

# Ganzheitliche Bilanzierung als Methode zur optimalen Auswahl eines Energieversorgungssystems für Gebäudeobjekte

Christian Wartha, FHS Burgenland GmbH

Christian Pinter, NTE Naturenergie

FM – Gespräche „Chancen durch Nachhaltigkeit“  
Kufstein 27.-29. 01. 2010

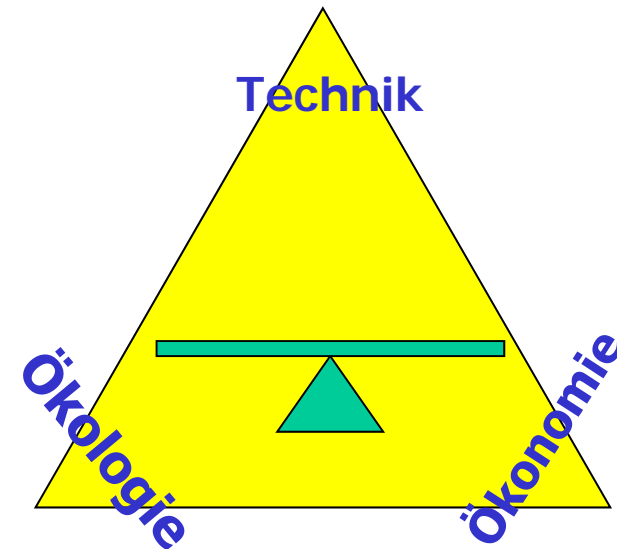
## Inhalt

- Ganzheitliche Bilanzierung – Was ist das?
- Energiebedarf – Energieversorgung
- Wirtschaftlichkeitsberechnung von Energieversorgungssystemen
- Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsberechnung
- Ökologische Bewertung
- Ergebnis der ökologischen Bewertung
- Resümee

# Ganzheitliche Bilanzierung

## Ganzheitliche Bilanzierung

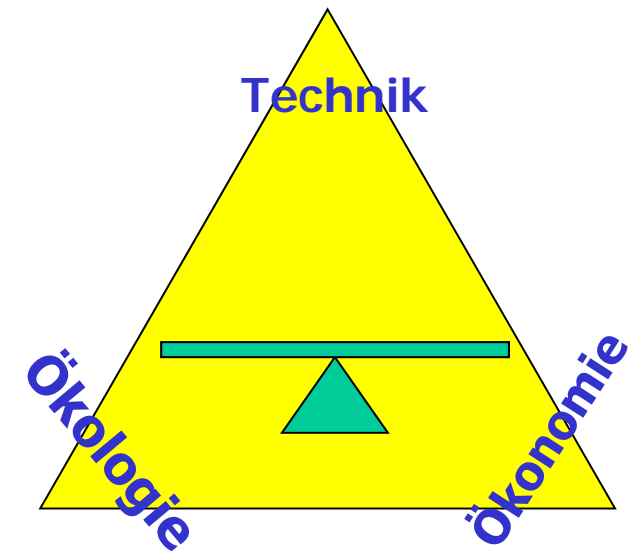
- technisch machbar
- ökologisch sinnvoll
- ökonomisch verträglich



# Ganzheitliche Bilanzierung

## Ganzheitliche Bilanzierung

- technisch machbar – Technologie muss vorhanden sein
- ökologisch sinnvoll – minimale ökologische Auswirkungen über den Lebenszyklus
- ökonomisch verträglich – minimale Lebenszykluskosten



## Energiebedarf von Gebäuden abhängig von Gebäudetyp und Gebäudeverwendung

- Bürogebäude
  - Jahresheizenergiebedarf: 838.667 kWh
  - Jahresenergiebedarf elektrisch: 328.174 kWh
- Krankenhaus
  - Jahresheizenergiebedarf: 4.024.240 kWh
  - Jahresenergiebedarf elektrisch: 1.328.670 kWh

## Energiebedarf Bürogebäude:

	Gesamt	spezifisch
Heizlast	613 kW	84,05 W/m <sup>2</sup>
Beheizte Fläche	7.293 m <sup>2</sup>	
Jahresheizenergiebedarf	838.667 kWh <sub>th</sub> /a	115 kWh <sub>th</sub> /m <sup>2</sup> .a
Jahresstrombedarf	328.174 kWh <sub>el</sub>	45 kWh <sub>el</sub> /m <sup>2</sup> .a

## Energiebedarf Krankenhaus:

	Gesamt	spezifisch
Heizlast	1.400 kW	75,68 W/m <sup>2</sup>
Beheizte Fläche	18.500 m <sup>2</sup>	
Jahresheizenergiebedarf	4.024.240 kWh <sub>th</sub> /a	217,5 kWh <sub>th</sub> /m <sup>2</sup> .a
Jahresstrombedarf	1.328.670 kWh <sub>el</sub>	21.8 kWh <sub>el</sub> /m <sup>2</sup> .a

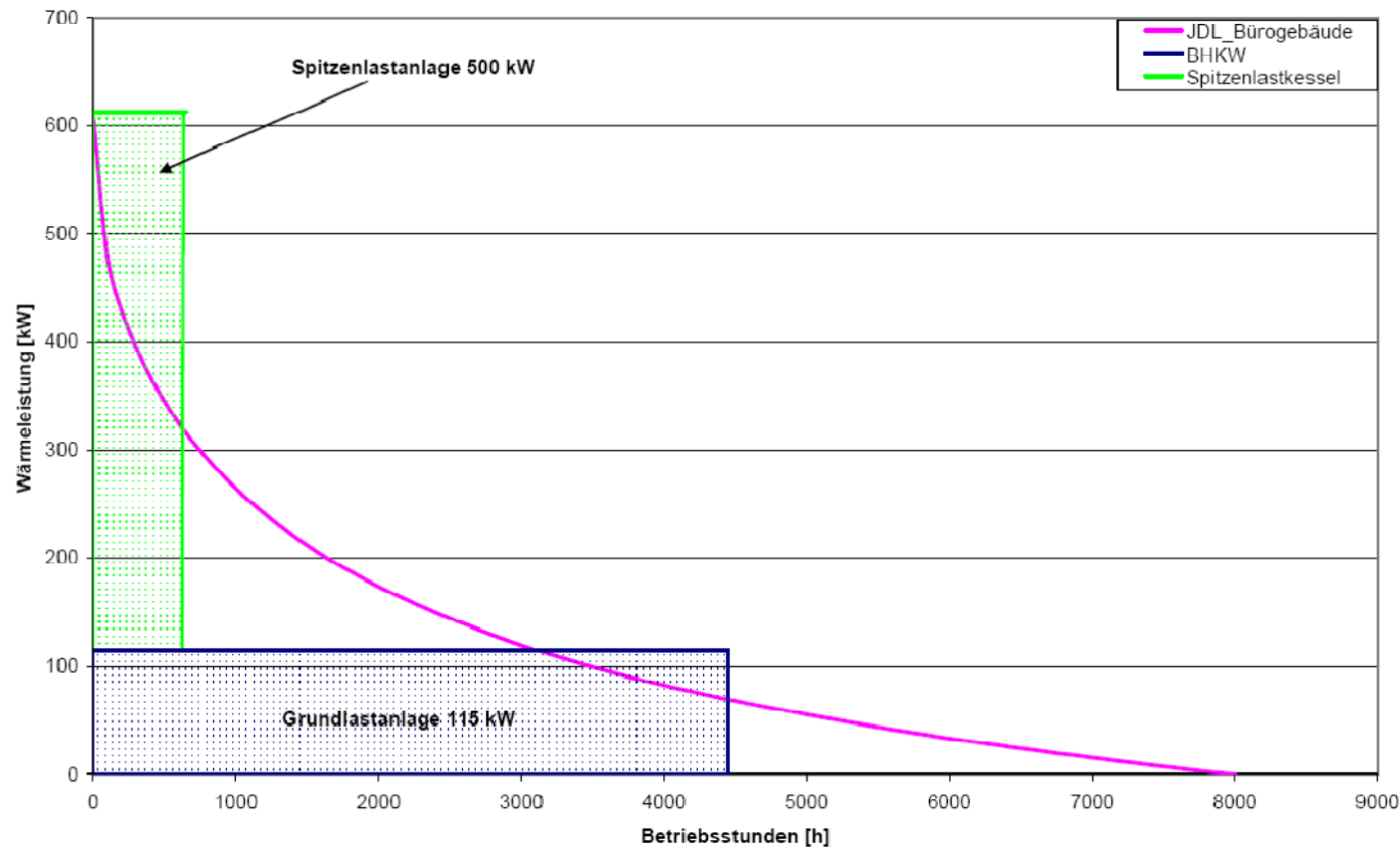
# Energieversorgung

## Energieversorgung

- Standardversorgung: Die zur Verfügung stehenden öffentlichen Versorgungsnetze
  - Erdgas,
  - Stromnetz
- Versorgung mittels Brennwertkessel
  - Brennwertgaskessel
- Versorgung mittels Mini- und Mikro-BHKW

➤ Mini – BHKW – Capstone C 30	30 kW <sub>el</sub>	65 kW <sub>th</sub>
➤ Mini – BHKW – Capstone C 65	65 kW <sub>el</sub>	120 kW <sub>th</sub>
➤ BHKW – GTK 70	68 kW <sub>el</sub>	109 kW <sub>th</sub>
➤ BHKW – GTK 130	132 kW <sub>el</sub>	207 kW <sub>th</sub>
➤ BHKW – GTK 230	225 kW <sub>el</sub>	350 kW <sub>th</sub>

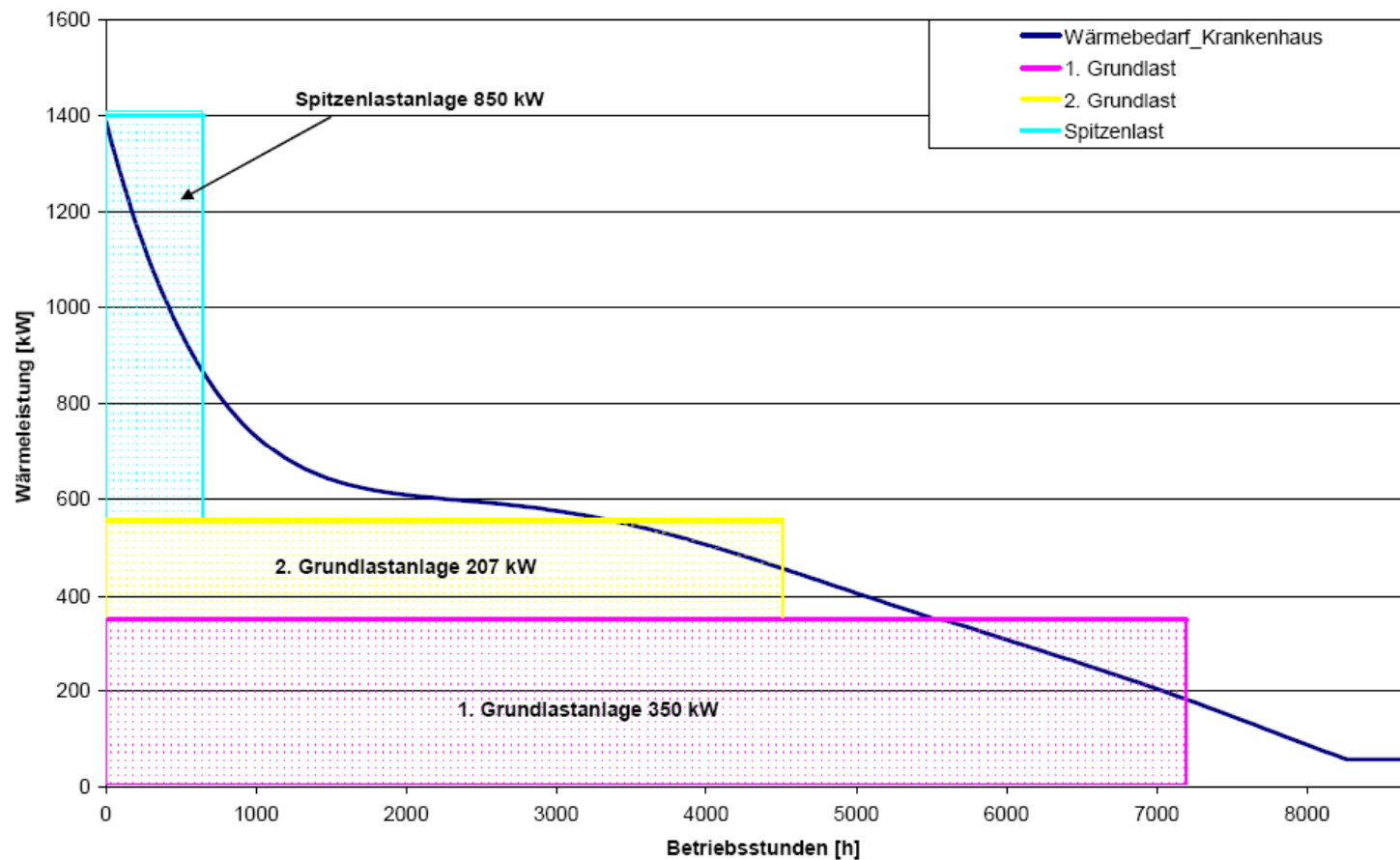
## Jahresdauerlinie und schematische Darstellung der BHKW-Auslegung für das Bürogebäude



## Energieversorgungsvarianten Versorgungsobjekt Bürogebäude

Variante	Wärme		Strom BHKW	Strom extern
	[kW <sub>th</sub> ]	[kWh <sub>th</sub> ]	[kWh <sub>el</sub> ]	[kWh <sub>el</sub> ]
V Gaskessel	500 115	838.667		328.174
A Capstone C65	120	511.735	275.017	53.157
Gaskessel	500	326.932		
B GTK 70	109	494.964	308.785	19.389
Gaskessel	500	343.703		
C Capstone C30	85	419.667	154.634	173.540
Gaskessel	550	419.000		

## Jahresdauerlinie und schematische Darstellung der BHKW-Auslegung für das Krankenhaus



## Energieversorgungsvarianten Versorgungsobjekt Krankenhaus

Variante	[kW <sub>th</sub> ]	Wärme [kWh <sub>th</sub> ]	Strom BHKW [kWh <sub>el</sub> ]	Strom extern [kWh <sub>el</sub> ]
V-K Gaskessel	350	838.667		1.328.670
	207			
	850			
A-K GTK 230	350	2.525.481	2.219.893	
GTK 130	207	935.065	596.271	
Gaskessel	850	563.694		
Gutschrift				- 891.223

# Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

## Wirtschaftlichkeitsberechnung

- Annuitätenmethode (VDI 2067): periodische und nichtperiodische Zahlungen werden im Betrachtungszeitraumes mit Hilfe des Annuitätsfaktors in jährlich konstante Zahlungen, den Annuitäten, transformiert.
  - kapitalgebundene Annuitäten
  - Verbrauchsgebundenen Annuitäten
  - betriebsgebundenen Annuitäten

# Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

## Daten für Wirtschaftlichkeitsberechnung

Position	spez. Kosten [€/MWh]	Anmerkung	
Stromkosten	176	lt. Wien Energie GmbH	
Erdgas	62,8	lt. Wien Energie GmbH	
Einspeisetarif	50	Annahme	
Investitionskosten	[€]		
MGT Capstone C65	82.900	Literatur <sup>1</sup>	
MGT Capstone C30	52.400	Literatur <sup>1</sup>	
MAN GTK 70	73.683	aus Kostenfunktion <sup>2</sup>	
Gaskessel	62.300	aus Kostenfunktion <sup>3</sup>	
Wartungskosten			
MGT Capstone C65 [€/Bh]	0,78	Literatur <sup>3</sup>	
MGT Capstone C30 [€/Bh]	0,54	Literatur <sup>3</sup>	
MAN GTK 70 [€/kWh]	0,002	Wartungskostenfunktion <sup>2</sup>	
Gaskessel [€/a]	120	Richtwert	
Basisdaten	lt. Angabe	Einheit	Wert
Betrachtungszeitraum	VDI 2067	a	20
kalkulatorischer Zinssatz	Annahme	%/a	7
Preiserhöhung Strom	VDI 2067	%/a	3

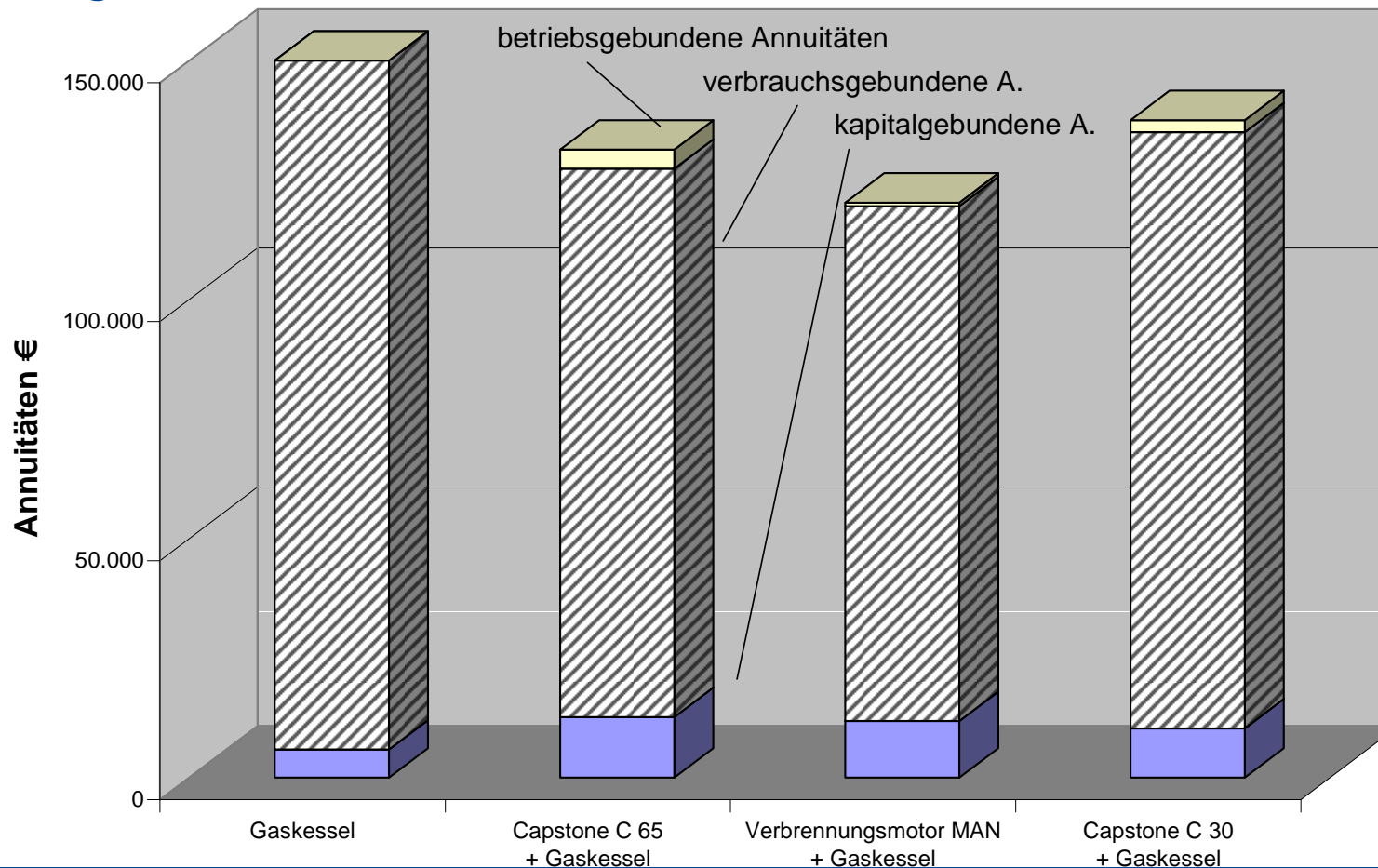
<sup>1</sup> Mehlkopf (2009)

<sup>2</sup> ASUE (2005)

<sup>3</sup> Kalt und Kranzl (2009)

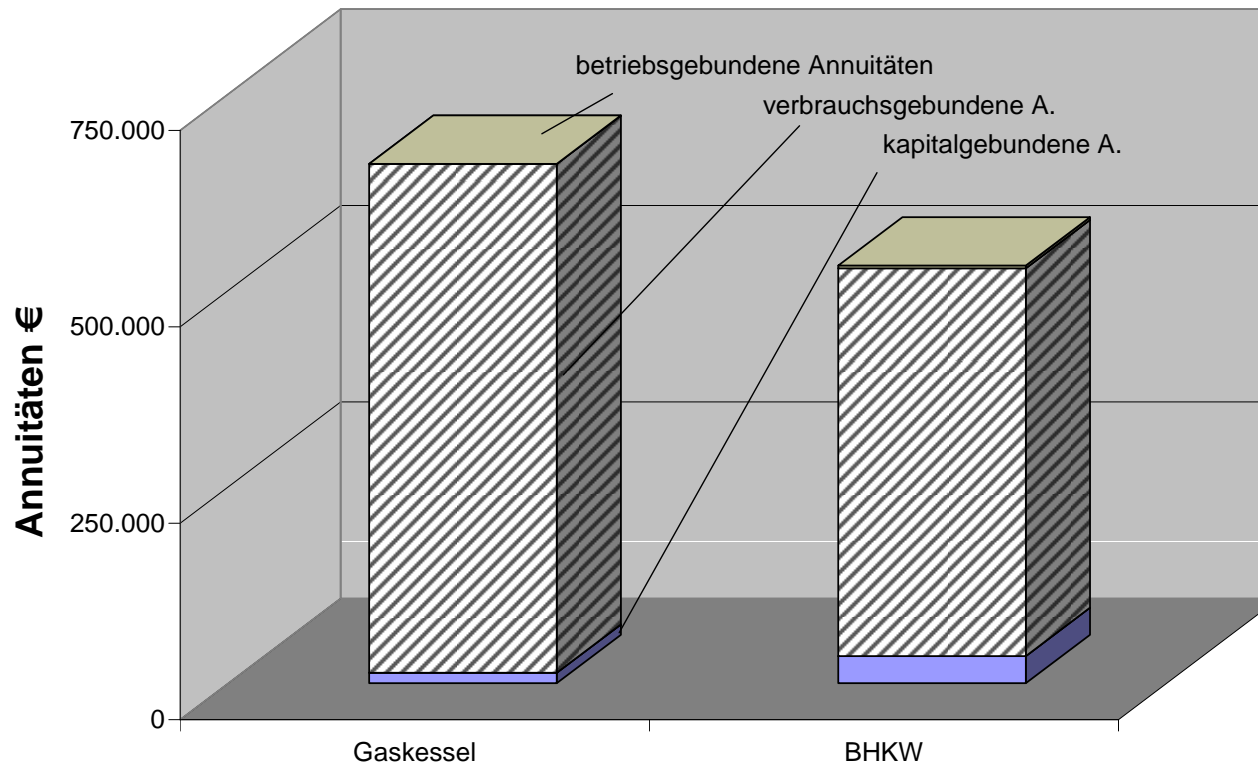
# Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

## Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsrechnung für Versorgungsobjekt Bürogebäude



# Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

## Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsrechnung für Versorgungsobjekt Krankenhaus



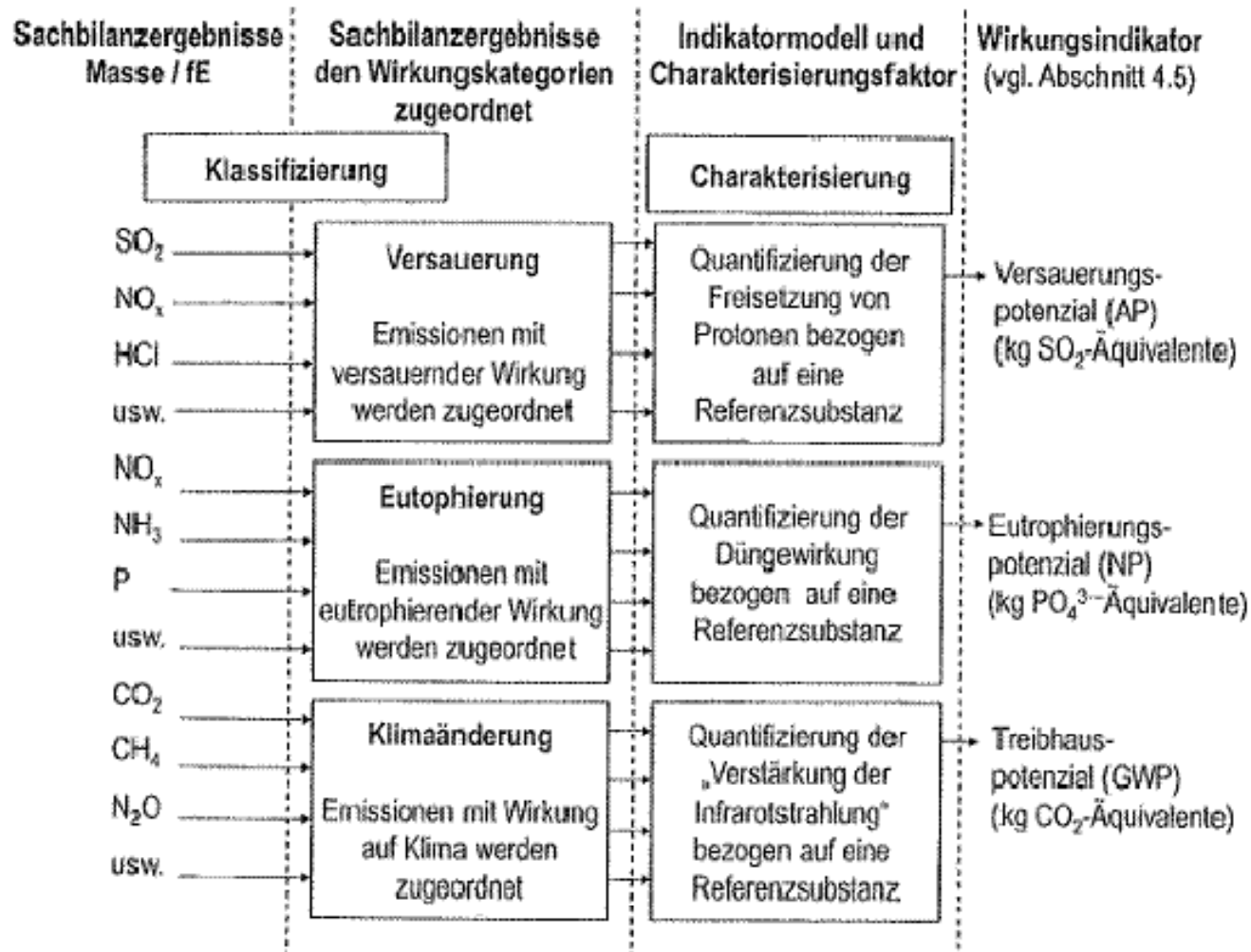
## Ökologische Bewertung

- Life Cycle Assessment ISO 14040 und ISO 14044
  - Bilanzierungssoftware GaBi 4
  - Datenbank Ecoinvent 2.0
  - Zeitlicher Bezug: Jahr 2005
  - Ortsbezug: Wien

## Wirkungskategorien

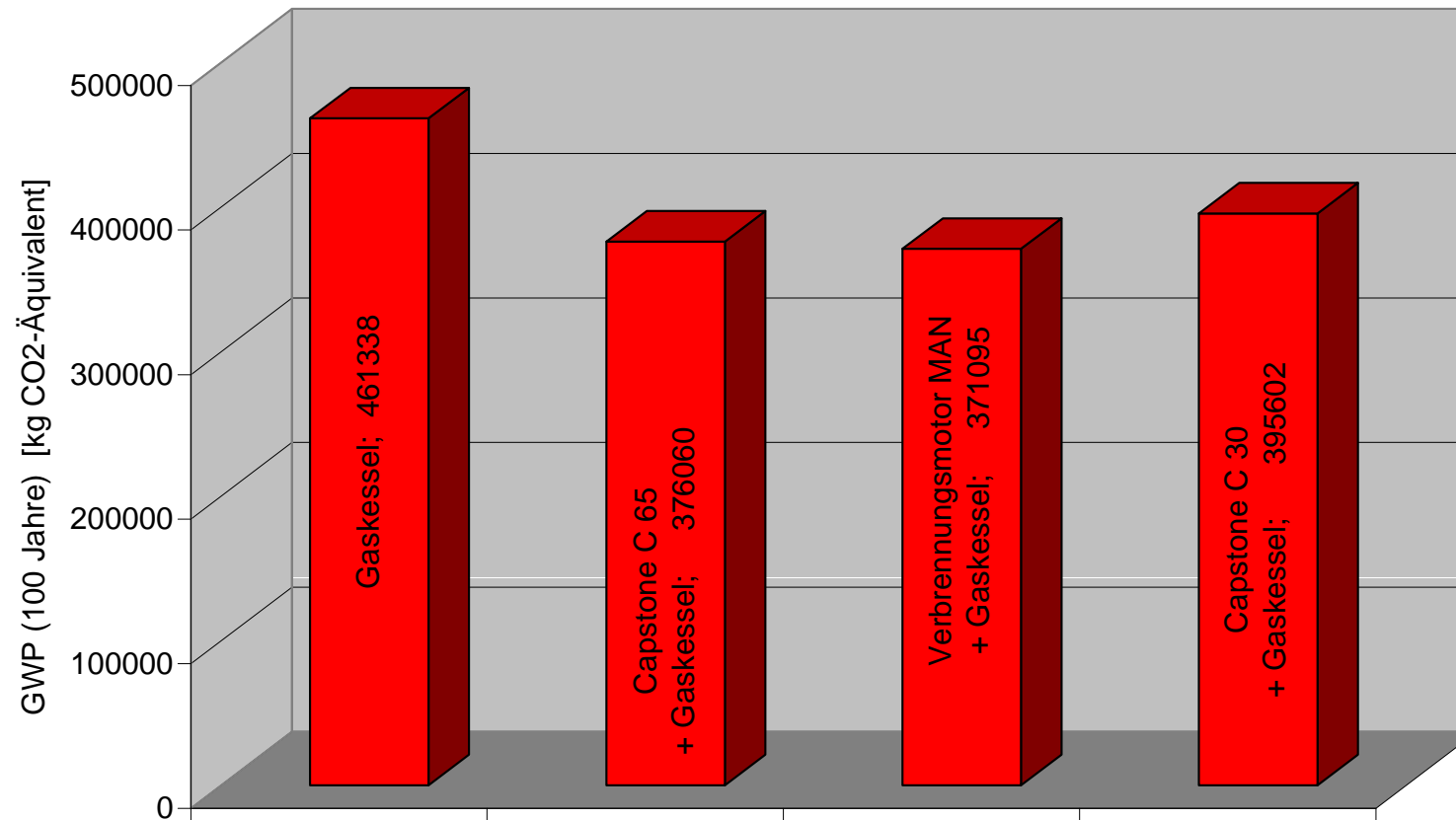
- Abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP),
- Humantoxizitätspotential (HTP)
- Ozonabbaupotential (ODP, katalytisches)
- Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)
- Terrestrisches Ökotoxizitätspot. (TETP)
- Treibhauspotential (GWP 100 Jahre)
- Versauerungspotential (AP)

# Ökologische Bewertung



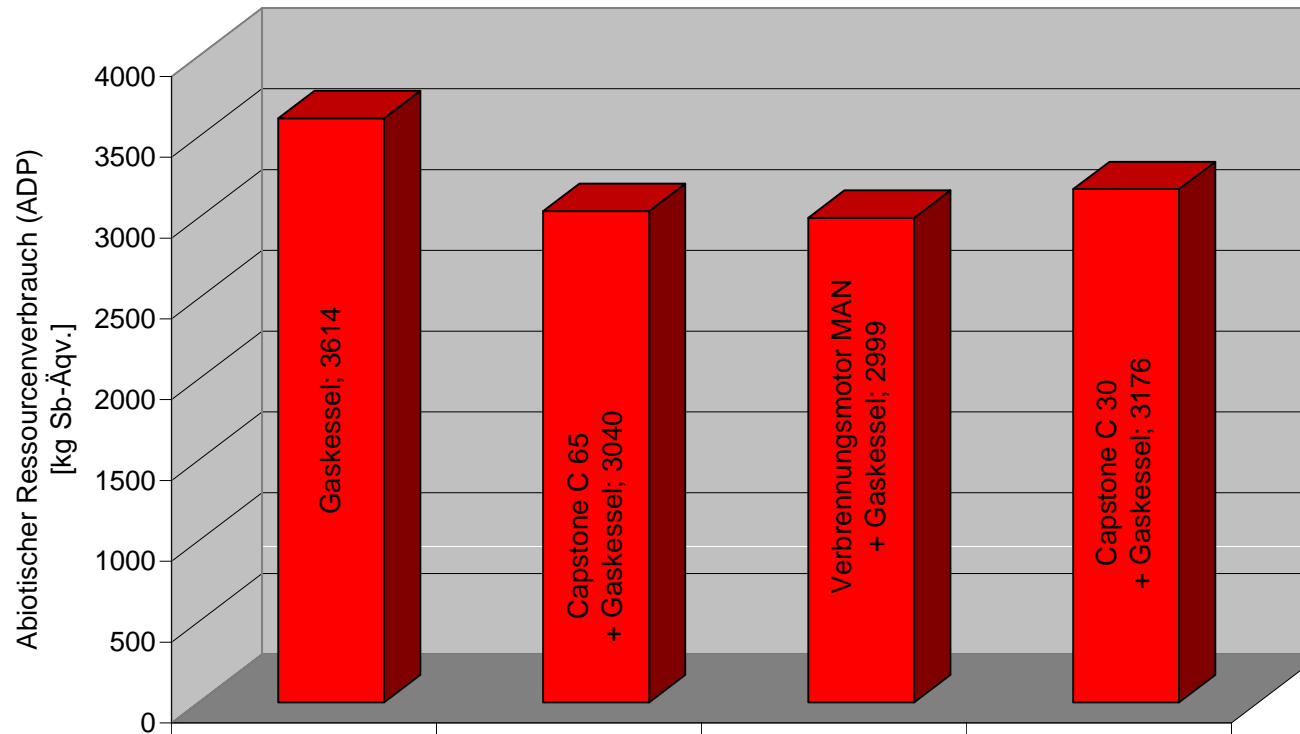
## Varianten Bürogebäude – Ergebnis GWP

- Einsparung gegenüber Standardvariante: 85.278 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent / a



## Varianten Bürogebäude – Ergebnis ADP

- Einsparung gegenüber Standardvariante: 574 kg Sb-Äquivalent / a



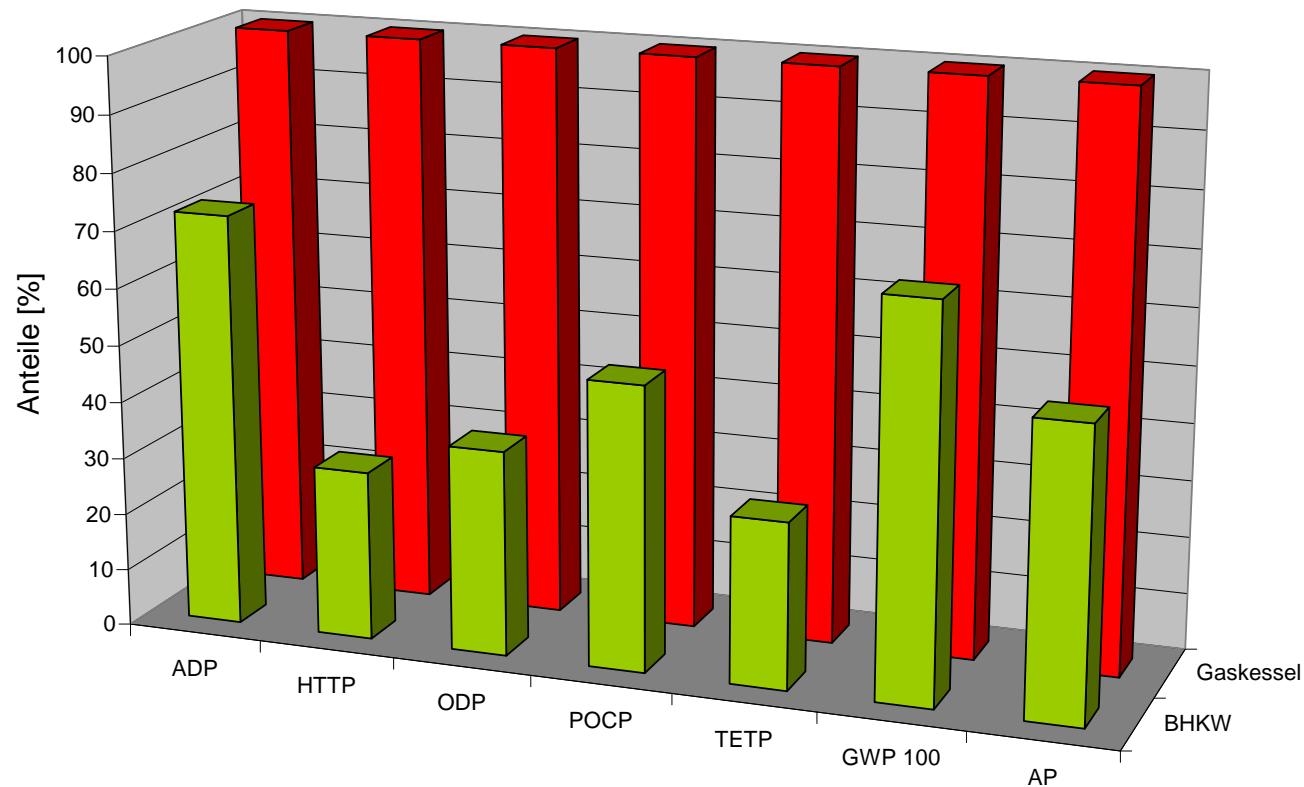
# Ökologische Bewertung

## Ergebnis der ökologischen Bewertung der Energieversorgung Bürogebäude

		Gaskessel	Capstone C 65 + Gaskessel	Verbrennungs motor MAN + Gaskessel	Capstone C 30 + Gaskessel
<b>CML2001 - Dez.07</b>					
<b>ADP</b>	[kg Sb-Äqv.]	3614	3040	2999	3176
<b>HTTP</b>	[kg DCB-Äqv.]	13712	7098	7175	8363
<b>ODP</b>	[kg R11-Äqv.]	4,81E-03	2,74E-03	2,73E-03	3,16E-03
<b>POCP</b>	[kg Ethen-Äqv.]	125	85	84	93
<b>TETP</b>	[kg DCB-Äqv.]	603	310	313	366
<b>GWP 100</b>	[kg CO2-Äqv.]	461338	376060	371095	395602
<b>AP</b>	[kg SO2-Äqv.]	655	448	444	491

## Variante Krankenhaus

➤ Einsparung: 653.130 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent / a



## Ergebnis der ökologischen Bewertung der Energieversorgung Krankenhaus

CML2001 - Dez.07		Gaskessel	BHKW
<b>ADP</b>	[kg Sb-Äqv.]	16229	11758
<b>http</b>	[kg DCB-Äqv.]	65581	19483
<b>ODP</b>	[kg R11-Äqv.]	2,31E-02	8,31E-03
<b>POCP</b>	[kg Ethen-Äqv.]	582	291
<b>TETP</b>	[kg DCB-Äqv.]	2893	843
<b>GWP 100</b>	[kg CO2-Äqv.]	2086938	1433808
<b>AP</b>	[kg SO2-Äqv.]	3052	1551

## Resümee

- Ausgehend von der Berechnung der Heizlast und des Heizwärmebedarfs (Energieausweis) eine Abschätzung des Verbrauchs an elektrischem Stroms kann eine Jahresdauerlinie für den Energieverbrauch erstellt werden.
- Dafür können technisch sinnvolle Energieversorgungsvarianten für das Versorgungsobjekt ausgewählt werden
- Mit der Annuitätenmethode VDI 2067 ist eine einfache und rasche Abschätzung der jährlichen Kosten der verschiedenen Energieversorgungssystemen möglich
- Mit Hilfe einer geeigneten Datenbasis ist eine ökologische Bewertung über den gesamten Lebenszyklus rasch und kostengünstig durchführbar.