Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE

UMWELTWIRKUNGEN VON ENERGIESTANDARDS

PERSPEKTIVEN FÜR DEN GEBÄUDEPARK SCHWEIZ

Zusammenfassung

Ausgearbeitet durch
econcept AG, Reto Dettli, Martin Baur, Daniel Philippen
Lavaterstrasse 66, 8002 Zürich, econcept@econcept.ch, www.econcept.ch
ESU-Services GmbH, Rolf Frischknecht, Mireille Faist Emmenegger
Kanzleistrasse 4, 8610 Uster, frischknecht@esu-services.ch, www.esu-services.ch

Begleitgruppe:

Die Arbeiten wurden von einer Begleitgruppe fachlich begleitet. Den Mitgliedern sei an dieser Stelle herzlich gedankt!

M. Zimmermann	EMPA / REN (Auftraggeber)
H. Bürgi	Minergie (bis Sommer 06)
A. Binz	Fachhochschule beider Basel FHBB / Minergie
C. Gmür	AWEL Kanton Zürich
L. Gutzwiller	BFE, Energiewirtschaftliche Grundlagen
H. Preisig	Projektleiter SIA Effizienzpfad Energie

Impressum

Datum: Dezember 2006

Im Auftrag des Bundesamt für Energie, Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen

Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. +41 31 322 56 11, Fax +41 31 323 25 00

www.bfe.admin.ch

BFE-Projektleiter: M. Zimmermann, mark.zimmermann@empa.ch

Projektnummer: 101 305

Bezugsort der Publikation: www.energieforschung.ch

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die AutorInnen dieses Berichts verantwortlich.

Zusammenfassung

Rahmen der Arbeit

Das vorliegende Projekt "Umweltwirkungen von Energiestandards - Perspektiven für den Gebäudepark Schweiz" ist Teil des Forschungs-, Pilot- und Demonstrationsprogramms "Rationelle Energienutzung in Gebäuden" des Bundesamtes für Energie.

Energiestandards und Umweltwirkungen

Die Arbeit untersucht das Zusammenwirken von Energiestandards mit der Entwicklung des Gebäudeparks und quantifiziert die resultierenden Umweltauswirkungen mit Hilfe von Ökobilanzierungen. Berücksichtigt wird der ganze Lebenszyklus der Bauten, d.h. die baulichen Aufwendungen, der Betrieb sowie die Entsorgung bzw. der Rückbau.

Anforderungen formulieren

Basierend auf den Ergebnissen der Ökobilanzen werden die nötigen Anforderungen an zukünftige Standards für Neubauten sowie für Umbauten/Sanierungen formuliert. Hierfür wird auf zu erreichende Ziele für die Umweltauswirkungen des Gebäudeparks Schweiz Bezug genommen.

Systemgrenzen der Ökobilanzen

Als Systemgrenze für die Ökobilanzen wird das einzelne Gebäude mit vor- und nachgelagerten Prozessschritten (z.B. Graue Energie, Umweltbelastung von Erneuerung), Energie für Heizen und Warmwasser sowie übrigen Betriebsenergien gewählt.

Energiestandards, Energiesysteme und Indikatoren

Es werden folgende Energiestandards, Energiesysteme und Indikatoren unterschieden:

Energiestandards

- Energiestandards für Neubauten und Sanierungen:
  - SIA 380/1 Grenzwerte
  - MuKEn Modul 2 (nur Neubauten)
  - Minergie
  - Minergie-P

Energiesysteme

- Energiesysteme:
  - Heizöl
  - Heizöl / Solar
  - Erdgas / Solar
  - Wärmepumpen (mit unterschiedlichem Strommix)

- Holzpellets
- Stückholz / Solar

Indikatoren

➢ Indikatoren:
- Von aussen dem Gebäude zugeführte Endenergie
- CO_2 -Emissionen und CO_2 -Äquivalente (GWP 100 a)
- Kumulierter Energieaufwand, nicht erneuerbar (KEA)
- Umweltbelastungspunkte 2006 (UBP 06, provisorische UBP)
- Eco-indicator '99 (H,A) (EI'99 (H,A))

Der Endenergiebedarf der einzelnen Standards ist am Beispiel eines Einfamilienhaus-Neubaus (EFH-Neubau) in Abbildung 1 dargestellt. Die Vorgaben der Energiestandards differieren nach eingesetztem Energiesystem, was zu den teils grossen Unterschieden zwischen den Energiesystemen innerhalb eines Energiestandards führt.

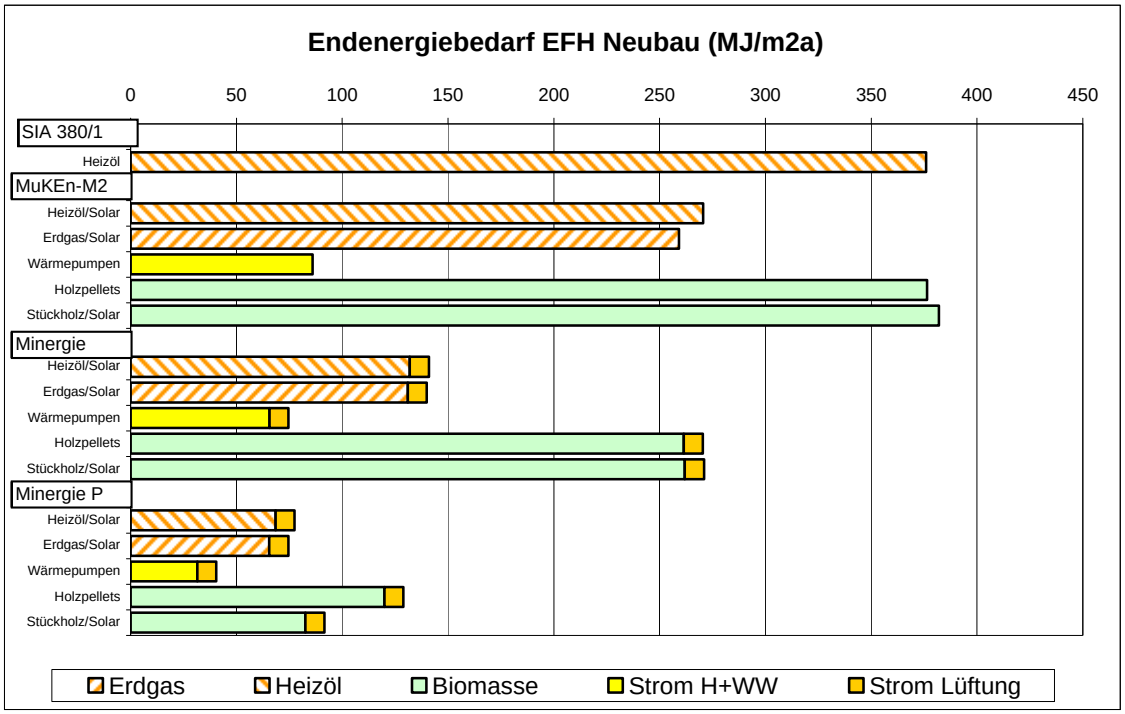

Abbildung 1: Endenergiebedarf des untersuchten Einfamilienhauses (Neubau) in Megajoule pro Quadratmeter Energiebezugsfläche und Jahr.

Auswirkungen Energiesystem auf Wärmeschutz

Die unterschiedlichen Vorgaben der Energiestandards bezüglich der zulässigen Energieverbräuche bei verschiedenen Energiesystemen führen bei Gebäuden mit Wärmepumpen- und mit Holzheizungen zu

einem gegenüber fossil beheizten Gebäuden reduzierten Wärmeschutz und somit generell zu einem höheren Heizenergiebedarf.

Eingesetzte Ökobilanzmethoden

Die verwendeten Ökobilanzierungsmethoden lassen sich wie folgt charakterisieren:

- Beim Kumulierten Energieaufwand, nicht erneuerbar (KEA) werden die fossilen (Öl, Gas) und nuklearen (Uran) Primärenergieressourcen für die Bereitstellung der Endenergie berücksichtigt. *Kumulierter Energieaufwand, nicht erneuerbar*

- Treibhausgas-Emissionen (GWP 100a): Für diejenigen Substanzen, welche zur Klimaänderung beitragen, wird das Treibhauspotential („global warming potential", GWP) als Wirkungsparameter beigezogen. In dieser Studie wird das Treibhauspotential auf 100 Jahre Integrationszeit berechnet. *Treibhauspotential*

- Die Methode Eco-indicator '99 beruht auf dem Konzept der Schadensmodellierung. Die Schutzgüter, deren Beeinträchtigungen mit Hilfe einer Ökobilanz hier quantifiziert werden, sind Humangesundheit, Ökosystemqualität und Ressourcenentwertung. *Eco-indicator '99*

- Die Bewertung mit Umweltbelastungspunkten (UBP 06) (Methode der ökologischen Knappheit) beruht auf dem Prinzip „Distance-to-target". Zur Gewichtung werden einerseits die gesamten gegenwärtigen Flüsse einer Umwelteinwirkung (z.B. Stickoxide) und anderseits die im Rahmen der umweltpolitischen Ziele als maximal zulässig erachteten (kritischen) Flüsse derselben Umwelteinwirkung verwendet. Sowohl kritische wie auch aktuelle Flüsse sind in Bezug auf schweizerische Verhältnisse definiert. *Umweltbelastungspunkte 2006*

Übersicht der Ergebnisse

In Abbildung 2 werden am Beispiel EFH Neubau die Umweltwirkungen der einzelnen untersuchten Varianten und Standards verglichen. Es ist zu beachten, dass bei den Neubauten der Anteil des Rohbaus des Gebäudes in den Umweltwirkungen enthalten ist. Er wird in der Graphik separat aufgeführt um die Grössenordnung zu verdeutlichen. Die Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

Niedrigenergiestandards führen teilweise nur in geringem Masse zu tieferen Umweltwirkungen

Die Energiestandards unterscheiden sich deutlich bezüglich des Indikators KEA (nicht erneuerbare Energien). Die Niedrigenergiestandards weisen mit abnehmendem Energiebedarf auch abnehmende Umweltwirkungen auf. Beim Indikator UBP beträgt die Reduktion für Minergie-P Bauten jedoch nur ca. 40% - 55% des Werts der Referenzvariante SIA 380/1. Dies bedeutet, dass bezüglich der provisorischen Umweltbelastungspunkte 2006 (UBP 06) ein neu erstelltes Minergie-P-Gebäude nur wenig besser ist als ein Gebäude nach MuKEn Modul 2 (MuKEn-M2). Dies ist auf den hohen Anteil der Umweltbelastungen durch den Rohbau sowie die Umweltbelastung der zusätzlichen energietechnischen Massnahmen (vor allem Wärmedämmung, Materialaufwand Lüftung sowie Elektrizitätsbedarf Lüftung) zurückzuführen.

Bei Minergie-P ist die Wahl des Heizsystems sekundär

Der Minergie-P-Standard wird unabhängig vom Heizsystem innerhalb einer Bewertungsmethode ähnlich gut bewertet. Bei den untersuchten Varianten ist die Wahl des Heizsystems bei einem Minergie-P-Gebäude demnach von untergeordneter Bedeutung für dessen Umweltwirkungen. Dies ist auf die geringen Umweltbelastungen des Energieverbrauchs im Vergleich zu denjenigen der energietechnischen Massnahmen (inkl. Betriebsstrom für die Lüftung) zurückzuführen. Es ist zu beachten, dass die Abnahme der Umweltbelastung durch Niedrigenergiestandards bei den UBP deutlich geringer ist als bei den anderen Bewertungsmethoden.

Fossile Varianten werden ähnlich bewertet

Bei den fossilen Varianten führt die Bewertung der Umweltwirkungen mit KEA, GWP und EI'99 zu relativ ähnlichen Aussagen. Unterschiedliche Bewertungen ergeben sich bei den Versorgungsvarianten Wärmepumpen (CH-Mix) und Holz. Bei der Variante "Wärmepumpe mit GuD Strom" liegen die Umweltwirkungen zwischen den Varianten Fossil/Solar und Holz.

Strom aus regenerativen Quellen führt zu guten Werten von Bauten mit Wärmepumpen

Bei der Auswahl der Energiesysteme schneiden Holzpellets, Stückholz/Solar und die Wärmepumpe mit Schweizer Strommix bezüglich Umweltwirkungen (ausser bei der Bewertung mit UBP 2006) bei allen Energiestandards vergleichsweise gut bis sehr gut ab. Der hohe nukleare Anteil beim Schweizer Strommix führt zum schlechteren Abschneiden der Wärmepumpe bei den UBP.

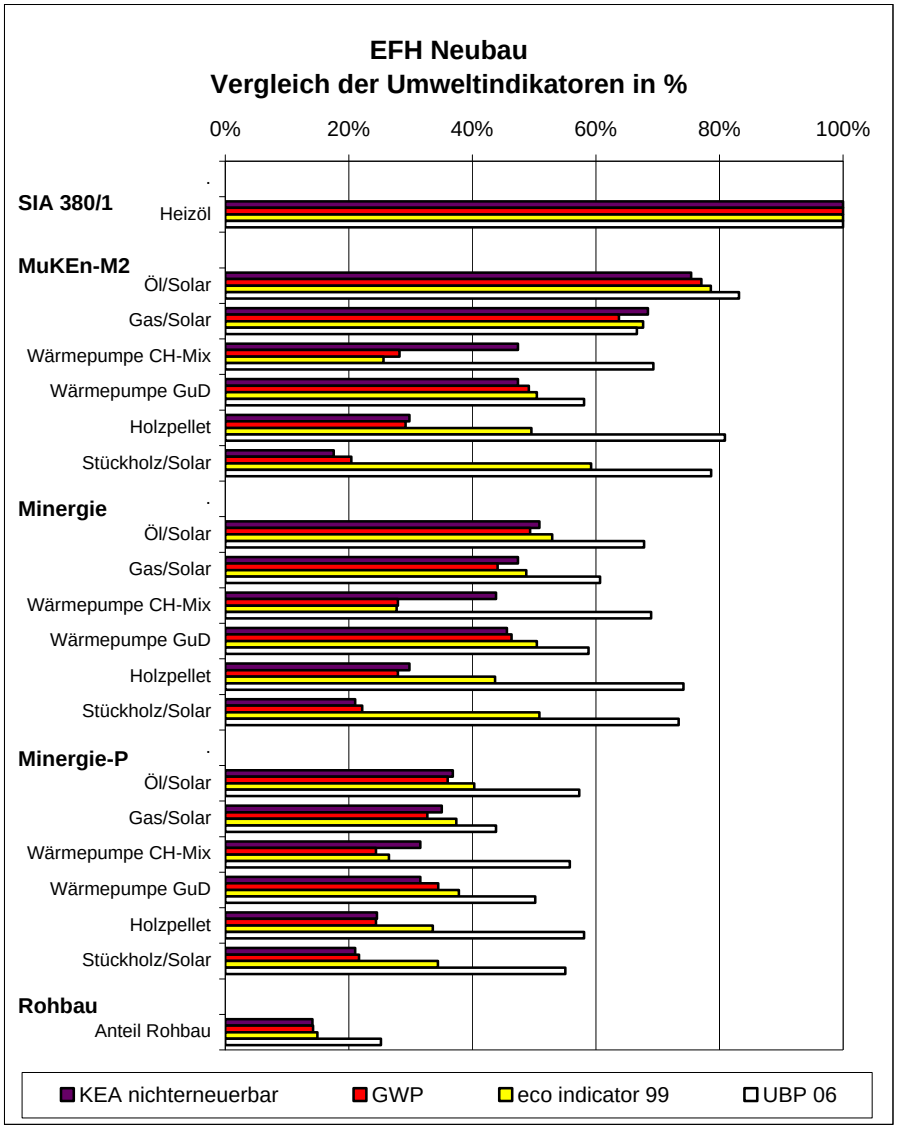

Abbildung 2: Relativer Vergleich der Resultate der unterschiedlichen Bewertungsmethoden für EFH Neubau. Bei Neubauten ist sind die Umweltwirkungen des Rohbaus enthalten und zur Erläuterung der Grössenordnung separat aufgeführt.

Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse der Varianten für EFH Sanierungen. MuKEn-M2 geht nicht in die Betrachtung ein, da dieser Standard keine Vorgaben für Sanierungen formuliert.

Sanierungen

Bei den Sanierungen führen die Minergie-Varianten mit Wärmepumpen (CH-Mix) und Holzfeuerungen mit Ausnahme der UBP zu sehr deutlichen Verbesserungen gegenüber SIA 380/1. Diese werden

auch unter Berücksichtigung von GuD-Strom um deutlich mehr als die Hälfte gegenüber einer Sanierung gemäss SIA 380/1 mit Heizöl reduziert.

Minergie-P

Durch den Wegfall der Bewertung des bereits bestehenden Rohbaus bei Sanierungen wird Minergie-P für die meisten Varianten noch vorteilhafter im Vergleich zu Minergie. Für Minergie-P sind bei Sanierungen auch die Umweltbelastungspunkte niedrig, wodurch dieser Standard am besten abschneidet.

Die Reduktionen mit Minergie-Standard gegenüber SIA 380/1 sind prozentual gegenüber den Neubauten höher. Dies unterstreicht die Bedeutung der Anwendung des Minergie-Standards bei Sanierungen.

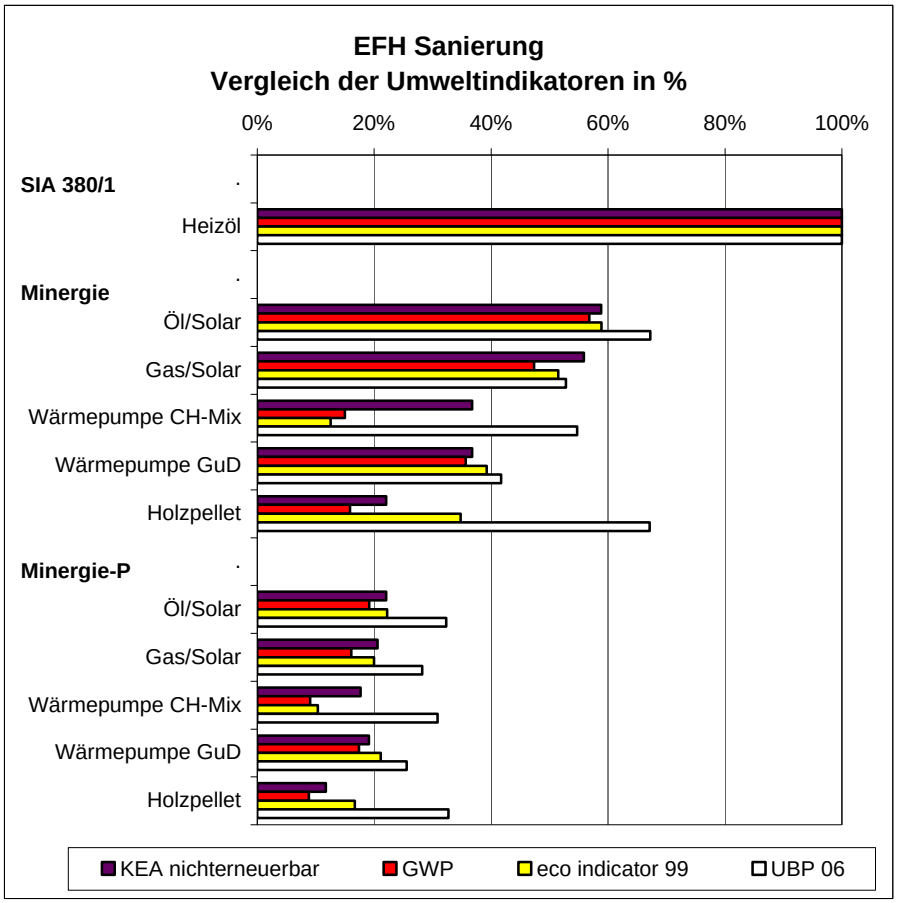

Abbildung 3 Relativer Vergleich der Resultate der unterschiedlichen Bewertungsmethoden für Einfamilienhaus-Sanierungen (EFH-Sanierungen).

Ökostrom

Wird der nukleare Anteil aus dem Strommix eliminiert (beispielsweise durch Bezug von zertifiziertem Ökostrom) sinkt die Umweltbelastung auch gemäss UBP 2006 deutlich. In Kombination mit Ökostrom weist die Wärmepumpen-Variante durchwegs gute Werte auf.

GWP von Bauten mit erneuerbaren Energien unabhängig vom Energiestandard

Beim Einsatz von erneuerbaren Energien (Holz oder Wärmepumpen CH-Mix) hat der gewählte Energiestandard des Gebäudes nur sehr geringen Einfluss auf den Umweltindikator GWP (Treibhauspotential). Der Wert liegt in der Grössenordnung von 10 - 20% der Referenzvariante.

Vertiefung ausgewählter Fragestellungen

Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe

Der Einfluss unterschiedlicher Wirkungsgrade von Wärmepumpen ist bei den Neubauten deutlich geringer ausgeprägt als bei den bestehenden Bauten, da der Aufwand für den Rohbau einen bedeutenden Anteil der Umweltwirkungen bestimmt.

Je nach Indikator erlaubt eine höhere Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe (5.5 statt 4.0 für Heizung, 3.5 statt 2.7 für Warmwasser) dank der Verringerung des Stromverbrauchs eine Reduktion der Umweltbelastungen um bis zu 17%. Die Einsparungen sind grösser bei den Bewertungsmethoden, die der Betriebsphase eine höhere Bedeutung geben (KEA nicht erneuerbar).

Einfluss des Strommixes

Der Einfluss der Art des Strommixes ist vor allem für die Varianten mit Wärmepumpen wichtig. Die Treibhausgasemissionen nehmen sowohl beim UCTE-Strommix als auch bei Strom aus einem modernen GuD-Kraftwerk um einen Faktor von rund 2.5 zu (Abbildung 4). Geht man davon aus, dass zukünftig ein bestimmter Anteil des Stroms auch in der Schweiz aus GuD-Kraftwerken stammt, wird das gute Abschneiden der Varianten mit Wärmepumpen und CH-Strommix, beispielsweise bei Minergie-Bauten, relativiert.

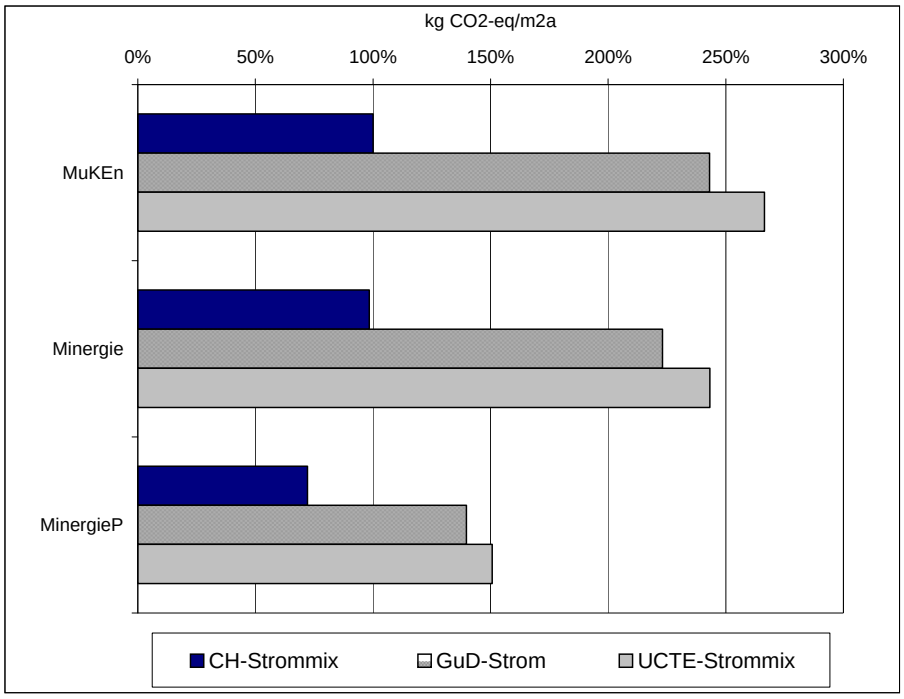

Abbildung 4: Einfluss des Strommixes bei der Variante Wärmepumpe, Einfamilienhaus Neubau für den Indikator Treibhauspotential (GWP 100a). Variante MuKEn mit CH-Strommix entspricht 100%.

Hochrechnungen für den Gebäudepark Schweiz

Zielsetzungen der 2000-Watt-Gesellschaft knapp verfehlt

Die Hochrechnung der Umweltwirkungen auf den gesamten Gebäudepark der Wohnbauten in der Schweiz zeigt, dass auf Grund der langen Sanierungszyklen der Gebäude auch mit den jeweils besten Kombinationen von Energiestandards und Energiesystemen für Bauten die anvisierten längerfristigen Ziele (2000-Watt-Gesellschaft, IPCC[1]) nicht erreicht werden. Die Differenz zum Etappenziel der 2000-Watt-Gesellschaft im Jahr 2050 könnte bei einer konsequenten Anwendung der besten Baustandards und Energiesysteme jedoch gering sein. Die Hochrechnungen berücksichtigen die Neubau- und Sanierungstätigkeiten gemäss den neuen Energieperspektiven des Bundesamtes für Energie.

1 *IPCC: International Panel on Climate Change*

Prognose GWP

Abbildung 5 zeigt die Prognose der Treibhausgasemissionen des Schweizer Wohngebäudeparks bis 2050 pro Person samt Zielwert, der sich aus dem IPCC-Report (Bezug Kyoto-Protokoll) ergibt. Ersichtlich wird die "Trägheit" des Gebäudeparks Schweiz mit langen Sanierungszyklen und entsprechend langsamer Reduktion der Umweltwirkung des Gebäudeparks.

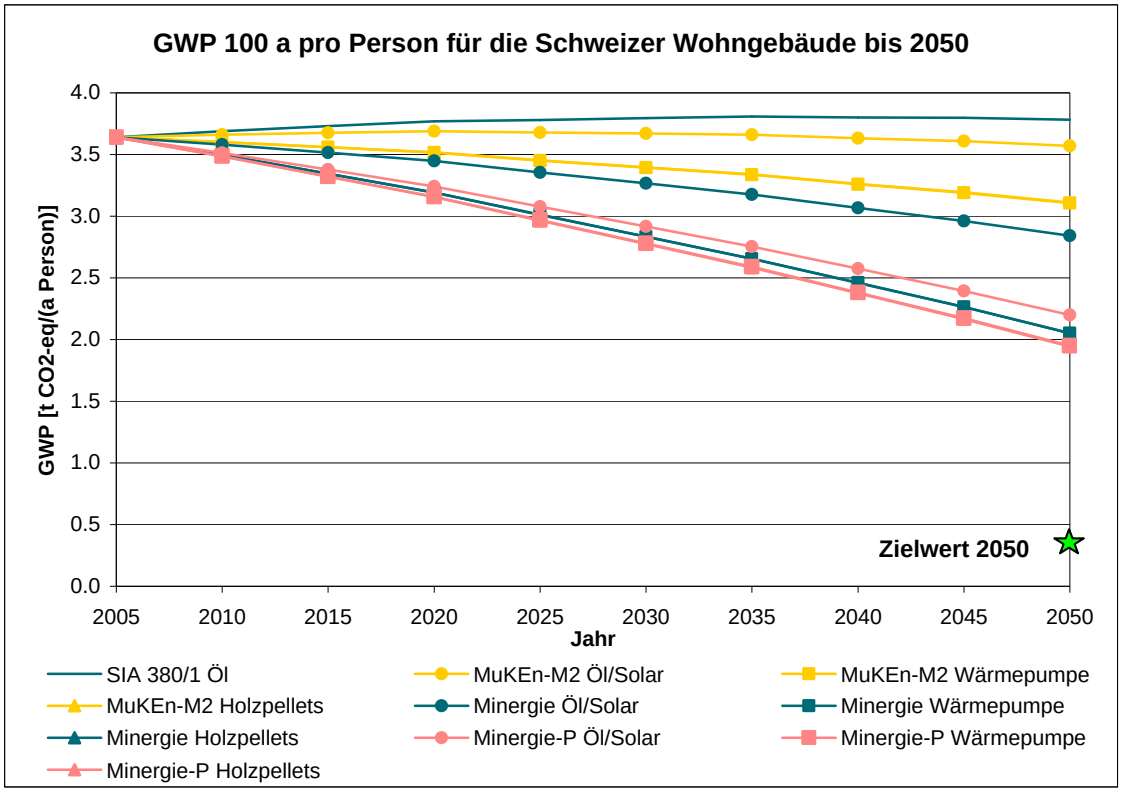

Abbildung 5 Prognose des Treibhauspotentials (GWP 100 a) pro Kopf für den Schweizer Wohngebäudepark bis 2050 für verschiedene Kombinationen von Baustandards und Energiesystemen. Die Kurven der Energiesysteme Holzpellets und Wärmepumpe kommen jeweils aufeinander zu liegen. Zielwert für den Wohngebäudepark im Jahr 2050 liegt gemäss IPCC bei 0.32 t CO_2-eq/(a Person).

Das für die vorliegende Arbeit *umgerechnete Ziel* des IPCC für das Jahr 2050 von 0.32 t CO_2-eq pro Person und Jahr *für Wohnen* wird selbst mit der besten Kombination (Minergie-P mit Holzpellets oder Wärmepumpe (CH-Mix)) deutlich verfehlt.

Weitere Abschätzungen zeigen, dass das Ziel des IPCC für das Jahr 2050 selbst dann nicht erreicht werden könnte, würde man den

Altbestand an Wohngebäuden mit der umweltverträglichsten Kombination durch Vollsanierung und Neubau im Jahr 2050 vollständig ersetzt haben. Dies gilt analog auch für die Bewertungsmethode KEA und die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft. Neben der Erhöhung der Sanierungsrate ist folglich auch eine generelle Verbesserung der Baustandards und der Energiesysteme im Sinne geringerer Umweltbelastung notwendig.

Anforderungen an zukünftige Energiestandards

Zielsetzungen entscheidend

Die aus den Untersuchungen ableitbaren Anforderungen an die zukünftigen Energiestandards hängen stark von den anvisierten Zielsetzungen im energiepolitischen Gesamtkontext der Schweiz ab.

Es können drei sich teilweise widersprechende Zielsetzungen unterschieden werden:

a) Erreichen der Anforderungen an die 2000-Watt-Gesellschaft (Zielgrösse KEA)

b) Minimierung der Umweltbelastungen (Zielgrösse UBP 06, EI'99)

c) Reduktion der Treibhausgasemissionen (Zielgrösse GWP)

Die Anforderungen an zukünftige Energiestandards sollten so definiert werden, dass ein möglichst grosses Spektrum dieser Ziele abgedeckt werden kann.

Zielgrösse 2000-Watt-Gesellschaft

Aus den Zielsetzungen der 2000-Watt-Gesellschaft folgt, dass die Energiestandards Anforderungen an den einzusetzenden Primärenergieträger beinhalten sollten. Dabei erreichen Gebäude/Energiesysteme mit Holzenergie sowie Minergie-P-Bauten die besten Werte. Es sollten auch für Gebäude mit Holzenergie hohe Anforderungen an den Wärmeschutz gestellt werden. Beim Strommix führt ein Wechsel hin zu zertifiziertem Ökostrom zu deutlich tieferen KEA-Werten (KEA nicht erneuerbar).

Zielgrösse Umweltbelastung

Das Ziel einer Reduktion der Umweltbelastungen (UBP) ist mit den heutigen Energiestandards schwierig zu erreichen, wenn keine Anforderungen an die Herstellung und die Wahl der Baumaterialien gemacht erfolgen. Bei den Neubauten resultieren bei Minergie-P-Bauten, unabhängig von den Energiesystemen, Reduktionen gegenüber dem Standard SIA 380/1 von rund 50%. Dass keine grösseren Reduktionen erreicht werden können, ist auf den hohen Anteil der

baulichen Massnahmen (Rohbau sowie zusätzliche wärmetechnische Massnahmen) an der gesamten Umweltbelastung zurückzuführen. Bei den Sanierungen hingegen führt der Minergie-P-Standard zu einer Reduktion der Umweltbelastungen von rund 70% gegenüber einer Sanierung gemäss SIA 380/1, da der Rohbau bereits besteht.

Eine Reduktion der Umweltbelastungen kann deshalb über die Wahl der Baumaterialien, eine Verbesserung der Prozesse zu deren Herstellung, über die Verbesserung ausgewählter Energiesysteme (beispielsweise eine Reduktion der Partikelemissionen bei Holzfeuerungen) und durch die Wahl umweltfreundlicher Stromprodukte (zertifizierter Ökostrom) zusätzlich zu einer Verschärfung der Anforderungen der Energiestandards erfolgen.

Zielgrösse Klimaschutz

Eine möglichst deutliche Reduktion der Klimagasemissionen bedingt den Einbezug des GWP der Energiesysteme in die energetischen Anforderungen an Bauten. Vor allem im Sanierungsbereich zeigt sich, dass das Energiesystem den grössten Einfluss auf die Treibhausgasemissionen hat. Auch wenn als Strommix GuD-Strom angenommen wird, liegen die resultierenden Emissionen von Wärmepumpen bei Minergie-Sanierungen deutlich unter den Treibhausgas-Emissionen der fossilen Varianten.

Die Minergie-Anforderungen könnten bei Sanierungen noch deutlich gesenkt werden und liessen sich trotzdem mit beschränktem Aufwand mittels Wärmepumpen erreichen. Dies auch im Hinblick auf zukünftig zu erwartende bessere Wirkungsgrade der Wärmepumpen.

Mehr Klimaschutz durch deutlich tiefere Grenzwerte bei Minergie-Sanierungen.

Die grössten Einsparungen an Treibhausgasemissionen lassen sich also durch den Einbezug des Kriteriums GWP bei den Sanierungen erreichen. Der Einbezug des Kriteriums GWP kann durch tiefere Grenzwerte bei Minergie-Sanierungen erreicht werden. Diese tieferen Grenzwerte führen zu mehr Wärmepumpen und damit tieferen CO_2-Emissionen im Sanierungsbereich - auch unter Einbezug der Erzeugung der zusätzlichen Elektrizität mittels GuD-Kraftwerken.

Reduzierte Anforderungen bei WP und Holzheizungen aus Umweltsicht nicht gerechtfertigt.

Die heute bei Minergie-Bauten bestehenden, vergleichsweise moderaten Anforderungen an den Heizenergiebedarf der Gebäude mit WP- und Holzheizungen, sind aus Umweltsicht nicht gerechtfertigt und sollten angepasst werden. Eine Verbesserung kann durch eine Anpassung der Gewichtung von Elektrizität und Holz im energetischen Nachweis erreicht werden.