

# Ökoeffizienz-Analyse

## Heizsysteme zur Versorgung eines Einfamilienhauses

Silke Schmidt, GUP/CE - Z 570

Ludwigshafen, Dezember 03

In Zusammenarbeit mit:

Bernd Vogel, WINGAS GmbH

Norbert Wilden, WINGAS GmbH



Validierte

Ökoeffizienz-Analysenmethode

# Inhalt

	Seite
☒ Zusammenfassung	3
☒ Ziele und vorgesehene Verwendung der Studie	4
☒ Nutzendefinition, Vergleichssystem	6
☒ Allgemeine Angaben	7
☒ Systemgrenzen	8
Gesamtergebnis	
☒ Ökoeffizienz-Portfolio	17
☒ Gesamtkosten	20
☒ Ökologischer-Fingerprint	22
Ergebnisse der einzelnen Umweltkategorien	
☒ Energieverbrauch	25
☒ Stoffverbrauch	28
☒ Luftemissionen (GWP, POCP, AP, ODP)	30
☒ Wasseremissionen	34
☒ Abfall	35
☒ Toxizitätspotenzial	37
☒ Risikopotenzial	40
☒ Szenarienanalysen - Übersicht	43
☒ Strategie	55
☒ Datenübersicht	57
☒ Anhang	66
☒ Glossar	81

# Zusammenfassung

- Es wurde eine Ökoeffizienz-Analyse über die Heizung und Brauch-Warmwasserversorgung eines freistehenden Einfamilienhauses durchgeführt.
- Untersucht wurden verschiedene Möglichkeiten der Wärmeversorgung: Erdgas-Brennwertkessel, Erdgas-Niedertemperaturkessel, Erdgas-Brennwertgerät kombiniert mit Solarkollektoren, Heizölkessel, Speicherheizung Strom, Wärmepumpe (Strom) sowie der Einsatz eines Holzpellet- und eines Scheitholz-Zentralkessels
- Die mit Erdgas befeuerten Heizkessel haben einen leichten Vorsprung gegenüber den weiteren untersuchten Alternativen.
- Der Erdgas-Brennwertkessel sowie der Erdgas-Niedertemperaturkessel stellen unter den gewählten Bedingungen die ökoeffizienteste Möglichkeit der Gebäudeenergieversorgung dar.

# Ziele und vorgesehene Verwendung der Studie

## Ziel der Studie

- Ziel der Studie war, zu prüfen, welche Ökoeffizienz Erdgas bei der Energieversorgung von Wohngebäuden im Vergleich zu den Wettbewerbsenergien hat.
- Zusätzlich sollte untersucht werden, wie sich die Ökoeffizienz in Abhängigkeit bestimmter Parameter verändert (z.B. höhere Energiepreise oder verbesserter Wärmeschutz).

## Verwendung der Studie

- Interne Strategiefindung
- Unterstützung der Marketing und Öffentlichkeitsarbeit
- Identifizierung von Forschungszielen

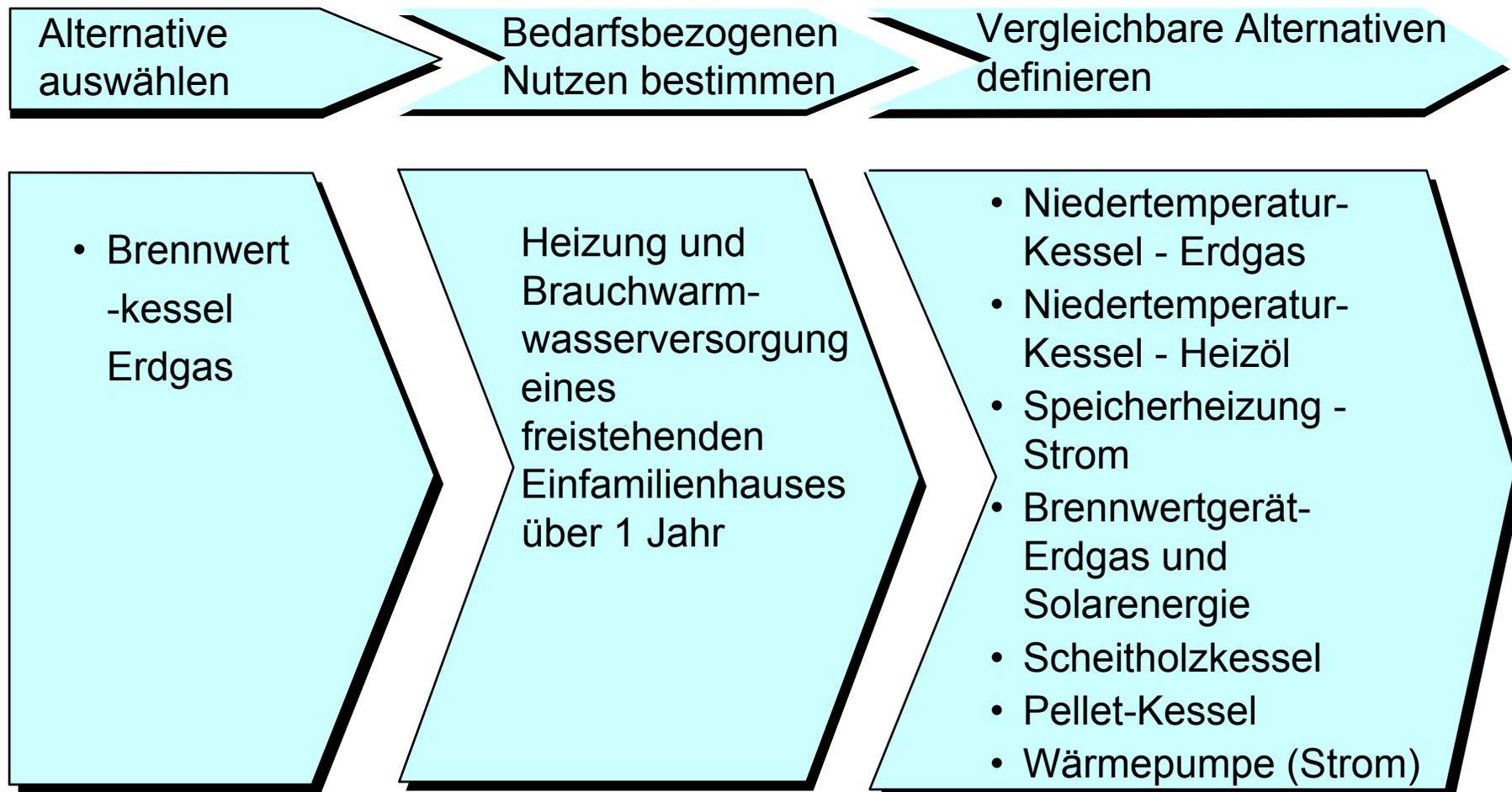
## Zielgruppen der Studie

- Entscheidungsträger Wintershall, WINGAS

## Einschränkungen der Verwendung der Ergebnisse

Beim ökobilanziellen Teil der Studie wurden wesentliche Anforderungen der DIN EN ISO 14040 ff. sinngemäß übernommen. Die Ökoeffizienzanalyse geht jedoch in wesentlichen Aspekten (Einbeziehung der Kosten und Portfoliodarstellung der aggregierten ökologischen Belastungen) über die Norm hinaus.

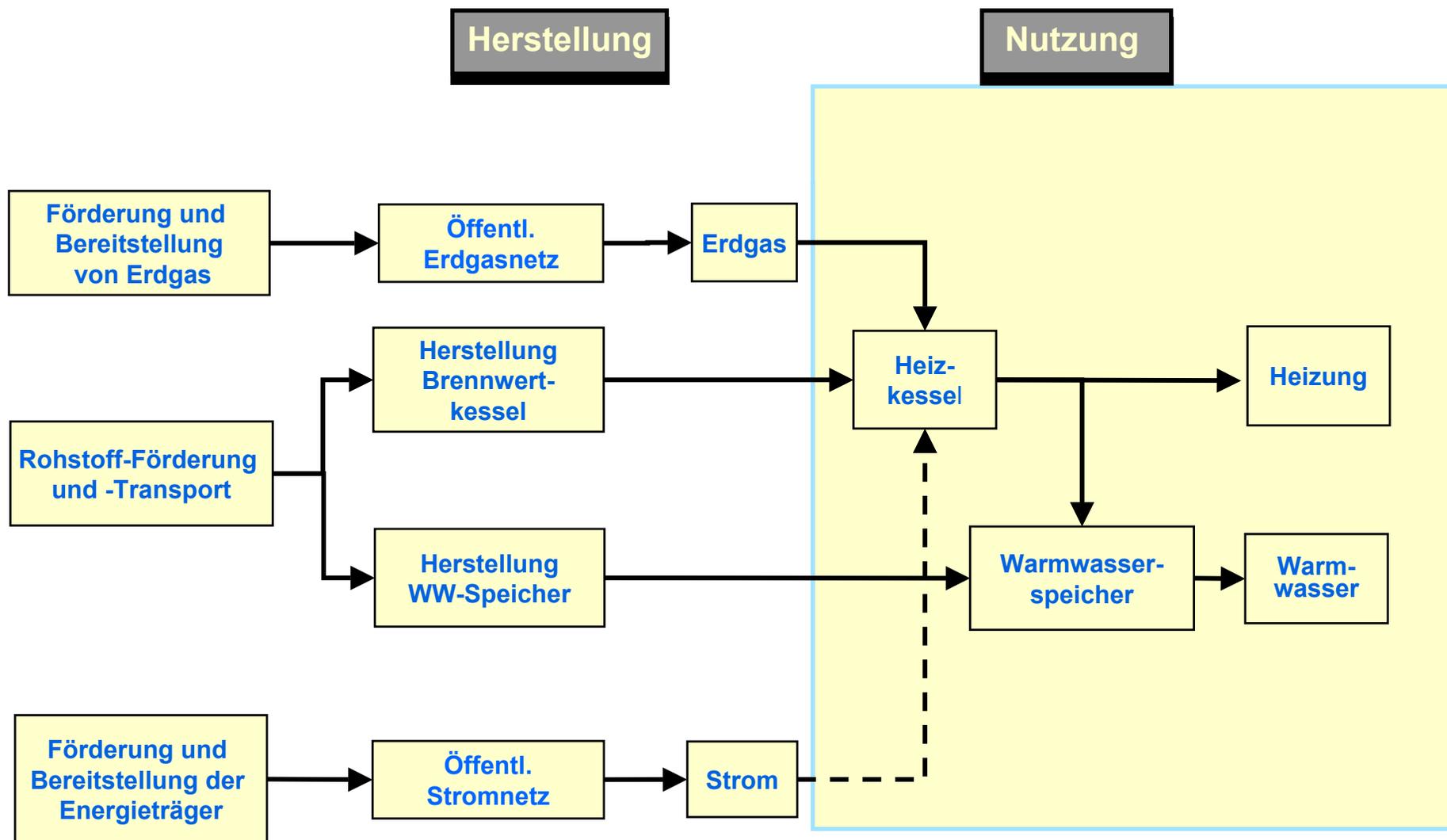
# Heizsysteme zur Versorgung eines Einfamilienhauses



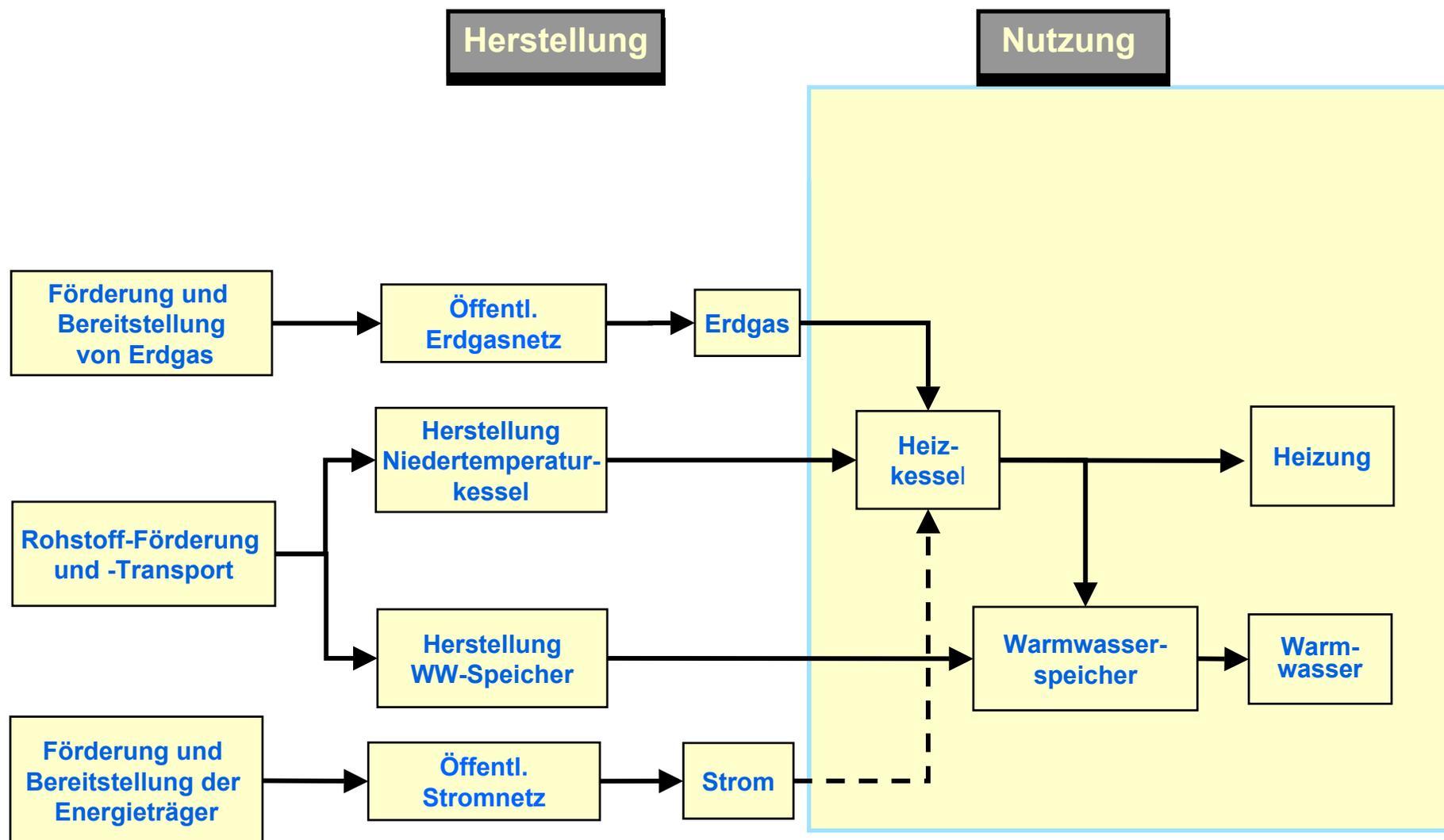
# Allgemeine Annahmen

<b><u>Gebäudedaten:</u></b>					
- Wohneinheiten:	1				
- Bewohnerzahl:	4				
- Gebäudetyp:	freistehendes Einfamilienhaus				
- Beheizte Fläche:	150 m <sup>2</sup>				
- Baulicher Zustand:	nach Wärmeschutzverordnung 1995				
<b><u>Verbrauchsdaten:</u></b>					
- spezifischer Jahres-Heizwärmebedarf:					
	90 kWh / m <sup>2</sup> * a		entspricht	324 MJ therm / m <sup>2</sup> * a	
Heizwärmebedarf:	13.500 kWh / a				
- spezifischer Wärmebedarf Brauch Warmwasser bei					
	50 l / Person * Tag		entspricht	1,75 kWh / Person * Tag	
Warmwasser:	2.500 kWh / a				
	17 kWh / m <sup>2</sup> * a		entspricht	60 MJ therm / m <sup>2</sup> * a	

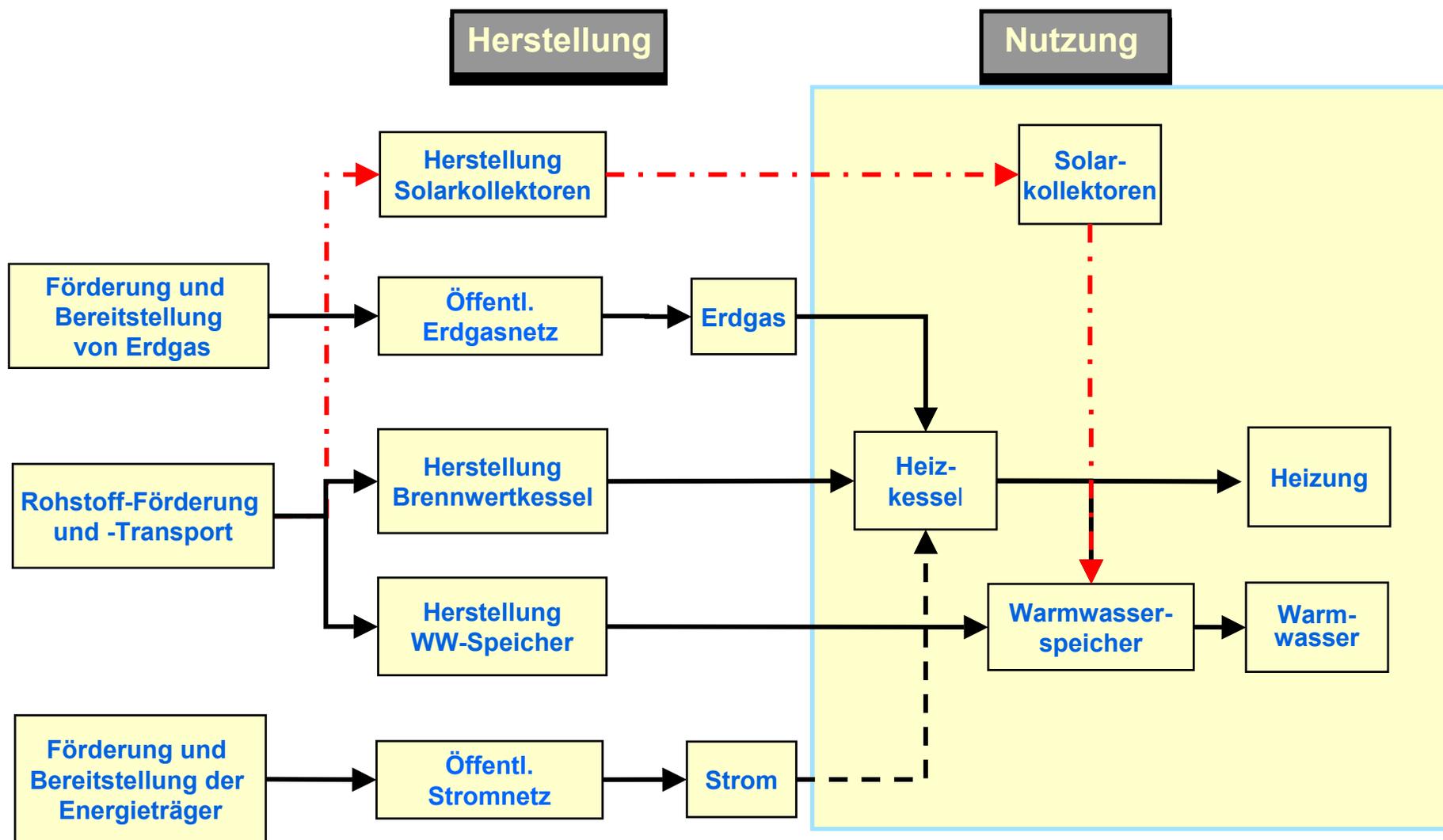
# Systemgrenzen - Erdgas-Brennwertkessel



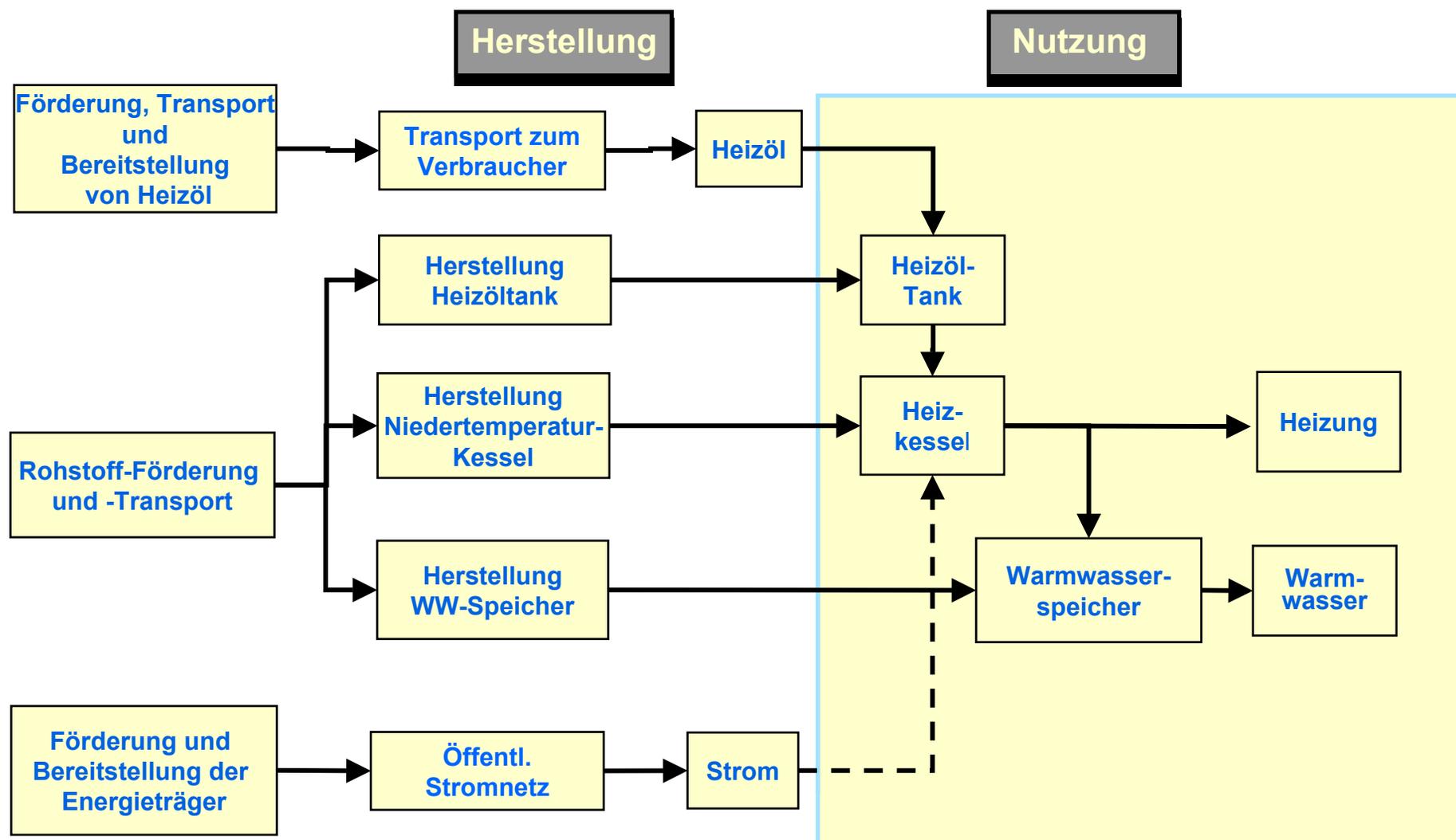
# Systemgrenzen - Erdgas-Niedertemperaturkessel



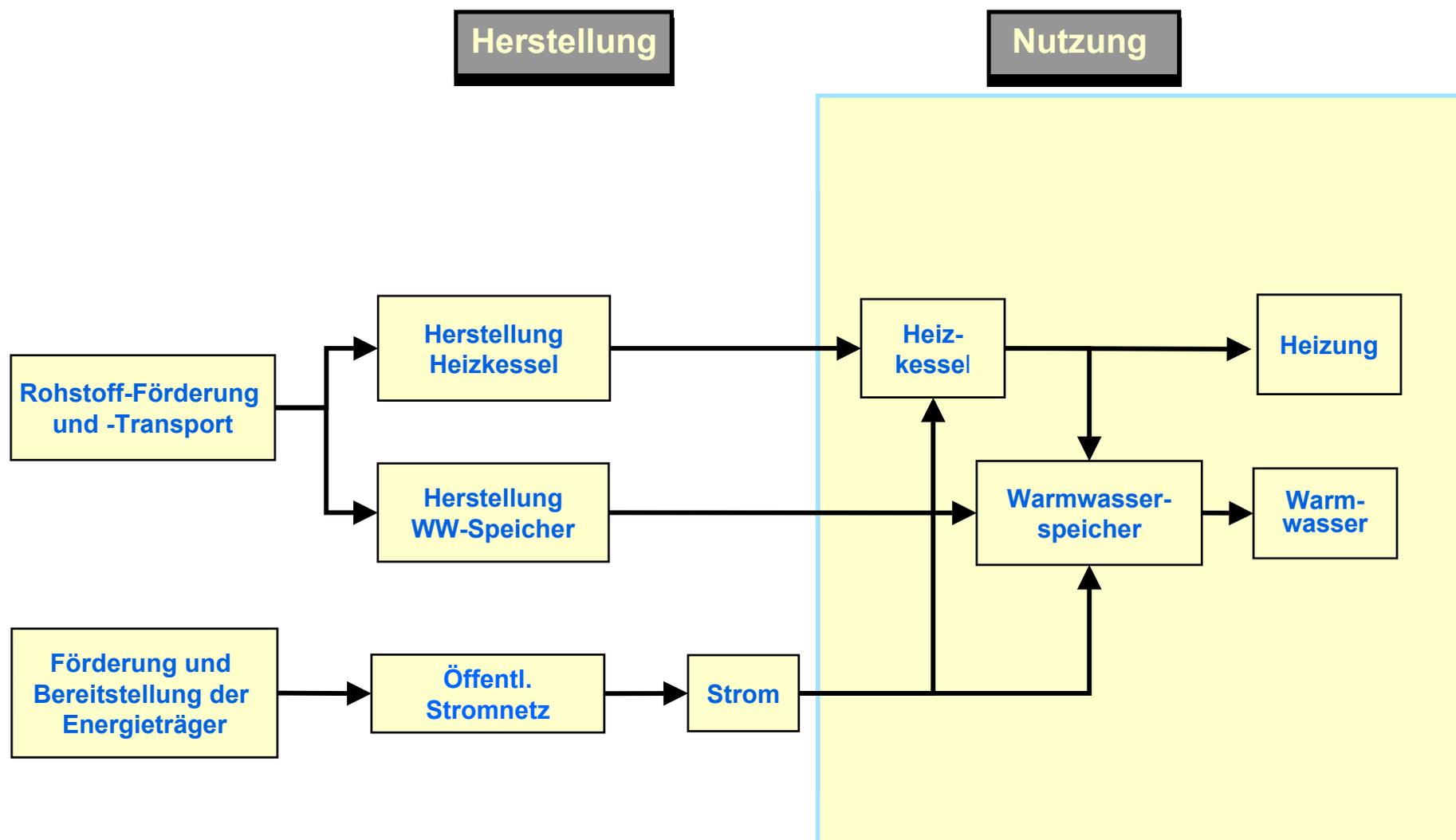
# Systemgrenzen: Erdgas-Brennwertgerät mit Solar



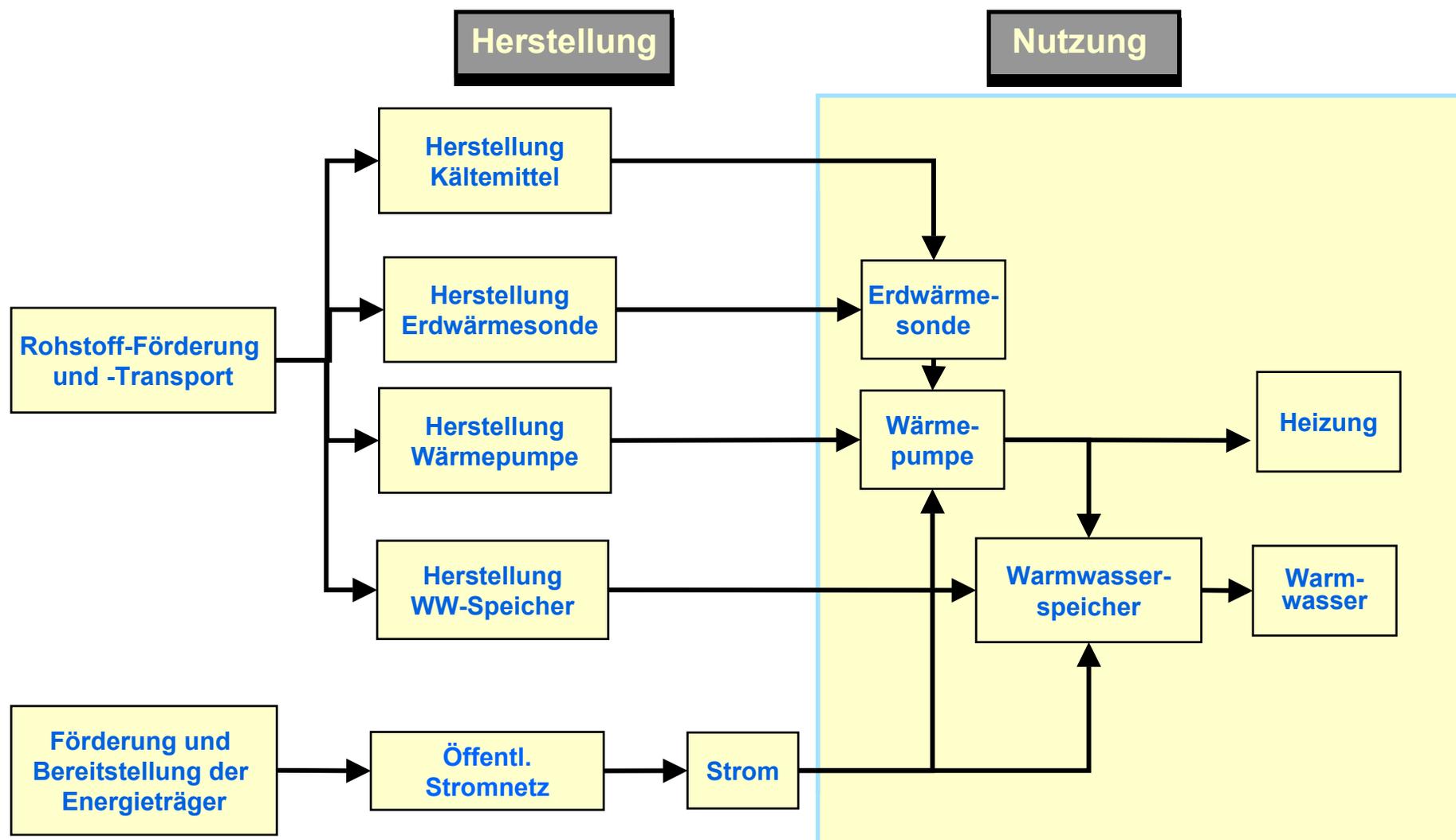
# Systemgrenzen - Heizöl-Niedertemperaturkessel



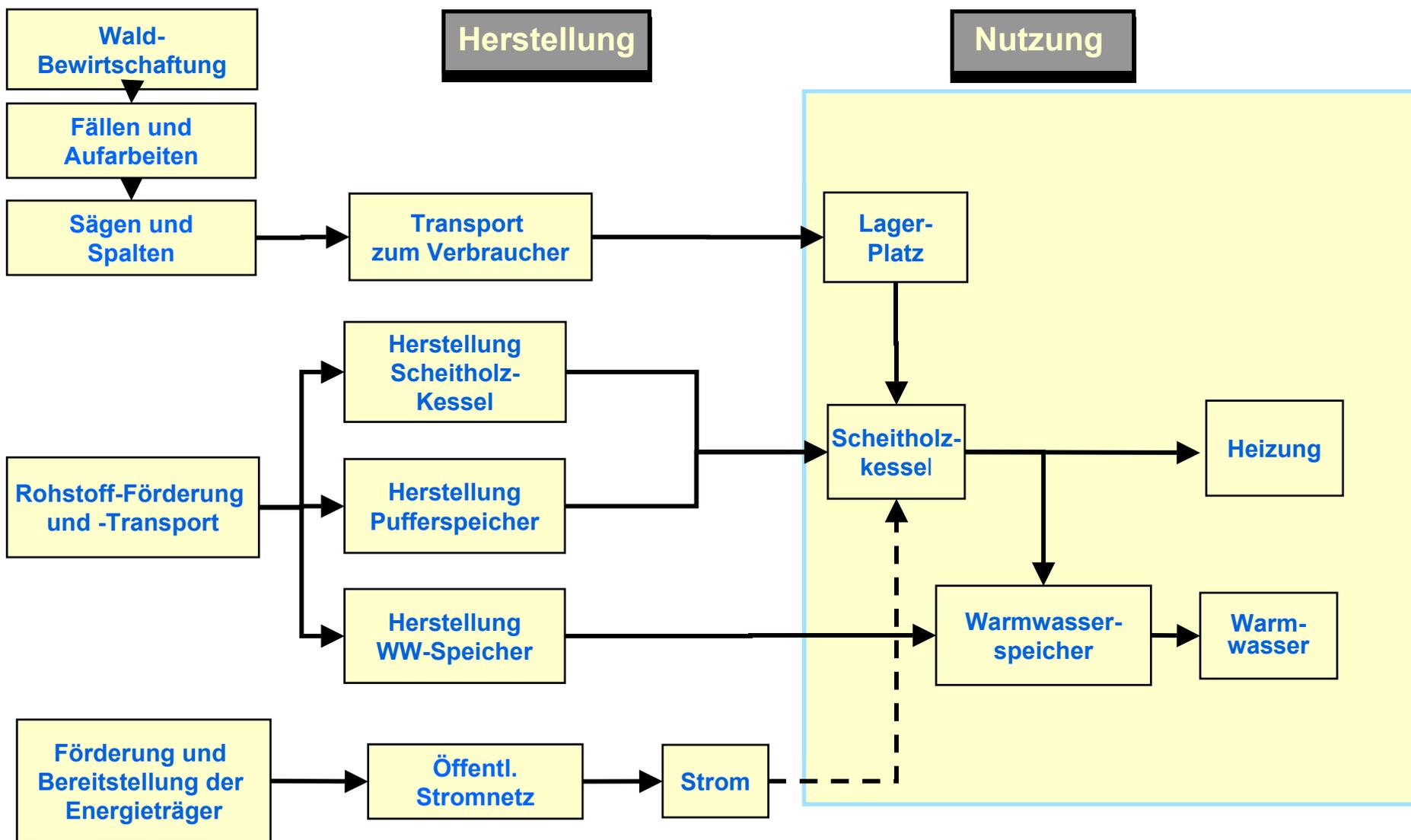
# Systemgrenzen - Speicherheizung Strom



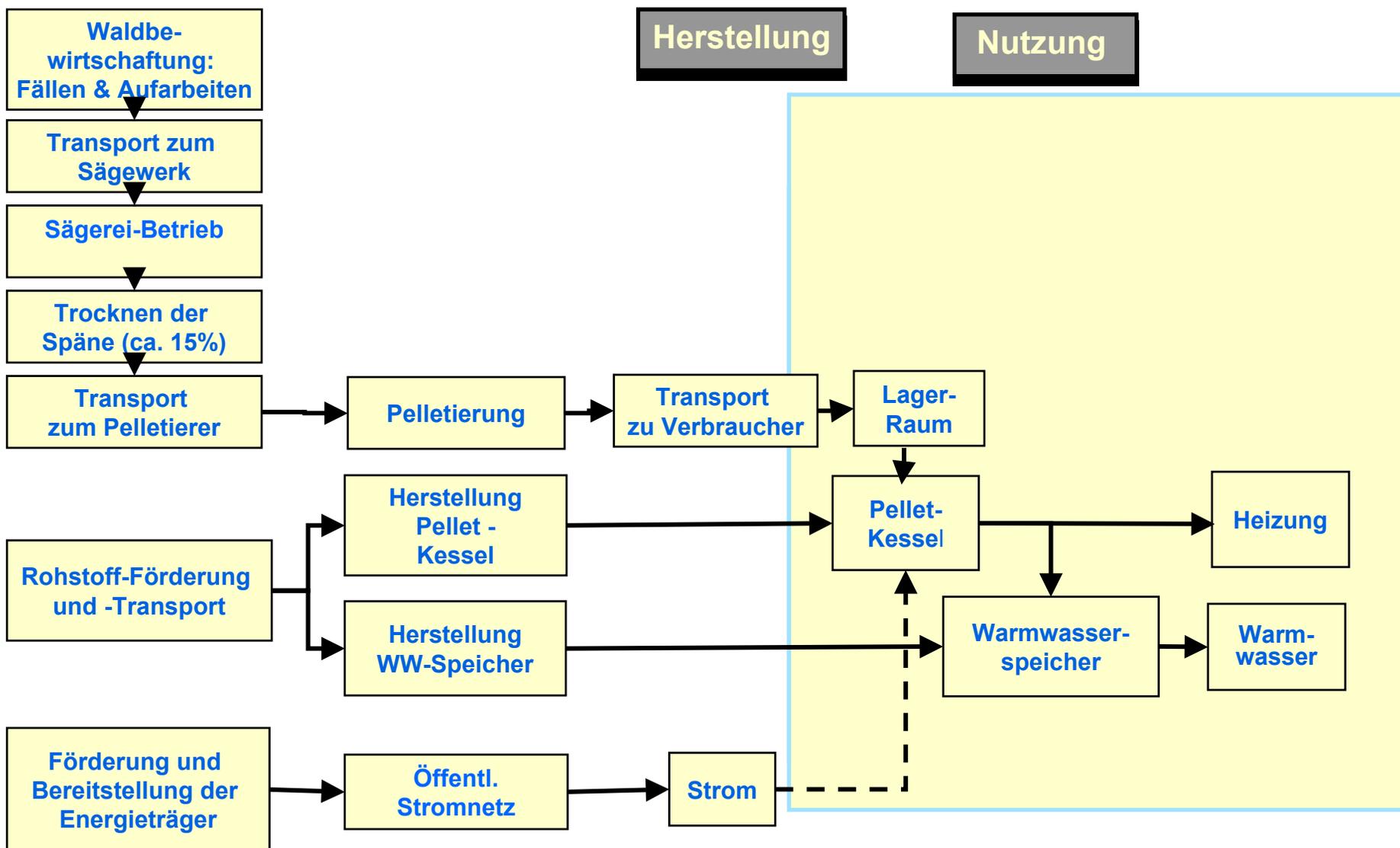
# Systemgrenzen - Wärmepumpe (Strom)



# Systemgrenzen - Scheitholzkessel



# Systemgrenzen - Pelletkessel

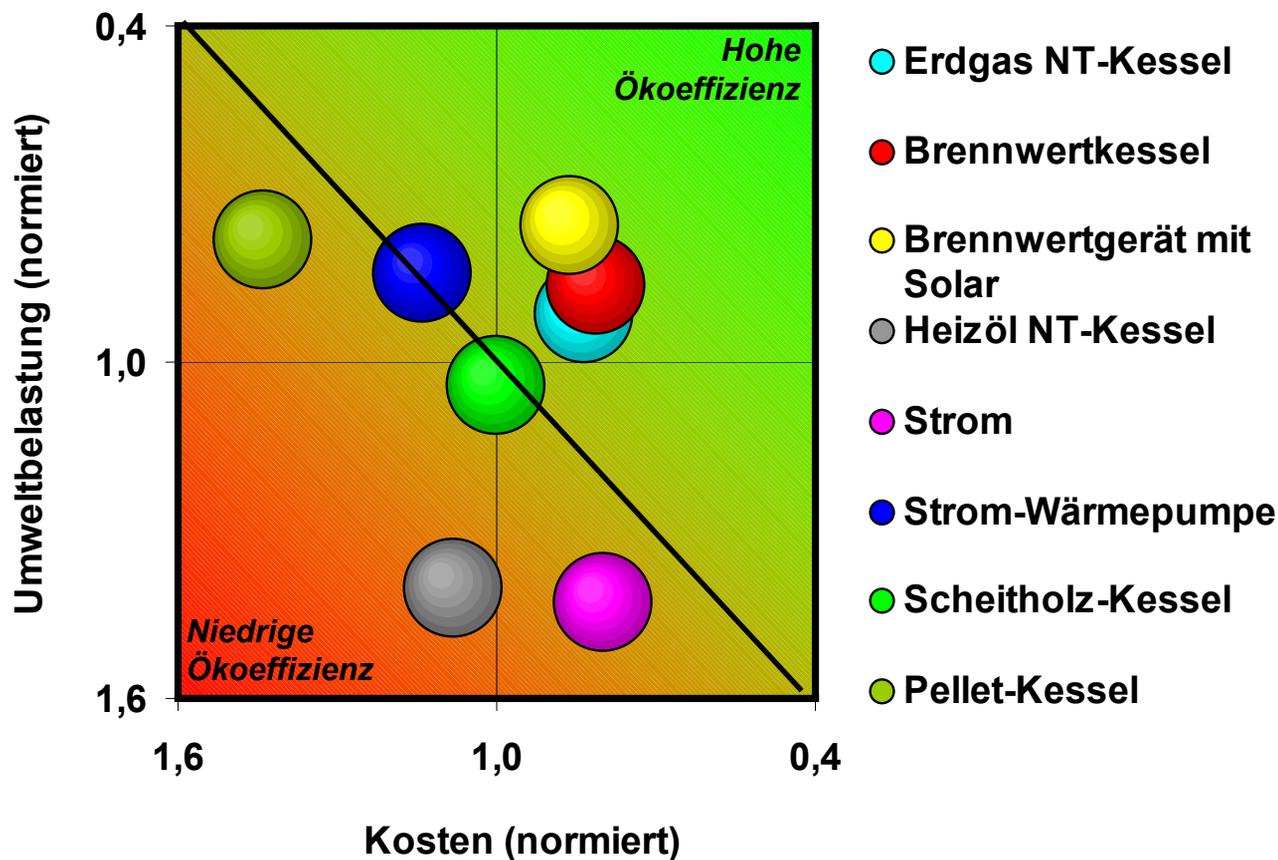


# Gesamt- Ergebnis

# Heizsysteme zur Versorgung eines Einfamilienhauses

## Kundennutzen:

Heizung und Brauchwarmwasser-versorgung eines freistehenden Einfamilienhaus es über 1 Jahr



## Interpretation zum Ökoeffizienzportfolio

- Die drei für Erdgas untersuchten Alternativen haben einen Vorsprung zu den weiteren untersuchten Alternativen.
  - Der Erdgas-Brennwertkessel sowie der Erdgas-Niedertemperaturkessel sind gleich ökoeffizient.
  - Die Gesamtkosten der Wärmeversorgung sind bei Einsatz eines Erdgas-Niedertemperaturkessels am niedrigsten.
  - Der Einsatz eines Erdgas-Brennwertgerätes in Verbindung mit Solarkollektoren bringt die geringste Umweltbelastung mit sich, allerdings ist dieses Heizsystem die teuerste Erdgasalternative.
- Der Einsatz der Biomasseheizgeräte hat aufgrund der hohen Kosten eine geringere Ökoeffizienz.
- Die Stromheizung ist unter den gegebenen Umständen nur wenig ökoeffizient, da sie hohe CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie einen hohen Energieverbrauch mit sich bringt.
- Die elektrische Wärmepumpe ist - trotz guter Energieeffizienz und trotz des im Vergleich zur Speicherheizung Strom geringeren Stromverbrauchs - durch hohe Kosten weniger ökoeffizient als die Erdgas-Alternativen.

## Die hauptsächlichlichen Kosten- und Umweltbelastungstreiber werden identifiziert

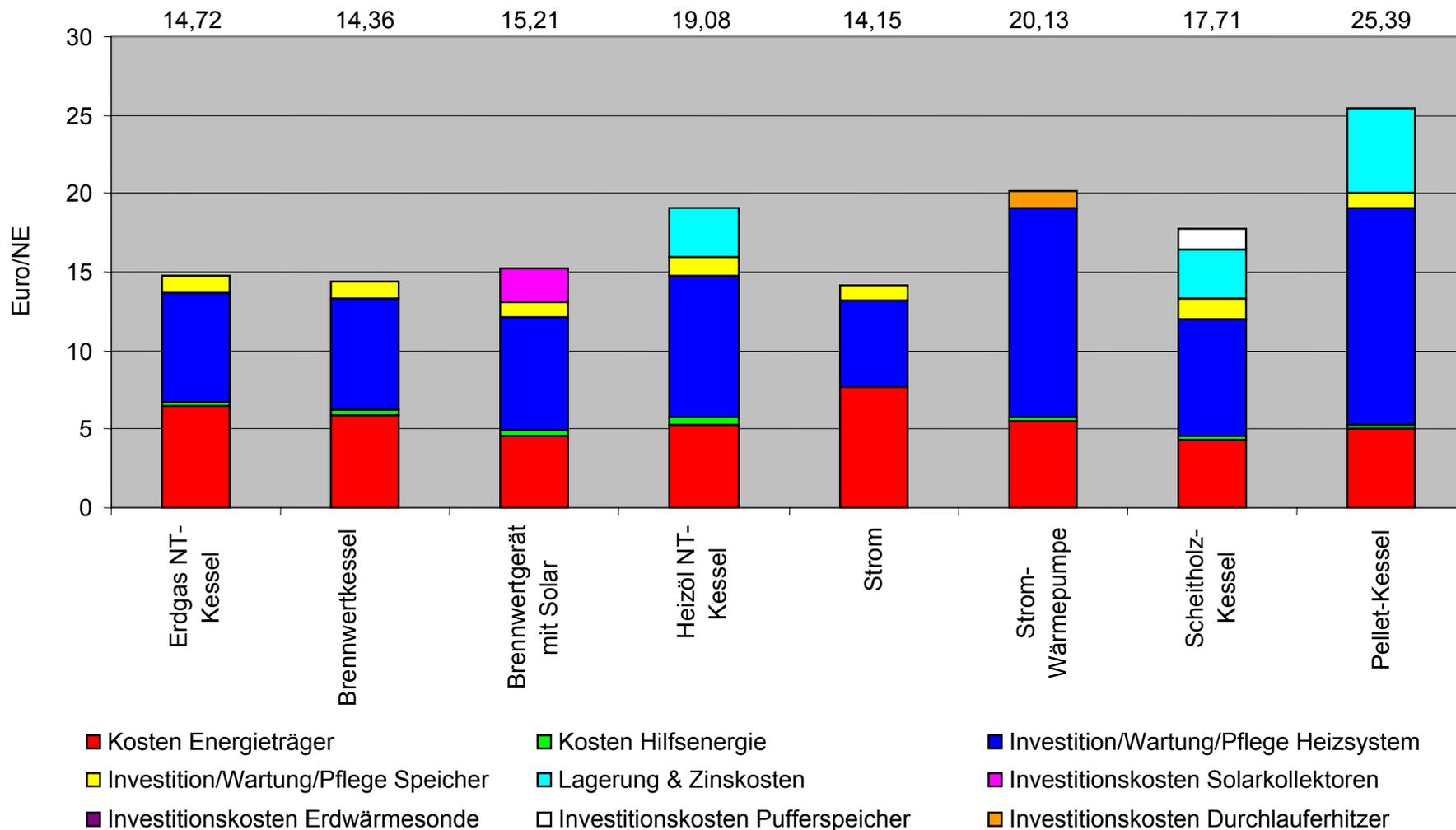
### Kostenfaktoren

- Hohe Investitionskosten bei der zusätzlichen Verwendung von Solarkollektoren sowie bei Einsatz der Wärmepumpe oder einer Pelletheizung
- Die Brennstoffkosten machen den Hauptanteil der Kosten aus; die Kosten variieren je nach betrachteter Alternative.

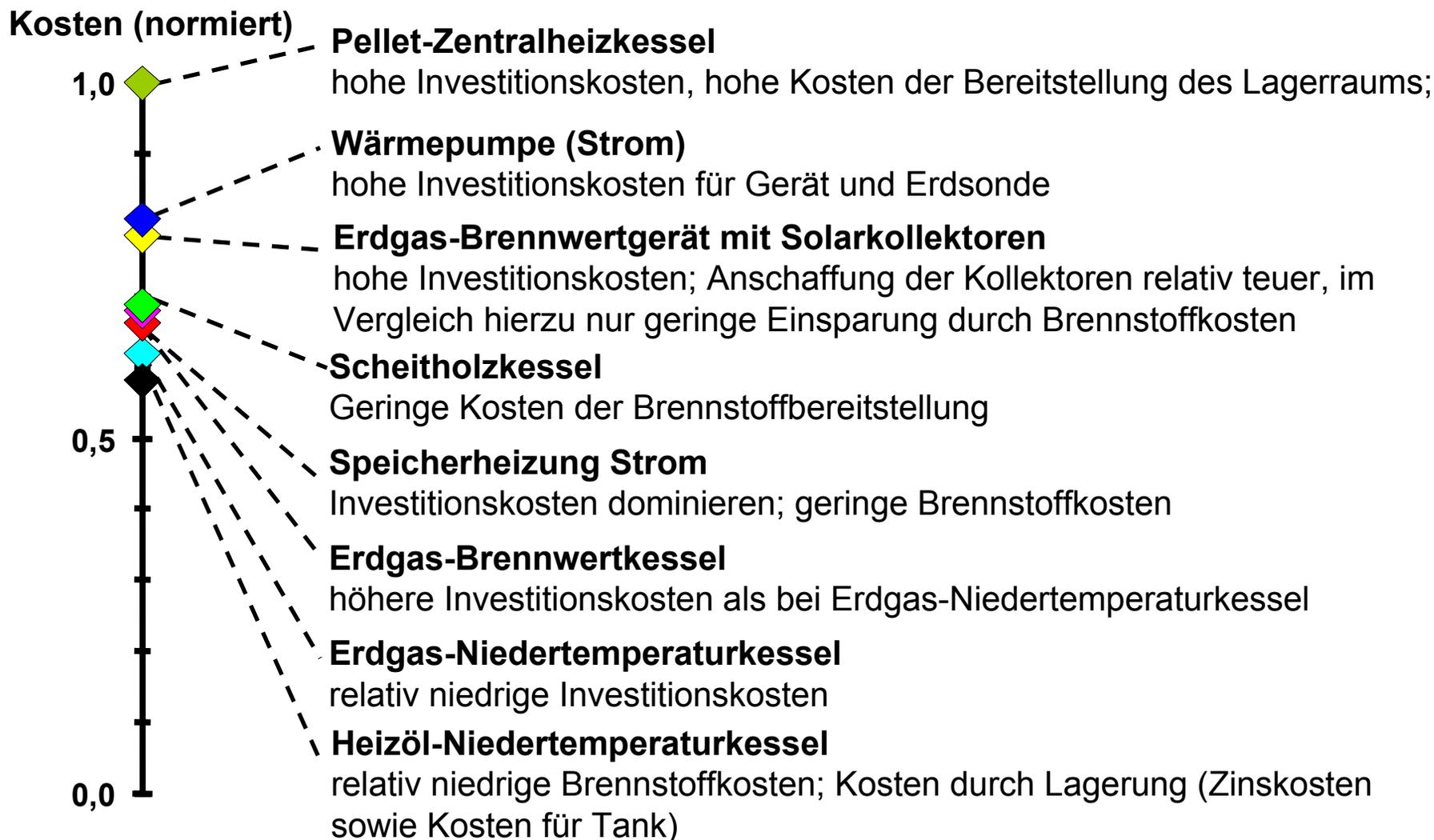
### Umweltbelastungstreiber

- Hohes Toxizitätspotenzial bei der Biomasseverbrennung, bedingt durch hohe CO- und NO<sub>x</sub>-Emissionen
- hohe CO<sub>2</sub>-Emissionen bei Stromnutzung
- hoher Energieverbrauch der Stromheizung
- hoher Ressourcenverbrauch des Heizöl-Niedertemperaturkessels

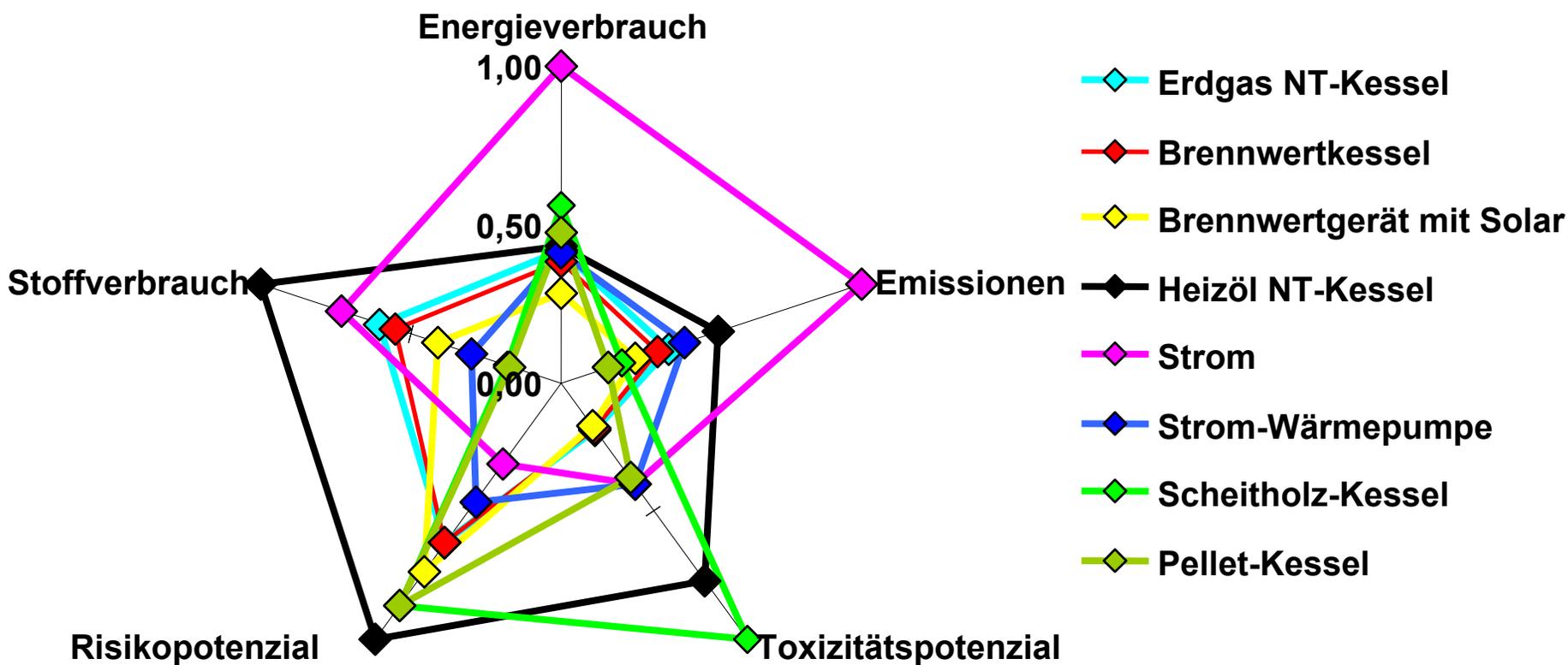
# Darstellung der Gesamtkosten



## Bei Berücksichtigung der Gesamtkosten schneidet der Scheitholzkessel am günstigsten ab



# Ökologischer Fingerprint



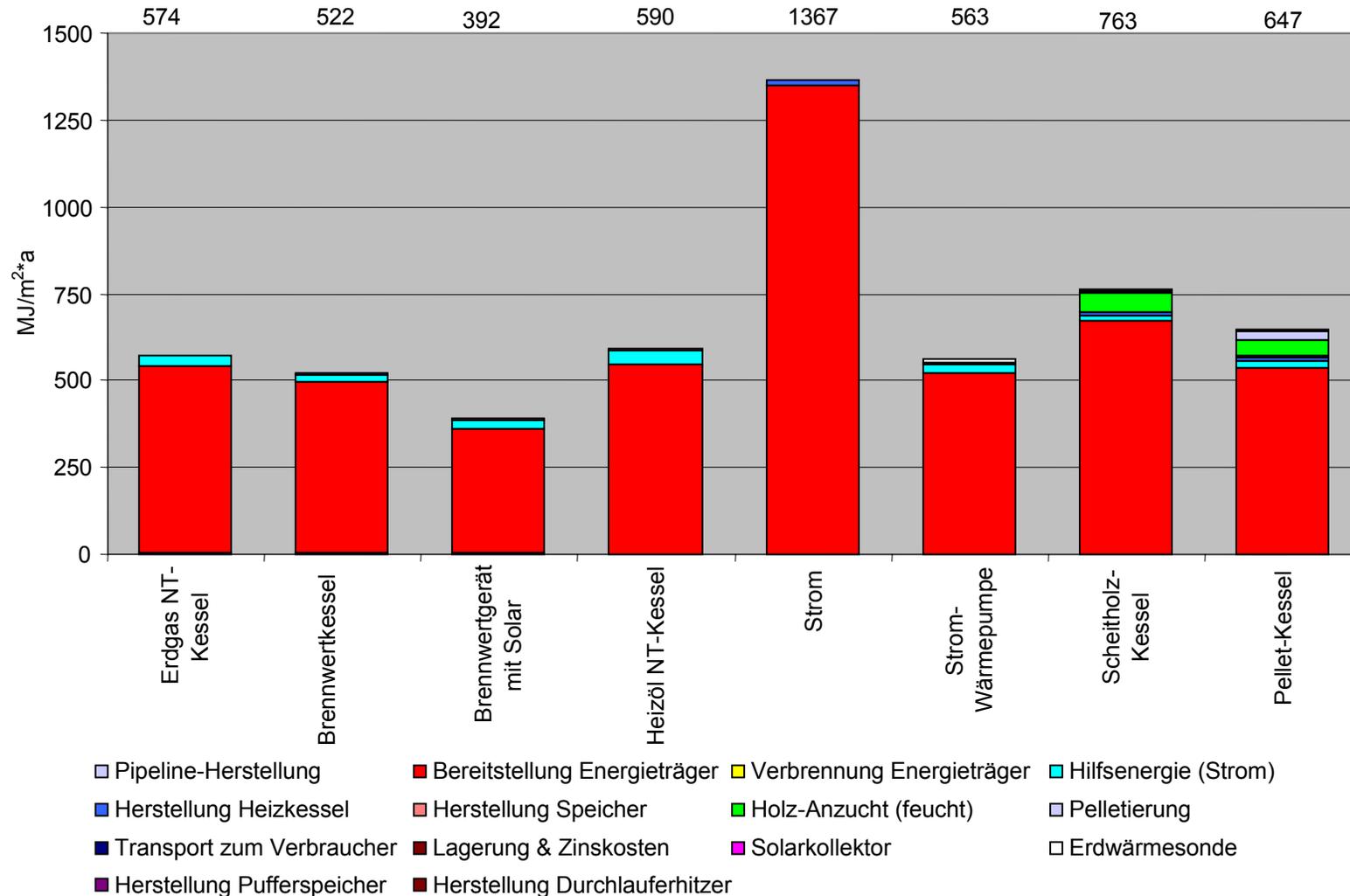
Schlechteste Alternative  
gleich 1, alle anderen  
relativ dazu bewertet.

# Interpretation zum ökologischen Fingerprint

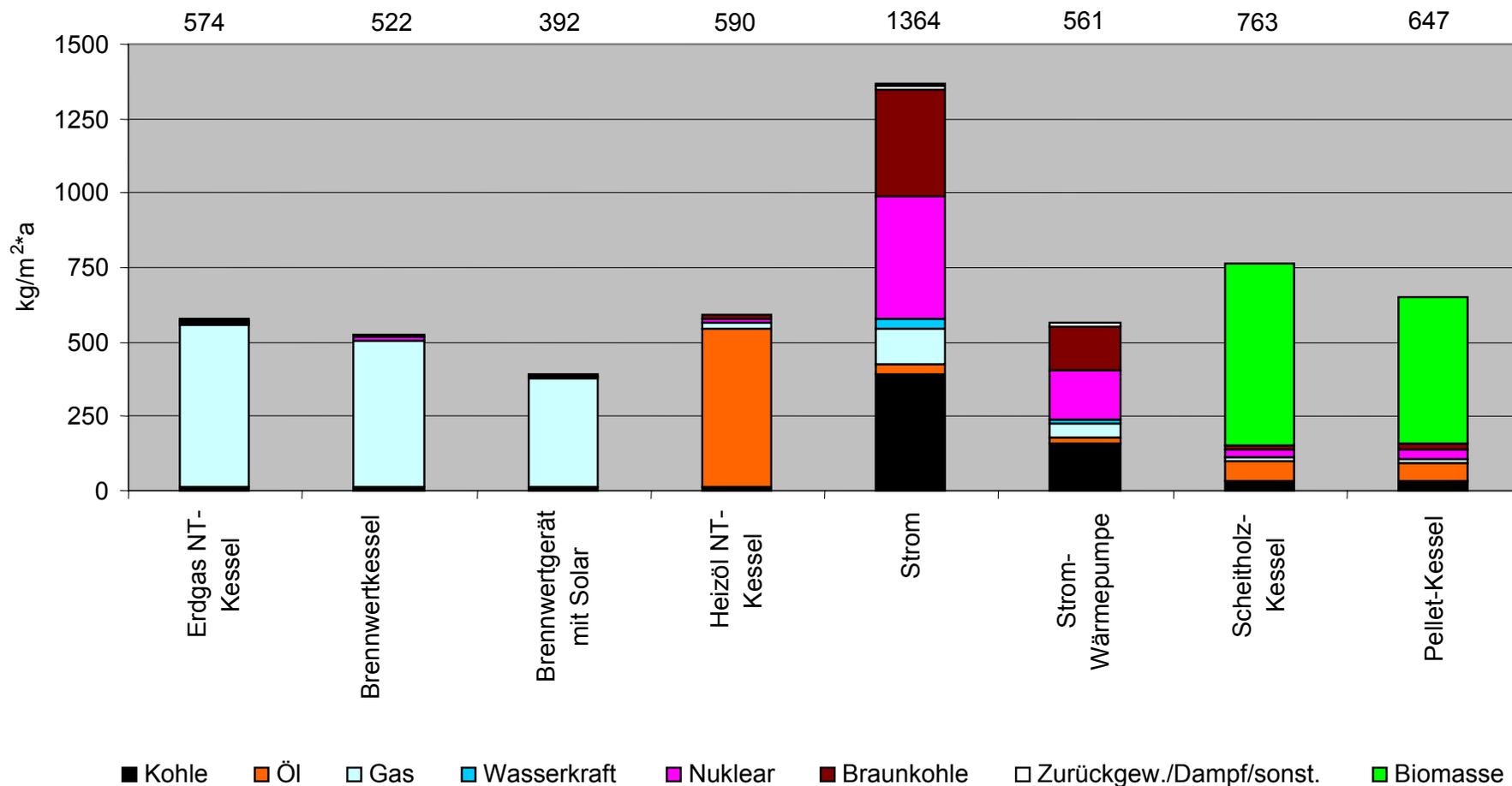
- Beim **Gesamtenergieverbrauch** schneidet das Erdgas-Brennwertgerät in Verbindung mit Solarkollektoren am besten ab.
- Der **Stoffverbrauch** wird nach den **Reichweiten** der Rohstoffe gewichtet. Auf Grund der Reichweitenunterschiede von Erdöl (40 a) und Erdgas (61 a) zu Holz (unendlich) weichen die Ressourcenverbräuche der Alternativen stark voneinander ab.
- Die niedrigen **CO<sub>2</sub>-Emissionen** bedingen die gute Positionierung bei den Emissionen der mit Erdgas betriebenen Heizsysteme sowie der mit Biomasse betriebenen Systeme.
- Das **Toxizitätspotenzial** wird hauptsächlich durch die CO-, die NO<sub>x</sub>- und die Staub-Emissionen bestimmt.
- Beim **Risikopotenzial** werden in der Herstellungsphase der Transport, Arbeitsunfälle, Versorgungsunsicherheit sowie Lagerung, in der Nutzenphase die Technologiereife und die Gefahren durch Explosionen sowie durch Elektrizität im Haushalt bewertet.

# Ergebnisse der jeweiligen Umweltkategorien

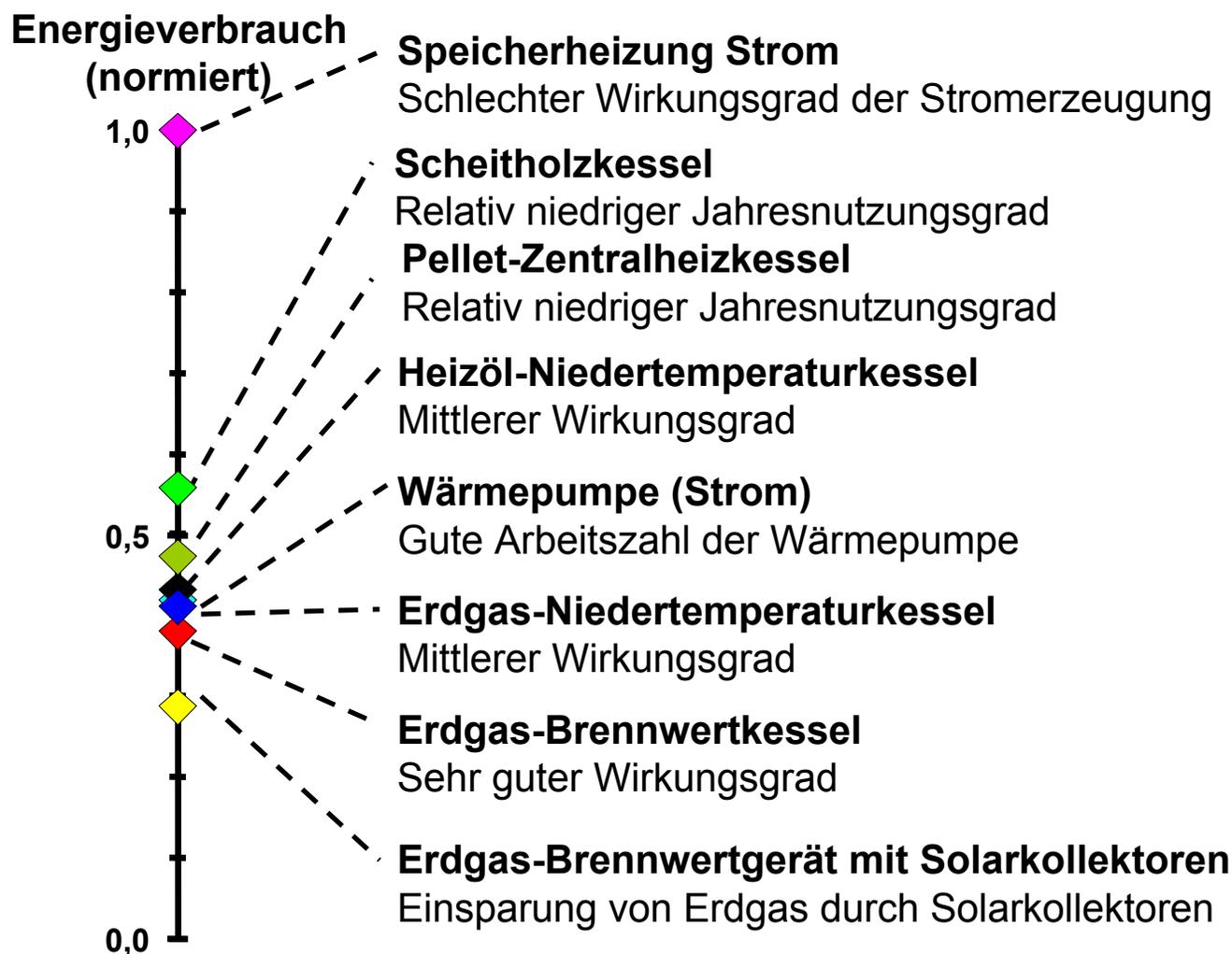
# Energieverbrauch der Alternativen



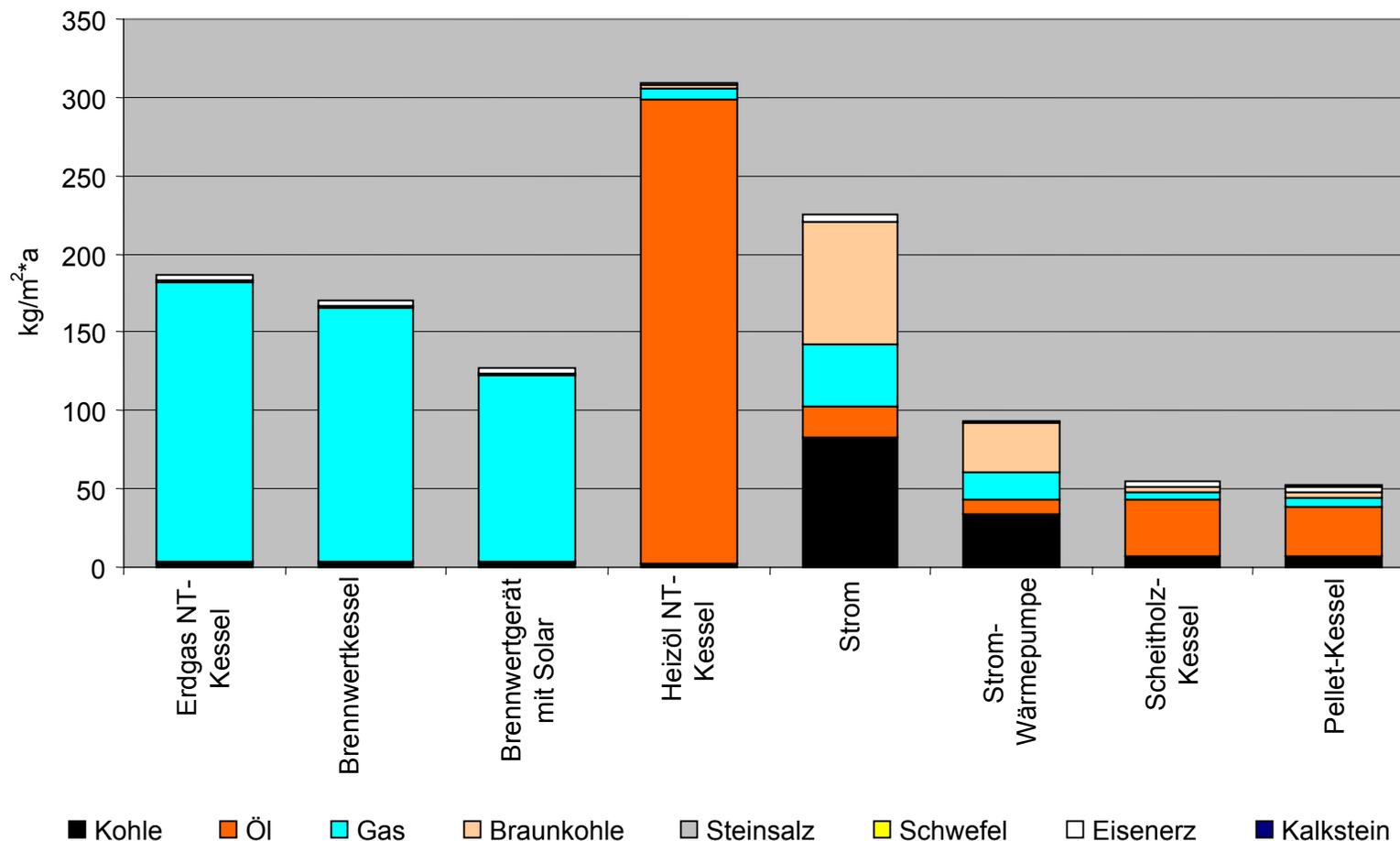
# Energieverbrauch der Alternativen - Aufteilung der Energien nach regenerativer und fossiler Energie



# Energieverbrauch - insgesamt nur geringer Einfluss der Herstellungsprozesse



# Vergleich der normierten Stoffverbräuche



# Anmerkungen zum Stoffverbrauch

Stoffverbrauch

(normiert)

1,0

**Heizöl-Niedertemperaturkessel**  
knappste Ressource

**Speicherheizung Strom**

Steinkohle und Braunkohle haben eine relativ lange Reichweite

**Erdgas-Niedertemperaturkessel**

Einsparung von knappen Ressourcen

**Erdgas-Brennwertkessel**

Einsparung von knappen Ressourcen

0,5

**Erdgas-Brennwertgerät mit Solarkollektoren**

benötigt weniger Brennstoff als das Erdgas-Brennwertgerät

**Wärmepumpe (Strom)**

geringer Strombedarf entscheidend

**Pellet-Zentralheizkessel**

unendliche Ressourcen-Reichweite der Biomasse

**Scheitholzessel**

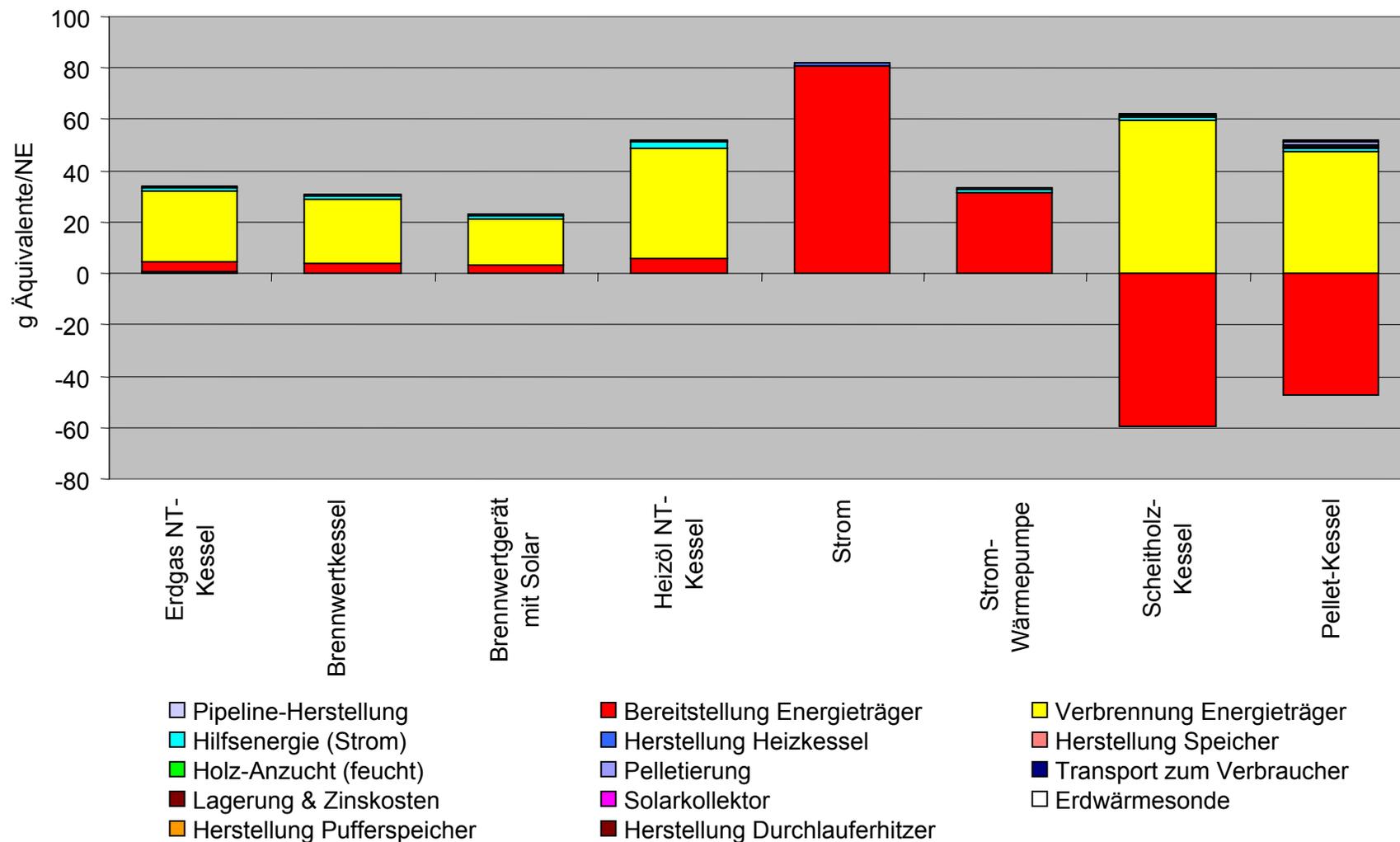
unendliche Ressourcen-Reichweite der Biomasse

0,0

Ökoeffizienz

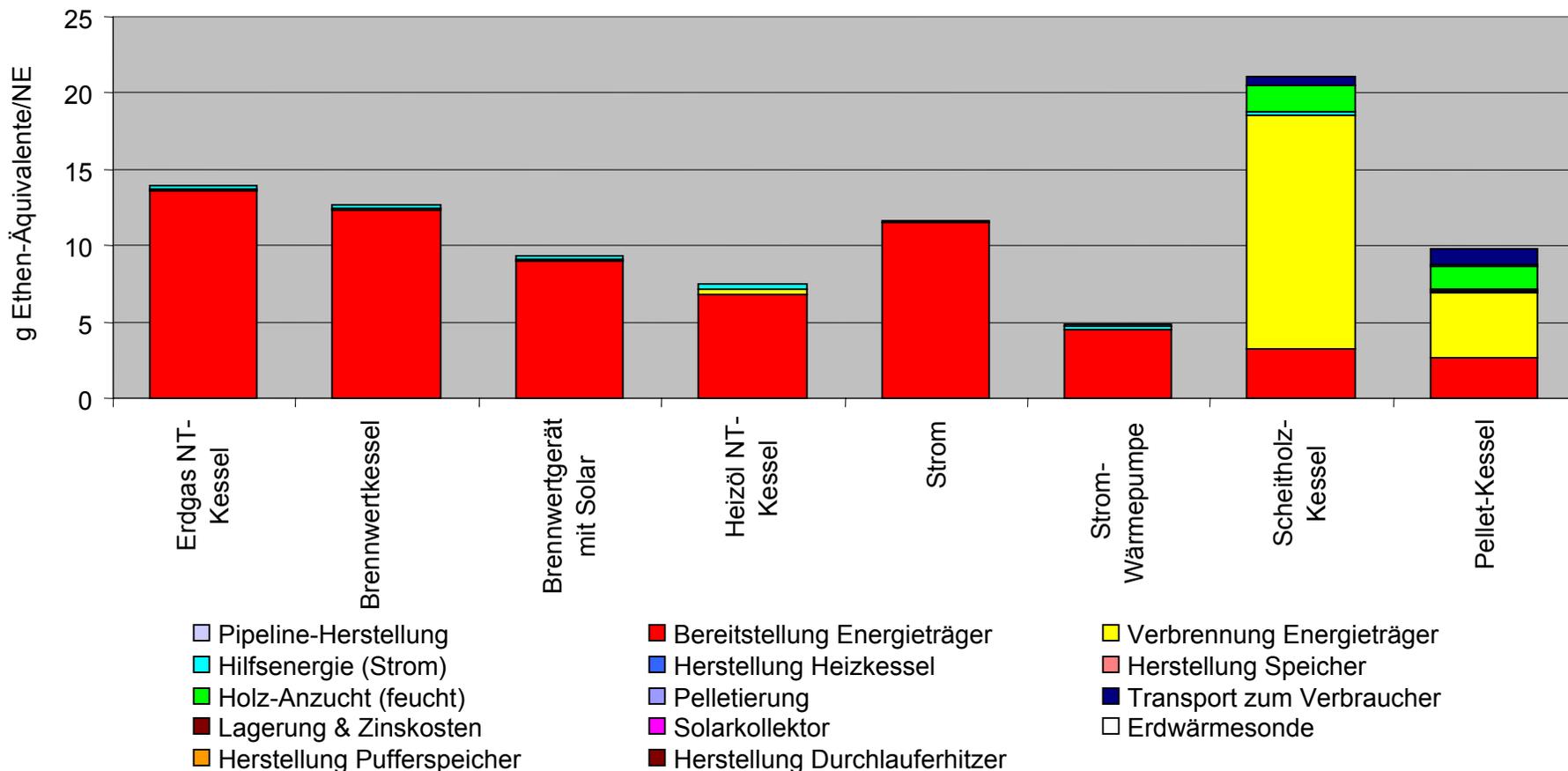


# Vergleich der Treibhauspotenziale (GWP)



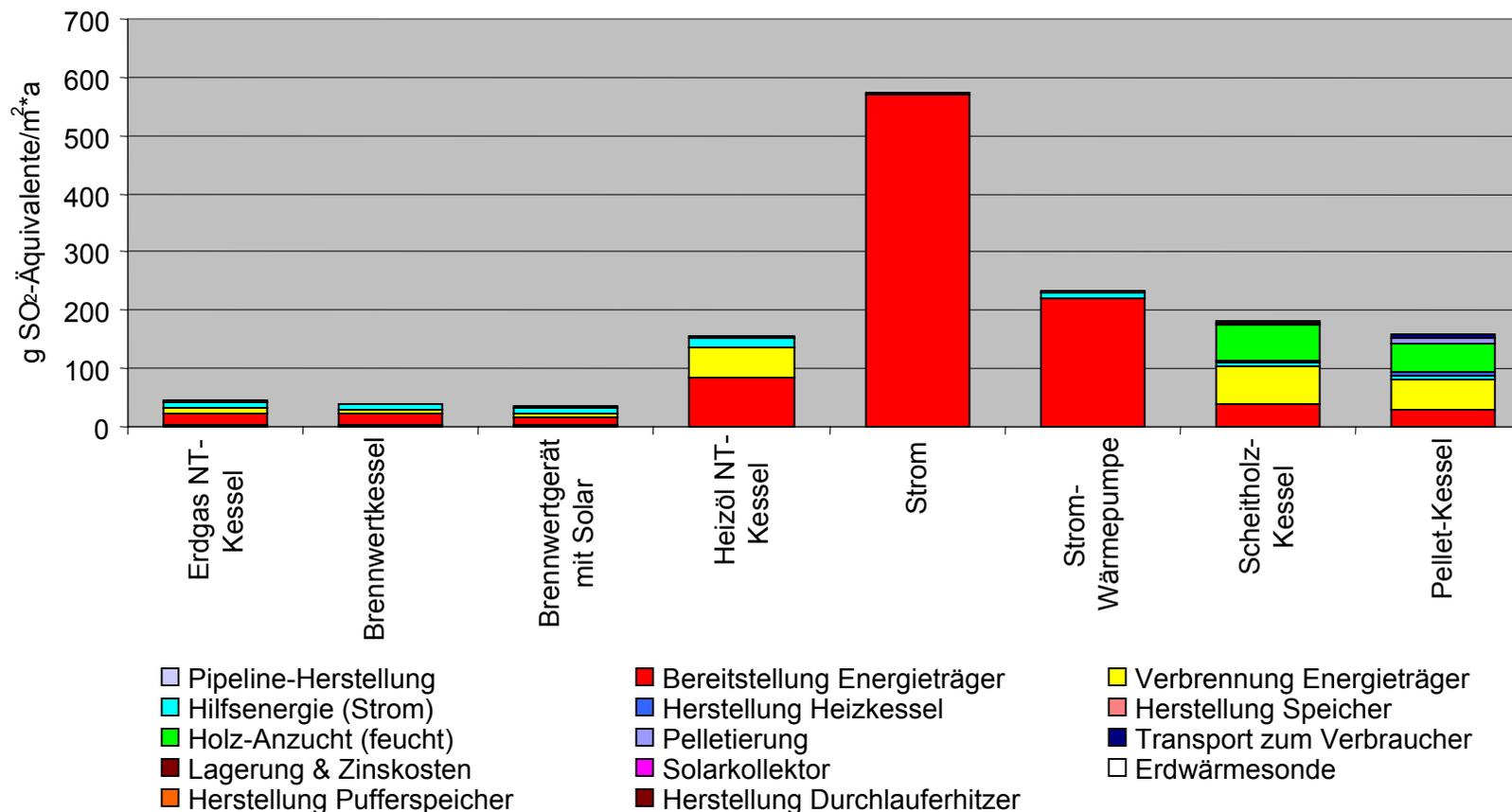
Die Emissionen an CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, HKW und N<sub>2</sub>O werden gemäß ihrem Treibhauspotenzial gewichtet.

# Vergleich der photochemischen Ozonbildungspotenziale (POCP)



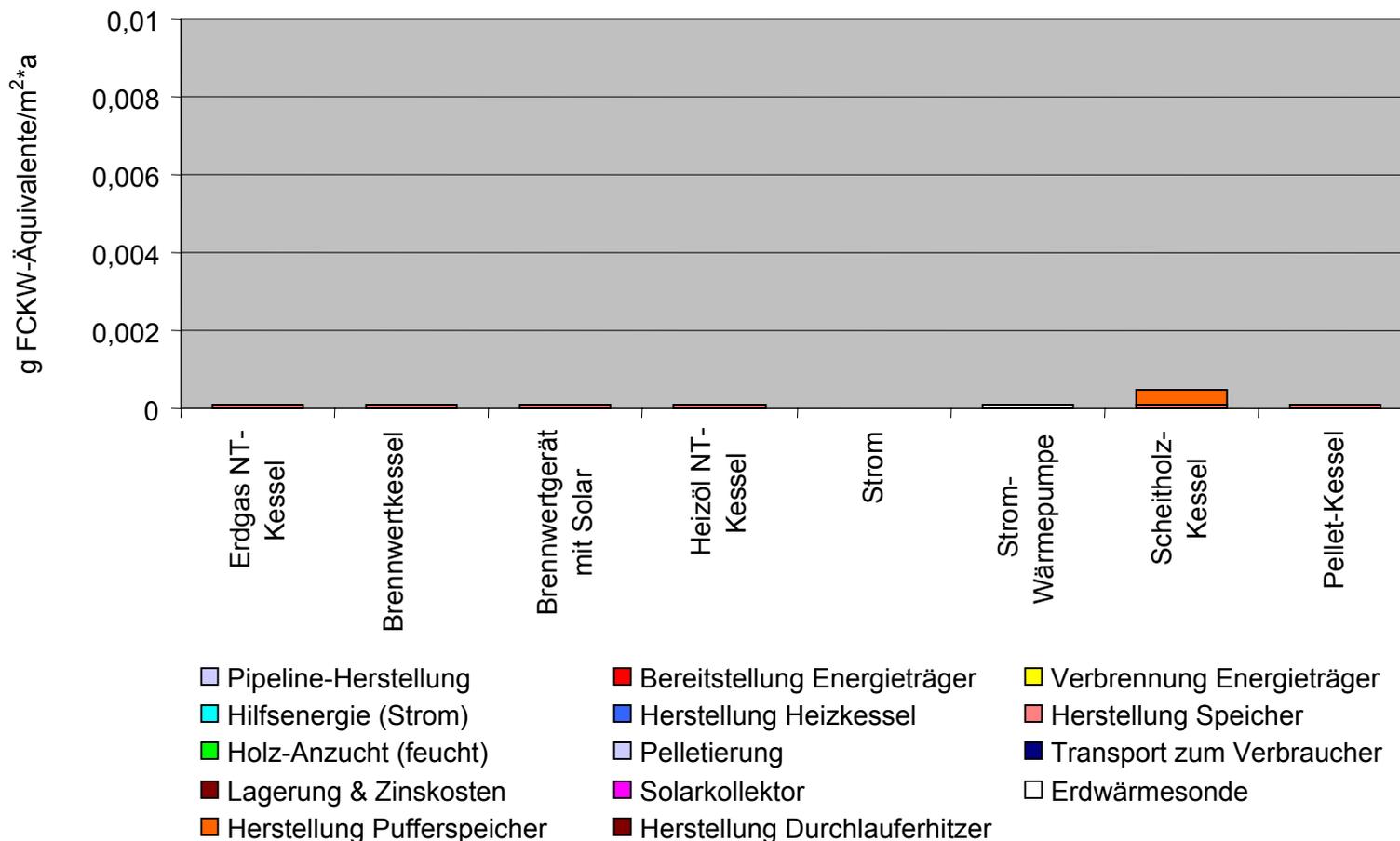
Die Emissionen an CH<sub>4</sub> und NM-VOC werden gemäß ihrem Photochemischen Ozonbildungspotenzial gewichtet.

# Vergleich der Versauerungspotenziale (AP)



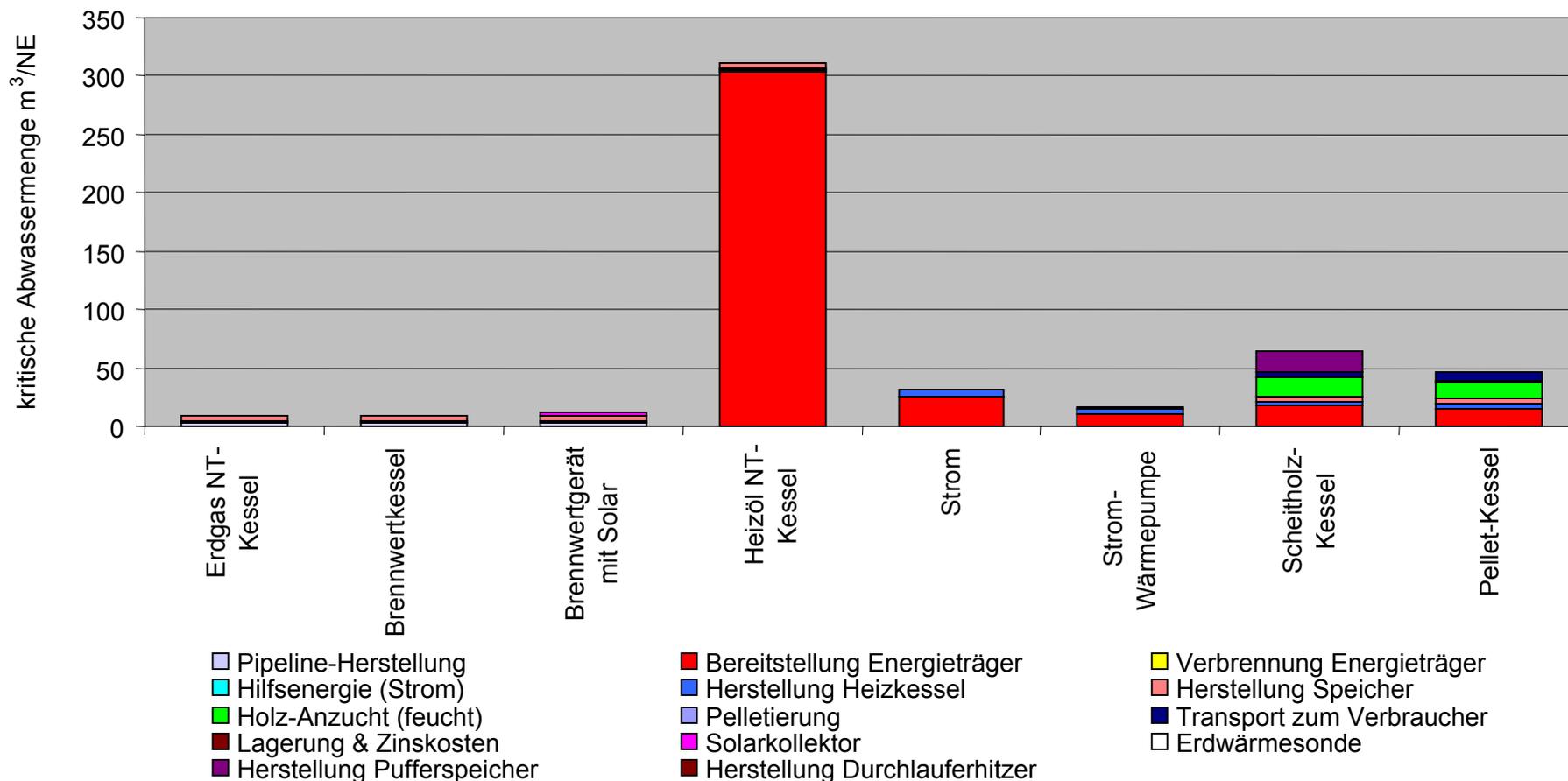
NO<sub>x</sub>-, SO<sub>2</sub>-, HCl- und NH<sub>3</sub>-Emissionen werden gemäß ihres Potentials gewichtet.

# Vergleich des Ozon-Zerstörungspotenzials (ODP)

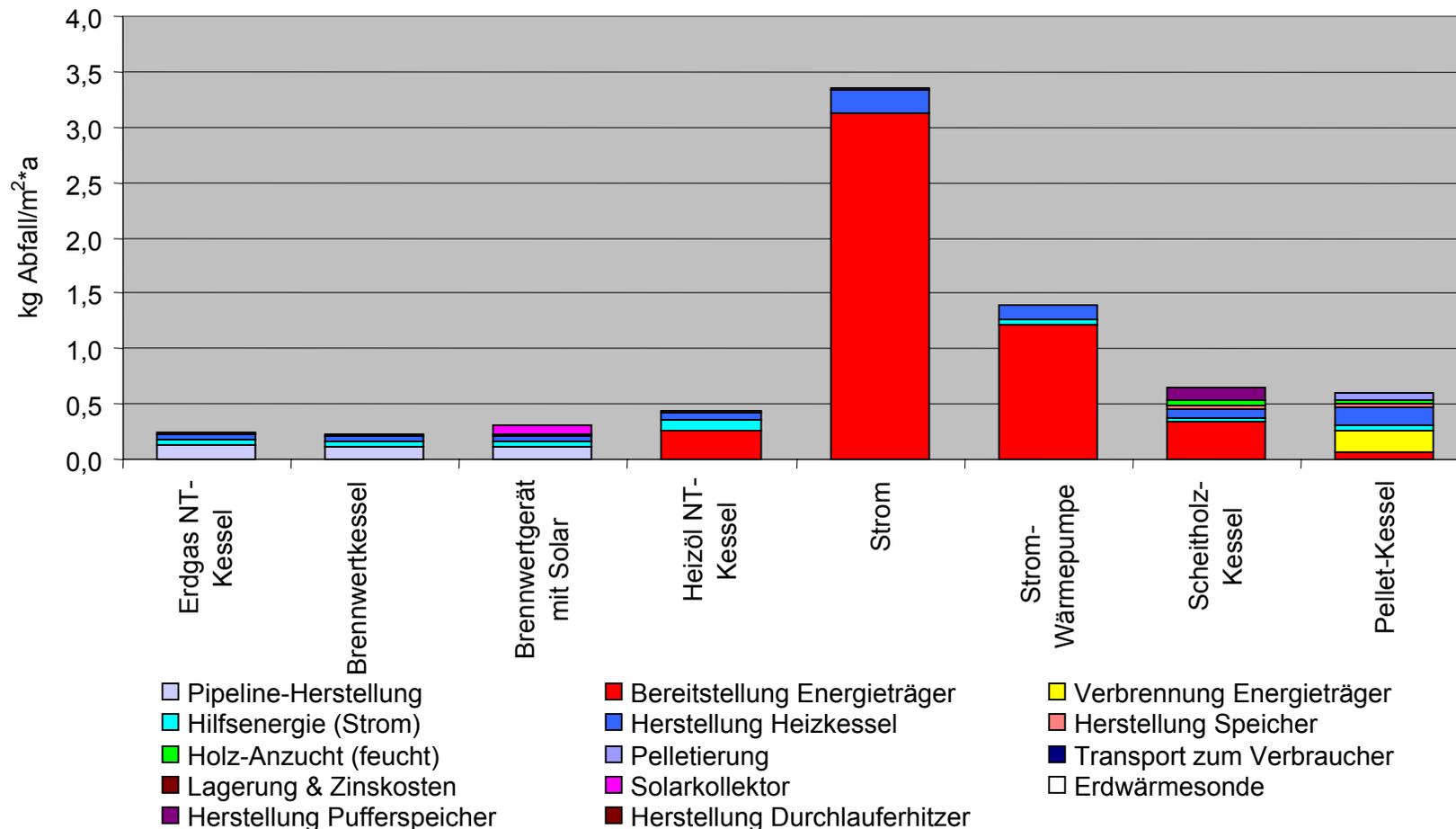


**CFC-Emissionen werden gemäß ihres Potentials gewichtet.  
Das ODP hat keinen Einfluss auf das Ergebnis der Umweltbelastung.**

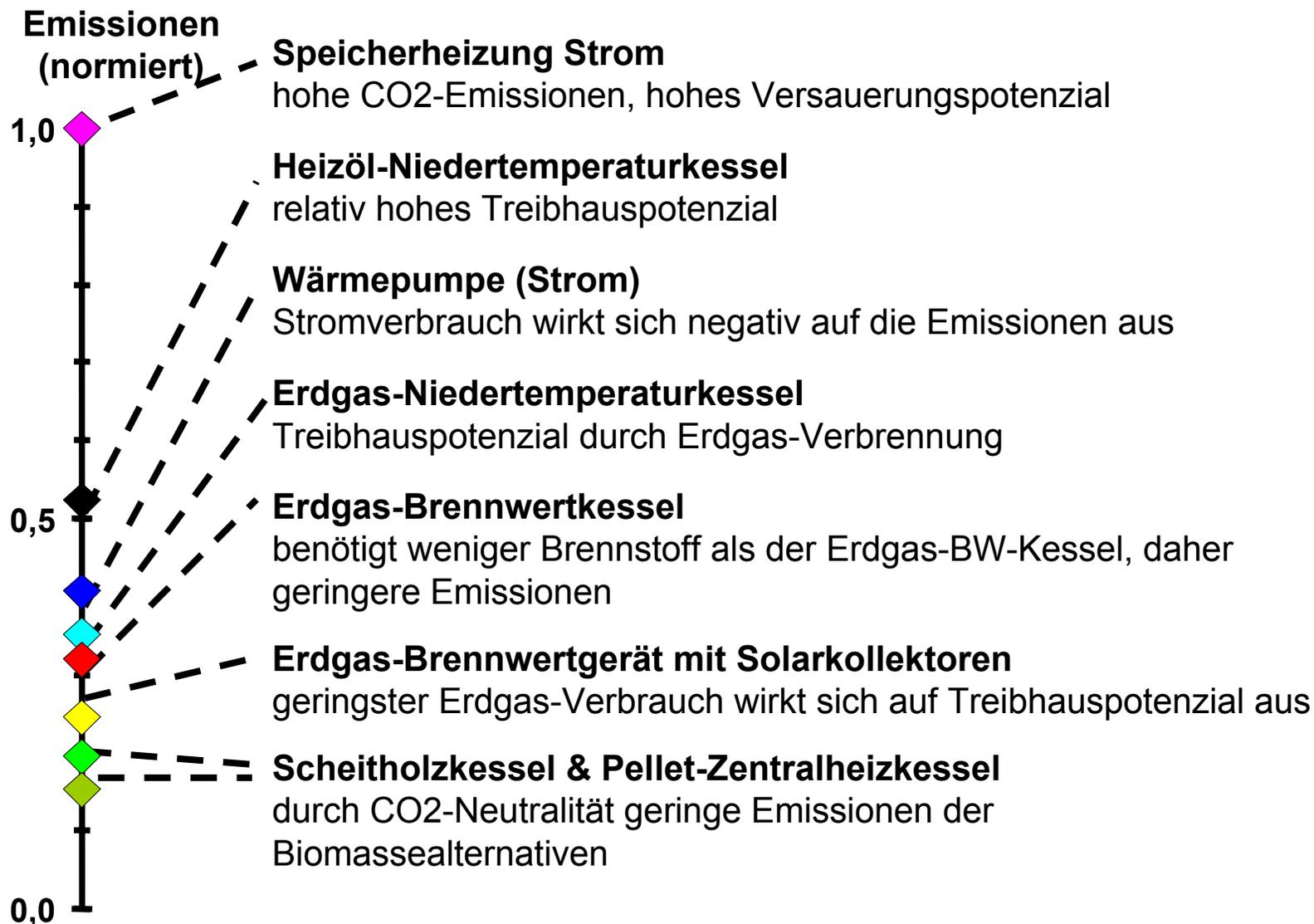
# Vergleich der normierten Wasseremissionen



# Vergleich des normierten Abfallaufkommens



# Anmerkungen zu den Emissionen



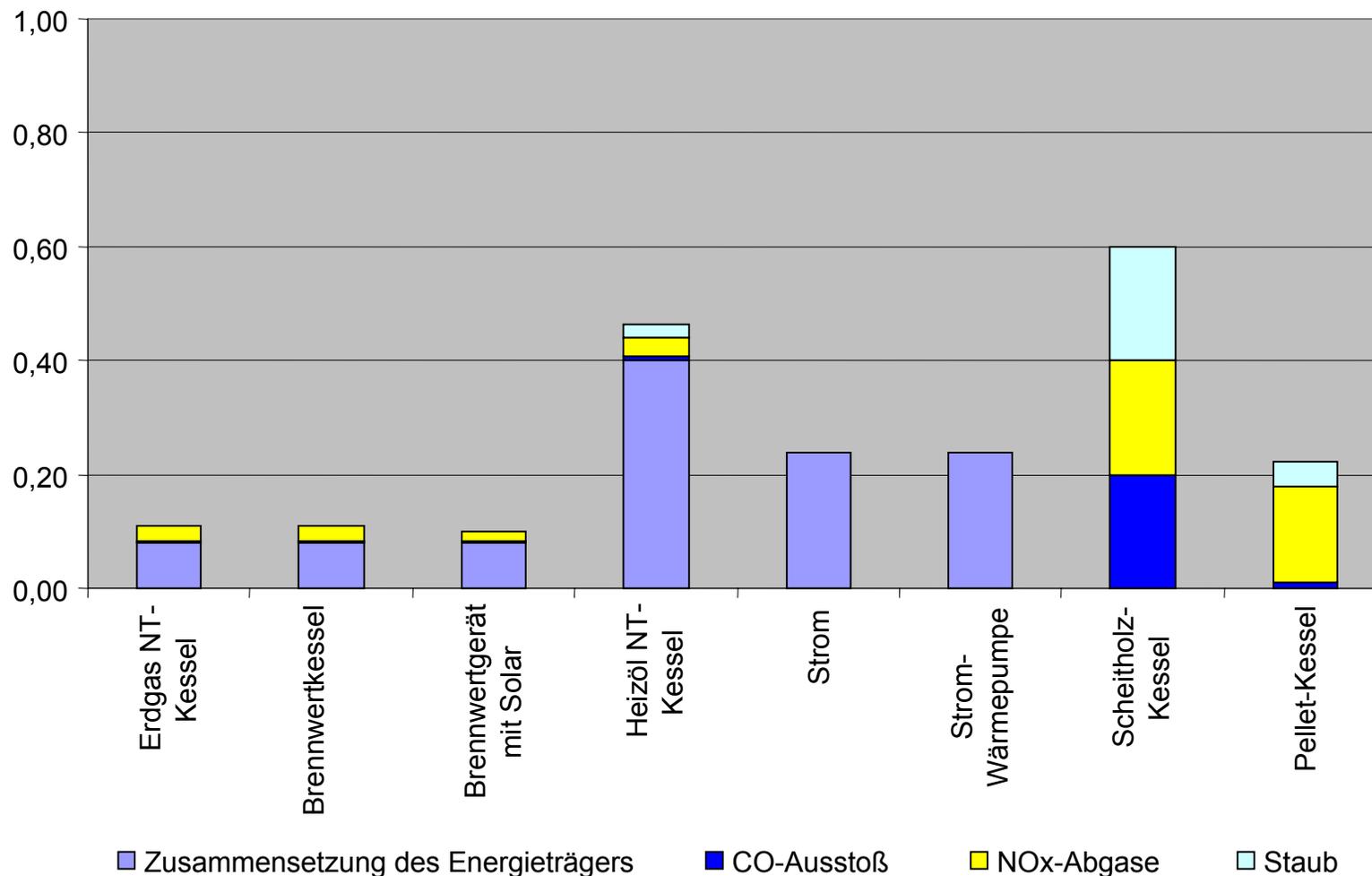
# Ermittlung der Toxizitätspotenziale

	Beschreibung des Toxizitätspotenzials	Erdgas NT-Kessel	Brennwertkessel	Brennwertgerät mit Solar	Heizöl NT-Kessel	Strom	Strom-Wärmepumpe	Scheitholz-Kessel	Pellet-Kessel	Gewichtung
<b>Herstellung</b>	Zusammensetzung des Energieträgers	1	1	1	5	3	3			40%
<b>Nutzung</b>	CO-Ausstoß	0,07	0,06	0,05	0,15			5,00	0,27	60%
	NO <sub>x</sub> -Abgase	0,70	0,63	0,46	0,83			5,00	4,23	
	Staub				0,62			5,00	1,05	

**Das Toxizitätspotenzial der Herstellung wird durch Wichtung quantifiziert (1 = niedrig, 5 = hoch).**

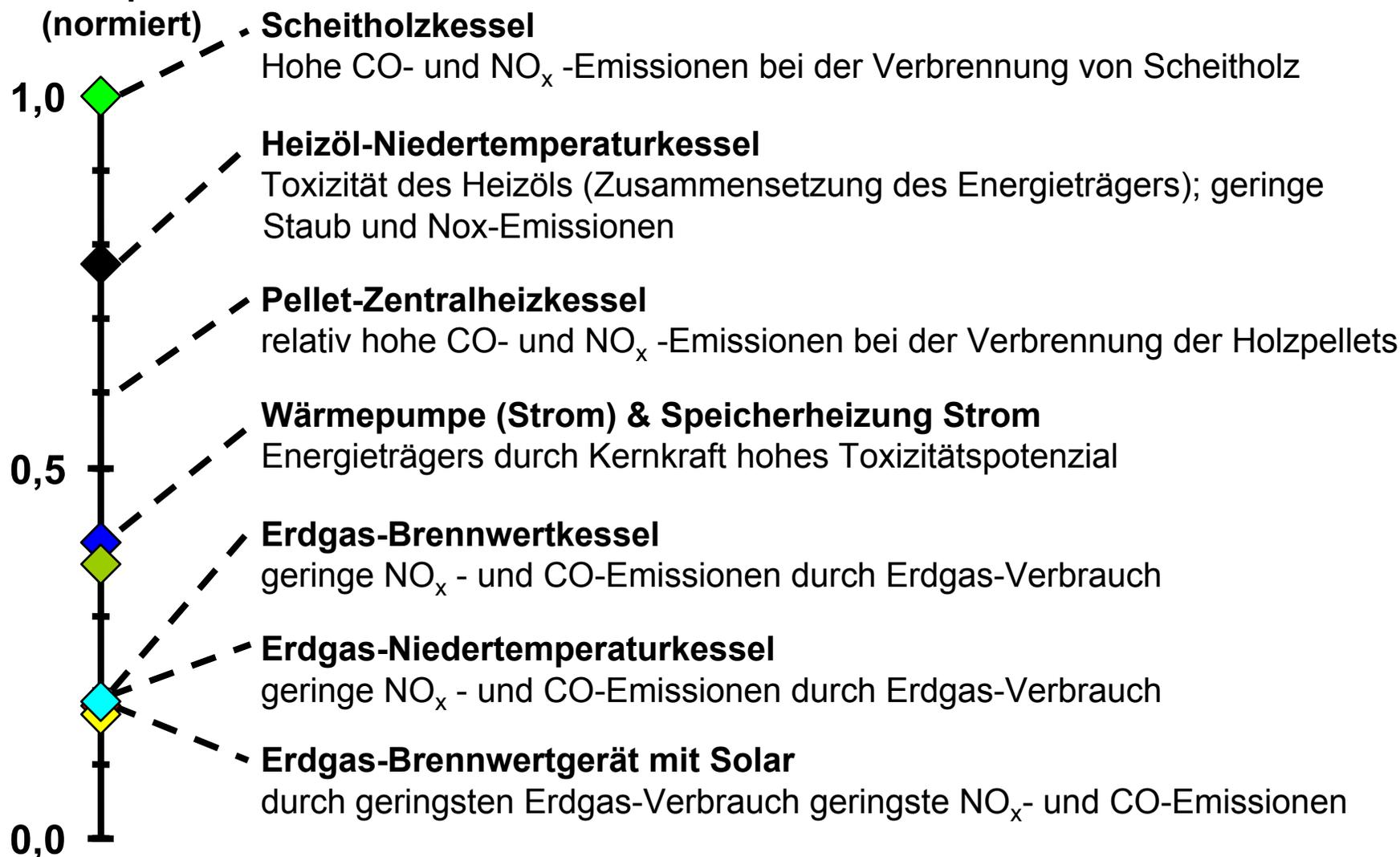
**Die in der Nutzenphase entstehenden Emissionen werden anhand des Jahresenergiebedarfs errechnet und anschließend ebenfalls gewichtet.**

# Darstellung des Toxizitätspotenzials



# Anmerkungen zum Toxizitätspotenzial

## Toxizitätspotenzial



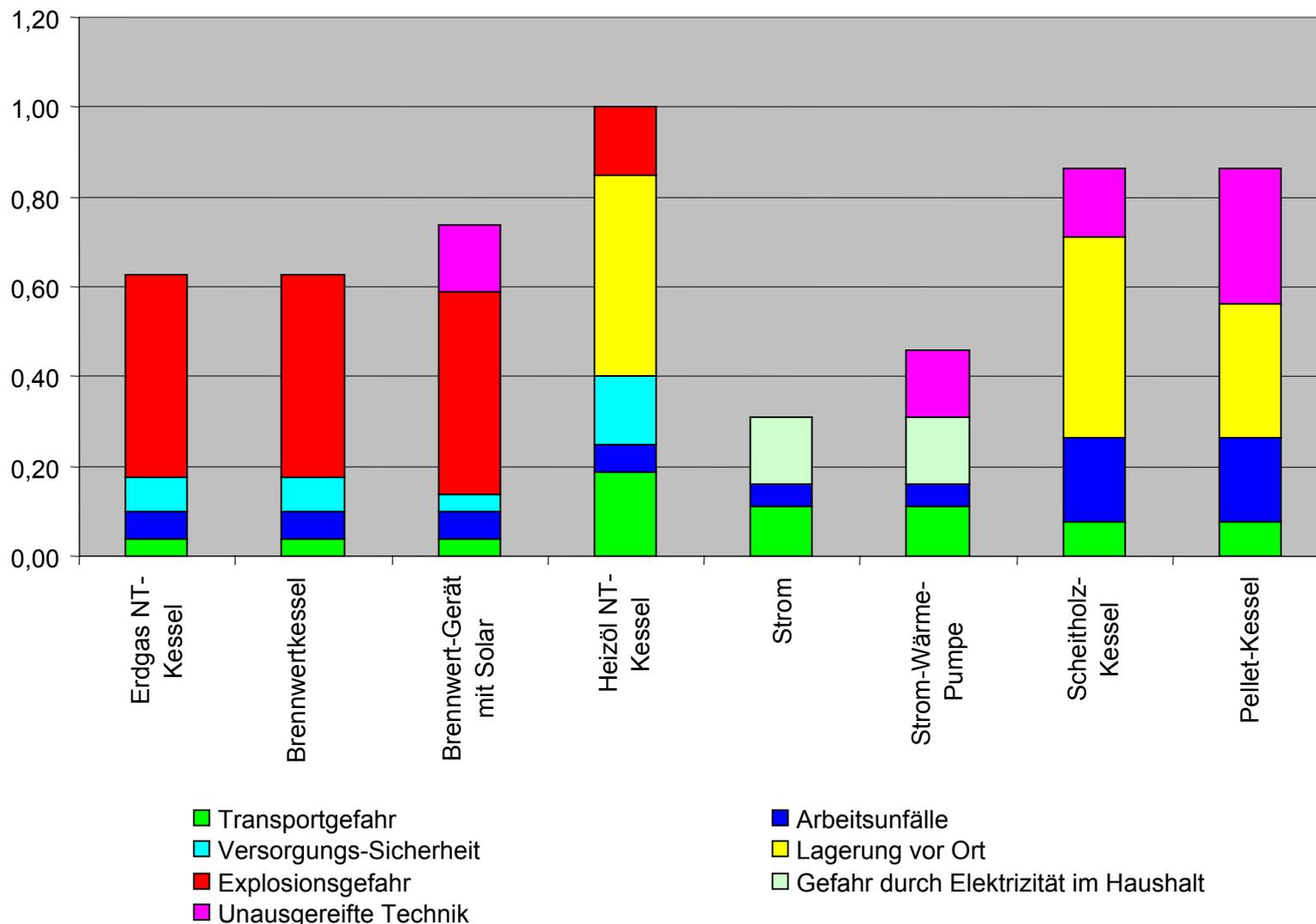
# Ermittlung des Risikopotenzials

			Gering = 1	Mittel = 3	Hoch = 5					
	Beschreibung des Risikopotenzials	Erdgas NT-Kessel	Brennwertkessel	Brennwert-Gerät mit Solar	Heizöl NT-Kessel	Strom	Strom-Wärme-Pumpe	Scheitholz-Kessel	Pellet-Kessel	Gewichtung
Herstellung	Transportgefahr	1	1	1	5	3	3	2	2	40%
	Arbeitsunfälle	2	2	2	2	1	1	5	5	
	Versorgungs-Sicherheit	2	2	1	4	0	0	0	0	
Nutzung	Lagerung vor Ort	0	0	0	3	0	0	3	2	60%
	Explosionsgefahr	3	3	3	1	0	0	0	0	
	Gefahr durch Elektrizität im Haushalt	0	0	0	0	1	1	0	0	
	Unausgereifte Technik	0	0	1	0	0	1	1	2	

**Lagerung Holz:**  
**Unausgereifte Technik:**

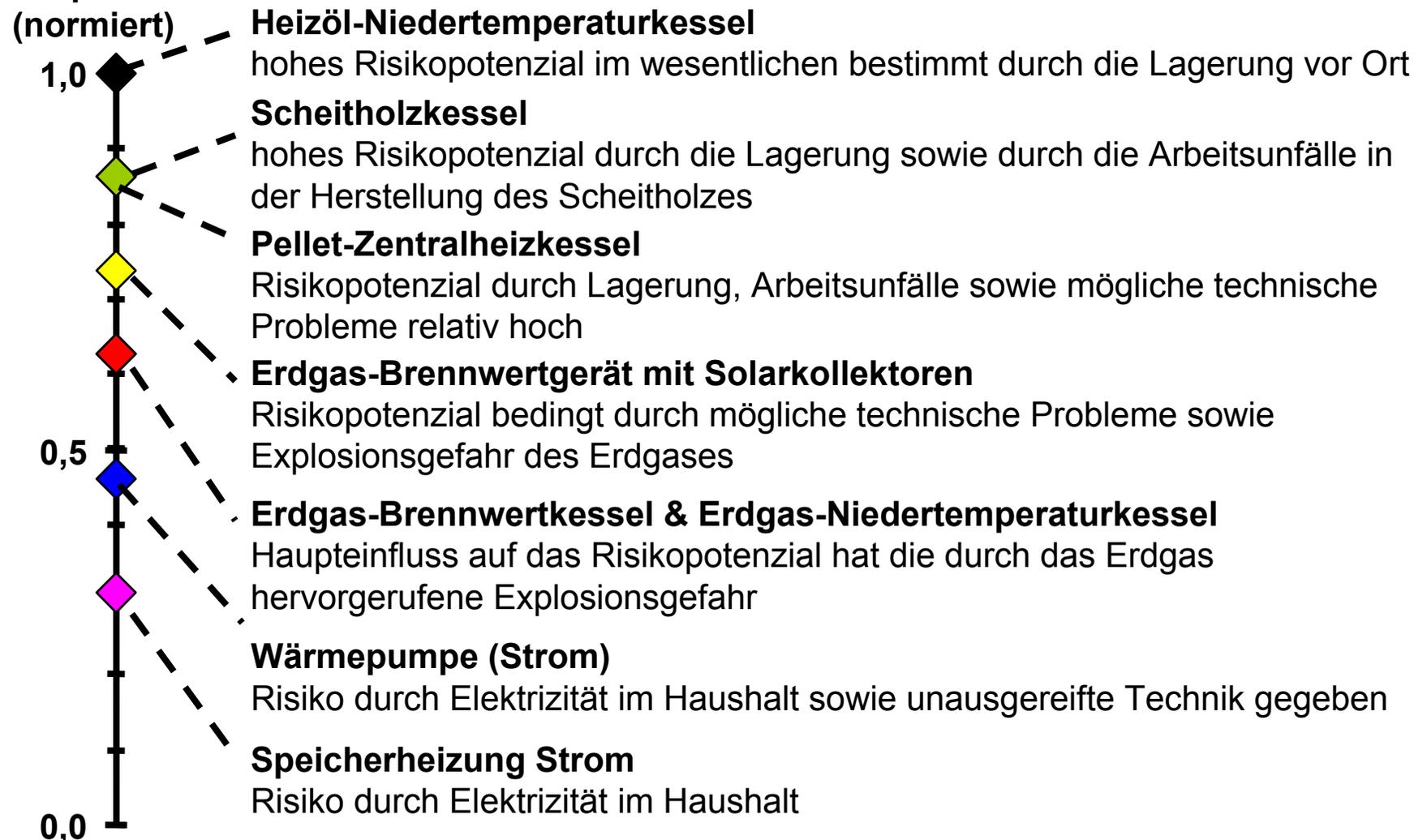
Risiko durch Brandlast gegeben!  
Zuführung der Pellets mit geringerer Betriebserfahrungen, als die anderen betrachteten Techniken; Zuverlässigkeit eingeschränkt

# Darstellung des Risikopotenzials



## Anmerkungen zum Risikopotenzial

### Risikopotenzial



# Sensitivitätsbetrachtungen

- Variante 1:  
Erdöl hat eine genauso lange Reichweite wie Erdgas (61 Jahre).
- Variante 2:  
Änderung des Strompreises
- Variante 3:  
Änderung des Erdgaspreises
- Variante 4:  
Änderung des Heizölpreises
- Variante 5:  
Der spezifische Heizwärmebedarf wird durch verbesserte Dämmung auf 50 kWh/m<sup>2</sup>/a gesenkt.
- Variante 6:  
Anstatt der mit Strom betriebenen Wärmepumpe wird eine mit Erdgas betriebene Wärmepumpe betrachtet.

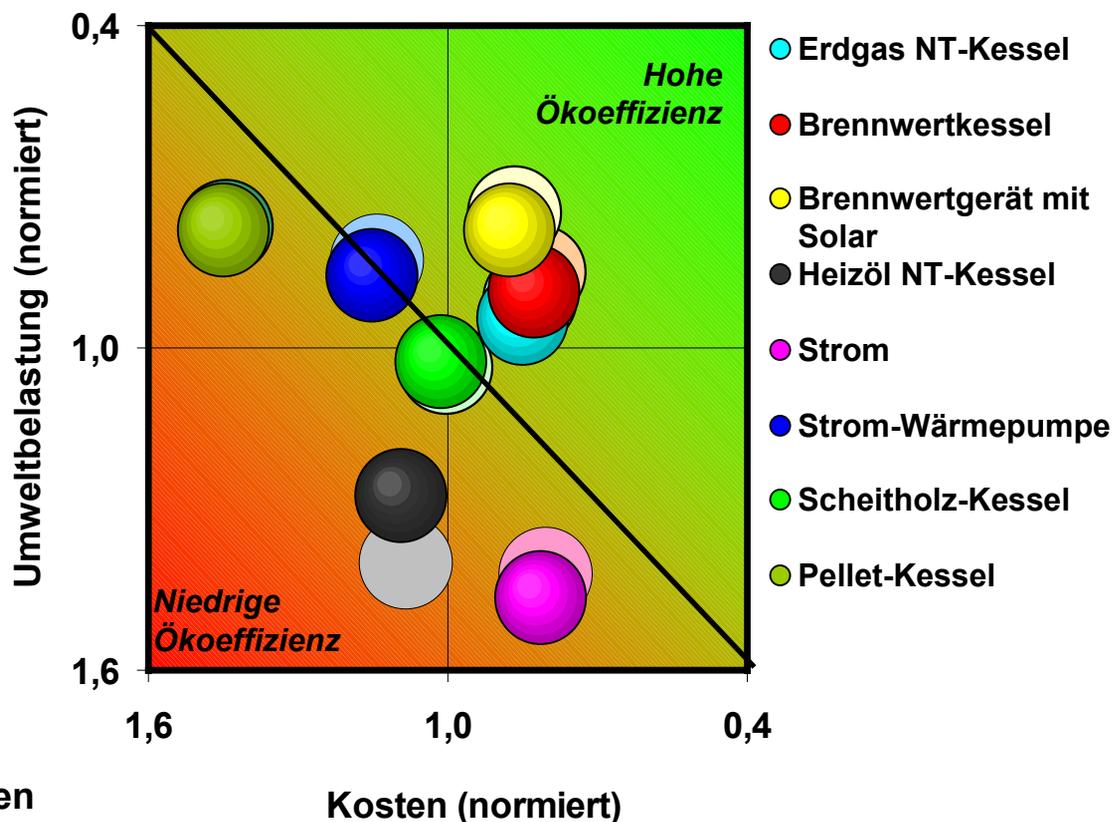
## Sensitivitätsbetrachtungen - Fortsetzung

- Variante 7:  
Die beiden mit Biomassebetriebenen Heizsysteme werden mit Solar-Technik kombiniert
- Variante 8:  
Es wird zusätzlich der Einsatz einer Pellet-Ofen-Heizung betrachtet.
- Variante 9:  
Die Vorkette (Anzucht und Hacken) der Pelletherstellung wird nicht betrachtet.
- Variante 10:  
Sowohl der Pelletkessel als auch die Solaranlage (in Kombination mit einem Brennwertkessel) werden staatlich subventioniert.

Variante 1:  
Erdöl hat eine genauso lange Reichweite wie Erdgas  
(61 Jahre statt 40 Jahre)

**Kundennutzen:**

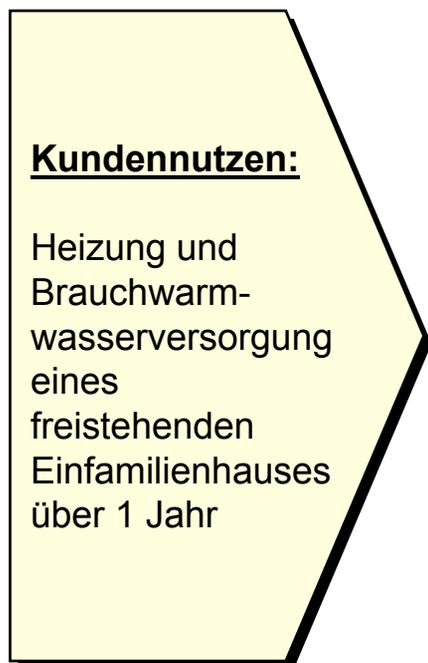
Heizung und Brauchwarmwasserversorgung eines freistehenden Einfamilienhauses über 1 Jahr



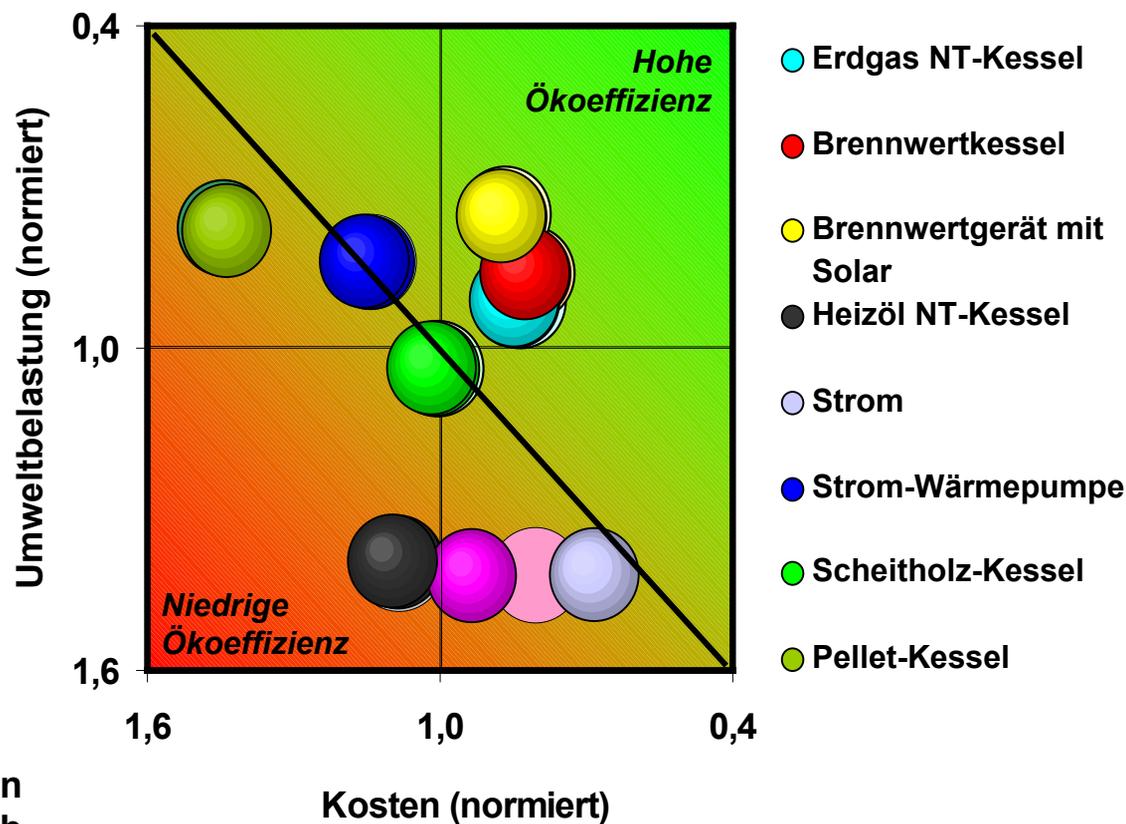
Helle Kugeln bilden den "base case" ab.

## Variante 2:

Änderung des Strompreises (Arbeitspreis) um 30%; base case 0,066 €/kWh

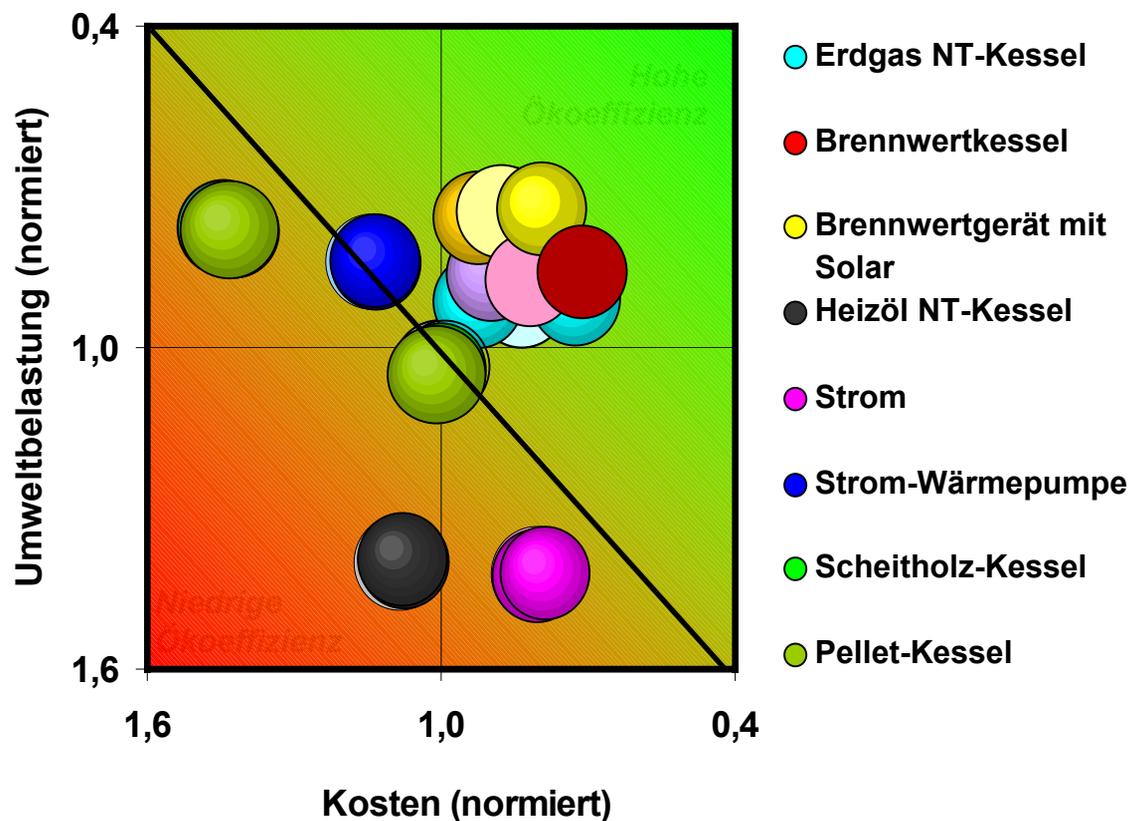


Helle Kugeln bilden den "base case" ab.



### Variante 3:

Änderung des Erdgaspreises (Arbeitspreis) um 30%;  
base case 0,0394 €/kWh



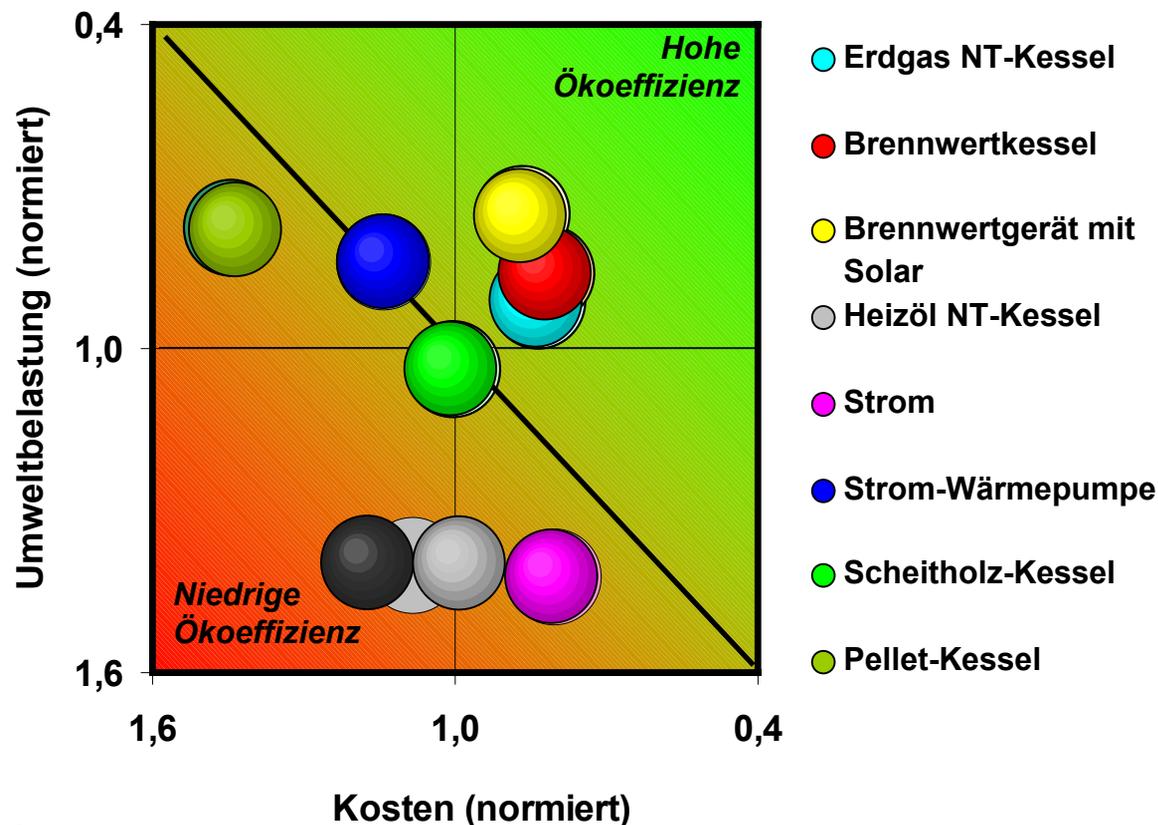
Helle Kugeln bilden den "base case" ab.

Variante 4:

Änderung des Heizölpreises (Arbeitspreis) um 30%;  
base case 0,0391 €/l

**Kundennutzen:**

Heizung und  
Brauchwarm-  
wasserversorgung  
eines  
freistehenden  
Einfamilienhauses  
über 1 Jahr

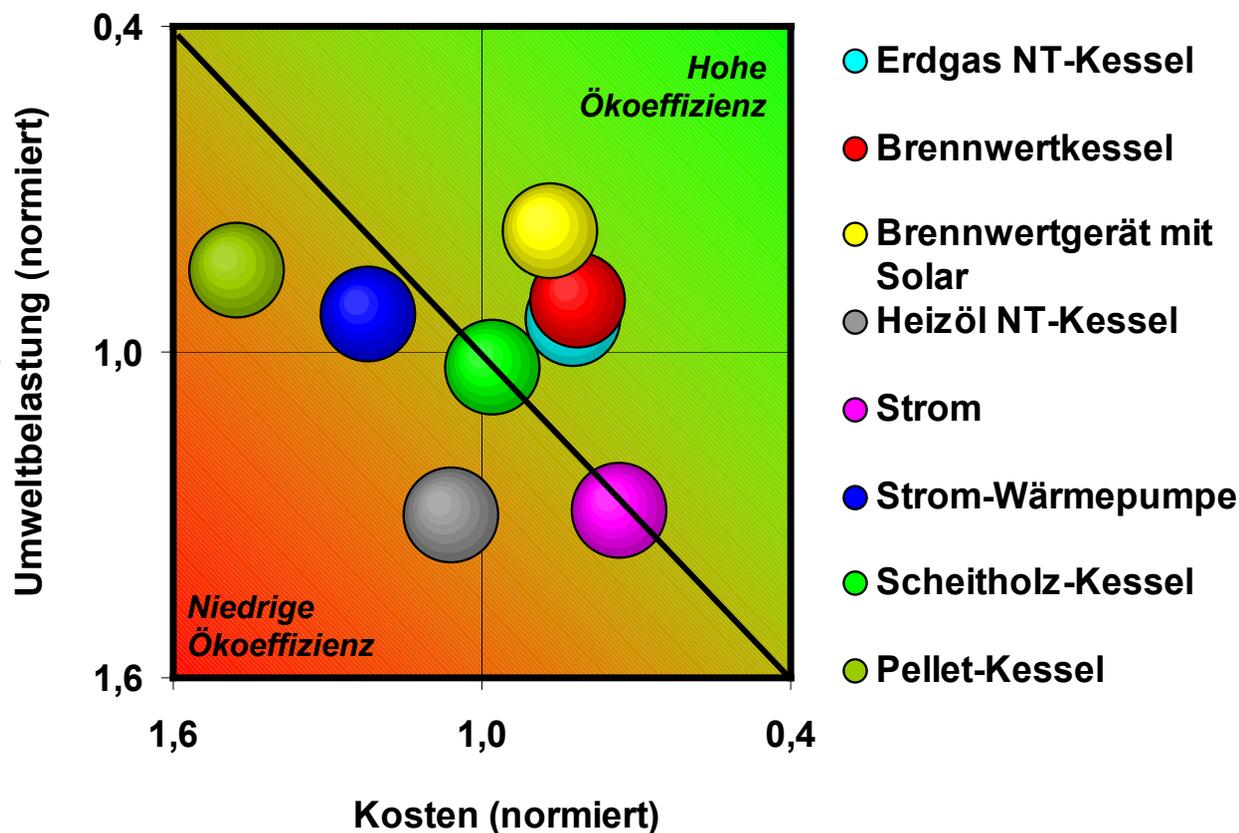


Helle Kugeln bilden  
den "base case" ab.

## Variante 5:

Das Haus wird saniert auf einen Jahres-Heizwärmebedarf von 50 kWh/m<sup>2</sup>/a (zuvor 90 kWh/m<sup>2</sup>/a)

**Kundennutzen:**  
Heizung und Brauchwarmwasserversorgung eines freistehenden Einfamilienhauses über 1 Jahr

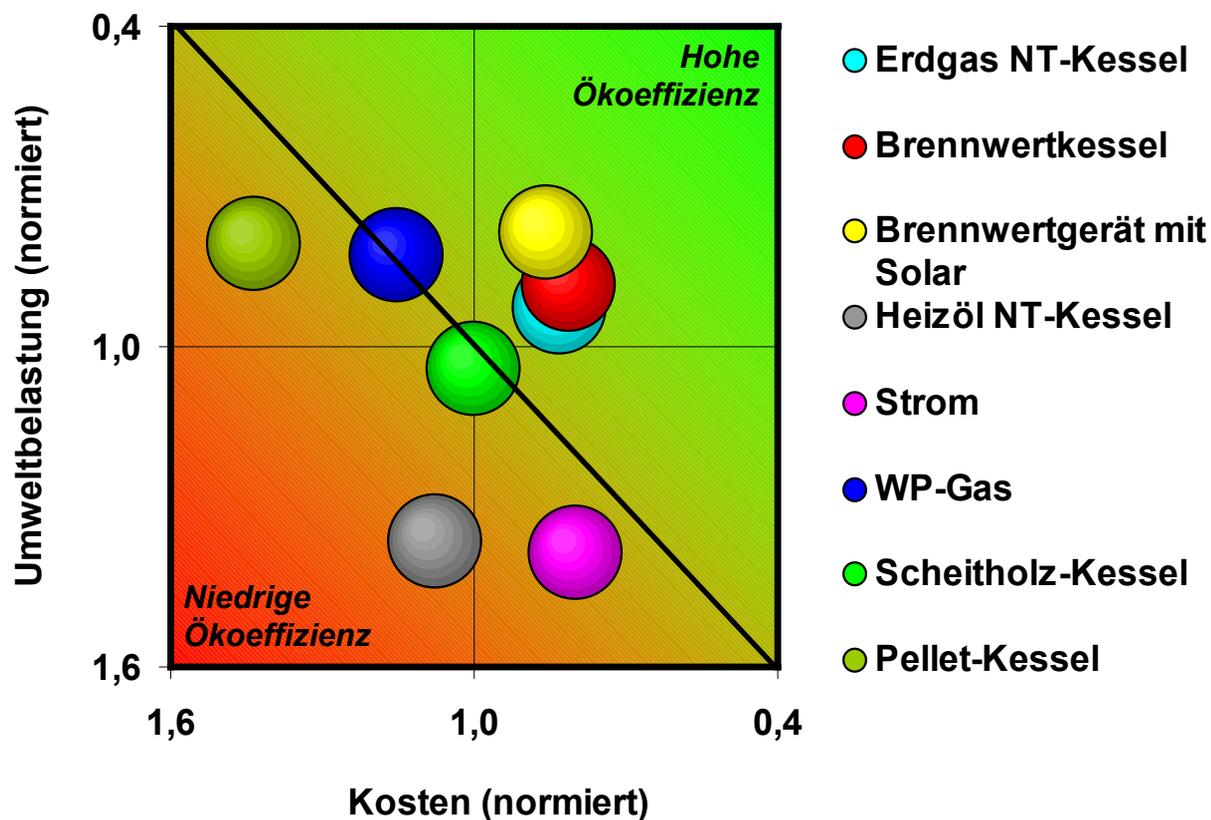


## Variante 6:

Statt der mit Strom betriebenen Wärmepumpe wird als weitere Alternative eine mit Erdgas betriebene Wärmepumpe betrachtet.

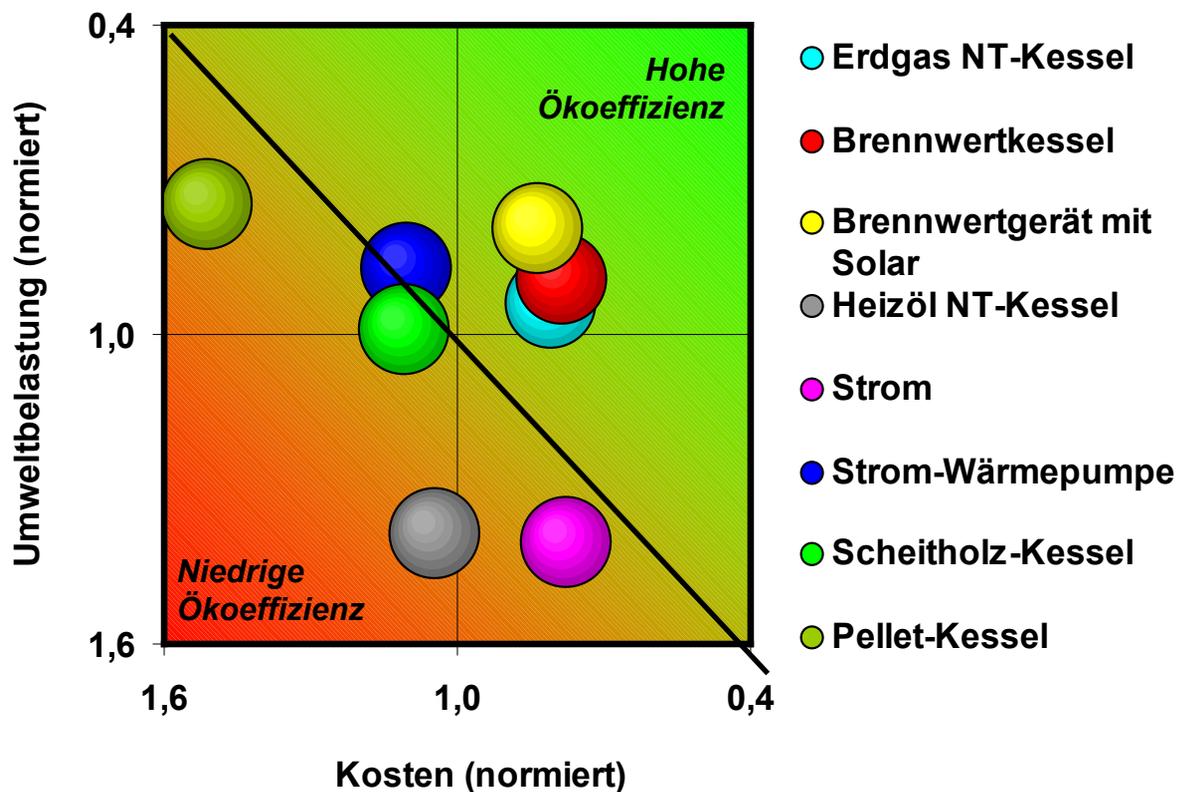
### Kundennutzen:

Heizung und Brauchwarmwasserversorgung eines freistehenden Einfamilienhauses über 1 Jahr



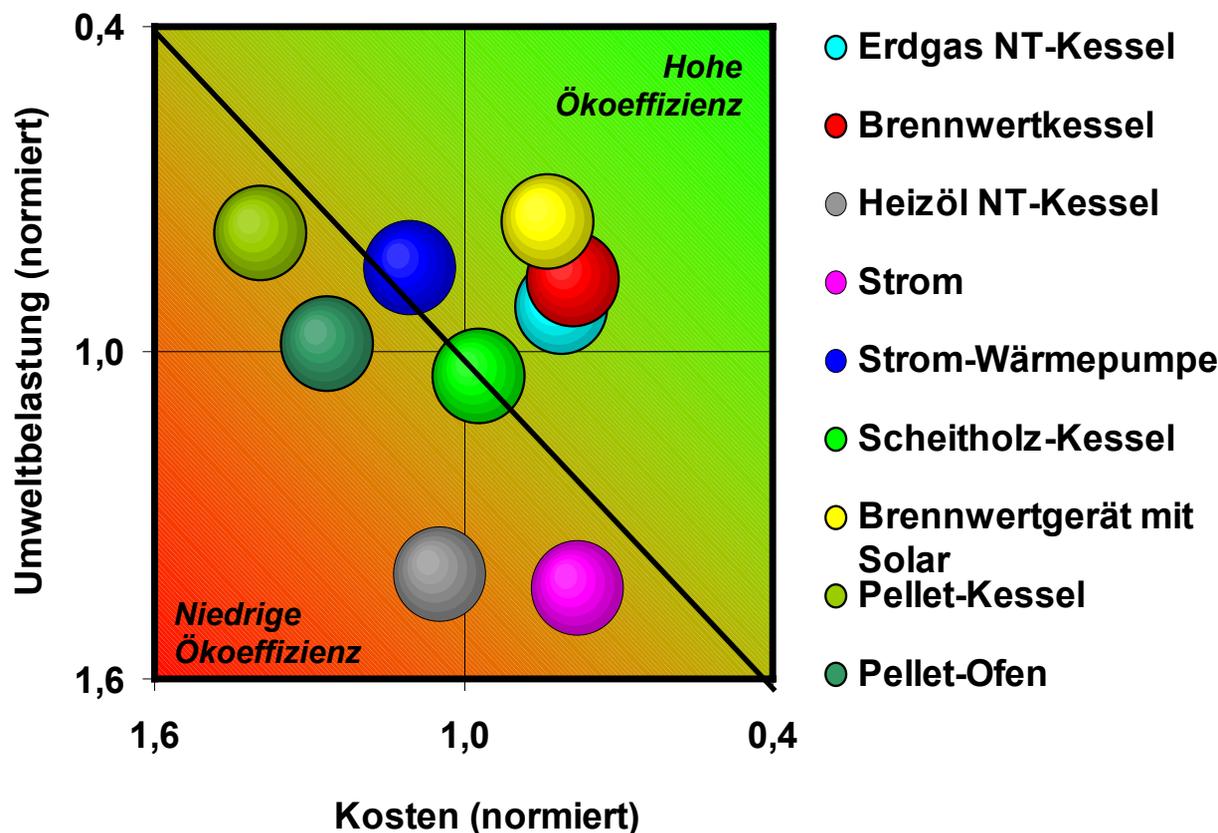
## Variante 7:

Die mit Biomasse betriebenen Heizsysteme werden zusätzlich mit Solar-Technik kombiniert.



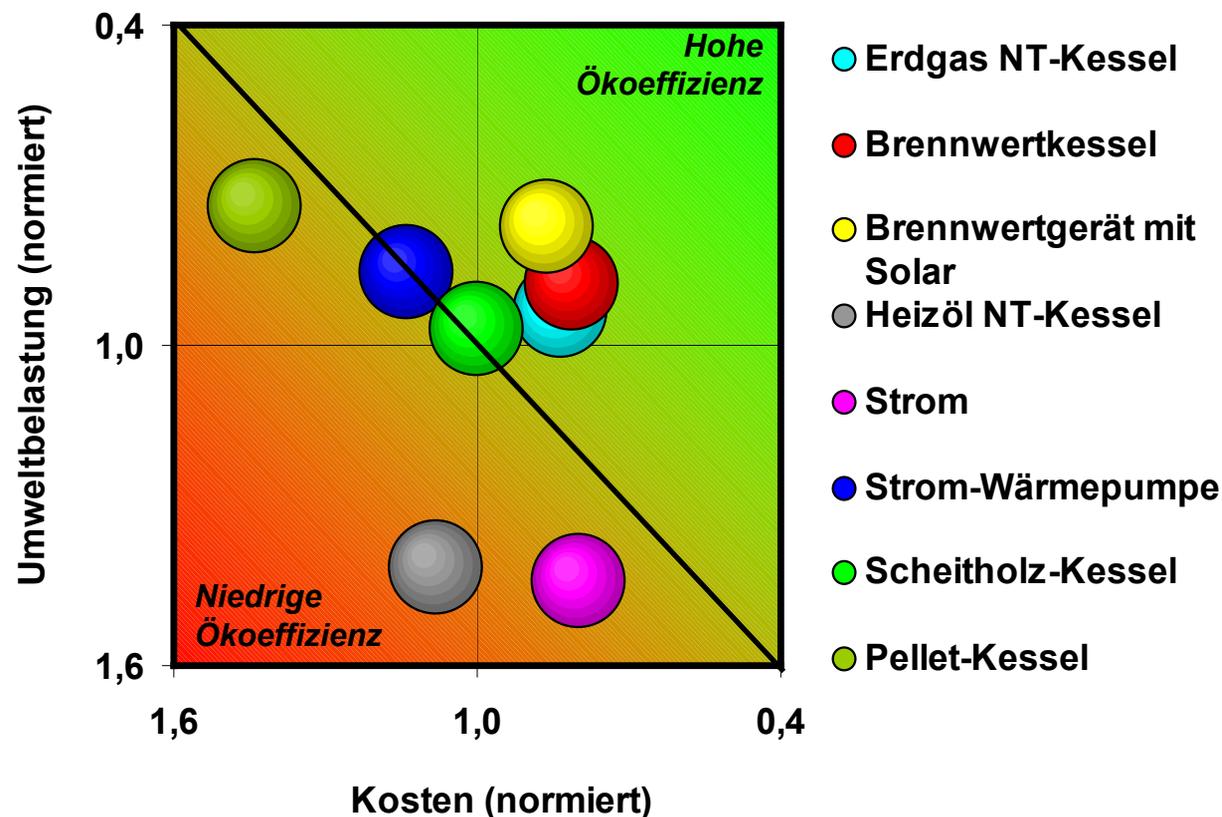
## Variante 8:

Als weitere Alternative wird ein Pellet-Ofen in die Betrachtung aufgenommen.



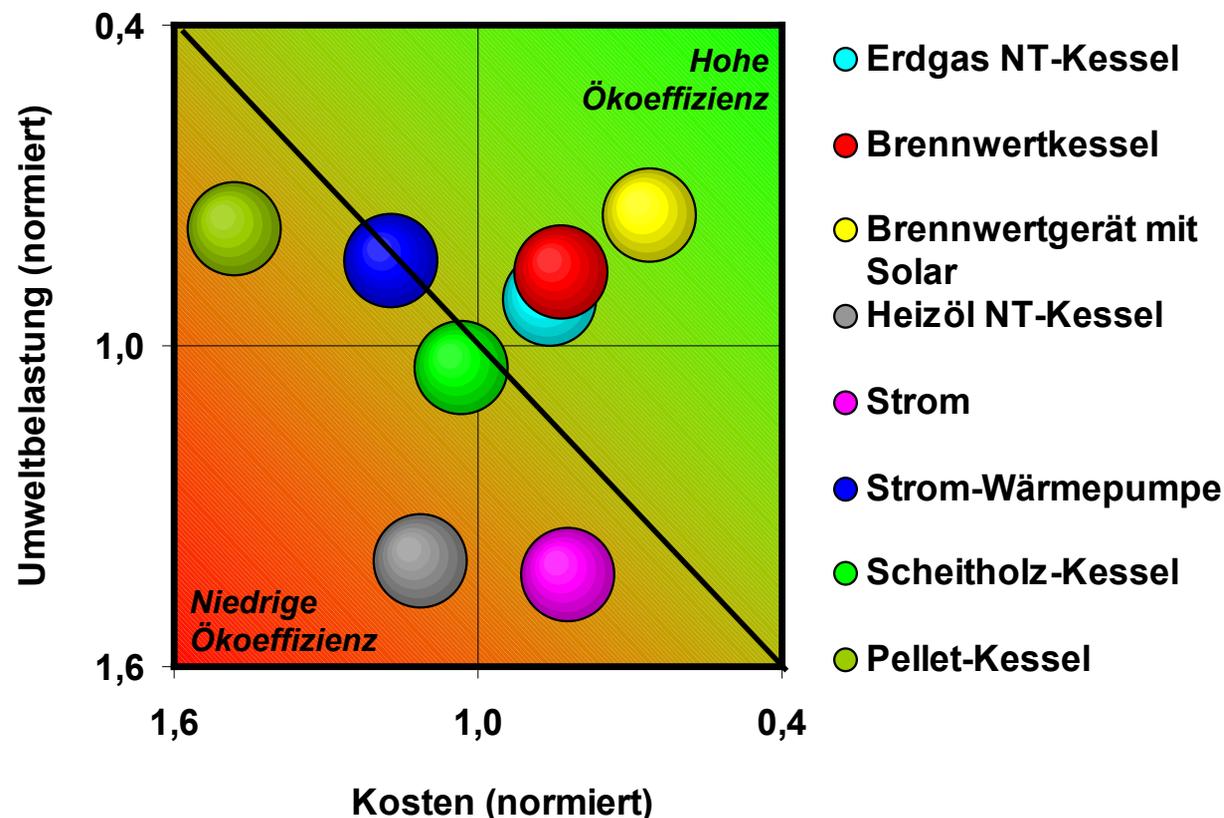
## Variante 9:

Die Vorkette (Anzucht und Hacken) der Biomasse betriebenen Heizsysteme wird nicht betrachtet (auch das dadurch bedingte Risiko nicht).



## Variante 10:

Sowohl der Pelletkessel sowie die Solaranlage werden subventioniert.



## Aus der Ökoeffizienz-Analyse ergeben sich Strategien und Ziele

### Strategie bzw. Ziele

#### Hintergrund

- Raumheizung ist das bedeutendste Absatzsegment für die Erdgaswirtschaft (rund 50% der deutschen Erdgasabgabe)

#### Strategische Bedeutung der Ergebnisse

- hoher Ökoeffizienzvorsprung der Erdgasalternativen bleibt auch unter veränderten Parametern bestehen
- Position zur weiteren Steigerung der Marktanteile ist daher hervorragend
- Biogene Brennstoffe stellen kein Bedrohungspotenzial dar
- die Kombination von Erdgas mit Solarthermie ergänzt das Portfolio in Richtung „ökologisch orientierter Kunden“

#### Aktivitäten

- Integration in Marketing- und Öffentlichkeitsarbeit, insbesondere zusammen mit Endverteilern der WINGAS
- Entwicklungsbedarf: Erdgas im „Passivhaus“

# Datenübersicht

## Kostenübersicht

	<b>Strom</b>		
	Normaltarif	0,13	€/kWh
	Strom-Nachtspeichertarif	0,07	€/kWh
	Grundpreis Nachtspeichertarif	35,00	€/a
	<b>Strom-Wärmepumpe</b>		
	Wärmepumpentarif	0,10	€/kWh
	Grundpreis	77,00	€/a
	<b>Erdgas</b>		
	Arbeitspreise Erdgas für Privat	0,04	€/kWh Ho
	Grundpreis	146,00	€/a
	<b>Heizöl</b>		
	Arbeitspreise Heizöl für Privat	0,04	€/kWh Hu
	<b>Scheitholz</b>		
	Scheitholz, Lieferung frei Haus	0,11	€/kg
	<b>Holzpellets</b>		
	Holzpellets, Lieferung frei Haus	0,04	€/kWh

Kostendaten entstammen der BGW-Fachinformation, 2003

# Datenübersicht - 1

## Pipeline-Herstellung

0,001141667	kg Stahl/kWh Erdgas
0,000591667	kg Beton/kWh Erdgas

## Verbrennung Energieträger

### Luft Emissionen [mg pro 1 MJ]

	Erdgas	Heizöl	Pellets	Scheitholz
CO <sub>2</sub>	55.150,00	87.500,00	0,00	0,00
SO <sub>x</sub>	0,40	91,00	7,28	17,41
NO <sub>x</sub>	22,40	27,10	138,29	130,99
CH <sub>4</sub>	1,10	0,07	13,00	16,16
NM-VOCs	0,70	1,50	21,00	60,00

Asche-Anfall Verbrennung Biomasse 0,008 kg Asche / kg Holz

## Kosten Hilfsenergie Strom

Hilfsenergie Scheitholzkessel	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">218,64</span>	kWh/a
Hilfsenergie Speicher Scheitholzkessel	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,00</span>	kWh/a
Hilfsenergie Pellet-Einzelofen	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">218,64</span>	kWh/a
Hilfsenergie Speicher Pellet-Einzelofen	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,00</span>	kWh/a
Hilfsenergie Gas-Wärmepumpe	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">224,55</span>	kWh/a
Hilfsenergie Speicher Gas-Wärmepumpe	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">52,40</span>	kWh/a

## Datenübersicht - 2

### Angaben Heizkessel

#### Angaben Erdgas-Niedertemperaturkessel

Gewicht	116	kg
Platzbedarf	0,392	m <sup>2</sup>
Kupferanteil	1	kg

#### Angaben Erdgas-Brennwertkessel sowie Brennwertgerät

Gewicht Brennwertkessel	105	kg
Gewicht Brennwertgerät	60	kg
Platzbedarf	0,32	m <sup>2</sup>
Kupferanteil	2	kg
Aluminiumanteil	6	kg

#### Angabe Stromheizung

Gewicht	616	kg
Anteil Kupfer	2	kg
Platzbedarf	0,92274	m <sup>2</sup>

#### Pelletofen

Gewicht	180	kg Stahl
Platzbedarf	0,3861	m <sup>2</sup>

#### Wärmepumpe Gas

Gewicht	200	kg Stahl
Platzbedarf	0,36	m <sup>2</sup>
Anteil Aluminium	26	kg
Anteil Kupfer	11	kg
Lebensdauer der Heizkessel	15	Jahre

#### Angaben Heizöl-Heizkessel

Gewicht	156	kg
Platzbedarf	0,4278	m <sup>2</sup>
Anteil Kupfer	2	kg

#### Angaben Wärmepumpe Strom

Gewicht	134	kg
Anteil Kupfer	9	kg
Anteil Aluminium	16	kg
Platzbedarf	0,3	m <sup>2</sup>

#### Pelletkessel

Gewicht	530	kg
Platzbedarf	1,8216	m <sup>2</sup>

#### Scheitholzessel

Gewicht	270	kg
Platzbedarf	0,45725	m <sup>2</sup>

## Datenübersicht - 3

### Kosten Biomasse-Heizungen

Investitionskosten	24900	DM
	2394,025696	DM/a
	1224,045902	Euro/a

Wartung Reinigung **304,74** €/Jahr

### Scheitholzkessel

Investitionskosten	18600	DM
	1788,31	DM/a
	914,35	Euro/a

Wartung Reinigung 200,00 Euro/a

### Wärmepumpe Gas

Investitionskosten	3690	DM/a
	1886,67	Euro/a

Wartung Reinigung **210,00** Euro/a

# Datenübersicht - 4

## Herstellung der Speicher

### Elektrisches Untertischgerät der Wärmepumpe Strom

Gewicht	4	kg
Platzbedarf	0,02	m <sup>2</sup>
Lebensdauer der Speicher	15	Jahre

### Angabe Speicher

Gewicht	66	kg
Platzbedarf	0,65	m <sup>2</sup>
Isolierung aus PUR	7,6744	kg
Emaille	2,3023	kg
Stahl	56,0233	kg
Lebensdauer der Speicher	15	Jahre

### Speicher Pellet- sowie Scheitholzheizungen

	160	l
Gewicht	86	kg
Platzbedarf	0,65	m <sup>2</sup>
Isolierung aus PUR	10	kg
Emaille	3	kg
Stahl	73	kg
Lebensdauer der Speicher	15	Jahre

### Angabe Speicher für BW Solar

Gewicht	132	kg
Platzbedarf	1,30284	m <sup>2</sup>
Lebensdauer der Speicher	15	Jahre

### Angabe Speicher für WP Gas

Gewicht	66	kg
Platzbedarf	0,65142	m <sup>2</sup>
Lebensdauer der Speicher	15	Jahre

## Datenübersicht – 5

### Kosten der Speicher

#### Speicher Pelletheizung

Investitionskosten	178	€/Jahr
--------------------	-----	--------

#### Speicher Pellet-Einzelofen

Investitionskosten	3900	DM
	374,9678801	DM/a
	191,7180328	Euro/a

#### Speicher Scheitholzessel

Investitionskosten	3900	DM
	374,97	DM/a
	191,72	Euro/a

#### Wärmepumpe Gas

Investitionskosten	153	€/a
--------------------	-----	-----

### Anzucht; Hacken; Lagerentnahme der Bioenergie

Holzhacken	3,5	kWh/t bezogen auf waldfrisches Holz
Lagerentnahme	2	kWh/t atro

### Pelletierung

Pelletierung	77	kWh/t atro
Einlagern ins Zwischenlager	6	kWh/t atro

### Transport zum Verbraucher

Scheitholztransport	50	km
Pellettransport	150	km
Einblasen beim Kunden	1,5	kWh/t atro

## Datenübersicht - 6

### Lagerung der Energieträger

#### Heizöl-NT

Erdöltank	58	kg
Lebensdauer Erdöltank	30	a
Platzbedarf Erdöltank	4,5	m <sup>2</sup>
Kosten Heizöl-Lagerung	145	€/a

#### Pellets

Lagerraum Pellets	3,6	m <sup>2</sup> (bei 2,5 m Raumhöhe)
Pellet-Lagerung einschl. Förderung	500	€/a

#### Scheitholz

Lagerraum Scheitholz	3,6	m <sup>2</sup>
Scheitholz-Lagerung	96,15	€/a

### Solarkollektoren

Fläche	1,15	m <sup>2</sup> /Person
Flachkollektor-Gewicht:	15	kg/m <sup>2</sup>
Zusammensetzung Flachkollektor	10%	Kupfer
	30%	Alu
	60%	Flachglas
Lebensdauer Solarkollektor	15	Jahre

### Erdwärmesonde

Lebensdauer Erdwärmesonde	25	Jahre
Tiefe der Erdwärmesonde	80	m Tiefe
Gewicht der Erdwärmesonde	126	kg Polyethylen

### Verlust an Kältemittel

CO <sub>2</sub> -Emission pro kg R407 C	1530	kg/kg
---	------	-------

## Datenübersicht - 7 Pufferspeicher Pellet-Einzelofen

	500	l
Gewicht	180	kg
Platzbedarf	1,50	m <sup>2</sup>
Isolierung aus PUR	15	kg
Stahl	165	kg
Lebensdauer der Speicher	15	Jahre

### Scheitholzheizung

	1000	l
Gewicht	360	kg
Platzbedarf	3	m <sup>2</sup>
Isolierung aus PUR	30	kg
Stahl	330	kg

### Pellet-Einzelofen

Investitionskosten	3000	DM
	147,4754098	Euro/a

### Pufferspeicher Scheitholzessel

Investitionskosten	4000	DM
	196,6338798	Euro/a

### Herstellung Luftkollektor

Lebensdauer	15	a
Gewicht Luftkollektor	9,5	kg
Platzbedarf	4,6	m <sup>2</sup>

### Zusammensetzung Luftkollektor

	90%	Kupfer
	10%	Stahl

## Datenübersicht - 8

### Emissionsdaten zur Berechnung des Toxizitätspotenzials

	CO-Ausstoß [mg/kWh]	Nox-Ausstoß [mg/kWh]	Staub-Ausstoss [mg/kWh]
Erdgas NT-Kessel	50,40	80,64	0
Brennwertkessel	50,40	80,64	0
Brennwertgerät mit Solar	50,40	80,64	0
Heizöl NT-Kessel	109,44	97,56	20
Strom	0	0	0
Strom-Wärmepumpe	0	0	0
Scheitholz-Kessel	2963,1	471,6	129,3871795
Pellet-Kessel	198,22	497,84	34,08031401

**Alle weiteren in die Analyse eingesetzten Daten entstammen:**

**BGW – Heizkostenvergleich für den Neubau; 1999 (Angaben zu den Heizkessel-Leistungen) sowie 2003 (aktuelle Kostendaten)  
Internetadresse: [www.bgw.de](http://www.bgw.de)**

# Anhang

# Erläuterungen zum Ökoeffizienz-Portfolio nach BASF

- Die Gesamtkostenberechnung und die Berechnung des Ökologie-Fingerprints stellen eigenständige Berechnungen der ökonomischen und ökologischen Betrachtung eines Gesamtsystems mit ggf. verschiedenen Alternativen dar. Geht man davon aus, dass die Ökologie und die Ökonomie den gleichen Stellenwert in einer Nachhaltigkeitsbetrachtung einnehmen, so kann ein ökonomisch weniger vorteilhaftes System diesen Nachteil durch eine bessere ökologische Bewertung ausgleichen und umgekehrt. Alternativen, deren Produkt aus Ökonomie- und Ökologiebewertung identisch ist, gelten als gleich ökoeffizient.
- Zur anschaulichen Darstellung der Ökoeffizienz wurde von BASF das Ökoeffizienz-Portfolio nach BASF® entwickelt.
- Die Rechenwerte aus dem Ökologie-Fingerprint werden mit Wichtungsfaktoren multipliziert. Man erhält so den Portfolio-Rechenwert, mit dem die Einzelkriterien in die Gesamtsumme der Umweltbewertung eingehen. Nach Addition aller Einzelkriterien erhält man die Gesamtsumme der Umweltbewertung einer Alternative. Die Auftragung in das Portfolio erfolgt dann über den Mittelwert der jeweiligen ökologischen Gesamtbelastung

# Erläuterungen zum Ökologie-Fingerprint nach BASF

- Nach erfolgter Normierung bzw. nach Normierung und Gewichtung bei den Emissionen, werden die entsprechenden Rechenwerte in einer speziellen Auftragsung, dem Ökologie-Fingerprint nach BASF®, zusammengefasst. In dieser Darstellung werden ökologische Vor- und Nachteile der betrachteten Alternativen im relativen Vergleich zueinander aufgezeigt. Die am weitesten außen liegende Alternative mit dem Wert 1 stellt in dem betreffenden Kompartiment die ungünstigste Alternative dar, je weiter innen eine Alternative angesiedelt ist, umso günstiger ist sie.
- Die Achsen sind unabhängig von einander, so dass eine Alternative, die z.B. günstig beim Energieverbrauch abschneidet, bei den Emissionen ungünstiger abschneiden kann.
- Anhand des Ökologie-Fingerprints können Anhaltspunkte dafür gefunden werden, in welchen Bereichen Verbesserungen erzielt werden sollten, um das Gesamtsystem wirkungsvoll zu optimieren.

# Die Berechnung des Energiebedarfs

Der Energiebedarf wird über den Gesamtlebensweg ermittelt. Er beschreibt den Verbrauch an Primärenergie. Dargestellt wird die Summe der fossilen Energieträger vor Förderung und der erneuerbaren Energieträger vor Ernte bzw. Nutzung. Umwandlungsverluste aus der Strom- und Dampferzeugung werden somit erfasst. Bei BASF-Prozessen werden BASF-spezifische Daten verwendet. Bei nicht BASF eigenen Prozessen wird der UCTPE - Datensatz [1] eingesetzt. Aber auch die Berechnung spezieller Szenarien zur Strom- und Dampferzeugung, z.B. bei Standortvergleichen, ist möglich.

Der Energiebedarf werden den einzelnen Energieträgern zugeordnet. Der Verbrauch der einzelnen Primärenergieträger wird entsprechend beim Rohstoffverbrauch berücksichtigt.

In der Kategorie "Energieverbrauch" erfolgt keine weitere Umrechnung in spezielle Wirkkategorien. Der berechnete Energiebedarf aller Alternativen werden untereinander normiert, wobei die ungünstigste Alternative den Wert 1 erhält, sich die anderen Alternativen auf einer Achse von 0 bis 1 relativ dazu anordnen und eine Rangfolge bilden. Auf diese Weise werden später auch alle anderen Kategorien der Umweltbelastungsachse miteinander verglichen.

Zur Berechnung des Gesamtenergiebedarfs wird auf den oberen Heizwert der Primärenergieäquivalente zurückgegriffen. Dabei werden die Energieträger Steinkohle, Öl, Gas, Braunkohle, Kernenergie, Wasserkraft, Biomassen und Sonstige betrachtet.

[1] Westeuropäisches Elektrizitätsverbundsystem (union pour la coordination de la production et du transport de l'électricité)

# Die Bestimmung des Stoffverbrauchs

Beim Stoffverbrauch wird zunächst die Masse an Rohstoffen bestimmt, die der entsprechende Prozess benötigt. Die einzelnen Materialien werden nach der Reichweite ihrer Ressourcen gewichtet [5].

Bei nachwachsenden Rohstoffen wird von einer nachhaltigen Bewirtschaftung ausgegangen. In dem betrachteten Zeitfenster ist deshalb die entnommene Ressource wieder nachgewachsen. Dadurch ergibt sich eine unendliche Reichweite und somit der Ressourcenfaktor 0. Selbstverständlich wird im Fall der nachwachsenden Rohstoffe bei nicht nachhaltiger Wirtschaftsweise (z.B. Regenwaldabholzung) mit einem entsprechenden Ressourcenfaktor gerechnet.

Hoher Energieverbrauch kann mit niedrigem Stoffverbrauch korreliert sein, wenn erneuerbare Rohstoffe, wie Holz oder Wasserkraft eingesetzt werden. Eine vermeintliche Doppelzählung von Rohstoff- und Energieverbrauch ist bei diesen beiden Kategorien daher nicht gegeben.

[5] U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, 1997; Römpp Chemie Lexikon, Thieme, Stuttgart; Institut für Weltwirtschaft, Kiel; D. Hargreaves et al, World Index of Resources and population, Dartmouth publishing, 1994; World resources, Guide to the Global Environment, Oxford 1996; Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin

# Die Bestimmung von Luftemissionen

Die Luftemissionen werden, aufgeteilt in unterschiedliche Gasarten, getrennt erfasst und über den gesamten Lebensweg aufaddiert. Bei den meisten Verfahren ist die Emission von Kohlendioxid mengenmäßig die dominanteste Luftemission. Mengenmäßig folgen dieser Emission häufig die Schwefel- und Stickoxide, sowie Lachgas und Kohlenwasserstoffe. Auch bei der Verwendung von Elektrizität als Energiequelle werden z.B. die lebensweg bezogenen Emissionen ermittelt. Diese belasten in der Regel durch den Verbrauch von Primärenergiequellen den Herstellungsprozess.

Die Wirkung dieser Luftemissionen ist je nach Emissionsart unterschiedlich in der Umwelt. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, werden die jeweiligen Emissionsmengen mit wissenschaftlich ermittelten Bewertungsfaktoren verknüpft [2]. Nach dieser Methodik haben z.B. die Emissionen von 11 kg Kohlendioxid den gleichen Treibhauseffekt wie 1 kg Methan. Diese sogenannten Wirkkategorien werden für jede Emission angewendet. Einige Emissionen, wie z.B. die Methanemission, spielen in mehreren Wirkkategorien eine Rolle. Die Wirkkategorien, die in der Ökoeffizienz-Analyse betrachtet werden sind das Treibhauspotenzial, der Sommersmog, der saure Regen und die Ozonzerstörung.

[2] UBA-Texte 23/95

# Vorgehen zur Bewertung der Wasseremissionen

Die Beurteilung der Wasserverunreinigung erfolgt mit Hilfe des Modells des "kritischen Volumens". Es wird für jeden in das Wasser abgegebenen Schadstoff das theoretische Wasservolumen berechnet, das durch die emittierte Schadstofffracht bis zum gesetzlichen Grenzwert belastet würde (kritische Belastung). Die für jeden Schadstoff errechneten Teilvolumina werden zum "kritischen Volumen" aufsummiert.

Die Faktoren zur Berechnung des kritischen Volumens gibt die nebenstehende Tabelle an. Als Grundlage für die Faktoren dienen die in den Anhängen zur Abwasserverordnung (AbwV) festgelegten Anforderungen an das Abwassers für die Einleitungsstelle in das Gewässer.

Diese Grenzwerte basieren im allgemeinen auf der Relevanz des emittierten Stoffs für die Umwelt, in einigen Fällen wurden bei der Festlegung auch technische Aspekte berücksichtigt. Trotz dieser Einschränkung bevorzugt BASF dieses Vorgehen aufgrund von:

- vollständige Datenbasis für die meisten Emissionen
- großer Bekanntheitsgrad der Abwasserverordnung und breite Akzeptanz der Grenzwerte in den Anhängen.

Tab.: Wasseremissionen; Modell des kritischen Wasservolumens; verwendete Rechenfaktoren			
Parameter	Anforderung an das Abwasser (mg/l)	Faktoren zur Berechnung der „kritischen Volumina“	Anhang zur Abwasserverordnung (AbwV)
CSB	75	1/75	Nr. 1
BSB <sub>5</sub>	15	1/15	Nr. 1
N-Ges	18	1/18	Nr. 1
NH <sub>4</sub> -N	10	1/10	Nr. 1
P-Ges	1	1	Nr. 1
AOX	1	1	Nr. 9
Schwermetalle	∅ 1	1	Nr. 9
KW	2	1/2	Nr. 45

*CSB: Chemischer Sauerstoffbedarf; BSB<sub>5</sub>: Biochemischer Sauerstoffbedarf; N-Ges: Gesamtstickstoff. NH<sub>4</sub>-N: Ammonium-Stickstoff; P-Ges: Gesamtphosphor; AOX: Adsorbierbare organische Halogenverbindungen; Schwermetalle: Summe aus Kupfer, Zink, Blei, Cadmium, Chrom, Quecksilber. KW: Summe der Kohlenwasserstoffe*

# Die Bewertung des Abfallaufkommens

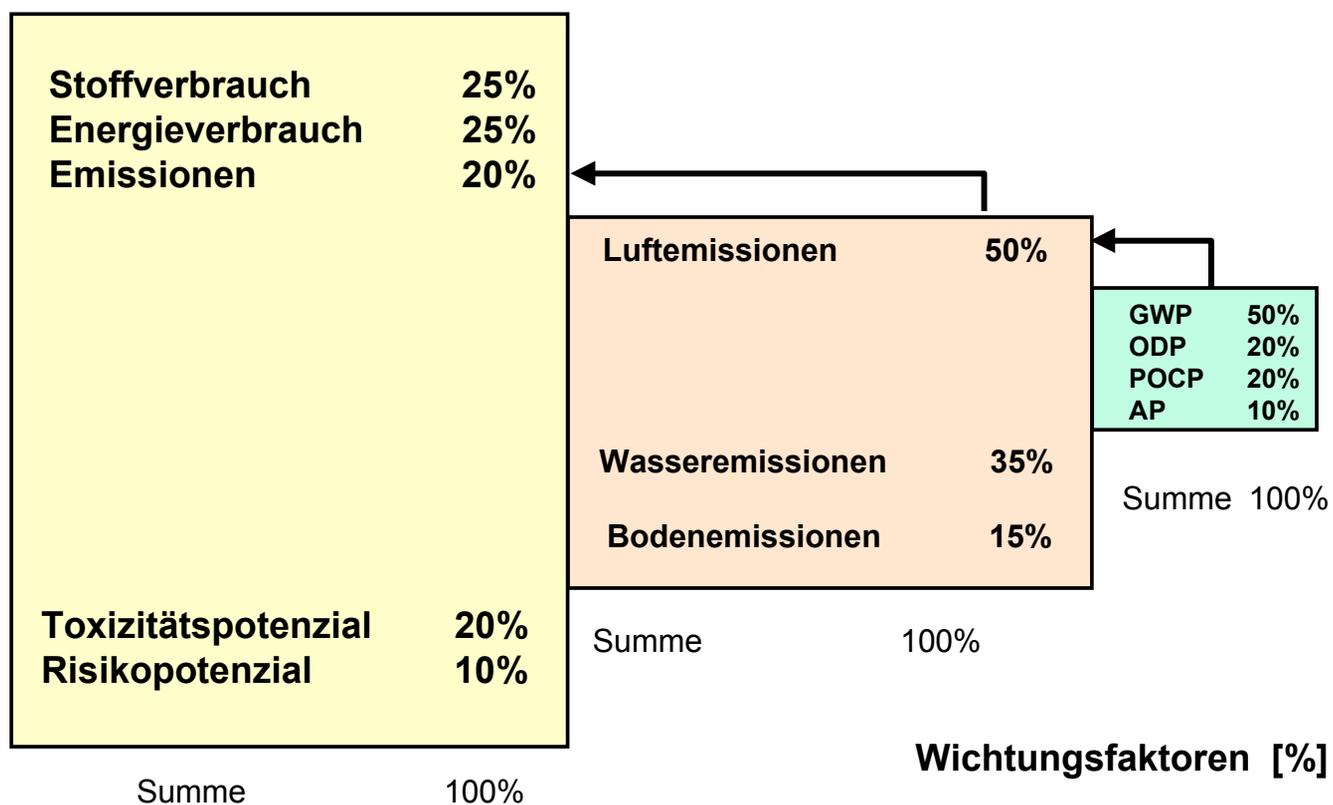
Die Ergebnisse der Sachbilanz zu Abfällen werden zu drei Abfallkategorien zusammengefasst: Sonderabfälle, hausmüllähnliche Abfälle und Bauschutt/Bergematerial. In Ermangelung anderer Beurteilungskriterien werden zur Bildung der Wirkpotenziale für Abfälle die durchschnittlichen Kosten für die jeweilige Wiederaufbereitung, Behandlung oder Entsorgung der Abfälle herangezogen. Produktionsrückstände, die in die Verbrennung gelangen, werden gemäß der Nutzung der Verbrennungsenergie und der bei der Verbrennung entstehenden Emissionen in die Gesamtberechnung einbezogen.

# Bewertung der Umweltlasten

Die ermittelten Werte Sachbilanz und Wirkungsabschätzung (Treibhauspotential, Ozonzerstörungspotential, photochemisches Ozonbildungspotential, Versauerungspotential, verschmutzte Wassermenge, Abfallmenge, Energieverbrauch und Rohstoffverbrauch) werden mit Bewertungsfaktoren zu einer Größe für die Umweltbelastungen zusammengefasst. Die Bewertungsfaktoren setzen sich zusammen aus:

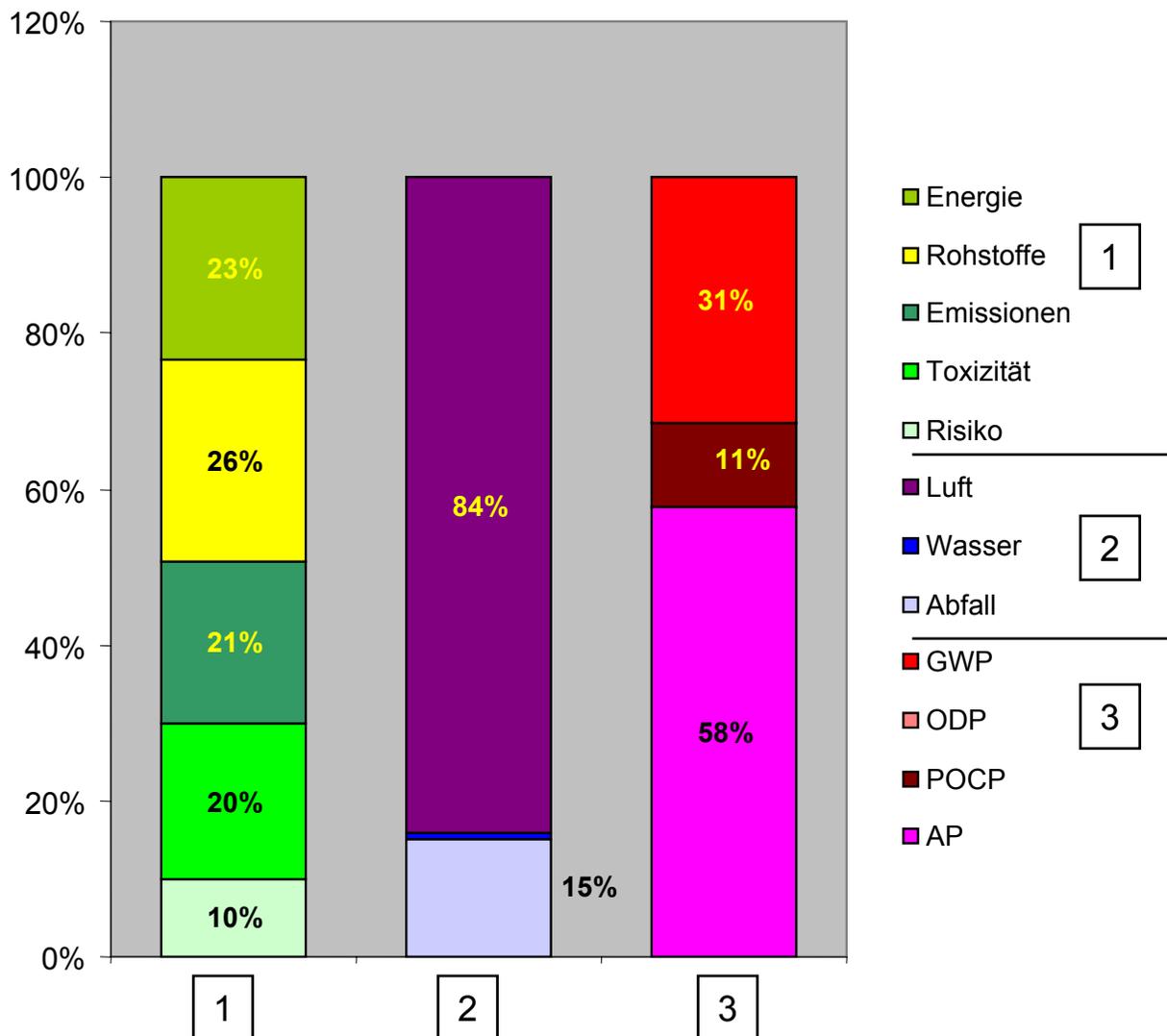
- einem *gesellschaftlichen Faktor*: Welchen Wert legt die Gesellschaft auf die Reduzierung der einzelnen Potenziale?
- einem *Relevanzfaktor*: Welchen Anteil hat die betrachtete Emission an der Gesamtemission in Deutschland?

# Bewertungs-, Wichtungs- und Auswerteschema

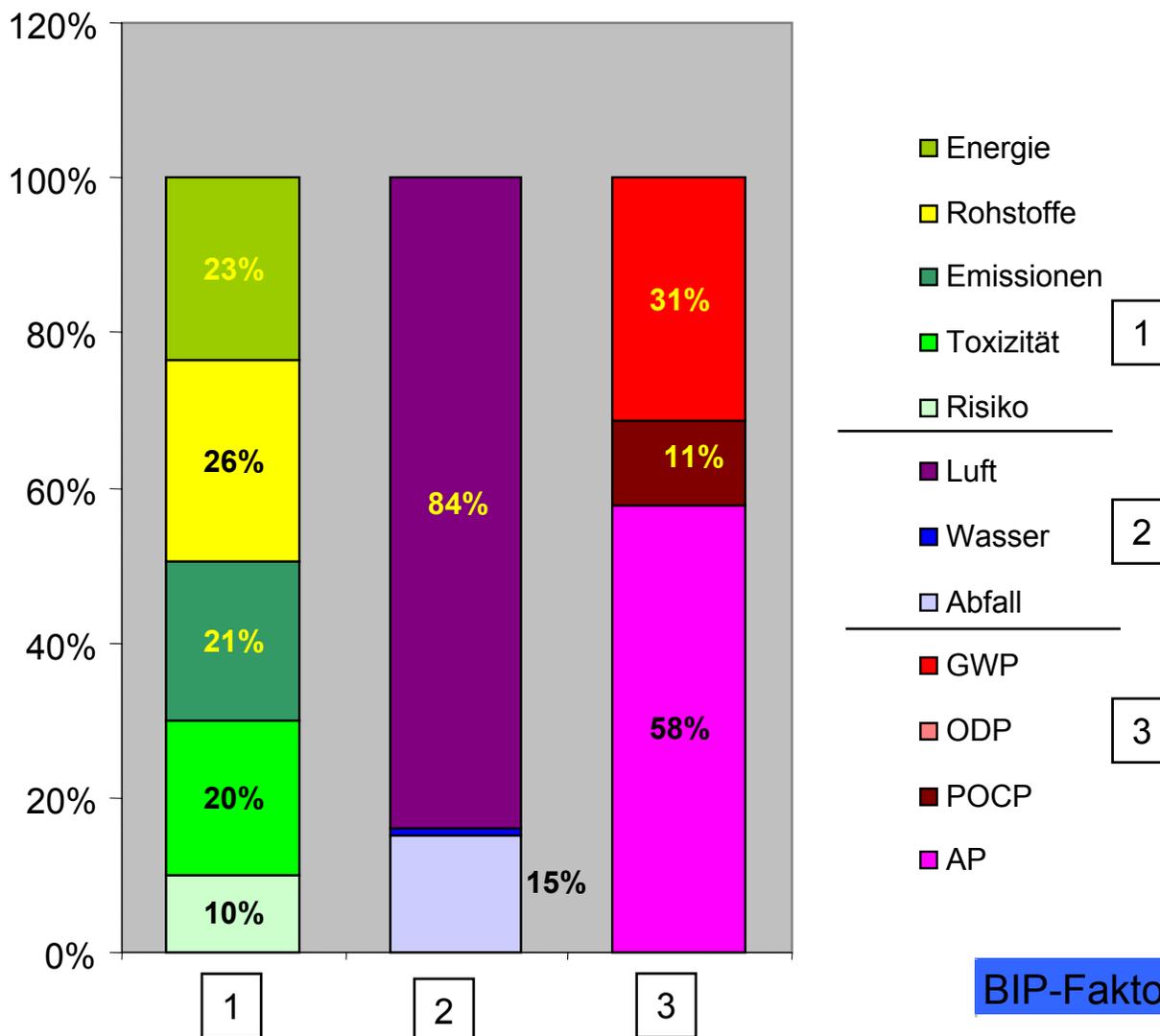


# Relevanzfaktoren:

- Referenzwerte:
- UBA (1997): Daten zur Umwelt. Berlin.
  - Stat. Bundesamt (2000): Statistisches Jahrbuch 2000. Wiesbaden.
  - World index of resources and population; Aldershot, Dartmouth Publishing 1994.
  - U.S. Geological Survey: Mineral commodity summaries 2000. Washington.



# Rechenfaktoren:

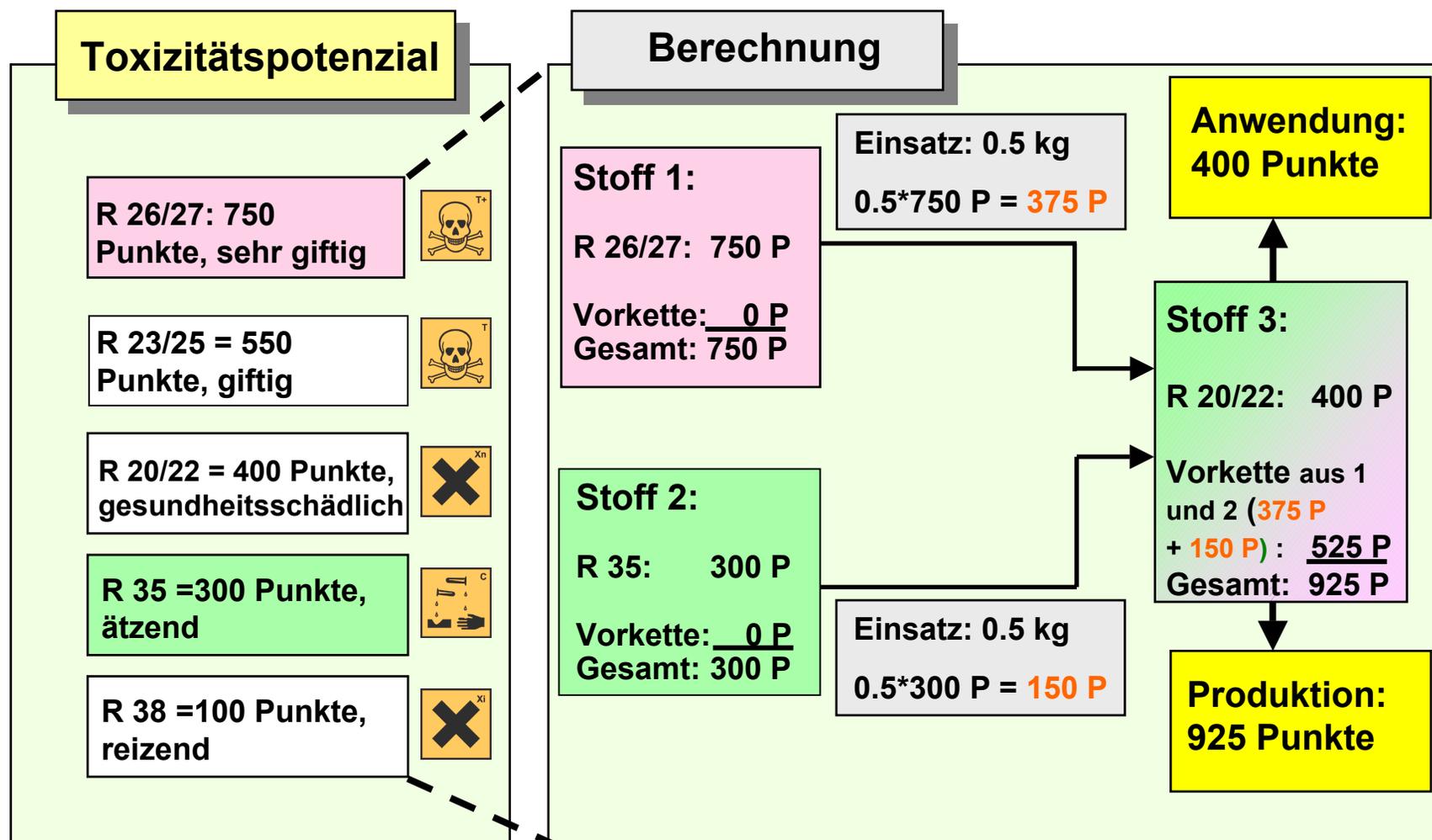


**BIP-Faktor 0,7935**

# Die Bestimmung des Toxizitätspotenzials

- Das Toxizitätspotenzial in der Ökoeffizienz-Analyse wird anhand eines von BASF entwickelten Bewertungsschemas bilanziert. Dabei werden grundlegende Bestimmungen der Gefahrstoffverordnung hinsichtlich der Einstufung und Kennzeichnung berücksichtigt. Diese toxikologischen Bewertungen münden in verschiedenen R-Sätzen. Jedem R-Satz bzw. jeder Kombination von R-Sätzen werden entsprechend ihres Gefährdungspotenzials in Abstimmung mit Toxikologen Rechenwerte von 0-1000 zugeordnet. So erhält beispielsweise die Einstufung R 26/27, sehr giftig, eine Punktzahl von 750 und die deutlich weniger kritische Kategorie R 35, ätzend, eine Punktzahl von 300 (siehe Beispiel nächste Seite). Anschließend wird eine Bilanzierung und Addition der berechneten Werte entlang des beschriebenen Lebensweges für alle Vor- und Zwischenprodukte durchgeführt. So erhält man eine lebenswegbezogenes Toxizitätspotenzial der jeweilig an der Ökoeffizienz-Analyse beteiligten Stoffe.
- Die berechneten Kennzahlen werden mit den eingesetzten Stoffmengen multipliziert und ergeben so die Gesamtbewertung.
- Bei der Bilanzierung der Stoffe unter „Verwendung“ werden nur die Stoffeinstufungen bilanziert, die Vorkette entfällt in diesem Teil der Bewertung, da sie schon bei der Produktion berücksichtigt wurde und in der Verwendungsphase keine Bedeutung mehr hat.
- Die Ergebnisse dieser Bewertungen werden durch dimensionslose Bewertungszahlen ausgedrückt und können anschließend über eine Normierung und Wichtung der einzelnen Lebenswegphasen miteinander verglichen werden.
- Es werden immer Potenziale berechnet. Um ein real auftretendes Risiko für den Menschen abschätzen zu können, sind zusätzliche Berechnungen zur Exposition des Menschen, zur Aufnahme des Stoffes etc. notwendig.

# Bestimmung des Toxizitätspotenzials über ein von BASF entwickeltes Verfahren



# Die Bestimmung des Risikopotenzials

- Das Risikopotenzial in der Ökoeffizienz-Analyse wird an Einschätzungen im Sinne des Expert-Judgement erarbeitet. Im Mittelpunkt steht dabei immer die Frage nach der Schwere des Schadens, die ein Vorgang verursachen kann, multipliziert mit der Eintrittswahrscheinlichkeit.
- Im Risikopotenzial werden die Schäden betrachtet, die z.B. auf physikalische Reaktionen zurückzuführen sind. Beispiele wären Explosions- oder Brandgefahren, Transportrisiken.
- Weitere Möglichkeiten sind die Betrachtung von Verunreinigungen des Produktes, Fehlanwendungen des Produktes, Fehlverhalten beim Lagern, etc.. Die Kriterien des Risikopotenzials sind variabel und können in jeder Studie unterschiedlich sein, weil sie den Gegebenheiten und Besonderheiten der jeweiligen Alternativen angepasst werden. Auch die Anzahl der Risikokategorien kann schwanken.
- Daten von z.B. Unfallgeschehen in verschiedenen Branchen oder bei verschiedenen Tätigkeiten können ebenso mit aufgenommen werden, wie z. B. sicherheitstechnische Erkenntnisse über verschiedene Reaktionstypen in der Chemie.
- Auch hier werden alle Aspekte des gesamten Lebensweges betrachtet und in Bewertungszahlen zusammengefasst.
- Es werden immer Potenziale berechnet. Um ein real auftretendes Risiko für den Menschen abschätzen zu können sind zusätzliche Berechnungen und Abschätzungen notwendig.

# Glossar zu verwendeten Abkürzungen und Fachbegriffen I

**Abraum, Bauschutt:** Material, das als Baumaterial abgelagert werden kann oder das z.B. als Abraum bei der Gewinnung von Kohle, Metallen etc. anfällt und z. B. zum Verfüllen von alten Stollen eingesetzt werden kann.

**AOX:** Abk. für adsorbierbares organisches Halogen, eine Kategorie der Wasseremissionen.

**AP:** Abk. für „Acidification Potential“, den „Sauerer Regen“. In dieser Wirkkategorie werden die Auswirkungen von Luftemissionen berücksichtigt, die lokal pH-Werte von Böden absenken und damit z.B. das Waldsterben auslösen können.

**BSB:** Abk. für Biologischer Sauerstoffbedarf. Es handelt sich hier um eine Messmethode zur Bestimmung von Abwasserbelastungen.

**CSB:** Abk. für Chemischer Sauerstoffbedarf. Es handelt sich hier um eine Messmethode zur Bestimmung von Abwasserbelastungen.

**Cl:** Abk. für Chlorid.

**CO<sub>2</sub>:** Abk. für Kohlendioxid

**CH<sub>4</sub>:** Abk. für Methan.

**Emissionen:** Die Emissionen werden in Luft-, Wasser-, Bodenemissionen eingeteilt. Diese Grobunterteilung wird weiter durch einzelne Emissionsarten untergliedert.

**Energieeinheit:** Die Energie wird in Megajoule (MJ) angegeben. 1 **MJ** entspricht 3,6 Kilowattstunden (**kWh**).

# Glossar zu verwendeten Abkürzungen und Fachbegriffen II

**Feedstock:** Der Energieinhalt, der in den verwendeten Materialien gebunden ist und z. B. bei Verbrennungsprozessen genutzt werden kann.

**GWP:** Abk. für „Global Warming Potential“, den „Treibhauseffekt“. In dieser Wirkkategorie werden die Auswirkungen von Luftemissionen berücksichtigt, die zu einer globalen Erwärmung der Erdoberfläche führen.

**KW:** Abk. für Kohlenwasserstoffemissionen in das Wasser.

**Hal. KW:** Abk. für halogenierte Kohlenwasserstoffe.

**Halogenierte NM-VOC:** Abk. für halogenierte Nicht-Methan Kohlenwasserstoffe.

**HCl:** Abk. für Chlorwasserstoff.

**KW:** Abk. für verschiedene Kohlenwasserstoffe.

**Kritisches Volumen:** Rechengröße zur Beurteilung des Verschmutzungsgrades eines Abwassers, indem rechnerisch das Abwasser mit Frischwasser soweit verdünnt wird, bis der vorgegebene Grenzwert erreicht ist. Diese Volumenmenge an zugesetztem Frischwasser bezeichnet man als kritisches Volumen.

**NE:** Nutzeneinheit. Alle Berechnungen werden auf die Nutzeneinheit bezogen, die vorher beim Festlegen des Kundennutzens definiert wurde.

**N-Ges.:** Sammelbegriff für alle Wasserbelastungen, die Stickstoff enthalten und nicht zu einer der anderen Kategorien gerechnet werden kann.

**NH<sub>3</sub>:** Abk. für Ammoniakemissionen.

# Glossar zu verwendeten Abkürzungen und Fachbegriffen III

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>**: Abk. für Ammoniumemissionen in das Wasser.

**NM-VOC**: Abk. „Non methane volatile organic compound“, Nicht-Methan flüchtige, organische Kohlenwasserstoffverbindung.

**N<sub>2</sub>O**: Abk. für Lachgasemissionen.

**NO<sub>x</sub>**: Abk. für verschiedene Stickoxide.

**Normierung**: In der Ökoeffizienz-Analyse wird bei der Normierung der schlechteste Wert der jeweiligen Kategorie auf den Wert 1 gesetzt. Alle günstigeren Werte erhalten entsprechend kleinere Werte.

**ODP**: Abk. für „Ozone Depletion Potential“, die „Ozonzerstörung“. In dieser Wirkkategorie werden die Auswirkungen von Luftemissionen berücksichtigt, die zu einer Zerstörung der Ozonschicht der oberen Luftschichten und damit zu einer Erhöhung der UV-Strahlung führt.

**PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>**: Abk. für Phosphatemissionen in das Wasser.

**POCP**: Abk. für „Photochemical Ozone Creation Potential“. In dieser Wirkkategorie werden die Auswirkungen von lokalen Luftemissionen berücksichtigt, die zu einer Erhöhung des bodennahen Ozons führen und damit zum sogen. „Sommersmog“ beitragen können.

# Glossar zu verwendeten Abkürzungen und Fachbegriffen IV

**Reichweite:** Die Zeitdauer, die ein Rohstoff noch verfügbar ist und genutzt werden kann. Als Grundlage zur Bewertung dient die heutige Nutzung des Rohstoffes im Verhältnis zu den z. Zt. Bekannten, noch vorhandenen, wirtschaftlich nutzbaren Vorkommen auf der Erde.

**Risikopotenzial:** Hier werden Auswirkungen von Risikofaktoren im Gesamtlebensweg beurteilt. Hier sind Risiken wie Transportrisiken, Explosionsgefahren, Unfallgefahren etc. bewertet.

**Siedlungsabfälle:** Abfälle, die auf einer normalen Hausmülldeponie gelagert werden dürfen.

**SM:** Abk. für Schwermetalle.

**SO<sub>x</sub>:** Abk. für verschiedene Schwefeloxide.

**SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>:** Abk. für Sulfatemissionen in das Wasser.

**Sonderabfälle:** Abfälle, die auf einer Sondermülldeponie gelagert werden müssen.

**Stoffverbrauch:** In dieser Kategorie werden die Verbräuche von Rohstoffen, verknüpft mit ihrer Reichweite, bewertet. So wird ein Rohstoff mit kürzerer Reichweite kritischer beurteilt, als ein Stoff mit sehr langer Reichweite.

**Systemgrenze:** Sie begrenzt den Bilanzraum, der in der Studie betrachtet wird.

# Glossar zu verwendeten Abkürzungen und Fachbegriffen V

**Toxizitätspotenzial:** In dieser Kategorie wird die potentielle Wirkung beteiligter Stoffe auf die menschlichen Gesundheit beurteilt. Es bezieht sich umfassend auf alle Stoffwirkungen im gesamten Lebensweg. Gesundheitsgefahren werden durch sogenannte R-Sätze näher beschrieben und eingruppiert. Diese R-Sätze dienen hier als Einstufungs- und Bewertungskriterium. Zur Beurteilung der wahren Gefährdung müssten aber weitere Daten hinzugezogen werden.

Es haben die Symbole folgende Bedeutung: T+: „sehr giftig“; T: giftig; Xn: gesundheitsschädlich; C: ätzend; Xi: reizend.

**Wirkpotenzial:** Bezeichnung für eine Rechengröße, die die Auswirkung einer Emission auf ein definiertes Kompartiment der Umwelt rechnerisch berücksichtigt.

## Flächenbedarf:

Nutzung der Flächen, wie sie zur Erfüllung des Kundennutzens erforderlich sind. Aufgrund der nahezu vollständigen Kultivierung der Landschaft in Europa ist die Herkunft der Flächen nicht entscheidend.