m ³	489	426	62.3		1.68	1.49	0.193		0.013 0.0	0.004 0.0	0.009	1.67	1.48	0.185		0.412	0.371	0.041	
Aushub maschinell, mit PF	Aushubvolumen	m ₃	489	426	62.3		1.68	1.49	0.193		0.013 0.0	0.004 0.0	0.009	1.67	1.48	0.185		0.412	0.371	0.041	
Aushub maschinell, ohne PF	Aushubvolumen	E	494	432	62.3		1.64	1.44	0.193		0.013 0.0	0.004 0.0	600.0	1.62	1.44	0.185		0.401	0.360	0.041	
Binnenschiff	Transportleistung	tkm	61.8	48.0	2.01	11.8	0.183	0.145	0.005	0.033	0.003	0.000	0.000	0.002 0.180	80 0.144	0.005	0.031	0.047	0.037	0.001	0.010
Flugzeug, Durchschnitt	Transportleistung	tkm	1.250	1.210	2.43	39.0	4.75	4.54	0.011	0.207	\dashv	0.012 0.0	\dashv	0.014 4.73	\dashv	0.010	0.194	\dashv	1.13	0.002	0.038
Flugzeug, Europa	Transportleistung	ţ	2,330	1.840	2.27	486	9.52	6.92	0.011	2.58 (\dashv	0.018 0.0	\dashv	0.169 9.33	6.90	\dashv	\dashv	\dashv	1.72	0.002	0.474
Flugzeug, Interkontinental	Transportleistung	tkm	1.130	1,180	1.91	13.5	4.48	4.40	\dashv	\dashv	\dashv	\dashv	\dashv	\dashv	\dashv	\dashv	\dashv	\dashv	\dashv	0.002	0.013
Güterzug	Transportleistung	ţ	51.3	32.8	99.7	10.8	0.225	0.170		0.032		_	H	0.003 0.152	7	7	0.029	-	0.003	0.005	0.005
Helikopter	Einsatzzeit	۽ ع	91,000	90,600	484	7 7 7	405	403	-		1.28	+	-	404	+	+		100.0	+	0.327	200
Lochootakor	Transportleistung	¥ \$	25.0.5	2.0.5	0.070	0 640	1000	0.030	0.00	800.0	+	0.000	000.0	0.000	0.030	0.00	0.000	+	0.003	000.0	0.00
Kleintransporter (<3.5 t)	Transportleistung	E E	1.790	1,290	306	193	7.18	5.03	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0.000	0.001
Lastwagen, Durchschnitt	Transportleistung	tkm	192	145	18.6	27.7	0.632	0.440			\vdash		\vdash	H		\vdash	\vdash			0.011	0.013
Lastwagen 3.5t-7.5 t	Transportleistung	tkm	794	621	91.9	80.9	2.45	1.69	0.343	0.412	0.052 0.0	0.004 0.0	0.016 0.0	0.032 2.40	1.69	0.328	0.381	0.518	0.426	0.056	0.036
Lastwagen 7.5-16 t	Transportleistung	ţ	304	238	27.5	38.4	1.02	0.732	\dashv	\dashv	\dashv	\dashv	\dashv	\dashv	\dashv	\dashv	\dashv	\dashv	\dashv	0.017	0.018
Lastwagen 16-32 t	Transportleistung	ŧ	251	198	22.4	30.2	0.795	0.576	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0.013	0.014
Lastwagen 32-40 t Personen-Transporte	I ransportleistung	tkn	153	112	15.8	25.7	0.521	0.350	0.059	0.112	0.007	0.001	0.002 0.0	0.004 0.514	0.349	9 0.026	0.108	0.110	0.088	0.00	0.012
Autobus	Transportleistung	pkm	148	131	6.46	10.8	0.461	0.381	0.030	0.050	0.007	0.001	0.003	0.003 0.454	54 0.380	0.027	0.047	0.104	0.095	0.004	0.005
Fernreisezug Schweiz	Transportleistung	pkm	30.7	18.2	0.866	11.6	0.177	0.139	0.004	0.035	0.063 0.0	0.059 0.0	0.000	0.004 0.114	14 0.079	9 0.003	0.031	0.006	0.001	0.001	0.005
Fernreisezug Deutschland, ICE	Transportleistung	pkm	63.5	47.5	1.94	14.1	0.289	0.256	0.007	0.026	0.018 0.0	0.017 0.0	0.000	0.001 0.271	71 0.240	0.006	0.025	0.062	0.054	0.001	0.007
Flugzeug, Durchschnitt	Transportleistung	pkm	158	139	0.458	17.8	0.619	0.522	0.002	0.095	\dashv	0.001 0.0	0.000	0.006 0.612	12 0.521	1 0.002	0.089	\dashv	0.130	0.000	0.017
Flugzeug, Europa	Transportleistung	pkm	233	184	0.544	48.6	0.953	0.692	0.003	0.258	\dashv	0.002 0.0	0.000	0.017 0.934	34 0.690	0.002	0.241	\dashv	0.172	0.001	0.047
Flugzeug, Interkontinental	Transportleistung	pkm	121	118	0.189	2.83	0.456	0.440	\dashv	+	+	\dashv	\dashv	\dashv	\dashv	\dashv	+	\dashv	+	0.000	0.003
Personenwagen, Durchschnitt	Transportleistung	bkm m	217	160	35.5	21.3	0.920	0.662	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0.021	0.008
Personenwagen, Benzin	Transportleistung	pkm	221	164	35.5	21.3	0.935	0.678	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0.021	0.008
Personenwagen, Biogas	Transportleistung	pkm	154	95.3	35.6	23.5	0.478	0.206	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0.022	0.009
Personenwagen, Diesel	Transportleistung	pkm	198	141	35.5	21.3	0.842	0.584	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0.021	0.008
Personenwagen, elektrisch	Transportleistung	pkm	163	54.8	82.1	26.2	0.738	0.376	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0.036	0.010
Personenwagen, Erdgas	ransportieistung	+	7/2	113	35.6	23.5	212.0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0.022	0.000
Kegionalzug	ransportleistung	pkm	51.7	32.6	2.90	16.3	0.359	0.304	0.007	0.048	0.136	0.130 0.0	0.001 0.0	0.005 0.223	23 0.174	0.006	0.043	0.010	0.002	0.001	0.007

Ökobilanzdaten im Baubereich	aubereich										₹	30B/	eco-p	au / IP	KBOB / eco-bau / IPB 2009/1:2016	9/1:20	916					
	Bezug			UBP'13	113						_	Primärenergie	gie						F "	Freibhausgas- emissionen	.	
IKANSPOKIE	Grösse							gesamt	ŧ			erneuerbar	_		nic	nicht erneuerbar	bar					
			Total	Betrieb	Betrieb Fahrzeug	Infra- struktur	Total	Betrieb F	Fahrzeug	Infra- struktur	Total Be	Betrieb Fah	Fahrzeug Ir	Infra- Te	Total Bet	Betrieb Fahr	Fahrzeug In	Infra- Total struktur		Betrieb Fahrzeug	- "	Infra- struktur
		Einheit	UBP	UBP	UBP	UBP	kWh oil-	kWh oil-	KWh oil-	kWh oil-	kWh oil-	KWh oil-	KWh oil-	kWh oil-	kWh oil-	kWh oil-	kWh oil-	kWh oil- kg CO ₂ -		kg CO ₂ - kg CO ₂ -		kg CO ₂ -
Reisebus	Transportleistung	pkm	7.97	64.9	4.32	7.45	0.238	0.184	0.020	4	4	-	22	7	<u>س</u>	8	8	3	┢	0.0	┢	0.003
Scooter, Benzin	Transportleistung	pkm	271	254	15.1	1.71	0.433	0.366	090.0	0.007	0.005	0.001 0.	0.003	0.000	0.429 0.3	0.365 0.0	0.057 0.0	0.007 0.122	22 0.110	10 0.011		0.001
Tram	Transportleistung	pkm	52.5	29.2	4.35	21.7	0.337	0.254	0.017	0.067 0	0.049 0.	0.041 0.	0.002 0.	0.006 0.	0.289 0.2	0.212 0.0	0.015 0.0	0.061 0.023	-	0.008 0.002	Н	0.012
Trolleybus	Transportleistung	pkm	55.3	38.3	4.55	12.5	0.40	0.331	0.021	0.057 0	0.059 0.	0.054 0.	0.002 0.	0.003 0.	0.350 0.2	0.277 0.0	0.019 0.0	0.054 0.020	\dashv	0.012 0.003	\dashv	900.0
Personen-Transporte																						
Autobus	Fahrleistung	km	2.070	1'830	90.4	152	6.46	5.34	0.421	0.698	0.097	0.014 0.	0.048 0.	0.035 6	6.36 5.3	5.33 0.3	0.373 0.6	0.663 1.46	-	1.34 0.0	0.050 0.0	0.071
Fernreisezug Schweiz	Fahrleistung	ĸ	12.000	7'130	340	4'560	69.4	54.3	1.49	13.5	24.8 2	23.3 0.	0.158 1	1.37	44.6 31	31.1	1.33	12.2 2.53	53 0.281	81 0.219	_	2.03
Fernreisezug Deutschland, ICE	Fahrleistung	ĸ	19'600	14'700	601	4'360	89.4	79.1	2.09	8.13	5.56 5	5.11 0.	0.138 0.	0.317 8	83.8 74	74.0 1.	1.95 7.	7.81 19.2	\dashv	16.7 0.403	\dashv	2.17
Flugzeug, Durchschnitt	Fahrleistung	ĸ	44.000	38,300	128	4'980	173	146	0.596	26.5	2.15 0.	0.370 0.	0.050	1.73	171	145 0.5	0.545 24	24.7 41.2	\dashv	36.2 0.118	\dashv	4.86
Flugzeug, Europa	Fahrleistung	ĸ	15'200	12,000	35.4	3,160	61.9	45.0	0.165	16.8	1.23 0.	0.114 0.	0.013	1.10 6	60.7 44	44.9 0.1	0.152	15.7 14.3	\dashv	11.2 0.0	0.033 3.	3.08
Flugzeug, Interkontinental	Fahrleistung	ĸ	38,600	37'600	9.09	906	146	141	0.282	4.82 0	0.695	0.357 0.	0.023 0.	0.315	145 14	140 0.2	0.259 4.	4.50 35.9	-	35.0 0.0	0.056 0.8	0.884
Personenwagen, Durchschnitt	Fahrleistung	km	347	256	29.7	34.0	1.47	1.06	0.195	0.217 0	0.042 0.	0.003 0.	0.012 0.	0.027	1.43	1.06 0.1	0.183 0.	0.190 0.313	\vdash	0.266 0.034	-	0.013
Personenwagen, Benzin	Fahrleistung	ĸ	353	262	26.7	34.0	1.50	1.08	0.195	0.217 0	0.042 0.	0.004 0.	0.012 0.	0.027	1.45	1.08 0.1	0.183 0.	0.190 0.319	\dashv	0.272 0.034	-	0.013
Personenwagen, Biogas	Fahrleistung	ĸ	247	152	57.0	37.6	0.765	0.329	0.196	0.240 0	0.077 0.	0.035 0.	0.012 0.	0.030	0.688 0.2	0.294 0.1	0.185 0.3	0.210 0.157		0.109 0.035	-	0.014
Personenwagen, Diesel	Fahrleistung	ĸ	316	226	26.7	34.0	1.35	0.935	0.195	0.217 0	0.041	0.002 0.	0.012 0.	0.027	1.31 0.9	0.933 0.1	0.183 0.	0.190 0.281	\dashv	0.235 0.034	\dashv	0.013
Personenwagen, elektrisch	Fahrleistung	ĸ	261	97.8	131	41.9	1.18	0.601	0.312	0.268 0	0.151 0.	0.098 0.	0.020 0.	0.034	1.03 0.5	0.503 0.2	0.292 0.3	0.234 0.093	\dashv	0.020 0.058	\dashv	0.016
Personenwagen, Erdgas	Fahrleistung	ĸ	275	180	57.0	37.6	1.46	1.02	0.196	0.240	0.050	0.008 0.	0.012 0.	0.030	1.41	1.02 0.1	0.185 0.3	0.210 0.256	56 0.207	07 0.035	-	0.014
Regionalzug	Fahrleistung	ĸ	2'380	1,200	134	750	16.6	14.0	0.339	2.23	6.28 5	5.99 0.	0.059 0.	0.226	10.3	8.01 0.2	0.280	2.00 0.456	-	0.073 0.050	\dashv	0.333
Reisebus	Fahrleistung	ĸ	1'610	1'360	8.06	156	4.99	3.85	0.421	0.717 0	0.094	0.010 0.	0.048 0.	0.036	4.90	3.84 0.3	0.373 0.0	0.682 1.09	\dashv	0.965 0.051	\dashv	0.073
Scooter, Benzin	Fahrleistung	ĸ	298	280	16.6	1.88	0.477	0.403	990.0	0.008	0.005	0.001 0.	0.004 0.	0.000	0.471 0.4	0.402 0.0	0.062 0.0	0.008 0.135	35 0.121	21 0.012	\dashv	0.001
Tram	Fahrleistung	ĸ	2.940	1,560	230	1'150	17.8	13.4	0.901	3.53	2.57 2	2.18 0.	0.095 0.	0.294	15.3	11.2 0.8	0.807 3.	3.23 1.20	\dashv	0.445 0.107	\dashv	0.650
Trolleybus	Fahrleistung	km	1.440	966	118	324	10.6	8.59	0.551	1.48	1.53	1.40 0.	0.063 0.	0.073	9.10 7.3	7.20 0.4	0.488 1.	1.41 0.518	18 0.301	01 0.065	\dashv	0.152

vollständige Listen unter: https://www.kbob.admin.ch/kbob/de/home/publikationen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten_baubereich.html

BAUTEILKATALOG: DATEN ZU KONSTRUKTIONEN



"www.bauteilkatalog.ch", Aufruf von August 2019

Eigene Logindaten können auf der Website "www.bauteilkatalog.ch" unter dem Reiter "Anmeldung" angefordert werden.

Siehe auch:

https://www.ubakus.de/berechnung/waermebedarf/

AUSZUG AUS BAUTEILKATALOG: DATEN ZU KONSTRUKTIONEN

Fassadenbekleidung aus Profilglasplatten *

als hinterlüftete Aussenwärmedämmung auf Stahlbetonwand

Material / Schicht	Schicht- dicke	Lambda- Wert	Amortisa tion	Masse	Grauener Herstellu		Grauener Entsorgu	_	Grauenergie	Total
-	m	W/mK	а	kg/m2	kWh/m2	%	kWh/m2	%	kWh/m2	%
Flachglas unbeschichtet	0.007	' 1	40	19.2	66.27	17%	1.31	5%	67.58	16%
Aluminiumprofil blank	0.007			3	109.36	27%	0	0%	109.36	26%
Dampfbremse Polyethylen	0.0002	2 0	40	0.2	4.68	1%	0.02	0%	4.7	1%
Steinwolle (60kg/m3)	0.24	0.036	40	14.4	75.39	19%	0.01	0%	75.4	18%
Stahlbetonwand	0.18	2.3	60	445	142.48	36%	23.31	95%	165.79	39%
<u>Total:</u>	0.43	-	-	481.8	398.18	100%	24.65	100%	422.83	100%

Graue Energie über Lebenszyklus pro Jahr (kWh/m2a):

9.19

Fassadenbekleidung aus Glasfaserbetonelementen (16mm) *

als hinterlüftete Aussenwärmedämmung auf Stahlbetonwand

Material / Schicht	Schicht- dicke	Lambda- Wert	Amortisa tion	Masse	Grauenergie Herstellung		Grauenergie Entsorgung		Grauenergie Total	
-	m	W/mK	а	kg/m2	kWh/m2	%	kWh/m2	%	kWh/m2	%
		_								
Beton, hochbelastbar	0.016	2	40	39	7.39	3%	2.11	8%	9.5	3%
Glasfaser	0	0	40	0.8	7.39	3%	2.11	8%	9.5	3%
Chromnickelstahlblech 18/8	0	17	40	2	31.93	12%	0	0%	31.93	11%
Steinwolle (60kg/m3)	0.24	0.036	40	14.4	75.39	28%	0.01	0%	75.4	26%
Stahlbetonwand	0.18	2.3	60	445	142.48	54%	23.31	85%	165.79	57%
Total:	0.44	-	-	501.2	264.58	100%	27.54	100%	292.12	100%

Graue Energie über Lebenszyklus pro Jahr (kWh/m2a):

5.92

Fassadenbekleidung aus Feinsteinzeugplatten (16mm) *

als hinterlüftete Aussenwärmedämmung auf Stahlbetonwand

Material / Schicht	Schicht- dicke	Lambda- Wert	Amortisa tion	Masse	Grauener Herstellu	•	Grauener Entsorgu	_	Grauenergie	Total
-	m	W/mK	а	kg/m2	kWh/m2	%	kWh/m2	%	kWh/m2	%
Feinsteinzeugplatte	0.016	1.3	40	30.4	117.75	26%	1.53	6%	119.28	25%
Aluminiumprofil blank	0	160	40	3	109.36	25%	0	0%	109.36	23%
Steinwolle (60kg/m3)	0.24	0.036	40	14.4	75.39	17%	0.01	0%	75.4	16%
Stahlbetonwand	0.18	2.3	60	445	142.48	32%	23.31	94%	165.79	35%
Total:	0.44		-	492.8	444.98	100%	24.85	100%	469.83	100%

Graue Energie über Lebenszyklus pro Jahr (kWh/m2a):

10.36

8.98

Fassadenbekleidung aus Faserzementplatten (grossformatig) *

als hinterlüftete Aussenwärmedämmung auf Stahlbetonwand

Material / Schicht	Schicht- dicke	Lambda Wert	Amortisa tion	Masse	Grauener Herstellu	,	Grauener Entsorgu	_	Grauenergie	Total
-	т	W/mK	а	kg/m2	kWh/m2	%	kWh/m2	%	kWh/m2	%
Faserzementplatte, gross	0.008	0.8	40	15.2	62.52	16%	1.24	5%	63.76	15%
Aluminiumprofil blank	0	160	40	3	109.36	28%	0	0%	109.36	26%
Steinwolle (60kg/m3)	0.24	0.036	40	14.4	75.39	19%	0.01	0%	75.4	18%
Stahlbetonwand	0.18	2.3	60	445	142.48	37%	23.31	95%	165.79	40%
Total:	0.43	-	-	477.6	389.75	100%	24.56	100%	414.31	100%

Graue Energie über Lebenszyklus pro Jahr (kWh/m2a):

Quelle: www.bauteilkatalog.ch, Elektronischer Bauteilkatalog, basierend auf Berechnungen von 2010

^{* =} Wärmedämmungen adaptiert

Zweischalenmauerwerk aus Backsteinen **

Aussen als Sichtsteine, Innen verputzt

Material / Schicht	Schicht- I dicke	Lambda- A Wert	Amortisa tion	Masse	Grauener Herstellu	-	Grauenerg Entsorgui	•	Grauenergie	Total
-	т	W/mK	а	kg/m2	kWh/m2	%	kWh/m2	%	kWh/m2	%
Klinkersteine	0.125	1	60	250	213.89	49%	6.85	40%	220.74	48%
Chromnickelstahlanker	0	17	60	1	15.96	4%	0	0%	15.96	4%
Steinwolle (60kg/m3)	0.24	0.036	60	14.4	75.39	17%	0.01	0%	75.4	17%
Modulbackstein	0.175	0.44	60	192.6	127.08	29%	9.87	57%	136.95	30%
Verputz innen (Gips)	0.01	0.7	30	15	6.41	1%	0.47	3%	6.88	2%
<u>Total:</u>	0.55	-	-	473	438.73	100%	17.2	100%	455.93	100%

Graue Energie über Lebenszyklus pro Jahr (kWh/m2a):

Einsteinmauerwerk aus Backsteinen **

Als einschalige Konstruktion, Aussen und innen verputzt

Material / Schicht	Schicht- dicke	Lambda- Wert	Amortisa tion	Masse	Grauenergie Herstellung		Grauenergie Entsorgung		Grauenergie Total	
-	m	W/mK	а	kg/m2	kWh/m2	%	kWh/m2	%	kWh/m2	%
Verputz Aussen (Kalk)	0.02	1	30	30	41.06	16%	0.93	6%	41.99	15%
Einsteinmauerwerk	0.49	0.065	60	257	211.65	82%	13.17	90%	224.82	82%
Verputz innen (Gips)	0.01	0.7	30	15	6.41	2%	0.47	3%	6.88	3%
Total:	0.52	! -	-	302	259.12	100%	14.57	100%	273.69	100%

Graue Energie über Lebenszyklus pro Jahr (kWh/m2a):

7.71

Dämmbetonwand **
als zweischalige Konsruktion mit Kerndämmung

Material / Schicht	Schicht- dicke	Lambda- Wert	Amortisa tion	Masse	Grauener Herstellu	,	Grauener Entsorgui	•	Grauenergie	Total
-	т	W/mK	а	kg/m2	kWh/m2	%	kWh/m2	%	kWh/m2	%
Dämmbeton, faserarmiert	0.1	0.27	60	113	154.21	24%	14.09	33%	168.3	24%
Polystyrol XPS (30kg/m3)	0.18	0.032	60	5.4	158.76	25%	0.73	2%	159.49	23%
Dämmbeton, stahlarmiert	0.14	0.27	60	158.2	331.95	51%	27.85	65%	359.8	52%
<u>Total:</u>	0.42	-	=	276.6	644.92	100%	42.67	100%	687.59	100%

Graue Energie über Lebenszyklus pro Jahr (kWh/m2a): 11.46

Holzständerwand **
als hinterlüftete Konstruktion mit Massivholzverkleidung

Material / Schicht	Schicht- dicke	Lambda- Wert	Amortisa tion	Masse	Grauenergie Herstellung		Grauenergie Entsorgung		Grauenergie Total	
-	т	W/mK	а	kg/m2	kWh/m2	%	kWh/m2	%	kWh/m2	%
Holmontaliduna FiTo	0.004	0.10	40	44.0	10.50	60/	0.00	1.00/	10.00	69/
Holzverkleidung FiTa	0.024	0.13	40	11.3	10.59	6%	0.33	18%	10.92	6%
Holzlatte 40/60	0	0.13	40	1.7	0.8	0%	0.05	3%	0.85	0%
Weichfaserplatte	0.027	0.06	40	7.3	22.1	12%	0.26	14%	22.36	12%
Steinwolle (60kg/m3)	0.24	0.036	40	14.4	75.39	41%	0.01	1%	75.4	40%
Holzbalken 12/24cm	-	0.13	40	15.2	7.22	4%	0.41	23%	7.63	4%
Dampfbremse Polyethylen	0.0002	0	40	0.2	4.68	3%	0.02	1%	4.7	3%
OSB-Platte	0.027	0.13	40	16.7	63.63	35%	0.74	41%	64.37	35%
<u>Total:</u>	0.32	-	-	66.8	184.41	100%	1.82	100%	186.23	100%

Graue Energie über Lebenszyklus pro Jahr (kWh/m2a): 4.66

^{** =} Neuberechnung Assistenz Gigon/Guyer, 2019

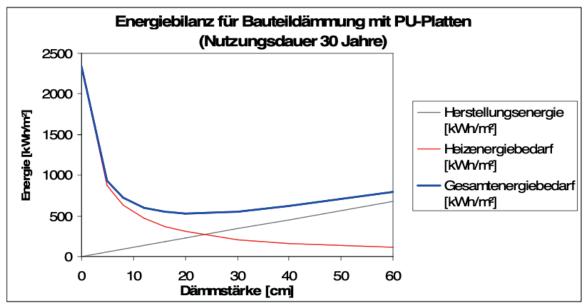


Abbildung 1: Ein Bauteil mit einem U-Wert=1 wird mit Polyurethanplatten (relativ hoher Primärenergieaufwand!) gedämmt. Der Gesamtenergieaufwand erreicht daher bereits bei 20cm Dämmstärke ein Minimum – das entspricht einem U-Wert von ca. 0,13 W/m²K. (Klimastandort: HGT = 3252 K.d/a)

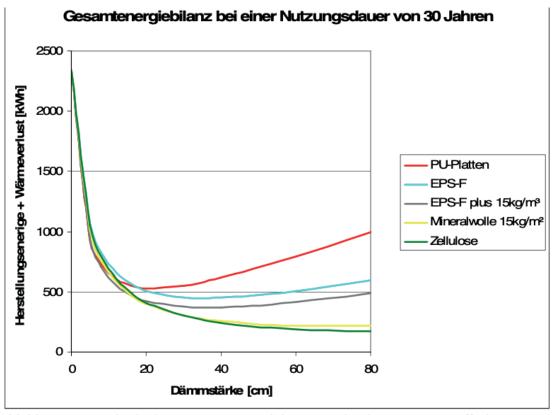


Abbildung 2: Vergleich der Gesamtenergiebilanz verschiedener Dämmstoffe bei einer Nutzungsdauer von 30 Jahren (Klimastandort: HGT = 3252 K.d/a). Das Minimum von Zellulose liegt bei über 1m Dämmstärke.

Berechnung Heizenergie und Graue Energie Dämmstoff

Ziel ist die Minimierung der benötigten Heizenergie und Graue Energie für die Herstellung des Dämmstoffes in Abhängigkeit der Dämmstoffdicke

Berechnung Gesamtenergie

$$q(x) = n * Q_{T(x)} + \gamma_{(x)}$$

n = Betrachteter Zeitraum in a

x = Gesuchter Wert: Optimale Dämmstärke in m

 Q_T = Benötigte Heizenergie

γ = Graue Energie Herstellung Dämmstoff

 Q_T Benötigte Heizenergie in J

$$Q_T = U_{Wert,vern} * A * HGT * 24 * 3600$$

A = Betrachtete Fläche 1m²

HGT = Heizgradtage

U_{Wert,vern} = U-Wert Dämmung ohne Übergangswiderstände in W/m2K

 γ Graue Energie Dämmstoff in J

$$\gamma = \rho * x * A * \delta_{grau}$$

wobei

A = Betrachtete Fläche 1m²

 ρ = Dichte der Dämmung

 δ = Graue Energie des Dämmstoffes in Joule/kg

x = Gesuchter Wert: Optimale Dämmstärke in m

Beispielrechnung

Dämmung: Steinwolle Flumroc Compact, $\rho = 100 \text{kg/m3}$, $\delta = 15350 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$, $\lambda = 0.040 \text{W/mK}$ Vernachlässigt: Wärmeübergangswiederstände, Heizgradtage unabhängig von Dämmstärke, Ausführungsaspekte Standort: Zürich, Heizgradtage = 3260

$$q(x) = n * U_{Wert,vern} * A * HGT * 24 * 3600 + \rho * x * A * \delta_{gray} * x$$

$$\begin{split} q(x) &= n*U_{Wert,vern}*A*HGT*24*3600 + \rho*x*A*\delta_{grau}*x\\ q(x) &= 40a*\frac{0.040W/mK}{x}*3260*24*3600 + 100kg/m^3*x*15350*10^3J/kg*x \end{split}$$

$$\frac{dq}{dx} = -40a * \frac{0.040W/mK}{x^2} * 3260 * 24 * 3600 + 100kg/m^3 * 15.35 * 10^6 J/kg = 0$$

$$x_{opti} = \sqrt{\left(\frac{40a*0.040W/mK*3260*24*3600}{100kg/m3*15.35*10^6J/kg}\right)}$$

$$x_{opti} = 0.54m$$

https://graue-energie.ch/?cat=3



Tour de Sol, von Romanshorn nach Genf, 1985

GEBÄUDETECHNIK



Weather Project, Olafur Eliasson, London, 2003

PHOTOVOLTAIK & SOLARTHERMIE

Die Solartechnik wurde über Jahrzehnte verfeinert und hat sich zu einer gut funktionierenden und etablierten Technik entwickelt. Komponenten von Photovoltaik und Solarwärme gibt es in unzähligen Varianten, für verschiedene Anwendungen, von diversen Herstellern. Es gilt dabei die passende Technik basierend auf den Zielen eines Bauvorhabens und dem Verwendungszweck zu wählen. Im Zusammenspiel mit Speichermöglichkeiten, Steuerung und weiterer komplementärer Energietechnik kann das Energiesystem eines Gebäudes im Hinblick auf hohe Effizienz, Komfort und gute Wirtschaftlichkeit weiter optimiert werden.

Charles Filleux und Peter Schlegel, "Erfahrungen mit Solarhäusern in der Schweiz", in: Neue Zürcher Zeitug vom 11. März 1987, Rubrik Forschung und Technik, Zürich 1987, S. 65-66

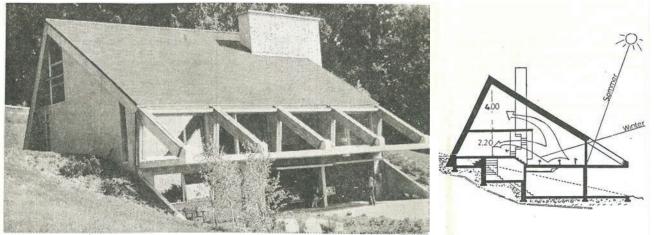


Abb. 1. Solarhaus in Begnins an der waadtländischen Côte. Diese Architektur gewinnt Sonnenwärme ohne Kollektoren direkt auf Grund der spezifischen Konzeption der Südfassade. Innerhalb des Hauses verteilt sich die passiv gewonnene Sonnenwärme durch Konvektion.

Erfahrungen mit Solarhäusern in der Schweiz

Von Charles Filleux und Peter Schlegel

«Erfahrungen mit Solarhäusern in der Schweiz» ist eine Studie, die vom Nationalen Energie-Forschungs-Fonds (NEFF) in Auftrag gegeben worden ist. Die Autoren der Studie wollten nicht nur wissen, wie man in passiven Solarhäusern lebt, sondern vor allem auch erforschen, wie es mit der wärmetechnischen Qualität der untersuchten Gebäude, dem Raumklima, dem Komfort sowie dem Beitrag der Sonnenwärme zur Deckung des Raumwärmebedarfs steht.

Zahlreiche Untersuchungen

Seit 1979 hat der NEFF die Untersuchung der Energiebilanzen passiver Sonnenhäuser in der Schweiz gefördert. Durch verschiedene Forschungsinstitutionen sind bisher mehr als ein Dutzend bewohnter Sonnenhäuser sorgfältig instrumentiert und während mindestens einer Heizperiode messtechnisch erfasst worden. So hat die Groupe recherche en énergie solaire (GRES) von A. Faist an der ETH Lausanne zwischen 1979 und 1981 drei in ihrem passiv-solaren Heizkonzept sehr unterschiedliche Sonnenhäuser untersucht. Im Vordergrund stand die Ermittlung der Energiebilanz des Gesamtgebäudes. Schwieriger gestaltete sich die Bestimmung der Gewinn-Verlust-Bilanz der einzelnen passiv-solaren Elemente. Gemeinsam mit der Lausanner Gruppe hat die Arbeitsgruppe Solar Trap der Zürcher Firma Basler & Hofmann 1982/83 in Widen erstmals ein Sonnenhaus mit einem Kollektor-Speicher-System untersucht. Es gelang nicht nur, die Gesamtenergiebilanz des Gebäudes mit einer Genauigkeit von etwa 10 Prozent zu ermitteln, sondern auch den Beitrag des Kollektor-Speicher-Systems (konvektives System) recht genau zu bestimmen.

Ebenfalls 1982/83 hat das Institut für Hochbautechnik der ETH Zürich drei Sonnenhäuser mit konvektiven Systemen des Architekten U. Schäfer (Binz) untersucht. Bei der Instrumentierung der Häuser und der Gestaltung der Messkampagne konzentrierte man sich mehr auf die Gesamtbilanz der Häuser als auf die Bilanz der konvektiven Systeme. Verfeinerte Untersuchungen lieferten interessante Aussagen über das Zusammenspiel Gebäudesonnenheizsystem - Bewohner.

Die jüngsten Messprojekte an Sonnenhäusern entstanden im Rahmen des Forschungsprogramms Task VIII der Internationalen Energie-Agentur. Unter der Leitung von A. Eggenberger ist im Winter 1983/84 an vier bewohnten Wintergärten eine Messkampagne durchgeführt worden, um den Fragen des Klimas im Wintergarten und des Benutzerverhaltens nachzugehen. Es wurden dabei keine Energiebilanzen ermittelt. Zwei Demonstrationsvorhaben im Rahmen desselben Forschungsprogrammes (Gebäude mit Wintergarten in Wald und Gebäude mit konvektivem System in Schüpfen) sind in Angriff genommen worden. Erste Resultate werden im Laufe dieses Jahres vorliegen.

NEFF-Studie als Synthese

Nach sechs Jahren experimenteller Untersuchungen an Sonnenhäusern durch verschiedene Forschergruppen kam beim NEFF der Wunsch nach einer Synthese auf. Die entsprechende Studie¹ ist soeben publiziert worden. Sie liefert eine zusammenfassende und vergleichende Darstellung des «Verhaltens» gebauter und bewohnter Solareinfamilienhäuser. Der Versuchung, weitere in jüngster Zeit zum Thema publizierte Literatur in der Studie mitzuverarbeiten, konnte

nicht immer widerstanden werden. Trotzdem darf kein Handbuch für die Planung passiver Sonnenhäuser erwartet werden. Einem solchen Zweck dienen eher die SIA-Publikation D 010² und eine Publikation des Impulsprogrammes Haustechnik.³

Für die Durchführung der im folgenden nun präsentierten NEFF-Studie standen dem Bearbeiterteam sämtliche Unterlagen der Einzelprojektverfasser zur Verfügung. Es stellte sich bald heraus, dass das Zurückgreifen auf Rohdaten aus den diversen Messkampagnen den Umfang des Auftrags sprengen würde. So bildeten denn die einzelnen Forschungsberichte, Gespräche mit den Projektverfassern und Besichtigungen einiger Objekte die Grundlage für die Studie. Um eine gewisse Vergleichsbasis zu haben, wurden die Energiekennzahlen eines Durchschnittseinfamilienhauses (vgl. Tabelle) benützt. Ebenfalls eine gute Vergleichsmöglichkeit bot ein Energiesparhaus in Cham4 (ohne spezielle Solargewinne), welches im Winter 1983/84 ausgemessen worden war.

Passives Sonnenhaus und passive Solarsysteme

Als passives Sonnenhaus wird ein Haus bezeichnet, bei welchem die Sonne einen grösseren Anteil des Heizwärmebedarfes deckt als bei einem Durchschnittshaus, und dies möglichst ohne Einsatz fremder Energiequellen. Dazu gehört auch, dass die Nutzung der Sonnenenergie zur Herabsetzung des Heizenergieverbrauches als wesentliches Ziel des Hausentwurfes, also der architektonischen Idee des Hauses, erklärt wird.

Nachfolgend werden die Systeme der passiven Sonnenenergienutzung, die in der Schweiz auf Grund des Klimas und der Bauweise eine gewisse Bedeutung erlangt haben, kurz charakterisiert. Dabei werden wir uns auf Systeme mit Direktgewinn sowie auf konvektive Systeme beschränken. Die in der Schweiz stark in Mode gekommenen Wintergärten sollen in einem späteren Artikel diskutiert werden. In knapper Form werden ausserdem Wärmespeicherwände angesprochen, obwohl ihre Anwendung in der Schweiz eher selten ist.

Beim Direktgewinn gelangt die Sonnenstrahlung durch grosszügige Fensterflächen direkt in die Wohn- oder Arbeitsräume, wo sie absorbiert, in den massiven Bauteilen gespeichert und als Wärme wieder an den Raum abgegeben wird. Die Anforderungen an dieses an sich einfache System können wie folgt zusammengefasst werden: grosszügige Südverglasung als Wärmeaufnahmevermögen Kollektor; gutes von Wänden, Boden und Decke, vor allem der direkt besonnten Räume; offene Grundrisse, die eine gute Wärmeverteilung ermöglichen; Nachtisolation, welche die Südverglasung vor grossen nächtlichen Wärmeverlusten schützt; ein Heizsystem, welches auf Sonnenenergiegewinn rasch reagiert. Das in Abbildung 1 gezeigte Haus in Begnins erfüllt diese Anforderungen recht gut. Es ist eines der wenigen neueren Gebäude der Schweiz, welche konsequent als Direktgewinnhaus konzipiert wurden.

Während beim Direktgewinn die Wärmegewinne als Strahlung in den Raum gelangen, findet bei konvektiven Systemen der Transport der Sonnenenergiegewinne hauptsächlich durch bewegte Luft (Konvektion) statt. Die Luft wird im Kollektor erwärmt und anschliessend einem Wärmespeicher zugeführt (vgl. Abb. 3). Als Speicher werden meistens Geröllspeicher, seltener Latentspeicher, Speicher mit Wasserbehälter oder die Gebäudekonstruktion selber verwendet. Im Prinzip sind auch konvektive Systeme ohne Speicher, welche die Warmluft bei schönem Wetter direkt dem Gebäude zuführen, denkbar. Diese gelangen jedoch nur in speziellen Fällen zur Anwendung, da bei starker Sonneneinstrahlung in der Regel genügend andere Wärmegewinne vorhanden sind. Die Idee der konvektiven Gewinne ist vielmehr, kurze Schlechtwetterperioden von 2 bis 4 Tagen mit gespeicherten Sonnenenergiegewinnen überbrücken zu können.

Konvektive Systeme sind keine einfachen Systeme. Ihre Integration in das Gesamtkonzept ist relativ anspruchsvoll. Bei richtiger Konzeption und Dimensionierung sind sie jedoch in der Lage, mit einem relativ guten Wirkungsgrad Sonnenenergiegewinne zu speichern und während Schlechtwetterperioden an das Gebäude abzugeben. Wichtige Voraussetzungen für gute konvektive Systeme sind: gute Südorientierung der Kollektorflächen (vertikal); ausgewogenes Verhältnis von Kollektorfläche und Kapazität des Speichers; geringe Systemverluste (kompakte Anordnung, gut isolierter Speicher, keine nächtliche Auskühlung); dem Gebäude angepasstes Wärmeabgabesystem; ein Zusatzheizsystem, welches sich dem momentanen Wärmestatus des Hauses rasch anpasst.

Verschiedene Kollektortypen

Bei den konvektiven Systemen stehen verschiedene Kollektortypen zur Auswahl. Die beliebtesten sind der Fensterkollektor, der Wandkollektor (oft einfach als Luftkollektor bezeichnet) und der Freilandkollektor. Fensterkollektoren kombinieren das Fenster mit einem Luftkollektor, indem zwischen den eigentlichen Fensterscheiben ein Luftraum eingeschlossen ist, welcher über Kanäle mit dem Speicher verbunden ist. Die äussere Fensterverglasung solcher sogenannter Kastenfenster ist eine zweifache Isolierverglasung (2-IV), die innere ebenfalls eine 2-IV oder eine Einfachverglasung. Im Luftraum erwärmt sich die Luft an dunkel gefärbten Lamellenstoren. Bei geringerer Globalstrahlungsintensität (unterhalb etwa 400 W/m²) werden die im Kastenfenster eingebauten Lamellenstoren gehoben, und die Sonne erwärmt den Raum direkt. Starke Strahlung – vor allem auch im Sommer – wird durch die heruntergelassenen Lamellenstoren wirksam abgeschirmt. Aber auch bei gesenkten Storen wird das Zimmer durch die erwärmte Innenscheibe zusätzlich erwärmt.

Beim Wandkollektor erwärmt sich die Luft an dunkel gefärbten Lamellen oder einem Streckmetall zwischen einer äusseren Verglasung und der wärmegedämmten Kollektorrückwand, die mit der Fassadenwand identisch sein

kann. Der Freilandkollektor ist im Prinzip gleich konstruiert wie der Wandkollektor. Er wird aber mit optimalem Neigungswinkel im Freien placiert. Der Preis für eine bessere Solarlichtaufnahme sind allerdings grössere Wärmeverluste an die Umgebung. Abbildung 4 zeigt die Energieflussdiagramme für Fensterkollektor und Wandkollektor. Die Bilanz beider Kollektortypen ist über eine ganze Heizperiode etwa gleich gross und beträgt für das Klima des schweizerischen Mittellandes etwa 500 Megajoule pro Quadratmeter äussere Kollektorfläche. Pro Quadratmeter Kollektorfläche spart man pro Jahr ungefähr 14 Liter Heizöl.

Wärmespeicherwand (Trombe-Wand) speichert die am Tag durch eine Verglasung eingestrahlte Wärme in einer Beton- oder Kalksandsteinwand, um sie nachts zeitverzögert an den dahinterliegenden Raum wieder abzugeben. Wo nötig, werden in der Wand Ventilationsöffnungen vorgesehen, damit ein Teil der gesammelten Wärme ohne Verzögerung bereits am Tag zur Verfügung steht. Bedingung für diese Art der passiven Sonnenenergienutzung sind regelmässige Wärmegewinne tagsüber sowie ein bestimmtes Verhältnis zwischen Einstrahlung und mittlerer Temperaturdifferenz. Das ideale Klima dazu bietet z. B. der Südwesten der USA.

Kurzporträts der Messhäuser

In der NEFF-Studie sind neun Häuser untersucht worden, wovon hier stellvertretend vier, nämlich Begnins (Direktgewinnhaus), Binz (normale Direktgewinnfenster, kein typisches Sonnenhaus), Rothenfluh (System mit Freilandkollektor) und Widen (System mit Fensterkollektor) in Abbildung I und 2 gezeigt werden. Die nachfolgend beschriebenen Befunde beziehen sich auf die Gesamtheit der in der Studie untersuchten Häuser.

Mit einer durchschnittlichen Energiebezugsfläche (EBF, geheizter Teil der Bruttogeschossfläche) von 188 m² entspricht das Mittel der Gebäudegrössen etwa dem schweizerischen Mittelwert. Das Oberflächen-Volumen-Verhältnis ist ein Mass für die Abkühlungsfläche des Hauses,

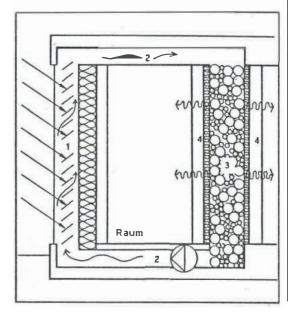


Abb. 3. Schematische Darstellung eines konvektiven Systems zur Gewinnung von Solarwärme. I Fenster- oder Wandkollektor, 2 Wärmetransport vom und zum Speicher (z. B. mit Hilfe eines eingebauten Ventilators), 3 Wärmespeicher (z. B. Geröllspeicher), 4 Wärmeabgabe in die Wohnräume.

bezogen auf das beheizte Volumen. Je grösser dieses Verhältnis, um so besser müsste die Gebäudehülle wärmegedämmt werden, damit die Wärmeverluste pro m³ beheiztes Volumen nicht auch grösser werden. Die meisten der untersuchten Solarhäuser besitzen nun aber einen ziemlich bis stark gegliederten Baukörper. Der günstige Effekt erdberührter oder an unbeheizte Räume grenzender Wände vermag dies selbst bei denjenigen Häusern nicht zu kompensieren, die zwar äusserlich kompakt erscheinen, aber bei näherem Hinsehen doch recht stark gegliedert sind. Die jetzt in der Praxis dank Solarenergie realisierten Gewinne in der Energiebilanz sind also trotz eher ungünstigem Oberflächen-Volumen-Verhältnis erzielt worden.

Als die vom Rauminnern her wahrnehmbare Glasfläche ist die Fensterglasfläche pro m² Energiebezugsfläche berechnet worden. Vergleicht man mit dem Durchschnittswert der schweizerischen Einfamilienhäuser, so stellt man mit Erstaunen fest, dass die gesamte Fensterfläche nur gerade bei einem der Solarhäuser deutlich über diesem Mittelwert liegt. Heisst dies, dass passive Sonnenhäuser eher weniger Fenster haben als übliche Einfamilienhäuser? Ja. Der Unterschied liegt aber darin, dass im Sonnenhaus die Fensterflächen im Durchschnitt mehr nach Süden konzentriert sind und demzufolge die Nordfenster einen geringeren Anteil ausmachen als beim Durchschnittseinfamilienhaus. Die Konzentration auf Südfenster und der Verzicht auf Nordfenster sind geradezu ein Merkmal der passiven Sonnenhäuser. Inklusive ihrer Fensterkollektoren haben die Sonnenhäuser zwischen 50 und 80 Prozent ihrer gesamten Glasfläche nach Süden orientiert.

Die Wärmedämmung von Wänden und Fenstern widerspiegelt die bei der Projektierung der neun Häuser im Zeitraum Mitte der siebziger Jahre bis 1982/83 sich verändernden Vorstellungen der Architekten von einem gut wärmegedämmten Haus. Die k-Werte der Wände sinken von über 0,4 W/m2 K auf 0,2 W/m2 K. Die Fenster waren anfänglich noch doppelt verglast, nachher mit Dreifach- oder Infrarot-Reflexionsgläsern versehen. Bei den Häusern mit Fensterkollektoren finden wir innen und aussen je eine zweifache Isolierverglasung. Bei den Dächern ist die Tendenz zur besseren Wärmedämmung nicht so eindeutig. Schon das älteste der Messhäuser (1977) erreicht auf seiner anteilmässig grossen Dachfläche einen k-Wert von 0,2 W/ m² K.

Drei der Häuser besitzen eine Nachtwärmedämmung der Fenster. Zwei davon haben innenliegende Wärmedämmläden, das dritte hat bewegliche Mylarfolien. Diese Massnahmen verbesserten den k-Wert der Fensterregion jeweils von etwa 3 auf 1,5 W/m² K.

Die Qualität aller Wärmedämmassnahmen äussert sich im spezifischen Wärmeverlustkoeffizienten, d. h. in den gesamten Wärmeverlusten des Gebäudes pro Kelvin Temperaturdifferenz innen-aussen, bezogen auf die Energiebezugsfläche. Während dieser bei den untersuchten Solarhäusern zwischen 1,1 und 1,4 W/m² K liegt, sind heute Werte unter l W/m² K durchaus erreichbar (z. B. Haus Cham, siehe Tabelle).

Heizsysteme und Energieverbrauch

Für die energetische Beurteilung des gesamten Bauwerkes - also mit Einschluss der haustechnischen Anlagen - benutzt man seit Jahren die Energiekennzahl. Sie ist ein Mass für den spezifischen jährlichen Energieverbrauch, d. h. den Energieverbrauch bezogen auf die Energiebezugsfläche (MJ/m² EBF). Der Durchschnitt der schweizerischen Einfamilienhäuser liegt bei 840 MJ/m² und Jahr. Mit Werten zwischen 250 und 400 MJ/m² und Jahr liegen die Messhäuser deutlich unter dem von der SIA empfohlenen Zielwert (520 MJ/m²). In der Energiekennzahl ist neben dem Energieaufwand für Raumhei-zung auch jener für Warmwasser und Strom enthalten. Welches sind nun die Gründe für die günstigen Energiekennzahlen in den untersuchten Sonnenhäusern?

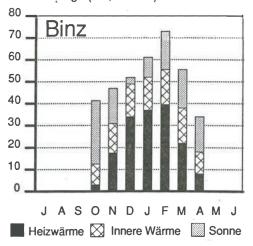
Fast alle Messhäuser werden von Hand mit Holz beheizt. Nur eines der Häuser hat keine Holzheizung, und bei einem zweiten hat das Holz lediglich einen geringen Anteil. Diese Tatsache ist für den Energieverbrauch von grosser Bedeutung. Eine (nicht automatische) Holzheizung ist nämlich eine typische Bedarfsheizung, d. h., sie heizt nur, wenn der Benützer einen Wärmebedarf feststellt und aktiv etwas unternimmt. Solche Bedarfsheizungen sparen jene Energie, welche bei einer heute üblichen Angebotsheizung, wo die Wärme ständig «auf Abruf» bereit ist, verlorengeht.

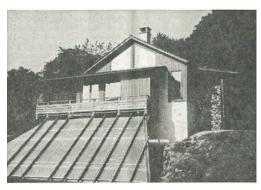
Die in den Messhäusern eingebauten Holzheizungen erfordern jedoch einigen Bedienungsaufwand. Deshalb richtet sich der Heizbetrieb ausgeprägt nach dem Wetter, und es wird nur eingeheizt, wenn es wirklich nötig ist. Oftmals wird sogar vorausschauend nach der Wetterprognose oder nach der eigenen Wetterbeurteilung sowie nach den geplanten Anbzw. Abwesenheiten der Bewohner geheizt. Dazu kommt, dass in einem der Messhäuser unterdurchschnittliche Raumtemperaturen die Regel sind.

Die obigen Ausführungen lassen erkennen, dass das Benutzerverhalten, verbunden mit einem z. T. etwas reduzierten Komfortniveau, sowie eine manuelle Steuerung der Heizung massgeblich für den niedrigen Energieverbrauch verantwortlich sind. Daraus lässt sich ableiten, dass eine nach heutigen Vorstellungen automatisch gesteuerte Warmwasserzentralheizung mit Ölheizkessel nicht die günstigste Heizart für ein gut wärmegedämmtes, passives Solarhaus ist. Vielmehr sollten für solche Häuser neue Heizungs- und Steuerungskonzepte entwickelt werden, welche – anders als die zwar naturnahe, aber arbeitsintensive Holzheizung – mit einem geringeren Bedienungsaufwand auskommen

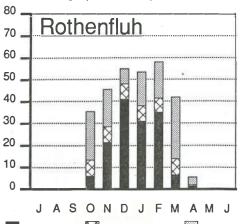


Wärmemenge (MJ/m² EBF)





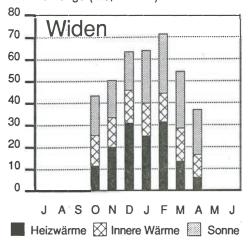
Wärmemenge (MJ/m² EBF)



■ Heizwärme 🔯 Innere Wärme 🔲 Sonne



Wärmemenge (MJ/m² EBF)



und trotzdem einen optimal dem stark schwankenden Wärmebedarf angepassten Heizbetrieb ermöglichen.

Oft wird etwa auch die Meinung vorgebracht, der träge Kachelofen mit seiner kaum steuerbaren Wärmeabgabe könne doch kein geeignetes Heizsystem sein für ein passives Solarhaus mit seiner rasch wechselnden Wärmelast. Die damit ausgerüsteten Messhäuser widerlegen diese Meinung aus den folgenden Gründen: Die Raumtemperatur sinkt wegen der hohen Auskühlzeitkonstante (gute Wärmedämmung und Speichermasse) derart langsam ab, dass man am Morgen mit dem Einfeuern zuwarten kann, bis sich die Entwicklung der lokalen Wetterlage abzeichnet. In Solarhäusern mit Grundlastwärmespeicher gilt dies erst recht. Falls sich die Bewohner derart weitgehend ihrem Heizsystem anpassen, dass sie sich für Tätigkeiten mit wenig innerer Wärmeproduktion (Lesen, Nähen, Schreiben, Essen) an den Ofen setzen und die nicht in Ofennähe liegenden Hausteile ausschliesslich den körperlich intensiveren Tätigkeiten oder dem Schlafen dienen, kann die Raumlufttemperatur im Haus auf 12 bis 17 °C (je nach der Nutzung des Raumes) gesenkt werden. Die einstrahlende Sonnenenergie wird dann wesentlich besser ausgenützt als bei höheren Raumlufttemperaturen, und es tritt kein Überheizen ein. Ist am Kachelofen ausserdem ein Warmwasser-Zentralheizungssystem mit Radiatoren oder ein Warmluft-Kanalsystem angeschlossen, steht eine kurzfristig einsetzbare,

flinke Heizkomponente zur Verfügung. Der träge Speicherteil des Kachelofens liefert dann - besonders bei eher offener Raumanordnung im Gebäude - nur die Grundlast.

Der Beitrag der Sonnenstrahlung zur Raumheizung

Die monatlichen Energiebilanzen für die untersuchten Messhäuser erlauben den Solarteil abzulesen (vgl. Abb. 2 und Tabelle). Bei den

meisten der Messhäuser deckt die Sonne etwa die Hälfte des gesamten Bruttoheizenergiebedarfs. Umgerechnet ergibt dies etwa 850 bis 1100 Liter Heizöl. Die monatlichen Bilanzen in Abb. 2 zeigen zudem, dass nur die Monate Dezember, Januar und Februar volle Heizmonate sind, und selbst während dieser Monate können vereinzelte oder sogar mehrere Tage nacheinander heizfrei sein. Am ehesten könnte künftig wohl der Beitrag der Sonnenstrahlung mittels Luftkollektoren wie z. B. im Haus Widen noch gesteigert werden. Solche Häuser erlauben eine erhöhte Sonnenenergieaufnahme ohne Überwärmung der Südräume und ohne erhöhte Verluste durch grosse Glasfronten. Besonders interessant sind Systeme, welche an der Südfront sowohl Fensterkollektoren wie auch Wandkollektoren aufweisen. Die Fensterkollektoren bringen bei einer Globalstrahlungsintensität von etwa 350 W/m² bei hochgezogenen Absorberlamellenstoren noch Direktgewinn, die Wandkollektoren anderseits sind hinsichtlich der Wärmeverluste von innen nach aussen besonders vorteilhaft.

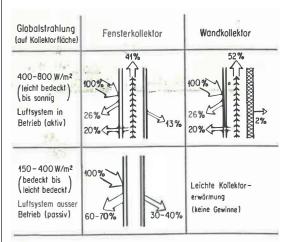


Abb. 4. Funktionsweise und Energieflussdiagramme für

Fazit

Die vorliegende Zusammenfassung musste wichtige Themen des zugrundeliegenden Berichtes weglassen, wie z. B. das Thema «Raumklima und Komfort». Auch musste auf die Wiedergabe des umfangreichen Zahlenmaterials, das für die Bemessung von Systemen nützlich sein kann, verzichtet werden. Immerhin sollte auch diese geraffte Darstellung das Prinzipielle klargemacht haben:

Ein verhältnismässig tiefer Heizenergiebedarf lässt sich auf drei Wegen erreichen: mit tiefen Raumlufttemperaturen in einem nach heutigen Vorstellungen durchschnittlich wärmegedämmten Haus mit Isolierläden; mit einem vergrösserten Sonnenwärmeanteil am Energiebedarf bei ebenfalls durchschnittlicher bis guter Wärmedämmung; mit einer besonders guten Wärmedämmung bei minimalen Fensterflächen und einem dementsprechend geringen Sonnenwärmeanteil (z. B. Haus Cham, siehe Tabelle).

Ein vergrösserter Sonnenwärmeanteil ist also nur einer der Wege zu einem Energiesparhaus. Entscheidet man sich für eine passive Solararchitektur, bedeutet dies intensives «Leben mit der Sonne», fordert also eine ausgeprägte Beschäftigung mit dem Wetter. Die grossen verglasten Südflächen führen zu hellen, gegen die Umwelt hin exponierten Räumen. Diese Ausgesetztheit ist aber auch bei trübem Wetter und (ohne Vorhänge oder innere Isolierläden) auch nachts vorhanden. «Normale» Architektur mit üblichem oder minimalem Fensteranteil bedeutet anderseits noch bessere Wärmedämmung und dafür weniger Sonnenwärmegewinn. Statt Öffnung zur Umwelt dominiert hier das Sichzurückziehen in den Innenraum. Mit beiden Konzepten und allen dazwischenliegenden Varianten ist sehr niedriger Energieverbrauch möglich. Das gewählte Konzept ist deshalb vor allem auch Ausdruck der individuellen Neigungen des beteiligten Architekten und des Bauherrn.

	Einheit	passive Sonnenhäuser	Haus Cham	durchschnittl. Einfamilien- haus
Geometrie			1	
beheiztes Volumen	m ³	320 530	400	
Energiebezugsfläche EBF	m ²	150 220	200	180
Wärmedämmung	E .			
spez. Wärmeverlustkoeffizient	W/Km ² EBF	1,11,4	0,8	2,5
Glasflächen (inkl. Kollektoren)				
Gesamtglasfläche pro m² EBF	m^2/m^2	0,200,45	0,09	0,18
Anteil Südglasfläche	0/0	69 76	45	38
Wärmeleistungsbedarf	, ,			
der Heizanlage	kW	4,89,0	4,4	13
	K VV	4,0 2,0	*,*	13
Heizenergiebedarf	MJ/m²a	115144	137	480
Netto-Heizenergiebedarf	MJ/m²a	154235	195	670
Energiekennzahl (nur Heizung)	IVIJ/III-a	154 255	193	070
Solarbeitrag		1		
Anteil Sonnenwärme	0/	24 54	24	
am Brutto-Heizenergiebedarf	%	3454	24	'
Heizgrenzen				
Anzahl Heiztage effektiv	Tage	103 165	151	220
Heizgrenze (Aussentemp.) bei vollem				
Speicher und Schönwetter	°C	−6−2		10
bei leerem Speicher und Schlechtwetter	°C	811		12
Raumlufttemperaturen		100		
Wohnzimmer, Mittel der Heizsaison	°C	18,6 20,4		
Wohnzimmer, Mittel des kältesten Monats	°C	17,0 19,5		
Ganzes Haus, Mittel der Heizsaison	°C	18,2 19,9		
·				

Charakteristische Daten passiver Sonnenhäuser der NEFF-Studie. Es handelt sich um diejenigen Messhäuser, die etwa denselben Netto-Heizenergiebedarf und dasselbe Raumlufttemperaturniveau haben (Les Geneveys, Rothenfluh, Widen, Gonten und Oberglatt). Zum Vergleich sind die Daten des besonders gut wärmegedämmten, mit minimalem Fensteranteil versehenen Hauses Cham angegeben, ferner einige Werte eines durchschnittlichen, heute bestehenden Schweizer Einfamilienhauses gemäss den SAGES-Erhebungen.

VERSCHIEDENE SOLARTECHNOLOGIEN

PHOTOVOLTAIK (PV)

Photovoltaik wandelt Lichtenergie mittels Solarzellen, bestehend aus unterschiedlichen Halbleitermaterialien, direkt in elektrische Energie um, als Gleichstrom. Der Strom wird durch metallische Kontakte gesammelt und in dieser Form entweder lokal verwendet oder gespeichert. In der Regel wird aber der Gleichstrom über

einen Wechselrichter in Wechselstrom umgewandelt und ebenfalls lokal verwendet oder aber ins öffentliche Netz eingespeist werden. Als Halbleiter wird in den meisten Fällen Silizium verwendet, das nach Sauerstoff zweithäufigste Element der Erdkruste.

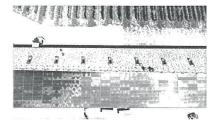
KRISTALLINE MODULE

Polykristallin Monokristallin

DÜNNFILM Amorphes Silizium

(CIS, CIGS)

Kupfer-Indium-(Gallium-)Diselenid



DIENSTGEBÄUDE CHATEAU D'AUVERNIER Produkt: ISSOL Suisse SA, Neuchâtel Solaunternehmen: Gottburg SA, Boudry

FASSADE



LETZIPARK ZÜRICH

Produkt: Megasol Energie AG, Deitingen PV-Planer: energiebüro AG, Zürich PV-Installateur: Planeco GmbH, Münchenstein



PARKPLATZ FÜR ELEKTROAUTOS MIT FLEXIBLEN SOLARMODULEN



SKISTATION SANKT MARTIN, LAAX

Produkt: NICE Solar Energy GmbH,

Vertrieb: Solarmarkt GmbH, Aarau

Produkt: Flisom AG, Niederhasli

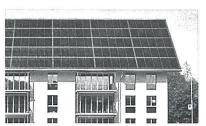
SOLARWÄRME (SW)

Die Solarthermie wandelt Solarstrahlung in Wärme um. Thermische Solaranlagen werden hauptsächlich für die Erwärmung des Brauchwassers oder zur Heizungsunterstützung eingesetzt. Sonnenkollektoren können gut in ein Heizsystem integriert und mit anderen Wärmeerzeugungen kombiniert werden.

Schwäbisch Hall (D)

FLÄCHENKOLLEKTOREN

DACH



MFH OBERBURG Produkt: Jenni Energietechnik AG, Oberburg bei Burgdorf

FASSADE



MFH EICHHALDE, ZÜRICH Produkt: DOMA Solartechnik, Satteins (A)

VAKUUMRÖHRENKOLLEKTOREN



HOHES HAUS WEST, ZÜRICH Architektur: Loeliger Strub Architektur GmbH, Zürich Produkt: Conergy, Hamburg



MFH ZÜRICH HÖNGG Architektur: kämpfen für architektur AG, Zürich

HYBRIDE SOLARTECHNOLOGIE (PVT)

Photovoltaik und Solarwärme lassen sich auch innerhalb eines Kollektors kombinieren. Äusserlich sehen die Elemente aus wie normale PV-Module. Ein rückseitig angebrachter Absorber ermöglicht jedoch zusätzlich die Erzeugung von Wärme. Dieser kühlt

SOLARE ENERGIE IM SYSTEM

Solarenergiesysteme sind vielfältig: von der einfachen Solardusche bis zum ausgeklügelten Wärme- und Kälteverbund auf Quartiersebene mit saisonaler Speicherung und Eigenstromverbrauchsgemeinschaft. Gemein ist ihnen, dass sie die Gebäude im lokalen energetischen Kontext verorten. Sie bestehen aus einem ganzheitlichen System aus Absorptionsflächen zur Umwandlung der solaren Einstrahlung, aus einer kurz-, mittel- oder langfristigen Speicherung, aus einem Abgabesystem und aus der Steuerungseinheit dieses Systems. Die Systemtopologie ist massgeblich vom lokalen Kontext, von der Nutzung, den zur Verfügung stehenden Flächen (Gebäudehülle), den energetischen Zielen und nicht zuletzt von den finanziellen Investitionen und den erwarteten Betriebskosten abhängig.

DEZENTRALE ELEKTRISCHE UND THERMISCHE SPEICHER

Durch den Einsatz von dezentralen Speichern können die Effizienz und der Eigenverbrauch innerhalb eines Energiesystems erhöht werden. Batteriespeicher können für einzelne Gebäude oder auch für ganze Areale den überschüssigen Solarstrom zwischenspeichern und bei Bedarf wieder zur Verfügung stellen. Eine interessante Anwendung sind Elektrofahrzeuge, die

die Photovoltaik und erhöht dadurch den Stromertrag. Aufgrund der im Vergleich zu konventionellen Solar-kollektoren tieferen Temperaturen eignet sich diese Art primär zur Vorwärmung wie beispielsweise in Kombination mit Erdwärmesonden oder für Schwimmbäder.

alternativ oder als Ergänzung zum Hausspeicher verwendet werden können. Durch den Einsatz von Batteriespeichern kann der Eigenverbrauch auf ca. 50%–80% gesteigert werden. Wärmespeicher können Überschüsse aus Solarthermie oder überschüssige Energie aus Photovoltaik durch den Betrieb einer Wärmepumpe speichern.

WEITERFÜHRENDE LITERATUR

«Stationäre Batteriespeicher in Gebäuden» Broschüre Energie Schweiz, 2018 «PV-Anlagen mit Batterien»

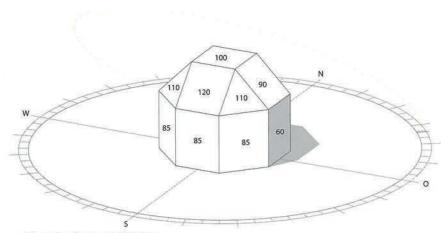
GEBÄUDESTEUERUNG

Auch eine systemisch geplante Gebäudetechnik kann die Effizienz eines Gebäudeenergiesystems erheblich steigern. Dies kann einerseits in einem koordinierten Zusammenspiel von Energieerzeugung und -speicherung geschehen oder in einer koordinierten Steuerung der Verbraucher. Besonders grosse Haushaltsgeräte wie Waschmaschinen und Trockner sollten über eine entsprechende Programmierung tagsüber verwendet werden, wenn auch Energie produziert wird.

GÄNGIGE SYSTEMTOPOLOGIEN

SCHAUBILD	SYSTEM A	SYSTEM B	SYSTEM C	SYSTEM D
ENERGIEFORM	Thermische Energie (Wärme/Kä	ilte)		Elektrische Energie (Strom)
SYSTEM	WW/Heizung kombiniert	WW/Heizung saisonal	WW/Heizung/Kühlung saisonal	Photovoltaik
SCHEMA	SP SP	SP SP	SP SP SP	PV BAT ELNETZ
BESCHREIBUNG	System zur partiellen Deckung des Warmwasser- und/oder Heizungsbedarfs	System zur vollständigen Deckung des Warmwasser- und/oder Heizungsbedarfs, saisonale Speicherung	System zur vollständigen Deckung des Warmwasser- und/oder Heiz- und Kühl- bedarfs, saisonale Speiche- rung, Umwandlung über WP	Photovoltaik zur Stromprodu tion, kurzfristige Speicherun
RAHMENBEDINGUNGEN	Zusätzliche Energieerzeugung notwendig (möglichst erneu- erbar!), ideal mit Radiatoren	Grosse Dach- oder Fassaden- flächen und genügend Speicherraum vorhanden, ideal mit Radiatoren	Grosse Dach- oder Fassaden- flächen, Erdsonden oder Eisspeicher möglich, ideal mit Flächenheizungen oder Konvektoren	Kombination mit jedem thermischen System möglici ideal mit Wärmepumpe und anderen grossen Stromver- brauchern
ENERGIEPRODUKTION	Wärme, Hochtemperatur mit abgedeckten Solarwärme- kollektoren (Flach- oder Röhrenkollektoren) WW: 30–50% Heizung: 20–30%	Wärme, Hochtemperatur mit abgedeckten Solarwärme- kollektoren (Flach- oder Röhrenkollektoren) WW: 100% Heizung: 100%	Wärme und Kälte, Tieftemperatur mit unbedeckten Solar- wärme- oder PVT-Kollektoren WW: 60-100% Heizung: 75–100% (100%, wenn Strom auch lokal produziert)	Strom, Photovoltaikmodule Strom: 10% bis über 100% Hauptsächlich abhängig von finanziellen Betriebskonzep (Investitionen, Eigenverbraue Einspeisetarife)
PRIMÄRE STÄRKEN	Einfaches System, wenig Platzbedarf (Dach und Speicher)	100% solar, kein Zusatz- system notwendig	Bis 100% solar, kleiner inter- ner Speicher, Kühlung möglich	Einfaches System, Strom für Eigenverbrauch oder Verkau
BAT Batterie EWS Erdwärmesonde	PV Photovoltaik PVT PV/ST kombiniert in einen	SP Speicher n Modul ST Solarkolle	WP Wärmepumpe ktor WW Warmwasser	

ERTRAG PHOTOVOLTAIK ANLAGE



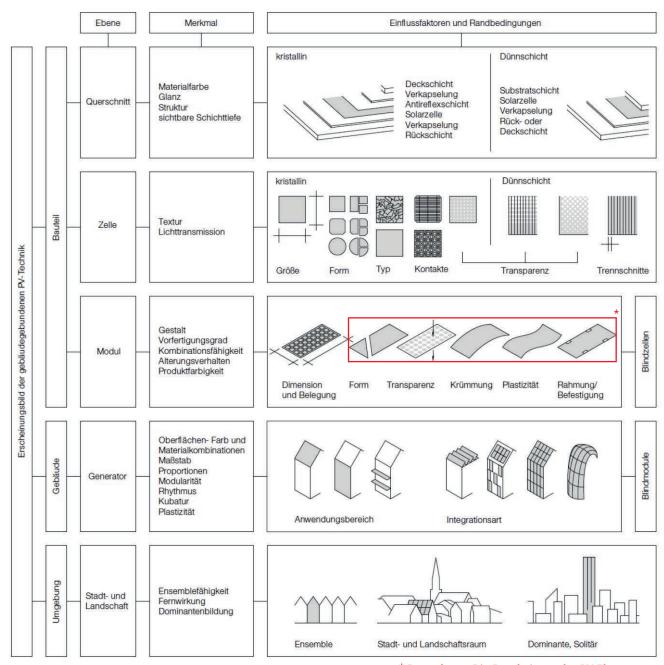
Ertrag einer Photovoltaik-Anlage unter Einfluss der Ausrichtung

Neigung Modulfläche [°]	nutzbare Solarfläche [%]	spezifische Einstrahlung [%]	nutzbare Einstrahlung [%]
0	100	100	100
minimaler Sonnenein- fallswinkel (16°)	75	106	80
20	61	111	68
30	53	113	60
40	48	113	54
40 Einfluss der Anordnung von Aufdach- Photovoltaik-Anlagen auf die nutzbare Einstrahlungsfläche	48	113	54

BAUTEILGESTALTUNG MIT PV

Vergleichbar mit jedem anderen Objekt an der Gebäudehülle (z.B. Fenster) tangiert die Gestaltung mit PV verschiedene Ebenen, von der Oberfläche der Module bis hin zum Stadtraum.

Der Prozess kann sowohl bottom-up (von der Oberfläche) wie auch top-down (vom Stadtraum) geschehen



^{*} Bemerkung: Die Bearbeitung der PV-Elemente verringert die Leistung erheblich und verteuert sie gleichzeitig.

Bei der Planung ist darauf zu achten, dass möglichst wenig Verschattung oder Teilverschattung einzelner Photovoltaik-Module entsteht, da sich das negativ auf die Leistung auswirkt. Eine Integration in eine vertikale Hausfassade ist jedoch durchaus möglich, auch wenn die hierbei nutzbare Einstrahlung beziehungsweise der zu erwartende Ertrag gegenüber einer Dachintegration mit optimaler Ausrichtung geringer ausfällt. Photovoltaik-Module sind als Standardprodukte verfügbar, können aber auch bauvorhabenspezifisch gefertigt werden. Ebenso lassen sie sich direkt in Bauprodukte integrieren, wie zum Beispiel in Photovoltaik-Dachziegel oder Photovoltaik-Dachfenster.

Durch Integration von Photovoltaik-Elementen in die Gebäudehülle, und hier vornehmlich die Fassade, können zusätzlich zur elektrischen Energieerzeugung Witterungs-, Sonnen- und Sichtschutz sowie weitere Funktionen, die normalerweise durch die äußerste Schicht einer Fassade erfüllt werden, mit übernommen werden. Somit kann mindestens ein Bauelement eingespart werden, was den Einsatz integrierter PV-Systeme in einer Gesamtkostenbetrachtung günstiger macht.

Die direkte Integration der Photovoltaik, beispielsweise in die Fassadenebene, kann nach verschiedenen Prinzipien erfolgen. Generell wird zwischen einer Installation als durchsichtiges Glas-Glas-Modul und einer Integration als opake Fläche unterschieden.

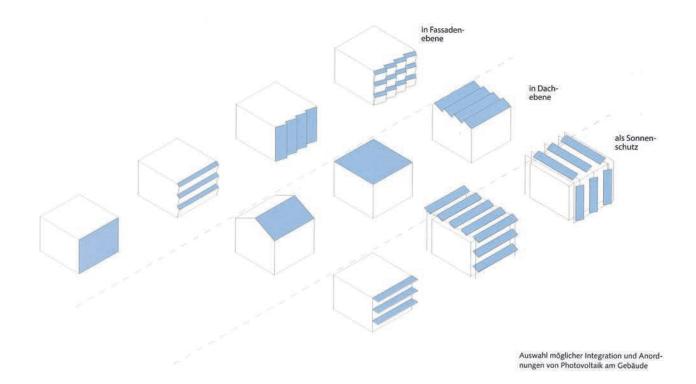
Glas-Glas-Photovoltaik-Module können als Einfachoder Isolierverglasung in ein Pfosten-Riegel-System, in Fensterrahmen oder als Überkopfverglasung eingesetzt werden. Die verwendeten Module werden in aller Regel bauvorhabenspezifisch gefertigt. Somit können Parameter wie Art der Photovoltaik und Belegungsdichte, sowie Spezifikation des Glases wie Tageslichtmenge oder Sonnenschutzwirkung, Zuschnittsgröße und -form und weitere Besonderheiten bestimmt werden. Alternativ können bei der Fassadenplanung Standardgrößen berücksichtigt werden, was sich kostenmindernd auswirkt.

Um einen möglichst hohen Ertrag je Quadratmeter PV zu erreichen, können die Module je nach Standort in eine optimale Position zur Sonne gebracht und ausgerichtet werden. Abweichungen hiervon reduzieren zwar die Effizienz pro Flächeneinheit. Andererseits ergeben sich größere Gestaltungsfreiheiten und die Nutzung der verfügbaren Hüllflächen des Gebäudes zur Energieerzeugung wird maximiert. Darüber hinaus kommt auch eine Nachführung zur Erhöhung der Effizienz infrage. Ein Vergleich verschiedener Ausrichtungswinkel sowie Aufstellungsdichten einer Aufdach-PV-Anlage zeigt jedoch, dass der Vorteil einer Ausrichtung im optimalen Winkel eine verminderte Ausnutzung vieler Hüllflächen

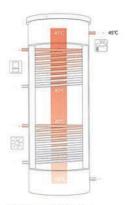
zur Folge hat. Unter wirtschaftlichen und ertragstechnischen Gesichtspunkten empfiehlt es sich (bei sinkenden PV-Modulpreisen) daher an einem europäischen Standort, die Module mit der Hüllfläche zu verbinden, um die vorhandene Gebäudehülle optimal auszunutzen.

Optimiert wird der Ertrag, wenn die Module hinterlüftet sind, um eine Abführung der entstehenden Wärme zu gewährleisten. Die optimale Betriebstemperatur liegt bei 25 °C. Der Leistungsabfall Beträgt zirka 0,4 Prozent je °C. Leistungsmindernd wirkt sich auch Verunreinigung aus. Schon ein leichter Neigungswinkel von 3 bis 5 Grad unterstützt den Selbstreinigungseffekt durch Niederschlag.

Die Wirkungsgrade der verfügbaren PV-Technologien unterscheiden sich stark. Prototypen erreichen bereits einen Wirkungsgrad von 33 Prozent. Eine weitere Verbesserung des Wirkungsgrads bei sinkenden Modulpreisen ist auch weiterhin zu erwarten. Die Wahl der favorisierten Variante erfolgt häufig aufgrund des Modulpreises und des zu erwartenden Ertrags. Im Fassadenbereich kann die Auswahl hingegen von optischen Präferenzen beeinflusst werden. Zum Einsatz als gestaltendes Element stellen die Hersteller eine große Anzahl an optisch interessanten Photovoltaik-Zellen und -Modulen zur Verfügung oder fertigen diese individuell und projektbezogen an.



Trinkwassererwärmung ausschließlich über Solarthermie



Trinkwassererwärmung mit Heizungsunterstützung

Solarthermie

Neben der elektrischen Energieversorgung kann die Sonnenstrahlung mithilfe der Solarthermie auch zur Brauchwarmwasserbereitung und zur Heizungsunterstützung genutzt werden. Hierbei wird über besonders gut wärmeabsorbierende Flächen ein Trägermedium durch die Sonnenstrahlung erwärmt und die Energie an einen Warmwasserspeicher (WWS) zur Pufferung übergeben. Dafür wird in der Regel ein so genannter bivalenter Speicher genutzt. Das Trägermedium wird durch den unteren Bereich des Speichers geleitet und überträgt die Wärme an das kältere Wasser. Das erwärmte Wasser steigt auf und kann als Brauchwasser im oberen Bereich des Speichers entnommen werden. Sollte die solar erzeugte Wärme nicht ausreichen beziehungsweise durch Entnahme unter einen definierten Wert sinken, wird das System von einer weiteren Energiequelle wie beispielsweise einer Gasbrennwerttherme, einer Pelletheizung oder einem elektrischen Heizstab unterstützt.

Um das solar erzeugte Warmwasser für die Heizungsunterstützung verwenden zu können, befindet sich ein weiterer Wärmetauscher im Speicher. Durch diesen fließt das Trägermedium des Heizungskreislaufs. Eine Überwachung der Speichertemperatur stellt sicher, dass die gewünschte Raumtemperatur erreicht werden kann. Falls das Temperaturniveau der solar gewonnenen Wärme hierfür zu gering ist, wird über einen Heizkessel nachgeheizt.

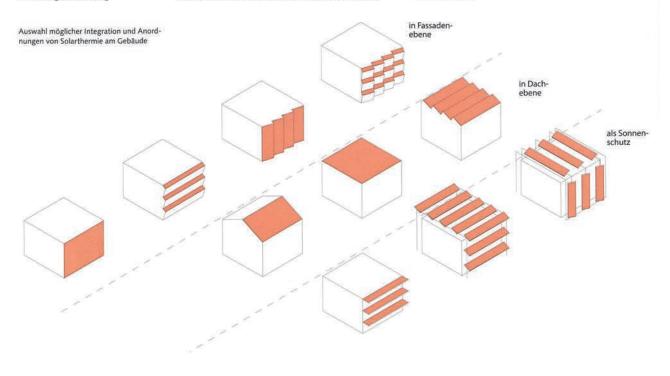
Bei der Warmwasserbereitung ist das Energieeinsparpotential besonders hoch. Im mitteleuropäischen Kontext wird durch die schlechte Überschneidung des Bedarfs an Heizleistung im Winter und des Angebots an solarer Einstrahlung im Sommer, über Sinn und Wirtschaftlichkeit der Warmwassererzeugung mit Heizungsunterstützung kontrovers diskutiert. Die Brennstoffeinsparung liegt bei Systemen mit gleichzeitiger Warmwassererzeugung und Heizungsunterstützung bei bis zu 35 Prozent. Bei reiner Unterstützung der Warmwassererzeugung kann schon mit einer geringen Solarthermiefläche eine deutlich höhere Deckung der nötigen Energie erreicht werden, sodass bis zu 60 Prozent an Brennstoff eingespart werden kann.

Eine senkrechte Ausrichtung der Kollektorfläche zur Steigerung der Gewinne im Winter kann vorteilhaft sein, da bei hohem Wärmebedarf und niedrigem Einstrahlungswinkel der Sonne ein Maximum an Wärme in der Fassadenebene erzeugt werden kann. Im Sommer hingegen ist der Einstrahlungswinkel der Sonne auf den Kollektor so flach, dass nur wenig Wärme erzeugt wird und diese mit dem geringeren Bedarf an Wärme korreliert. Dies ermöglicht eine Integration der Solarthermie in die Fassade. Ein besonderer Vorteil der Fassadenintegration ist auch darin zu sehen, dass die rückseitige Dämmung von Flachkollektoren gleichzeitig als Wärmedämmung einsetzbar ist.

Solarthermie ist bei kontinuierlich hohem Verbrauch von Warmwasser wie im mehrgeschossigen Wohnungsbau, Hotellerie oder Schwimmbädern ratsam und wirtschaftlich sehr gut darstellbar.

Unter diesen Einsatzbedingungen ist es sinnvoll, eine solarthermische Anlage auf den minimalen Bedarf auszulegen oder aber mit größeren Pufferspeichern zu arbeiten. So kann phasenverschoben zur solaren Einstrahlung regenerativ gewonnenes Warmwasser angeboten werden.

Eine Nutzung der solar erzeugten Wärme zur Kühlung mithilfe von Absorptionskälteanlagen kann unter anderem für Büro-, Industrie-, Gewerbenutzungen von Interesse sein.



Dr. Maria Christina Munari Probst u.A., "Solartechnologie und Architektur - Eine kunstvolle Synthese", in: Sonderheft "Solares Bauen" zu Tec21 Nr. 22 vom 24. Mai 2013, Zürich 2013, S. 6-14

SOLARTECHNOLOGIE UND ARCHITEKTUR – EINE KUNSTVOLLE SYNTHESE

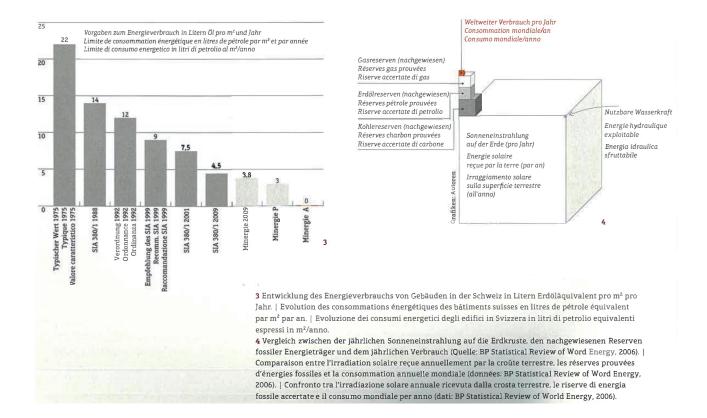
Text: Dr. Maria Cristina Munari Probst, Architektin, EPFL-Postdoktorandin,
Labor für Solarenergie und Bauphysik EPFL/LESO, mariacristina.munariprobst@epfl.ch
mit Christian Roecker, wissenschaftlicher Mitarbeiter EPFL/LESO, christian.roecker@epfl.ch
und Georges Meylan, Architekt, EPFL/LESO, g.meylan@epfl.ch

Dank ihrer fast unbegrenzten Verfügbarkeit und der zahlreichen aktiven und passiven Nutzungsmöglichkeiten spielt Sonnenenergie in den Strategien zur nachhaltigen Erzeugung von Betriebsenergie für Gebäude eine wichtige Rolle. Für die Einbettung der technischen Elemente in ein kohärentes Gesamtbild ist ein ganzheitlicher architektonischer Ansatz erforderlich. Die Architekten brauchen Informationen, neue Kompetenzen und ästhetisch überzeugende Produkte.

Im Lauf des vergangenen Jahrzehnts hat die Öffentlichkeit begonnen, sich ernst-

haft mit der Erderwärmung und den durch fossile Energieträger verursachten Problemen zu beschäftigen. Dieses neue, durch die Katastrophenserie der jüngsten Zeit noch verstärkte Bewusstsein bringt Politiker und Entscheidungsträger dazu, immer einschneidendere Massnahmen zum Energiesparen einerseits und zur Nutzung von erneuerbaren Energien andererseits zu treffen. In Bezug auf den Energieverbrauch von Gebäuden - in Europa 40% des Gesamtenergieverbrauchs - wurden strenge Normen erlassen, deren Anforderungen laufend erhöht werden. In der Schweiz wurde die seit 2003 gültige Norm SIA 380/1 im Jahr 200 verschärft; neu sind darin die Anforderungen des (freiwilligen) Minergie-Labels an die Gebäudehülle zur Pflicht erklärt. Das Minergie-Label selbst wurde ebenfalls angepasst und schreibt nun eine zusätzliche Senkung des Verbrauchs an Heizenergie um fast 20 % vor. Zudem wurden mehrere spezifische Labels definiert (Abb. 3).

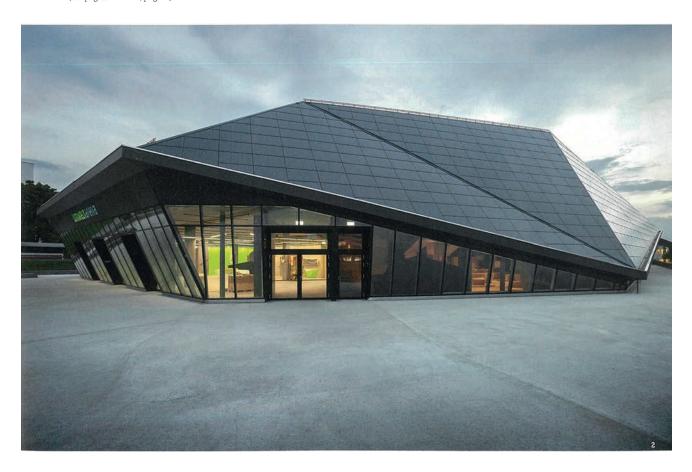
In der Europäischen Union sind die Regeln nicht weniger streng: Die neue Richtlinie des Europäischen Parlaments vom Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (2010/31/EU) schreibt vor, dass sich bis 2020 alle neuen Gebäude – gemäss der Norm Nearly Zero Energy Buildings NZEB – dem Konzept der Nullenergiegebäude annähern müssen. Dieser Standard sieht vor, dass die zum Betrieb des Gebäudes erforderliche Energie «fast gleich Null oder sehr niedrig» ist und dass der Bedarf «zum grössten Teil durch die vor Ort oder in der Nähe aus erneuerbaren



1 Fassade des Wohnhochhauses Sihlweid, Zürich, nach dem Umbau 2012 (vgl. S. 36). | Façade de la tour d'habitation Sihlweid, Zurich, après la transformation de 2012 (v. p. 36). | Facciata del grattacielo Sihlweid, Zurigo, dopo il risanamento del 2012 (cfr. pag. 36).



2 Umwelt Arena, Spreitenbach AG, 2012: Das gefaltete Dach, das zuweilen fast bis zum Boden reicht, ist vollständig mit Photovoltaikmodulen gedeckt. Zur Anwendung kamen – je nach Exposition – mono- und polykristalline Zellen sowie Dünnschichtzellen (vgl. S. 20 und Anm. 1, S. 14). | Umwelt Arena, Spreitenbach AG, 2012: le toit à plis, touchant presque le sol par endroits, est entièrement couvert de modules photovoltaïques. Selon l'exposition ont été installées des cellules mono- ou polycristallines, ou encore des cellules à couche mince (v. p. 20 et remarque 1, p. 14). | Umwelt Arena, Spreitenbach AG, 2012: il tetto sfaccettato, che a tratti raggiunge quasi il terreno, è coperto da moduli fotovoltaici. A seconda dell'esposizione sono state utilizzate celle monocristalline e policristalline, o celle a film sottile (cfr. pag. 20 e nota 1, pag. 14).



Energiequellen [...] erzeugten Energie gedeckt muss». Diese Bestimmung ist für alle neuen öffentlichen Gebäude bereits ab 2018 bindend.

WIRKSAM UND FLEXIBEL

Um diese neuen Normen einzuhalten, genügt es nicht, den Heizenergieverbrauch durch sorgfältiges Dämmen der Gebäudehüllen zu reduzieren. Es gilt auch, neue Strategien zur nachhaltigen Erzeugung von Betriebsenergie umzusetzen. Dank der fast unbegrenzten Verfügbarkeit und der flexiblen Nutzungsmöglichkeiten ist Sonnenenergie eine der bevorzugten Ressourcen für die Zukunft (Abb. 4).

Dank ihrer diversen passiven und aktiven Nutzungsmöglichkeiten kann die Sonne den Bedarf an unterschiedlichen Energieformen im Gebäude effizient und kostengünstig decken (Abb. 7). Die Nutzung von natürlichem Licht mittels Öffnungen und reflektierenden Flächen (daylighting) senkt den Bedarf an künstlicher Beleuchtung auf ein Minimum. Die passive Nutzung der Sonnenenergie, die durch Fensterverglasungen einfällt, kann die Räume grösstenteils oder sogar ganz heizen. Solarthermie ist ideal für die Warmwassererzeugung, kann aber auch ergänzend zum Heizen - und bald auch zum Kühlen von Räumen verwendet werden. Photovoltaik wiederum erzeugt Strom für Elektrohaushaltsgeräte, zur Beleuchtung und eventuell zum Betrieb einer Wärmepumpe.

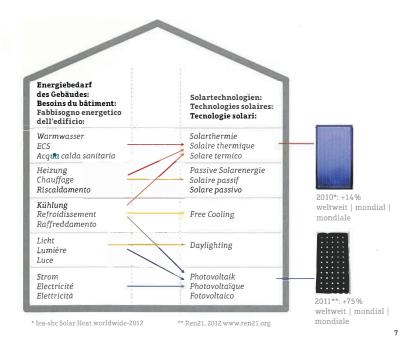
DIE ARCHITEKTUR IST GEFRAGT

Die kohärente Umsetzung dieser Strategien bedingt einen ganzheitlichen architektonischen Ansatz. Wie die neuen Wärmedämmungsstandards die Materialisierung und die Formsprache der Gebäudehülle verändert haben, wird auch die Nutzung von Sonnenenergie einen radikalen Einfluss auf die Gestaltung der exponierten Gebäudeoberflächen haben. Zum einen spielt die Position und Grösse der Öffnungen eine wichtige Rolle für die Belichtung und die passive Nutzung der Sonnenenergie. Zum anderen sind die aktiven Solarelemente (Photovoltaik und Solarthermie) so gross, dass sie das Erscheinungsbild des Gebäudes erheblich prägen. Fehlt die notwendige Kompetenz zur Integration der



5 Transluzente Graetzel-Photovoltaikzellen werden demnächst am Swiss Tech Convention Center zum Einsatz kommen (vgl. S. 19). | Les cellules photovoltaïques translucides Graetzel vont être montées prochainement au Swiss Tech Convention Center (v. p. 19). | Le celle fotovoltaiche di Graetzel, trasparenti, troveranno presto impiego nel Swiss Tech Convention Center (cfr. pag. 19). 6 The Swiss Tech Convention Center, Ecublens VD, 2011-2014; Die erste grossmassstäbliche Anwendung von Graetzel-Zellen - transluzenten, farbigen Photovoltaikzellen - an einer der riesigen Glasfassaden soll Erkenntnisse über diese neue Technologie bringen. Der Wirkungsgrad von Graetzel-Zellen ist niedriger als derjenige von konventionellen Photovoltaikzellen, dafür schützen sie das Gebäude vor Erhitzung (vgl. S. 19). | The Swiss Tech Convention Center, Ecublens VD, 2011–2014: la première mise en œuvre à grande échelle de cellules Graetzel – cellules photovoltaïques, translucides et colorées – sur une façade de verre de grandes dimensions fournira d'utiles informations sur cette nouvelle technologie. L'efficacité des cellules Graetzel est inférieure à celle des cellules photovoltaïques conventionnelles, mais protègent par contre le bâtiment des effets de surchauffe (v. p. 19). | Il Swiss Tech Convention Center, Ecublens VD, 2011-2014: le celle di Graetzel - celle fotovoltaiche trasparenti, colorate - trovano impiego su larga scala per la prima volta su una delle enormi facciate vetrate, consentendo di raccogliere informazioni su questa nuova tecnologia. L'efficienza delle celle di Graetzel è inferiore ai celle fotovoltaici tradizionali, ma in compenso le prime proteggono l'edificio dal riscaldamento solare (cfr. pag. 19).





7 Entsprechung zwischen dem Energiebedarf von Gebäuden und bestimmten Solartechnologien. | Correspondances entre besoins énergétiques du bâtiment et technologies solaires spécifiques. | Corrispondenza tra il fabbisogni energetico dell'edificio e le tecnologie solari specifiche.

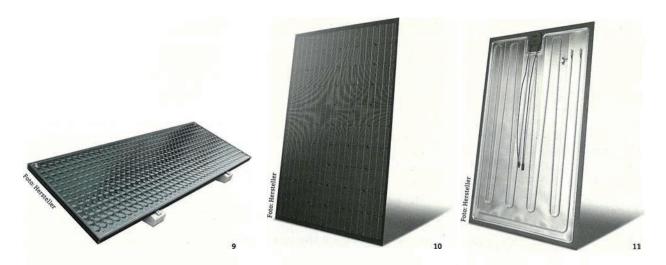
neuen Elemente in ein in sich stimmiges Ganzes, wird das Ergebnis in architektonischer Hinsicht kaum zufriedenstellend sein. Daher ist unabdingbar, dass Architektinnen und Architekten klare fachspezifische Informationen über die neuen Bauweisen erhalten – verfügbare Technologien und Folgetechnologien, Kriterien zur Positionierung und Dimensionierung der Ele-

mente, am Markt erhältliche Produkte, die gut integrierbar sind, Ähnlichkeiten und Unterschiede der diversen Technologien oder Optimierungsprinzipien bei der Nutzung der verschiedenen Flächen der Gebäudehülle.¹ Diese Informationen existieren, sind aber oft entweder zu detailliert und komplex, weil sie für Spezialisten bestimmt sind, oder zu oberflächlich und all-

gemein, um daraus praxistaugliche Lehren für die Projektphase zu ziehen.

ARBEITSHILFEN UND PRODUKTE

Um diese unbefriedigende Situation zu verbessern, hat die Internationale Energieagentur (IEA) Ende des Jahres 2009 den dreijährigen internationalen Task «Architektur und Solarenergie» initiiert. Die Haupt-



9 Unverglaster thermischer. Kollektor, wie er zum Beispiel an der Südfassade des CeRN in Bursins VD eingesetzt wurde. Das Produkt ist vergleichsweise günstig und erzeugt keine Spiegelungen (vgl. S. 24). | Collecteur thermique non vitré, à l'exemple de la façade sud du CeRN à Bursins VD. Le produit est meilleur marché et dépourvu de reflets (v. p. 24). | Collettore termico non vetrato, del tipo montato sulla facciata sud del CeRN di Bursins VD. Il prodotto è conveniente rispetto ad altri e non crea riflessi (cfr. pag. 24).

10–11 Hybridkollektoren vereinigen Photovoltaik (z. B. monokristalline Zellen) und Solarthermie. Die Kollektoren sind kompakt und platzsparend, und dank der Zellkühlung ist der Wirkungsgrad höher als bei herkömmlichen Photovoltaikmodulen. Die thermischen Erträge müssen allerdings laufend abgeführt werden, etwa in einen saisonalen Erdspeicher. | Des collecteurs hybrides réunissent le photovoltaïque (p. ex. cellules monocristallines) et le thermique. Les collecteurs sont compacts, économes en espace, et grâce à l'effet de refroidissement des cellules, l'efficacité est supérieure aux modules photovoltaïques ordinaires. Les gains thermiques doivent être continuellement stockés, par exemple dans un réservoir souterrain. | I collettori ibridi abbinano la tecnologia fotovoltaica (p. es. celle monocristalline) a quella solare. I collettori sono compatti e di dimensioni ridotte e, grazie al raffreddamento delle celle, la loro efficienza è superiore ai moduli fotovoltaici tradizionali. L'energiatermica, tuttavia, deve essere costantemente convogliata altrove, p. es. verso un accumulatore stagionale interrato.

zielsetzung ist die Erstellung von fachgerechten und leicht zugänglichen Informationen über die Möglichkeiten, Solartechnik in den Entwurf zu integrieren. Die unterschiedlichen Möglichkeiten, aktive Solarenergiesysteme in das Gebäude einzufügen, wurden in einem für Architektinnen und Architekten konzipierten Handbuch² aufgelistet und beschrieben; praktische Fallstudien und eine umfangreiche Palette von erhältlichen Produkten dienen als Ergänzung. Die gleichen Produkte werden auf einer fachspezifischen Website³ auf ihre Integrationsfähigkeit hin analysiert und präsentiert. Zudem gibt es eine Ad-hoc-Website⁴, auf der Solarbauten – ausgewählt nach ihrer energetischen und architektoni-

schen Qualität – als praktische Fallstudien verfügbar sind.

Solche Dokumente sind eine solide Grundlage für Fachleute, die sich mit dem neusten Stand der Technik vertraut machen möchten. Allerdings müssten Architektinnen und Architekten, um den Entwurf wirklich zu beherrschen, auch auf einfache Arbeitshilfen zur Vordimensionierung der Systeme und auf massgeschneiderte praktische Fortbildungsangebote zurückgreifen können. Daher ist es zu begrüssen, das die Berufsverbände allmählich solche Fortbildungsangebote machen. Auch bei den Vordimensionierungstools, die für einen Einbezug von energetischen Überlegungen in die Vorprojektphase unerlässlich sind, sind Fortschritte zu vermelden: Die ersten Arbeitshilfen dieser Art stehen seit kurzer Zeit

zur Verfügung, viele andere befinden sich im Entwicklungsstadium.

Weitere Schritte wurden auch auf Produktebene getätigt, denn allmählich haben die Hersteller begriffen, wie wichtig es ist, dass ihre Produkte sich gestalterisch befriedigend in das Gebäude integrieren lassen. So sind neue, als multifunktionale Bauelemente konzipierte Produkte auf den Markt gekommen (Abb. 12), während gleichzeitig an noch besser angepassten Systemen geforscht wird (Abb. 13–14).

Mit diesen neuen Arbeitshilfen können Architektinnen und Architekten die energetischen Anforderungen in die Reihe der Randbedingungen aufnehmen, die den Entwurf formen und reizvoll machen. Damit leisten sie einen Beitrag zum geplanten Atomausstieg der Schweiz.









12 Für den Einsatz in der Architektur entwickelte Produkte. | Produits conçus pour l'intégration architecturale. | Prodotti concepiti per l'integrazione architetturale.

13–14 Solarthermie-Aufnahmeflächen mit farbigem Glas. | Capteurs solaires thermiques avec verres solaires colorés. | Collettori elio-termici con vetri solari colorati.

Prof. Dr. Stephen Wittkopf, "Neues Farbenspiel", in: TEC21 24-25/2018 Energiehülle - BIPV auf dem Vormarsch, Zürich 2018, S. 28 - 32

BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAICS - HERAUSFORDERUNGEN

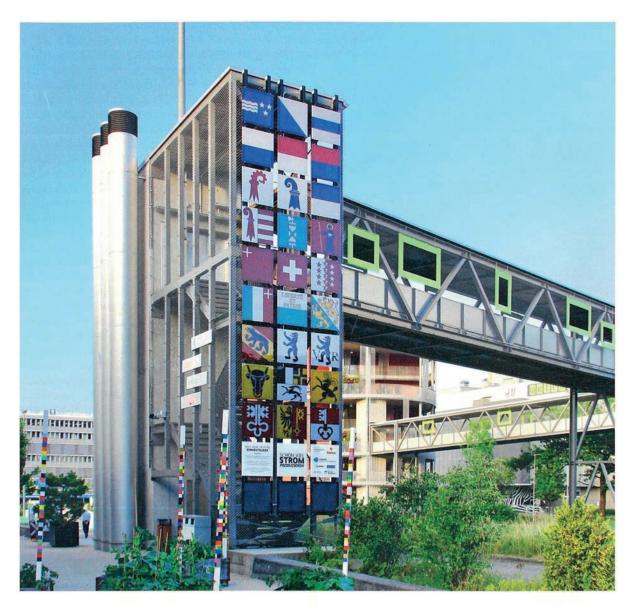
Neues Farbenspiel

Unter dem Motto «Schön viel Strom produzieren» arbeiten Schweizer Wissenschaftler an architektonisch ansprechenden Lösungen für die gebäudeintegrierte Photovoltaik. Ein PV-Experte der Hochschule Luzern stellt aktuelle Forschungsergebnisse vor.

Text: Stephen Wittkopf

hotovoltaikfassaden und -dächer sind technisch herausfordernd, weil hier bisher unabhängige Disziplinen, Standards, Akteure und Entwicklungen zusammenkommen oder eher aufeinandertreffen. PV-Strom in der Gebäudehülle ist eher selten, den nötigen Platz für Kabel und Leistungselektronik einzuräumen erfordert höheren Planungsaufwand. Für Gebäudehüllen und PV-Module gibt es

verschiedene, teils widersprüchliche Standards und Normen, die nurlangsam zusammenfinden. Architekten müssen nicht nur mit Fassadenplanern, sondern auch mit PV-Modulherstellern und Energieversorgern reden, und die schnellen Entwicklungen in der PV-Technologie machen es schwer, sich zu entscheiden. Dennoch nehmen immer mehr Architekten diese Herausforderung an. Zum einen, weil es die Bauherren wollen, und zum anderen, weil sichinnovative Gestaltungsmöglichkeiten



Die PV-Fassade «Swissness» besteht aus farbigen Modulen mit Motiven aller Schweizer Kantonsfahnen und der Bundesfahne. Sie demonstriert die Gestaltungsfreiheit von PV-Modulen mit digitalem Farbdruck. In der unteren Reihe sind baugleiche Module – allerdings ohne Farbdruck – montiert, die den visuellen und elektrischen Vergleich ermöglichen. Die Jahresproduktion dieser Module beträgt 840 kWh bei einer installierten Leistung von 1.59 kWp.

ergeben. Das Raumplanungsgesetz erschwert den Bau von PV-Freiflächenanlagen, und so können die hohen Ziele der Energiestrategie 2050 nur erreicht werden, wenn die Photovoltaik in die Gebäude integriert wird. Doch auch dort ist es schwierig: Nachbarn blockieren Anträge, weil sie potenzielle Reflexionen oder den schwarz-blauen Einheitslook ablehnen. Bei schützenswerten Gebäuden kritisiert die Denkmalpflege zu Recht die geringen Gestaltungsmöglichkeiten.

Diese kritische schweizerische Haltung ist eigentlich ein Segen, denn sie hat die Photovoltaik wei-terentwickelt, nicht nur effizienter und günstiger, son-dern vor allem auch «schöner» zu werden. Graduelle Effizienzsteigerungen und Kostenreduktionen nützen nichts, wenn das PV-Dach oder die PV-Fassade aus ge-

Bau stalterischen Gründen abgelehnt wird. Deshalb werden PV-Module immer öfter hinter Farben und neuen Oberden, flächen «versteckt». Schweizer Spitzenforscher wie Michael Grätzel und Christophe Ballif von der EPFL haben innovative Technologien entwickelt, mit denen PV-Module farbig werden. Die Hochschule Luzern nutzt digitale Drucktechnologien, um mehrfarbige Frontgläser für jede Art von PV-Modulen zu produzieren. Unter dem Motto «Schön viel Strom produzieren» werden Frontgläser mit individuellen farbigen Motiven energetisch optimiert hergestellt. Zusammen mit dem Technologietransferpartner ÜserHuus konnten mittlerweile verschen. schiedene Pilot- und Demonstrationsprojekte mit farbigen PV-Modulen realisiert werden. Und mit Unterstützung der Scuola universitaria professionale della

Svizzera italiana (Supsi) werden farbige PV-Module nun zertifiziert. Nationale Forschungsprogramme wie das NFP 70 «Energiewende» des Schweizerischen Nationalfonds SNF¹ sowie das Swiss Competence Center for Energy Research (SCCER)² der InnoSuisse fördern diese Entwicklung durch nationale und interdisziplinäre Zusammenarbeit.

Transparenz reduziert Leistung

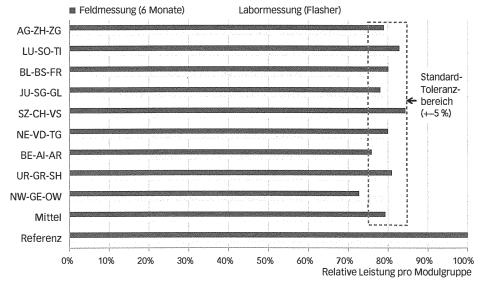
Transparente PV-Module werden im Fensterbereich eingesetzt, wo Verschattung, Durchsicht und Stromproduktion gleichermassen erwünscht sind. PV-Zellen durchsichtig zu machen ist eigentlich ein Widerspruch, denn mit der Transparenz nimmt ihre Leistung ab. Die Dünnschicht-PV-Technologie kann zwar so dünn auf Glas aufgetragen werden, dass sich eine Transparenz ergibt, bei näherer Betrachtung ist sie aber nur eine Semitransparenz aus kleinen grau transluzenten Zellen mit schmalen transparenten Zwischenräumen. Die störende Rasterung bei der Transparenz, die geringe Leistung von 4 bis 6 W/m² sowie der hohe Preis der Spezialanfertigung führten dazu, dass die Zahl der Anbieter abgenommen hat.

Auch bei den kristallinen PV-Modulen, d.h. solchen mit den typischen quadratischen Zellen in Einheitsgrösse, versuchten Hersteller in der Vergangenheit, in diese Zellen Löcher zu stanzen, um sie transparenter zu machen, oder sie in kleinere Quadrate zu zerlegen. Interessanter sind da die organischen (Grätzel-)PV-Zellen, die schon transparent sind und farbig sein können, aber es ist nicht einfach, diese grundlegend neue Erfindung marktfähig zu machen. Kurzum, im heutigen PV-Modul-Markt dominieren die opaken kristallinen Zellen mit der quadratischen Einheitsgrösse. Eine Semitransparenz kann man nur durch grössere Abstände zwischen den Zellen erreichen, wobei man nicht vergessen darf, dass die elektrischen Zellverbinder in diesen Zwischenräumen störend wirken können.

Farbe vermindert Effizienz

Es gibt vieler lei Ansätze, PV-Module farbig zu gestalten, aber bislang nur wenige gebaute Projekte und noch weniger dokumentierte Langzeiterfahrung. Man kann Zellen und Folien einfärben, was technisch recht anspruchsvoll ist. Durch die Dickenänderung der transparenten leitenden Schicht (TCO) auf der PV-Zelle lassen sich Farbeffekte erzielen, deren Vorhersehbarkeit aber kaum gegeben ist. Ein anderer Ansatz sieht das Einfärben der Schmelzfolien oder das Einbringen von farbigen Streu- und Reflexionsfolien vor. Sie reflektieren verhältnismässig viel sichtbares Licht in verschiedenen Farben und lassen umgekehrt viel infrarotes Licht durch, für das die Zellen folgerichtig optimiert sind. Diese Folien gibt es nur in wenigen Farben, und sie reduzieren die Leistung um 30 bis 50%. Einen ähnlichen spektral selektiven Ansatz gibt es auch für die Beschichtung des Frontglases. Damit ergeben sich PV-Module in den typischen monochromatischen Farben, die mittlerweile in verschiedenen Projekten zum Einsatz kommen.

Parallel dazu hat sich der digitale keramische Farbdruck rasant entwickelt, der im Architekturglas bereits erfolgreich eingesetzt wird. Für den Einsatz mit PV-Glas ist das interessant, weil die digitale Ansteuerung kontrollierte dünne und transparente Farbschichten für Millionen von Farben ermöglicht. Daraus resultieren gleich mehrere Vorteile. Im Gegensatz zu den anderen Ansätzen können nun Bilder oder Muster mit mehreren Farben realisiert werden. Ein anderer Vorteil liegt darin, dass die Verwendung des farbigen Glases nicht an eine bestimmte PV-Technologie gekoppelt ist. Bei jedem PV-Modul, das als Abdeckung ein Frontglas braucht, kann stattdessen ein farbiges Frontglas im Herstellungsprozess genommen werden. Das betrifft PV-Module mit kristallinen Zellen, die mehr als 80% des Markts ausmachen. Es schliesst aber auch zukünftige Module ein, die zwecks höherer Effizienz kristalline und Dünnschicht-Technologien kombinieren.



Leistungsvergleich PV-Fassade «Swissness» (Abb. S. 29). Die farbigen PV-Module wurden mit der «Meta-C-Print»-Methode so geplant, dass sie gegenüber den Standard-PV-Modulen eine Leistung von 80% erreichen sollten. Das Diagramm zeigt die tatsächliche am Inverter gemessene relative Leistung über den Zeitraum vom 1. Juli bis zum 31. Dezember 2017 (Feldmessung) sowie die Messdaten im Labor des PV-Modulherstellers. Die Zielwerte wurden eingehalten, wenn man berücksichtigt, dass für PV-Module Abweichungen von +/-5% als Standardtoleranzen akzeptiert sind.

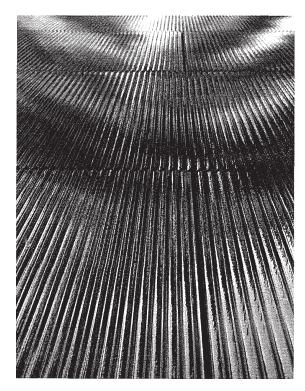
Über die Transparenz können der Lichtdurchlass der Farbe und damit die Leistung der PV-Zelle genau kontrolliert werden. Der Drucker kennt nämlich die unterschiedliche Dichte der verschiedenen keramischen Farben nicht, die beispielsweise bei Schwarz hoch und bei Blau niedrig ist. Würde man Schwarz also mit 50% Transparenzeinstellung drucken, käme viel weniger Licht durch, als wenn man Blau mit der gleichen Einstellung drucken würde. Das würde bei einem PV-Modul zu einem Kontrast führen, der das Modul leistungsmässig mindern oder sogar beschädigen kann. Dieser Effekt ist in der Branche als «Hotspot» gefürchtet. In der zum Patent und Marke angemeldeten Methode «Meta-C-Print», die auch vom Schweizerischen Nationalfonds unterstützt wurde³, wurden Einstellungen für mehrfarbige Bilder entwickelt, mit denen man gezielt eine gewünschte Leistung ohne Hotspot-Effekt bekommt. Dies wurde mit dem Technologietransferunternehmen ÜserHuus in das Produkt «Swisspanel Solar» überführt, das über Glas Trösch kommerziell erhältlich ist. Für die PV-Module der Fassade «Swissness»⁴ (Abb. S. 29) wurde beispielweise die relative Effizienz gegenüber einem unbedruckten PV-Glasmodul auf 80% eingestellt (Abb. S. 30), die sich auch im Feld bestätigt hat. Hier kam ein Modul bestehend aus polykristallinen Zellen zum Einsatz, das mit unbedrucktem bzw. bedrucktem Glas eine Leistung 160 W/m² bzw. ca. 128 W/m² aktiver Fläche hat.

Reflexion stört Farbwahrnehmung

Bei PV-Modulen aus Glas kann man Reflexionen nicht ausschliessen. Das stört die Farbwahrnehmung, denn bei flachem Betrachterwinkel sieht man eher die spiegelnde Umgebung als die Farbe des Glases. Insofern kann man bei farbigem Glas nicht die matte Farbe eines RAL-oder NCS-Farbstreifens einfordern oder sie damit vergleichen. Besonders bei glattem Floatglas ist dieser Effekt stark vorhanden, er kann aber auch im Sinn der Entmaterialisierung der Oberfläche gewünscht sein (Abb. oben). Bei strukturiertem Glas, d. h. solchem, das im weichen Zustand von einer Walze eine Struktur eingeprägt bekommen hat, ist die Spiegelung gebrochener. Am stabilsten wirkt die Glasfarbe bei satiniertem, mattem Glas. Dort ist der visuelle Eindruck über viele Betrachtungswinkel immer gleich. Wenn man zudem auch weniger störende Reflexionen für die Umgebung haben möchte, empfiehlt sich dieses Glas, wie man es an der PV-Brüstung am NEST-Gebäude der Empa nachvollziehen kann (Abb. S. 32).5

Abmessungen für mehr Leistung

Im Gebäudebereich haben PV-Module aufgrund der verschiedenen Abmessungen in der Regel massgeschneiderte Grössen. Auch wenn grosse Flächen mit Standardgrössen gefüllt werden können, erfordert der Randabschluss individuell angepasste Masse. In jedes Modul möchte man dann möglichst viele Zellen packen, um viel Strom zu produzieren. Wenn man beispielswei-



Die PV-Fassade am Haus «Solaris» in Zürich Wollishofen mit dem typischen vertikal verlaufenden Strukturen des Gussglases, dessen rötlicher Farbdruck die PV-Zellen versteckt. Das asymmetrische Profil des Glases ergibt Reflexionen, die an Lichtspiele auf einer Wasseroberfläche erinnern.

se eine Fläche von $2.5 \times 2.5 \,\mathrm{m}\,\mathrm{mit}\,\mathrm{PV}$ -Modulen bedecken will, würde man sie der Einfachheit halber in vier gleichgrosse quadratische Module aufteilen. In diese Quadrate passen dann je $7 \times 7 = 49$ Zellen hinein, insgesamt also 196 Zellen. Man kann die Abmessungen aberleistungsmässig optimieren. Ein solches Quadrat mit 7×7 Zellen hat einen ca. 8 cm grossen Rand, zu wenig für eine neue Zellreihe. Den Rand könnte man dem benachbarten PV-Modul zuschlagen, weswegen dort nun eine Zellenreihe mehr passen würde. Damit könnte die gleiche Fläche statt 196 nun 225 Zellen enthalten. Das entspricht einer möglichen Leistungssteigerung von 15%.

Mehrkosten vs. ökologische Gewinne

Ein individuell farbig bedrucktes PV-Frontglas, wie es für die PV-Fassade «Swissness» und für die PV-Brüstung am NEST-Gebäude verwendet wurde, kostet noch zwischen 100 und 150 Fr./m², egal welche PV-Technologie eingesetzt wird. Die fertigen PV-Module für Dach und Fassade kosten dann zwischen 300 und 600 Fr./m². Dazu kommt der Planungsaufwand zur einmaligen Aufbereitung der Druckdatei nach der «Meta-C-Print»-Methode. Die angegebenen Mehrkosten sind grobe Richtpreise, die je nach Anforderungen stark variieren können. Diesen Mehrkosten stehen jedoch ökonomische und ökologische Gewinne durch die Produktion und Nutzung von sauberem Strom gegenüber.



Die PV-Brüstung am Empa NEST: Die farbigen Elemente bestehen aus monokristallinen PV-Modulen (140 Wp/m² aktive Fläche) auf schwarzer Folie und fast unsichtbaren, feinmaschigen Zellverbindern. Damit bilden sie einen annähernd homogenen Hintergrund für das Farbmotiv des Frontglases. Dieses hat drei verschiedene Ausführungen: strukturiert, glatt und satiniert (v.l.n.r.). Das gleiche Motiv wirkt auf den verschiedenen Glasoberflächen mit verschieden starker Reflektion jeweils ganz unterschiedlich.

Weiterbildung ist unerlässlich

Wer PV-Fassaden und -Dächer entwerfen und bauen möchte, dem bieten sich heute viele Möglichkeiten, architektonische Aspekte wie Farbe und Oberfläche individuell zu entwerfen und umzusetzen. Wie zum Beispiel beim Haus «Solaris» in Zürich von huggenbergerfries Architekten (vgl. «Seismograf des Himmels», TEC21 46-47/2017), dessen reflektierende farbige Fassade an die Lichtbrechungen auf bewegtem Wasser erinnert.6 Viele Architektinnen und Architekten wissen aber nicht, an wen sie sich wenden sollen, wenn sie eine farbige PV-Fassade oder ein PV-Dach planen. Glashersteller, PV-Modulhersteller und Fassadenbauer können jeweils für ihren Bereich Auskunft geben, aber wie die einzelnen Komponenten dann im Projekt gestalterisch und elektrisch zusammenwirken, lässt sich oft nur über zeitraubende und kostspielige Versuche klären. Für Architekturschaffende ist es daher unerlässlich, sich auf diesem Gebiet immer wieder weiterzubilden.7 •

Prof. Dr. Stephen Wittkopf, Vizedirektor Fachbereich Bau, Hochschule Luzern – Technik& Architektur; stephen.wittkopf@hslu.ch

Anmerkungen

- 1 www.activeinterfaces.ch
- 2 www.sccer-feebd.ch
- 3 www.nfp70.ch/de/News/Seiten/180205-news-nfp70-von-proof-of-concept-zum-marktreifen-produkt.aspx
- 4 www.hslu.ch/umweltarena
- 5 www.hslu.ch/nest-PV
- 6 vimeo.com/266097918
- 7 Die Hochschule Luzern, die EPF Lausanne und das CSEM waren bei allen Pilot- und Demonstrationsprojekten in der Schweiz massgeblich beteiligt. Ihre Erfahrungen bieten sie nun in einem Weiterbildungskurs «Farbige PV-Module» an. Dort kann jede/-r Teilnehmende unter Anleitung ein eigenes farbiges PV-Modul entwerfen, bauen und testen. Mehr Info auf www.hslu.ch/w142

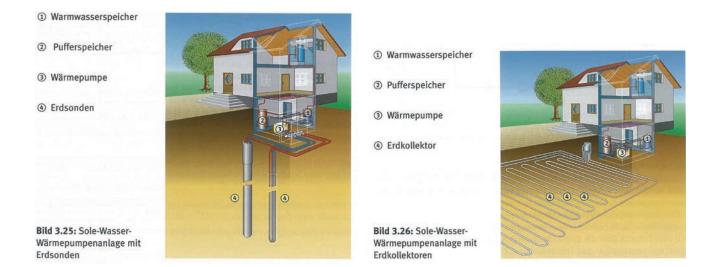
Informationen zum solaren Bauen finden sich auch in TEC21 46-47/2017 «Photovoltaik I – die Architektur» und TEC21 48/2017 «Photovoltaik II – die Komposition».

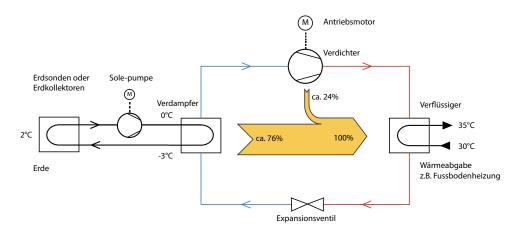


WÄRMEPUMPEN

Über eine Wärmepumpe wird den Umweltenergien Luft, Erde sowie Grundwasser die enthaltene Wärme mithilfe von Wärmetauschersystemen entzogen. Diese wird über einen Pumpenkreislauf auf das für Heiz- beziehungsweise Kühlzwecke geeignete Niveau gebracht. Bevor es zum Heizen oder Kühlen verwendet werden kann, dient ein Speicher dazu, die entsprechenden Systeme möglichst konstant betreiben zu können, kontinuierlich dem wechselnden Bedarf gerecht zu werden und eine hohe Effizienz zu gewährleisten.

SOLE-WASSER-WÄRMEPUMPEN



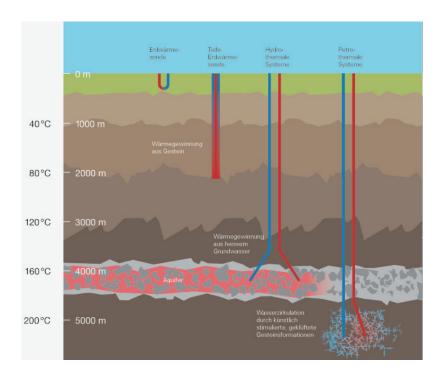


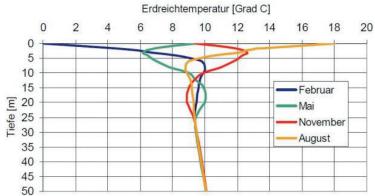
Bei der meist eingesetzten oberflächennahen Geothermie wird in den oberen Erdschichten enthaltene Wärme zum Heizen und Kühlen nutzbar gemacht. Verwendet werden Kollektoren, Erdwärmesonden, Energiepfähle oder Wärmebrunnenanlagen. Diese entziehen der Erde mittels einer zirkulierenden Flüssigkeit Wärme oder geben Kälte an sie ab.

Eigenschaften:

- Nutzt Wärme aus dem Erdreich
- Hoher Wirkungsgrad (vertikal), geringerer (horizontal)
- Geringer Platzbedarf im Gebäude
- Wärmespeicherung möglich
- Hohe Investitionskosten (vertikal)
- Risiko hoher Wärmeentzug
- Nicht überall möglich (Gewässerschutz)

ERDREICH





Eigenschaften:

- Erdwärme (bis 500m) ist gespeicherte Sonnenenergie
- Es steht ausreichend gespeicherte Energie für den Betrieb von Wärmepumpen zur Verfügung (siehe Bild oben)
- Das Erdreich wird im Sommer "geladen" und im Winter "entladen" - es ist damit ein saisonaler, thermischer Speicher
- Ab einer Tiefe von ca. 25m nimmt die Temperatur kontinuierlich zu
- Für die Heizung von Gebäuden sind Tiefen von 150 bis 400m sinnvoll

ENTZUGSLEISTUNG ERDSONDE

Die Entzugsleistung der Erdsonde kann bestimmt werden, wenn die Eigenschaften des Erdreichs berücksichtigt werden (siehe Tabelle)

Spezifische Entzugsleistung von Erdsond	len		
Bodenbeschaffenheit	spez. Entzugsleistung		Aufnahmeleistung
	1800 h/a	2400 h/a	
trockener Sand, Kies	< 25 W/m	< 20 W/m	< 10 W/m
trockenes Lockergestein	20 – 25 W/m	15 - 20 W/m	9 – 12 W/m
trockener Ton, Lehm	20 - 30 W/m	20 - 25 W/m	12 – 19 W/m
feuchter Ton, Lehm	35 – 50 W/m	30 - 40 W/m	18 – 25 W/m
Festgestein mit geringer Wärmeleitung	40 – 45 W/m	35 – 40 W/m	21 – 28 W/m
Wasser führendes Lockergestein	50 – 55 W/m	45 – 50 W/m	28 – 31 W/m
Kalksandstein	55 – 70 W/m	45 – 60 W/m	28 – 37 W/m
Wasser führender Sand, Kies	65 – 80 W/m	55 – 75 W/m	34 – 40 W/m
Sandstein	60 – 70 W/m	55 – 65 W/m	34 – 40 W/m
Saure Magnetite (z. B. Granit)	65 – 85 W/m	55 – 70 W/m	37 – 43 W/m
Basische Magnetite (z. B. Basalt)	40 – 65 W/m	35 – 55 W/m	20 – 38 W/m
Gneis	70 – 85 W/m	60 - 70 W/m	35 - 40 W/m

$$P_{GHE} = P_H - P_E$$
 P_{GHE} Leistung der Erdsonde $[kW]$ P_H Gesamte Heizleistung der Wärmepumpe $[kW]$ P_E Leistung elektrisch $[kWh](=Exergie)$

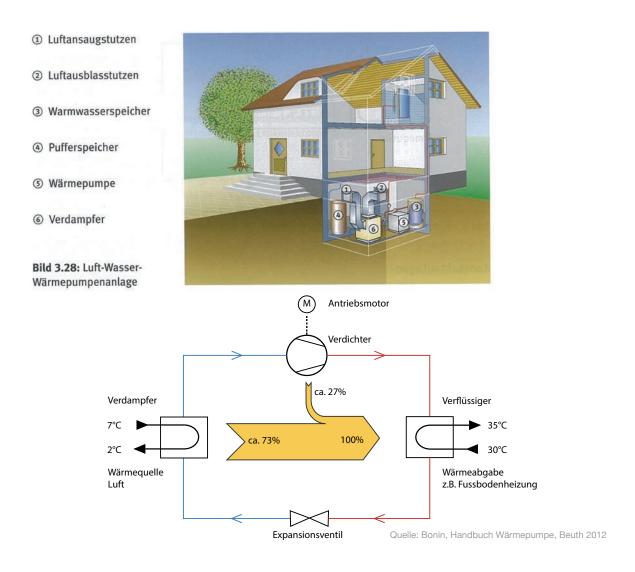
daraus folgt:

$$P_E = \frac{P_H}{COP} \qquad P_{GHE} = P_H - \frac{P_H}{COP}$$

Die spezifische Entzugsleistung berechnet sich:

$$P_{spez} = rac{P_{GHE}}{L}$$
 P_{spez} Spezifische Entzugsleistung $[W/m]$ P_{GHE} Leistung der Erdsonde $[kW]$ L Länge der Erdsonde $[m](=Exergie)$

LUFT-WASSER-WÄRMEPUMPE



Luft-Wasser-Wärmepumpen nutzen die in der Aussenluft enthaltene Energie. Die Luft wird durch einen Ventilator angesaugt, über den Verdampfer der Wärmequelle geleitet und abgekühlt. Luft als Wärmequelle hat den Vorteil, dass es überall vorhanden ist und mit geringem Aufwand erschlossen werden kann. Die Aussenluft ist jedoch hohen Temperaturschwankungen unterworfen, was sich im Winter negativ auf die Effizienz der Wärmepumpe auswirkt.

Eigenschaften:

- Nutzt Wärme aus der Luft
- · Geringe Investitionskosten
- Geringer Platzbedarf
- Schlechterer Wirkungsgrad als Sole-Wasser-Wärmepumpe
- Geräuschentwicklung

KOMBINIERTE TECHNOLOGIEN

Dr. Hansjürg Leibundgut, "Von der Sonne zur Erde und wieder zurück", in: TEC21 45/2012 Solarstrom im Aufwind, Zürich 2012, S. 37 - 41

VON DER SONNE ZUR ERDE UND WIEDER ZURÜCK

Die solare Energie, die an einem Ort zur Verfügung steht, unterliegt täglichen und saisonalen Schwankungen. Sie muss demnach nicht nur in Wärme und Elektrizität transformiert, sondern auch gespeichert und wieder bezogen werden. Für all dies gibt es heute Technologien, die einzeln funktionieren, aber nicht immer gut kompatibel sind. 2007 lancierte die Professur für Gebäudetechnik der ETH Zürich deshalb das Projekt viaGialla, um ein in sich schlüssiges System von neuen Technologien für den emissionsfreien Betrieb von Gebäuden zu entwickeln. Das Ergebnis ist Sol²ergie, ein System mit klaren Regeln, aber grosser Gestaltungsfreiheit, das auf vier Komponenten beruht: Hybridkollektor, saisonaler Wärmespeicher, Niederhubwärmepumpe und Niedertemperatur-Heizsystem.

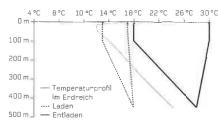
Das Spalten von Uranatomen und das Verbrennen von Kohle, Erdöl und Erdgas zur Erzeugung von Nutzenergie sind nicht mehr opportun und werden längerfristig wohl auch nicht mehr möglich sein. Diese als Primärenergieträger bezeichneten Stoffe sind bequeme Energiespeicher. Doch wenn wir sie nicht mehr nutzen können, werden auch die Technologien wertlos, die wir für die Umwandlung der in ihnen gespeicherten Energie in die jeweils gewünschte Energieform verwenden. Wir müssen uns mit der wahren Primärenergie – der Solarstrahlung – begnügen. Daher brauchen wir neue Speicher und neue Technologien, um vom unsteten Strahlungsfluss der Sonne zu dem von uns gewünschten Energiefluss zu gelangen. Die Energiewende ist auch eine Technologiewende.

Das Ziel von viaGialla¹ war deshalb, bis Dezember 2012 neue Technologien zu entwickeln, dank denen die Mehrheit der Gebäude emissionsfrei und mit einem minimalen Exergieverbrauch² funktionieren könnten. Dies führte zum Begriff «ZeroEmission – IowEx». Erste Forschungsergebnisse sind bereits in der Praxis angewendet und gestestet worden: beispielsweise bei der Instandsetzung des einstigen Gebäudes für theoretische Physik an der ETH Zürich³ oder beim Neubau des Mehrfamilienhauses B35 an der Bolleystrasse in Zürich (Abb. 02, 04–08).

Auf diese Weise entstand das System Sol²ergie = énergie solaire avec stockage au sol: ein Arsenal neuer Werkzeuge, die viele Menschen und Institutionen gemeinsam erarbeitet haben und die in Zukunft stetig weiterentwickelt werden sollen.⁴

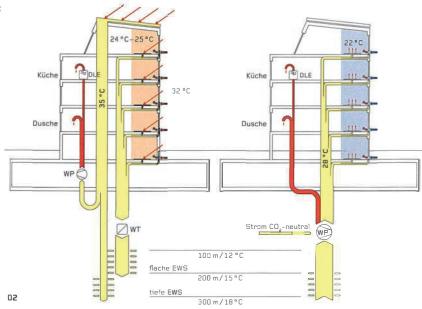
DIE VORAUSSETZUNG: SEHR EFFIZIENTE WÄRMEPUMPEN

Im Zentrum des Systems Sol²ergie stehen die Einlagerung von Solarwärme in einen sehr grossen Speicher im Sommer und die Entnahme der Wärme zwecks Beheizung der Gebäude im Winter. Die einzelnen Teilsysteme lassen sich für jedes Gebäude zu einem individuell optimierten Ganzen zusammenstellen. Sol²ergie unterscheidet sich von anderen Systemen dadurch, dass die aus dem Speicher entnommene Wärme immer eine tiefere Temperatur aufweist, als es die Nutzung erfordert. Die Wärme aus dem Speicher muss also mit einer Wärmepumpe auf Solltemperatur veredelt werden. Diese ständige Niedrigtemperaturspeicherung (Abb. 01) ist ein wichtiges Merkmal von Sol²ergie; Viele Systeme speichern vor allem im Sommer die Wärme für die Warmwasserproduktion bei 60 °C.



01

01 Typische Temperaturen beim Laden und Entladen des Erdspeichers. (Grafiken 01–03: Autor) 02 Laden und Entladen des Erdspeichers, dargestellt am Beispiel des Gebäudes B35 in Zürich. (Fotos und Pläne vgl. Abb. 04–08) 03 Photovoltaikpaneele produzieren bei Sonneneinstrahlung nicht nur elektrischen Strom, sondern sie erwärmen sich auch. Der an der ETH Zürich entwickelte Hybridkollektor sammelt diese Wärme und leitet sie ab, er funktioniert also gleichzeitig als Photovoltaikpaneel und als thermischer Kollektor. Weil er auf diese Weise laufend gekühlt wird, erhöht sich der Wirkungsgrad der Photovoltaikzellen.



COEFFICIENT OF PERFORMANCE COP ODER LEISTUNGSZAHL

(js) Der «coefficient of performance» COP (deutsch: Leistungszahl) bezeichnet den thermischen Wirkungsgrad von Wärmepumpen in einem bestimmen Betriebspunkt. Er gibt das Verhältnis der von der Wärmepumpe abgegebenen Wärmeleistung zur aufgenommenen Antriebsleistung (meist elektrisch) an: $COP = P_{w}/P_{E}.$

Je grösser der Temperaturhub (d.h. die Differenz zwischen Wärmequellen- und Heiztemperatur), desto tiefer ist der COP und desto ineffizienter die Pumpe.

Detaillierte Definition von COP=Pw/PEI

Um unterschiedliche Wärmepumpen miteinander vergleichen zu können, wurden bei der Ermittlung von COP-Werten bestimmte Betriebspunkte festgelegt:

– A2W35 für Luft-Wasser-Wärmepumpen A2: Luft (air) 2°C

W35: Vorlauftemperatur Wasser 35 °C

- B0₩35 für Sole-Wasser-Wärmepumpen B0: Sole (brine) bei 0 ° ®
- W10W35 für Wasser-Wasser-Wärmepumpen Zu P_{EI} zählen auch anteilsmässig die Leistungen der Heizungspumpe und allfällige Quellenpumpen. Abtauverluste bei den Luft-Wasser-Wärmepumpen werden berücksichtigt.

Somit ist der COP einer gegebenen Wärmepumpe an jedem Betriebspunkt unterschiedlich; umgekehrt weist an einem gegebenen Betriebspunkt jede Wärmepumpe – je nach Bauart und Modell – einen unterschiedlichen COP auf. Der Strombedarf der Wärmepumpe inkl. der Hilfsbetriebe wird dadurch zum kritischen Element. In den sonnenstrahlungsärmsten Tagen des Jahres muss der emissionsfreie Strom vom öffentlichen Netz bezogen werden. Dadurch wird die Bilanzgrenze des Systems Sol²ergie über das Grundstück hinaus erweitert. Um die Stromversorgung der Schweiz im Jahr 2050 sicherzustellen, muss die durchschnittliche Leistungszahl COP (vgl. Kasten) aller Wärmepumpen der Schweiz in der sonnenstrahlungsärmsten Woche im Jahr den Wert 6 erreichen. Das System Sol²ergie orientiert sich am Wert COP = 8 für das Heizen und die Warmwasserproduktion, was wiederum impliziert, dass der COP für das Heizen den Wert von 10 haben muss. COP = 10 bedeutet:

- 1. Alle Komponenten der Teilsysteme zur Bereitstellung und Abgabe der Nutzwärme müssen auf diese Forderung optimiert werden.
- 2. Wenn die Forderung kostengünstig erfüllt werden kann, können alle anderen Teilsysteme einfach gehalten werden.

DER AUFBAU: VIER ZENTRALE KOMPONENTEN

Die vier wesentlichen Komponenten im System Sol²ergie für die Wärmeerzeugung sind:

Die Niederhub-Wärmepumpe

Um den Wert COP = 10 zu erreichen, muss die Wärmepumpe bei einem kleinen Temperaturhub einen hohen Gütegrad (also wenig innere Verluste) aufweisen. Sie muss ferner Temperaturen von 25 °C der Quellwärme verkraften können. Entsprechende Maschinen sind technisch realisierbar und sollen ab 2015 im Markt verfügbar sein.⁵

Das Niedertemperatur-Heizsystem

Niedertemperatur bedeutet eine maximale Vorlauftemperatur auf die Heizflächen von 28 bis 30 °C. Bei Neubauten lässt sich dies leicht erreichen. Für bestehende Bauten müssen in der Regel Anpassungen vorgenommen werden – etwa die Verbesserung der Wärmedämmung, grössere Wärmeabgabeflächen etc. Liegen die Vorlauftemperaturen höher, sinkt der COP. Ob mehr Geld in die Wärmedämmung, die Wärmeverteilung oder in die emissionsfreie Stromproduktion im Winter investiert werden soll, ist eine Frage der ökonomischen Optimierung. Ebeim Gebäude B35 (Abb. 04–08) besteht die Wärmedämmung aus 12 cm EPS-Ratten (zusätzlich zu insgesamt 25 cm Misaporbeton in den tragenden Aussenwänden und in der Fassade).

Der saisonale Wärmespeicher

Der saisonale Wärmespeicher hat die Aufgabe, der Wärmepumpe jederzeit ausreichend viel Quellwärme bei einer Temperatur > 15°C bereitzustellen. Gemäss heutigem Stand der Technik kann das bei grossen Wärmeleistungen über 200 kW mittels Erdwärmesonden-Feldern (mindestens 15 Sonden) mit einer Sondentiefe von 250–300 m erreicht werden. Für kleinere Leistungen muss das Erdreich in 200–500 m Tiefe als Speichermedium verwendet werden. Dazu sind herkömmliche U-Rohr-Sonden ungeeignet, weil der statische Druck ab Tiefen unter 250 m zu gross werden kann, sodass die Rohre platzen. Neuartige Koaxial-Erdwärmesonden sollen ab 2015 im Markt erhältlich sein.⁷

Der Hybridkoliektor (Abb. 03)

Erdsondenfelder und tiefe Erdwärmespeicher müssen künstlich regeneriert werden, weil der natürliche geothermische Wärmefluss nicht ausreicht, um die Qualität der Wärmequelle über viele Jahre konstant zu halten. Eine Regeneration mit 30 °C im Sommer reicht aus, wenn die eingebrachte Energiemenge gleich gross ist wie die entzogene Energiemenge im Winter. Der an der ETH Zürich entwickelte Hybridkollektor liefert pro Jahr rund 400 kWh/m² Wärme bei 25–30 °C. Infolge der gleichzeitigen Kühlung der Unterseite des Photovoltaikpaneels liefert der Kollektor zudem 4–6 % mehr Strom im Jahr. Der Hybridkollektor ist ab 2013 am Markt erhältlich. Ab 2015 sind voraussichtlich grossflächige PTV-Dachmodule im Markt verfügbar, in denen der Hybridkollektor mit der Dachdämmung von bis zu 30 cm Dicke kombiniert ist.8

DER GEWINN: RADIKALE VEREINFACHUNG DES BAUENS

Dieses System hat den Vorteil, dass auf diverse heute übliche Massnahmen und Geräte verzichtet werden kann. Dies vereinfacht das Bauen, die Wartung und die Nutzung der Gebäude erheblich: Die Regeneration des saisonalen Wärmespeichers kann auch sehr elegant mit sommerlicher Abwärme aus Kältemaschinen erfolgen, zusätzlich oder alternativ zur Regeneration mit Wärme aus den Hybridkollektoren. Zudem sinkt der Stromverbrauch der Kältemaschinen in der heissesten Sommerwoche, weil das Erdreich kühler ist als die Aussenluft. Weitere Vorteile sind:

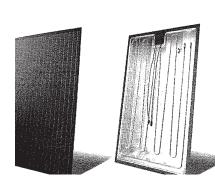
Auf laute, luftgekühlte Rückkühler kann verzichtet werden.

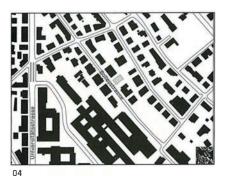
Die Auswirkungen der drei neuen Komponenten Niederhub-Wärmepumpe, Koaxial-Erdwärmesonde (oder Erdsondenfeld) und Hybridkollektor auf das Bauen sind enorm. Wenn dank guter Optimierung des Teilsystems Wärmeerzeugung/Wärmeabgabe ein COP > 8 in der kältesten Woche erreicht wird, folgt:

Auf eine Wärmerückgewinnung (WRG) aus der Abluft kann verzichtet werden. Damit ergeben sich sehr einfache Lüftungssysteme, die durch die Nutzerinnen und Nutzer selbst gewartet werden können. Die Abzugshaube in der Küche wird zum Abluftgerät. Die Zuluft kann über einfache und sehr kleine Geräte in den Raum zugeführt werden, wobei die Lufterwärmer von der Wärmepumpe versorgt werden. Die Abluft der WC und Nasszellen wird ebenfalls ohne WRG, aber kontrolliert über Dach geführt.

Der U-Wert der vertikalen Fassade darf einen Wert von 0.65 W/m²K im gewogenen (gewichteten) arithmetischen Mittel nicht unterschreiten.

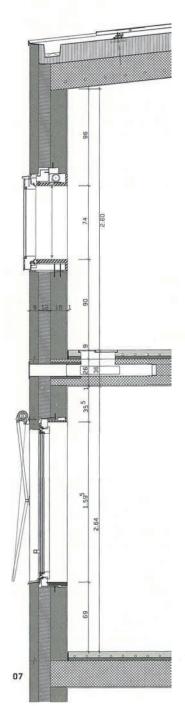
Dieser Wert entspricht einer sehr guten Glasfassade, bei der kein Kaltluftabfall und keine Schimmelpilzbildung auftreten und mit der die Strahlungssymmetrie im Raum eingehalten ist. Die möglichst hohe passive Solarnutzung durch die Fenster im Winter wird ersetzt durch die saisonale Speicherung von Sommerwärme aus dem Erdreich. Damit können Gläser mit hoher Selektivität – und einem relativ tiefen g-Wert von ca. 0.3 – eingesetzt werden, die ei-













Mehrfamilienhaus B35, Zürich: Der letztes Jahr fertiggestellte Neubau an der Bolleystrasse 35 erprobt das Prinzip Sol²ergie in der Praxis (Funktionsschema: vgl. Abb. 02).

Bauherren: Hansjürg u. Ulla Leibundgut, Zürich Architektur: agps architecture, Zürich Projektleitung: Johannes Leibundgut Tragkonstruktion: Büro Thomas Boyle, Zürich HLKS-Planung: Amstein + Walthert AG, Zürich Bauphysik: Amstein + Walthert AG, Zürich Elektroplanung: Mettler + Partner AG, Zürich Kosten- und Terminplanung: Renokonzept Bauleitungs AG, Zürich

Anzahl Geschosse: 6

Einheiten: 4 Wohnungen, 1 Büro, 1 bestehendes Reservoir

Grundstücksfläche: 700 m² Baukosten BKP 2: ca. 719.– Fr./m³

Projektphase: 2007–2009

Bauphase: 2009–2011

Bauphase: 2009-2011

04 Situation (Pläne 04 u. 07: agps architecture)05 Innenansicht der Dachwohnung.

(Fotos 05-06: Reinhard Zimmermann)

06 Ein ehemaliges Reservoir wurde in den Neubau integriert.

07 Detailschnitt

Aufbau Schrägdach:

40 mm Dacheindeckung mit Hybridkollektorpaneelen

PU-Flüssigfolie als Abdichtung

50 mm CNS-Platte mit Gewindestange in Krallenplatten verschraubt Krallenplatten für Profilmontage punktuell mechanisch befestigt Abdichtung, 1-lagig stumpf gestossen, bituminös

180 mm Wärmedämmung, Foamglas in Heissbitumen vollflächig verklebt Dampfsperre vollflächig verklebt, bituminös Voranstrich bituminös

260 mm Stahlbeton, TABS 10 mm Gipsglattstrich

Aufbau Decke:

Versiegelung 60 mm Fliessestrich, angeschliffen

Bodenheizung

30 mm Trittschalldämmung

Trennlage

260 mm Stahlbeton

10 mm Gipsglattstrich

Aufbau Fassade:

Lasur pigmentiert Tiefenhydrophobierung

90 mm Misapor Beton, sandgestrahlt

120 mm Kerndämmung diffusionsoffen, EPS

160 mm Misapor Beton, tragend, Netzarmierung 2-lagig

10 mm Gipsglattstrich
08 Strassenansicht

Anmerkungen

Unter www.solergie.org steht ein längerer Beitrag des Autors zur Verfügung, in dem er die hier vorgestellten Prinzipien detailliert erläutert.

- 1 www.viagialla.ch
- 2 Das Ziel ist, sowohl die vom Gebäude verursachten Emissionen als auch die benötigte Exergie zu minimieren. Dabei gilt:
- ZeroEmission wird erreicht, wenn das Gebäude selbst emissionsfrei funktioniert und auch die von aussen zugeführte Energie (z.B. der im Winter vom Netz bezogene Strom) emissionsfrei erzeugt wurde.
- Unter Exergie (Ex) versteht man dem Gebäude von aussen zugeführte, hochwertige Energieformen, die sich ohne grosse Verluste in andere Energieformen transformieren lassen (z.B. Elektrizität). Dies im Gegensatz zur Anergie, jener thermischen Energie, die bereits auf dem Grundstück vorhanden ist, aber eine tiefere Temperatur als benötigt aufweist und mit einer Wärmepumpe aufbereitet werden muss (mögliche Quellen sind z.B. Abwärme aus Raumluft und Abwasser, Erdwärme, Grundwasser).

Vgl. Judit Solt, «Low Ex + Arch» in: TEC21 47/2007, S. 37-41.

- 3 Vgl. Dossier TEC21 «Modellfall Sanierung HPZ», August 2011.
- 4 www.solergie.org
- 5 www.solergie.org/WP
- 6 www.solergie.org/Wärmeabgabe
- 7 www.solergie.org/Koaxial-Erdwärmesonde
- 8 www.solergie.org/Hybridkollektor,

www.solergie.org/PTV

9 Vgl. Judit Solt, «Low Ex + Arch», in: TEC21 47/2007, S. 37-34, sowie Richard Staub, «Wie intelligent ist intelligentes Wohnen?», in: TEC21 10/2008, S. 25-27.

DIGITALSTROM

(js) Die an der ETH Zürich entwickelte Technologie basiert auf dem Einsatz von «intelligenten Starkstromchips». Im Gegensatz zu bisherigen Chips werden diese nicht im Schwachstrom-, sondern im Starkstrombereich eingesetzt.

Der Chip kann im Internet angesteuert werden und lenkt die Energie dorthin, wo sie benötigt wird. Auf diese Weise können Haushaltsgeräte ihr Verhalten selbstständig optimieren. Dies trägt dazu bei, Stromengpässe zu vermeiden und die nötige Spitzenleistung von Netzen zu beschränken.9

Zur weiteren Entwicklung und Verbreitung des digitalSTROM-Systems gründeten dessen Erfinder Wilfried Beck und Prof. Ludger Hovestadt mit Anita Beck und Katharina Schroeder-Boersch 2004 eine eigene Firma. 2007 wurde eine Non-Profit-Organisation ins Leben gerufen, um die neue Technologie weltweit zu verbreiten (www. digitalstrom.org). Im April 2011 erfolgte die Markteinführung in Deutschland und der Schweiz, im Februar 2012 in Österreich und Italien.

www.digitalstrom.com

einen U-Wert < 0.15 W/m²K aufweisen. Die Dicke der Module ist gegeben durch ihre Rahmenkonstruktion, die sich aus der notwendigen Steifigkeit für die Versetzung mit dem Kran ergibt. Die aktive Kühlung der PV-Module verringert den Wärmeeintrag ins Dachgeschoss im Sommer bei gleichzeitiger Regeneration des Erdspeichers.

Die Warmwassererzeugung kann ebenfalls vollständig neu gelöst werden.

Eine separate Warmwasser-Wärmepumpe bezieht ihre Quellwärme immer aus dem Rücklauf des Wärmeverteilsystems im Gebäude. Im Sommer ergibt sich dadurch automatisch eine Gebäudekühlung, der Strom stammt aus dem Hybridkollektor. Der Wirkungsgrad ist deutlich besser als bei jeder solarthermischen Warmwassererzeugung.

Auf die solare Warmwasser-Vorwärmung wird verzichtet.

Im Winter wird das Warmwasser über zwei nacheinander geschaltete Wärmepumpenprozesse erzeugt. Die Separierung der beiden Aufgaben Heizen und Warmwassererzeugen in zwei Wärmepumpensysteme ergibt eine sehr einfache hydraulische Schaltung und damit eine einfache Steuerung. Der Hybridkollektor liefert die Wärme immer in den Erdsondenkreislauf.

Auf die individuelle Heizkostenabrechnung wird verzichtet.

Die Betriebskosten für Heizung, Lüftung und Warmwasser werden infolge des hohen COP der Wärmepumpe sehr klein. Damit ist eine individuelle Energiekostenabrechnung nicht mehr sinnvoll. Die Investitionen für die Energieerzeugung sind zu über 90% in den Baukosten enthalten, der Strombezug vom öffentlichen Netz ist sehr gering.

Alle elektrischen Geräte, einschliesslich Leuchten, Storen, Heizungspumpen oder -ventile etc. in den Nutzräumen, werden über digitalSTROM versorgt und von einem digitalSTROM-Server im Elektroschrank der Nutzungseinheit koordiniert (vgl. Kasten). Dieser kleine Server ist im Internet eingebunden. Die Sensoren für Temperatur, Luftqualität etc. liefern ihre Werte ebenfalls über digitalSTROM oder über Funk an den digitalSTROM-Server. Eine neue Raumautomatisierungs-App verbindet die beiden Welten und verwendet Daten aus dem Internet zur Steuerung und Optimierung der Systeme. Deren Komponenten können auch mit anderen Technologien gesteuert werden.

UND DIE KOSTEN?

Ein neues Gebäude mit dem System Sol²ergie kostet im Vergleich zu einem neuen Gebäude, das nach Vorschriften der Kantone und mit einer Ölheizung ausgerüstet erstellt wurde, maximal 150 Fr./m² mehr. Rund ein Drittel dieser Mehrkosten entfallen auf die Erdsonde, zwei Drittel auf den Hybridkollektor. Die Wärmepumpe kostet etwa gleich viel wie eine Ölheizung mit Kessel, Brenner, Kamin und Tank. Die Kosten für die Wärmeverteilung und die Warmwassererzeugung sind gleich. Die Minderkosten wegen der einfacheren Fassade werden nicht berücksichtigt.

Die Lebensdauer der Erdsonde liegt voraussichtlich bei weit über 100 Jahren. Der hydraulische Teil, die Montageeinrichtung und andere Elemente des Hybridkollektors erreichen ein Alter von mindestens 60 Jahren. Der Satz für die Verzinsung des Kapitals kann zu 2% (dem Satz der Verzinsung des Alterskapitals in den Pensionskassen) angesetzt werden. Damit ergibt sich eine Annuität von max. 4.5 %. Das Sol²ergie-Haus verursacht also rund 6.75 Fr./m² höhere Kapitalkosten pro Jahr. Zum Vergleich: Bei einem Jahresölverbrauch von 6 l/m² für das «Haus nach Vorschrift» darf das Öl maximal 1.12 Fr./l kosten - steigt der Ölpreis über diesen Wert, ist das konventionell geheizte Haus im Betrieb teurer.

Sol²ergie ist mehr als ein Beitrag für die Energiewende. Es ist ein System zur radikalen Vereinfachung des Bauens.

Dr. Hansjürg Leibundgut, Professor für Gebäudetechnik am Institut für Technologie in der Architektur der ETH Zürich, leibundgut@arch.ethz.ch



Regenwald in Acre, Brasilien, Ricardo Funari, 2019

CO₂-SPEICHERNDE **MATERIALIEN**

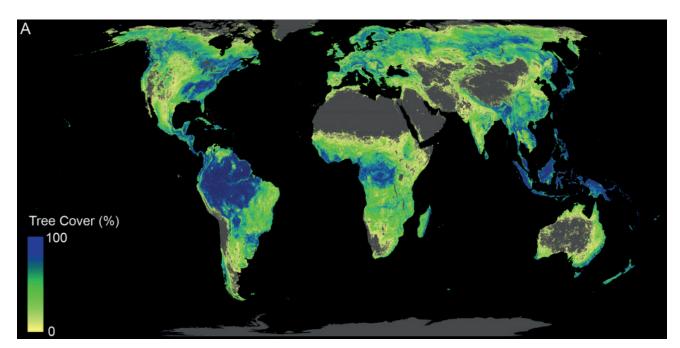
Wälder und Böden sind CO₂-Speicher. Pflanzen – insbesondere Waldbäume – nehmen während des Wachstums viel CO, auf. Sie speichern den Kohlenstoff in der Biomasse und den Sauerstoff geben sie zurück an die Atmosphäre. Beim Abbau oder bei der Verbrennung der Biomasse wird wieder CO, gebildet und an die Atmosphäre abgegeben. Die Waldund Forstwirtschaft trägt dadurch zur Minderung des Treibhausgaseffektes bei. Dies geschieht durch die Aufnahme von CO, im Wald oder durch die Verwendung von Holz für Produkte und als Energieträger.

CO2-Speicherung im Wald = Waldspeicher

Bäume entziehen der Atmosphäre bei der Photosynthese CO2 und lagern es in Form von Kohlenstoff (C) im Pflanzenkörper ein. Das gebundene CO2 im Holz bleibt solange im System Wald gespeichert, bis das Holz vermodert oder geerntet wird. Der Schweizer Wald bindet jährlich rund 10 Millionen Tonnen CO2 alleine beim Holzwachstum. Wie viel CO2 im Wald gespeichert wird, hängt von der Holznutzung ab und kann durch die Waldbewirtschaftung beeinflusst werden.

CO2-Speicherung in Holz = Holzproduktespeicher

Wird Holz genutzt und z.B. in Gebäuden verbaut oder in Holzprodukten verarbeitet, bleibt das darin gebundene CO2 auf Jahrzehnte gespeichert. Erst wenn das Material ausgediehnt hat und verbrannt wird, setzt sich das CO2 wieder frei. Wie viel CO2 in Holzprodukten gespeichert wird, hängt von der Verarbeitung durch die Holzindustrie respektive von der Nachfrage der Endverbraucher ab. Je mehr Holz dauerhaft eingesetzt wird, desto grösser ist die CO2-Einlagerung.



Globale Bedeckung der Erdobrfläche mit Wäldern

Mittelfristig – über die nächsten Jahrzehnte – sollen sowohl die biologischen CO2-Speicher im Wald wie auch die materiellen CO2-Speicher des verarbeiteten Holzes weiter gefüllt werden. Wald und Holz sollen helfen, die international vereinbarten Klimaziele zeitgerecht zu erreichen.

Tabelle Menge der CO2-Speicherung in organischen Werkstoffen

Baustoff	Trockendichte in kg/m3	CO2-Speicherung in kg bei Verwendung von 1 m3
Fichte	430	789
Tanne Übrige Nadelhölzer	410 460	752 844
Buche	680	1'248
Übrige Laubhölzer	580	1'064
Durchschnitt Holz (CH)	500	917
Flachsfaserdämung	30	55
Hanffaserdämmung	40	73
Strohballendämmung	215	395
Zellulosedämmung	35-60	56 - 96

Holz und andere organische Baustoffe bestehen in trockenem Zustand zu etwa 50% aus Kohlenstoff (C). Zur Produktion des Kohlenstoffs, respektive zum Wachstum, wird der Atmosphäre Kohlenstoffdioxid in der Menge des Faktors 3.67 entzogen.

Beispiel: 1m³ Holz wiegt 500 kg davon sind 50% Kohlenstoff, 1 m³ Holz enthält

also 250 kg Kohlenstoff.

Diese 250 kg C wurden produziert aus 250 kg x 3.67 = 917 kg CO2

Umgekehrt: Bei der Verbrennung von 1 m³ Holz werden 920 kg CO2 an die Atmo-

sphäre abgegeben.

Es gilt auch: Beim biologischen Abbau von 1 m³ Holz werden 920 kg CO2 an die At-

mosphäre abgegeben.

Faustformel Wald: Ein Hektar Wald speichert pro Jahr über alle Altersklassen hinweg ca.

13 Tonnen CO2.



Maison Ruf – Verkleidung mit Solomite-Platten (gepresstes Stroh), vor dem Verputzen. Arthur Rüegg, Villa Ruf, Zürich 1987

RECYCLIERMATERIALIEN

Recycled, Reclaimed, Waste, and Rapidly Renewable Materials

Andrew Dent

With smarter heating and cooling technologies, as well as better control of water and renewable energy, the more efficient use of energy within the lifetime of a structure has expanded the field of "net-zero" buildings. As a result, a building's embodied energy—the energy required to produce the materials that make up the building—has become a greater proportion of its overall carbon footprint. Thus, in the move toward lower-impact living, working, and production spaces, material choice is now of paramount importance. The high levels of embodied energy in virgin construction materials are no secret, with CO_2 emissions from concrete production alone accounting for a staggering 5 percent of greenhouse gas emissions worldwide. Other materials such as steel, brick, and plastic require significant energy to manufacture, and the minerals and ores themselves must all be mined, quarried, and drilled in energy-intensive extraction processes.

Initiatives are addressing this issue worldwide. Within Europe, new methods of manufacturing concrete, as well as replacing the aggregate with waste or renewable products, are being assessed. 1 The United States government is funding the development of the REMADE (Reducing Embodied Energy and Decreasing Emissions) in America program. Manufacturing consumes nearly a third of the annual energy use in the US, with much of that energy embodied in physical products. The development and deployment of new technologies could slash the life cycle embodied energy and carbon emissions for these products and could offer energy savings amounting to 1.6 quadrillion BTU annually across four classes of waste materials: metals, fibers, polymers, and e-waste.² Research in Australia has shown the potential for renewable materials to reduce the embodied energy and associated greenhouse gas emissions of medium-rise buildings.3 The analysis found that, overall, a reduction of 13 or 14 percent in embodied energy and greenhouse emissions is possible when renewable building materials are substituted for conventional ones in medium-rise construction. With fired bricks in Uganda that have an embodied energy up to 5.7 times more than a regular clay brick,4 more basic structures need to be reassessed for potential reductions in energy for construction materials.

Though some trends can be discerned from life cycle analysis, the overarching implication is that recycled, waste, or renewable content generally reduces the embodied energy of a material. Though there are some caveats and specific exclusions that tend to center on geographical location (where the waste is produced) or the level of reprocessing required (cleaning, separating, additive removal, etc.), with careful planning the use of these types of materials can reduce the overall embodied energy of a building.

New material innovations point to ways that we are able to more creatively use our existing resources without recourse to further excavation of the earth's

- 1 Community Research and Development Information Service (CORDIS), 'New materials: Reducing building's embodied energy," http://cordis.europa.eu/article/id/ 400001-embodied-energy_en.html.
- 2 "Energy Department Announces up to \$70 Million for New REMADE in America Institute" (June 23, 2016), http://energy.gov/eere/articles/energy-department-announces-70-million-new-remade-america-institute
- 3 Daniel Felton, Robert Fuller, and Robert H. Crawford, "The Potential for Renewable Materials to Reduce the Embodied Energy and Associated Greenhouse Gas Emissions of Medium-Rise Buildings," Architectural Sciences Review vol. 57, no. 1 [2014]: 31–38, http://dx.doi.org/ 10.1080/00038628.2013.829022.
- 4 Arman Hashemi, Heather Cruickshank, and Ali Cheshmehzangi, "Environmental Impacts and Embodied Energy of Construction Methods and Materials in Low-Income Tropical Housing," Sustainability vol. 7 [July 2015]: 7,866–7,883; http://dx.doi.org/10.3390/su7067866.

resources that would add more CO_2 to the atmosphere. Recycling and reclaiming materials (and a new focus on the rapidly renewable) are steps toward a "circular economy," and demand that the design of products and space be reconsidered with the intention that they become continuously reusable. The "cradle-to-cradle" system has shown how to organize and assess this way of designing, but it is a fuller understanding of material flows and production that will complete the loop. By sourcing materials from all areas of manufacturing and use, designers can revalue embodied energy as—hopefully—something endlessly usable.

Low-Embodied-Energy Materials









Thermacork

Though it requires "steaming" to consolidate the granulates into a workable block, the embodied energy of this architectural paneling is still lower than its synthetic counterparts. The sheets offer excellent insulation while maintaining a level of moisture control. The cork is hand harvested every nine years, allowing the trees to regrow naturally. The bark is then broken down into large granules and combined into large blocks using heat and pressure. The heat causes the cork to bind permanently, requiring no additional adhesive. These large blocks are then autoclaved to remove all pests or contaminants, and the surface is charred to improve its insulating properties. The panels can cope with major thermal variations, and they are hypoallergenic and free of domestic toxins, all while preventing mold with "dry through" layers. Thermacork is high on the insulating range (R-4 per inch), reduces thermal bridging, and its thermal resistance does not decrease over time (like polyurethane foam). It is used as insulation in commercial and residential buildings and as exterior walls, partitions, flooring, and ceilings.

Net Effect One & Two

Net Effect One & Two are modular carpet tiles from Interface, composed of 100 percent recycled waste: fishing nets collected from the ocean. As a project, the materials provide a source of income for small, impoverished fishing villages along the Danajon Bank of the Philippines, while cleaning up the discarded fishing nets that threaten the double barrier reef offshore. The discarded, end-of-life fishing nets (polyamide/ nylon 6,6] are collected, cleaned, and sold to the manufacturer's yarn supplier, then recycled to create new nylon carpet fibers. The material is made up of two collections: Net Effect One has three textures in 50 cm [19.7 inch] squares. Net Effect Two has three textures in 25 cm by 1 meter "skinny planks." Both collections are available in eight colors: Black Sea, North Sea Pacific, Arctic, Atlantic, Caspian, Sand, and Driftwood, and the product is suitable for commercial interior flooring and walls.





Crushed Recycled Glass Tile Utilizing postconsumer glass can limit the amount of energy used in creating decorative glass products. These glass tiles are produced from 100 percent recycled content and natural, VOC-free pigments using waste-stream materials and low-energy kilns. The production of these tiles consumes more waste than is produced in their fabrication. The process takes recycled glass from windows and solar industries, which is then crushed, washed, and cleaned to remove debris and impurities. The glass crush is blended with naturally derived, VOC-free pigments to create the color of the final product. The tiles provide points toward LEED credits in category MR4, recycled-content materials, and are used for walls, counters, and vertical and horizontal surfaces, as well as in wet applications, including showers, baths, and swimming pools.





Thermafiber® RainBarrier® HD Glass and mineral fiber products typically have a relatively high embodied energy, due to the high temperatures required to initially process the glass. Using waste materials is a simple way to reduce this overall impact. This water-repellent, noncombustible, mineral wool insulation is composed of 70-90 percent slag (pre-consumer recycled content) and 10-30 percent natural rock. This insulation provides energy-saving R-values of 4.2 per inch of thickness, whereas the foam-based products it replaces are combustible and present a higher fire risk. The mineral wool is UV-resistant, moisture-repellent, and permeable. The slag and rocks are heated in cupola furnaces until they liquefy, at which point the liquid is poured over a high-speed spinning wheel to create the insulation fibers. The material finds application in rain screens and masonry cavities.





Hemp

Hemp has one of the lowest embodied energy values of any mass-produced fiber. This is due to both its need for limited irrigation and the fact that hemp cultivation does not require pesticides or herbicides, as it is naturally resistant to pests and grows densely enough to obstruct the growth of weeds. This plain-woven fabric is composed of 60 percent pure new wool and 40 percent hemp. The fabric is inherently flame retardant and is made from rapidly renewable and compostable materials. The fibers are dyed before being spun into a yarn, which creates a heathered effect in the final fabric. Potential applications include contract upholstery such as seating.





MycoBoard

MycoBoard, from Ecovative Design, is a structural sheet material that is an alternative to engineered wood, made from agricultural waste and mycelium. It competes directly with dense and rigid materials like MDF (medium density fiberboard). The board has the ability to form shapes without CNC milling or other forming processes, making for cheaper, more efficient production and zero waste. It is structural, durable, and has high screw-hold strength. Crop wastes are inoculated with mycelium and grown under controlled conditions, with the mycelium as a natural binder gluing particles and fibers together. The material is then compressed with heat and pressure, further activating naturally occurring resins and forming into boards or molds. No chemical resins are used. The material can be worked and finished in any way that traditional engineered wood products can be. Applications include furniture components, sports equipment, and architectural interiors.

Demode

These compressed, lightweight, solid panels are made using some of the vast amount of waste fabric that is discarded every year. The postconsumer, recycled fabric is cut into small pieces and mixed with a modified starch adhesive. It is then put into a pressing machine at high temperatures, trimmed, and finished. The boards can be made from 100 percent cotton, 100 percent polyester, or 50 percent cotton/50 percent polyester mixtures. The basic color available is blue denim, but other colors may be mixed depending on the recycled fabrics available. The panels are used for wall surfaces, furniture, and accessories.





Algix-produced BLOOM uses algae as the raw material for a flexible, soft, closed-cell foam. The foam is produced in a patented process that utilizes dried algae biomass. Algae's high protein content allows it to behave like a polymer after exposure to heat and pressure, and the foam has excellent compression and consistent density. The foam contains variable amounts of algae biomass and recycled EVA plastic, with an algae content ranging from 15 to 60 percent. BLOOM is a replacement for conventional EVA foam and offers a slight reduction in weight at the same density, as well as much better tear strength, resilience, and elongation. The algae is collected from waste streams in ponds or lakes: the harvester uses a protein skimmer to convert the green water into an algae-dense slurry, removing organic compounds and purifying wastewater. The algae biomass is then dried and polymerized into pellets before it is combined with other compounds to form a soft, pliable foam. Applications include traction and cushioning, footwear, sporting goods, and toys.





Biomattone®

Lower energy alternatives to concrete offer simple ways to reduce the overall embodied energy of construction. These prefabricated bricks are produced from natural Beton, a bio-compound made from a mixture of 35 percent cannabium (the woody part of the hemp plant) and 65 percent natural lime binder, and unlike cement, the bricks don't require the raw materials to be heated. These bricks offer improved thermal insulation and better moisture management than cement. The natural Beton is produced without heat; shavings from the hemp stems act as an "aggregate," which is then "mineralized" by the hydraulic lime, which protects it from decomposition and renders it incombustible. It also means the brick can go through a steam-based sterilization process without a reduction of properties or durability. The material is used for new construction and renovations, walling systems, and partitions.





ECONYL®

Chemical recycling of nylon (depolymerization), which reduces the waste down to base chemicals before building them up again into a resin, significantly decreases process energy and can provide full color control and equivalent performance to virgin resins. This carpet fiber is sourced from waste clothing and fishing nets collected from the Pacific Ocean. The filaments are available in a standard 900 denier; they have a cloverleafshaped cross section to promote bounce-back and resistance to compression and matting for the carpet fibers. One hundred thirty-eight colors are available; all are solution dyed for durability and bleach and stain resistance, and they contribute to LEED credits. Applications include carpets, rugs, automotive interiors, trunk liners, and upholstery.





Viridian "Reclaimed" Lumber

Viridian is one of the wide range of companies offering "reclaimed" lumber. These planks of hardwood are made from FSC certified-recycled, 100 percent postconsumer reclaimed lumber from shipping crates used on Russian and Asian shipping routes. Most reclaimed lumber companies source from old barns and schoolhouses, but this wood comes from far-off ports, arrives daily, and is typically sent to landfills. The fresh sawn faces of the timber are available in many colors and finishes and in a wide range of thicknesses, custom profiles, and wind-worn textures for interior flooring and walls.





ECO-STONE

Utilizing the vast quantities of crushed, recycled ceramic tile that result from standard tile manufacture, NITTO Co. Ltd. produces ECO-STONE, which is a permeable porous ceramic tile composed of scrap ceramic (80%), melted slag waste [10%], and additives (10%) — approximately 90 percent recycled materials in total. By solidifying ceramic aggregate with a specialized binder, the resulting ceramic body has excellent porosity. This enables it to be highly permeable and absorbent, quickly sloughing rainwater through the block and into the earth, making sidewalks more pedestrian-friendly. In addition, the moisture retention and resultant evaporation reduce issues associated with "heat islands" in urban areas. These ceramic pieces are high-heat fired, so they are extremely durable and will not weather, fade, or stain. Tiles are available in ten colors and can range in size from 97 to 297 square mm, with a standard thickness of 60 mm. Applications include paving for parks, plazas, and building exteriors, as well as roof gardens.





many existing products used in architecture are now being produced using significant quantities of waste materials. These solid-surfacing panels (one of many new options now available) are made from 60 to 80 percent postconsumer and postindustrial recycled glass mixed into a proprietary binder. The material does not contain any cement, does not need to be sealed, and is virtually maintenance-free. This version is claimed to be comparably stronger than other recycled glass, solid-surfacing materials on the market, and it is not prone to chipping and cracking. The glass is sourced from recycling centers or directly as a factory by-product. Applications include countertops, bars, fireplace surrounds, wall cladding, entryways, and shower areas.



Staudamm, Alessandro della Bella, Lago del Naret 2011

ENERGIELABELS UND STANDARDS



Minergie Schweiz, "Baustandard Minergie: Der Standard für Komfort und Energieeffizienz"

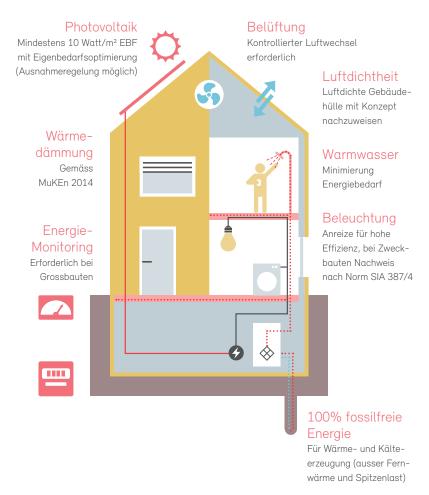
MINERGIE

Minergie ist seit 1998 der Schweizer Standard für Komfort, Effizienz und Werterhalt. Im Zentrum steht der Wohn- und Arbeitskomfort für die Gebäudenutzenden, sowohl in Neubauten als auch bei Erneuerungen. Eine besondere Rolle spielen dabei die hochwertige Gebäudehülle und ein kontrollierter Luftwechsel. Minergie-Bauten zeichnen sich zudem durch einen sehr geringen Energiebedarf und einen möglichst hohen Anteil an erneuerbaren Energien aus. Die drei bekannten Baustandards Minergie, Minergie-P und Minergie-A stellen bereits in der Planungsphase höchste Qualität und Effizienz sicher. Ergänzt werden sie durch drei frei kombinierbare Zusatzprodukte: ECO berücksichtigt die Themen Gesundheit und Bauökologie. MQS Bau richtet sich an Bauherren und Planende, welche die anspruchsvollen Vorgaben am Bau garantiert haben möchten. MQS Betrieb optimiert die Nutzung der haustechnischen Anlagen und gewährleistet dadurch einen maximalen Komfort.

Minergie Schweiz, "Baustandard Minergie: Der Standard für Komfort und Energieeffizienz", Bern 2018, S. 2-4

Das Minergie-Haus

(Beispiel Neubau)



Minergie-Kennzahl

Gesamtenergiebilanz Beispiel Wohnbauten: 55 kWh/m²a inkl. PV (Teilenergiekennzahl Wärmebedarf gem. MuKEn 2014 wird eingehalten)

Baustandard Minergie

Der Klassiker

Seit seiner Lancierung 1998 wurden rund 40000 Gebäude mit dem Label für komfortable und energieeffiziente Gebäude zertifiziert. Zentrale Punkte sind eine gut gedämmte Gebäudehülle, hocheffiziente und erneuerbare Energieversorgung und ein kontrollierter Luftwechsel.

Qualität und Effizienz

Die energetische Qualität des Gebäudes wird über die Minergie-Kennzahl abgebildet. Sie sagt aus, wie viel Endenergie dem Gebäude zugeführt werden muss. Dabei werden Qualität der Gebäudehülle, Haustechnik, Geräte und Beleuchtung, die erneuerbare Energieversorgung und die eigens produzierte Elektrizität berücksichtigt. Ein kontrollierter Luftwechsel wird vorausgesetzt.

Die Minergie-Kennzahl unterschreitet die gesetzlichen Anforderungen an den Wärmebedarf und setzt neue Massstäbe beim elektrischen Bedarf. Minergie-Neubauten sollen keine fossilen Feuerungen enthalten. Fossile Brennstoffe zur Spitzendeckung und Wärme-Kraft-Kopplung sind erlaubt.

Minergie-Bauten sind künftig nicht nur Energieverbraucher, sondern auch Produzenten. Vom selbst produzierten PV-Strom darf der Eigenverbrauch voll und der ins Netz eingespiesene Strom teilweise angerechnet werden.

Die Anforderungen an die Luftdichtheit der Gebäudehülle sind durch ein einfaches Luftdichtheitskonzept nachzuweisen. Mit einfachen Monitoringvorgaben für Bauten über 2000m² EBF wird die Gebäudetechnik optimal betrieben.

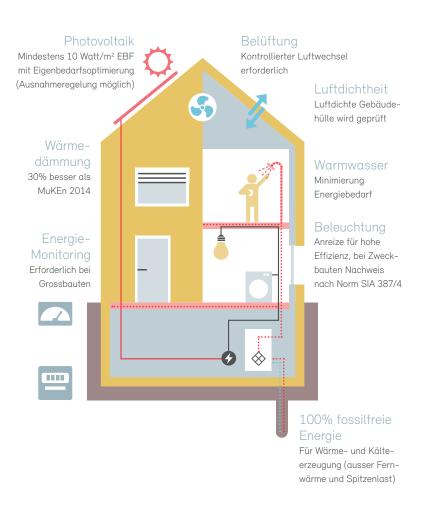
Minergie ist frei mit den Zusatzprodukten ECO, MQS Bau und MQS Betrieb kombinierbar, ebenso mit dem Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz (SNBS) für sozioökonomische Aspekte.

Minergie Schweiz, "Baustandard Minergie-P: Niedrigstenergiebauten für höchste Ansprüche", Bern 2018, S. 3-4

Minergie-Kennzahl

Gesamtenergiebilanz Beispiel Wohnbauten: 50 kWh/m²a inkl. PV (Teilenergiekennzahl Wärmebedarf gem. MuKEn 2014 wird eingehalten)

Das Minergie-P-Haus (Beispiel Neubau)



Minergie-P im Detail

Niedrigstenergie-Bauten für höchsten Komfort Minergie-P-Bauten zeichnen sich durch maximale Energieeffizienz und Komfortmerkmale aus. Seit 2003 erhielten erst rund 4000 Gebäude die Zertifizierung. Minergie-P-Bauten verfügen über ein eigenständiges Gesamtkonzept, welches einen möglichst niedrigen Energieverbrauch bewirkt. Die Kombination aus optimaler Dämmung und bestmöglicher Nutzung passiver Wärmequellen (z.B. Sonnenenergie) gewährleisten höchsten Komfort, weil dadurch die Wärme in den Wintermonaten spürbar länger im Gebäude bleibt. Minergie-P-Bauten sind oft sehr kompakt und damit wirtschaftlich attraktiv.

Herausragende Gebäudehülle

Die Gebäudehülle unterschreitet die gesetzlichen Anforderungen (MuKEn 2014) für Neubauten um mindestens 30%. Die Luftdichtheit der Gebäudehülle wird bei jedem Minergie-P-Gebäude geprüft und dem sommerlichen Wärmeschutz gilt ein spezielles Augenmerk.

Unterwegs zur 2000-Watt-Gesellschaft

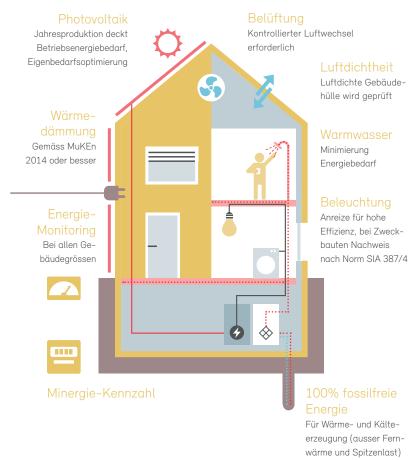
Die energetische Qualität von Minergie-P-Gebäuden zeigt sich in ihrer Minergie-Kennzahl (Gesamtenergiebilanz). Dabei fliessen der Verbrauch für Wärme, Haustechnik, Geräte, Beleuchtung und der Ertrag aus eigens produzierter Elektrizität ein. Bei grossen Gebäuden sichert ein Energie-Monitoring den optimalen Betrieb der Haustechnik. Ein kontrollierter Luftwechsel wird vorausgesetzt. Die Eigenstromerzeugung ist grundsätzlich vorgeschrieben, Ausnahmen sind möglich. Vom selbst produzierten PV-Strom darf der Eigenverbrauch voll und der ins Netz eingespiesene Strom teilweise angerechnet werden. Minergie-P-Bauten ebnen den Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft.

Minergie-P ist frei mit den Zusatzprodukten ECO, MQS Bau und MQS Betrieb kombinierbar, ebenso mit dem Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz (SNBS) für sozioökonomische Aspekte.

Minergie Schweiz, "Baustandard Minergie-A: Energetisch unabhängig - höchste Qualität und Komfort", Bern 2018, S. 3-4

Das Minergie-A-Haus

(Beispiel Neubau)



Minergie-Kennzahl

Gesamtenergiebilanz Beispiel Wohnbauten: 35 kWh/m²a inkl. PV (Teilenergiekennzahl Wärmebedarf gem. MuKEn 2014 wird eingehalten)

Minergie-A im Detail

Das Plusenergie-Gebäude

Der Baustandard Minergie-A existiert seit 2011 und ist der jüngste unter den Minergie-Baustandards. Auf 2017 wurden die Anforderungen konsequent erhöht und so wesentliche weitere Innovationsschritte gemacht.

Ein Minergie-A-Haus hat eine positive Energiebilanz. Das bedeutet, dass es seinen Verbrauch für Raumwärme, Wassererwärmung, kontrollierten Luftwechsel, sämtliche elektrischen Geräte und die Beleuchtung in der Jahresbetrachtung durch eigens produzierte erneuerbare Energien deckt. Vom selbst produzierten PV-Strom darf der Eigenverbrauch voll und der ins Netz eingespiesene Strom teilweise angerechnet werden.

Hohe Gestaltungsfreiheit

Der Gestaltungsfreiheit bei Minergie-A sind kaum Grenzen gesetzt. Zur Einhaltung der Minergie-Kennzahl können die Eigenstromproduktion maximiert (beispielsweise in der Fassade), grosse Speicher gebaut, die elektrischen Verbraucher geregelt (Lastmanagement), die Gebäudehülle optimiert oder der Strombedarf minimiert werden.

Minergie-A-Neubauten sollen keine fossilen Feuerungen enthalten, indirekte fossile Belastungen sind aber zulässig (Spitzenlast, Strom, Fernwärme). Ein kontrollierter Luftwechsel wird vorausgesetzt. Zusätzlich wird die Luftdichtheit bei jedem Minergie-A-Gebäude geprüft und ein Energie-Monitoring für alle Gebäudegrössen vorausgesetzt.

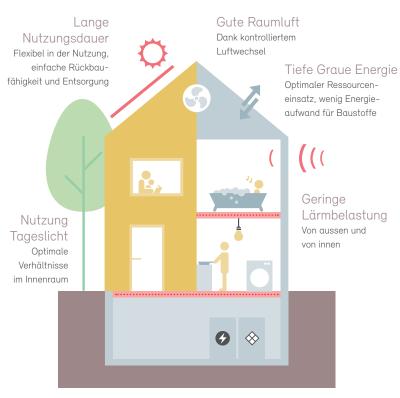
Minergie-A ist frei mit den Zusatzprodukten ECO, MQS Bau und MQS Betrieb kombinierbar, ebenso mit dem Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz (SNBS) für sozioökonomische Aspekte.

Minergie Schweiz, "Minergie-Eco: Der Zusatz für Gesundheit und nachhaltige Bauweise", Bern 2018, S. 3-4

Gute Bauökologie

Einsatz von Recyclingbeton, ökologischen Materialien, Bodenschutz

Das Minergie-ECO-Haus



Wenig Schadstoffe Schadstoff-, keim- und strahlungsarme Innenräume

Minergie-ECO im Detail

- Kombinierbar mit allen Minergie-Baustandards Das Zusatzprodukt ECO ergänzt die Minergie-Baustandards um eine besonders gesunde und ökologische Bauweise. ECO kann mit allen drei Baustandards kombiniert werden. Bis heute wurden bereits rund 1500 Bauten nach Minergie-ECO, Minergie-P-ECO oder Minergie-A-ECO zertifiziert.
- Nachhaltige Systeme und Materialien

Nach ECO zertifizierte Gebäude garantieren Ihnen, dass nur Systeme und Materialien zum Einsatz kommen, die mit nachhaltigem Bauen vereinbar sind. Kernelemente bilden 1. Das ökologische Gebäudekonzept mit optimaler Tageslichtversorgung, effizientem Trinkwassereinsatz, einfacher Statik und optimalem Steigzonenkonzept. 2. Das gesunde Innenraumklima. So ist beispielsweise der Einsatz von Schadstoffen wie Bioziden, Holzschutz- oder Lösemitteln in Innenräumen ausgeschlossen. 3. Die ökologische Materialwahl, z. B. Holz aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern, Recyclingbeton und emissionsfreie Materialien.

Frühzeitige Planung

Minergie-ECO ist als planungs- und baubegleitender Prozess zu verstehen. Die Anforderungen werden bereits in einem frühen Stadium der Planung (Vorprojekt und Projektierung) mit einbezogen. Sie bilden gleichzeitig präzise Vorgaben für die Bauausführung. Während der Realisierung führt Minergie zusätzliche Qualitätskontrollen (Raumluftmessungen, Baustellenkontrollen) durch.

Christian von Burg, *Problem mit Minergie*, Zürich 2017, https://www.srf.ch/news/schweiz/problem-mit-minergie-zuviel-energie-verpufft-durch-geoeffnete-fenster

Moderne Häuser verbrauchen viel weniger Energie als alte – so das Versprechen. Doch es zeigt sich, dass Minergie-Mehrfamilienhäuser viel mehr Energie brauchen als erwartet. Nun wird über Massnahmen diskutiert, um die Missstände zu beheben.

Minergie-Siedlungen wie die Überbauung Brunnenhof in Zürich oder Burgunder in Bern gelten als ökologische Vorzeigeprojekte. Doch die beiden Mehrfamilienhäuser mit Minergie-P- oder P-Eco-Zertifikaten brauchen im Winter doppelt bis dreimal so viel Heizenergie wie geplant. Das zeigen Untersuchungen von Ingenieurbüros.

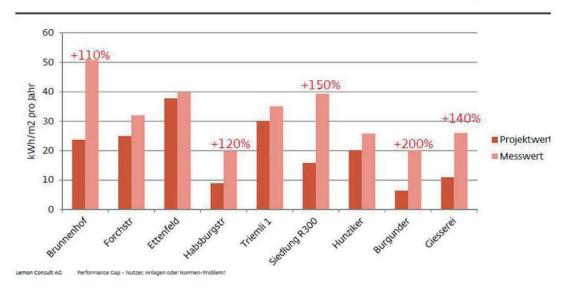
Zieht man andere Minergie-Wohnsiedlungen in die Betrachtung mit ein, klaffen Zielwerte und Realität nicht mehr ganz so extrem auseinander. Aber im Durchschnitt bleibt der Energieverbrauch fast anderthalbmal so hoch, wie vorgesehen. Marianne Zünd vom Bundesamt für Energie zeigt sich ernüchtert: «Das ist sehr eindrücklich.»

Die Zahlen der vorliegenden Studien zeigten, dass es tatsächlich ein Problem gebe, so Zünd. Das BFE werde nun mit allen relevanten Stellen zusammensitzen und nach Lösungen suchen. Auch bei den Ingenieuren und Architekten ist das Problem erkannt. Es geht um Komfort-Lüftungen, die nicht richtig eingestellt sind, um Sonnenstoren, die zur falschen Zeit unten oder oben sind und um Fenster, die in den Mietwohnungen auch im Winter offen stehen.

«Da muss etwas gehen», sagt der Vizepräsident des Ingenieur- und Architektenvereins, Adrian Altenburger. Man müsse wohl mittels Vorschriften etwas Druck aufsetzen. «Dann geht meistens viel», zeigt er sich zuversichtlich.

Altenburger empfiehlt regelmässige, obligatorische Kontrollen der Minergie-Bauten auch nachdem sie in Betrieb genommen wurden. Doch allein damit dürften die Probleme noch nicht gelöst sein. Es wäre aber ein erster Schritt, damit wenigstens künftig erstellte Häuser so energiesparend werden, wie versprochen.

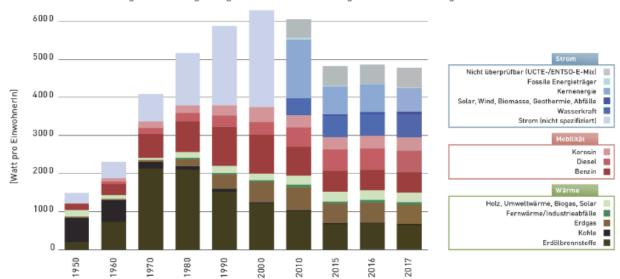
Performance Gap Heizwärmeverbrauch von Wohnsiedlungen



2000-Watt-Bilanzierung

2000-Watt-Bilanzierung für die Schweiz

Dauerleistung nach Energieträger (Stufe Primärenergie, Basis Endenergie)



Grafik: Fachstelle 2000-Watt-Gesellschaft, Stand: August 2018. Datengrundlage: Gesamtenergiestatistik CH 2017; KB0B-Empfehlungen; Bilanzierungskonzept 2014; Gesamterhebung Stromkennzeichnung 2013 [2005–2013]; www.stromkennzeichnung.ch [2014–2016]

2000-WATT-GESELLSCHAFT

Die 2000-Watt-Gesellschaft ist eine energiepolitische Vision. Sie vereint die nationalen Effizienzvorgaben der Energiestrategie 2050 mit den internationalen Klimazielen von Paris 2015. Innovative Energiesysteme, ein intelligenter Umgang mit Ressourcen und der konsequente Einsatz von erneuerbaren Energien bilden die Basis des Konzepts. Die Schweiz nimmt damit global eine Vorbildfunktion ein und unterstützt gleichzeitig die lokale Wertschöpfung.

Bemerkung:

Das Ziel der 2000 Watt Gesellschaft wäre ein maximaler durchschnittlicher Energieverbrauch pro Person von 17'520 kWh pro Jahr.

Manfred Hegger u.A., "Aktivhaus - Das Grundlagenwerk, vom Passivhaus zum Energieplushaus", München 2013, S. 94-99

Über die Energie hinaus

Die beschriebenen Gebäudeenergie-Standards zeigen, dass sie zunächst alle das Ziel einer effizienten energetischen Versorgung von Gebäuden verfolgen. Der Schwerpunkt liegt dabei meist auf der Betrachtung der Betriebsenergie, was vor dem Hintergrund des enormen Energieverbrauchs von Gebäuden und der Möglichkeit zur Regulation gerechtfertigt ist. Die Vergleichbarkeit zwischen Standards ist in ihren zahlenmäßigen Ergebnissen aufgrund unterschiedlicher Eingangsparameter, wie zum Beispiel national unterschiedlicher Primärenergiefaktoren sowie voneinander abweichender Berechnungsverfahren, nur schwer möglich.

Lebenszyklusbetrachtungen

Über die rein energetischen Bilanzen hinaus weisen mehrere Standards bereits eine Erweiterung des Betrachtungsraums auf. So werden in einigen Bilanzierungen Energieaufwendungen zur Herstellung des Gebäudes und der Baustoffe sowie Umweltwirkungen, die durch das Gebäude verursacht werden, mit berücksichtigt. Diese Themen werden vor dem Hintergrund der Reduzierung der Betriebsenergie wohl in Zukunft noch mehr an Bedeutung gewinnen.

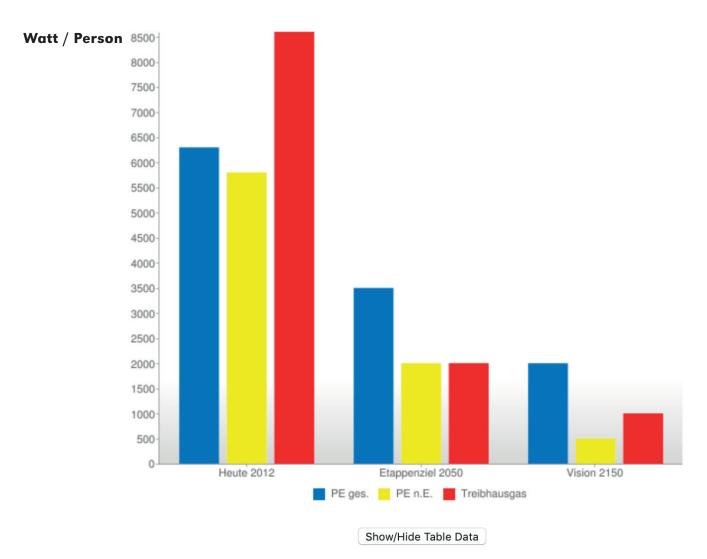
Auch wenn graue Energie in einzelnen Standards bereits berücksichtigt wird, sind erweiterte Standards und Benchmarks auf rechtlicher und politischer Ebene zu schaffen, die Umweltwirkungen im Rahmen der Erstellung und des Rückbaus eines Gebäudes einbeziehen. Als Berechnungsinstrument wird derzeit auf eine Ökobilanz beziehungsweise Lebenszyklusanalyse zurückgegriffen. Dieses auf Grundlage der Norm ISO 14040 erstellte Berechnungsverfahren erlaubt es, ein Gebäude über den gesamten Lebenszyklus hinsichtlich seiner Umweltwirkungen und seines Recyclingpotenzials zu bewerten. Auf Grundlage einer Sachbilanz wird eine Wirkbilanz aufgestellt, die schließlich ein Ergebnis in unterschiedlichen Wirkungskategorien aufweist. Normalerweise erfolgt eine Bewertung innerhalb der Kategorien Treibhauspotenzial (GWP), Ozonschichtabbaupotenzial (ODP), Ozonbildungspotenzial (POCP), Versauerungspotenzial (AP), Überdüngungspotenzial (EP) sowie Primärenergieinhalt (PEI). Eine Priorisierung der einzelnen Kategorien erfolgt in der Regel nicht, da die Auswirkungen der unterschiedlichen Umweltkategorien weder wissenschaftlich noch wirkungsbezogen miteinander vergleichbar sind. Auch eine rein zahlenmäßige Darstellung ist in der Regel nicht sehr aussagekräftig. Aus diesem Grund werden zur Bewertung von Gebäuden häufig vergleichende Ökobilanzen durchgeführt. Auf Grundlage des Vergleichs mit einem Referenzgebäude lässt sich ein Ergebnis in Zahlen besser bewerten und einstufen. Die bisherigen Verfahren, die um eine Ökobilanz erweitert sind, lassen eine Gebäudebewertung von der Errichtung über den Betrieb bis hin zum Rückbau zu.

2000-Watt-Gesellschaft

Darüber hinaus beeinflusst ein Gebäude und vor allem dessen Lage auch den Energieverbrauch der Nutzer. Diese Ebene ist derzeit in keinem Bilanzierungsstandard berücksichtigt. Aufgrund individuell sehr stark abweichender Verhaltensmuster und daraus resultierenden unterschiedlichen Verbrauchsstrukturen ist eine reale Abbildung des Nutzerenergieverbrauchs über den Haushaltsstrom hinaus sehr schwierig. Aber auch Energieaufwendungen für Mobilität, Konsum und Ähnliches tragen zum weltweit steigenden Energieverbrauch bei. In der Schweiz wurde deshalb das theoretische Modell der 2000-Watt-Gesellschaft entwickelt. Dabei geht es nicht darum, rückwirkend den Energiebedarf des Nutzers auszuweisen, sondern vorausgreifend ein Modell zu entwickeln, durch das globale energiepolitische Ziele erreicht werden können. Damit sind vor allem die durch das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) genannten Reduzierungen des Primärenergieverbrauchs und der Treibhausgas-Emissionen pro Kopf gemeint.

Das Modell der 2000-Watt-Gesellschaft sieht vor, dass weltweit jeder Person bei einem auf 1 Tonne pro Kopf begrenzten Emissionswert dauerhaft eine Leistung von 2000 Watt zur Verfügung steht. Damit kann laut Angaben des IPCC der klimagasbedingte Temperaturanstieg auf 2 Kelvin begrenzt werden. Die 2000-Watt-Grenze schließt die Energie verbrauchenden Lebensbereiche Wohnen, Mobilität, Ernährung, Konsum und Infrastruktur ein. Damit spielt der Lebensstandard eine maßgebende Rolle zur Erreichung des Ziels. Neben der Nutzung effizienter Geräte fordert das Modell der 2000-Watt-Gesellschaft somit auch eine Anpassung des Nutzerverhaltens. 2000 Watt entsprechen einem Primärenergiebedarf von zirka 17500 kWh pro Jahr. Damit entspricht die angestrebte Leistung dem globalen Durchschnitt des Jahrs 2005. Es handelt sich bezogen auf 2005 also weniger um eine Reduktion des Primärenergiebedarfs insgesamt. Vielmehr wird eine gleichmäßige Verteilung zwischen entwickelten und aufstrebenden Nationen angestrebt, um einem starken Anstieg ähnlich dem nach 1950 zu begegnen. Damit wird sowohl die Effizienzsteigerung der starken Verbraucher berücksichtigt, als auch ein Entwicklungsspielraum für bisher Benachteiligte geschaffen.

Energieverbrauch Vision 2000-Watt



PE ges. = Mittlere jährliche Leistung der Primärenergie gesamt W/Person PE n.E. = Mittlere jährliche Leistung der Primärenergie nicht erneuerbar (Öl, Gas, Kohle etc.) W/Person Treibhausgas = Treibhausgasemissionen kg CO2

www.graue-energie.ch

Franziska Wyss (treeze Ltd.), Rolf Frischknecht (treeze Ltd.), Katrin Pfäffli (Architekturbüro Preisig Pfäffli), Viola John (Professur für Nachhaltiges Bauen, ETH Zürich), im Auftrag von: Bundesamt für Energie BfE, Bundesamt für Umwelt BAFU, Amt für Hochbauten der Stadt Zürich AHB., "Zielwert Gesamtumweltbelastung Gebäude – Machbarkeitsstudie", Uster 2013, S.151-154

A.16. Wohnliegenschaft F (Wohnen / Neubau)

• Bauherrschaft: Baugenossenschaft Zurlinden, Zürich

• Architektur: pool Architekten, Zürich

• Gebäudetechnik: Amstein + Walthert AG, Zürich

• SIA-Effizienzpfad / Berechnungen: Architekturbüro Preisig Pfäffli, Zürich

• **Bauzeit**: 2008 bis 2010

• Systemgrenze: gerechnet sind nur die Wohngeschosse und das 2. Untergeschoss



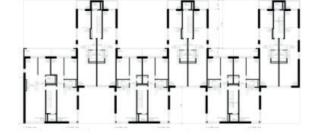


Abb. A. 28 Ansicht strassenseitig

Abb. A. 29 Grundriss Regelgeschoss

Über einem Sockelgeschoss erheben sich sechs aneinander gereihte Häuser mit über 50 Wohnungen. Sie zeichnen sich durch langgezogene Grundrisse aus mit einer Fassade zur stark befahrenen Badenerstrasse und einer Fassade gegen den Hardaupark. Aus lärmschutztechnischen Gründen wurden die Häuser gegen einander verschoben. Die dadurch entstehenden Hofsituationen ermöglichen ein strassenseitiges 'lärmgeschütztes' Lüften. Zudem erhält jede Wohnung eine dritte Fassade, was eine vielseitige Belichtung ergibt.

Die Gebäudekonzeption führt zu wenig kompakten Baukörpern. Um den Mehraufwand durch die Gebäudeform zu kompensieren, wurden die 6-geschossigen Wohnbauten in Leichtbauweise erstellt, die Treppenhäuser aus brandschutztechnischen Gründen in Beton. Gewählt wurde eine innovative Massivholzkonstruktion für die Aussenwand mit einer äusseren Bekleidung in Glasfaserbetonelementen.

Beheizt wird das Gebäude mit einer Grundwasser-Wärmepumpe. Ein Grossteil des Wärmebedarfs für das Warmwasser kann über die Abwärme der Kühlräume des Grossverteilers im Erdgeschoss bezogen werden. Auf den obersten Dächern ist eine Photovoltaik-Anlage installiert. Alle Geräte und die allgemeine Beleuchtung erfüllen die Anforderung der besten Effizienzklasse.

Die Lage des Gebäudes am Albisriederplatz ist zentral und ausserordentlich gut mit dem öffentlichen Verkehr erschlossen. In der Mietergarage wurde die minimale, der gültigen Parkplatzverordnung entsprechende Parkplatzzahl, erstellt.

Kennzahlen und Betrieb

Tab. A. 62 Kennzahlen der Wohnsiedlung F

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	8'433		
Energiebezugsfläche	m ²	6'657		
Energiebedarf Raumwärme Qh _{eff}	MJ/m²a	53	Grundwasser- Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 4.1
Energiebedarf Warmwasser Qww	MJ/m²a	50	Grundwasser- Wärmepumpe dir. Abwärmenutzung	Deckungsgrad: 33% Arbeitszahl 2.2 Deckungsgrad: 67%
Energiebedarf Lüftung	MJ/m²a	6	Strom aus PV-Anlage	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m²a	49	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 63 Kennzahlen Erstellung der Wohnsiedlung F

EKG- Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	8600 m ³	-
D1	Hinterfüllungen	-	-
D2	Fundamentplatte	1960 m ²	Betonplatte 6 Geschosse, wasserdicht, ungedämmt
E0	Decken	5240 m ² 1120 m ²	Hohlkastendecken in Holz mit Kies als Schüttung Betondecke CEM II 300 kg/m3, 90 kg/m3 Bewehrung
E1	Dächer	640 m ² 1320 m ²	Dach unter Terrain, Betondecke, ungedämmt Brettstapeldecke, 26cm Dämmung, Dachabdichtung
E2	Stützen	-	-
E3	Aussenwände UG	668 m ²	Betonwand 25cm, Bitumenanstrich und Sickerplatte
E4	Aussenwände OG	2310 m ² 910 m ²	Massivholzwand, gedämmt, Glasfaserbeton hinterlüftet Betonwand 20cm, gedämmt, Glasfaserbeton hinterlüftet
E5	Fenster + Aussentüren Balkone	1103 m ² 200 m ¹	3-IV Verglasung, Holz-Metallrahmen, Lamellenstoren Holzbalkone, bis 2m Auskragung
E6	Innenwände tragend	1000 m ² 657 m ²	Betonwand 20cm tragend Wohnungstrennwände Massivholz zweischalig
M1	Trennwände / Innentüren	2000 m ²	Gipsständerwände 50 dB
M3	Bodenbeläge	297 m ² 6320 m ²	Unterlagsboden mit Trittschall / Keramikplatten Unterlagsboden mit Trittschall / Parkett
M4	Wandbekleidung	3000 m ²	Wandputz auf Beton
M5	Deckenbekleidung	6360 m ² 1320 m ²	Abgehängte Gipsdecken (Brandschutz) Dämmung gegen unbeheizt
ı	Haustechnik	6657 m ²	Elektro / Sanitär / Wärmepumpe Grundwasser / Fussbodenheizung / Einzelraumlüftung PV- Anlage auf Dächern

Induzierte Mobilität

Tab. A. 64 Kennzahlen der Wohnsiedlung F

Wohnen	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Siedlungstyp	1.0	Kernstadt
öV- Güteklasse	5.0	Güteklasse A
Luftliniendistanz Einkauf in km	0.0	Migros im Gebäude
Verfügbarkeit Autoparkplatz	0.6	Parkplätze pro Haushalt
Personenwagenverfügbarkeit	0.36	358 PW pro 1000 Einwohner (Stadt Zürich)
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.25	(CH-Durchschnitt)

Umweltbelastungen

Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnsiedlung F, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer Tab. A. 65

	Indikator		Gesamt	Gesamtumweltbelastung	tung		Prin	Primärenergiebedarf nicht emeuerbar	darf nicht	emeuerbar			Treibhaus	Treibhausgasemissionen	ionen	
	Einheit	UBP/m²a		UBP/m²	2		MJ/m²a		MJ/m ²			kg CO ₂ /m²a		kg CO2/m²	2/m²	
	ЕКС-Илттег	Total amortisiert	lstoT	gnull⊖tsr∃	gunilaribnatani	Rückbau	Total amortisiert	lstoT	Erstellung	guniledbnetenl	Rückbau	Total amortisiert	lstoT	Erstellung	gnutlandnatanl	Ийскbau
:	D0	243	14'607	12'493		2'114	3.7	220.6	185.0	1	35.6	0.21	12.52	11.23		1.29
8un	D1	•		-		1	-			1	1					1
ıllə	D2	096	57,293	53,726		3,868	6.1	363.4	307.3		56.1	0.58	34.90	32.02		2.88
erst	Е0	1,260	75'582	45'878		29'704	7.4	445.3	408.1		37.2	0.52	31.17	26.04		5.13
әрі	E1	1,118	090,29	37,033	6,236	20'488	11.0	657.1	404.4	206.4	46.3	0.75	45.05	24.07	6.67	11.31
pgn	E2	38	2,290	2'216	-	74	0.2	12.9	12.0		0.8	0.01	0.85	0.81		0.04
əŋ	E3	296	17'765	12'953	629	4'182	2.1	125.1	0.66	13.9	12.2	0.21	12.46	8.45	0.55	3.46
	E4	1,013	982,09	40'411	10'088	10'286	7.9	473.6	348.5	101.9	23.3	0.54	32.22	24.37	6.44	1.41
	E5	1,297	77'828	38,658	31,026	8'144	14.3	859.7	455.1	394.9	9.7	0.99	59.19	29.83	26.04	3.33
	E6	354	21,223	19'378	,	1'845	2.9	171.6	157.4		14.2	0.21	12.85	12.02	,	0.83
	M1	423	25'399	12'516	12'516	368	2.8	166.0	80.2	80.2	5.7	0.16	9.46	4.60	4.60	5.68
	M3	2'191	131'481	32,298	32,298	98,899	20.1	1'208.9	567.2	567.2	74.6	1.23	73.91	28.74	28.74	16.43
	M4	333	19'958	12'460	3'405	4'093	2.8	169.7	128.8	32.9	8.0	0.28	16.72	10.64	5.24	0.85
	M5	410	24'604	9'992	9'992	4'620	5.2	312.4	148.3	148.3	15.8	0.33	19.55	8.67	8.67	2.21
	_	3'246	194'749	624,06	91,867	12'102	21.8	1'306.0	641.2	649.9	14.9	1.41	84.37	33.10	33.63	17.64
	Summe Gebäude	13'182	790'925	420'791	201'361	168'774	108.2	6'492.4	3'942.4	2'195.5	354.4	7.42	445.23	254.58	123.58	72.49
	Raumwärme	1'618	97'079				34.0	2,040.0				0.53	32.01			
	Warmwasser	948	26,893				20.0	1'200.0				0.31	18.76			
Betrieb	Elektrizität	751	45'084				15.8	948.0				0.25	15.00			
	übrige Betriebsenergie	5'405	324'324				113.8	6'828.0				1.78	106.80			
	Summe Betrieb	8723	523381				183.6	11016.0				2.88	172.56			
Induzierte Mobilität	Total Mobilität	6'238	374'280				95.0	5'700.0				4.80	288.00			
Gesamt-total	Gebäude, Betrieb und induzierte Mobilität	28'143					386.8					15.10				
Zielwert							440.0					16.50				

Franziska Wyss (treeze Ltd.), Rolf Frischknecht (treeze Ltd.), Katrin Pfäffli (Architekturbüro Preisig Pfäffli), Viola John (Professur für Nachhaltiges Bauen, ETH Zürich), im Auftrag von: Bundesamt für Energie BfE, Bundesamt für Umwelt BAFU, Amt für Hochbauten der Stadt Zürich AHB., "Zielwert Gesamtumweltbelastung Gebäude – Machbarkeitsstudie", Uster 2013, S.143-147

A.14. Wohnliegenschaft D (Wohnen / Umbau)

- Bauherrschaft: Baugenossenschaft Zurlinden, Zürich
- Architektur: Harder Haas Partner AG, Eglisau
- Gebäudetechnik: RMB Engineering AG, Zürich
- SIA-Effizienzpfad / Berechnungen: Architekturbüro Preisig Pfäffli, Zürich
- **Bauzeit**: Sanierung 2011/12 (Baujahr 1978)



Abb. A. 24 Bild vor Umbau



Abb. A. 25 Bild nach Umbau



Abb. A. 26 Grundriss Regelgeschoss neu

Die beiden Wohnhochhäuser mit Baujahr 1978 sind baulich in gutem Zustand. Die Wohnliegenschaft D weist auf 18 Geschossen attraktive Wohnungen auf. Die Energiekosten waren aber übermässig hoch. Die Fenster in Metall waren undicht und genügen den heutigen Anforderungen nicht mehr. Die Gebäudehülle wurde total saniert. An den Eckpunkten des Gebäudes wurden neue Wohnküchen angebaut und der Wohnraum erweitert.

Die primäre Tragstruktur bleibt erhalten. Durch die Andockung der Küchenelemente an den Eckpunkten des Grundrisses wird das Gebäude noch kompakter. Die gesamte Gebäudehülle wird neu aussen gedämmt. Die Fassaden werden mit hinterlüfteten Photovoltaikpanelen bekleidet. Dreifach verglaste Holz-Metall-Fenster ersetzen die alten Metall-Fenster.

Durch die Dämmung der Gebäudehülle, die neuen Fenster und die Eliminierung diverser Wärmebrücken kann der Heizwärmebedarf um Faktor 6 gesenkt werden. Die bestehende Gasheizung wird durch eine Pelletsheizung ersetzt, die Wärmeverteilung bleibt bestehen. Die Photovoltaikmodule an den Fassaden bringen einen Ertrag von jährlich rund 42'000 kWh.

Die Lage des Hochhauses gehört zwar zur Kernstadt Zürich, ist aber mit dem öV nur mässig gut erschlossen (öV-Güteklasse D). In der bestehenden Tiefgarage sind 70 Parkplätze für das Gebäude reserviert. Es sind keine speziellen Massnahmen im Bereich Mobilität vorgesehen.

Kennzahlen und Betrieb

Tab. A. 54 Kennzahlen des Wohnliegenschaft D

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	9'000		
Energiebezugsfläche	m ²	8'434		
Energiebedarf Raumwärme Qh _{eff}	MJ/m²a	60	Pellets	Deckungsgrad: 100% Nutzungsgrad 0.75
Energiebedarf Warmwasser Qww	MJ/m²a	50	Pellets	Deckungsgrad: 100% Nutzungsgrad 0.5
Energiebedarf Lüftung	MJ/m²a	10	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m²a	45	Strom aus PV-Anlage Strom	Deckungsgrad: 40% Deckungsgrad: 60%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 55 Kennzahlen Erstellung der Wohnliegenschaft D

EKG- Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	39 m²	-
D1	Hinterfüllungen	-	-
D2	Fundamentplatte	39 m²	Betonplatte Flachfundation an Eckpunkten
E0	Decken	1224 m ²	Betondecke CEM II 300 kg/m3, 90 kg/m3 Bewehrung
E1	Dächer	42 m ² 440 m ²	Betondecke, 24cm Dämmung, Dachabdichtung nur Aufbau: 24cm Dämmung, Dachabdichtung
E2	Stützen	-	-
E3	Aussenwände UG	-	-
E4	Aussenwände EG/OG	1064 m ² 4150 m ²	Betonwand, 24cm gedämmt, hinterl. PV-Elemente / Blech nur Aufbau: 24cm gedämmt, hinterl. PV-Elemente / Blech Brandabschottung: geschossweise in verzinktem Stahl
E5	Fenster + Aussentüren Balkone	1837 m ² 701 m ¹	3-IV Verglasung, Holz-Metallrahmen, Lamellenstoren Betonkragplatte, bis 1.6 m Auskragung
E6	Innenwände tragend	-	-
M1	Trennwände / Innentüren	144 m ²	Backsteinfüllungen 12.5 cm
M3	Bodenbeläge	1263 m ² 160 m ²	Unterlagsboden mit Trittschall / Elastischer Bodenbelag Unterlagsboden mit Trittschall / Parkett (Ergänzungen)
M4	Wandbekleidung	3110 m ²	Wandputz auf Beton
M5	Deckenbekleidung	1263 m ²	Deckenputz auf Beton
I	Haustechnik	8434 m² (113 kWp	Elektro / Sanitär ohne Verteilung / Pelletheizung / Verteilung nur auf 1000m² über Radiatoren / Lüftungsanlage PV-Anlage an Fassade bei Aussenwänden eingerechnet)

Induzierte Mobilität

Tab. A. 56 Kennzahlen der Wohnliegenschaft D

Wohnen	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Siedlungstyp	1.0	Kernstadt
öV- Güteklasse	2.0	Güteklasse D (geringe Erschliessung)
Luftliniendistanz Einkauf in km	0.1	
Verfügbarkeit Autoparkplatz	1.0	Parkplätze pro Haushalt
Personenwagenverfügbarkeit	0.36	358 PW pro 1000 Einwohner (Stadt Zürich)
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.25	CH-Durchschnitt

Umweltbelastungen

Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft D, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer Tab. A. 57

	Indikator		Gesamti	Sesamtumwelthelastung	tuna		Prir	Primärenergiebedarf nicht ernemerbar	darf nicht e	rnemerbar			Treibhaus	Treibhausgasemissionen	onen	
	Einheit	UBP/m²a		UBP/m ²	اءً ج		MJ/m²a		MJ/m ²			kg CO ₂ /m ² a		kg CO2/m ²	2/m ²	
	ЕКС-Ипштег	Total amortisiert	lstoT	gnull∋t≈r∃	gunilaribnatanl	Rückbau	Total amortisiert	lstoT	gnull⊖t≈r∃	guniladbnstanl	Ийскраи	Total amortisiert	IstoT	Erstellung	guniladbnatanl	Иückbau
:	D0	1	52	45	•	8	0.0	0.8	0.7	-	0.1	0.00	0.04	0.04	-	0.00
8un	D1			1		1		1				1	-			1
ıllə:	D2	17	1,050	985		89	0.1	9.9	5.6	-	1.0	0.01	0.62	0.57		0.05
erst	EO	261	15'667	14'231	-	1'436	1.7	100.0	84.9		15.2	0.17	10.13	9.30	-	0.83
әрі	E1	227	13'648	2,186	5'298	2'564	2.0	121.2	59.0	56.1	6.1	0.16	9.87	3.38	3.06	3.44
pgn	E2	24	1,446	1'399	-	47	0.1	8.1	7.6	•	0.5	0.01	0.54	0.51	-	0.03
ЭĐ	E3			1		1		1				1	-			1
	E4	3'490	209'425	138'971	62'134	8'319	34.7	2,079.0	1'402.7	656.5	19.9	2.61	156.59	100.57	45.66	10.36
	E5	2'519	151'141	70'651	70'651	6,836	24.5	1'469.7	716.6	716.6	36.5	1.77	106.13	50.54	50.54	5.05
	E6	7	423	385		38	0.1	6.3	5.7		9.0	0.01	0.59	0.56		0.03
	M1	1	1	1	-	٠	•	-	1	•			-	-	-	ı
	M3	204	12'222	4,000	4,000	4'223	2.0	120.6	55.5	55.5	9.5	0.17	10.46	3.72	3.72	3.02
	M4	101	6,078	2'786	2,786	206	1.0	57.2	26.9	26.9	3.3	0.15	60.6	4.28	4.28	0.52
	M5	43	2'558	1'176	1'176	207	0.4	24.6	11.6	11.6	1.4	90.0	3.79	1.79	1.79	0.21
	_	2'721	163'250	76'437	79'697	7'116	15.3	915.2	437.7	463.8	13.7	96.0	57.57	23.04	24.61	9.92
	Summe Gebäude	9,616	576'959	316'847	225'740	34'372	81.8	4'909.3	2'814.5	1,987.1	107.7	60.9	365.42	198.29	133.66	33.47
	Raumwärme	2,222	133'340				16.8	1,007.5				0.82	49.01			
	Warmwasser	2'778	166'675				21.0	1'259.3				1.02	61.26			
Betrieb	Elektrizität	1,502	90'120				31.6	1'896.0				0.50	30.00			
	übrige Betriebsenergie	2,067	315'420				59.3	6'642.0				0.68	103.80			
	Summe Betrieb	8'569	705'555				128.7	10'804.8				3.02	244.07			
Induzierte Mobilität	Total Mobilität	6553	393180				104.0	6'240.0				5.00	300.00			
Gesamt- total	Gebäude, Betrieb und induzierte Mobilität	24'738					314.5					14.11				
Zielwert							440.0					15.50				



Gerhard Richter, Davos, 1981

BEGRIFFSDEFINITIONEN

TECHNIK-GLOSSAR

A/V-Verhältnis

Das Verhältnis der den Warmraum abschließenden Hüllfläche A zum gesamten Gebäudevolumen V. Das A/V-Verhältnis stellt die Kompaktheit des Gebäudes dar. Ein A/V-Wert von 1,00 bedeutet, dass jedem Kubikmeter Volumen 1 Quadratmeter Hüllfläche gegenüber steht. Bei Einfamilienhäusern liegt in der Regel ein A/V-Verhältnis von 0,60 bis 1,20 vor, Reihenhäuser liegen bei 0,50 bis 1,00, mehrgeschossige, kompakte Wohngebäude können ihr A/V-Verhältnis bis auf 0,30 reduzieren.

Absolute Luftfeuchtigkeit [g/m³]

Die absolute Luftfeuchtigkeit ist die Menge/ Masse Wasserdampf, die ein bestimmtes Luftvolumen aufnehmen kann. Sie wird in Gramm Wasser pro Kubikmeter Luft angegeben. Nach oben wird dieser Wert begrenzt durch die maximale Feuchte, die das Luftvolumen aufnehmen kann.

Dabei ist die absolute Luftfeuchtigkeit ein direktes Maß für die in einem Luftvolumen enthaltene Wasserdampfmenge. Sie gibt an, wie viel Kondensat/ Feuchtigkeit maximal ausfallen kann.

<u>Absorber</u>

Der Absorber ist ein Teil des Solarkollektors und nimmt einfallende Sonnenstrahlung über eine Trägerflüssigkeit (Wasser + Frostschutzmittel) auf. Ein hoher Wirkungsgrad wird durch die Verwendung schwarzer Absorber, oder noch besser, durch selektive Beschichtungen erreicht.

<u>Absorption</u>

Bei Absorption nimmt ein Material z.B. Wärme oder Feuchtigkeit auf. Es absorbiert sie (z.B. Absorptionskältemaschinen, etc.).

Adiabate Kühlung

Die Adiabate Kühlung oder Verdunstungskühlung ist ein Verfahren, um mit Verdunstungskälte Räume zu klimatisieren. Dabei wird nicht der zu kühlende Luftstrom direkt, sondern ein zweiter Luftstrom befeuchtet. Es handelt sich also um ein indirektes Verfahren. Bei Verdunstungskühlung werden zur Kälteerzeugung nur Luft und Wasser als Quellen, also erneuerbare Energie eingesetzt. Verdunstungskühlung ist prinzipiell mit dem Vorgang des Schwitzens zu vergleichen. Beim Schwitzen verdunstet Wasser, wodurch dem Körper Wärme entzogen wird. Amortisationszeit ist der Zeitraum der vergehen muss, bis eine getätigte Investition sich durch Einsparungen im Betrieb refinanziert hat.

Amortisationszeit

Die energetische Amortisationszeit beschreibt die Zeit, über die zum Beispiel eine Energieerzeugungsanlage betrieben werden muss, bis die für ihre Herstellung aufgewendete Energie wieder erzeugt worden ist. Während Anlagen, die mit erneuerbaren Energien betrieben werden, energetische Amortisationszeiten von einigen Monaten oder Jahren haben, können konventionelle Kraftwerke nach dieser Definition nie einen Punkt der energetischen Amortisation erreichen, da zum Betrieb kontinuierlich weitere Primärenergie zugeführt werden muss. Somit ist die Angabe einer energetischen Amortisation bei diesen Kraftwerken nicht sinnvoll.

Anergie, Exergie [kWh]

Als Anergie bezeichnet man die nicht mehr arbeitsfähige Energie, also Energie, welche für einen Arbeitsprozess nicht mehr direkt nutzbar ist, wie zum Beispiel Umweltwärme. Sie muss durch den Einsatz von Exergie aktiviert werden.

Anergie gibt an, wie viel mechanische Arbeit maximal gewonnen werden könnte, wenn man ein System, das mit der vorhandenen Umgebung im thermodynamischen Gleichgewicht steht, in ein neues Gleichgewicht mit einer absolut kalten Umgebung (T =OK) bringen würde. Da diese Umgebung aber nicht zur Verfügung steht, ist die Anergie nicht nutzbar (nicht arbeitsfähig). Der Gegensatz zur Anergie ist die Exergie, welche angibt, wie viel mechanische Energie maximal unter Beteiligung der Umgebung gewonnen werden kann, wenn das System ins thermodynamische Gleichgewicht mit der Umgebung kommt.

Ein System, das sich im Gleichgewicht mit der Umgebung befindet, ist also nicht ohne Energie, sondern ohne Exergie und enthält immer noch seine Anergie.

Für Systeme, die sich oberhalb der Umgebungstemperatur und des Umgebungsdrucks befinden gilt:

Anergie + Exergie = Energie

Arbeitszahl

Die Arbeitszahl (oder Jahresarbeitszahl) beschreibt die Energieeffizienz von Wärmepumpen. Dividiert man die Wärmeabgabe durch die aufgewendete elektrische Energie, ergibt sich die Jahresarbeitszahl. Sie gibt somit das Verhältnis von Ertrag und Aufwand, also den Wirkungsgrad an.

Bauteil bezogener mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient [W/m²K] Der bauteilbezogene mittlere Wärmedurchgangskoeffizient gibt den durchschnittlichen Wärmedurchgangskoeffizienten für einzelne Bauteilgruppen an. Dieser durchschnittliche U-Wert der einzelnen Bauteile ist der Quotient aus der Summe der Wärmedurchgangsverluste der Bauteile durch die jeweilige Bauteilfläche. In der EnEV werden Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten bezogen auf den Mittelwert der jeweiligen Bauteile gefordert, so werden beispielsweise opake und transparente Bauteile in ihren Anforderungen unterschieden.

Beleuchtung

Die Ausleuchtung und Erhellung eines Raums oder Objekts mit Kunstlicht wird als Beleuchtung bezeichnet. Erfolgt diese anstatt durch Kunstlicht durch Sonnenlicht, spricht man nur dann von Beleuchtung, wenn technische Hilfsmittel, beispielsweise Spiegel eingesetzt werden, um das Licht zu lenken.

Beleuchtungsstärke [lx]

Die Beleuchtungsstärke Ein lx ist der Lichtstrom auf ein Flächenelement dividiert durch die Fläche dieses Elements.

Bio-Methan-Herstellung

Bei der Produktion von Bio-Methan wird Wasserstoff mit CO₂, thermochemisch synthetisiert (methanisiert). Das so erzeugte Bio-Methan kann gespeichert und in das Gasnetz eingespeist werden, um bei Bedarf in Wärme umgewandelt zu werden. Der Wirkungsgrad bei der Umwandlung von Strom zu Methan beträgt 60 Prozent, das heißt aus 1,0 Kilowattstunden Strom lassen sich 0,6 Kilowattstunden des Energieträgers Methan herstellen.

Blower-Door-Test/ Differenzdruckmessverfahren Der Blower-Door-Test ist eine Dichtigkeitsprüfung der Gebäudehülle.

Break-Even-Point

Der Break-Even-Point ist in der Wirtschaftswissenschaft der Punkt an dem Gewinn und Kosten einer Produktion (oder eines Produkts) gleich hoch sind und somit weder Verlust noch Gewinn entsteht. Wird der Break-Even-Point überschritten, macht man Gewinne, wird er unterschritten, macht man Verluste.

CIS-Zellen CIS, CIGS, CIGSSe

CIGS (auch CIGSSe oder CIS) ist eine Dünnschichttechnologie für Solarzellen und steht als Abkürzung für die verwendeten Elemente Kupfer (Cu), Indium (In), Gallium (Ga), Schwefel (S) und Selen (Se) (engl. copper, indium, gallium, sulfur, and selenium). In der Anwendung werden verschiedene Kombinationen dieser Elemente verwendet: Die wichtigsten Beispiele sind Cu(InGa)Se₂, (Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid) oder CuInS₂, (Kupfer-Indium-Disulfid).

CO,-Speicher

Als CO₂-Speicher werden nachwachsende Rohstoffe bezeichnet da sie während ihres Wachstums mittels Photosynthese Kohlenstoffdioxid in Biomasse umsetzen. Bei der thermischen Verwertung/Verbrennung wird das bis dahin gebundene, klimaschädliche CO2 wieder freigesetzt.

Diffuse Strahlung

Bei diffuser Strahlung handelt es sich um die Solarstrahlung, die uns aus allen Richtungen – nach Streuung des Sonnenlichts an Wolken, Nebel, Bergen, Gebäuden et cetera – erreicht.

Diffusion

Diffusion ist die Mischung zweier Stoffe ohne äußere Kräfte, im Bauwesen ein Wasserdampftransport. Ähnlich wie Wärme immer von der warmen zur kalten Seite wandert, findet zwischen Bereichen unterschiedlicher Luftfeuchte eine Wasserdampfwanderung statt (Wasserdampfdiffusion). Temperatur, Luftdruck und relative Luftfeuchte beeinflussen die Geschwindigkeit der Diffusion und damit die Mengen des diffundierenden Dampfs.

Direkte Strahlung

Solarstrahlung, die direkt von der Sonne auf den Kollektor trifft. Sie ist intensiver als die diffuse Strahlung; übers Jahr trifft jedoch etwa gleich viel diffuse wie direkte Strahlung auf den Kollektor.

Endenergie [kWh] Jede Umwandlung und jeder Transport von Energie geschieht unter Verlusten. Endenergie bezeichnet die Energiemenge inklusive der Anlagen- und Verteilungsverluste oder eben die an die Hausgrenze gelieferte Menge eines Energieträgers vor der Umwandlung.

Energie [JI / [Wh] Energie ist eine physikalische Zustandsgröße und beschreibt die in einem vorher zu definierenden System gespeicherte Arbeit beziehungsweise die Fähigkeit eben dieses Systems, Arbeit zu verrichten. Gemessen wird Energie im Allgemeinen in Joule [J] oder Wattstunden [Wh]. Energie kann weder erzeugt noch vernichtet, sondern nur von einer Energieform in eine andere umgewandelt werden. In einem geschlossenen System gilt daher der Energieerhaltungssatz. Es wird zwischen den folgenden Ener-

gieformen unterschieden: Mechanische Energie, Thermische Energie, Elektrische und Magnetische Energie, Elektromagnetische Schwingungsenergie, Chemische Energie, Nukleare Energie. Energie ist die Summe aus Anergie und Exergie.

Energiebedarf/ Endenergiebedarf [kWh/m²a] Der Energiebedarf eines Gebäudes ist in Bezug auf die Erstellung eines Energieausweises oder EnEV-Nachweises der unter Normbedingungen berechnete Wert, wie viel Endenergie ein Gebäude benötigt. Er dient dem Vergleich des Dämmstandards und der Anlagentechnik von Gebäuden.

Energiebilanz

Summe aller Energiegewinne und -verluste eines Gebäudes.

Energieeffizienz

Energieeffizienz ist die Bewertung der energetischen Qualität von Gebäuden durch den Vergleich der Energiebedarfskennwerte mit Referenzwerten (z. 8. die Anforderungen der EnEV) oder der Energieverbrauchskennwerte mit Vergleichswerten (zum Beispiel Mittelwert der Gebäude gleicher Nutzung).

Energieinhalt

Der Energieinhalt ist die Wärmemenge, die bei voller Verbrennung aus einer Menge eines Brennstoffs gewonnen werden kann.

Entropie

Der Energieverbrauch ist eine gemessene Größe, die den realen Verbrauch eines Gebäudes angibt.

Erneuerbare Energien Erneuerbare Energien sind Energien aus Quellen, die nicht im Laufe der Existenz der Menschheit verbraucht werden. Zu ihnen gehören die Solarenergie in Form von thermischen Kollektoren, Photovoltaik und Tageslichtbeleuchtung sowie Wind-, Wasser- und Bioenergie.

Eutrophierung (Überdüngung) Unter Überdüngung beziehungsweise Eutrophierung (Eutrophication Potential) [kg PO43-Äquivalent] versteht man die Anreicherung von Nährstoffen. In überdüngten Gewässern kann es zu Fischsterben bis hin zum Umkippen, das heißt zum biologischen Tod des Gewässers kommen. Pflanzen auf eutrophierten Böden weisen eine Schwächung des Gewebes und eine geringere Resistenz gegen Umwelteinflüsse auf. Ein hoher Nährstoffeintrag führt weiterhin zur Nitratanreicherung im Grund- und Trinkwasser, wo es zu humantoxischem Nitrat reagieren kann. Das Überdüngungspotenzial fasst Substanzen im Vergleich zur Wirkung von PO43 zusammen.

Freie Enthalpie

Freie Enthalpie (G) ist die Triebkraft sämtlicher chemischer, biologischer und biochemischer Prozesse. Sie gibt Auskunft darüber, ob ein Prozess, bei dem ein Austausch von Energie zwischen System und Umgebung stattfindet, reversibel oder irreversibel ist. G ist die maximal nutzbare Arbeit eines Prozesses bei konstantem Druck und konstanter Temperatur.

Fossile Energieträger

Fossile Energie entstammt Energieträgern, deren Energiegehalt vor langer Zeit in eine konzentrierte Form überführt wurde und sich nach menschlichen Zeitmaßstäben nicht erneuert. Fossile Energieträger sind durch biologische und physikalische Vorgänge wie Veränderungen des Erdinneren und der Erdoberfläche über große Zeiträume natürlich entstanden. Erdgas, Erdöl, Braun- und Steinkohle basieren auf organischen Kohlenstoffverbindungen.

Bei der Verbrennung wird daher nicht nur Energie in Form von Wärme frei, je nach Zusammensetzung und Reinheit des fossilen Brennstoffs werden weitere Verbrennungsprodukte wie Kohlendioxid, Stickoxide, Ruß sowie andere chemische Verbindungen freigesetzt.

Nach wie vor ist Erdöl der wichtigste Energielieferant der Welt. Rund 40 Prozent der von uns benötigten Energie beziehen wir aus Erdöl. Fossile Energieträger sind endlich.

<u>Funktionsäquivalent</u>

Das Funktionsäquivalent bezeichnet Materialschichtdicken gleicher funktionaler Leistungsfähigkeit. Erst beim Einhalten eines Funktionsäquivalents können Umweltwirkungen von Baustoffen direkt miteinander verglichen werden.

<u>Gegenstromwär-</u> metauscher

Das Gegenstromprinzip ist ein grundlegendes Prinzip in der Wärmeübertragung. Hierbei werden zwei unterschiedlich temperierte Stoffe, in der Regel Wasser oder Luft, aus entgegengesetzten Richtungen aneinander vorbeigeleitet, sodass die Wärme von der einen auf die andere Flussrichtung/Stofflichkeit abgegeben wird.

Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert)

Der Gesamtenergiedurchlassgrad (in Prozent) einer Glasscheibe beschreibt den solaren Eintrag (Nutzen). Bei einem Fenster (Scheibe) mit einem g-Wert von 0,56 können maximal 56 Prozent der solaren Einstrahlung (Energie) genutzt werden.

Globalstrahlung

Ist die auf eine horizontale Fläche fallende solare Strahlung. Sie setzt sich aus direkter und diffuser Strahlung zusammen und ist abhängig vom geografischen Breitengrad, der Jahreszeit sowie der Bewölkung und Partikeln. Je größer der Auftreffwinkel, desto größer die Strahlungsdichte. Bei bewölktem Himmel trifft nur diffuse Strahlung auf die Erdoberfläche, weshalb die Globalstrahlung dann in Mitteleuropa unter 100 W/m2 beträgt. An klaren Sommertagen hingegen erreicht sie zirka 700 W/m2. Die Jahressumme der Globalstrahlung liegt in Deutschland zwischen 900 und 1200 kWh/(m2)

Graue Energie

Die graue Energie bezeichnet die Energiemenge, die zur Heroder Bereitstellung eines Produkts oder einer Dienstleistung direkt und indirekt aufgewendet werden muss. Sie bezieht sich auf einen spezifischen Produktions- und Bereitstellungsort. Bei der grauen Energie wird definitionsgemäß nach erneuerbarer und nicht erneuerbarer Energie unterschieden.

<u>Heizenergiebedarf</u> [kWh/m²a]

Nach Definition der Energieeinsparverordnung ist der Heizenergiebedarf Q diejenige Energiemenge, die einem Gebäude nach dem EnEV-Berechnungsverfahren zum Zwecke der Beheizung, Lüftung und Warmwasserbereitung jährlich zugeführt werden muss. Er wird in kWh/(m²a) beziehungsweise in kWh/(m³a) angegeben.

Heizkurve

Der Zusammenhang zwischen der Außentemperatur und der für die Erwärmung der zu beheizenden Fläche jeweils notwendigen Vorlauftemperatur wird durch die Heizkurve beschrieben. Die Heizkurve hängt vom Gebäude ab und wird im Regelfall durch Probieren während des Betriebs ermittelt. Die Einstellung geschieht in der Regelung an der Heizung und bestimmt unter Einbeziehung der Außentemperatur die Vorlauftemperatur.

Heizlast [kW]

Die Heizlast ist die maximal über einen Wärmeerzeuger bereitzustellende Heizleistung. Die kältesten Tage im Jahr, meist im Januar und Februar, bestimmen die maxifllale Heizlast. Dies ist die Leistung, die zur Aufrechterhaltun_g'behaglicher Innenraumtemperaturen bereitstehen muss.

Heizleistung [kW]

Die Heizleistung ist die von einem Wärmeerzeuger in einer bestimmten Zeit (z.B. einer Stunde) abgegebene nutzbare Heizwärme. Sie wird angegeben in kW (Kilowatt). Die Heizleistung muss mindestens der Heizlast entsprechen.

<u>Heizwärmebedarf</u> (pro m2) <u>[kWh/m²a]</u>

Der Heizwärmebedarf (HWB) ist die errechnete Energiemenge, die einem Gebäude innerhalb der Heizperiode zuzuführen ist, um die gewünschte Innentemperatur aufrechtzuerhalten (z.B. durch Heizkörper).

<u>Heizwärmebedarf</u> [kWh/a]

Die Wärmemenge, die pro Jahr für die Raumheizung eingesetzt werden muss. Diese wird unter Normbedingungen berechnet und stellt eine Nutzenergie dar.

<u>Hilfsenergie</u> [kWh/a]

Die Hilfsenergie ist die Energie, die für den Betrieb von Pumpen, Ventilatoren, Regelung usw. der Heizungs-, Kühl- und Trinkwarmwassersysteme et cetera benötigt wird.

fie

Infrarot-Thermogra- Bei der Thermografie wird mittels einer Spezialkamera (Wärmebildkamera) die abgestrahlte thermische Energie eines Bauwerks beziehungsweise Objekts sichtbar gemacht. Um dieses Verfahren zu verstehen, ist es wichtig zu wissen, dass jedes Objekt, dessen Temperatur über dem absoluten Nullpunkt liegt, im Infrarotbereich Wärme abstrahlt. Das führt dazu, dass sogar von kalten Objekten, wie zum Beispiel Eis, infrarote Strahlung ausgeht. Es gilt auch: Je höher die Temperatur, desto intensiver die abgegebene Infrarotstrahlung, desto roter wird der Bereich auf dem Wärmebild dargestellt (blau= kalt, rot= warm).

Interne Wärmegewinne Durch die Nutzung von Elektrogeräten, Computern, künstlicher Beleuchtung, aber auch durch Personen und z.B. beim Kochen entsteht Wärme, die in den Raum abgegeben wird und diesen erwärmt. Diese sogenannten internen Wärmegewinne werden als Energiebeitrag bei der Planung von Passivhäusern berücksichtigt.

Isothermen

Als Isothermen bezeichnet man berechnete Linien, die Orte mit gleicher Temperatur in einem Bauteil verbinden. Sie dienen der Sichtbarmachung und verdeutlichen thermische Zustände.

Jahresarbeitszahl

Das Verhältnis der über ein Jahr bereitgestellten Wärme in kWh zu dem für den Antrieb des Verdichters, für Hilfsaggregate und für die Erschließung der Wärmequellen eingesetzten Stroms in kWh. Je höher die Jahresarbeitszahl, umso geringer ist der energetische Aufwand für die Nutzung der Umweltenergie und umso wirtschaftlicher ist der Betrieb der Wärmepumpe (siehe auch Arbeitszahl).

<u>Jahresnutzungs-</u> <u>grad</u> Der Jahresnutzungsgrad gibt an, wie stark eine Heizanlage ausgelastet ist. Ein gut eingestelltes und dimensioniertes System arbeitet wirtschaftlich, schlechte Jahresnutzungsgrade entstehen beispielsweise durch Überdimensionierung.

<u>Jahres-Heizener-</u> <u>giebedarf</u> [kWh/<u>m</u>²a] Der Jahres-Heizenergiebedarf ist die Menge an Energie, die dem Gebäude zur Beheizung und zur Bereitstellung von warmem Wasser zugeführt werden muss. Dabei werden auch die Verluste, die durch die Heizanlagentechnik entstehen, beachtet.

<u>Jahres-Heizwärme-</u> <u>bedarf</u> [kWh/m²a] Der Jahres-Heizwärmebedarf ist die Menge an Wärme, die jährlich zur Beheizung des gesamten Gebäudes (ohne Betrachtung der Wärmemenge für die Warmwasserbereitstellung) benötigt wird.

<u>Jahres-Primärener-giebedarf</u> [kWh/a] Der Jahres-Primärenergiebedarf Q_p [kWh/a] ist die Menge an Primärenergie, die im laufe eines Jahres zum Heizen, Lüften und zur Bereitstellung von Warmwasser benötigt wird. Es werden alle Energiegewinne und -verluste betrachtet.

<u>Jahres-Primärener-giebedarf</u> [kWh/a]

Als Kapillarwirkung wird die treibende Kraft bezeichnet, die dafür sorgt, dass ein Flüssigkeitstransport in Baustoffen mit Poren stattfindet.

<u>Jahres-Primärener-</u> <u>giebedarf</u> [kWh/a] Mehrstufiges Speichersystem, das, z.B. einen Speicher für den Tagesbedarf lädt und Überschüsse in einen zweiten Speicher abgibt, der bei Bedarf zugeschaltet werden kann.

Kompaktheit des Gebäudes (A/V) [m²/m³] siehe A/V-Verhältnis

werk

Kondensationskraft- Ein Kondensationskraftwerk ist ein herkömmliches thermisches Kraftwerk, in dem Wärme in Strom umgewandelt wird. Es dient ausschließlich der Erzeugung elektrischen Stroms und nutzt die dabei entstehende Restwärme nicht weiter, sondern gibt sie über den Kondensator oder den Kühlturm an die Umwelt ab. Mithilfe von Kühleinrichtungen wird der die Kondensationsturbine verlassende Dampf, der nur noch geringen Druck und geringe Temperatur hat, kondensiert. Der Wirkungsgrad dieser Kraftwerke liegt zwischen 40 und 60 Prozent. Das Gegenstück zum Kondensationskraftwerk ist das Kraftwerk mit Kraft-Wärme-Kopplung.

Konzentratorzelle

Bei Konzentratorzellen wird mit der Bündelung der einfallenden Sonnenstrahlen (Reflexion, Spiegelung) auf eine kleinere Mehrschicht-Zelle (Tandem/Tripel) ein sehr hoher Wirkungsgrad von momentan bis zu 40, 7 Prozent erreicht.

Kühllast

Die Kühllast ist eine aus einem Raum konvektiv abzuführende Wärmelast, die notwendig ist, um einen vorgegebenen Raum- luftzustand zu erreichen oder zu erhalten. Sie teilt sich nach VDI 2078 in Äußere Kühllasten und Innere Kühllasten ein.

Kunstlicht

Kunstlicht ist im Gegensatz zu Tageslicht durch künstliche Licht- quellen erzeugtes Licht.

kWh

Abkürzung für Kilowattstunde Energie oder physikalischer Arbeit. 1 kWh = 1000 Watt über den Zeitraum von 1 Stunde.

Langzeitspeicher

Langzeitspeicher sind Speicher, die Wärme aufnehmen und über mehrere Wochen bis Monate speichern. Entsprechend geringe Ladezyklen pro Jahr werden erzielt.

Latentwärmespeicher

Sie verändern beim Lade- oder Entladevorgang nicht ihre fühlbare Temperatur, stattdessen wechselt das Wärme-Speichermedium seinen Aggregatzustand. Meistens wird hierbei der Übergang von fest zu flüssig (bzw. umgekehrt) genutzt, da kaum eine Volumenänderung eintritt. Das Speichermedium kann über seine Latentwärmekapazität hinaus be- oder entladen werden, erst dann führt der Energiestrom zu einer Temperaturerhöhung. Latentwärmespeicher kombinieren also sensible und latente Wärmespeicherung.

Lebenszyklusanalyse (LCA)

Das Mittel zur Analyse des Ressourcenverbrauchs und der Umweltauswirkungen eines Materials über den Lebenszyklus ist die Lebenszyklusanalyse (Life Cycle Assessment - LCA). Sie bilanziert den Lebensweg eines Baustoffs über die Stadien der Rohstoffgewinnung, Herstellung, Verarbeitung; gegebenenfalls werden auch Transport, Nutzung, Nachnutzung und Entsorgung berücksichtigt. Die Bilanzgrenze ist maßgeblich für die Informationen, die aus einer Lebenszyklusanalyse gewonnen werden können.

Lebenszykluskosten

Die Lebenszykluskosten beschreiben die Kosten, die bei einem Produkt von der Idee bis zur Rücknahme vom Markt entstehen. Dabei werden nur die Investitionen und Ausgaben, nicht jedoch die positiven Rückläufe in Form von Erlösen betrachtet.

<u>Leistungszahl</u> (COP)

Die Leistungszahl oder COP (Coefficient of performance) für Wärmepumpen ist der Quotient aus Wärmeabgabe am Verflüssiger in kW zu Stromeinsatz des Kompressorantriebs in kW. Sie gibt somit den Wirkungsgrad an. Mit zunehmender Differenz zwischen den Temperaturniveaus am Verdampfer und Verflüssiger erhöht sich die elektrische Antriebsleistung, da stärker verdichtet werden muss.

Luftfeuchtigkeit [%]

Die Luftfeuchtigkeit, oder kurz Luftfeuchte, bezeichnet den Anteil des Wasserdampfs am Gasgemisch der Erdatmosphäre. Bezieht sich der Wasserdampfanteil am Gasgemisch auf einen Raum, so spricht man von Raumluftfeuchte. Die absolute Luftfeuchtigkeit ist die in 1 Kubikmeter Luft tatsächlich enthaltene Wasserdampfmenge in g/m3. Sie wird allerdings oft in Prozent als relative Luftfeuchtigkeit angegeben. Diese bezeichnet das Verhältnis des momentanen Wasserdampfgehalts zum maximal möglichen Wasserdampfgehalt bei derselben Temperatur und demselben Druck.

Luftkollektoren

Solarkollektor, der Luft als Wärmeträger nutzt.

<u>Lüftungswärme-</u> <u>verluste</u> [kWh/m²a]

Lüftungswärmeverluste beschreiben die Verluste, die durch die Belüftung eines Gebäudes entstehen: Warme Innenluft wird durch kühlere Außenluft ersetzt und muss auf Raumtemperatur erwärmt werden. Zählt man die Transmissionswärmeverluste hinzu, so ergibt sich der notwendige Heizwärmebedarf.

Mikroklima

Das Mikroklima ist das Klima der bodennahen Luftschichten bis etwa 2 Meter Höhe beziehungsweise das Klima, das sich in einem kleinen, klar umrissenen Bereich (zum Beispiel zwischen Gebäuden in einer Stadt) bildet.

Nutzenergie [kWh]

Jede Umwandlung und jeder Transport von Energie geschieht unter Verlusten. Nutzenergie bezeichnet die Energiemenge exklusive der Anlagenund Verteilungsverluste, also die am Ort des Energiebedarfs zur Verfügung stehende Energie, z.B. Raumwärme.

Nutzenergiebedarf

Nutzenergiebedarf wird als Heizwärme- und Kühlbedarf bezeichnet. Er ist der rechnerisch ermittelte Wärme- beziehungsweise Kühlbedarf zur Aufrechterhaltung der festgelegten thermischen Raumkonditionen innerhalb einer Gebäudezone. Des Weiteren gibt es den Nutzenergiebedarf für Beleuchtung. Er entspricht dem nach der benötigten Beleuchtungsqualität rechnerisch ermittelten Energiebedarf eines Nutzungsprofils. Zusätzlich gibt es den Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser. Dies ist der rechnerisch ermittelte Energiebedarf zur Bereitstellung des entsprechend dem Nutzungsprofil für jede Gebäudezone benötigten Trinkwarmwassers.

Nutzungsgrad

Der Nutzungsgrad einer Anlage oder eines Geräts setzt die in einer bestimmten Zeit nutzbar gemachte Energie zur zugeführten Energie ins Verhältnis. In den betrachteten Zeiträumen können Pausen-, Leerlauf-, Anfahr- und Abfahrzeiten enthalten sein. Bei Anlagen zur Stromerzeugung mit Kraft-Wärme-Kopplung bezeichnet man mit Nutzungsgrad

oder Gesamtnutzungsgrad das Verhältnis der gesamten genutzten Energieabgabe (Summe von Strom- und Wärmeabgabe) zum Energieeinsatz, in Abgrenzung zum (elektrischen) Wirkungsgrad, bei dem nur die Stromabgabe berücksichtigt ist. Da der Nutzungsgrad auch durch den Wärmebedarf mitbestimmt wird und damit stark jahreszeitlich schwanken kann, wird zur Bewertung von Anlagen in der Regel der Jahresnutzungsgrad herangezogen. Zu beachten ist, dass der Nutzungsgrad für die Warmwasserbereitung mit fossilen Energieträgern besonders niedrig ist. Gerade bei gut gedämmten Häusern, bei denen der Heizenergieanteil niedriger ist, kann deshalb der Jahresnutzungsgrad sinken und lässt eine solare Warmwasserbereitung sinnvoll erscheinen.

Nutzwärme [kWh]

Wärme, die für eine Nutzung bereitsteht. Der Anteil der Endenergie, die nach allen Verlusten der Erzeugung, Speicherung, Verteilung und Übergabe im Raum zur Verfügung steht.

Ökobilanzierung

Die Ökobilanzierung rechnet auf Basis der Materialaufwendungen die Herstellung und Produktionsprozesse eines Produkts in Auswirkungen (z.B. Emissionen) um. Sie bezieht sich nicht nur auf Bauprodukte, sondern ist ein allgemeingültiges Verfahren. Sie kann auf jeden Prozess, zum Beispiel auf Dienstleistungen, Produktionsverläufe oder eine gesamte Wirtschaftseinheit wie ein Unternehmen, angewendet werden.

Ozonbildungspotential (POCP) [kg C₂H₄-Aquivalent]

Das Ozonbildungspotenzial POCP (Photochemical Ozone Creation Potential) [kg C,H,-Äquivalent] ist eine Größe zur Abschätzung der bodennahen Ozonbildung und wird auf die Wirkung von Ethen (C,H,) bezogen.

Peak - Oil

Das weltweite Ölfördermaximum – der so genannte Peak-Oil – bezeichnet den Scheitelpunkt, an dem die Hälfte aller konventionell förderbaren Erdölvorkommen erschöpft sein werden.

Photovoltaik

Photovoltaik bezeichnet die direkte Umwandlung von Strahlungsenergie vornehmlich Sonnenenergie – in elektrische Energie, also Strom.

Primärenergie [kWh]

Primärenergie beschreibt die Energie, die mit den natürlich vorkommenden Energieformen oder Energieträgern zur Verfügung steht.

[kWh/m²a]

Primärenergiebedarf Der Primärenergiebedarf benennt zusätzlich zu dem eigentlichen Energiebedarf des Systems den Energiebedarf der durch die vorgelagerte Prozessketten außerhalb der Systemgrenze bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung des Energieträgers entsteht (Primärenergie). Er beschreibt die Energieeffizienz und den ressourcenschonenden Umgang der Energienutzung. Zur Ermittlung der Energiebilanz wird der entsprechende Energiebedarf unter Berücksichtigung der beteiligten Energieträger mit einem Primärenergiefaktor multipliziert.

<u>Primärenergiefaktor</u> Die durch Gewinnung, Umwandlung und Transport eines Energieträgers entstehenden Verluste werden mittels eines Primärenergiefaktors erfasst und bei einer primärenergetischen Bewertung aufgeschlagen. Die Primärenergiefaktoren sind je nach Bilanzierungssystem und Land unterschiedlich.

Primärenergieinhalt

(PEI) [MJ]

<u>beziehungsweise</u>

[kWh]

Der Primärenergieinhalt (PEI) eines Baustoffs beschreibt den zur Herstellung und Nutzung des Materials notwendigen Aufwand an Energieträgern (Ressourcen). Dabei wird zwischen nicht erneuerbarer Primärenergie (Braunkohle, Steinkohle, Erdgas, Erdöl, Uran etc.) und erneuerbarer Primärenergie (Wasserkraft, Windkraft, Sonnennutzung durch Solarenergie oder Biomasse etc.) unterschieden.

Prozesswärme

Prozesswärme ist die Wärme, die für technische Prozesse und Verfahren genutzt wird. Prozesswärme entsteht normalerweise durch Verbrennungsprozesse oder elektrischen Strom; bestenfalls kann man Abwärme als Prozesswärme nutzen.

<u>Pufferspeicher</u>

Pufferspeicher dienen der kurzzeitigen Zwischenspeicherung von Wärmeenergie zur Überbrückung des ungleichen Tagesgangs des Wärmebedarfs oder der Wärmeerzeugung.

Relative Luftfeuchtigkeit Die relative Luftfeuchtigkeit wird in Prozent angegeben und bezeichnet das Verhältnis des momentanen Wasserdampfgehalts in einem System (Raum) zum maximal möglichen Wasserdampfgehalt.

Ressourcen

Ressourcen sind materielles oder immaterielles Gut. Im Bausektor sind meist diejenigen Mengen eines Rohstoffs gemeint, die mit den derzeitigen technischen Möglichkeiten gewonnen werden können.

Rohdichte [t/m³_bzw. kg/dm³_] Die Dichte eines Stoffs ist der Quotient aus der Masse und dem Volumen und wird in t/m³ beziehungsweise kg/dm³ angegeben. Die Rohdichte ist die Dichte von porigen Stoffen einschließlich des Porenvolumens (z.B. Porenbeton).

Schadstoffe

Schadstoffe sind Stoffe, die sich schädlich auf die Umwelt (Menschen, Tiere und Pflanzen) auswirken. Dazu zählen u.a. Kohlendioxid, Schwefeldioxid und Stickoxide. Kohlendioxid ist ein geruchs- und farbloses Gas, das bei jeder Verbrennung entsteht und für den Treibhauseffekt mitverantwortlich ist. Es kann ausschließlich durch Verringerung des eingesetzten Brennstoffs reduziert werden. Schwefeldioxid ist ein übelriechendes, hautreizendes und giftiges Gas. Es entsteht bei der Verbrennung schwefelhaltiger Brennstoffe (Kohle, Holz etc.). Es ist mitverantwortlich für den

sauren Regen (Waldsterben). Stickstoffdioxide sind Atemgifte und Verursacher des sauren Regens.

<u>Sekundärenergie</u> [kWh]

Sekundärenergie ist die nach der Umwandlung der Primärenergieträger in so genannte Nutzenergieträger verbleibende Energieform. Sekundärenergie zeichnet sich meist durch eine der folgenden Eigenschaften aus:

- gute Lagerfähigkeit (z.B. Koks, raffinierte Öle)
- gute Transportfähigkeit (z.B. elektrische Energie)
- hohe Energiedichte (z.B. Koks)
- einfache/billige Herstellung (Briketts).

Eine dieser Eigenschaften wird im Normalfall bevorzugt, abhängig von Ort und Verwendungszweck. Oft sind die Nebenprodukte der Herstellung von Sekundärenergie ebenso nutzbare Sekundärenergie (z.B. ist Gas bei der Benzinherstellung oder Wärme bei der Herstellung elektrischer Energie ein Nebenprodukt, das als Prozessgas oder Fernwärme weitergenutzt werden kann). Diese Nebenprodukte werden allerdings nicht immer genutzt.

Smart Grid

Der Begriff Smart Grid (intelligentes Stromnetz) umfasst die Vernetzung und Steuerung von Stromerzeugern (zentrale und dezentrale), Energielieferanten, Speichern und elektrischen Verbrauchern. Es ist einerseits durch einen zeitlich und räumlich einheitlicheren Verbrauch geprägt und steuert andererseits Erzeuger und Verbraucher, die nicht deckungsgleich sind. Durch intelligente Netze kann die Auslastung der Netze optimiert und teure Lastspitzen können vermieden werden. Ziel ist die Sicherstellung der Energieversorgung auf Basis eines effizienten und zuverlässigen Systembetriebs.

Solare Kühlung

Von einer solaren Kühlung wird gesprochen, wenn die Antriebswärme der Sorptionskältemaschine hauptsächlich durch den Einsatz solarthermischer Systeme erzeugt wird.

Solare Wärmegewinne [kWh/m²a]

Durch transparente Bauteile wie Fenster gelangt kurzwellige Sonnenstrahlung in das Gebäude, wird beim Auftreffen auf den Boden absorbiert und in langwellige Strahlung umgewandelt. Diese bleibt im Gebäude gefangen, da Glas für dieses Wellenspektrum undurchlässig ist (vergleiche Treibhauseffekt). Richtet sich nach Größe und Ausrichtung, dem Energiedurchlassgrad sowie der Verschattung und Verschmutzung der Fenster.

Solarer Deckungsanteil[%]

Prozentualer Anteil der vom Solarsystem nutzbar abgegebenen Energie am gesamten Wärmeenergiebedarf eines Gebäudes.

Solarkollektor

Hinter einer Glasscheibe befindet sich ein Absorber, bestehend aus dunkel beschichteten Metallblechen. Er absorbiert die Sonnenstrahlung und wandelt sie in langwellige Wärmestrahlung um. Damit diese nicht verloren geht, wird der Kollektor seitlich und unten gut gedämmt (Flachkollektor) oder in ein Vakuum gegeben (Vakuumröhrenkollektor). Die Wärme wird durch eine Flüssigkeit (frostbeständige Sole) in kleinen Röhrchen weitergeleitet, um schließlich mittels eines Wärmelauschers an einen Wasserspeicher abgegeben zu werden.

Solarspeicher

Speicher, der durch Sonnenenergie gespeist wird. Dient der Überbrückung von Schlechtwetterperioden und des Tagesgangs des Energiebedarfs.

Solarthermie

Umwandlung der Sonnenstrahlung in nutzbare Wärmeenergie. Solare Wärme wird durch einen Sonnenkollektor aufgenommen und zur Wassererwärmung beziehungsweise zur Unterstützung der Heizung in Gebäuden genutzt.

Sole

Salz-Wasser-Lösung, welche als Wärmeträger, z.B. in Wärmepumpen, zum Einsatz kommt.

Sorptionskältesysteme

Sorptionskältesysteme zählen zu den aktiven Kälteerzeugern. Sie nutzen das System der thermischen Kühlung, die meist solar erzeugt wird. Sorptionskältemaschinen bauen auf dem Prinzip der Verdunstungskühlung auf. Ein Kältemittel, das in einem geschlossenen Kreislauf zirkuliert, wird unter extremem Unterdruck bei niedriger Temperatur zum Verdampfen gebracht (Verdampfer).

sorptiv -> Sorption

Durch Sorption ist ein Baustoff in der Lage, Feuchtigkeit aus der Luft an seiner Oberfläche anzulagern. Die Aufnahme und Abgabe der Feuchtigkeit erfolgt in Abhängigkeit von der Luftfeuchte.

<u>Speicherkollektoren</u>

Flachkollektoren mit integriertem Warmwasserspeicher.

<u>Spezifische</u> <u>Wärmekapazität</u> [J/kgK] Die stoffspezifische Eigenschaft gibt die Energiemenge an, die benötigt wird, um 1kg eines Stoffs um 1K zu erwärmen. Die spezifische Wärmekapazität gibt das Speichervermögen eines Baustoffs an. Aufgrund ihres geringen Gewichts verfügen Dämmstoffe meist nur über eine geringe Wärmespeicherfähigkeit. Schwere Dämmstoffe wie Holzfaserdämmplatten (Rohdichte > 100 kg/m³) können in Bereichen, die zur Überhitzung neigen (z.B. ausgebaute Dachräume), durch ihr höheres Speichervermögen den sommerlichen Wärmeschutz verbessern.

Spezifischer Transmissionswärmeverlust Zur Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlusts wird die Summe der Wärmedurchgangsverluste aller Bauteile der Gebäudehülle gebildet. Hierfür wird der jeweilige U-Wert des Bauteils mit der am Gebäude verbauten Fläche und dem Temperaturkorrekturfaktor multipliziert. Wird diese Summe wiederum durch die Gesamthüllfläche dividiert, liegt als Ergebnis der durchschnittliche U-Wert des Gebäudes vor. Dieser Wert könnte damit auch als gewichteter U-Wert der gesamten Gebäudehülle bezeichnet werden. Die offizielle Bezeichnung lautet "spezifischer, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust". Bei Altbauten liegt dieser Wert oft über 1,00 W/m² K. Bei Neubauten muss je nach A/V-Verhältnis ein bestimmter Wert unterschritten werden, dieser liegt im Regelfall zwischen 0,50 und 0,60 W/m²K für frei stehende Häuser und Doppel-/Reihenhäuser.

Suffizienz

Suffizienz bezeichnet ein Maß für den energie- und ressourcenbewussten Konsum, dabei ersetzen einzelne Personen energieintensive Dienstleistungen durch solche mit geringem Energiebedarf und optimieren so ihr Konsumverhalten, zum Beispiel durch Videokonferenzen statt Flugreisen oder die Reduzierung der Wohnfläche pro Person.

Tageslicht

Tageslicht ist das – sichtbare – Licht der Sonne, also das natürliche Licht.

Tageslichtquotient

Der Tageslichtquotient ist ein Hilfsmittel zur Bewertung der Qualität der Tageslichtversorgung im Raum. Gesetzlich ist die Berechnung zur Energiebilanzierung nicht notwendig. Allerdings kann eine Berechnung von Vorteil sein, um die Energieeffizienz des Gebäudes zu steigern. Der Tageslichtquotient ist immer abhängig von der verfügbaren Beleuchtungsstärke im Außenraum und der tatsächlich verfügbaren Beleuchtungsstärke im Innenraum.

<u>Tandem- bzw. Tri-</u> pel Zellen

Diese Solarzellen bestehen aus zwei, beziehungsweise drei Dünnschichten, die übereinander auf das Substrat aufgebracht werden. Jede Schicht ist für ein bestimmtes Lichtspektrum optimiert.

Thermische Energie

Thermische Energie ist die Energie, die in der ungeordneten Bewegung der Atome oder Moleküle eines Stoffs gespeichert ist. Sie ist eine Zustandsgröße und Teil der inneren Energie. Die thermische Energie wird im SI-Einheitensystem in Joule (Einheilenzeichen: J) gemessen. Umgangssprachlich wird die thermische Energie etwas ungenau als Wärme oder Wärmeenergie bezeichnet oder auch mit der Temperatur verwechselt. Eine Wärmezufuhr steigert die mittlere kinetische Energie der Moleküle und damit die thermische Energie, eine Wärmeabfuhr verringert sie. Kommen zwei Systeme mit unterschiedlichen Temperaturen zusammen, so gleichen sich ihre Temperaturen durch Wärmeaustausch an. Dabei fließt jedoch ohne zusätzliche Hilfe niemals thermische Energie vom System niedrigerer Temperatur in das System höherer Temperatur.

Transmission

Transmission bezeichnet den Wärmedurchgang durch ein Bauteil durch Strahlung und Konvektion an den Oberflächen. Er wird aus dem U-Wert und der Fläche des Gebäudes errechnet.

Transmissionswärmeverluste Ht' [kWh/a]

Transmissionswärmeverluste werden auch Wärmedurchgangsverluste genannt. Sie umfassen die Menge an Energie, die durch den Temperaturunterschied von innen nach außen durch die gesamte Gebäudehülle transmittiert. Das Bauteil setzt dabei dem Wärmedurchgang einen Widerstand entgegen. Diese Fähigkeit wird mit dem Wärmedurchgangskoeffizienten oder kurz U-Wert des Bauteils ausgedrückt.

Treibhauseffekt

Der Treibhauseffekt bewirkt umgangssprachlich die Erwärmung eines Planeten durch Treibhausgase und Wasserdampf in der Atmosphäre. Ursprünglich wurde der Begriff verwendet, um den Effekt zu beschreiben, durch den hinter Glasscheiben oder im Innenraum eines verglasten Gewächshauses die Temperaturen ansteigen, solange die Sonne darauf scheint. Heute fasst man den Begriff viel weiter und bezeichnet den atmosphärischen Wärmestau der von der Sonne beschienenen Erde als atmosphärischen Treibhauseffekt, da die physikalischen Grundlagen beider Vorgänge ähnlich sind.

Treibhauspotential

Das Treibhauspotential beschreibt die Emission von Gasen, die zum Treibhauseffekt beitragen. Durch sie wird die von der Erde abgestrahlte Infrarotstrahlung reflektiert und teilweise zur Erdoberfläche zurückgestrahlt. Dieser auch natürlich stattfindende Prozess wird durch die Anreicherung dieser Gase in der Troposphäre verstärkt, die für die globale Erwärmung verantwortlich sind. Das Treibhauspotential fasst alle Gase im Verhältnis der Wirkung von Kohlendioxid zusammen. Da die Verweildauer der Gase in der Troposphäre je nach Gas unterschiedlich ist, wird der betrachtete Zeithorizont mit angegeben. Dieser ist üblicherweise 100 Jahre, kann aber auch 50 oder 20 Jahre betragen. Das (relative) Treibhauspotenzial (engl: Global Warming Potential, Greenhouse Warming Potential oder GWP) oder auch CO₂-Äquivalent (als Vergleichswert dient immer CO₂) gibt an, wie viel eine festgelegte Menge eines Treibhausgases zum Treibhauseffekt beisteuert.

U-Wert [W/m² K]

Der U-Wert ist der Wärmedurchgangskoeffizient (früher: k-Wert). Der U-Wert bezeichnet eine stoff- und bauteilspezifische Eigenschaft, er ist das Maß für die Wärmedämmfähigkeit eines Bauteils und gibt an, welche Wärmemenge durch 1 m² Wandfläche strömt, wenn sich die Lufttemperatur auf den beiden Wandseiten um 1 Kelvin unterscheidet. Die Einheit des U-Werts ist demnach W/m² K. Je kleiner der U-Wert, desto niedriger die Wärmeleitung und desto besser der Wärmeschutz. Unterschiedliche Konstruktionen lassen sich so hinsichtlich ihrer Wärmedämmeigenschaften direkt vergleichen.

<u>Vakuum-Isolations-</u> <u>Paneel</u> (VIP)

Bei einem Vakuum-Isolations-Paneel handelt es sich um eine hoch effiziente Wärmedämmung. Das Prinzip ähnelt dem einer Thermoskanne, durch das Vakuum im Innern des Paneels wurde das wärmeleitende Medium Luft entfernt und so der Wärmetransport in Form von Konvektion und Wärmeleitung drastisch reduziert. VIPs bestehen im Kern aus offenporigen Materialien (z.B. Kieselsäure). Die wärmedämmenden Eigenschaften sind im Vergleich zu herkömmlichen Dämmstoffen zirka 5-10-mal besser. Nachteil ist der erhöhte Planungsaufwand, um die Paneele möglichst passgenau vorzufertigen, eine Anpassung vor Ort ist nicht möglich.

<u>Vakuumröhrenkol-</u> lektoren

Vakuumröhrenkollektoren sind Teil einer solarthermischen Anlage und dienen zur Bereitstellung von warmem Wasser. Sie bestehen aus nebeneinander liegenden Glasröhren mit einem Durchmesser von je 65 bis 100 mm, die selektiv beschichtete Absorber beinhalten.

Versauerung

Versauerung (Acidification Potential) [kg SO,-Äquivalent] entsteht überwiegend durch die Umwandlung von Luftschadstoffen in Säuren. Daraus resultiert eine Verringerung des pH-Werts von Niederschlag.

<u>Versauerungspo-</u> tential

Das Versauerungspotenzial ist einer der wichtigsten Umweltindikatoren. Durch die Verringerung des pH-Werts im Niederschlag nehmen Boden, Gewässer, Lebewesen und Gebäude Schaden. Das Versauerungspotenzial wird in Schwefeldioxid Äquivalenten angegeben.

Sekundäre Effekte, die sauren Regen an Gebäuden sichtbar machen, sind unter anderem erhöhte Korrosion an Metallen oder die Zersetzung von Naturstein.

<u>Virtuelles Kraft-</u> werk

Das virtuelle Kraftwerk beschreibt den Zusammenschluss von kleinen, dezentralen Kraftwerken, wie beispielsweise von Photovoltaik-Anlagen, Kleinwasserkraftwerken und Biogasanlagen, kleinen Windenergieanlagen und Blockheizkraftwerken kleinerer Leistung zu einem gemeinsam steuerbaren Verbund.

Volumenstrom V [m³/h]

Volumenstrom ist die Bezeichnung für die Menge eines Volumens, welches in einer Zeiteinheit strömt, z.B. ein Luftvolumenstrom einer Lüftungsanlage. Er sollte optimalerweise nach dem hygienischen Minimum ausgelegt werden.

Vorlauftemperatur

Temperatur des warmwasserführenden Rohrs eines Heizkreises.

Warmwasserspeicher (WWS)

Es gibt verschiedene Arten von Warmwasserspeichern (z.B. Schichtladespeicher). Ihnen allen gemeinsam ist, dass sie ständig (im Gegensatz zum Durchlauferhitzer) warmes Wasser vorhalten.

Wärmebrücken $[W/m^2 K]$

Wärmebrücken stellen lokale Schwächungen des Wärmeschutzes des Regelaufbaus eines Bauteils dar und können punktuell, linienförmig oder flächig sein. Man unterscheidet geometrische (Außenecken), konstruktive (Durchdringungen wie eingebundene Balkonkragplatten, Bauteilstöße) und stoffliche Wärmebrücken.

<u>derstand</u> $[m^2K/W]$

Wärmedurchlasswi- Der Wärmedurchlasswiderstand ist der Kehrwert des U-Werts. Er gibt den Widerstand an, den ein Bauteil dem Wärmestrom bei einer Temperaturdifferenz von 1 Kelvin auf einer Fläche von 1 m2 entgegensetzt. Je größer der Wärmedurchlasswiderstand, desto besser sind die wärmedämmenden Eigenschaften des betrachteten Bauteils.

Wärmeleitfähigkeit [W/mK]

Die Wärmeleitfähigkeit, auch Wärmeleitzahl, ist eine Stoffeigenschaft. Die Wärmeleitfähigkeit eines Stoffs gibt an, welche Wärmemenge in der Zeit t und bei einem Temperaturunterschied T durch die Fläche A strömt.

Wärmequellen

Jedes Objekt, das in einer Form (Strahlung, Konvektion) Wärme abgeben kann, nennt man Wärmequelle. Dies kann sich im Winter positiv als Wärmegewinn oder aber auch im Sommer negativ als Wärmelast auswirken.

Wärmerückgewinnung

Wärmerückgewinnung (WRG) ist ein Sammelbegriff für Verfahren zur Wiedernutzbarmachung der thermischen Energie eines den Prozess verlassenden Massenstromes. Grundsätzliches Ziel der Wärmerückgewinnung ist die Minimierung des Primärenergieverbrauchs. Dabei stehen neben den energiewirtschaftlichen Bedürfnissen auch ökologische Forderungen im Vordergrund. Die Wärmerückgewinnung hat die Eigenschaft einer regenerativen Energie.

<u>nungsgrad</u>

Wärmerückgewin- Der Wärmerückgewinnungsgrad gibt die Effizienz des Wärmetauschers, zum Beispiel in einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung an. Er ist als Wirkungsgrad ein wichtiger Parameter bei der energetischen Betrachtung der gesamten Haustechnik.

Wärmeträger

Flüssigkeiten oder Luft, die die Aufgabe haben, Wärme vom Kollektor zum Speicher zu transportieren, werden als Wärmeträger bezeichnet. In Solaranlagen kommt meist ein Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel zum Einsatz, damit der Kollektor im Winter nicht einfriert.

koeffizient [W/m²K]

Wärmeübergangs- Der Wärmeübergangskoeffizient, auch Wärmeübergangszahl oder Wärmeübertragungskoeffizient genannt, ist ein Proportionalitätsfaktor, der die Intensität des Wärmeübergangs an einer Grenzfläche bestimmt. Der Wärmeübergangskoeffizient in W/(m²K) ist eine spezifische Kennzahl der Anordnung eines Materials zu einer Umgebung. Je höher der Wärmeübergangskoeffizient, desto schlechter ist die Wärmedämmeigenschaft der Stoffgrenze. Sein Kehrwert ist der Wärmeübergangswiderstand RS in (m²K)/W.

Watt (peak) [kWp]

Peak bedeutet Spitzenleistung. Mit Watt (peak) wird die Spitzenleistung von Photovoltaik-Modulen beschrieben. Hierfür wird unter genormten Bedingungen das Photovoltaik-Paneel einer senkrecht auftreffenden Strahlung von 1000 Watt ausgesetzt. Die dann als Strom gelieferte Leistung des Paneels wird als dessen Norm-Leistung festgehalten und als Watt(peak) oder eben W_p, bezeichnet. Die Summe aller Paneele einer Anlage ergibt so eine Normleistung der gesamten Anlage, diese liegt im Bereich des Wohnungsbaus meist bei einigen kW_p. Für 1 kW_p, müssen zirka 8 m² Photovoltaik verlegt werden (bei einem Wirkungsgrad von 12,5 Prozent). Die Spitzenleistung sagt noch nichts über den Ertrag der Anlage aus. Pro kW_p können in sonnigeren Gegenden über 1000 kWh, in Gebieten mit Hochnebel auch unter 600 kWh Ertrag erwartet werden.

Wirkungsbilanz

Auf die Sachbilanz folgt in der Ökobilanz die Aufstellung der Wirkungsbilanz. Sie weist allen Stoff- und Energieumwandlungsprozessen der Sachbilanz einzelne Emissionen zu. Zur besseren Auswertung werden die verschiedenen Emissionsarten zu Gruppen ökologischer Wirkungskategorien (z.B. Beitrag zum Treibhauseffekt) zusammengefasst. Darüber werden sogenannte Äquivalente ermittelt, die im Verhältnis zu einem Leitschadstoff die Wirkung aller beteiligten Schadstoffe ausweisen. Es stehen dabei über 30 verschiedene Leitschadstoffe als Bezugspunkte zur Verfügung. Sind aus der Sachbilanz keine prozessspezifischen Daten verfügbar, so kann der Bilanzierende auf vergleichbare Prozesse aus Datenbanken zurückgreifen. Solche Austauschprozesse sind im Sinne der Nachvollziehbarkeit der Ökobilanz auszuweisen.

Wirkungsgrad [%]

Wirkungsgrad gibt das Verhältnis von abgegebener Leistung zu zugeführter Leistung im optimalen Betriebszustand an. Als Wirkungsgrad eines Umwandlungsprozesses, z.B. in Kraftwerken oder Heizanlagen, bezeichnet man das Verhältnis der erzielten nutzbaren Energien zu der für den Umwandlungsprozess eingesetzten Energien.

Wirkungsgrad einer Solarzelle bzw. eines Moduls

Der Wirkungsgrad gibt an, wie viel Prozent der eingestrahlten Lichtmenge in nutzbare elektrische Energie umgewandelt werden.

Zuluftkühlung

Genauso, wie ein Gebäude über die Zuluft geheizt werden kann, kann es auch, z.B. über eine Kompressionskältemaschine, im Sommer über die Zuluft gekühlt werden.

WEITERE BEZEICHNUNGEN

Niedrigenergiehaus

Der Begriff Niedrigenergiehaus wird meist zur Bezeichnung von Häusern mit höherwertigem energetischen Gebäudestandard im Vergleich zu den gesetzlichen Anforderungen verwendet. Niedrigenergiehäuser können mit dem Label Minergie und Minergie-P ausgezeichnet werden. Der Niedrigenergiestandard fokussiert auf die Reduzierung des Energiebedarfs von Gebäuden, er stellt Anforderungen an die Gebäudehülle, die Frischluftzufuhr, sowie die Art der Energieerzeugung.

Passivhaus

Das Passivhaus ist ein Gebäude, das im Prinzip keiner klassischen Heizungsanlage (aktive Heizung) mehr bedarf, indem die Wärmeerzeugung ausschliesslich über nutzungsbedingte Wärmegewinne (passive Heizung) generiert wird. Um auf ein klassisches Heizsystem tatsächlich verzichten zu könne, muss das Passivhaus als Wohnhaus vor allem die Wärme bewahren. Dies wird zunächst durch eine sehr kompakte Form und die Vermeidung von Wärmebrücken in der Konstruktion erreicht. Zusätzlich müssen Aussenwände, Fenster, Dach und Bodenplatte über sehr gute Dämmstandards verfügen. Hier sind je nach Dämmstoff in den Wand- und Dachflächen Dämmstärken von mehr als 20cm einzurechnen (eher 30cm, unter Umständen bis zu 50cm). Eine Lüftungsanlage sorgt für den notwendigen Luftaustausch und bewahrt dabei die vorhandene Raumwärme. Wegen der hohen Qualität der Gebäudehülle heizt sich der Innenraum des Passivhauses bereits durch die internen Wärmegewinne von Personen, Geräten und Beleuchtung. Gezielt geplante grosse Fensteröffnungen im Süden ermöglichen eine weitere solare Erwärmung des Innenraums und reduzierte Flächen im Norden verringern Verluste. Ein auf diese Weise optimiertes Gebäude muss nur bei sehr niedrigen Temperaturen über eine Notheizung durch extern zugeführte Energie beheizt werden.

Aktiv-Haus

Der Aktivhaus-Standard legt das Augenmerk über Energieeffizienzstandards hinaus auf Raumklimaqualitäten und durch das Gebäude verursachte Umwelteinflüsse. Als Kenngrösse dient der Primärenergiebedarf, in dem der Energiebedarf sämtlicher Elemente des Gebäudebetriebs wie Heizung, Warmwasseraufbereitung, Haushaltsgeräte und Beleuchtung, sowie die Nutzung selbsterzeugter Energien erfasst werden. Das Versorgungskonzept des Gebäude beruht rein auf erneuerbaren Energiequellen. Diese können entweder über Technologien die am Gebäude oder auf dem Grundstück verortet sind, erschlossen, oder über ein öffentliches Netz bezogen werden. Darüber hinaus soll das Gebäude über ein einfach zu bedienendes Gebäudemanagementsystem für den Nutzer gut zu regeln sein. Der Fokus liegt auf der Reduktion des Primärenergiebedarfs durch aktive Nutzung regenerativer Energiequellen, wie die Umwandlung der Sonnenstrahlung, der Umgebungswärme oder der Erdwärme.

Low-Ex-Haus

Das Konzept des Low-Ex (Abkürzung für Low-Exergy) folgt dem Grundsatz, dass nicht der Energieverbrauch eines Gebäude der relevante Faktor bezogen auf die Umweltbelastung darstellt, sondern die Menge an Energie, welche dem Gebäude in Form von Strom, Wärme oder fossilen Energieträger zugeführt werden muss (Exergie). Ein Low-Ex-Haus nutzt daher Energiequellen der unmittelbaren Umgebung wie Sonnenstrahlung, Umgebungswärme oder der Erdwärme (Anergie). Die Summe von Exergie und Anergie ergibt die Nutzenergie des Gebäudes. Zur Minimierung der Exergie setzt die optimale Nutzung von Wärmequellen in der Umgebung voraus. Die Reduzierung des Energiebedarfs des Gebäudes trägt ebenfalls zur Minimierung der Exergie bei. Das Low-Ex-Prinzip ist auch in der Idee des Aktiv-Hauses enthalten.

Nullemissions-Haus

Nullemission baut auf der Idee des Low-Ex auf, den Exergie-Anteil der Energieversorgung des Gebäudes möglichst zu minimieren. Wird nun zusätzlich die benötigte Exergie emissionsfrei produziert, etwa durch den Einsatz von Photovoltaikpaneelen in einem Nullenergiehaus, kann der Betrieb des Gebäudes gänzlich emissionsfrei gestaltet werden.

Nullenergie-Haus

Ein Nullenergiehaus produziert im Jahresmittel so viele Kilowattstunden Energie, wie das Haus und seine Bewohner insgesamt an Heizenergie, Warmwasser und Strom verbrauchen. Die Jahresenergiebilanz beträgt somit null. Das Minergie-A Label entspricht dem Nullenergiehaus.

Energieplus-Haus

Energieplushäuser sind grundsätzlich Energieüberschusshäuser. Häuser mit dem Attribut "plus" produzieren im Jahresmittel mehr Kilowattstunden Energie, als sie und ihre Bewohner verbrauchen. Die Jahresenergiebilanz ist also negativ. Heizwärme und Strom sollten dabei über regenerative Energiequellen wie Photovoltaik, Solaranlagen oder Wärmepumpen gewonnen werden. Allerdings lässt sich beispielsweise Strom nicht kontinuierlich über Photovoltaik erzeugen, weil die Sonne als Energiequelle nicht immer in gleichem Ausmass zur Verfügung steht. Obschon im Jahresmittel ein Energieüberschuss resultiert, ist daher sind ein Netzanschluss und der Bezug von Strom aus dem öffentlichen Stromnetz erforderlich. Das Minergie-A Label entspricht dem Null- und Plusenergiehaus.

Energieautarkes Haus

Ein energieautarkes Haus ist völlig unabhängig von fremden Energiequellen und benötigt daher keinen Anschluss an das öffentliche Stromnetz. Es versorgt sich ausschliesslich selber mit Energie, beispielsweise durch Erdwärme und Photovoltaik. Das Konzept stellt sehr hohe Anforderungen an die Gebäudetechnik. Da kein Netzanschluss besteht und die Eigenenergieversorgung jeweils saisonalen Schwankungen ausgesetzt ist, muss die gewonnene Energie in Form von elektrischem Strom oder Wärme in irgendeiner Form gespeichert werden. Im Unterschied zu Null- und Plusenergiehäusern müssen bei energieautarken Häusern auch saisonale Schwankungen in der Energieversorgung aufnehmen können.



Der vertikale Erdkilometer, Walter de Maria, Kassel 1977

KENNWERTE, NÄHERUNGEN, GRÖSSENORDNUNGEN

Co2 Ausstoss pro Kopf CH

Treibhausgas-Ausstoss in der Schweiz von 5,6 t pro Kopf (davon CO2: 4,5 t), mit ausländischen Importgütern: 14t CO2-eq im Jahr 2015

Schwellenwert (ableitbar von der planetaren Belastbarkeitsgrenze):

0,6 t bis Ende des Jahrhunderts, 1 - 1.5 t bis 2050

Energieverbrauch pro Kopf CH

Bruttoenergieverbrauch pro Kopf und Jahr Schweiz 37 500 kWh

http://www.enersol.ch/uploads/files/Warme/EnergieSchweiz-Factsheet-Energieverbrauch-D%202014.pdf

Stromverbrauch pro Kopf und Jahr Schweiz

Im Jahr 2015 wurden in der Schweiz 7'033 kWh Strom pro Kopf der Bevölkerung konsumiert

https://www.eda.admin.ch/aboutswitzerland/de/home/wirtschaft/energie/energie---fakten-und-zahlen.html

Bevölkerung

Schweiz: 8.54 Mio.

Welt: 7.7 Mia.

https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bevoelkerung.html

https://www.br.de/themen/wissen/weltbevoelkerung-bevoelkerungswachstum-menschen-erde-welt-100.html

Emissionen Photovoltaikanlage

Die Emissionen, die bei der Produktion einer Photovoltaikanlage freigesetzt werden, machen etwa 70-90g CO2 pro produzierter Kilowattstunde (kWh) Solarstrom aus.

Energy-Payback-Time (energetische Amortisationszeit einer Photovoltaikanlage) bei multikristallinen Modulen beträgt ca. 3,6 Jahre.

https://www.wegatech.de/ch/ratgeber/photovoltaik/grundlagen/co2-bilanz-photovoltaik/

Die Herstellung aller Komponenten eines in Europa hergestellten Photovoltaik-Moduls (PV-Modul) erfordert graue Energie von 887 kWh/m2.

https://www.eb-region-winterthur.ch/graue-energie-von-pv-modulen/

Nutzenergie von 1 Liter Öl entspricht ca. 1 m³ Gas entspricht ca. 10 kWh (\triangleq 10'000 Wh \triangleq 36 MJ)

vgl. Primärenergie S. 155

BIBLIOGRAPHIE UND WEITERFÜHRENDE LITERATUR

David Benjamin [Hrsg.], Embodied Energy and Design, New York 2016.

Mary Guzowski, Towards Zero Energy Architecture – New Solar Design, London 2010.

Energie Schweiz, Bundesamt für Energie BFE [Hrsg.], Solare Architektur – Jetzt und für die Zukunft, Bern 2019.

Faktor - Architektur, Technik, Energie, Zürich 2008 - 2019.

Sebastian El khouli, Viola John, Martin Zeumer, Nachhaltia konstruieren, Freiburg 2014.

Roberto Gonzalo, Rainer Vallentin, Passivhäuser entwerfen, München 2013.

Marcel Hänggi, Wir Schwätzer im Treibhaus, Zürich 2008.

Marcel Hänggi, Null Öl. Null Gas. Null Kohle, Zürich 2018.

Manfred Hegger, Caroline Fafflok, Johannes Hegger, Isabell Passig, Aktivhaus, das Grundlagenwerk, München 2013

Roland Krippner [Hrsg.], Building-Integrated Solar Technology, München 2017.

José María de Lapuerta, Javier García-German, Housing and Climate 1999 - 2019, Valencia 2019.

Hansjürg Leibundgut, LowEx Building Design - für eine ZeroEmission Architecture, Zürich 2011.

Dennis Meadows, Die Grenzen des Wachstums - Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit, Stuttgart

Mathias Plüss, Tun sie was! Eine Anleitung von A bis Z zur Rettung der Welt, in: Das Magazin Nr.13, S.4-25, Zürich 2019.

Jorgen Randers, 2052. Der neue Bericht an den Club of Rome – Eine globale Prognose für die nächsten 40 Jahre, München 2012.

Bettina Rühm, Energieplushäuser – nachhaltiges Bauen für die Zukunft, München 2013.

Solaragentur Schweiz [Hrsg.], Schweizer Solarpreis, Genf, 2010 - 2019.

Solaris, Heftreihe von Hochparterre für Solararchitektur, Zürich 2019.

Bernd Sommer, Harald Welzer, Transformationsdesign – Wege in eine zukunftsfähige Moderne, München 2017.

Gianrico Settembrini & Urs-Peter Menti, Das Klima als Entwurfsfaktor Architektur und Energie bei Wohn- und Bürogebäuden, Luzern 2014.

David Wallace-Wells, Die unbewohnbare Erde, München 2019.

Harald Welzer, Selbst denken - eine Anleitung zum Widerstand, Frankfurt am Main 2014.

Harald Welzer, Alles könnte anders sein – eine Gesellschaftsutopie für freie Menschen, Frankfurt am Main 2019.

Towards Zero-Emission Architecture ETH-Konferenz 2010:

https://video.ethz.ch/conferences/2010/zero-emissions

Energietechnik

Aus Klimagas wird Treibstoff:

https://www.tagesanzeiger.ch/wissen/technik/aus-klimagas-wird-treibstoff/story/23169220

Wald - und Waldbrände:

https://ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2019/07/

wie-baeume-das-klima-retten-koennten.html

https://www.nzz.ch/wissenschaft/forscher-beobachten-beispiellose-waldbraende-in-der-arktis-ld.1498367

Die Grosse Überforderung

https://www.republik.ch/2019/08/24/die-grosse-ueberforderung?utm_source=newsletter&utm_ medium=email&utm_campaign=republik%2Fnewsletter-editorial-nl-2408

Nützliche Links:

https://www.bauteilkatalog.ch

https://www.eco-bau.ch

https://www.energieschweiz.ch/page/de-ch/solarrechner

https://www.kbob.admin.ch/

https://www.ubakus.de/berechnung/waermebedarf/

BRANDSCHUTZ **FLUCHTWEGE**

Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen: www.vkf.ch

BRANDSCHUTZNORM:

www.praever.ch/de/bs/vs/norm/Seiten/1-15_web.pdf

Auszug aus den Brandschutzrichtlinien: **FLUCHT- UND RETTUNGSWEGE:** www.praever.ch/de/bs/vs/richtlinien/Seiten/16-15_web.pdf

«Stoff-Wechsel» Nullenergie- und Nullemissionshäuser in der Stadt, September 2019

Annette Gigon, Kathrin Sindelar, Regula Zwicky, Moritz Holenstein, Jonathan Schneckenburger Mit Unterstüzung von Prof. Dr. Arno Schlüter und Prof. Dr. Guillaume Habert Druck: Druckzentrum ETH Hönggerberg