

Ökobilanzen von Wärmeerzeugungsanlagen

Dr. Rolf Frischknecht
FWS-Tagung
Umweltarena Spreitenbach
3. November 2015



Übersicht



- Herausforderungen Klimawandel und Ressourceneffizienz
- Die Ökobilanz-Methode
- Ökobilanzen von Wärmeerzeugungsanlagen
- Erneuerbare Energien und Energieeffizienz
- Folgerungen

treeze GmbH



- gegründet 1.11.2012
- 25 Jahre Erfahrung
- MitarbeiterInnen
 - Annika Messmer
 - Philippe Stolz
 - Laura Tschümperlin
 - Rolf Frischknecht
- Tätigkeitsgebiet:
Ökobilanzen, Umweltberatung



Klimawandel: eine der grossen Umweltherausforderungen



Meinung International Wirtschaft Finanzen Schweiz Feuilleton Zürich Sport Wissenschaft Panorama



Kohlendioxid in der Atmosphäre

CO2-Rekordwert weltweit erreicht

Forscher schlagen Alarm: Im März hat der monatliche Durchschnittswert der CO2-Konzentration die Schwelle von 400 ppm weltweit überschritten.

7.5.2015, 16:00 Uhr | [18 Kommentare](#)



SWISS First

Entdecken Sie eine neue Welt
schon auf dem Weg dahin.



Neue Zürcher Zeitung
E-Paper Webpaper

Umweltschutz ist mehr als Klimaschutz

Akademie der Wissenschaften

Klimaschutz nicht auf Kosten der Lufthygiene

Obwohl die Luft sauberer geworden ist, werden die Grenzwerte für Schadstoffe in der Schweiz regelmässig überschritten. Beim Klimaschutz müsse die Lufthygiene besser berücksichtigt werden, fordern deshalb die Akademien der Wissenschaften.

9.10.2014, 10:42 Uhr | [5 Kommentare](#)



Umweltschutz ist mehr als Klimaschutz II

Atomkraftwerk Beznau

Wie gross sind die Probleme?

Im Juli waren am Reaktordruckbehälter von Block 1 des Atomkraftwerks Beznau Material-Unregelmässigkeiten nachgewiesen worden. Diese sind laut «Tages-Anzeiger» weit gravierender als bisher bekannt. Betreiberin Axpo widerspricht.

8.10.2015, 15:26 Uhr | [3 Kommentare](#)



Klimaschutz: Genügt ein Plastiksackverbot?

Abfall

Wegwerf-Plasticsäcke werden verboten

In der Schweiz soll es keine Wegwerf-Plasticsäcke mehr geben. Der Bundesrat muss gegen seinen Willen ein Verbot ausarbeiten.

13.12.2012 | [19 Kommentare](#)



Grüne Wirtschaft: Umweltfussabdruck Schweiz

Dialogportal Grüne Wirtschaft

Startseite Übersicht DE FR IT EN

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Dialogportal Grüne Wirtschaft

Warum Grüne Wirtschaft?
Grüne Wirtschaft konkret
Meinungen
Aktuelles & Termine
Über dieses Portal

Startseite > Warum Grüne Wirtschaft? > Ressourcen schonen > Konsum überlastet Ressourcen

Warum Grüne Wirtschaft?

Ressourcen schonen

Konsum überlastet Ressourcen

Die Belastbarkeit des Planeten hat Grenzen

Ressourcen effizient nutzen

Seinen eigenen Fussabdruck berechnen

Konsum überlastet Ressourcen

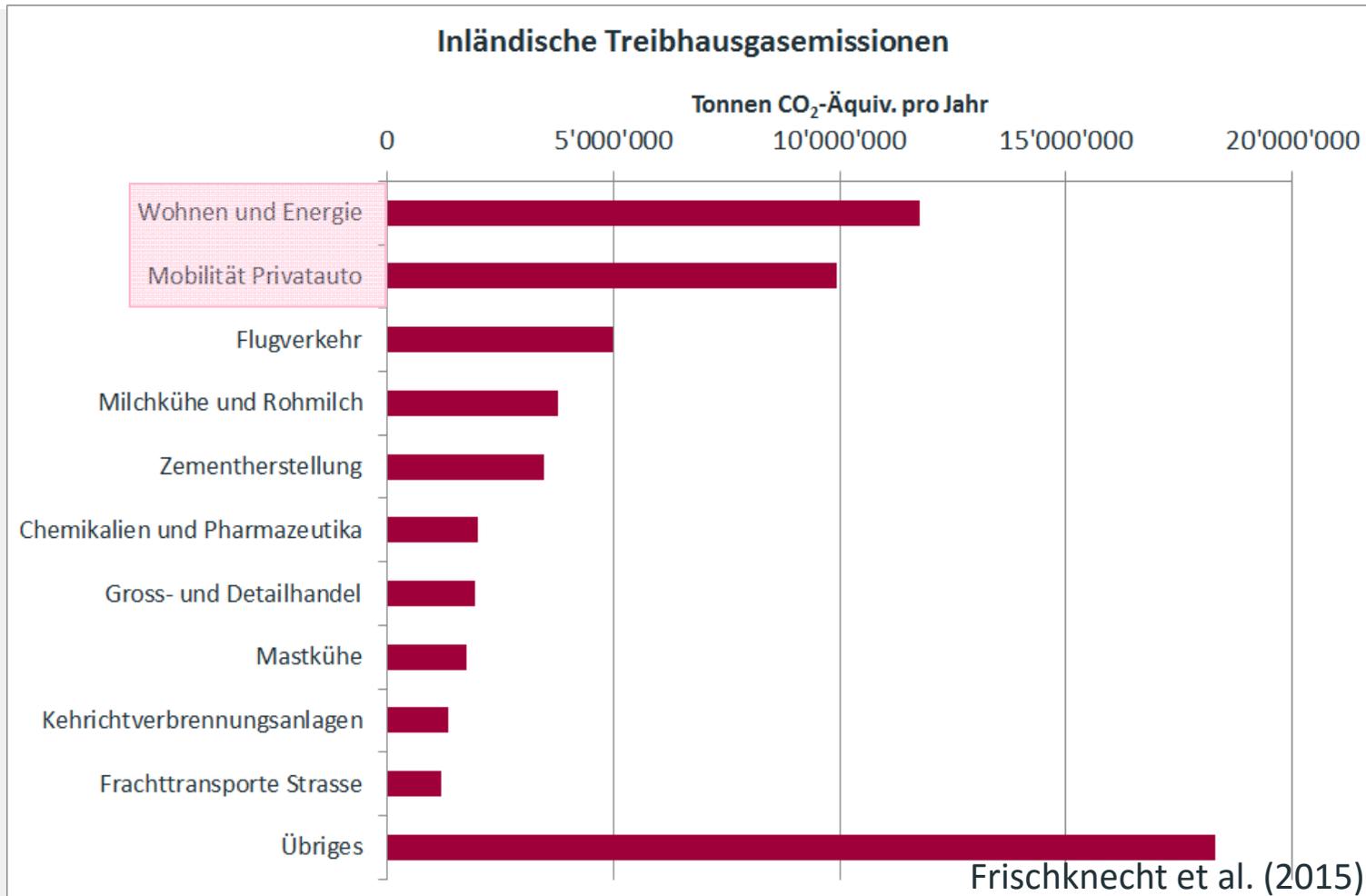


Die Schweiz lebt auf zu grossem Fuss. Wenn alle Menschen auf der Welt so konsumieren würden wie die Schweizerinnen und Schweizer, bräuchte es rund drei Planeten, um die Ressourcen für diese Lebensweise zur Verfügung zu stellen. Die Welt ist nicht gross genug, um unsere Lebensweise auf Dauer zu tragen.

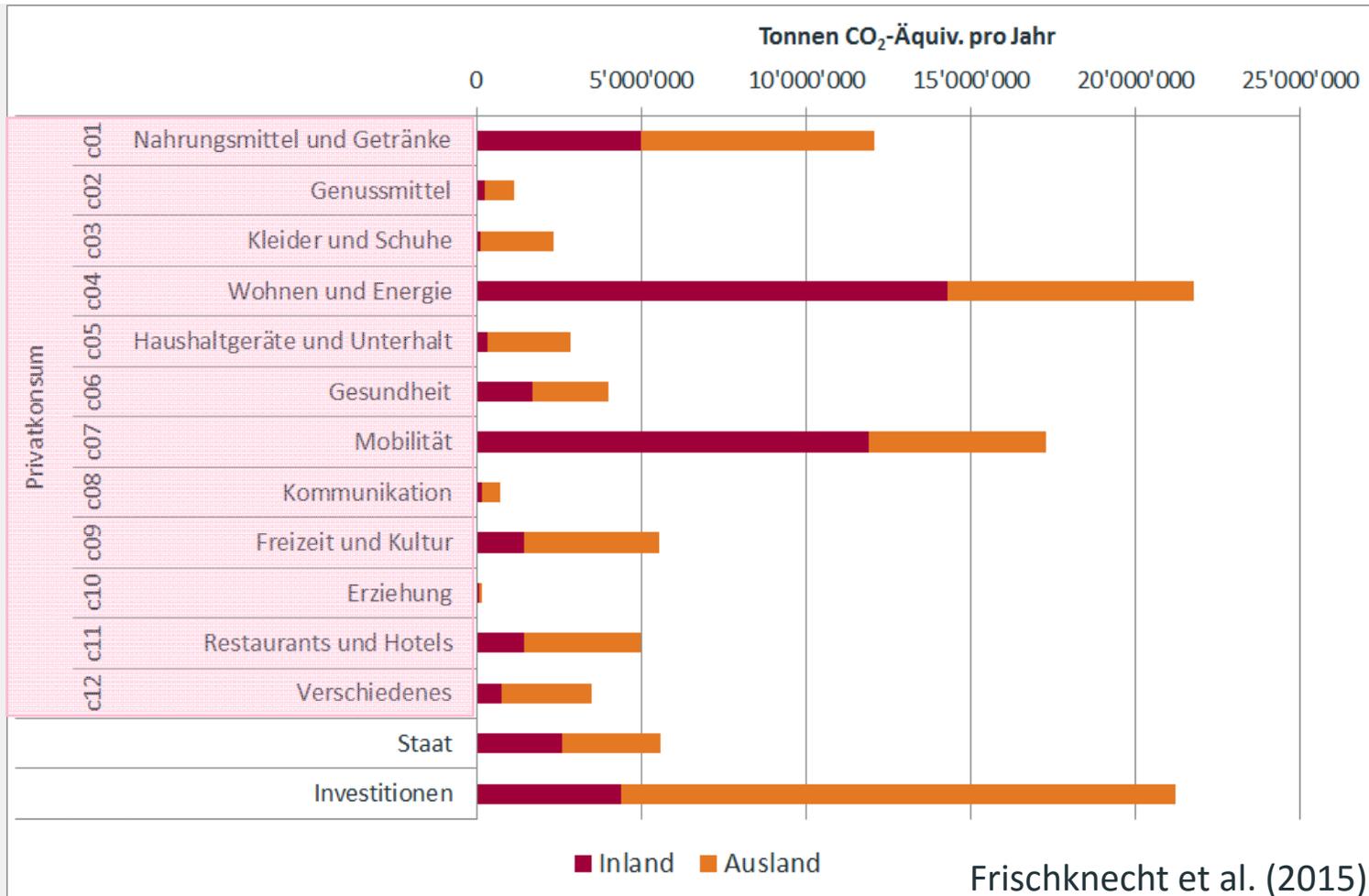
Links

- BAFU: Konsum. Schlüsselentscheide, Akteure und Konsummodelle 2006 (Umweltbewusster Konsum S. 30ff.)
- ESU Services: Gesamt-Umweltbelastung durch Konsum und Produktion der Schweiz (Kurzfassung) 2011
- ESU Services: Reduktionspotentiale im Konsum (S. 51ff.)
- BAFU: Erläuterung der Kennzahl "Umweltbelastungspunkt"
- BAFU: Entwicklung der weltweiten Umweltauswirkungen der Schweiz, Umweltbelastung von Konsum und Produktion von 1996 bis 2011
- WWF: Umwelttipps WWF Schweiz

Treibhausgasemissionen Schweiz: Topten inländische Emittenten



Treibhausgasemissionen Schweiz: Welche Konsumbereiche?



Ökobilanz basiert auf einem Lebenswegansatz



... es braucht auch Energie und Infrastruktur



Wohnen in einem Gebäude



Ökobilanz: Vielfältige Umweltwirkungen

Input

(Ressourcen):

- Rohöl
- Uran
- Holz (im Wald)
- Wasserkraft Page 1
- Bauxit
- Land
- ...



Output

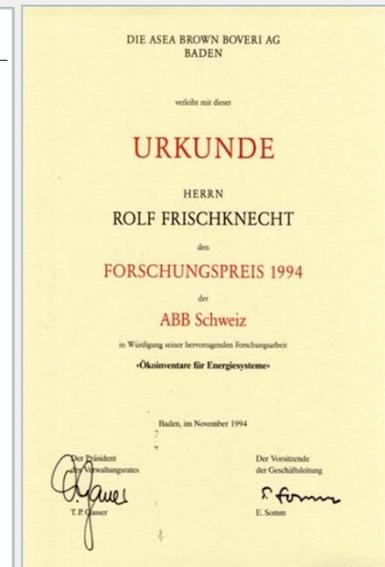
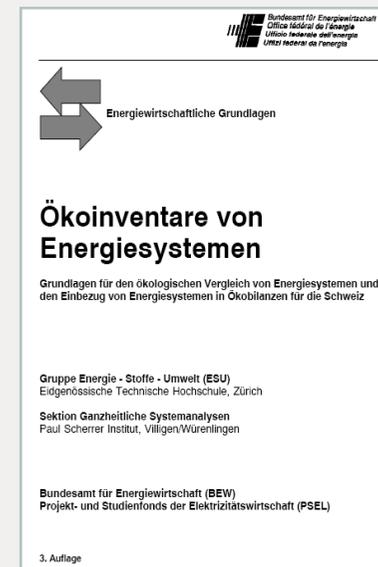
(Emissionen):

- Atmosphäre
- CO₂
- NO_x
- Feinstaub
- Wasser
- Mineralöl
- Tributylzinn
- Schwermetalle

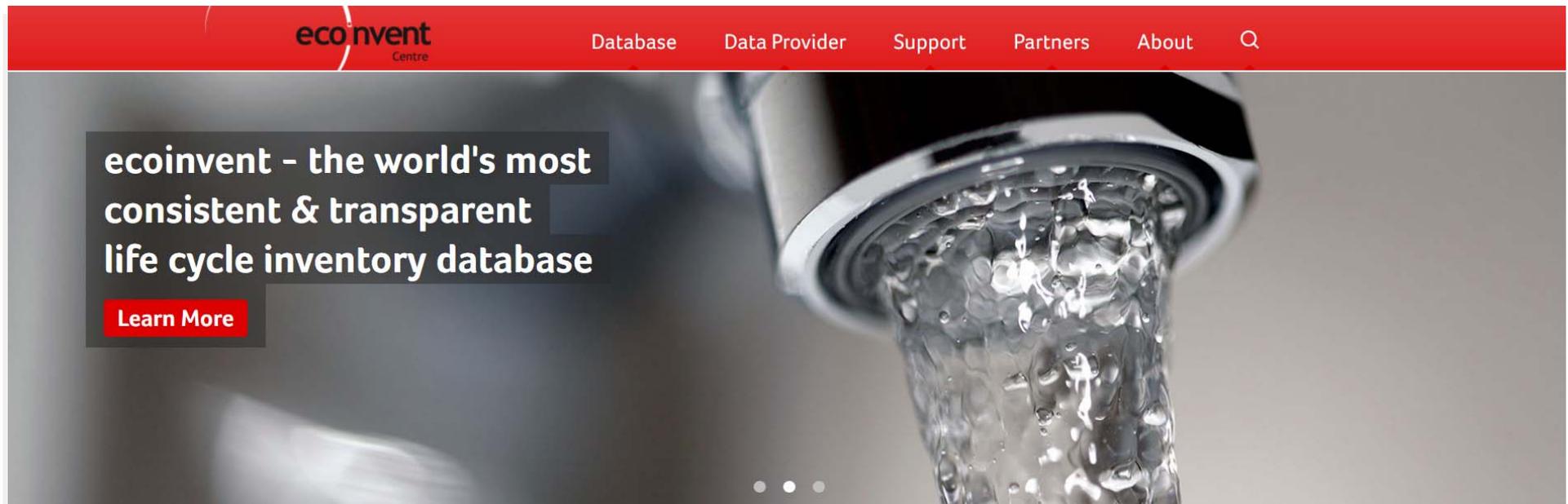
Grundsteinlegung Ökobilanz-Datenbank Schweiz



- 1994, ETH Zürich:
“Ökoinventare von
Energiesystemen”
rund 500 Datensätze zu
 - Energiebereitstellung
 - Baumaterialien und Chemikalien
 - Transportleistungen
 - Entsorgungsdienstleistungen



Ökobilanz-Datenquelle: ecoinvent Zentrum



ecoinvent version 3

The ecoinvent version 3 database is the third major release in the long history of ecoinvent. The latest version 3.1 includes hundreds of new and updated datasets.

[→ Learn more about ecoinvent 3](#)

Buy a Licence

Gain access to our fully transparent life cycle inventory database, including unlinked unit processes as well as life cycle inventory results and impact assessment results. To buy a licence directly through ecoinvent you will first have to [→ register as a new user](#). You would like to use ecoinvent in an LCA software? Then get in touch with one of our [→ resellers!](#)

Datengrundlage für den Baubereich



Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren
Conférence de coordination des services de la construction et des immeubles des
maîtres d'ouvrage publics

Nachhaltigkeit im öffentlichen Bau
Durabilité et constructions publiques

Interessengemeinschaft privater professioneller Bauherren
Communauté d'intérêts des maîtres d'ouvrage professionnels privés

EMPFEHLUNG • RECOMMANDATION • EMPFEHLUNG • RECOMMANDATION • EMPFEHLUNG
NACHHALTIGES BAUEN • CONSTRUCTION DURABLE • NACHHALTIGES BAUEN • CONSTRUCTION DURABLE • NACHHALTIGES BAUEN • CONSTRUCTION DURABLE

Ökobilanzdaten im Baubereich *Données des écobilans dans la construction* 2009/1:2014

Wussten Sie ...

... dass Sie mit der Planung von Immobilien auch die von ihnen ausgehenden Umweltbelastungen über Jahrzehnte hinaus beeinflussen?
... dass die Ökobilanzdaten im Baubereich die Basis sind für SIA 2031 Energieausweis für Gebäude (2008), SIA 2032 Graue Energie (2009), SIA 2039 Siedlungsinduzierte Mobilität (2010) und SIA 2040 Effizienzpfad Energie (2010), für den MINERGIE-ECO Nachweis und für die Bilanzierung gemäss der 2000-Watt-Gesellschaft?
... dass die Aktualisierung dieser Daten und die Erweiterung der vorliegenden Empfehlung durch die auf Seite 5 aufgeführten Organisationen sichergestellt wird?

Ökobilanzdaten

Ökobilanzdaten basieren auf Stoff- und Energieflüssen (gemäss ecoinvent Methodik), welche bezüglich ihrer Umweltrelevanz bewertet werden. In dieser Empfehlung erfolgt die Bewertung der Gesamtumweltbelastung mit der Methode der ökologischen Knappheit 2013 und wird in Umweltbelastungspunkten (UBP) ausgedrückt. Diese schweizerische Methode wurde unter Beteiligung von Forschung, Industrie und Bundes-

Saviez-vous ...

... que, au stade de la planification déjà, vous définissez les nuisances environnementales d'un bâtiment pour les décennies à venir?
... que les données des écobilans pour la construction sont la base des cahiers techniques SIA 2031 Certificat énergétique des bâtiments (2009), SIA 2032 Energie grise (2009), SIA 2039 Mobilité induite (2010) et SIA 2040 En route pour l'efficacité énergétique (2010) ainsi que du justificatif MINERGIE-ECO et du bilan du projet de société à 2000 watts?
... que les organisations figurant à la page 5 garantissent la mise à jour permanente de ces données ainsi que l'élargissement de la présente recommandation?

Données des éco-bilans

Les données des éco-bilans se fondent sur les flux de matière et d'énergie (selon la méthode ecoinvent), qui sont évalués compte tenu de leur influence sur l'environnement. Cette recommandation porte sur l'évaluation globale des nuisances environnementales fondée sur la méthode de la saturation écologique 2013, exprimée en indices de charge polluante (écopoints). Cette méthode suisse a été élaborée en collaboration avec

KBOB-Empfehlung 2009/1:2014

Ausschnitt Energiebereitstellung

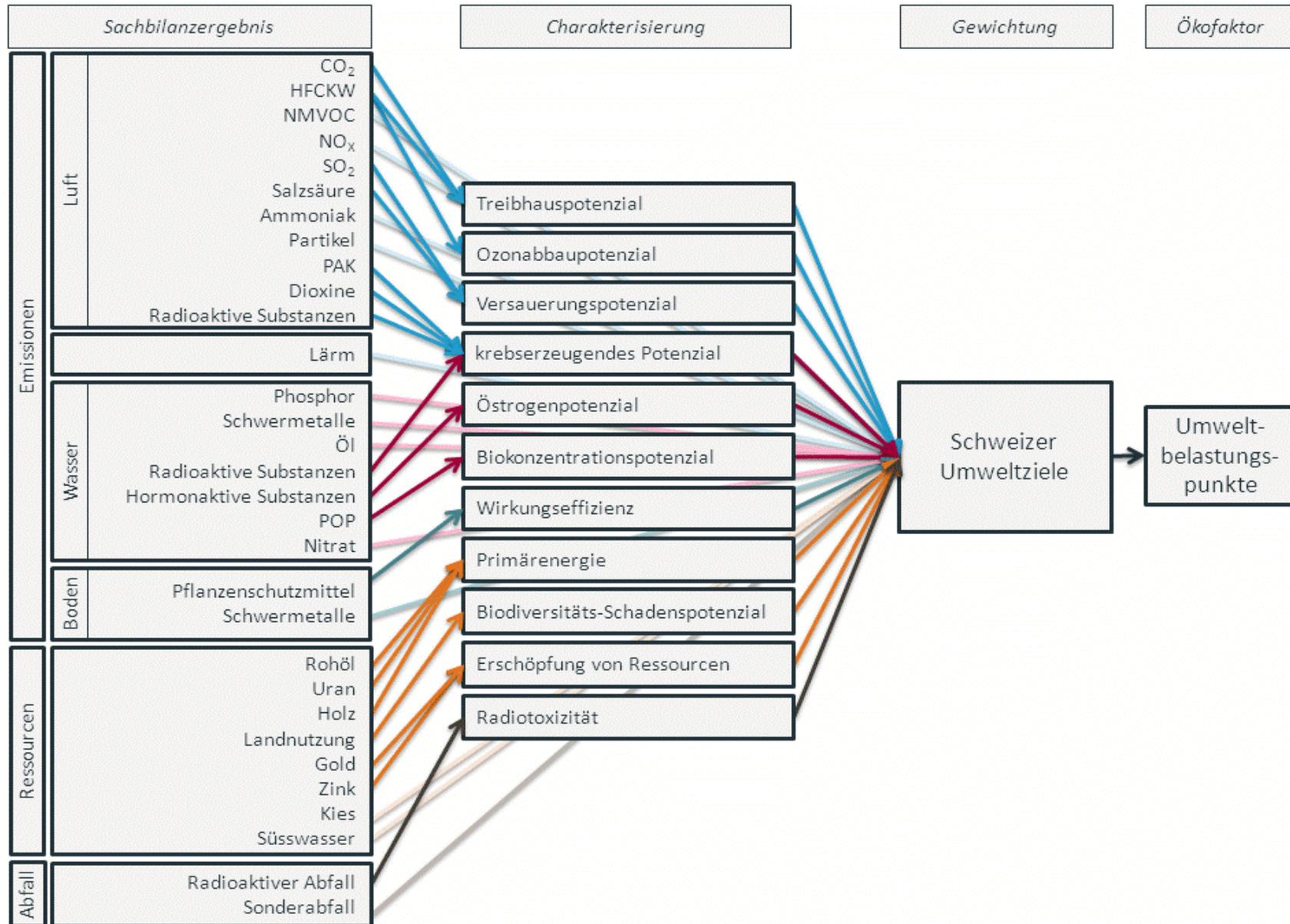


Ökobilanzdaten im Baubereich			KBOB / eco-bau / IPB 2009/1:2014				Données des écobilans dans la construction		
ID-Nummer No d'identification	ENERGIE [Bibliographie treeze, version 2.2+]	Bezug		UBP ¹³ UBP	Primärenergie Energie primaire		Treibhausgas- emissionen Emissions de gaz à effet de serre kg CO ₂ -eq	Référence Dimension	ENERGIE [Bibliographie treeze, version 2.2+]
		Grösse	Einheit / Unité		gesamt globale MJ oil-eq	nicht erneuerbar non renouvelable MJ oil-eq			
43	Nutzwärme								Chaleur utile
43.001	Heizkessel Heizöl EL	Nutzwärme ²	MJ	66.0	1.30	1.29	0.0887	Chaleur utile ²	Chaudière, mazout EL
43.002	Heizkessel Erdgas	Nutzwärme ²	MJ	41.9	1.17	1.16	0.0691	Chaleur utile ²	Chaudière, gaz naturel
43.003	Heizkessel Propan / Butan	Nutzwärme ²	MJ	57.2	1.27	1.27	0.0847	Chaleur utile ²	Chaudière, propane/butane
43.004	Heizkessel Kohle Koks	Nutzwärme ²	MJ	196	2.04	2.02	0.180	Chaleur utile ²	Chaudière, coke de houille
43.005	Heizkessel Kohle Briquet	Nutzwärme ²	MJ	187	1.53	1.51	0.163	Chaleur utile ²	Chaudière, brique de houille
43.006	Heizkessel Stückholz	Nutzwärme ²	MJ	30.5	1.69	0.093	0.00556	Chaleur utile ²	Chaudière, bûches de bois
43.010	Heizkessel Stückholz mit Partikelfilter	Nutzwärme ²	MJ	28.4	1.70	0.097	0.00562	Chaleur utile ²	Chaudière, bûches de bois avec filtre à particules
43.007	Heizkessel Holzschnitzel	Nutzwärme ²	MJ	28.5	1.56	0.099	0.00545	Chaleur utile ²	Chaudière, particules de bois
43.011	Heizkessel Holzschnitzel mit Partikelfilter	Nutzwärme ²	MJ	25.8	1.56	0.102	0.00550	Chaleur utile ²	Chaudière, particules de bois avec filtre à particules
43.008	Heizkessel Pellets	Nutzwärme ²	MJ	30.3	1.56	0.261	0.0132	Chaleur utile ²	Chaudière, granules (pellets)
43.012	Heizkessel Pellets mit Partikelfilter	Nutzwärme ²	MJ	28.8	1.56	0.264	0.0132	Chaleur utile ²	Chaudière, granules (pellets) avec filtre à particules
43.009	Heizkessel Biogas	Nutzwärme ²	MJ	34.2	0.372	0.339	0.0400	Chaleur utile ²	Chaudière, biogaz
44	Nutzwärme am Standort erzeugt, inkl. erneuerbare Energien³								Chaleur utile produite sur place, y compris énergies renouvelables³
44.001	Elektrowärmepumpe Luft / Wasser (JAZ 2.8)	Nutzwärme ²	MJ	44.7	1.77	0.969	0.0211	Chaleur utile ²	Pompe à chaleur électrique air-eau (COPA 2.8)
44.002	Elektrowärmepumpe Erdsonden (JAZ 3.9)	Nutzwärme ²	MJ	32.9	1.57	0.709	0.0153	Chaleur utile ²	Pompe à chaleur électrique sondes géothermiques (COPA 3.9)
44.003	Elektrowärmepumpe Grundwasser (JAZ 3.4)	Nutzwärme ²	MJ	36.8	1.65	0.810	0.0167	Chaleur utile ²	Pompe à chaleur électrique eaux souterraines (COPA 3.4)
44.004	Flachkollektor für Warmwasser EFH	Nutzwärme ²	MJ	29.7	1.62	0.292	0.0116	Chaleur utile ²	Collecteurs solaires plan, eau chaude maison individuelle
44.005	Flachkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	Nutzwärme ²	MJ	26.3	1.85	0.237	0.0108	Chaleur utile ²	Collecteurs solaires plan, chaleur et eau chaude maison individuelle
44.006	Flachkollektor für Warmwasser MFH	Nutzwärme ²	MJ	11.9	1.24	0.0931	0.00451	Chaleur utile ²	Collecteurs solaires plan, eau chaude immeuble locatif
44.007	Röhrenkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	Nutzwärme ²	MJ	21.7	1.74	0.201	0.00911	Chaleur utile ²	Collecteurs solaires à tubes, chaleur et eau chaude maison individuelle
44.008	Kleinblockheizkraftwerk, Erdgas	Nutzwärme ²	MJ	19.6	0.504	0.502	0.0308	Chaleur utile ²	Centrale à cogénération, petite, gaz
	¹ Oberer Heizwert ² Inkl. Verteilverluste (Wärme am Ausgang Wärmeerzeuger) ³ Regionale Sicht 2000-Watt-Gesellschaft								¹ Pouvoir calorifique supérieur ² y compris pertes de distribution (Chaleur à la sortie du producteur de chaleur) ³ Point de vue régionale de la société à 2000 watt
45	Elektrizität vom Netz								Electricité du réseau
45.001	Atomkraftwerk	Endenergie	MJ	126	4.22	4.21	0.00655	Énergie finale	Centrale nucléaire
45.002	Erdgaskombikraftwerk GuD	Endenergie	MJ	85.6	2.22	2.22	0.130	Énergie finale	Centrale combinée gaz naturel G+V
45.023	Braunkohlekraftwerk	Endenergie	MJ	220	3.95	3.94	0.377	Énergie finale	Centrale au lignite
45.003	Steinkohlekraftwerk	Endenergie	MJ	213	3.94	3.91	0.344	Énergie finale	Centrale au charbon
45.004	Kraftwerk Schweröl	Endenergie	MJ	287	3.73	3.72	0.272	Énergie finale	Centrale, pétrole
45.005	Kehrichtverbrennung	Endenergie	MJ	8.97	0.0189	0.0163	0.00202	Énergie finale	Incinération des ordures ménagères
45.006	Heizkraftwerk Holz	Endenergie	MJ	71.0	3.73	0.141	0.0285	Énergie finale	Centrale à cogénération, bois
45.007	Blockheizkraftwerk Diesel	Endenergie	MJ	181	3.27	3.25	0.228	Énergie finale	Centrale à cogénération, diesel
45.008	Blockheizkraftwerk Gas	Endenergie	MJ	122	2.94	2.94	0.186	Énergie finale	Centrale à cogénération, gaz

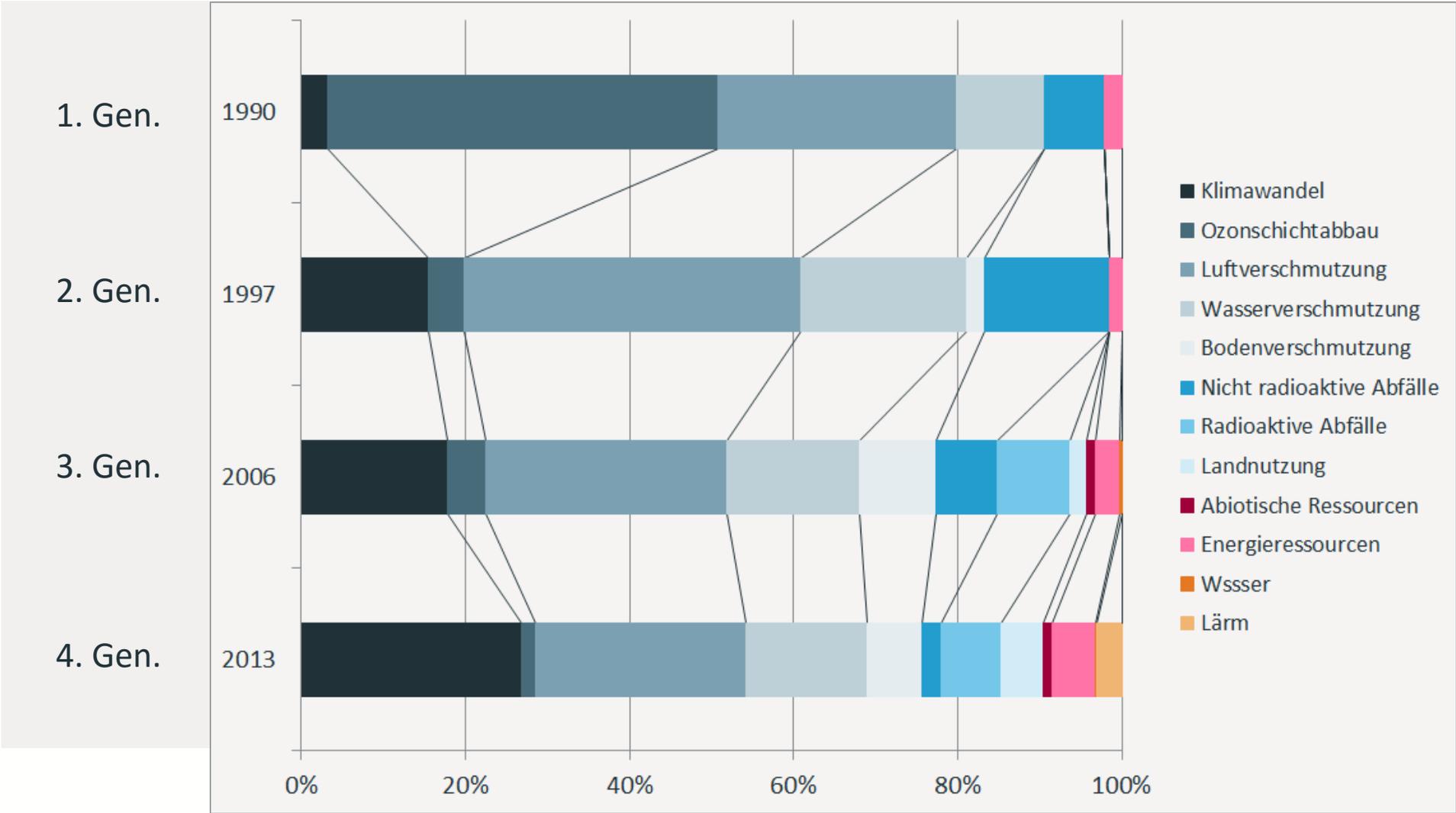
Methode der ökologischen Knappheit 2013



Grundschemata der Methode



Entwicklung der Anteile der Umweltbelastung an der Gesamtbelastung (UBP)



Ökobilanzen Wärmeerzeuger: Systeme



- Holzheizkessel mit Stückholz, Holzsnitzel und Holzpellets
- Wärmepumpe (Luft, Grundwasser, Erdsonde)
- Erdgas und Biogas Heizkessel (kondensierend, modulierend)
- Heizöl Heizkessel (kondensierend, nicht modulierend)
- Sonnenkollektoren (Kupfer; EFH: 5m²; MFH: 30 m²)

Ökobilanzen Wärmeerzeuger: Systemgrenzen



- Herstellung Heizanlage (inkl. Erdsonden, Tank, Kamin)
- Bereitstellung Energieträger
- Emissionen im Betrieb
- Hilfsenergiebedarf (Umwälzpumpen)
- Rückbau und Entsorgung der Heizungsanlage

Ökobilanzen Wärmeerzeuger: Charakteristika



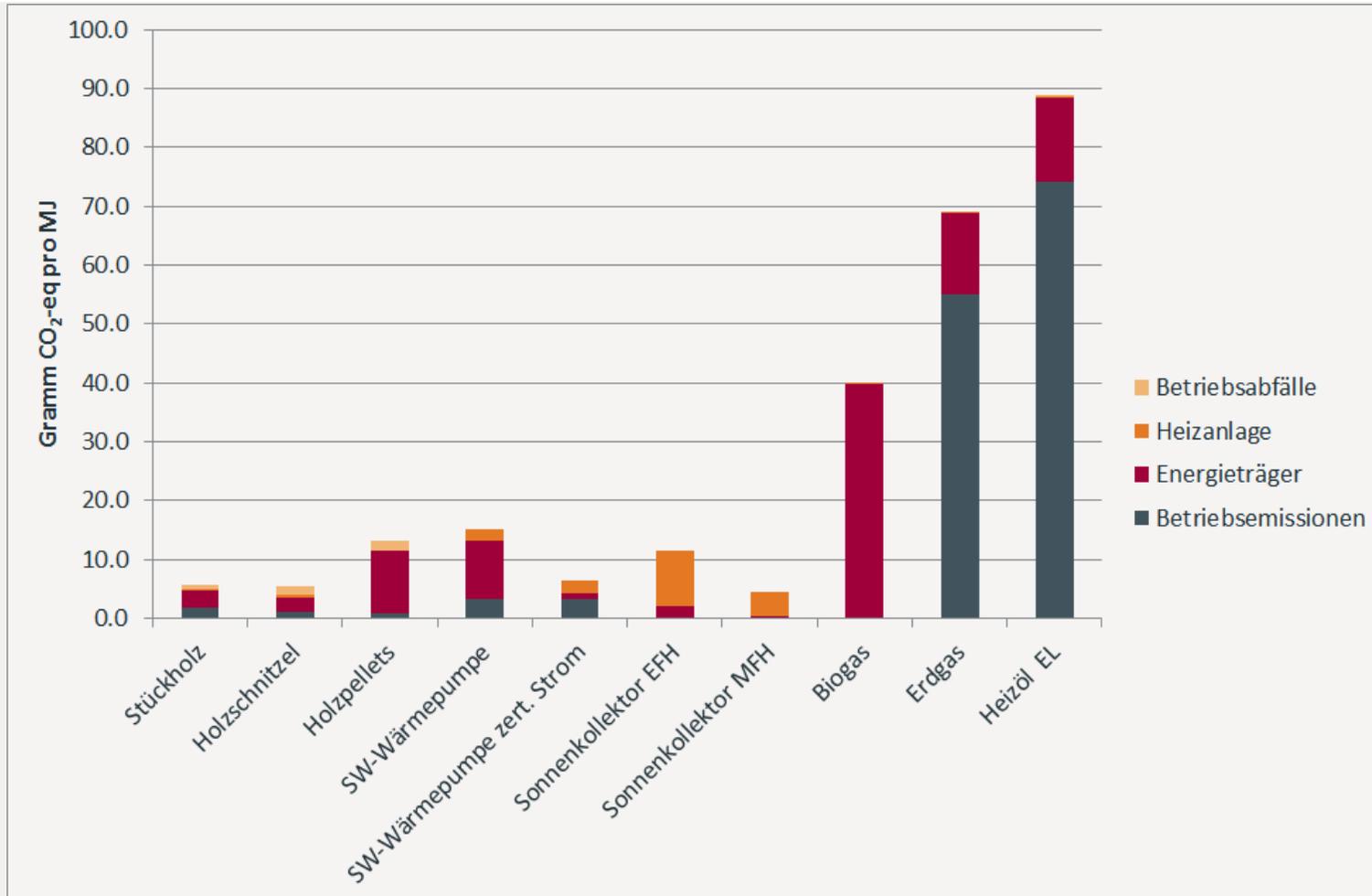
- Holzheizungen:
inklusive Partikelfilter (reduzierte Emissionen, erhöhter Hilfsstrombedarf)
- Wärmepumpen:
Bezug von Schweizer Strom (gemäss BFE-Erhebung 2009, abzüglich zertifizierte Stromprodukte)
- Biogas:
Biogasmix aus Kläranlagen und Grüngut-Vergärungsanlagen
- Heizöl, Erdgas:
aktueller Herkunftsmix, inkl. Verluste Förderung und Ferntransport

Ökobilanzen Wärmeerzeuger: Jahreswirkungsgrade

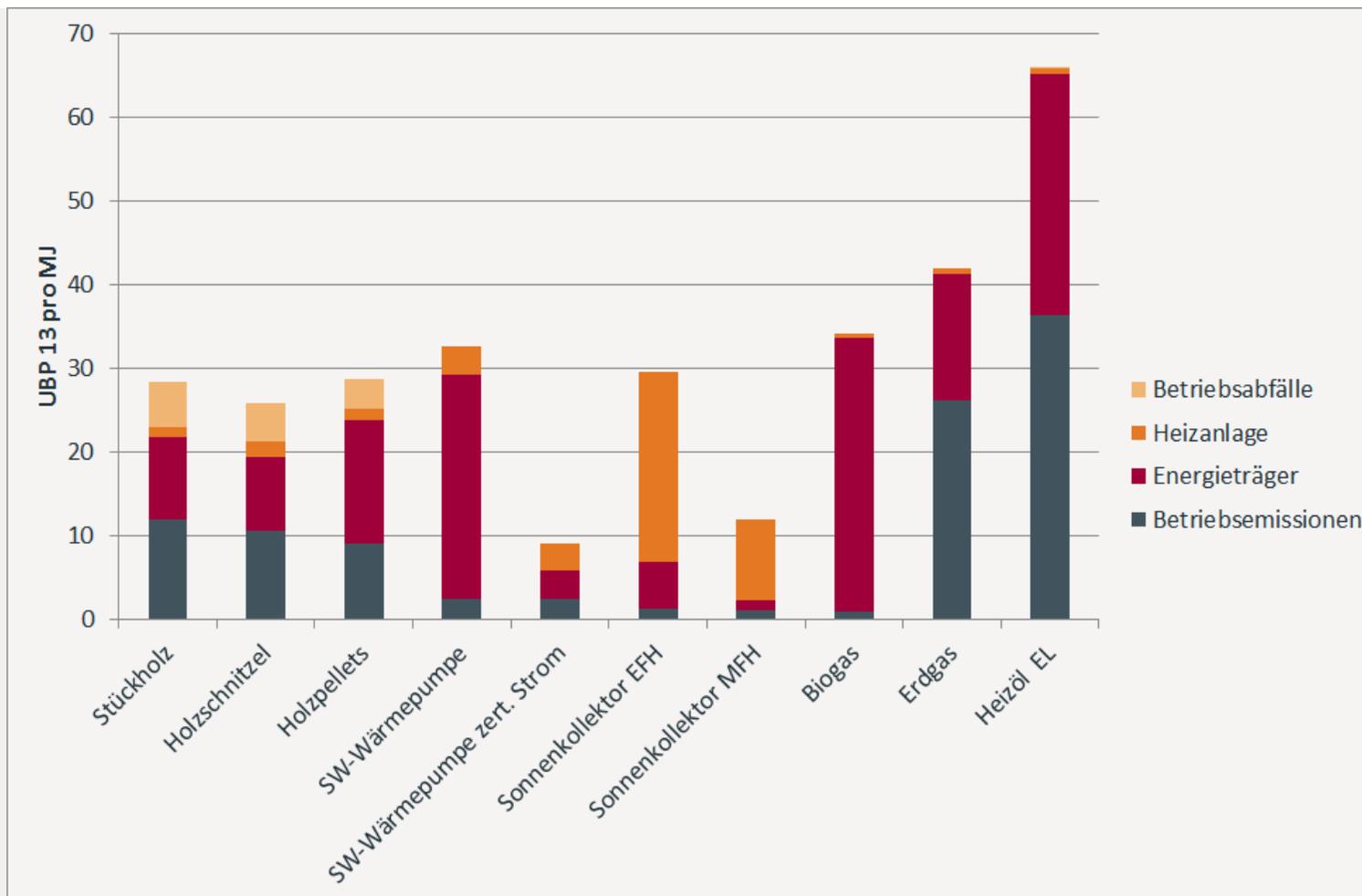
- Holzfeuerungen
 - Stückholz: 68 %
 - Holzschnittel: 80 %
 - Pellets: 85 %
- Wärmepumpen
 - Luft-Wasser: 2.8
 - Grundwasser-Wasser: 3.4
 - Sole-Wasser: 3.9
- Erdgas/Biogas: 102 %
- Heizöl: 100 %

Treibhausgasemissionen

1 MJ Nutzwärme

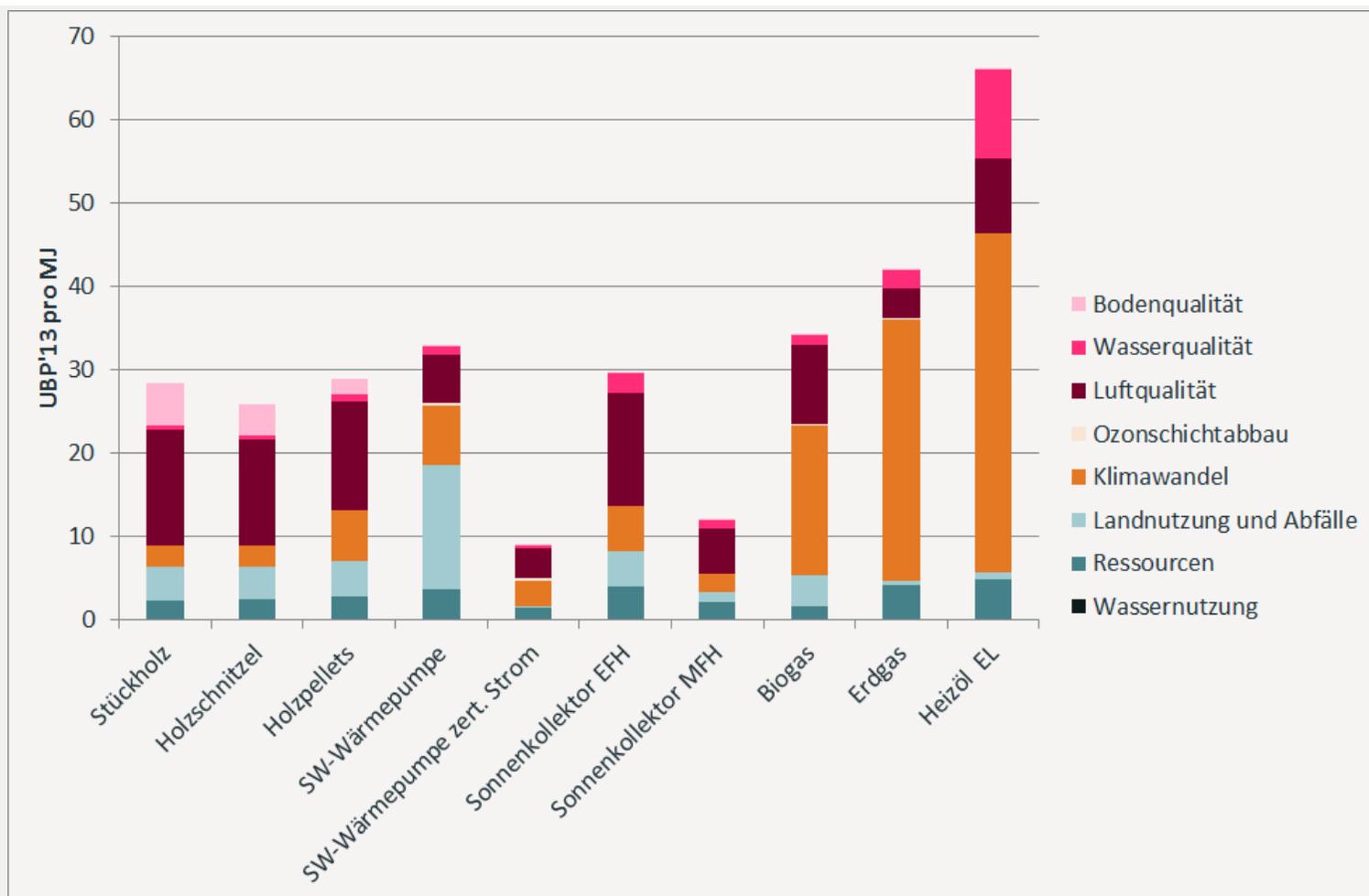


Gesamtumweltbelastung 1 MJ Nutzwärme



Ökofaktoren 2013 gemäss Methode der ökologischen Knappheit

Gesamtumweltbelastung 1 MJ Nutzwärme



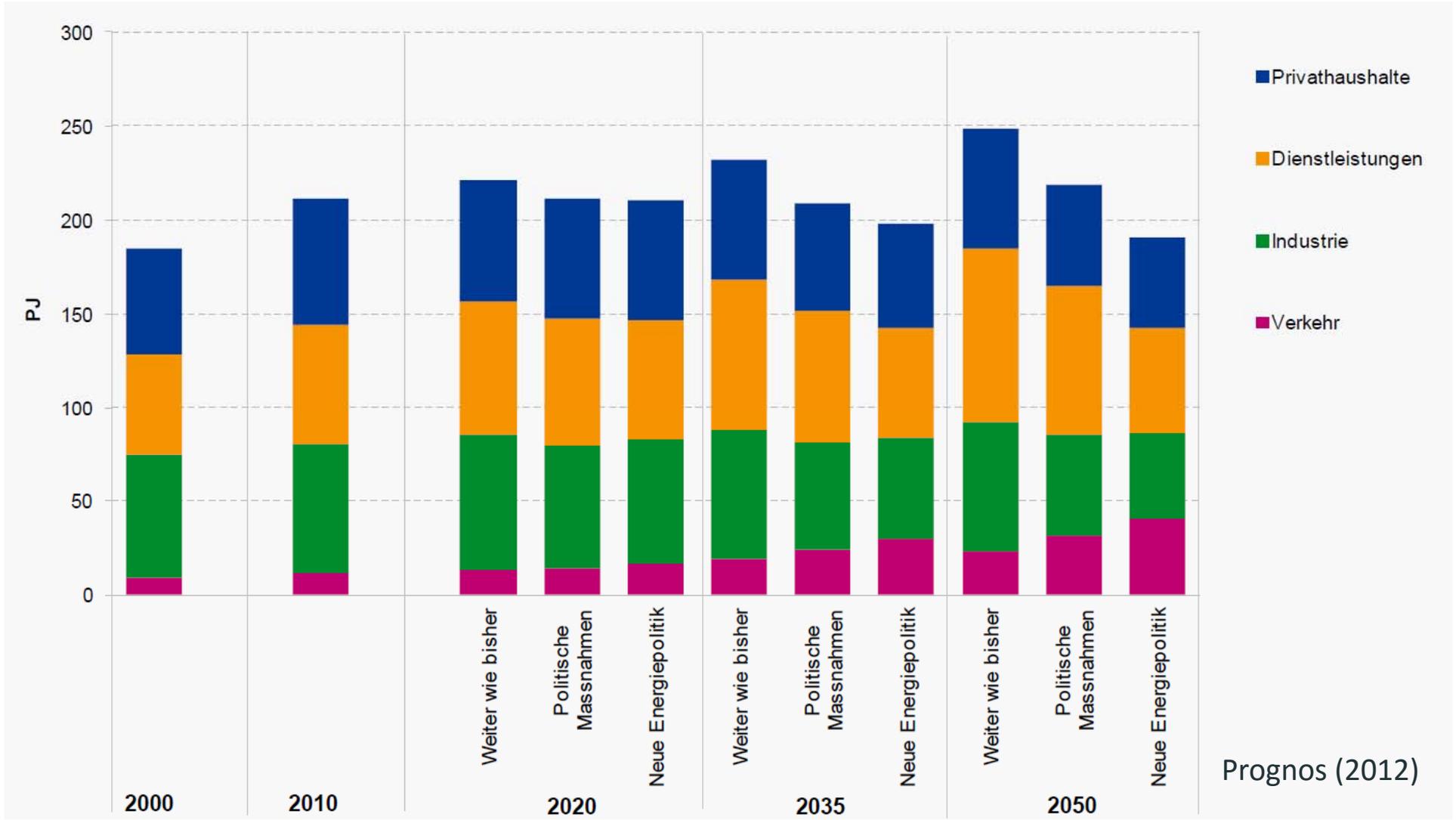
Ökofaktoren 2013 gemäss Methode der ökologischen Knappheit

Ist die Elektrowärmepumpe also DIE Lösung?



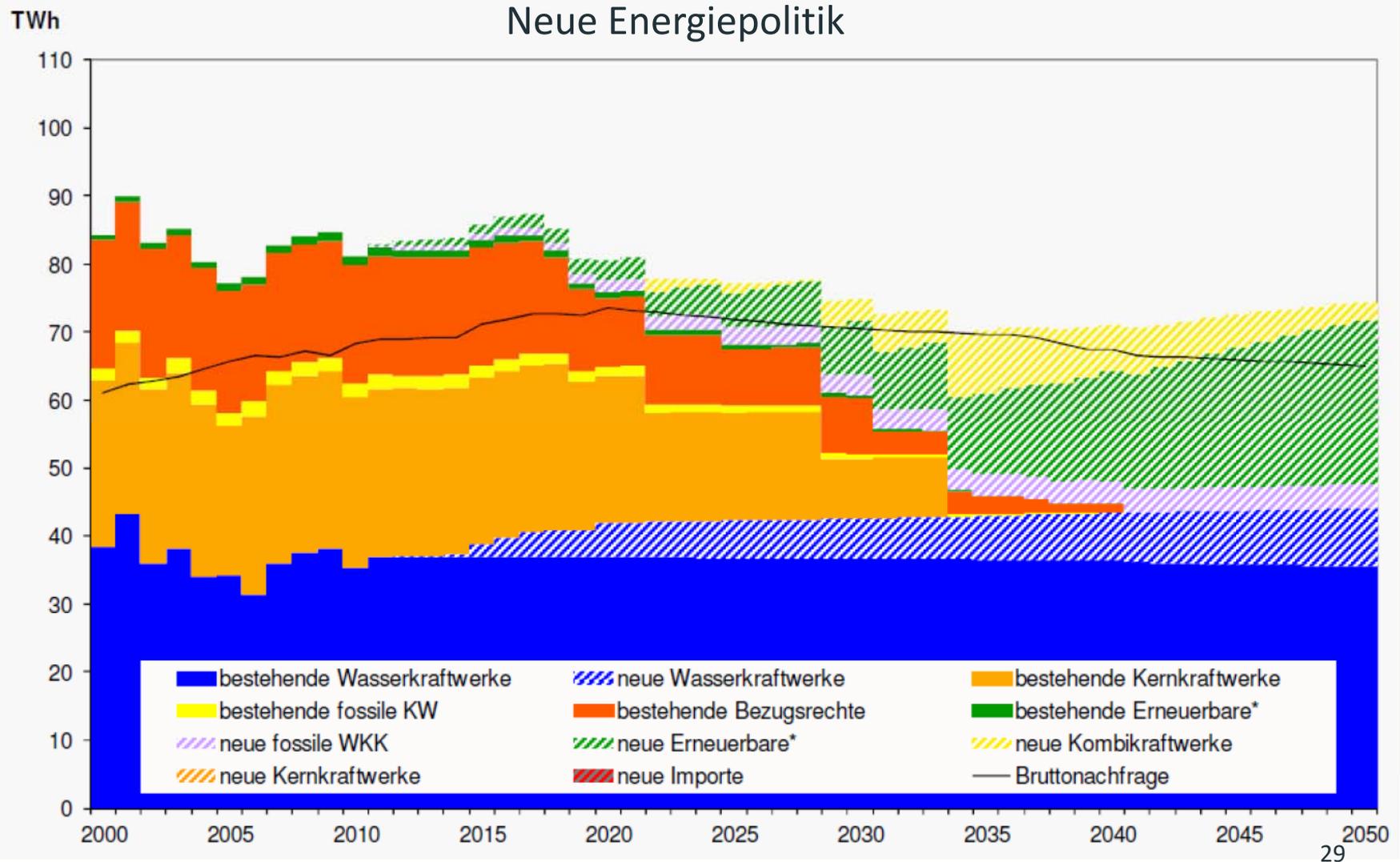
Energiestrategie 2050

Verbrauchsentwicklung Strom

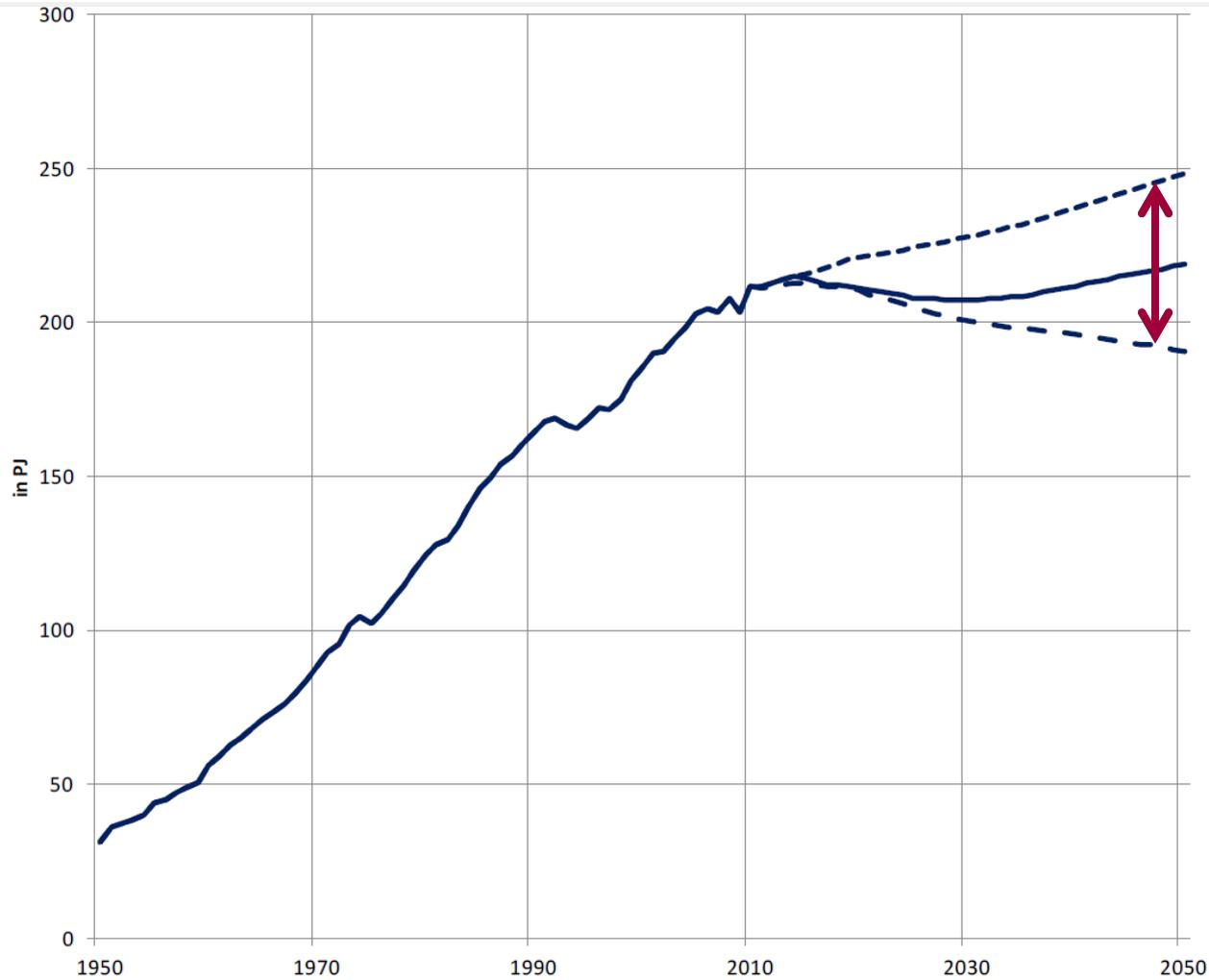


Die Stromzukunft gemäss Energiestrategie 2050

Prognos (2012)



Wie

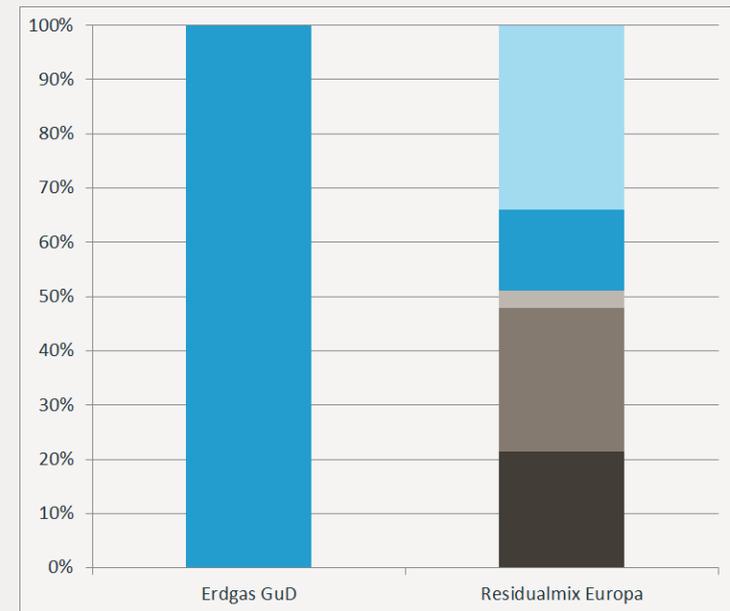


**Mehrheitlich Deckung mit
zusätzl. Gaskraftwerken**

Prognos (2012)

Zwei Gedankenmodelle: Was passiert wenn ...?

- Grenzstrommix Erdgas-GuD
 - Ausbaupotenzial neue erneuerbare Energien ist begrenzt
 - Effizienter Stromeinsatz erfordert weniger fossile Kraftwerke in der Schweiz
- Grenzstrommix Residualmix Europa
 - In der Schweiz nicht benötigter Strom aus erneuerbaren Energien kann nach Europa exportiert werden
 - Hilft der EU ihre Reduktionsziele betreffend Klimaschutz und Kernenergie zu erfüllen



■ Kernenergie
■ Erdgas
■ Heizöl S / Industriegas
■ Braunkohle
■ Steinkohle

Fallbeispiel Altersheim Tilia

Sanieren: Ja oder nein?

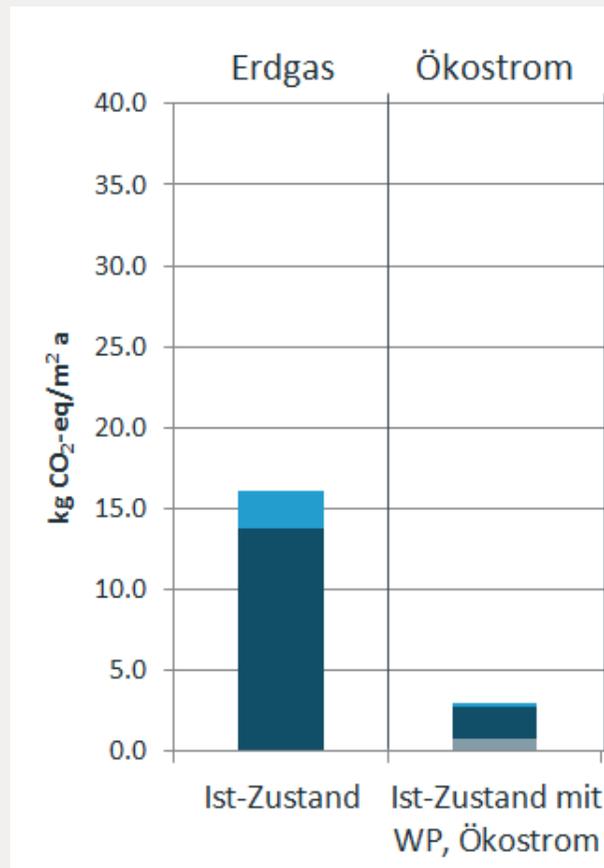
- Alterswohnungen, Läden, Café und Parkhaus
- Baujahr 70er Jahre
- Kenngrößen:

Parameter	Einheit	Ist
Geschossfläche (ca.)	m ²	10'000
Energiebezugsfläche (ca.)	m ²	10'000
Energiebedarf Raumwärme	MJ/m ² a	435
Energiebedarf Warmwasser	MJ/m ² a	50
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	-

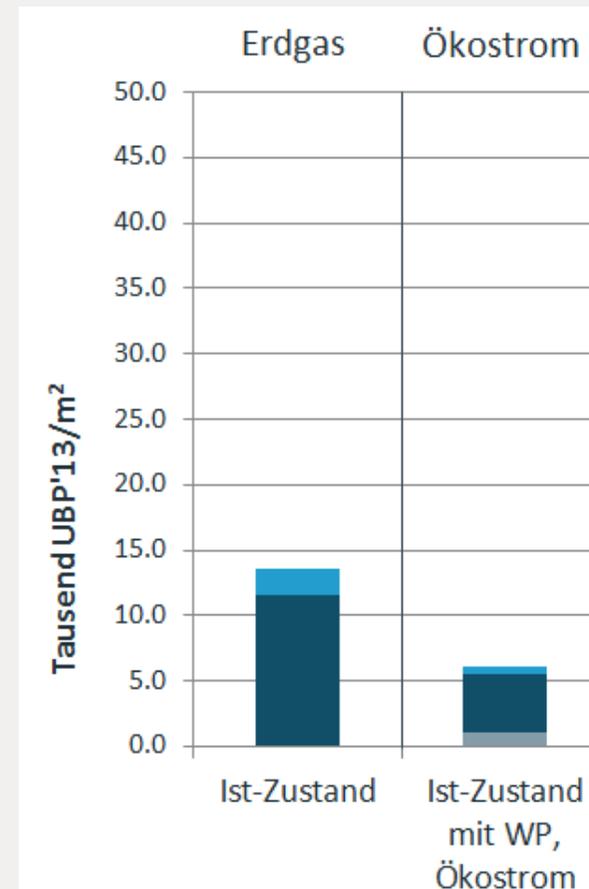


«Sanierung»: Wärmepumpe plus Ökostrom

Treibhausgasemissionen



Umweltbelastung



Materialaufwände
 Energiebedarf Raumwärme
 Energiebedarf Warmwasser
 Energiebedarf Lüftung

Fallbeispiel Altersheim Tilia

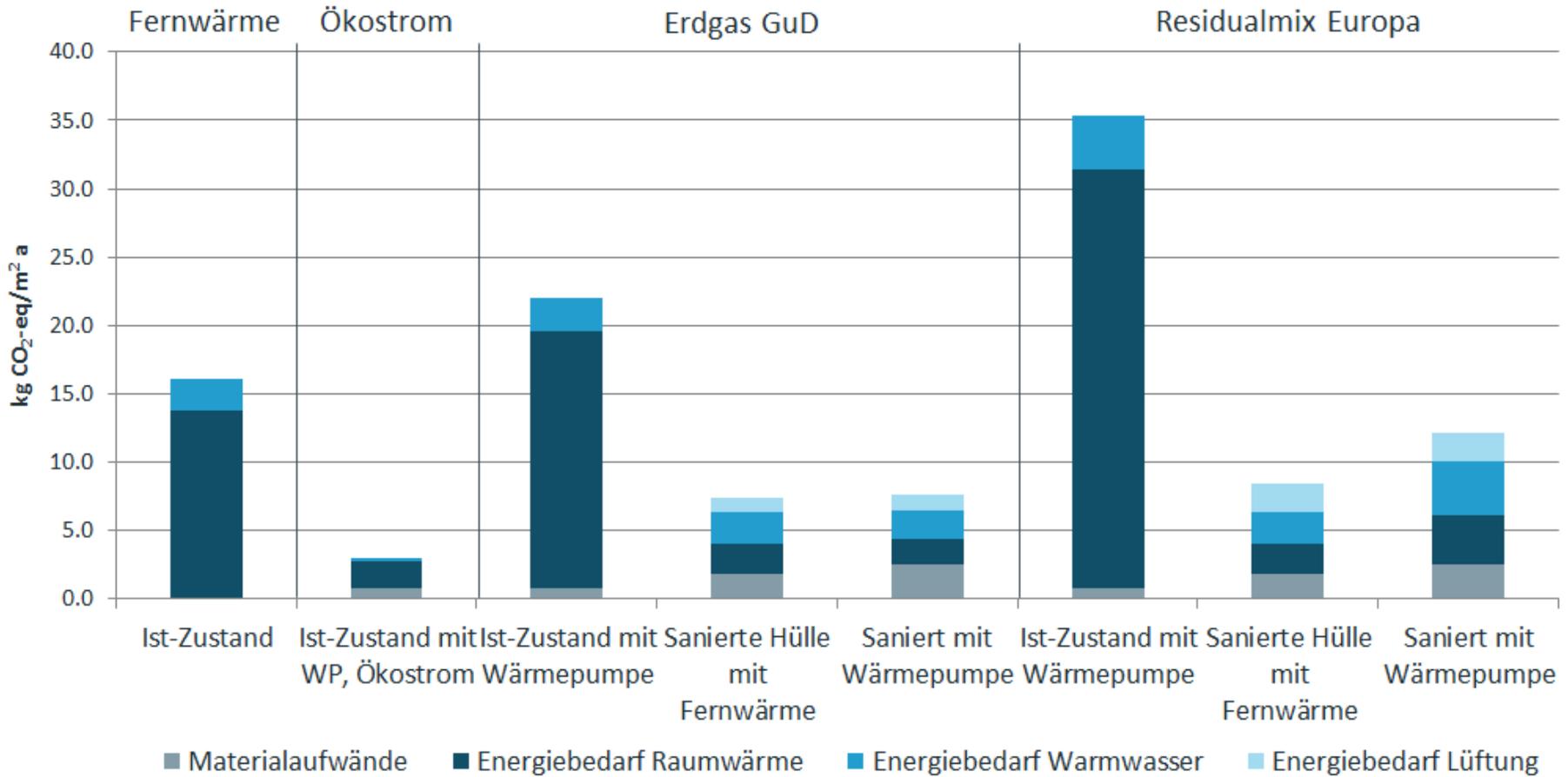
Sanieren: Bauaufwendungen

- neue Fenster (3-Fach-Isolierverglasung)
- Isolation Fassade
- Isolation Dach und Kellerdecke
- Lüftungsanlage

Parameter	Einheit	Ist	Saniert
Energiebedarf Raumwärme	MJ/m ² a	435	68
Energiebedarf Warmwasser	MJ/m ² a	50	50
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	-	10

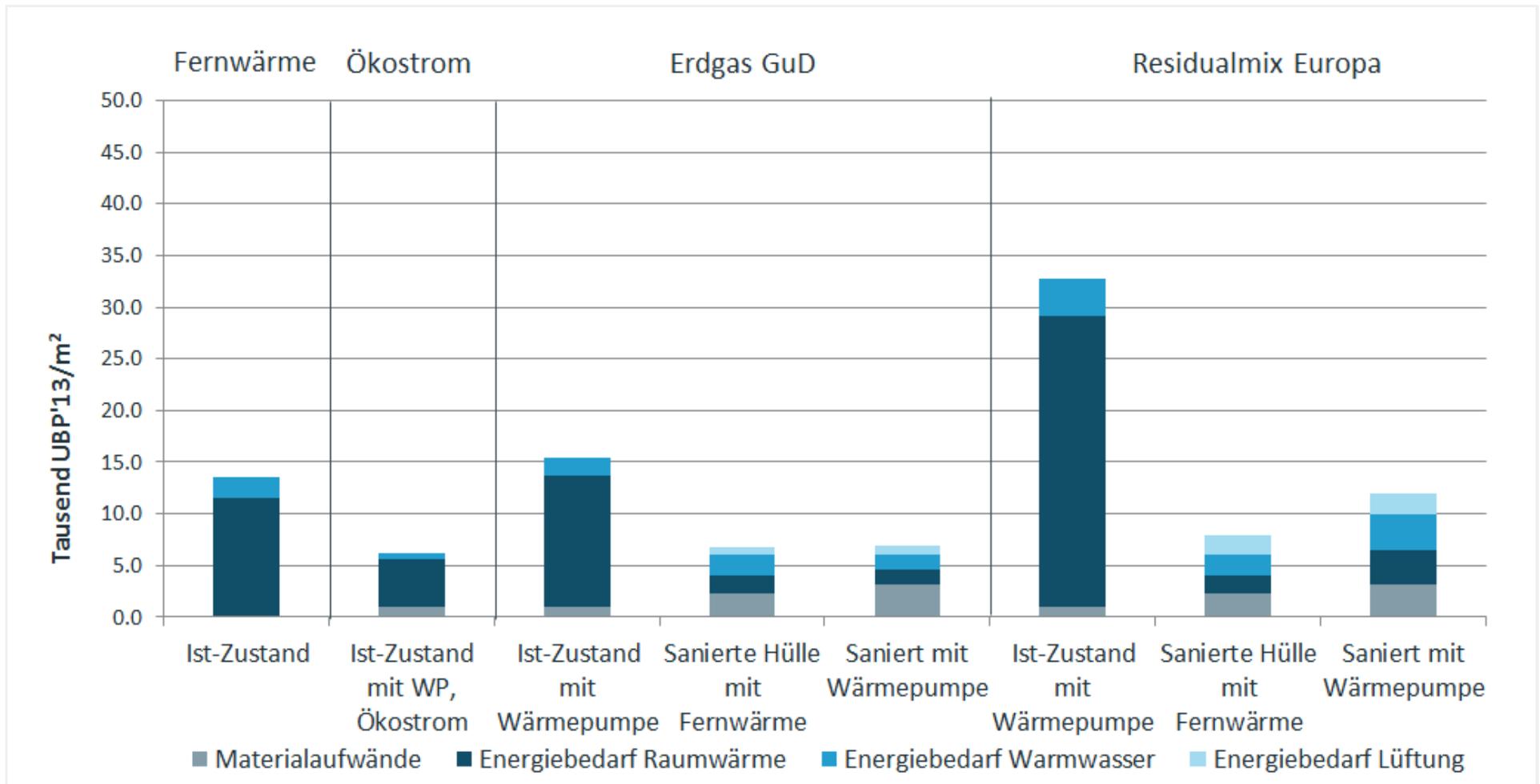
Tilia: Treibhausgas-Emissionen

Ist-Zustand und saniert



Tilia: Gesamtumweltbelastung

Ist-Zustand und saniert



Folgerungen

- Gebäudepark Schweiz wichtiger Verursacher von Treibhausgasemissionen und Umweltbelastung
- Wärmepumpen mit Ökostrom verursachen pro MJ wenig Treibhausgasemissionen und Umweltbelastung
- Wechsel auf erneuerbare Energien allein reicht nicht: Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden ist zentral

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:

frischknecht@treeze.ch

Website:

www.treeze.ch

Grundlagendaten für Energieträgervergleiche:

www.eco-bau.ch, www.kbob.admin.ch