

Endbericht

Studie über KWK-Potentiale in Österreich

Studie erstellt im Auftrag von Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit,
Industriellenvereinigung, Verband der Elektrizitätsunternehmen Österreichs sowie
Wirtschaftskammer Österreich



November 2005

Erstellt durch:

E-Bridge Consulting GmbH
Europastrasse 8
9524 Villach

in Zusammenarbeit mit

Technisches Büro Dr. Theissing Graz
FH Joanneum Kapfenberg
Technische Universität Graz

ANHANG H: EMISSIONSBERECHNUNGEN

Emissionen der getrennten Erzeugung, Berechnung für Fernwärme-KWK

CO2 Emissionen (tCO2)	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Wärme auf Basis Einzelfeuerungsanlagen mit gesamten Energieträgermix	6.684.909	6.865.080	7.051.027	7.153.056	7.256.981	7.362.848	7.470.701	7.580.586	7.692.550	7.812.079	7.933.736	8.057.565	8.183.609	8.311.913	8.442.522	8.575.484	8.710.846	8.848.658	8.988.968
Wärme auf Basis Einzelfeuerungsanlagen nur mit fossilem Energieträgermix	9.273.640	9.523.581	9.781.537	9.923.076	10.067.247	10.214.111	10.363.730	10.516.167	10.671.489	10.837.306	11.006.075	11.177.857	11.352.711	11.530.701	11.711.889	11.896.340	12.084.121	12.275.299	12.469.945
Wärme auf Basis Heizwerke nur mit fossilem Energieträgermix	7.268.258	7.464.151	7.666.325	7.777.256	7.890.251	8.005.356	8.122.621	8.242.095	8.363.829	8.493.788	8.626.062	8.760.697	8.897.740	9.037.240	9.179.246	9.323.811	9.470.985	9.620.822	9.773.377
Strom auf Basis Kondensationskraftwerke (ohne KWK)	18.014.016	18.499.526	19.000.604	19.275.542	19.555.594	19.727.933	19.902.265	19.281.764	19.566.551	19.870.582	20.180.027	20.494.994	20.815.596	21.141.946	21.474.161	21.812.359	22.156.662	22.507.195	22.864.084

Tabelle 52: Jährliche CO2-Entwicklung getrennter Strom- und Wärmeerzeugung

Emissionen der gekoppelten Erzeugung, Berechnung für Fernwärme-KWK

CO2 Emissionen (tCO2)	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
KWK auf Basis Erdgas	11.837.396	12.156.435	12.485.704	12.666.372	12.850.400	13.037.866	13.228.848	13.423.428	13.621.689	13.833.347	14.048.773	14.268.045	14.491.239	14.718.435	14.949.713	15.185.158	15.424.852	15.668.883	15.917.339

Tabelle 53: Jährliche CO2-Entwicklung gekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung

Mögliches Einsparungspotential für CO2 Emissionen, Berechnung für Fernwärme-KWK

CO2 Emissionen (tCO2)	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
minimales Einsparungspotential	12.861.529	13.208.171	13.565.927	13.762.226	13.962.176	13.052.915	13.244.118	13.438.922	13.637.412	13.849.314	14.064.990	14.284.515	14.507.966	14.735.424	14.966.970	15.202.686	15.442.657	15.686.969	15.935.712
maximales Einsparungspotential	15.450.260	15.866.672	16.296.437	16.532.246	16.772.441	15.904.178	16.137.146	16.374.504	16.616.351	16.874.541	17.137.328	17.404.806	17.677.068	17.954.212	18.236.336	18.523.541	18.815.931	19.113.611	19.416.689

Tabelle 54: Jährliches CO2-Einsparungspotential zwischen getrennter und gekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung

Emissionen der getrennten Erzeugung, Berechnung für dezentrale KWK

CO2 Emissionen (tCO2)	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Wärme auf Basis Einzelfeuerungsanlagen mit gesamtem Energieträgermix	2.515.948	2.583.757	2.653.741	2.692.140	2.731.254	2.771.098	2.811.690	2.853.047	2.895.185	2.940.172	2.985.959	3.032.564	3.080.002	3.128.290	3.177.447	3.227.489	3.278.434	3.330.301	3.383.108
Wärme auf Basis Einzelfeuerungsanlagen nur mit fossilem Energieträgermix	3.490.248	3.584.317	3.681.401	3.734.671	3.788.932	3.844.206	3.900.517	3.957.889	4.016.346	4.078.753	4.142.271	4.206.923	4.272.732	4.339.721	4.407.913	4.477.333	4.548.007	4.619.960	4.693.217
Wärme auf Basis Heizwerke nur mit fossilem Energieträgermix	2.735.498	2.809.225	2.885.315	2.927.066	2.969.593	3.012.914	3.057.048	3.102.013	3.147.829	3.196.741	3.246.524	3.297.196	3.348.773	3.401.276	3.454.722	3.509.131	3.564.522	3.620.915	3.678.330
Strom auf Basis Kondensationskraftwerke (ohne KWK)	6.779.796	6.962.524	7.151.110	7.254.587	7.359.988	7.048.487	7.151.735	7.256.929	7.364.112	7.478.537	7.595.001	7.713.543	7.834.205	7.957.031	8.082.064	8.209.349	8.338.932	8.470.859	8.605.178

Tabelle 55: Jährliche CO2-Entwicklung getrennter Strom- und Wärmeerzeugung

Emissionen der gekoppelten Erzeugung, Berechnung für dezentrale KWK

CO2 Emissionen (tCO2)	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
KWK auf Basis Erdgas	4.455.149	4.575.223	4.699.148	4.767.145	4.836.406	4.906.961	4.978.839	5.052.072	5.126.690	5.206.350	5.287.428	5.369.954	5.453.956	5.539.464	5.626.508	5.715.120	5.805.332	5.897.176	5.990.686

Tabelle 56: Jährliche CO2-Entwicklung gekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung

Mögliches Einsparungspotential für CO2 Emissionen, Berechnung für dezentrale KWK

CO2 Emissionen (tCO2)	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
minimales Einsparungspotential	4.840.594	4.971.057	5.105.703	5.179.583	5.254.836	4.912.625	4.984.586	5.057.903	5.132.607	5.212.359	5.293.531	5.376.152	5.460.251	5.545.858	5.633.003	5.721.717	5.812.033	5.903.983	5.997.601
maximales Einsparungspotential	5.814.895	5.971.617	6.133.364	6.222.114	6.312.514	5.985.732	6.073.413	6.162.745	6.253.768	6.350.941	6.449.844	6.550.512	6.652.982	6.757.288	6.863.469	6.971.562	7.081.607	7.193.642	7.307.709

Tabelle 57: Jährliches CO2-Einsparungspotential zwischen getrennter und gekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung

Auftragnehmer:

E-Bridge Consulting GmbH

Europastrasse 8
A- 9524 Villach
Tel: +43 (0) 4242 42540
Fax: +43 (0) 4242 42849
www.e-bridge.com

Subauftragnehmer

Technisches Büro für Maschinenbau Dr. Theissing

Jakob-Redtenbachergasse 12
A-8010 Graz
Tel.: +43/316/812994
Fax: +43/316/812994-15

FH Joanneum, Studiengang Infrastrukturwirtschaft

Werk-VI-Str. 46
8605 Kapfenberg
Tel.: +43 316 5453 8304
Fax: +43 316 5453 8381

Technische Universität Graz

Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation
Infeldgasse 18
8010 Graz
Tel: 0316 873 7901
Fax.: 0316 873 7910

Autoren

E-Bridge:

DI Erwin Smole (Gesamtprojektleitung)
Dr. Jens Büchner
DI Tuncay Tuerkucar
Dr. Wolfgang Nick

Technisches Büro Dr. Theissing
DI Dr. Matthias Theissing

FH Joanneum Kapfenberg
DI (FH) Rene Melcher

Technische Universität Graz
Univ. Prof. Mag. DI Dr. Heinz Stigler
DI Christoph Gutschi
DI Dr. Udo Bachhiesl
DI Christoph Huber

Inhalt

Executive Summary	1
1 Zusammenfassung	1
2 Einleitung und Zielsetzung	8
2.1 Aufgabenstellung	8
2.2 Begriffsdefinition, Studienaufbau und Methodik	9
2.2.1 Begriffsdefinitionen	9
2.2.2 Studienaufbau	10
2.2.3 Methodik zur Potentialbestimmung	11
3 KWK-Technologie	12
3.1 Definitionen.....	12
3.2 KWK-Technologie.....	14
3.2.1 Kombiprozess – GuD.....	19
3.2.2 Gegendruckdampfturbine.....	19
3.2.3 Entnahme-Kondensationsdampfturbine	19
3.2.4 Gasturbine mit Wärmerückgewinnung	20
3.2.5 Verbrennungsmotor	21
3.2.6 Mikrogasturbinen	21
3.2.7 Stirling-Motoren	22
3.2.8 Brennstoffzellen	22
3.2.9 Dampfmotoren	22
3.2.10 Rankine-Kreislauf mit organischem Fluidum	23
3.3 Referenzwirkungsgrade für getrennte Erzeugung	23
3.3.1 Strom	23
3.3.2 Wärme	24
3.4 Ergänzende Technologien	25
3.4.2 Absorptionskältemaschine	26
3.4.3 Adsorptionskältemaschine	27
4 Markt- und Branchenanalyse	28
4.1 Energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen	28
4.1.1 Strommarkt	29
4.1.2 Wärmemarkt	31
4.1.3 Kältemarkt	31
4.1.4 Primärenergieträgerpreise	32

5	Potentialermittlung	34
5.1	Datenbasis für Potentialanalyse	34
5.1.1	Nutzenergieanalyse 2002 (NEA)	34
5.1.2	Energiebilanzen	37
5.1.3	Leistungs- und Strukturerhebung (LSE)	38
5.1.4	Gütereinsatzerhebung	38
5.1.5	Zusammenfassung Datenbasis	39
5.2	Verteilung auf Leistungsgrößen	39
5.3	Volllaststunden und Leistungsreduktion	41
5.4	Nutz- und Endenergieanalyse für das Basisjahr 2002	45
5.5	Potentialreduktion durch Berücksichtigung der technischen Verfügbarkeit von KWK-Anlagen	47
5.5.1	Rahmenbedingungen	47
5.5.2	Ergebnis nach technischer Verfügbarkeit von KWK-Anlagen	48
5.5.3	Verteilung für die verschiedenen Leistungsklassen	52
5.6	Technisches Potential nach Leistungsreduktion	55
5.6.1	Potentialverteilung nach Nutzwärmearten	55
5.6.2	Potentialverteilung für die verschiedenen Leistungsklassen	57
5.7	Technisch noch realisierbares Potential	58
5.7.1	Anlagenleistungen des technischen Potentials	58
5.7.2	Bereits realisierte KWK-Anlagen (Bestand 2002)	59
5.7.3	Technisch noch realisierbares Potential	60
5.8	Beispielhafter Wirtschaftlichkeitsvergleich verschiedener KWK-Anlagen	64
5.8.1	Mittlere Parameter und mögliche Bandbreite	64
5.9	Beitrag zur Versorgungssicherheit	66
6	Berechnungen für die Jahre 2005-2020	68
6.1	Parameter	68
6.2	Potentialentwicklung	69
6.3	Brennstoffe mit Schwerpunkt auf biogene Energieträger	74
6.4	Emissionen klimarelevanter Gase	77
6.4.1	Treibhausgase	77
6.4.2	CO ₂ -Emissionen	77
7	Hemmnisse	91
7.1	Hemmnisse, die der Verwirklichung des nationalen Potentials für KWK entgegenstehen könnten	91
7.1.1	Hemmnisse auf Grund des aktuellen europäischen Regulierungsregimes	91
7.1.2	(Noch) fehlender europäischer „Masterplan“ im Energiebereich	91

7.1.3	Regelung der KWK-Förderung auf europäischer Ebene	92
7.1.4	Regelung der KWK-Förderung auf österreichischer Ebene	94
7.1.5	Besteuerung	96
7.1.6	Emissionshandel	98
7.2	Hemmnisse im Zusammenhang mit grundlegenden energiewirtschaftlicher Gegebenheiten	102
7.2.1	Aufbau neuer kapitalintensiver und langlebiger Infrastruktur	103
7.2.2	Opportunitätskosten hinsichtlich Reservehaltung	105
7.2.3	Situation und Entwicklung der Strompreise	106
7.2.4	Economies of Scale als Hemmnis für Kleinanlagen	107
7.2.5	Sonstige potenzielle Hemmnisse	110
7.3	Technische Hemmnisse	111
7.4	Hemmnisse im Bereich Informationsverbreitung	112
7.4.1	Informationen über Vorteile der KWK und Fernwärme	112
7.4.2	Information potenzieller Betreiber über innovative KWK-Anlagen	113
7.5	Zusammenfassung Hemmnisse	115
8	Literatur- und Quelldatenverzeichnis	119
9	Anhänge	125
	Anhang A: Referenzwirkungsgrade	125
	Anhang B: Primärenergieträgereinsparung PEE	126
	Anhang D: Einteilung nach ÖNACE Klassen	127
	Anhang E: Vergleich Klassifizierung der Wirtschaftsbereiche nach ÖNACE und IEA....	128
	Anhang F: Berechnung des Anteils ‚Kochen‘ und ‚Warmwasser‘ für private Haushalte.	130
	Anhang G: Verteilung der Branchen auf Klassen	131
	Verteilung nach Betriebe und landwirtschaftlicher Nutzfläche	131
	Verteilung nach Unternehmen und Beschäftigten	131
	Verteilung nach Unternehmen und Arbeitsstätten	135
	Verteilung nach Anzahl der Gebäude und Wohnungen	136
	Anhang H: Emissionsberechnungen	137

EXECUTIVE SUMMARY

With this study the potentials for high-efficient cogeneration were determined according to the EU Directive. The study was done for the following useful heat types:

- Heating, cooling, warm water
- Steam
- Industrial furnace

but also for

- Mechanical energy

All investigations and calculations were done for the base year 2002, because for this year there were adequate data available.

Cogeneration technology

The following different cogeneration technologies were examined

- Combined cycle gas turbine with heat recovery
- Steam backpressure turbine
- Steam condensing extraction turbine
- Gas turbine with heat recovery
- Internal combustion engine
- Microturbines
- Stirling engines
- Fuel cells
- Steam engines
- Organic Rankine cycles

The analysis for **primary energy saving (PES)** was done on the basis of realised projects and shows that all available technologies can be categorised as 'high efficient' according to the EU Directive, if they were optimally constructed and operated under good conditions.

The following figure shows the PES of realised projects in Austria:

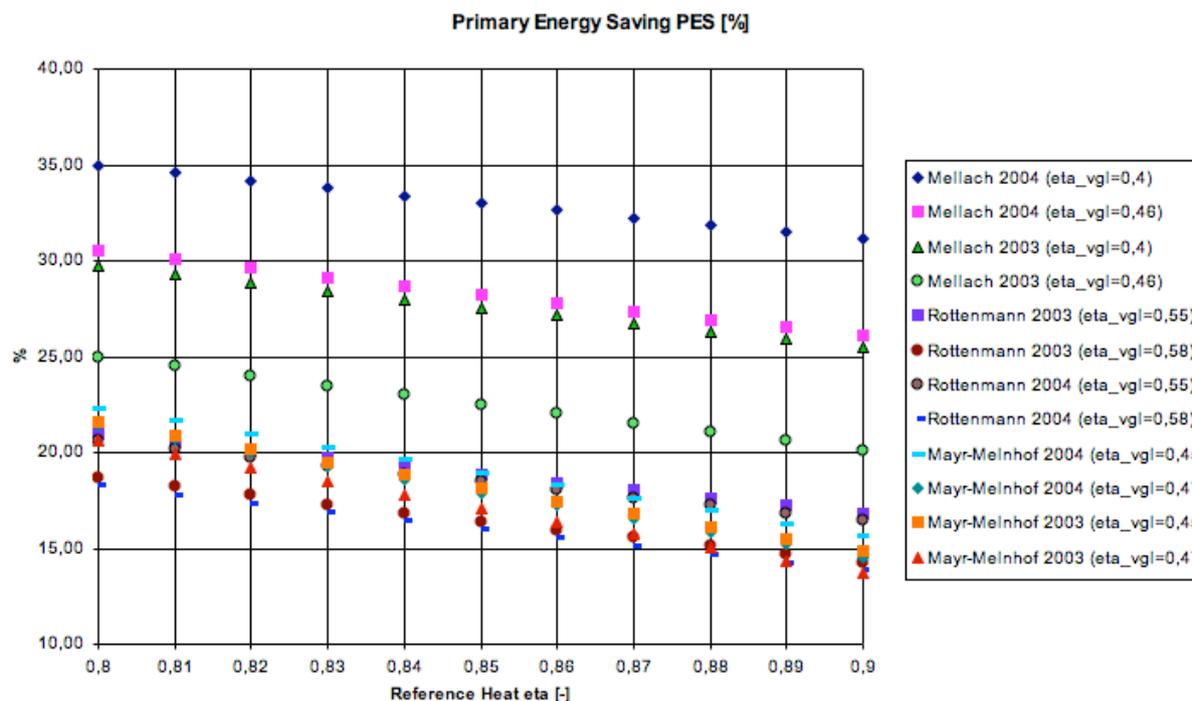


Figure 1: Primary Energy Saving PES based on realised projects (E-Bridge)

Reference values for separate production of electricity and heat

The efficiency reference values were calculated according to the following principles:

1. For cogeneration units the comparison with separate electricity production is based on the principle that the same fuel categories were compared
2. Each cogeneration unit was compared with the best available and economically justifiable technology for separate production of heat and electricity on the market in the year of construction of the cogeneration unit.
3. Reference values for cogeneration units older than 10 years of age were fixed on the reference values of units of 10 years of age.
4. The reference values for separate electricity production and heat production reflecting the climatic conditions

In cases where no sufficient data are given, technical literature was used. The presented values are average net reference values and are separated into fuel types, construction years but also certain power units.

Reference value for electricity	Year			
	<=1995	2000	2005	>2005
Fuel				
Hard coal (< 500 MWeI)	0,39	0,40	0,41	0,42
Hard coal (> 500 MWeI)	0,39	0,42	0,43	0,44
Brown coal	0,36	0,38	0,40	0,42
Heating Oil, heavy	0,39	0,40	0,41	0,42
Natural gas / Heating Oil extra light for Gas & Steam (<100 MW) Steam turbine (<500 MW)	0,40	0,44	0,45	0,48
Natural gas / Heating Oil extra light (< 500 MWeI) for Gas & Steam	0,43	0,46	0,52	0,56
Natural gas / Heating Oil extra light (>500 MWeI) for Gas & Steam	0,45	0,52	0,55	0,57
Natural gas / Heating Oil extra light (1 MWeI) Gas engine	0,35	0,35	0,36	0,36
Natural gas / Heating Oil extra light (3 MWeI) Gas engine	0,35	0,36	0,38	0,38
Natural gas / Heating Oil extra light (10 MWeI) for Gas turbine and Steam turbine	0,35	0,36	0,37	0,38
Liquid gas	0,35	0,35	0,36	0,36
Biomass solid	0,18	0,23	0,24	0,25
Biomass liquid	0,35	0,35	0,36	0,36
Biogas, sewage gas, landfill gas	0,35	0,35	0,36	0,36
Light gas (recovery gas etc.)	0,33	0,34	0,34	0,35
Waste	0,18	0,23	0,24	0,25

Table 1: Reference value for separated electricity production (E-Bridge)

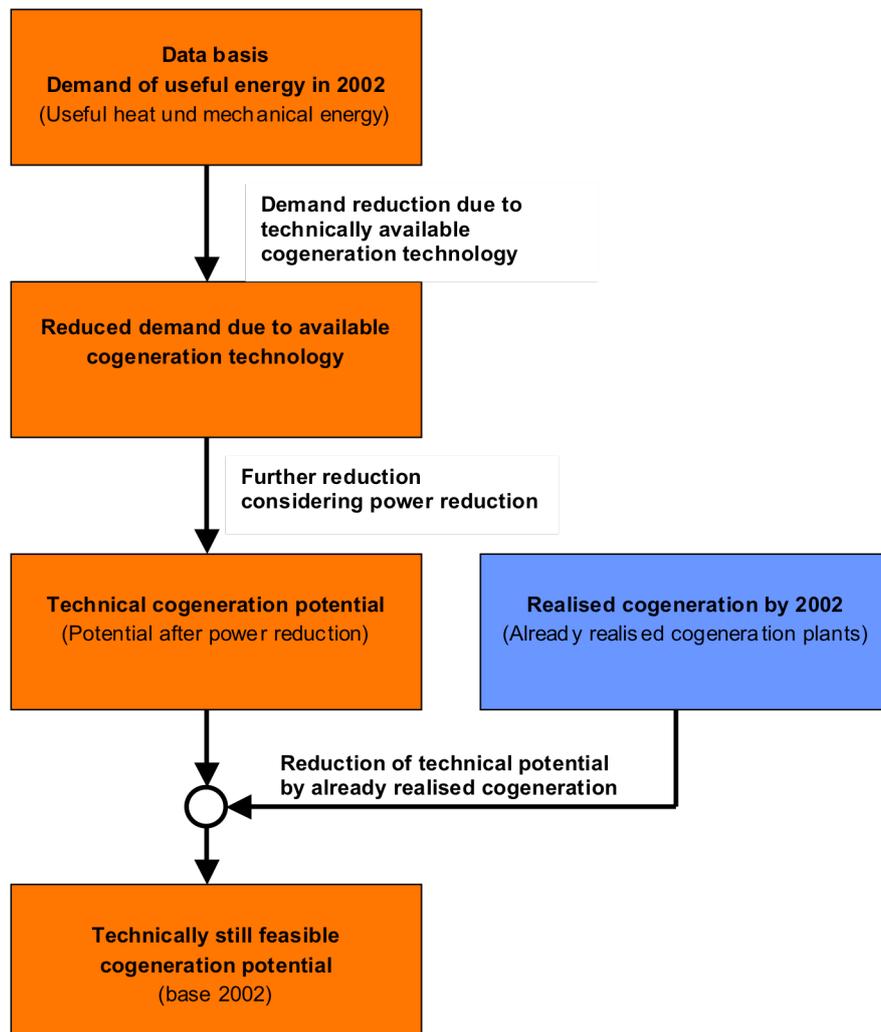
Reference value for heat		Year			
		<=1995	2000	2005	>2005
High temperature boiler > 1 MW	Solid fuels			0,85	
	Liquid fuels			0,90	
	Gaseous fuels			0,90	
Saturated steam boiler (all types of fuel)				0,80	
Small heating systems				0,75	
Light gas (recovery gas etc.)				0,80	
Waste / Biomass				0,75	

Table 2: Reference value for separated heat production (E-Bridge)

Potential analysis

Based on the useful energy demand for 2002, the technically still realisable cogeneration potential was calculated and shows the **technically still feasible potential in Austria**. The result contains no information regarding the timing of the realisation of the potential. Furthermore the obtained result cannot be automatically used for any decision regarding quote definitions but requires a consideration of a yearly possible potential development.

The following figure shows the calculation scheme for the calculation of the technically still feasible potential of cogeneration:



Starting from the demand of useful energy in 2002, the possible potential is narrowed down by the technological availability of cogeneration. The result shows the reduced demand of useful energy considering available cogeneration technologies.

Usually cogeneration does not cover the total heat demand. Therefore a power reduction for heating, cooling and warm water in dependence of full load operation hours is made. The full

load operation hours have a wide range for different industries, so for the study average values were taken into account. This step leads to the **technical cogeneration potential**.

The following figure shows the result of the technical potential for different types of useful energy:

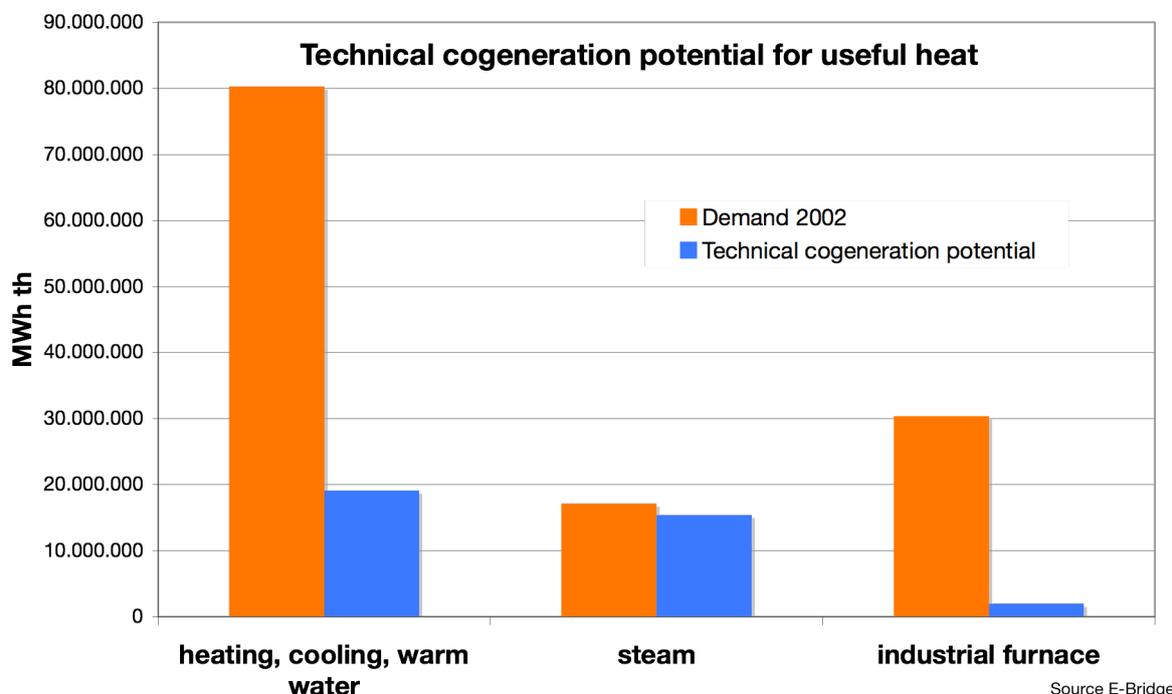


Figure 2: Technical cogeneration potential in comparison with the demand of useful heat for 2002 (E-Bridge)

The potential for heating, cooling and warm water is calculated both for district heating and on-site cogeneration. Figure 2 shows only the potential for on-site cogeneration. Cogeneration district heating has only a potential for the useful heat type ‘Heating, cooling, warm water’.

Considering already realised cogeneration (basis 2002), the technically still feasible potential was calculated. This potential was calculated both for on-site cogeneration and cogeneration district heating. The following table shows the potentials in installed nominal power.

Technically still feasible cogeneration for on-site cogeneration units	micro units (< 50 kWel)	small scale units (< 1 MWel)	large units (> 1MWel)	total
	MW el	MW el	MW el	MW el
already existing on-site cogeneration	1,6	44,0	1.102,0	1.147,5
potential for on-site cogeneration	3.209,7	1.617,4	3.674,0	8.501,0
technically feasible cogeneration potential for on-site cogeneration	3.208,1	1.573,4	2.572,0	7.353,5

Table 3: Technically still feasible potential for on-site cogeneration units, basis 2002 (E-Bridge)

Technically still feasible cogeneration for district heating cogeneration units	micro units (< 50 kWel)	small scale units (< 1 MWel)	large units (> 1MWel)	total
	MW el	MW el	MW el	MW el
already existing district heating cogeneration	0,0	0,0	3.103,9	3.103,9
potential for district heating cogeneration	0,0	284,5	7.297,7	7.582,3
technically feasible cogeneration potential for district heating cogeneration	0,0	284,5	4.193,9	4.478,4

Table 4: Technically still feasible potential for district heating cogeneration, basis 2002 (E-Bridge)

The results for on-site and district cogeneration cannot be added, because the potentials overlap.

Furthermore, it has to be mentioned that this technical potential is a theoretical potential, where other technically necessary frame conditions such as infrastructure (gas- and district heating networks but also availability of fuels like natural gas) were not taken into consideration. This technically feasible potential contains no statements regarding profitability of cogeneration.

Mechanical energy was investigated as far as the availability of technology is concerned. As there are no further public data available, detailed calculations could not be made. The reduction of the demand by the availability of technology leads to a possible potential of around 5.100 GWh_{mech}. It can be shown that a possible potential for this useful energy can be assumed.

Profitability

As there are too many different parameters with a wide range of values, a detailed analysis of profitability cannot be done within this potential study but has to be done case by case. Therefore an assessment of the profitability of cogeneration cannot be done. In the study possible bandwidths for certain parameters for different power classes (micro -, small scale -, large scale cogeneration) are presented.

Development from 2005 to 2020

The possible potential development until 2020 will be calculated with the energy scenarios of WIFO¹. The results show that particularly the useful energy 'heating, cooling, warm water' has the biggest potential for development. This could be carried out in the future by district cogeneration but also by on-site cogeneration.

¹ Austrian Institute of Economic Research

2005 - 2020 Changes in technical on-site cogeneration potential	useful heat			
	Heating, cooling, warm water	Steam	Industrial furnace	total
	MW el	MW el	MW el	MW el
agriculture and forestry	-3	0	0	-3
producing industry	256	526	48	830
private service and public section	848	51	132	1.031
private households	521	0	0	521
total	1.622	577	180	2.379

Table 5: Development of installation power for each type of useful heat from 2005 to 2020 in MW_{el} (E-Bridge)

CO2-Emission

Cogeneration can contribute significantly to the reduction of CO₂-emissions by simultaneous generation of heat and electricity. In different scenarios emissions for separated generation of heat and electricity were compared with emissions from cogeneration. The calculations were done only for the useful heat 'Heating, cooling, warm water'. The following table shows possible CO₂ reduction potentials:

possible reduction potential for CO ₂ emissions	district heating cogeneration		onsite cogeneration	
	yearly average CO ₂ -emission		yearly average CO ₂ -emission	
	2005 - 2012	2013 - 2020	2005 - 2012	2013 - 2020
	tCO ₂	tCO ₂	tCO ₂	tCO ₂
minimal reduction potential	13.626.509	15.095.362	5.128.504	5.681.325
maximal reduction potential	16.543.592	18.392.774	6.226.384	6.922.346

Table 6: Possible reduction potential for yearly CO₂-emissions between cogeneration and separated generation of heat and electricity (Basis: technically still feasible cogeneration potential), (E-Bridge)

The result for CO₂-emissions is restricted to the cogeneration potential for the useful heat of 'Heating, cooling, warm water' and covers the following sectors:

- Agriculture and forestry
- Households
- Private services and public sector

□ Producing industry

Calculations for CO₂-emissions were done for the technically still feasible cogeneration potential, taking into account already realised (basis 2002) cogeneration. In this study, possible effects (as also for the calculation of the potential) from the Energy Efficiency Directive, from different renewable support programs or extension plans for infrastructure actions (line constructions) were not calculated or considered. For the calculated period (2005-2020) the existing (2002) mix of emission was used for the increase of heating, cooling and warm water.

The presented study was done for the cogeneration potential. Different substitution possibilities for useful heat 'heating, cooling, warm water' were not discussed here. Therefore it should be taken into account for climate relevant decisions that this type of useful heat can be covered by different heating systems (pellets, heating pump, biomass, fossil single heating systems, district heating, waste heating etc.).

Barriers

As a result of present energy-economic frame conditions, it is difficult to present a **profitability** of cogeneration.

From the **technical** view, cogeneration units are a complex heat- and electricity production system, which requires appropriately trained staff. A realisation of the cogeneration potential, in particular micro and small-scale cogeneration, could be reached by contracting (i.e. block of flats) and corresponding staff.

Concerning small-scale applications certain technologies are at an economically early stage (i.e. Stirling engine, micro turbines) or still in a research phase (i.e. fuel cells). The few practical experience is a barrier for a higher implementation of this technology.

Regarding **financial support schemes** in Austria, the current renewable electricity act supports only existing and modernised units, which injects the heat into a public heating network. New units are not supported by the act. So an increase of cogeneration will not be forced.

New, big cogeneration units, which are part of the Emission Trading Directive, have to reckon with additional costs, depending on the possible CO₂ reduction potential and the prices for CO₂ emission certificates. But cogeneration can make a significant positive contribution to reach the climate targets for Austria. A requirement is the reduction of presented barriers in consideration of the economic frame conditions for cogeneration.

As for **taxation** of fuels in cogeneration, the so-called 'accurate method', 'consolidation into a lump sum' but also a specific '44% method' can be used. If the accurate method cannot be applied, usually the 44%-method is used. Applying this method, cogeneration units with a smaller electricity efficiency of 44% are disadvantaged. In the case of heat injection in a public network (i.e. district heating) the total efficiency decreases because at technical conditions. So the total efficiency of cogeneration could be lower than the defined 44%. In

such cases the taxation of fuels for cogeneration should be done with current degrees of efficiency to obtain correct and fair results.

Compared with the realisation of other technologies, it can be derived for cogeneration that there is basically an **information deficit** concerning advantages and possibilities for cogeneration. Especially for small-scale applications, forced information campaigns regarding the function of cogeneration, technical capability and profitability of existing and innovative cogeneration technologies, could reduce this information deficit. Such campaigns could contribute to the spread of cogeneration. What is more, for a successful implementation of cogeneration, especially for micro and small-scale applications, technical and economical promoters are necessary.

1 ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Studie werden die Potentiale für hocheffiziente Kraft-Wärme-Kopplung ermittelt. Die Studie wurde für die Nutzwärmearten

- Raumwärme, Klima, Warmwasser
- Dampferzeugung
- Industrieöfen

sowie für

- mechanische Energie

durchgeführt.

Das Basisjahr für die Untersuchungen ist 2002, da für dieses Jahr zum Zeitpunkt der Erstellung ausreichende Daten vorhanden waren.

KWK-Technologie

In der Studie wurden folgende KWK-Technologien untersucht:

- Gasturbine mit Wärmerückgewinnung (kombinierter Prozess)
- Gegendruckdampfturbine
- Entnahme-Kondensationsdampfturbine
- Gasturbine mit Wärmerückgewinnung
- Verbrennungsmotor
- Mikroturbinen
- Stirling-Motoren
- Brennstoffzellen
- Dampfmotoren
- Rankine-Kreislauf mit organischem Fluidum

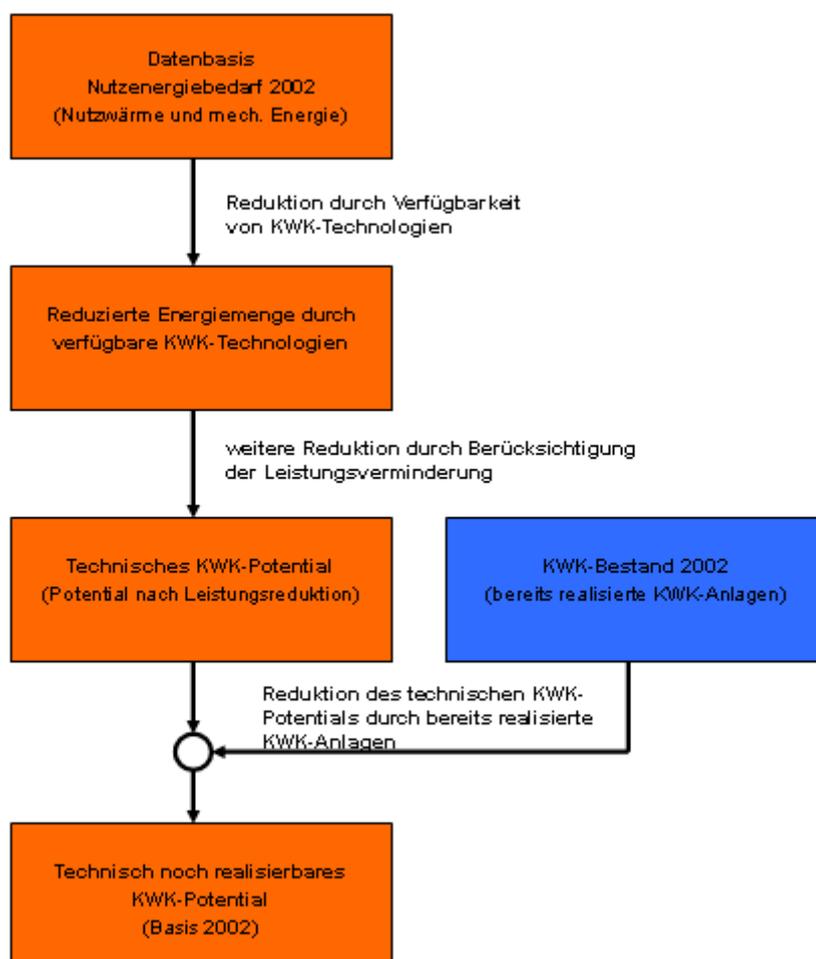
Die Analyse für Primärenergieträgereinsparung (PEE) zeigt, dass alle derzeit verfügbaren Technologien bei optimaler Ausführung und guter Ausnutzung, entsprechend der KWK-Richtlinie der EU, als hocheffizient beurteilt werden können.

Potentialanalyse

Ausgehend vom Nutzenergiebedarf wird das technisch noch realisierbare KWK-Potential berechnet und zeigt das technisch noch umsetzbare Potential in Österreich. Aus diesem Potential kann jedoch keine Aussage über die zeitliche Umsetzung des Potentials getroffen

werden. Weiters kann dieses Potential in dieser Form nicht automatisch für die Festlegung z.B. bestimmter Zielerreichungen verwendet werden, sondern bedarf einer Berücksichtigung einer jährlichen Potentialentwicklung.

Folgende Abbildung zeigt zunächst das Berechnungsschema zur Ermittlung des technisch noch realisierbaren Potentials:



Ausgehend vom Nutzenergiebedarf 2002 wird in einem ersten Schritt das mögliche KWK-Potential mit der technologischen Verfügbarkeit von KWK-Anlagen eingegrenzt und ergibt die reduzierten Nutzenergiemengen durch Berücksichtigung von KWK-Technologien.

Da KWK-Anlagen in der Regel nicht den gesamten Wärmebedarf abdecken, erfolgt für den Bereich der Raumwärme, Klima und Warmwasser eine Leistungsreduktion in Abhängigkeit der Volllaststunden. Die Volllaststunden gehen als Mittelwerte in die Studie ein, weisen jedoch für einzelne Branchen und Unternehmensgröße eine große Bandbreite auf. Dieser Berechnungsschritt führt so zum **technischen Potential**.

Die Ergebnisse des technischen Potentials in Nutzwärmemengen zeigt folgende Abbildung:

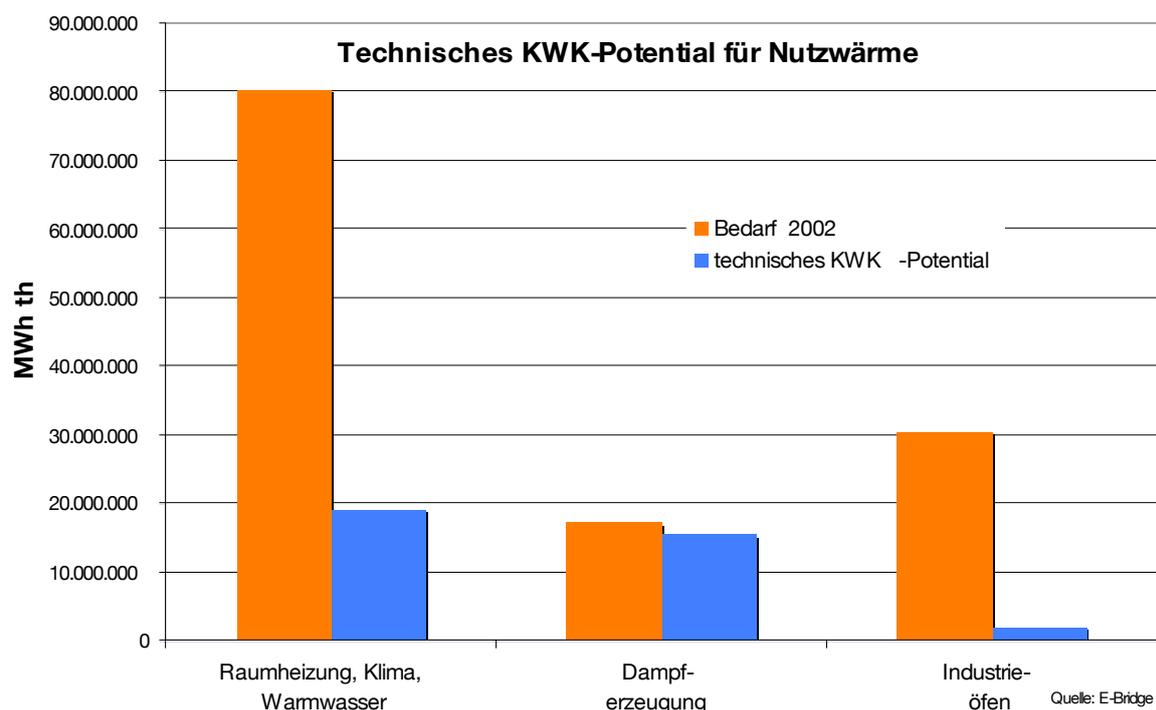


Abbildung 1: Technisches KWK-Potential im Vergleich mit dem Nutzwärmebedarf für 2002 (E-Bridge)

Das Potential für Raumwärme, Klima und Warmwasser wird sowohl für Fernwärme aus KWK-Anlagen als auch aus dezentralen KWK-Anlagen berechnet. Die Abbildung 1 zeigt nur das Potential für dezentrale KWK-Anlagen. KWK-Fernwärmeanlagen haben zum Vergleich ein grundsätzliches Potential für die Nutzenergieart ‚Raumwärme, Klima, Warmwasser‘

Unter Berücksichtigung der bereits installierten KWK-Anlagen (Basis 2002) erhält man als Ergebnis das **technisch noch realisierbare Potential**. Dieses Potential wird sowohl für dezentrale KWK-Anlagen (Anlagen, die direkt im Unternehmen installiert werden) als auch KWK-Fernwärme (öffentliche Anlagen) ermittelt. Folgende Tabelle zeigt die Potentiale in installierten Leistungen:

Technisch noch realisierbares KWK-Potential für dezentrale KWK-Anlagen	Kleinst-KWK (<50 kWel)	Klein-KWK (<1MWel)	KWK (> 1MWel)	Summe
	MW el	MW el	MW el	MW el
bestehende dezentrale KWK-Anlagen	1,6	44,0	1.102,0	1.147,5
Potential für dezentrale KWK-Anlagen	3.209,7	1.617,4	3.674,0	8.501,0
techn. realisierbares Potential dezentrale KWK-Anlagen	3.208,1	1.573,4	2.572,0	7.353,5

Tabelle 1: Technisch noch realisierbares Potential für dezentrale KWK-Anlagen, Stand 2002 (E-Bridge)

Technisch noch realisierbares KWK-Potential für öffentliche KWK-Anlagen	Kleinst-KWK (<50 kWel)	Klein-KWK (<1MWel)	KWK (> 1MWel)	Summe
	MW el	MW el	MW el	MW el
bestehende öffentliche KWK-Anlagen		0,0	3.103,9	3.103,9
Potential für öffentliche KWK-Anlagen		284,5	7.297,7	7.582,3
techn. realisierbares Potential öffentliche KWK-Anlagen	0,0	284,5	4.193,9	4.478,4

Tabelle 2: Technisch noch realisierbares Potential für öffentliche KWK-Fernwärmeanlagen, Stand 2002 (E-Bridge)

Die Ergebnisse für dezentrale und öffentliche KWK-Anlagen sind nicht addierbar, weil es hier zu Überschneidungen der Potentiale kommt.

Weiters ist anzumerken, dass dieses technische Potential ein theoretisches Potential ist, bei dem andere technisch notwendige Randbedingungen wie Infrastrukturen (Gas- und Fernwärmenetze sowie Brennstoffverfügbarkeit z.B. bei Erdgas) nicht beachtet werden. Auch lässt das technisch noch realisierbare Potential keine Aussagen über die Wirtschaftlichkeit der KWK-Anlagen zu.

Die mechanische Energie wurde bis zur Technologieverfügbarkeit untersucht. Da keine ausreichenden weiterführenden Datenerhebungen vorliegen, konnten keine weiteren Untersuchungen durchgeführt werden. Die Reduktion des Bedarfs mit der Technologieverfügbarkeit zeigt ein mögliches Potential von 5.100 GWh_{mech.}. Es zeigt sich jedoch, dass KWK-Anlagen in diesem Bereich ein Potential darstellen könnten.

Wirtschaftlichkeit

Eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsanalyse kann im Rahmen der Potentialstudie nicht durchgeführt werden, da aufgrund der Vielzahl und hohen Bandbreite der Parameter diese von Fall zu Fall bewertet werden muss. Eine Bewertung der Wirtschaftlichkeit ist aus diesem Grunde nicht möglich. In der Studie werden für die einzelnen Parameter und jeweiligen Leistungsklassen mögliche Bandbreiten der Parameter dargestellt.

Entwicklung von 2005 bis 2020

Die mögliche Potentialentwicklung bis 2020 wird mit den Energieszenarien des WIFO berechnet. Dabei zeigt sich, dass insbesondere für die Nutzenergie ‚Raumwärme, Klima, Warmwasser‘ das größte Entwicklungspotential besteht. Dieses könnte künftig sowohl von KWK-Fernwärme als auch dezentralen KWK-Anlagen (direkt vor Ort) realisiert werden.

2005 - 2020 Mengenänderung Technisches dezentrales KWK-Potential	Nutzwärme			
	Raumheizung, Klima, Warmwasser	Dampf- erzeugung	Industrie- öfen	Summe
	MW el	MW el	MW el	MW el
Land- und Forstwirtschaft	-3	0	0	-3
produzierender Bereich	256	526	48	830
Dienstleistung und Öffentlicher Bereich	848	51	132	1.031
Haushalte	521	0	0	521
Gesamt	1.622	577	180	2.379

Tabelle 3: Entwicklung der Leistungswerte der einzelnen Nutzwärmearten zwischen 2005 und 2020 in MW_{el} (E-Bridge)

CO₂-Emissionen

KWK-Anlagen können durch die gleichzeitige Wärme- und Stromerzeugung einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion von CO₂-Emissionen beitragen. Dazu wurden in verschiedenen Szenarien die Emissionen aus KWK Anlagen mit den Emissionen der getrennten Erzeugung von Wärme und Strom verglichen, wobei die dabei erzeugte Wärme zur Raumwärmebedarfsdeckung eingesetzt wird. Folgende Ergebnisse zeigen die möglichen CO₂-Einsparungspotentiale:

mögliches Einsparungspotential der CO ₂ Emissionen	Fernwärme KWK-Anlagen		dezentrale KWK-Anlagen	
	durchschnittliche jährliche CO ₂ -Emissionen		durchschnittliche jährliche CO ₂ -Emissionen	
	2005 - 2012	2013 - 2020	2005 - 2012	2013 - 2020
	tCO ₂	tCO ₂	tCO ₂	tCO ₂
minimales Einsparungspotential	13.626.509	15.095.362	5.128.504	5.681.325
maximales Einsparungspotential	16.543.592	18.392.774	6.226.384	6.922.346

Tabelle 4: Mögliches Einsparungspotential an jährlichen CO₂-Emissionen zwischen gekoppelter Erzeugung von Wärme und Strom gegenüber der getrennten Erzeugung von Raumwärme und Strom (Basis: technisch noch realisierbares KWK-Potential)

Das Ergebnis beschränkt sich nur auf das KWK-Potential für die Nutzenergieart ‚Raumwärme, Klima, Warmwasser‘ und deckt die Wirtschaftsbereiche:

- Land- und Forstwirtschaft
- Haushalte

- öffentlicher Bereich und private Dienstleistung
- produzierender Bereich

Die CO₂-Berechnungen wurden auf Basis des technisch noch realisierbaren KWK-Potentials durchgeführt, d.h. bestehende KWK-Anlagen (Stand 2002) wurden in den Berechnungen bereits berücksichtigt. In den CO₂-Berechnungen wurden (wie für die Potentialermittlung) mögliche Auswirkungen aus der Endenergie-Effizienzrichtlinie, Auswirkungen verschiedener Förderprogramme für Erneuerbare Energien oder Ausbaupläne von Infrastrukturmaßnahmen (Leitungsbau) nicht berechnet bzw. berücksichtigt und somit der Zuwachs bei Raumwärme und Warmwasser für die Betrachtungsperiode mit dem Mix aus fossilen Energieträgern beaufschlagt.

Da die vorliegende Studie das KWK-Potential untersucht, jedoch keine Substitutionsverhältnisse bei der Nutzenergieart Raumwärme, Klima, Warmwasser, diskutiert, ist für klimapolitische Entscheidungen zu beachten, dass diese Nutzwärmeart von verschiedenen Heizungssystemen (Pellets, Wärmepumpe, Biomasse, fossile Einzelfeuerungen, Fernwärme, Abwärme usw.) bereitgestellt werden kann.

Hemmnisse

Grundsätzlich können KWK-Anlagen, aufgrund der derzeitigen energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen, nur schwer **wirtschaftlich** dargestellt werden.

Technisch stellen KWK-Anlagen ein komplexes Wärme- und Stromerzeugungssystem dar, dass eine entsprechende Schulung des Betriebspersonals voraussetzt. Eine Umsetzung des KWK-Potentials, insbesondere der Kleinst-KWK und Klein-KWK Anlagen, könnte durch geeignete Contracting-Modelle (z.B. in Wohnanlagen) und damit verbundenem Betriebspersonal, erreicht werden.

Hinsichtlich Kleinanwendungen befinden sich bestimmte **Technologien** erst in der Markteinführungsphase (z.B. Stirlingmotoren und Mikroturbinen) oder noch in der Entwicklungsphase (z.B. Brennstoffzellen). Die geringen Praxiserfahrungen sind daher ein Hemmnis für einen breiten Einsatz dieser Technologien.

Bezüglich der **Förderregelungen** werden in Österreich im Rahmen des derzeitigen Ökostromgesetzes nur bestehende und modernisierte Anlagen, die Wärme in ein öffentliches Fernwärmenetz einspeisen, nicht aber die Neuerrichtung von KWK-Anlagen, gefördert. Eine Forcierung von KWK-Anlagen wird damit nicht erreicht.

Für neue KWK-Großanlagen, die unter die Emissionshandelsrichtlinie fallen, ist, je nach CO₂-Reduktionspotential der KWK-Anlage und Höhe des CO₂-Zertifikatspreises, mit einer zusätzlichen Kostenbelastung zu rechnen. KWK-Anlagen sind jedoch im Stande, einen wesentlichen positiven Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele Österreichs zu leisten. Voraussetzung dazu ist die Beseitigung der aufgezeigten Hemmnisse unter Bedachtnahme der Schaffung wirtschaftlicher Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen.

Bei der **Besteuerung** der Brennstoffe in KWK-Anlagen können die exakte Nachweismethode, die Pauschalierungsmethode sowie die sog. 44%-Regelung verwendet werden. Wenn die Nachweismethode nicht anerkannt wird, wird die sog. 44%-Methode angewendet. Mit dieser Methode sind jedoch KWK-Anlagen mit elektrischen Wirkungsgraden kleiner 44 % benachteiligt. Bei einer Auskoppelung der Wärme (z.B. Fernwärme) sinkt (technisch bedingt) der Wirkungsgrad, sodass KWK-Anlagen einen geringeren Wirkungsgrad als die definierten 44% erreichen können. In diesem Zusammenhang muss die Besteuerung der Brennstoffe unter Heranziehen von Ist-Wirkungsgraden erfolgen, um zu korrekten und fairen Ergebnissen zu gelangen.

Aus der erfolgreichen Umsetzung anderer Technologien kann für die KWK-Technologie abgeleitet werden, dass grundsätzlich ein **Informationsdefizit** über die Vorteile von KWK herrscht. Vor allem im Kleinanwendungsbereich können durch entsprechende gezielte Informationskampagnen bestehende Wissensdefizite über Funktionsweise, Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit bestehender und neuer innovativer KWK-Technologien verbessert werden und somit zu einer stärkeren Verbreitung dieser Systeme beitragen. Weiters sind für die erfolgreiche Einführung von KWK-Technologien, vor allem geringerer Leistungsgrößen, Fach- und Machtpromotoren notwendig.

2 EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG

In der KWK-Richtlinie /1/ ist eine Erhebung des Potentials (Potentialstudie) für hocheffiziente KWK-Anlagen für jeden Nationalstaat gefordert. Die Potentialstudien sollen dabei untersuchen,

- welche Brennstoffe voraussichtlich zur Ausschöpfung des KWK-Potentials eingesetzt werden, unter besonderer Berücksichtigung der Frage, in welchem Umfang der Einsatz erneuerbarer Energieträger in den einzelstaatlichen Wärmemärkten durch KWK gefördert werden kann;
- welche der KWK-Technologien des Anhangs I der KWK-Richtlinie voraussichtlich zur Ausschöpfung des nationalen KWK-Potentials eingesetzt werden;
- welche Art der getrennten Erzeugung von Wärme und Strom bzw., soweit durchführbar, von mechanischer Energie, durch die hocheffiziente KWK ersetzt werden soll;
- welcher Anteil des Potentials auf die Modernisierung bestehender Kapazitäten und welcher auf den Bau neuer Kapazitäten entfällt.

2.1 AUFGABENSTELLUNG

Ziel der Studie ist es, das Potential für hocheffiziente KWK in Österreich auf der Grundlage der Anforderungen gemäß Art. 6 und Anhang IV der RL 2004/8/EG zu erheben, wobei hocheffiziente KWK-Anlagen als solche anzusehen sind, wenn sie die den Anforderungen des Anhangs III der EU-RL genügen.

Die Referenzwirkungsgrade sind nach dem Stand der Technik festzulegen und bei den Berechnungen und Abschätzungen zu verwenden.

Die Potentialanalyse soll auf Basis von Nutzenergiearten erstellt werden. Die Berechnungen sollen Potentiale für verschiedene Wirtschaftsbereiche wie Land- und Forstwirtschaft, produzierender Bereich, Dienstleistungsbereich und Haushalte berücksichtigen.

Weiters soll das Potential nach folgenden KWK-Leistungsklassen ermittelt werden:

- Kleinst-KWK Anlagen (< 50kW_{el})
- Klein-KWK Anlagen (50kW_{el} bis 1.000 kW_{el})
- KWK-Anlagen (> 1.000 kW_{el})

Die Hemmnisse zur Umsetzung der Potentiale sind darzustellen.

2.2 BEGRIFFSDEFINITION, STUDIENAUFBAU UND METHODIK

2.2.1 Begriffsdefinitionen

Die Potentialberechnung erfolgt in mehreren Stufen und unterscheidet verschiedene Formen von KWK-Technologien. Ebenso gibt es in statistischen Erhebungen verschiedene Definitionen von einzelnen KWK-Anwendungen, insbesondere durch die Datenerfassung.

- KWK-Anlagen:** Dieser Begriff umfasst alle KWK-Technologien für alle Leistungsklassen
- Dezentrale KWK:** Als dezentrale KWK-Anlagen werden alle Anlagen bezeichnet, die direkt bei Kunden in deren Anlage (on-site) installiert werden. Dezentrale Anlagen, im Sinne von Nahwärme, werden in dieser Studie der Fernwärme zugeordnet.
- Zentrale KWK:** Zentrale KWK-Anlagen sind öffentliche Anlagen, die Wärme über Fernwärme- bzw. Nahwärmenetze auskoppeln.
- Fernwärme/Nahwärme:** Fernwärme bzw. Nahwärme ist jede Form von Wärme, die leitungsgebunden an die Kunden abgegeben wird. Dabei erfolgt keine Unterscheidung, ob diese Energie aus Heizwerken, thermischen Kraftwerken oder KWK-Anlagen stammt.
- KWK-Fernwärme:** Hier erfolgt eine Einschränkung auf die Erzeugung von Fernwärme in KWK-Anlagen, d.h. dass diese Form der Fernwärme aus KWK-Anlagen stammt.
- Öffentliche KWK:** Anlagen der Energieversorgungsunternehmen werden statistisch als öffentliche KWK-Anlagen bezeichnet
- UEA:** Unternehmen mit Eigenanlagen sind Anlagen von privaten Unternehmen (z.B. Industrieunternehmen). Der Begriff wurde von den statistischen Erhebungen übernommen.
- Technisches KWK-Potential:** Dieses Potential stellt das gesamte technisch mögliche Potential dar und wird in dieser Studie auf Basis des Nutzenergiebedarfs berechnet. Dieses Potential beinhaltet auch die bereits realisierten KWK-Anlagen.
- Technisch realisierbares KWK-Potential:** Dieses Potential stellt das technisch noch realisierbare KWK-Potential dar. Es wird aus dem technischen Potential abzüglich der bereits realisierten KWK-Anlagen berechnet.
- Bestand (2002):** Der Bestand an KWK-Anlagen gibt die bereits realisierten KWK-Anlagen an. In dieser Studie wurde der Bestand für das Jahr 2002 erhoben.
- Nutzwärme:** Nutzwärme beinhaltet alle Formen der Nutzwärmearten
- Nutzenergie:** Die Nutzenergie ist jene Energie, die nach der Umwandlung beim Verbraucher zur Verfügung steht, z.B. in Form von warmem Wasser, Raumwärme oder mechanischer Energie.
- Endenergie:** Die vom Verbraucher bezogene Energie wird als Endenergie bezeichnet, so z.B. das Heizöl im Tank oder der Strom, der aus der Steckdose entnommen werden kann.

2.2.2 Studienaufbau

In Kapitel 0 erfolgt eine Zusammenfassung mit der Darstellung der Ergebnisse der Potentialstudie.

Kapitel 2 stellt nach einer kurzen Einleitung den Aufbau der Studie dar.

In Kapitel 3 erfolgt eine Darstellung der einzelnen KWK-Technologien, die in der Potentialanalyse berücksichtigt werden. Ebenfalls erfolgt in diesem Kapitel die Analyse der Referenzwirkungsgrade und Primärenergieträgereinsparung.

In Kapitel 4 wird zunächst eine Abschätzung der energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen, die die KWK-Entwicklung beeinflusst, durchgeführt. In weiterer Folge werden die für die Potentialanalyse verwendeten Branchendaten sowie deren statistischen Zuordnung dargestellt.

Die eigentliche Potentialanalyse erfolgt in Kapitel 5. Ausgehend von den verwendeten Datenquellen erfolgt zunächst eine Analyse des Nutzenergiebedarfs für 2002. Als Datenbasis wird dazu die Nutzenergieanalyse 2002 der Statistik Austria verwendet. Die Berechnungen gehen davon aus, dass die KWK-Anlagen wärmegeführt betrieben werden und Strom als Koppelprodukt zur Verfügung steht. Für mechanische Energie steht Wärme als Koppelprodukt zur Verfügung.

In einem ersten Schritt wird die technische Verfügbarkeit von KWK-Anlagen berücksichtigt und so ein erstes theoretisches technisches Potential ermittelt. Da KWK-Anlagen in der Regel nicht die gesamte Spitzenlast abdecken, erfolgt in einem zweiten Berechnungsschritt eine Reduktion der Energiewerte in Abhängigkeit von mittleren Volllaststunden. Damit erhält man das technische Potential, das unter Berücksichtigung bereits umgesetzter Potentiale (bereits installierte KWK-Anlagen) zum technisch noch realisierbaren Potential führt.

In weiterer Folge wurde eine vereinfachte Wirtschaftlichkeitsabschätzung mit der möglichen Bandbreite verschiedener Parametern für die Nutzenergie Raumwärme durchgeführt.

Ein möglicher Beitrag zur Versorgungssicherheit wird abschließend in diesem Kapitel qualitativ durchgeführt.

In Kapitel 6 werden die Hochrechnungen bzw. Abschätzungen der Potentiale für die Jahre 2010, 2015 und 2020 durchgeführt. Die Hochrechnungen werden entsprechend den Energieszenarien von WIFO durchgeführt. Diese Ergebnisse können als Basis für den theoretisch möglichen Neubau von KWK-Anlagen herangezogen werden.

Weiters erfolgt in diesem Kapitel auch eine Berechnung möglicher CO₂-Einsparungspotentialen durch den Einsatz von KWK-Anlagen im Raumwärmebereich. Dazu wurden verschiedene Emissionsfaktoren für getrennte Wärme- und Stromerzeugung berechnet. Mit diesen Emissionsfaktoren wurden auf Basis des technisch noch realisierbaren KWK-Potentials sowohl für dezentrale KWK-Anlagen als auch KWK-Fernwärmeanlagen die entsprechenden CO₂-Emissionen für 2002 berechnet. Mit den Ergebnissen der Hochrechnungen bis 2020 (auf Basis der WIFO Energieszenarien) wurden die Emissionen bis 2020 berechnet. Aufgrund der verschiedenen Annahmen zur Berechnung einzelner Emissionsfaktoren ergeben sich minimal und maximal mögliche CO₂-Einsparungspotentiale.

Die Beschreibung der möglichen Hemmnisse zur Umsetzung des KWK-Potentials erfolgt abschließend in Kapitel 7

Im Anhang werden einzelne Ergebnistabellen dargestellt.

2.2.3 Methodik zur Potentialbestimmung

Aufgrund der Anforderung aus der EU-RL, das theoretisch mögliche und unter bestimmten Rahmenbedingungen erreichbare KWK-Potential entsprechend dem Nutzwärmebedarf bzw. Bedarf an mechanischer Energie zu bestimmen, wurde der Top-Down Ansatz gewählt.

Damit wird zunächst ausgehend vom gesamten Nutzenergiebedarf für 2002 eine Verteilung nach Wirtschaftsbereichen durchgeführt.

Auf Basis von statistischen Erhebungen werden diese Energiemengen auf Unternehmensgrößen verteilt: Im produzierenden Bereich erfolgt die Verteilung auf Unternehmensebene, wobei die Unternehmen in Größenklassen nach Mitarbeitern geteilt werden. Für den Bereich Land- und Forstwirtschaft wird die Verteilung der Betriebe nach landwirtschaftlicher Grundfläche durchgeführt, der öffentliche Bereich und privater Dienstleistungsbereich nach Arbeitsstätten und die Haushalte nach Gebäudezahl und darin enthaltener Anzahl der Wohnungen.

Benchmarking wird zur Analyse der Volllaststunden herangezogen, wobei unternehmensspezifische Kennzahlen mit den Auswertungen von Lastgängen und Lastprofilen ergänzt werden, um so mittlere Volllaststunden je Wirtschaftsbereiche zu erhalten.

Für die Nutzenergieart ‚Raumheizung, Klima und Warmwasser‘ erfolgt eine zusätzliche Analyse der Volllaststunden und Leistungsreduktion aus Fernwärmedauerlinien. Die Jahresdauerlinien aus Fernwärme inkludieren sowohl Raumheizung als auch Warmwasser, darum werden diese als geeignete Datengrundlage verwendet.

Durch die Definition der Volllaststunden können nun Leistungswerte berechnet werden und entsprechend den in der KWK-Richtlinie geforderten Leistungsklassen für KWK-Anlagen zugeordnet werden. Die damit verbunden Energiemengen ergeben die jeweiligen Potentiale.

Um das technisch noch realisierbare Potential berechnen zu können, wurde der Bestand an bereits realisierten KWK-Anlagen (Basis 2002) erhoben und das technische Potential um diesen Bestand reduziert.

Da die Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen aufgrund der großen Bandbreite einzelner Parameter nur von Fall zu Fall einzeln zu beurteilen ist, wurden in dieser Studie ein vereinfachter Vergleich durchgeführt.. Der Vergleich für die einzelnen Leistungsklassen (Kleinst-KWK, Klein-KWK und KWK) basiert auf realistischen Daten. Es kann jedoch aus diesem Vergleich kein genereller Schluss über die Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen gezogen werden, da aufgrund der Vielzahl an Parameter, jede Anlage einzeln bewertet werden muss.

Der Beitrag zur Versorgungssicherheit wird für den Bereich der elektrischen Energie dargestellt.

3 KWK-TECHNOLOGIE

3.1 DEFINITIONEN

Die Primärenergieeinsparung (PEE), die durch den Einsatz von KWK-Technologien gegenüber der getrennten Erzeugung von Strom und Wärme erzielt werden kann, lässt sich folgendermaßen berechnen /1/

$$PEE = \left(1 - \frac{1}{\frac{KWK\ W\ \eta}{Ref\ W\ \eta} + \frac{KWK\ E\ \eta}{Ref\ E\ \eta}} \right) \cdot 100\ %$$

KWK W η : KWK-Nutzwärme/Brennstoff für die KWK ("Wärmewirkungsgrad der KWK").

KWK E η : KWK-Strom/Brennstoff für die KWK ("el. Wirkungsgrad der KWK").

Ref W η : Referenzwirkungsgrad ungekoppelte Wärmeerzeugung.

Ref E η : Referenzwirkungsgrad ungekoppelte Stromerzeugung.

In Anhang III Lit b) der KWK-Richtlinie ist ausgeführt, dass die Ermittlung der Wirkungsgrade KWK W η und KWK E η jeweils für die KWK-Nutzwärmeerzeugung bzw. KWK-Stromerzeugung (gemäß Anhang II) in Bezug auf den Brennstoffeinsatz, der unmittelbar dem KWK-Betrieb (und somit direkt der KWK-Wärme und dem KWK-Strom) zuordenbar ist, erfolgt. "Nutzwärme" ist "die in einem KWK-Prozess zur Befriedigung eines wirtschaftlich vertretbaren Wärme- und Kühlbedarfs erzeugte Wärme." Im Rahmen dieser Studie wird als Bezugspunkt für die Berechnung der Primärenergieeinsparung die Wärme- und Stromerzeugung die jeweilige KWK-Anlage herangezogen. Dies erscheint u. a. auch deshalb angebracht, da die KWK-Richtlinie definitiv auf die "Erzeugung" von Strom und Wärme Bezug nimmt.

Für die Ermittlung des Brennstoffeinsatzes in KWK-Anlagen gilt folgendes:

- Brennstoffeinsatz, der der Wärmeauskopplung zuzuordnen ist /11/

$$Q_{Br\ Wärme} = Q_{Br\ ges} - \frac{W_{el\ ges}}{\bar{\eta}_{Kond\ netto}}$$

$Q_{Br\ Wärme}$ Brennstoffeinsatz für Wärme

$Q_{Br\ ges}$ gesamter Brennstoffeinsatz

$W_{el\ ges}$ gesamte Strommenge

$\bar{\eta}_{Kond\ netto}$ mittlerer Kondensationswirkungsgrad

Der mittlere Kondensationswirkungsgrad kann aus der Blocklast (Frischdampfmenge)

berechnet werden (über das Jahr integriert).

- Brennstoffeinsatz, der der KWK-Stromerzeugung zuzuordnen ist:

$$Q_{\text{Br elKWK}} = \frac{W_{\text{elKWK}}}{\bar{\eta}_{\text{Kond netto}}}$$

$Q_{\text{Br elKWK}}$ Brennstoffeinsatz für KWK - Strom

W_{elKWK} KWK - Strommenge

$\bar{\eta}_{\text{Kond netto}}$ mittlerer Kondensationswirkungsgrad

Gemäß Anhang III der KWK-Richtlinie ist eine KWK-Anlage dann "hocheffizient", wenn eine Primärenergieeinsparung von mindestens 10 % nachgewiesen werden kann. Für Klein-KWK (50 kW_{el} – 1.000 kW_{el}) und Kleinst-KWK-Anlagen (< 50 kW_{el}) genügt der Nachweis, dass Primärenergieeinsparungen erzielt werden, um diese Anlagen als "hocheffizient" zu qualifizieren.

Definition und Größe der Referenzwirkungsgrade Ref W_η & Ref E_η siehe Kapitel 3.3

Zur Abschätzung der Größenordnung der Primärenergieeinsparungen bestehender KWK-Anlagen in Österreich wurde eine Parameterstudie für 4 typische Anlagen auf Basis von Betriebsdaten durchgeführt. Ein Fernheizkraftwerk (Brennstoff: Steinkohle), ein typisches BHKW mit erdgasbetriebenen Verbrennungsmotoren, eine industrielle KWK-Anlage mit Gegendruckdampfturbine und eine Mikrogasturbine wurden auf die Einflüsse der Referenzwirkungsgrade hin untersucht. Die Variation des Wärme-Referenzwirkungsgrades Ref W_η erfolgte im Intervall 0,8 bis 0,9, wodurch die zu erwartende Größenordnung der Werte abgebildet wurde. Die elektrischen Referenzwirkungsgrade Ref E_η wurden im Sinne einer "worst-case"-Betrachtung zwischen dem gemäß Baujahr der Anlagen zu erwartenden Wert und den momentanen Bestwerten variiert. Die Ergebnisse sind in folgender Abbildung dargestellt.

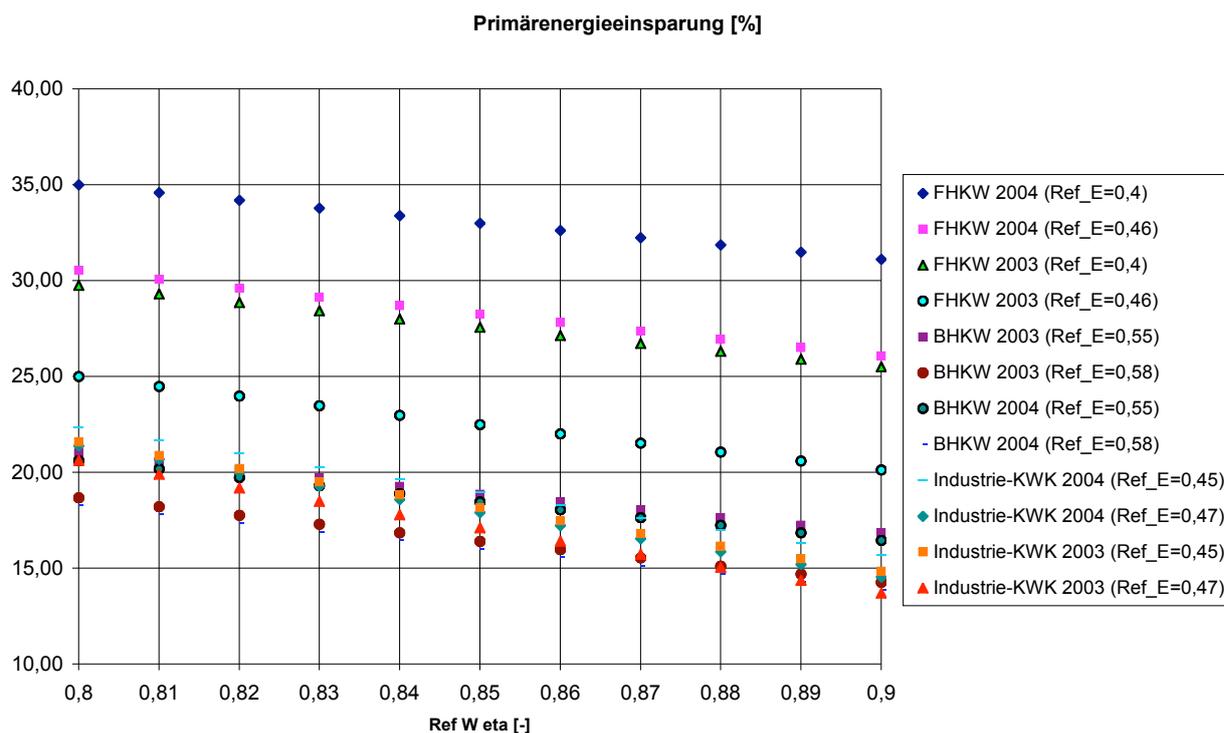


Abbildung 2: Primärenergieeinsparung zufolge KWK-Betrieb für 3 typische KWK-Anlagen in Österreich. (Berechnung auf Grundlage von Betriebsdaten)

Es ist zu erkennen, dass alle untersuchten Anlagen den Status "hocheffizient" verdienen. Aus den Betriebsdaten der Mikrogasturbine wurde eine Primärenergieeinsparung von 4,8 % errechnet. Bei Verwendung von Auslegungsdaten der Herstellerfirma beträgt die errechnete Primärenergieeinsparung 12,8 %.

3.2 KWK-TECHNOLOGIE

Die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme in KWK-Anlagen kann mit verschiedenen Technologien erfolgen. Die im Rahmen der vorliegenden Studie betrachteten Technologien sind in der KWK-Richtlinie der EU im Anhang I angeführt /1/. In diesem Kapitel erfolgt eine Übersicht über die technischen Charakteristiken der einzelnen Technologien. Detailinformationen werden in den Unterkapiteln und im Anhang wiedergegeben.

Je nach der Betriebsweise einer KWK-Anlage wird zwischen *wärmegeführter* und *stromgeführter* Art unterschieden. Bei wärmegeführter Betriebsweise steht die Deckung des momentanen Wärmebedarfs im Vordergrund. Der in der KWK-Anlage erzeugte Strom wird in interne und ggf. in externe (öffentliche) Stromnetze eingespeist. Bei der stromgeführten Betriebsweise folgt der Einsatz der KWK-Anlage dem momentanen Bedarf an elektrischer Energie. Bei dezentralen Anlagen (Betriebe) ist es der betriebseigene momentane Strombedarf, bei öffentlichen Anlagen die augenblickliche Netzlast, die bei einer stromgeführten Betriebsweise den Einsatz vorgibt. Die dabei erzeugte Wärme muss von

Wärmeabnehmern absorbiert oder gespeichert werden können. Aus diesem Grund werden in aller Regel KWK-Anlagen, die stromgeführt betrieben werden, mit Technologien ausgestattet, die eine Regelung der Wärmeauskopplung unabhängig von der Stromerzeugung zulassen.

Die verschiedenen KWK-Technologien unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich der eingesetzten Arbeitsmaschinen und Brennstoffe, sondern vor allem auch hinsichtlich der thermischen und elektrischen Leistungsgrößen, der Zustände der ausgekoppelten Wärme und der Wirkungsgrade. Die folgenden Abbildungen stellen die einzelnen Technologien auf Basis von Betriebs- und Auslegungsdaten in Vergleich zueinander.

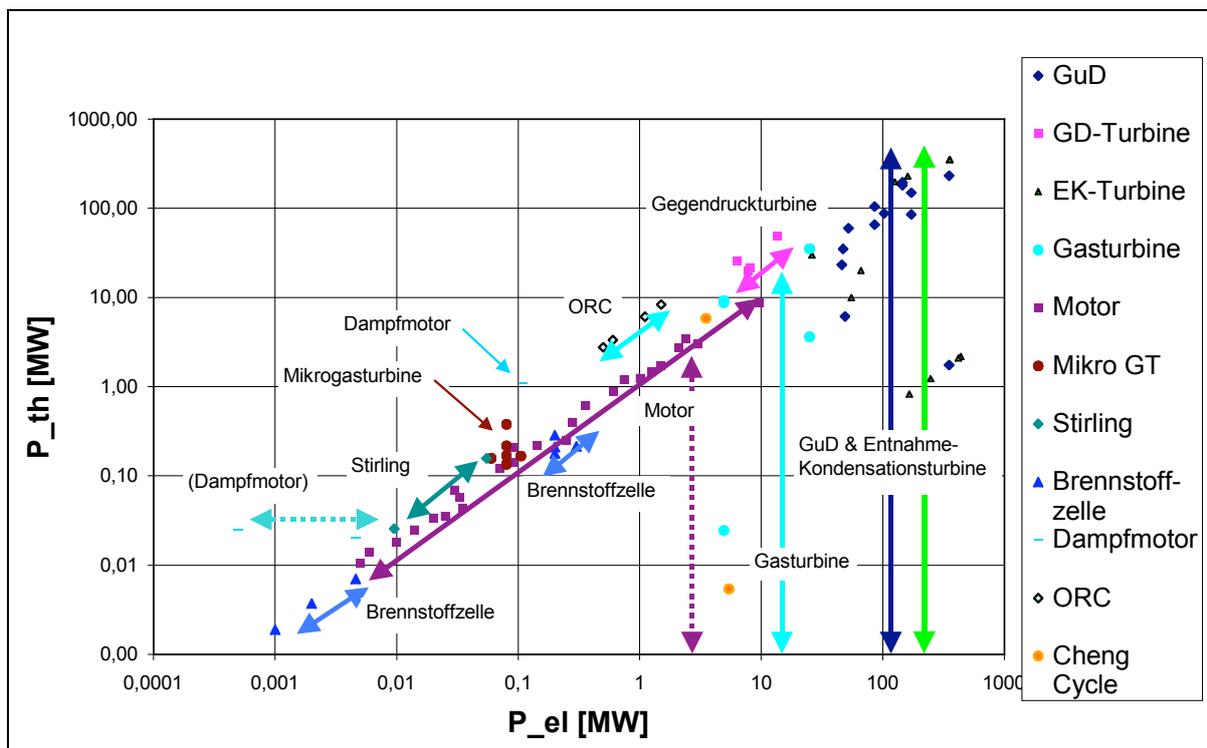


Abbildung 3: Ausgekoppelte Wärme in Abhängigkeit von der elektrischen Leistungsgröße für die verschiedenen KWK-Technologien (Datengrundlage sind Betriebsdaten von KWK-Anlagen in Österreich, Herstellerangaben, Auslegungsdaten, Abnahmemessungen und Literaturangaben)

In Abbildung 3 ist der Zusammenhang zwischen den Produkten Strom und Wärme für die einzelnen Technologien dargestellt. Die Pfeile geben die jeweilige Bandbreite für einen KWK-Betrieb an. Bei KWK-Anlagen mit 2 Freiheitsgraden (z. B. Entnahme-Kondensationsturbinen, GuD-Anlagen mit Entnahme-Kondensationsturbinen), Gasturbinen mit Rauchgas-Bypass und Motoren, die mit einem Hilfskühler ausgestattet sind, kann die Stromproduktion von der Wärmeerzeugung entkoppelt werden. Bei diesen Anlagen ist die Stromkennzahl (= das Verhältnis von erzeugtem Strom zu ausgekoppelter Wärme) variabel. Es ist zu erkennen, dass die größten Leistungen ("100 MW-Klasse") von den Technologien

GuD und Entnahme-Kondensationsturbine abgedeckt werden. Große Leistungen ("10 MW-Klasse") liegen im Einsatzbereich von Gasturbine, Gegendruckdampfturbine und oberem Leistungsspektrum der Verbrennungsmotoren. In diesen Bereich ist auch der Cheng-Cycle einzuordnen, der durch die Dampfeinspeisung in die Gasturbine energetisch mit dem GuD-Prozess vergleichbar ist, sich betrieblich aber wie eine Gasturbine verhält. Die mittleren Leistungen ("1 MW-Klasse") werden vom Verbrennungsmotor dominiert. Als weitere Technologie stehen Dampfprozesse mit organischen Arbeitsmedien (ORC-Anlagen) zur Verfügung, deren Einsatzbereich vor allem in Biomasse-Heizkraftwerken liegt. Für kleine Leistungen ("100 kW-Klasse") stehen die Technologien Verbrennungsmotor, Mikrogasturbine, Dampfmotor, Brennstoffzelle und, eingeschränkt, Stirlingmotor zur Verfügung. Kleinste Leistungen ("10 kW-Klasse") können grundsätzlich mit Verbrennungsmotoren, Brennstoffzelle, Dampfmotor und Stirlingmotor abgedeckt werden.

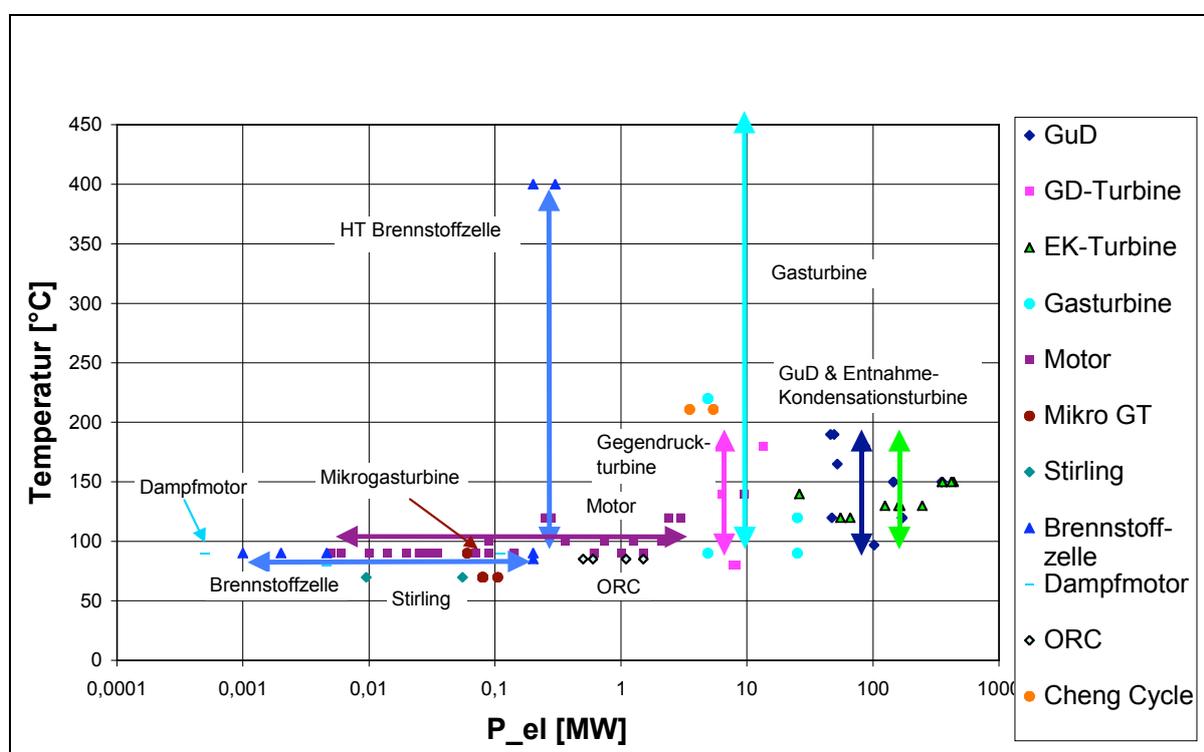


Abbildung 4: Temperatur der ausgekoppelten Wärme in Abhängigkeit von der elektrischen Leistungsgröße für die verschiedenen KWK-Technologien (Datengrundlage sind Betriebsdaten von KWK-Anlagen in Österreich, Herstellerangaben, Auslegungsdaten, Abnahmemessungen und Literaturangaben)

Je nach dem Temperaturbedarf der ausgekoppelten Wärme können nur bestimmte KWK-Technologien zum Einsatz kommen. In Abbildung 4 ist zu erkennen, dass für Hochtemperaturanwendungen (Temperaturniveau der ausgekoppelten Wärme > 200 °C) nur Gasturbinen und Hochtemperatur-Brennstoffzellen eingesetzt werden können. Temperaturen bis 200 °C können darüber hinaus mit KWK-Technologien mit Dampfauskoppelung (Gegendruck-Dampfturbine, Entnahme-Kondensationsdampfturbine und GuD-Anlage)

realisiert werden. Die für Heizungszwecke erforderlichen Temperaturniveaus (maximal bis ca. 120 °C) können von allen KWK-Technologien erbracht werden.

Es besteht eine grundsätzliche Möglichkeit, die Temperatur der ausgekoppelten Wärme auch bei Verbrennungsmotoren über 120 °C anzuheben. Das ist jedoch mit höheren Investitionskosten - zusätzlich ca. 25 % für eine mittlere Leistungsgröße - und einem deutlich gesteigerten Betriebsaufwand verbunden, da gem. Dampfkesselgesetz strengere Überwachungspflichten gelten. Aus diesem Grund erfolgt die Wärmeauskopplung aus Verbrennungsmotoren in aller Regel bei Temperaturen unter 120 °C.

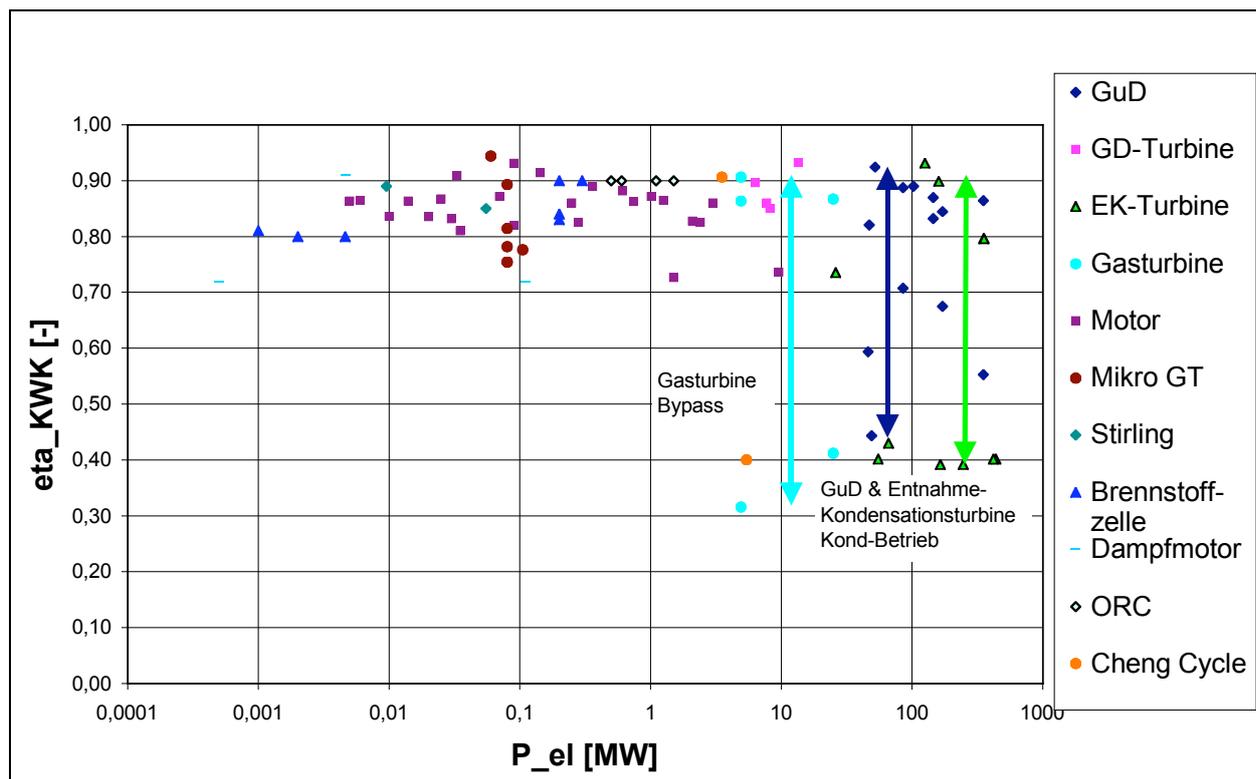


Abbildung 5: Brennstoffausnutzungsgrad in Abhängigkeit von der elektrischen Leistungsgröße für die verschiedenen KWK-Technologien (Datengrundlage sind Betriebsdaten von KWK-Anlagen in Österreich, Herstellerangaben, Auslegungsdaten, Abnahmemessungen und Literaturangaben)

Der Brennstoffausnutzungsgrad der KWK-Technologien mit fixer Kopplung zwischen Strom und Wärme liegt im Bereich von 0,8 bis 0,9. Wird bei KWK-Technologien mit 2 Freiheitsgraden bzw. mit Rauchgas-Bypass oder Hilfskühler die Wärmeerzeugung entkoppelt von der Stromerzeugung reduziert, sinkt der Brennstoffausnutzungsgrad erwartungsgemäß ab. Untere Grenze hierbei ist der elektrische Wirkungsgrad bei reiner Stromerzeugung.

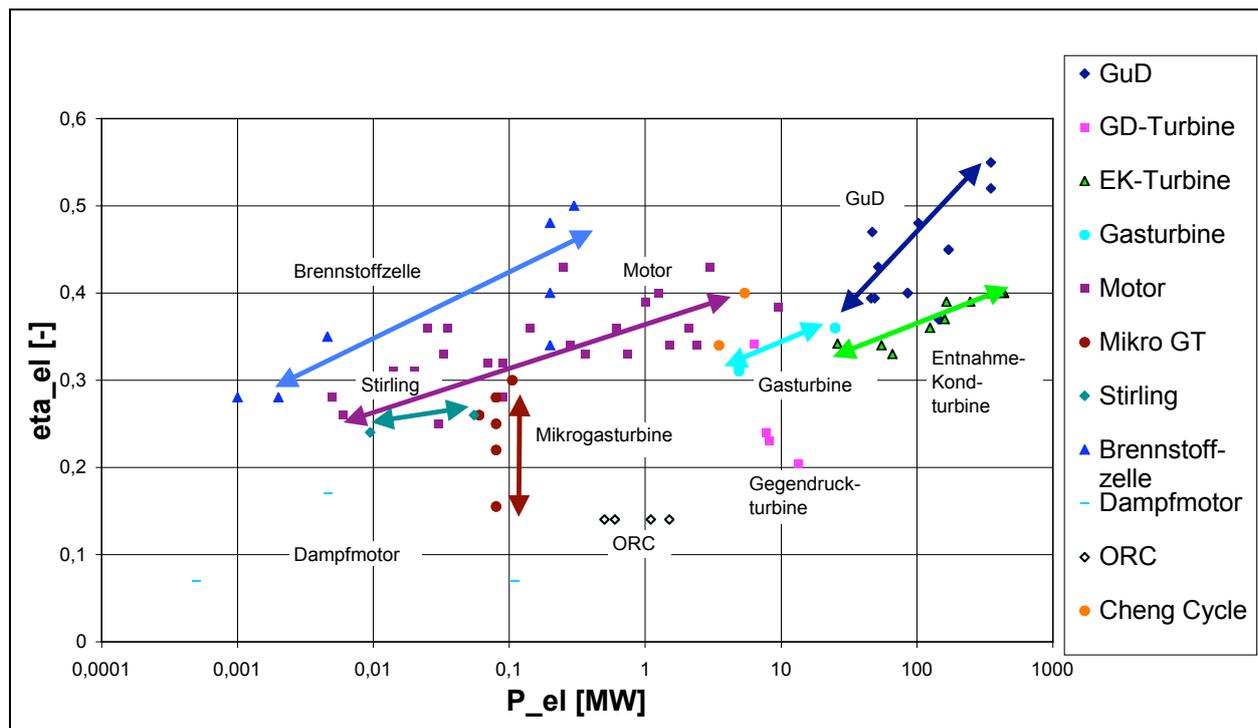


Abbildung 6: Elektrischer Wirkungsgrad in Abhängigkeit von der elektrischen Leistungsgröße für die verschiedenen KWK-Technologien (Datengrundlage sind Betriebsdaten von KWK-Anlagen in Österreich, Herstellerangaben, Auslegungsdaten, Abnahmemessungen und Literaturangaben)

In Abbildung 6 sind die elektrischen Wirkungsgrade der verschiedenen Technologien dargestellt. Allgemein erkennbar ist der Trend, dass mit zunehmender Anlagenleistung die elektrischen Wirkungsgrade steigen.

Je nach KWK-Technologie können verschiedene Brennstoffe eingesetzt werden. Details hierzu sind in detaillierten Technologiebeschreibungen enthalten. Zur Ermittlung der spezifischen CO₂-Emissionen werden folgende Emissionsfaktoren herangezogen (jeweils bezogen auf den unteren Heizwert der Brennstoffe), wobei folgende Werte in die Berechnungen eingeflossen sind /6/ /7/

Steinkohle	0,342	kg/kWh
Braunkohle	0,396	kg/kWh
Heizöl S	0,288	kg/kWh
Heizöl EL	0,270	kg/kWh
Erdgas	0,198	kg/kWh

3.2.1 Kombiprozess – GuD

Im Kombiprozess (auch GuD nach Gas- und Dampf-Prozess) werden die Vorteile des Gasturbinenprozesses (hohe Temperatur der Wärmezufuhr) und des Dampfprozesses (niedrige Temperatur der Wärmeabfuhr) miteinander kombiniert. Dabei egalisieren sich die Nachteile der beiden Teilprozesse (hohe Temperatur der Wärmeabfuhr bei der Gasturbine, niedrige Temperatur der Wärmezufuhr beim Dampfprozess). Durch die Kopplung wird ein hohes Wirkungsgradniveau erreicht, da den Anforderungen gemäß Carnot (Wärmezufuhr bei hoher Temperatur, Wärmeabfuhr bei niedriger Temperatur) in hohem Maß entsprochen wird. Mit dieser Technologie werden gegenwärtig die höchsten Wirkungsgrade bei der Stromerzeugung erreicht. Die nötige Komponente, um die beiden Teilprozesse (Gasturbine und Dampfprozess) miteinander zu verbinden, ist der Abhitzekeessel. In diesen kann noch eine Zusatzfeuerung zur Erhöhung der Leistung des Dampfprozesses integriert werden, was aber zu einem Absinken des Gesamtwirkungsgrades führt.

Die Wärmeauskopplung erfolgt aus dem Dampfteil des Kombiprozesses. Hierfür wird die Dampfturbine entweder als Entnahme-Kondensationsturbine oder als Gegendruckturbine ausgeführt. Bei Einsatz einer Entnahme-Kondensationsturbine ist die Wärmeauskopplung regelbar, wodurch ein Betrieb mit reiner Stromerzeugung möglich wird (2 Freiheitsgrade). Bei Einsatz einer Gegendruckturbine ist immer eine kontinuierliche Wärmeauskopplung nötig. Diese kann jedoch durch die zusätzliche Anordnung von Dampfentnahmen (druckgeregelt) oder Anzapfungen (nicht druckgeregelt) in Richtung größerer Leistungen hin beeinflusst werden.

3.2.2 Gegendruckdampfturbine

Die Gegendruckdampfturbine entspannt den Dampf, der im Kessel erzeugt wurde, nicht bis in das "Vakuum" (= Kondensationsdruck), sondern nur bis auf den Gegendruck. Der Abdampf aus der Gegendruckturbine wird dann für Heizungszwecke oder für Prozesswärme verwendet, wobei die Wärme durch Kondensation dieses Dampfes auf dem Gegendruckniveau freigesetzt wird. Der Gegendruck ist je nach dem benötigten Temperaturniveau der Wärme fix eingestellt (abhängig vom Druckniveau kondensiert Dampf bei verschiedenen Temperaturen). Es ist immer eine kontinuierliche Wärmeauskopplung nötig. Diese kann jedoch durch die zusätzliche Anordnung von Dampfentnahmen (druckgeregelt) oder Anzapfungen (nicht druckgeregelt) in Richtung größerer Leistungen hin beeinflusst werden.

3.2.3 Entnahme-Kondensationsdampfturbine

Die Entnahme-Kondensationsdampfturbine entspannt den Dampf, der im Kessel erzeugt wurde, bis in das "Vakuum" (= Kondensationsdruck). Bei reiner Stromerzeugung wird der gesamte, der Entnahme-Kondensationsdampfturbine zugeführte Dampf als Abdampf aus der Turbine dem Kondensator zugeführt und dort kondensiert. Die dabei freiwerdende Wärme wird als Abwärme an die Umgebung abgegeben. Im KWK-Betrieb wird ein Teil des Dampfes aus der Turbine entnommen und für Heizungszwecke oder für Prozesswärme verwendet. Der Entnahmedruck wird geregelt und liegt über dem Kondensationsdruck. Er ist abhängig

vom benötigten Temperaturniveau der ausgekoppelten Wärme. Durch die Entnahme des Dampfes aus der Turbine kommt es zu einer Reduktion der elektrischen Leistung. Entnahme-Kondensationsdampfturbinen werden vorzugsweise für die stromgeführte Betriebsweise eingesetzt.

3.2.4 Gasturbine mit Wärmerückgewinnung

Gasturbinen zeichnen sich durch eine hohe Temperatur der Wärmezufuhr aus. Die Wärmeabfuhr erfolgt durch Abgabe des Rauchgases an die Umgebung. Aus dem heißen Abgasstrom kann durch Anordnung eines Abhitzekeessels Wärme ausgekoppelt werden. Das Temperaturniveau der ausgekoppelten Wärme ist höher als bei den anderen KWK-Technologien und wird nach oben durch die Abgastemperatur begrenzt (abhängig von der Gasturbinentype und -bauart im Bereich von ca. 500 °C). Durch Anordnung eines Rauchgas-Bypasses kann ein ungekoppelter Betrieb (reine Stromerzeugung) ermöglicht werden. Dadurch können diese Anlagen in stromgeführter Fahrweise betrieben werden.

Es werden zwei Bauweisen unterschieden: "heavy-duty" oder Industriegasturbinen (gekennzeichnet durch eine einwellige Bauart) bzw. "aero-derivative" (von Flugzeugtriebwerken abgeleitete, mehrwellige Bauart). Die elektrischen Wirkungsgrade der aero-derivative-Gasturbinen sind höher, wobei aber gleichzeitig die Abgastemperatur niedriger ist. Das hat direkte Auswirkungen auf die Wärmeauskopplung in einem nachgeschalteten Abhitzekeessel.

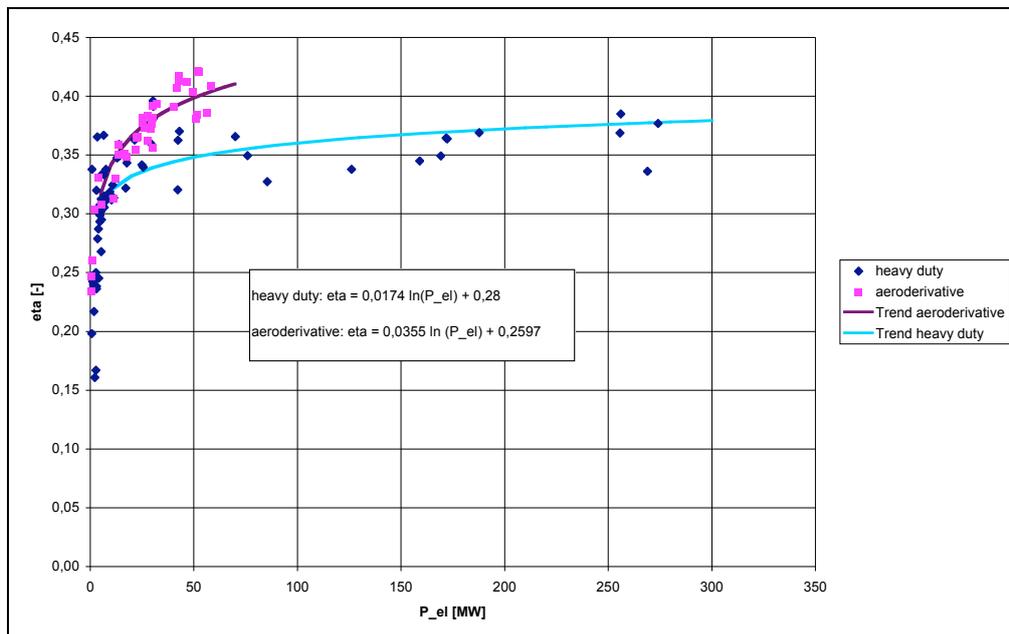


Abbildung 7: Elektrische Wirkungsgrade von Gasturbinen in Abhängigkeit von der Leistungsgröße und Bauart (ISO-Bedingungen) /8/

Durch ein kontinuierliches Anheben der Brennkammertemperaturen in Gasturbinen innerhalb der letzten Jahre ist es zu einem Ansteigen der elektrischen Wirkungsgrade gekommen. Diese Entwicklung wird sich auch in der Zukunft, vor allem durch Fortschritte in der

Werkstofftechnik, fortsetzen. Aus einer Rückrechnung auf den elektrischen Wirkungsgrad der Gasturbinen aus Anlagendaten wurde ein Verlauf dieser Entwicklung innerhalb der letzten 10 Jahre gewonnen, der für Prognosezwecke extrapoliert wurde. In Abbildung 8 ist dieser Verlauf dargestellt.

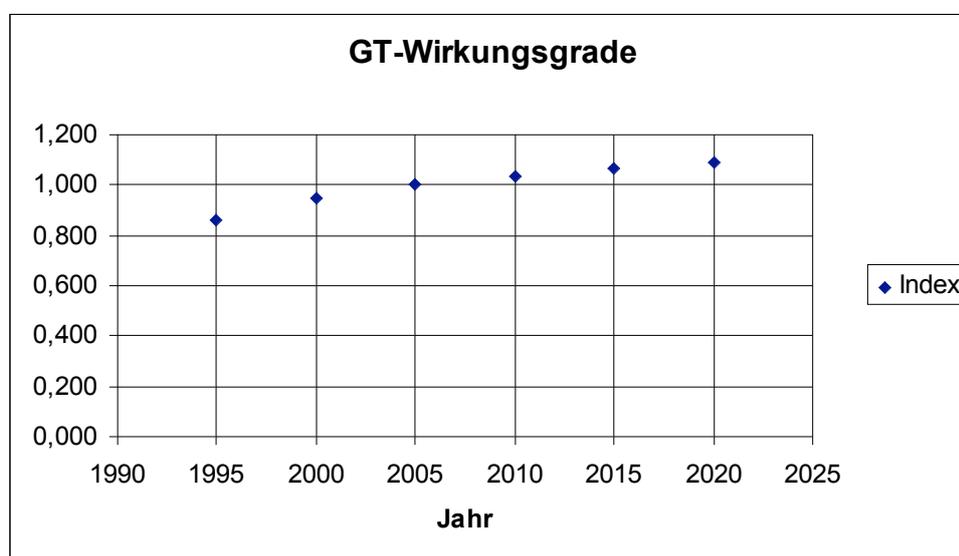


Abbildung 8: Indizierter Verlauf der elektrischen Wirkungsgrade von Gasturbinen (Index 2005 = 1,0)

3.2.5 Verbrennungsmotor

Verbrennungsmotoren, je nach eingesetztem Brennstoff Otto- oder Dieselmotoren, decken einen großen Leistungsbereich ab (von einigen kW bis hin zu 10 MW). Bedingt durch langjährige Erfahrung und den großen Einsatzbereich im Mobilitätssektor ist diese Technologie sehr weit entwickelt. Die Wärmeauskopplung erfolgt durch Nutzung von Motorkühler, Ölkühler, ggf. Ladeluftkühler und durch einen Rauchgaswärmetauscher. Das Verhältnis von erzeugtem Strom zur ausgekoppelten Wärme ist in aller Regel fix. Lediglich durch Einsatz von Hilfskühlern kann Flexibilität gewonnen werden. Verbrennungsmotoren werden für die verschiedensten Brennstoffe angeboten.

Weiterführende Daten sind umfassend in der Fachliteratur dokumentiert /5/ .

3.2.6 Mikrogasturbinen

Mikrogasturbinen haben eine elektrische Leistung < 300 kW. Die momentan am Markt vertretenen Typen liegen in einem Leistungsbereich von 30 bis 100 kW_{el}. Um bei diesen kleinen Leistungen gute elektrische Wirkungsgrade zu erreichen, sind diese Anlagen mit einem inneren Rekuperator (Vorwärmer) ausgestattet. In diesem werden die heißen Rauchgase in einem ersten Schritt zur internen Vorwärmung der Verbrennungsluft vor dem

Eintritt in die Brennkammer verwendet. Das dieserart in seiner Temperatur reduzierte Rauchgas wird dann in einem zweiten Schritt zur Wärmeauskopplung in einem Rauchgaswärmetauscher für den KWK-Betrieb verwendet. Durch diese Betriebsweise liegt das Temperaturniveau der ausgekoppelten Wärme in einem Bereich, der nur für Heizzwecke verwendbar ist. Teilweise besteht die Möglichkeit, die Rekuperation (= die interne Vorwärmung der Verbrennungsluft) zugunsten höherer Temperaturen der ausgekoppelten Wärme zu reduzieren. Diese Betriebsart führt jedoch zu einer deutlichen Reduktion des elektrischen Wirkungsgrades.

3.2.7 Stirling-Motoren

Im Gegensatz zu Verbrennungsmotoren, bei denen die Wärmezufuhr durch Verbrennung des Brennstoffs innerhalb der Zylinder erfolgt, sind Stirlingmotoren durch eine externe Wärmezufuhr gekennzeichnet. Dadurch wird grundsätzlich der Einsatz anderer Energieträger und Wärmequellen (feste Biomasse, Solarwärme etc.) möglich. Stirlingmotoren werden als Mikro-KWK-Module für den Brennstoff Erdgas am Markt angeboten. Die Abwärme des Motors wird für die Wärmeauskopplung genutzt. Die Stromkennzahlen sind nicht variabel. /18/

3.2.8 Brennstoffzellen

In Brennstoffzellen erfolgt die Oxidation (=Verbrennung) des Brennstoffs durch einen von einem Elektrolyten kontrollierten Ionenaustausch, wodurch direkt elektrische Energie gewonnen werden kann. Es ist demnach nicht nötig, die Energieumwandlung über die Zwischenschritte der Wärmeerzeugung und der mechanischen Energieumwandlung durchzuführen. Je nach Elektrolyt werden die Brennstoffzellen bei verschiedenen Temperaturen betrieben. Hochtemperaturbrennstoffzellen mit Betriebstemperaturen im Bereich von 800 bis 1000 °C erlauben eine interne Reformierung des Brennstoffs (= Wasserstofferzeugung aus Kohlenwasserstoffen). Die Abwärme der Reaktionsprodukte (v. a. Wasserdampf) wird zur Wärmeauskopplung herangezogen. Abhängig vom Brennstoffzellentyp und der dadurch bedingten Betriebstemperatur lässt sich die Wärme teilweise auch bei einem sehr hohen Temperaturniveau auskoppeln. /12/ /13/ /14/ /15/ /16/ /17/

3.2.9 Dampfmotoren

Dampfmotoren können alternativ zu Dampfturbinen, vor allem bei kleineren Leistungen eingesetzt werden. Sie dienen dabei als Expansionsmaschinen, die mit dem Arbeitsmedium Dampf zugeführte Energie als mechanische Energie an den Generator abgeben. Der Austrittsdruck des Dampfes ist so gewählt, dass eine Nutzung der Wärme für Heizzwecke möglich wird. Typischer Einsatzbereich von Dampfmotoren sind industrielle Biomasseheizkraftwerke. Neuentwicklungen für integrierte Module im Leistungsbereich bis 20 kW_{el} auf Basis des Brennstoffs Erdgas werden auf die Bedürfnisse von Hausenergieversorgungsanlagen abgestimmt.

3.2.10 Rankine-Kreislauf mit organischem Fluidum

Dampfprozesse mit organischen Fluiden (ORC-Anlagen) entsprechen thermodynamisch klassischen Dampfprozessen. Als Arbeitsmedium werden jedoch anstelle von Wasser organische Fluide (Silikonöle, Toluol etc.) eingesetzt. Dadurch können Prozesse mit einem relativ niedrigen Temperaturniveau der Wärmezufuhr ausgeführt werden. Ursprünglich wurden diese Anlagen zur Nutzung von Geothermie entwickelt. Seit gut 5 Jahren wird diese Technologie vor allem und mit großem Erfolg in Biomasse-Heizkraftwerken eingesetzt. Die Betriebsweise ist in diesen Fällen wärmegeführt.

Weitere Informationen finden sich auch in der Fachliteratur /9/

3.3 REFERENZWIRKUNGSGRAD FÜR GETRENNTE ERZEUGUNG

Die Referenzwirkungsgrade für die getrennte Erzeugung, die zur Ermittlung der Primärenergieeinsparungen durch KWK notwendig sind, werden von der EU-Kommission für alle Mitgliedsstaaten festgelegt /1/. Die nachfolgenden Ausführungen beleuchten die Situation in Österreich und sind als erster Vorschlag für eine Festlegung der Referenzwirkungsgrade zu verstehen.

3.3.1 Strom

Gemäß Anhang III Lit. f) der KWK-Richtlinie gilt für die Berechnung der Wirkungsgrad-Referenzwerte, dass beim Vergleich von KWK-Blöcken mit Anlagen zur getrennten Stromerzeugung

- gleiche Kategorien von Primärenergieträgern verglichen werden.
- mit der jeweils besten im Jahr des Baus der KWK-Anlage am Markt erhältlichen und wirtschaftlich vertretbaren Technologie zur getrennten Erzeugung verglichen wird.
- Anlagen, die älter als 10 Jahre sind, mit Referenzwerten von Blöcken, die 10 Jahre alt sind, verglichen werden.
- die klimatischen Unterschiede der Mitgliedsstaaten berücksichtigt werden müssen.

Da sich für Österreich aufgrund der niedrigen Anzahl von Kraftwerken keine lückenlose Zeitreihe für die verschiedenen Technologien und Brennstoffe aufstellen lässt, wird teilweise auf in der Fachliteratur publizierte Daten zurückgegriffen.

Eine Zusammenstellung der Referenzwirkungsgrade für die ungekoppelte Stromerzeugung findet sich im Anhang A. Die angeführten Werte sind durchschnittliche, über das Jahr gemittelte Nettowirkungsgrade. Es erfolgt nicht nur eine Aufgliederung in verschiedene

den Haushalten ist ein Feldtest von Brennwert- und Niedertemperaturkesseln /10/. In dieser Studie werden die mittleren Jahresnutzungsgrade für Brennwertgeräte mit 96,4 % und für Niedertemperaturkessel mit 83,4 % angegeben (jeweils bezogen auf den unteren Heizwert). Diese modernen Kessel werden aber nicht durch ein Fernwärmesystem ersetzt, sodass von einer älteren Technologie (keine Brennwertgeräte) mit niedrigeren Wirkungsgraden auszugehen ist. Darüber hinaus lassen sich Brennwertgeräte und Niedertemperaturkesseln nicht ohne weiteres in Altbaubestand integrieren. In der allgemeinen Fachliteratur wird allgemein eine Wirkungsgraddifferenz zwischen Altgeräten und modernen Brennwertkesseln von über 15 % angegeben. Aus diesem Gesichtspunkt heraus erscheint der o.a. Wirkungsgrad von 75 % als plausibel, zumal nicht nur Erdgaskessel ersetzt werden.

Eine Zusammenstellung der Referenzwirkungsgrade für die ungekoppelte Wärmeerzeugung findet sich im Anhang B.

3.4 ERGÄNZENDE TECHNOLOGIEN

Um die Einsatzzeiten von KWK-Anlagen zu vergrößern, können ergänzende Technologien eingesetzt werden, die einerseits einen zusätzlichen Wärmebedarf in Schwachlastzeiten erschließen (Wärme für Kühlung und Klimatisierung im Sommer), andererseits durch Kappen von Lastspitzen im Wärmebedarf bzw. durch zeitliche Entkopplung von Wärmeerzeugung und Wärmeverbrauch zu einer Verminderung der ungekoppelten Wärmeerzeugung beitragen. Die Einsatzmöglichkeiten und -potentiale sind für diese ergänzenden Technologien individuell für jede KWK-Anlage zu überprüfen.

3.4.1.1 Pufferspeicher

Durch den Einsatz von Pufferspeichern kann die Betriebszeit von KWK-Anlagen, vor allem in Zeiten mit niedrigem Wärmebedarf, verlängert werden. Das gilt vor allem für Anlagen mit fixer Kopplung zwischen Strom und Wärme (fixe Stromkennzahl). Wärme kann, abhängig von der Speicherkapazität, unabhängig vom tatsächlichen Bedarf erzeugt werden. Dadurch können allfällige Stromspitzen durch die KWK-Anlage abgedeckt werden.

Zu beachten ist, dass das Temperaturniveau im Pufferspeicher unter 100 °C (in der Regel bei maximal 97 °C) liegen muss, da die Speicher nicht als Druckbehälter ausgeführt sind, und bei Umgebungsdruck betrieben werden. Das schränkt den Einsatzbereich derartiger Speicher auf Heizwärmeversorgungen bzw. Fernwärmesysteme ein, deren Vorlauftemperaturen direkt aus dem Speicher abgedeckt werden können.

Bei Heizkraftwerken von Energieversorgungsunternehmen sind Wärmespeicher mit thermischen Speicherkapazitäten von bis zu 1,3 GWh installiert. Teilweise werden stillgelegte Öltanks als Fernwärmespeicher umgebaut. Abhängig von der Tankgröße betragen die Speicherkapazitäten beispielsweise 100 MWh. Bei geeigneter Bauart (große Speicherhöhe) können die Wärmespeicher als Zusatznutzen auch die Funktion der Druckhaltung in den Wärmeverteilnetzen übernehmen.

Wärmespeicher erlauben vor allem im Übergangs- und Schwachlastbetrieb von Fernwärmenetzen (Frühjahr, Sommer, Herbst), Spitzen in der Wärmelast aus dem Speicher

abzudecken. Die thermische Wiederbeladung erfolgt dann aus KWK-Anlagen in Perioden, in denen ein hoher elektrischer Bedarf einem niedrigen Wärmebedarf gegenübersteht. Das ermöglicht vor allem stromgeführten KWK-Anlagen eine Ausdehnung der Betriebszeiten mit KWK-Betrieb. Die ungekoppelte Wärmeerzeugung in Spitzenlastkesseln zur Spitzenabdeckung wird dadurch reduziert. Darüber hinaus kann dadurch die Wärme zu den jeweils günstigsten Kosten erzeugt werden. In der wärmegeführten KWK bringen Pufferspeicher vor allem betriebliche Vorteile, da es zu einer Reduktion der Ein- und Ausschaltvorgänge kommt.

3.4.2 Absorptionskältemaschine

Der Kältemitteldampf wird von einem Lösungsmittel bei niedrigem Verdampfungsdruck absorbiert und nicht wie bei der Kompressionskältemaschine mechanisch verdichtet. Im Austreiber wird der mit Kältemittel angereicherten und auf einen höheren Verflüssigungsdruck gebrachten Lösung das Kältemittel mittels Wärme wieder ausgetrieben. In dieser Lösung wird der Kältemitteldampf wieder absorbiert und die dabei freiwerdende Lösungswärme an das Kühlwasser abgegeben.

Bei allen Anlagen, deren Daten in der vorliegenden Studie verwendet wurden, wird als Kältemittel/Lösungsmittelpaar Wasser/Lithiumbromid eingesetzt.

Bei der Kälteerzeugung mittels Absorptionskälteanlage ist die Trägheit des Absorbers zu berücksichtigen.

Leistungsgrößen:

Die vorliegenden Werte beziehen sich auf Anbieter in Deutschland und Österreich. Die kleinste Kältemaschine hat eine Kälteleistung von 15 kW, die größte 2300 kW. Wird die benötigte Wärme in Form von Dampf zugeführt, kann die doppelte Wärmeleistung erbracht werden. Der COP – Wert (*coefficient of performance* = das Verhältnis von gewonnener Kälte zu hierfür zugeführter Wärme) liegt bei einstufigen Anlagen ca. bei 0,7. Bei zweistufigen Systemen kann laut Herstellerangaben ein COP-Wert von 1,1 erreicht werden. Diese werden derzeit aus Kostengründen nicht vertrieben. (Herstellerangabe)

Die spezifischen Kosten in Abhängigkeit von der Kälteleistung sind in Abbildung 10 dargestellt. Es handelt sich dabei um die Investitionskosten rein für die Kältemaschine. Dazu kommen noch Kosten für die Inbetriebnahme, Schaltschrank und Regelung sowie den Kühlturm. Die Investitionskosten für einen geschlossenen Kühlturm für eine 500 kW – Anlage wurden herstellerseitig mit 100.000,- EUR angegeben. Die Kosten für einen offenen Kühlturm betragen ca. 45% der Kosten für einen geschlossenen Kühlturm. Bei kleinen Absorptionskälteanlagen können diese zusätzlichen Systemkosten bis zu 90 % der Investitionskosten für das Aggregat betragen.

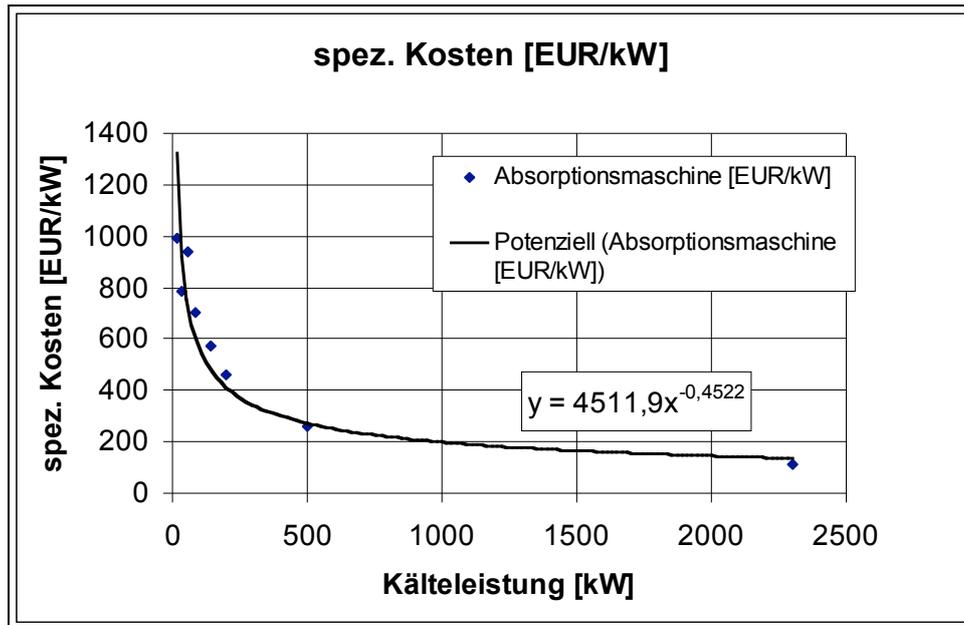


Abbildung 10: Spezifische Investitionskosten von Adsorptionskältemaschinen (nur für das Aggregat, ohne Systemintegration)

3.4.3 Adsorptionskältemaschine

Das Funktionsprinzip ist gleich wie bei der Adsorptionskälteanlage, nur wird das Kältemittel nicht in einer Lösung ab- sondern an einem Feststoff adsorbiert. Das Arbeitsstoffpaar ist üblicherweise Wasser/Silicagel.

Leistungsgröße - Kosten:

Die verfügbaren Daten ergeben einen Leistungsbereich von 50 kW bis 500 kW Kälteleistung. Der COP – Wert liegt zwischen 0,5 und 0,7. Die spezifischen Investitionskosten bezogen rein auf das Kälteaggregat betragen für die 50 kW – Maschine 2.200,-- EUR/kW, für die 500 kW – Maschine 450,-- EUR/kW. Der Einsatz einer Adsorptionskälteanlage erfordert einen geschlossenen Kühlturm, das heißt die zusätzlichen Systemintegrationskosten sind durchwegs höher als die Kosten bei der Adsorptionskälteanlage.

4 MARKT- UND BRANCHENANALYSE

4.1 ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN

KWK-Anlagen erzeugen Strom und Wärme, abhängig von der eingesetzten Technologie, grundsätzlich zur gleichen Zeit². Damit ist die Wirtschaftlichkeit von folgenden energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen abhängig:

- Entwicklung des Strompreises
- Entwicklung der Primärenergieträgerpreise
- Bedarfsentwicklung der Wärme
- Entwicklung des Kältebedarfs
- Anlagekosten (inkl. Investmentrisiko)
- Realisierbarkeit der Anlagen (Umweltauflagen)
- Verfügbarkeit von Primärenergieträgern
- Verfügbarkeit der elektrischen Netze bzw. Fernwärmenetze und Gasnetze
- Kosten für CO₂-Zertifikate
- Gleichzeitigkeit von Strom- und Wärmebedarf bzw. Kältebedarf

Der Preis für den Bezug von Strom ist für die KWK wichtig, weil bei KWK abhängig von der Technologie immer Strom miterzeugt wird. Die Kosten dieser so genannten Eigenerzeugung sollten, abhängig von der Gesamterlösrechnung³, geringer sein als die Kosten für den Bezug von Strom. Weiters gibt es für den Strom, anders als für Wärme oder Kälte, Indizes, wie Großhandelspreise, Börsenpreise oder Spotmarktpreise, nach denen sich die Wirtschaftlichkeitsberechnungen orientieren können.

Die Preisentwicklung der Primärenergieträger ist ein weiterer wichtiger Faktor für die Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen, da diese direkt in die Wirtschaftlichkeitsanalyse eingehen und berücksichtigt werden müssen.

Da KWK-Anlagen Strom- und Wärme bzw. Kälte erzeugen, ist ein gleichzeitiger Wärmebedarf für die Wirtschaftlichkeit grundsätzlich notwendig. Dieser Wärmebedarf kann unmittelbar beim Kunden bestehen oder durch die Auskoppelung über Wärmenetze örtlich distanziertere Kunden erreichen.

In Kapitel Hemmnisse befinden sich genauere Ausführungen zu den oben angeführten Rahmenbedingungen.

² Welche Technologie ein konstantes Verhältnis von Strom/Wärme-Erzeugung hat und welche Technologie hier eine Regelmöglichkeit liefert, finden Sie im Kapitel Technologie.

³ Da KWK sowohl Strom als auch Wärme bzw. Kälte erzeugen kann, ist für die wirtschaftliche Betrachtung die Gesamterlösrechnung wichtig.

4.1.1 Strommarkt

Die Stromerzeugung in Österreich erfolgt im überwiegenden Teil aus Wasserkraft und Wärmekraftanlagen. Durch die Vorgaben aus dem EIWOG⁴ bzw. Ökostromgesetzes zur Erreichung der Ziele der Stromproduktion aus Erneuerbaren Energieträgern, kam es in den letzten Jahren zu einem starken Anstieg des Anteils aus dieser Stromerzeugung.

Gesamte Elektrizitätsversorgung 1970 bis 2003

Gliederung	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2003
	GWh							
Erzeugung								
Öffentliche Elektrizitätsversorgung	25.818	30.414	36.693	39.203	44.040	48.839	52.986	52.444
Unternehmen mit Eigenanlagen	4.218	4.791	5.272	5.331	6.370	7.748	8.835	3.576
Gesamterzeugung	30.036	35.205	41.965	44.534	50.410	56.587	61.821	56.020
davon:								
Wasserkraft	21.240	23.745	29.090	31.603	32.491	38.438	43.568	32.186
Wärmekraft	8.796	11.460	12.876	12.931	17.919	18.109	18.253	23.835
Wasserkraft, %	71	67	69	71	64	68	70	57
Wärmekraft, %	29	33	31	29	36	32	30	43
Import	1.371	2.420	3.165	6.051	6.839	7.287	13.920	19.003
Export	6.785	6.962	7.136	7.770	7.298	9.757	15.216	13.389
Inlandstromverbrauch	24.622	30.663	37.995	42.815	49.951	54.117	60.502	62.623

Tabelle 5: Stromerzeugung in Österreich 1970-2003 (Quelle: Statistisches Jahrbuch 2005, Statistik Austria)

Der Strommarkt in Österreich ist seit 1.10.2001 zu 100% liberalisiert, d.h. jeder Kunde kann seinen Lieferanten wählen. Mit der Liberalisierung wurde der Markt im Energiebereich geöffnet, der Netzbereich (Monopolbereich) wird von der Regulierungsbehörde E-Control reguliert.

Seit der Marktöffnung gibt es drei wesentliche Entwicklungen:

- Strompreis (Energie) orientiert sich nun für alle Kunden an den Großhandelspreisen und ist damit volatil geworden
- laufende Senkung der Netztarife durch E-Control
- Erhöhung der Steuern und Abgaben sowie Zuschläge bei Bezug von Fremdstrom

Mit der Marktliberalisierung wurde eine Strompreisbindung aufgehoben, die Preise bilden sich nun nach freien Marktverhältnissen. Der für Österreich maßgebliche Strompreisindex ist der Großhandelspreis an der deutschen Strombörse EEX. Zwar gibt es eine Strombörse in

⁴ Elektrizitätswirtschafts- und organisationsgesetz i.d.F. BGBl I 149/2002, sowie weitere Änderungen bis 2005

Graz, doch aufgrund der ausreichenden Kapazitäten an den Kuppelleitungen nach Deutschland und der höheren Handelsvolumen, sind die Preise an der EXAA beinahe identisch.

In den letzten Jahren kam es zu einem kontinuierlichen Anstieg des Strompreises. Dies ist vor allem auf den Atomausstieg von Deutschland, die zunehmende Stilllegung alter Kraftwerke aber auch auf einen geringen Ausbau neuer Kapazitäten zurückzuführen. Künftig wird eine Investition in Kraftwerke grundsätzlich in die wirtschaftlich günstigste Technologie erfolgen. Da diese in der Regel Gaskraftwerke sind, wird der Großhandelspreis sich zumindest an den langfristigen Grenzkosten dieser Technologie orientieren. Die langfristigen Grenzkosten liegen derzeit bei ca. 45 bis 50 €/MWh. Weiters erfolgt durch die Kosten des CO₂-Handels ein weiterer Preisanstieg, da die Kosten der CO₂-Zertifikate ebenfalls im Strompreis abgebildet (eingepreist) werden⁵.

Auch in Österreich erfolgte in den letzten Jahren ein zunehmend geringerer Ausbau in neue Großkraftwerke. In einer vom VEÖ beauftragten Studie wird die Entwicklung der in Österreich verfügbaren installierten Kraftwerksleistung untersucht /24/. Unter Berücksichtigung einer jährlichen Bedarfssteigerung von 2%, kommen die Studienautoren zu dem Ergebnis, dass unter Beibehaltung der bestehenden Import/Exportverträge bereits ab 2005 mit Engpässen in der Erzeugung zu rechnen ist. Wenn man davon ausgeht, dass der Import und Export sich durch die Erzeugungsmöglichkeiten anpassen lässt, so fehlen in Österreich ab 2015 ca. 6.000 MW installierter Leistung.

UCTE⁶ analysiert regelmäßig im so genannten System-Forecast die bestehenden Reserven im westeuropäischen Verbundnetz /25/. Dabei kommt auch die UCTE in der Analyse zu dem Schluss, dass es europaweit zu einer laufenden Verkleinerung der notwendigen, systemerhaltenden Reserveleistungen kommt und ab 2009 (Winter) zu wenig Reserveleistung vorhanden ist, um einen sicheren Systembetrieb garantieren zu können. Die zunehmenden Probleme werden auf der einen Seite durch Stilllegung von alten Kraftwerken, auf der anderen Seite durch den massiven Windausbau hervorgerufen. Da die Erzeugung durch Windkraftwerke schwer prognostizierbar ist, muss parallel dazu ein Ausbau in schnell regelbare Kraftwerke erfolgen. Dies kann durch Gaskraftwerke auf der thermischen Seite aber auch durch Wasserkraftwerke auf der hydraulischen Seite erfolgen. Auf jeden Fall wird es zu einem weiteren Anstieg des Strompreises kommen, da künftig neue Kraftwerke gebaut werden müssen. Investitionen werden nur erfolgen, wenn die Gesamtkosten von den Unternehmen erwirtschaftet werden können.

Somit ist mit einem Anstieg des Strompreises (Energie) von einem derzeitigen Großhandelspreis für Base von ca. 36 €/MWh bis 2010 von 45 €/MWh und einem Peak von derzeit ca. 52 €/MWh auf mittelfristig bis 2010 von 60 €/MWh⁷ auszugehen. Das würde einer jährlichen Steigerung von durchschnittlich ca. 4% entsprechen.

⁵ Bei der Erstellung der Studie lag der Preis für eine CO₂-Zertifikate bei 25 €/t CO₂

⁶ Union for the Co-Ordination of Transmission of Electricity

⁷ Quelle: Forwardnotierungen an der deutschen Stromhandelsbörse EEX, www.eex.de

Im Gegenzug dazu kommt es in Österreich seit Bestehen der Regulierungsbehörde E-Control zu laufenden Tarifsenkungen. Da die elektrischen Netze ein natürliches Monopol darstellen, werden in Österreich die Netztarife reguliert und sind damit für die Netzkunden einheitlich und fix. Seit Beginn der Tätigkeit wurden in mehreren Tarifsenkungen die Netztarife bis 2004 durchschnittlich um ca. 13 % reduziert, das entspricht einer jährlichen Senkung von ca. 4%.

Steuern und Abgaben belasten noch zusätzlich die Strompreise, ebenso wie die der Primärenergieträger mit Kohleabgabe, Erdgasabgabe, Mineralölsteuer. Eine genauere Diskussion der Abgaben erfolgt im Kapitel Hemmnisse.

4.1.2 Wärmemarkt

Im Wärmemarkt werden in Österreich grundsätzlich folgende Primärenergieträger eingesetzt:

- Gas
- Kohle
- Ölprodukte
- Biomasse (Holz usw.)

In der Studie wird eine Anlage, die direkt vor Ort (Betrieb) installiert ist, als dezentrale Anlage bezeichnet. Anlagen, die mehrere voneinander unabhängige Verbraucher versorgen, werden als KWK-Fernwärmeanlagen bezeichnet. Auch KWK-Anlagen, die ein Nahwärmenetz betreiben, d.h. nur eine geringe Anzahl von Kunden haben, werden in dieser Studie als Fernwärme-Anlagen geführt.

Weiters wird in der Potentialanalyse eine Unterscheidung hinsichtlich der Nutzenergie in Abhängigkeit der Temperatur durchgeführt. Die Unterscheidung wird aus der Nutzenergieanalyse übernommen.

- Raumwärme, Klima, Warmwasser: Prozesstemperatur <100 °C
- Dampferzeugung: Prozesswärme mit einer Temperatur zwischen 100 °C und 200 °C
- Industrieöfen: Industrierwärme mit Temperaturen über 200 °C

durchgeführt.

4.1.3 Kältemarkt

Über den Kältemarkt in Österreich gibt es kaum fundierte Daten. Aus Ländern mit einem entwickelten Kältemarkt zeigt sich, dass dieser in der Größenordnung bis zu 30% des bestehenden Wärmemarktes (Raumheizung, Warmwasser) liegen kann.

Da diese Daten z.T. aus südlichen Ländern stammen, wird für Österreich ein Potential von 10% des Raumwärmebedarfs als reines Potential für Klima (Raumkühlung) für diese Studie abgeschätzt.

Aus technischen Gründen ist es erst ab einer Kälteleistung von etwa 50 kW sinnvoll Kältemaschinen auf Basis von thermischer Energie einzusetzen. Berücksichtigt wird dieses Potential in der Studie in der Erhöhung der Wärmemenge bzw. Erhöhung der Volllaststunden bei gleich bleibender Wärmeleistung.

Derzeit ist ein Trend zu beobachten, dass bei Raumkühlung elektrische angetriebene Kältemaschinen geringer Leistung verwendet werden. Dies vor allem bei Klimatisierung von Dachbodenausbauten bzw. Sanierung von Einfamilienhäusern.

4.1.4 Primärenergieträgerpreise

Die wichtigsten Primärenergieträger für die KWK-Technologien sind primär Erdgas und Ölprodukte. Für diese gibt es auch internationale Handelsplätze mit einem Preisindex, dem die einzelnen Preisberechnungen zugrunde gelegt werden.

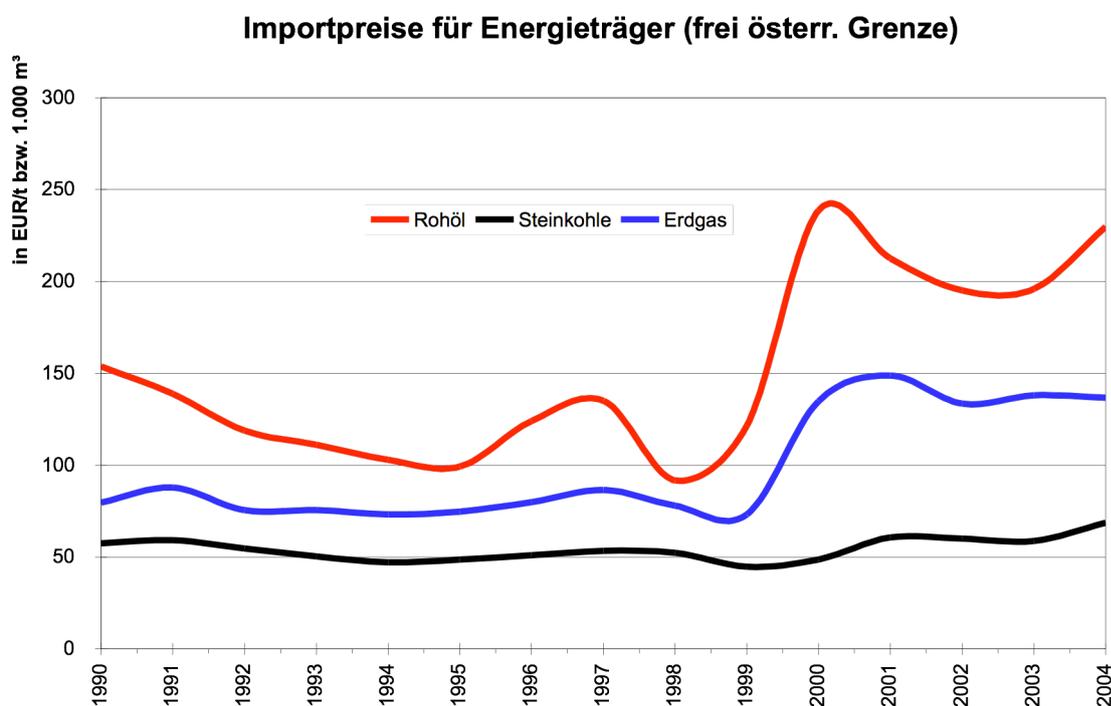


Abbildung 11: Entwicklung der Importpreise für Rohöl, Steinkohle und Erdgas in €/t bzw. €/1.000m³ (Quelle: Importstatistik BMWA, Berechnungen E-Bridge)

Erdöl, Ölprodukte und Erdgas konnten in den letzten Jahren einen starken Preisanstieg verzeichnen. Verschiedene internationale Ölpreisprognosen rechnen bis 2020 mit einem starken Preisanstieg /26/ .

In allen Preisprognosen für Erdöl wurde jedoch der mögliche Preisanstieg, wie er 2004 und 2005 erfolgte, nicht erkannt. Somit ist davon auszugehen, dass die bisherigen Prognoseergebnisse, wie z.B. für 2020, die untere Bandbreite darstellen.

Institution	2005	2010	2015	2020	2025
IEA		26		38	
PEL	38	40	46	54	62
World Bank	20	20	22		
ILEX	37	31	34	40	
Deutsche Bank	25	24	27	30	
EIA Reference		29			52
CGES	24	21		37	
NPC		21	24	27	31
PIRA		28	36		
EEA		24	26	29	

Die Prognosen beziehen sich teilweise auf unterschiedliche Ölqualitäten. Reale Werte wurden mit folgenden Faktoren inflationiert: 2,0 % pro Jahr bis 2010, 2,5 % pro Jahr für die folgenden Jahre.

Quellen:

IEA: World Energy Outlook 2004 (nominal values estimated with 2.2%/a inflation)
 PEL: World Long Term Oil & Energy Outlook, Autumn 2004
 World Bank: Global Commodity Price Prospects (in: Global Economic Prospects 2004)
 ILEX: Gas prices in the UK, October 2004
 Deutsche Bank: Guns, gold and government, March 2004 (real flat)
 EIA: Annual Energy Outlook 2004
 CGES: Presentation by Leo P. Drollas, October 2003
 NPC: National Petroleum Council, October 2003
 PIRA: Retainer Client Seminar, October 2003
 EEA: EEA Compass Service: October Base Case

Tabelle 6: Prognosevergleich zur langfristigen Entwicklung der Rohölpreise in USD/Barrel (Quelle: RWE)

5 POTENTIALERMITTLUNG

Ziel dieses Kapitels ist die Ermittlung des Potentials für KWK-Anlagen, wobei diese Studie davon ausgeht, dass KWK-Anlagen grundsätzlich wärmegeführt betrieben werden. Strom fällt dabei als Koppelprodukt an. Bei KWK-Anlagen für mechanische Energie entsteht als Koppelprodukt Wärme (Raumwärme). Die gesamte Potentialermittlung erfolgt für das Basisjahr 2002, da für dieses Jahr durchgehend Daten und Erhebungsergebnisse vorhanden sind.

Ausgehend von der Nutzenergieanalyse der Statistik Austria erfolgt zunächst eine Bedarfsdarstellung für das Jahr 2002.

In einem weiteren Schritt wird das mögliche Potential mit der technischen Verfügbarkeit von KWK-Technologien reduziert. Da KWK-Anlagen in der Regel nicht den gesamten Jahresenergiebedarf decken, erfolgt im darauf folgenden Schritt eine Potentialreduktion in Abhängigkeit der Volllaststunden. Das Ergebnis ist das technische KWK-Potential.

Die weitere Reduktion des technischen KWK-Potentials mit bereits realisierten KWK-Anlagen (Bestand 2002) ergibt das noch technisch realisierbare KWK-Potential.

Unter Berücksichtigung verschiedener Parameter wird eine sehr vereinfachte Wirtschaftlichkeitsanalyse von KWK-Anlagen für die Nutzenergie ‚Raumwärme, Klima, Warmwasser‘ durchgeführt.

5.1 DATENBASIS FÜR POTENTIALANALYSE

In folgendem Abschnitt werden die untersuchten und z.T. verwendeten statistischen Datenbasen dargestellt.

5.1.1 Nutzenergieanalyse 2002 (NEA)

Da aus der KWK-RL die Anforderung besteht, dass die Analyse auf Basis des Nutzenergiebedarfs durchgeführt werden soll, wurden für die Studie die Nutzenergieanalyse von 1998 (NEA 98) von Statistik Austria verwendet /29/. Die Ermittlung der Zahlenbasis für 2002 erfolgte mit den Energiebilanzen von Statistik Austria /31/ /32/.

In der Nutzenergieanalyse (NEA) wird der energetische Endverbrauch und Nutzenergieausstoß nach Wirtschaftsbereichen, Energieträgern und Nutzenergie-Kategorien dargestellt.

Damit kann festgestellt werden, wie viel Energie nach der letzten Umsetzung in den Geräten der Verbraucher (Heizanlagen, Motoren, usw.) zur Verfügung steht. Die Darstellung erfolgt für die 44 Wirtschaftsbereiche, in die auch die Energiebilanzen der Statistik Austria gegliedert sind. Die NEA wird insgesamt für 22 Energieträger erstellt.

Die Erhebung erfolgt grundsätzlich für folgende Wirtschaftsbereiche:

- Land- und Forstwirtschaft
- produzierender Bereich
- öffentlicher Bereich und private Dienstleistungen
- private Haushalte

Die Nutzenergieanalyse wird nicht durch Vollerhebungen sondern durch Stichproben erstellt. Ein Großteil der Energiewerte ist das Ergebnis von Modellrechnungen, Expertenschätzungen und Fortschreibung bisheriger Ergebnisse. Einzelne Tabellen bzw. Daten werden daher nicht isoliert betrachtet, sondern immer im Zusammenhang des Gesamtsystems.

Die Nutzenergieanalyse erhebt die Nutzenergie nach folgenden Nutzenergiearten:

- Raumheizung, Klima, Warmwasser
- Dampferzeugung
- Industrieöfen
- Standmotoren
- Traktion (Verkehr)
- Beleuchtung und EDV
- elektrochemische Zwecke

Bis auf Traktion (Verkehr) wurden alle Nutzenergiearten verwendet, wobei Beleuchtung und EDV sowie elektrochemische Zwecke dem elektrischen Strom (Strombedarf) zugeordnet wurden.

Der Gesamtbedarf an elektrischer Energie wird in der Studie als Vergleichsbasis für den aus KWK-Anlagen erzeugbaren Strom verwendet.

Nutzwärme: Raumheizung, Klima, Warmwasser

Raumheizung, Klima und Warmwasser umfasst für Land- und Forstwirtschaft, produzierender Bereich, öffentliche Einrichtungen und private Dienstleistungen den gesamten Nutzenergiebedarf diese Kategorie.

Für Haushalte jedoch wird von Statistik Austria der Bedarf an Warmwasser der Nutzenergieart ‚Industrieöfen‘ zugeordnet. Diese Zuordnung begründet Statistik Austria mit erhöhten statistischen Anfragen für den reinen Raumwärmebedarf in Haushalten. Da Warmwasser jedoch ein grundsätzliches Potential für KWK darstellt, wurde der mögliche Anteil von Warmwasser für Haushalte aus der Gesamtmenge berechnet und der Nutzenergieart ‚Raumheizung, Klima, Warmwasser‘ zugeordnet. Darum ergeben sich in dieser Studie gegenüber der Nutzenergieanalyse für Haushalte höhere Energiemengen in der Nutzenergieart ‚Raumwärme, Klima, Warmwasser‘.

Die Zuordnung erfolgte zunächst nach Energieträgern, die eindeutig dem Prozess ‚Kochen‘ und ‚Warmwasser‘ zugeordnet werden können. Auf Basis der Statistik Austria Erhebung über

verwendetes Heizmaterial /43/ sowie dem Ausstattungsstand der österreichischen Haushalte nach der Konsumerhebung ‚Konsumstandards‘ /46/ erfolgt eine Verteilung der Energieträger Erdgas, Holz und elektrische Energie auf ‚Kochen‘ und ‚Warmwasser‘.

Die Zuordnung wird im Anhang F dargestellt.

Nutzwärme: Dampferzeugung

Der Bereich Dampferzeugung umfasst die Erzeugung von Prozessdampf für industrielle Zwecke. In der Nutzenergieanalyse werden die Nutzenergiemengen zur Dampferzeugung aus Kesselanlagen erfasst. Grundsätzlich ist dieses gesamte Potential mittels unterschiedlicher KWK-Technologien abdeckbar.

Nutzwärme: Industrieöfen

Unter Industrieöfen werden Hochtemperaturanlagen wie Bäckereiöfen aber auch z.B. Schmelzöfen erhoben. Für KWK-Anlagen stellen jene Prozesse ein Potential dar, die ein Wärmeträgermedium verwenden, da die Erwärmung dieser Medien bis zu einer bestimmten Temperatur mit KWK-Anlagen technisch möglich ist. Öfen der industriellen Fertigung wie Drehrohröfen, Schmelzöfen usw. stellen jedoch kein KWK Potential dar und werden in der Studie ausgeschieden und als ‚kein Potential‘ dargestellt.

Mechanische Energie: Standmotoren

Standmotoren werden all jene Motoren bezeichnet, die nicht dem Zwecke des Verkehrs (Traktion) dienen.

das Potential für Standmotoren wurde nur für mechanische Energie ausgewertet, der Bedarf an elektrischer Energie wird der Endenergie Strom zugeordnet.

Unter nichtelektrische Standmotoren fallen vor allem Motoren größerer Leistung, die mit Gas, Diesel oder Benzin betrieben werden und in der Regel für Verdichterstationen in Gas- und Ölpipelines sowie Kompressoranlagen für Druckluft eingesetzt werden.

Für KWK-Anlagen ist dieses Potential interessant, da mit KWK-Anlagen mechanische Energie für den Antrieb von z.B. Kompressoren bereitgestellt werden kann, die Wärme jedoch für z.B. Raumwärme genutzt werden kann. Gegenüber KWK-Anlagen mit Wärme und Stromproduktion liegt der Unterschied darin, dass diese KWK-Anlagen keinen elektrischen Generator betreiben, sondern die mechanische Energie direkt abgeben.

Folgende Abbildungen zeigen einen vereinfachten Vergleich zwischen KWK-Anlagen zur Wärmedeckung und KWK-Anlagen zur Deckung mechanischer Energie.

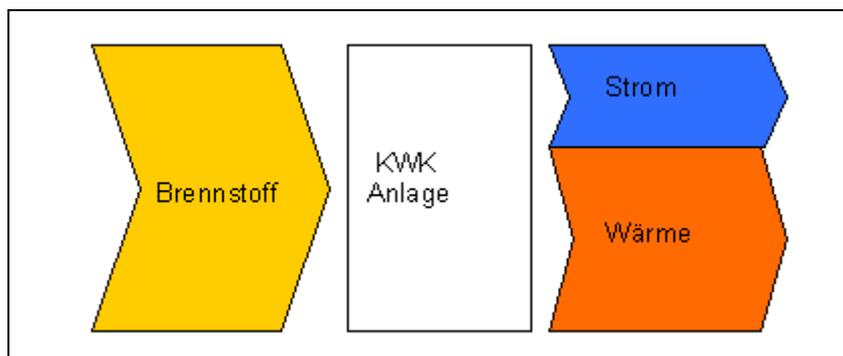


Abbildung 12: Sankey Diagramm für KWK-Anlage zur Strom- und Wärmeerzeugung

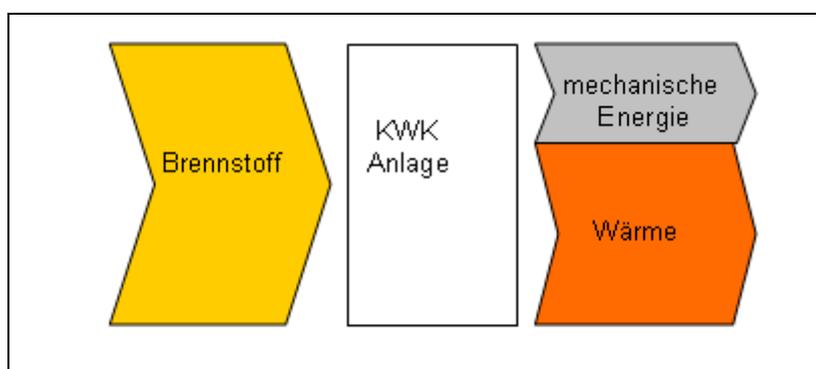


Abbildung 13: Sankey Diagramm für KWK-Anlagen zur Erzeugung von mechanischer Energie und Wärme

Diese Abbildungen sollen auch zum Verständnis der Trennung der Potentialberechnungen in Nutzwärme und mechanische Energie dienen.

5.1.2 Energiebilanzen

Die regionalisierten Energiebilanzen von Statistik Austria der Jahre 1970 - 2003 werden getrennt nach Energieträger erhoben. 9 Bundesländer sowie 26 Energieträger werden mit ihren Jahresenergiebilanzen dokumentiert. Der Darstellungsraum reicht von der inländischen Erzeugung von Rohenergie über den Außenhandel bis zum Brutto-Inlandsverbrauch und dem energetischen Endverbrauch. Zusätzlich wird der energetische Endverbrauch nach 21 Wirtschaftssektoren unterteilt. Eine Gesamtbilanz fasst die einzelnen Energieträgerbilanzen zusammen. Die Energiebilanzen werden jährlich erstellt und dienen in weiterer Folge als weitere Basis für die Erstellung der Nutzenergieanalyse NEA.

5.1.3 Leistungs- und Strukturhebung (LSE)

Die Leistungs- und Strukturstatistik wird nach den Vorgaben der EU-Verordnung über die strukturelle Unternehmensstatistik im produzierenden Bereich seit dem Berichtsjahr 1997 jährlich erstellt. Diese Statistiken, die nicht nur in Österreich sondern auch EU-weit verbindlich vorgeschrieben sind, ermöglichen eine ausführliche Information der Unternehmens- und Betriebsstrukturen, sowie der regionalen Verteilung der Arbeitsstätten. Darüber hinaus liefert sie die Rahmendaten für die volkswirtschaftliche und regionale Gesamtrechnung zur Berechnung des Bruttoinlandsproduktes und des Wirtschaftswachstums, für Wirtschaftsprognosen und Marktforschung.

Die Leistungs- und Strukturhebung des produzierenden Bereichs erstreckt sich auf alle Wirtschaftszweige, die folgenden Abschnitten der ÖNACE 2003⁸ zuzuordnen sind:

- Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden (ÖNACE 2003 - Abschnitt C)
- Sachgütererzeugung (ÖNACE 2003 - Abschnitt D)
- Energie- und Wasserversorgung (ÖNACE 2003 - Abschnitt E)
- Bauwesen (ÖNACE 2003 - Abschnitt F)

5.1.4 Gütereinsatzerhebung

Die Gütereinsatzerhebung wurde als mögliche Datenquelle untersucht, jedoch aufgrund der geringeren Datenqualität gegenüber der Nutzenergieanalyse 2002 nicht eingesetzt.

Die Gütereinsatzstatistik wird in Form von Primärerhebungen durchgeführt, d.h. die Erhebungsmerkmale werden direkt bei den meldepflichtigen Respondenten erfragt. Die Ergebnisse der Statistik dienen unter anderem der Analyse der Bereitstellung von Energiedaten zur Berechnung der Energiebilanzen.

Die primären Datenquellen für die Gütereinsatzerhebung bilden Unternehmensabschlüsse (Jahresabschlüsse) sowie betrieblichen Aufzeichnungen der Unternehmen.

Es werden jedoch nur Unternehmen abgefragt, die mehr als 19 Beschäftigte und eine Wirtschaftsleistung von mindestens 7,49 Mio. Euro erreichen. Die erhobenen Betriebe decken dabei über 80% der Wirtschaftsleistung bezogen auf die Erhebungspopulation der Konjunkturstatistik im produzierenden Bereich. Die Gütereinsatzstatistik liefert somit eine durchaus repräsentative Darstellung des Wertes und der Verteilung des Energie- und Wareneinsatzes auf Güter- und auf Aktivitätsebene.

Gegenüber der Nutzenergieanalyse ist die Gütereinsatzstatistik nicht umfassend. Die Nutzenergieanalyse erhebt die Gesamtmengen sowie Leistungen in einzelnen Wirtschaftsklassen. Die Gütereinsatzstatistik erhebt ca. 80% des gesamten Bereiches.

⁸ **ÖNACE (2003)** ist die in der Wirtschaftsstatistik anzuwendende österreichische Version der europäischen Klassifikation der Wirtschaftstätigkeiten (NACE Rev. 1.1), die gemäß Europäischer Kommissionsverordnung (Verordnung (EG) Nr. 29/2002 ab 2003 in allen EU-Mitgliedstaaten verbindlich anzuwenden ist. "NACE" steht für Nomenclature générale des activités économiques dans les communautés européennes).

Damit ist die Nutzenergieanalyse für die Potentialanalyse wesentlich umfangreicher und als Basis besser geeignet.

5.1.5 Zusammenfassung Datenbasis

Die Studie wurde auf folgenden statistischen Daten erstellt:

- Nutzenergieanalyse NEA von Statistik Austria
- Leistungs- und Strukturhebung von Statistik Austria
- Energiebilanzen 1970 – 2003 von Statistik Austria

Damit wird eine Datenbasis nach der Wirtschaftsklassenteilung ÖNACE⁹ für folgenden Nutzenergiearten und Strom (Endenergieform) erstellt:

- Raumheizung, Klimaanlage, Warmwasser
- Dampferzeugung
- Industrieöfen (inkl. Großwaschmaschinen)
- nichtelektrische Standmotoren (mechanische Energie)

Laut Statistik Austria werden Großwaschmaschinen per Definition der Nutzenergieart ‚Industrieöfen‘ zugeordnet, jedoch ist der genaue Anteil nicht bekannt. Nach Rücksprache mit Statistik Austria wird jedoch der Anteil als sehr marginal bezeichnet und für die weitere Potentialberechnung die Gesamtmenge von ‚Industrieöfen‘ verwendet.

5.2 VERTEILUNG AUF LEISTUNGSGRÖßEN

Um das Potential für die Leistungsklassen entsprechend der KWK-RL zu ermitteln, müssen die Energiewerte der Nutzenergieanalyse auf Unternehmensgrößen ermittelt werden. Dazu wird jeder Wirtschaftsbereich nach Unternehmensgrößenklassen unterteilt. Die detaillierte Verteilung ist im Anhang G dargestellt.

Zur Ermittlung wurden die einzelnen Wirtschaftsbereiche nach einem jeweiligen branchenspezifischen Strukturmerkmal so unterteilt, dass ein durchschnittlicher Jahresenergiebedarf je Unternehmensgröße ermittelt werden konnte. Mit diesen Jahresenergiewerten und mittleren Volllaststunden können in weiterer Folge die entsprechenden Leistungswerte berechnet werden.

Die Verteilung der Nutzenergiemengen auf Unternehmensgrößenklassen wurde nach folgenden statistischen Verteilungen für einzelne Wirtschaftsbereiche durchgeführt:

⁹ **ÖNACE (2003)** ist die in der Wirtschaftsstatistik anzuwendende österreichische Version der europäischen Klassifikation der Wirtschaftstätigkeiten (NACE Rev. 1.1), die gemäß Europäischer Kommissionsverordnung (Verordnung (EG) Nr. 29/2002 ab 2003 in allen EU-Mitgliedstaaten verbindlich anzuwenden ist. "NACE" steht für Nomenclature générale des activités économiques dans les communautés européennes).

- Landwirtschaft und Forstwirtschaft nach landwirtschaftlicher Nutzfläche in ha /41/ /42/
- produzierender Bereich nach Anzahl der Beschäftigten entsprechend der Leistungs- und Strukturstatistik 2002 /33/ /34/ /35/
- öffentliche Verwaltung nach Arbeitsstättenzählung /37/
- Unterrichtswesen und Gesundheitswesen nach der Arbeitsstättenzählung /37/
- private Dienstleistungen nach Arbeitsstättenzählung /37/
- private Haushalte nach der Anzahl der Hauptwohnsitze /43/ /44/

Die Daten für Unterrichtswesen sowie öffentliche Einrichtungen wurden z.T. mit den Daten der Bundesimmobiliengesellschaft BIG verifiziert und qualitativ geprüft /45/ . Insbesondere wurden die von BIG angeführten Energiewerte nach Raumvolumen mit den Berechnungsergebnissen auf Basis der Arbeitsstättenzählung verglichen. Der Datenvergleich zeigte, dass keine Adaptionen der Ergebnisse notwendig waren.

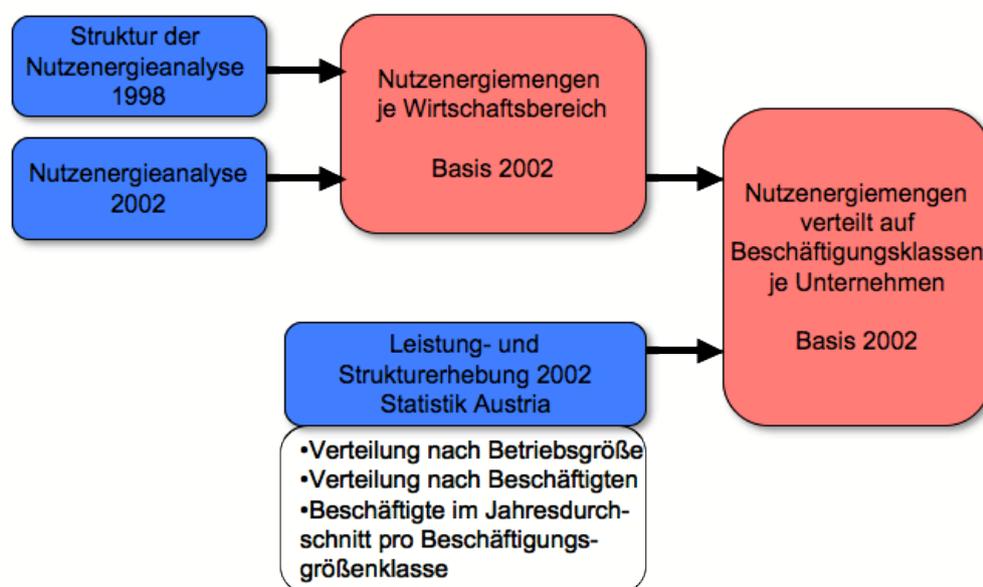


Abbildung 14: Aufbau des Datenmodells zur Ermittlung der Nutzenergiemengen auf Unternehmensgrößen am Beispiel des produzierenden Bereiches

Durch diese Verteilung erhält man für jeden einzelnen Wirtschaftsbereich einen spezifischen Energiebedarf je Unternehmensgröße, der zwar in der jeweiligen Wirtschaftsklasse gleich ist, jedoch unterschiedlich zu anderen Wirtschaftsklassen. So ist z.B. der spezifische Energiebedarf pro Mitarbeiter des Wirtschaftsbereiches ‚Druck‘ unterschiedlich zum spezifischen Energiebedarf des Wirtschaftsbereiches ‚Gießerei‘. Damit geht der Ansatz davon aus, dass innerhalb eines Wirtschaftsbereiches der spezifische Energiebedarf im Durchschnitt gleich groß ist.

In einem weiteren Schritt wurden die Wirtschaftsbereiche nach ihrer Größe unterteilt. Diese Unterteilung erfolgte z.B. für den produzierenden Bereich nach der Anzahl der durchschnittlichen jährlichen Beschäftigungszahl der Betriebe.

Eine Verteilung der Nutzenergiewerte nach dem Produktionswert der Betriebe wurde verworfen, da aufgrund der Geheimhaltungsregelungen nicht ausreichend Daten für eine Berechnung zur Verfügung stehen.

5.3 VOLLASTSTUNDEN UND LEISTUNGSREDUKTION

Zur Bestimmung der Leistungswerte ist die Höhe der Volllaststunden notwendig.

Die Angaben in der Nutzenergieanalyse sind jährliche Energiewerte. Für die Zuordnung der Potentiale zu den Leistungsklassen ($<50 \text{ kW}_{\text{el}}$, $50 \text{ kW}_{\text{el}} - 1.000 \text{ kW}_{\text{el}}$, $> 1.000 \text{ kW}_{\text{el}}$) müssen die Leistungswerte ermittelt werden. Dazu wurden für einzelne Wirtschaftsbereiche mittlere Volllaststunden z.T. erhoben und z.T. mit KWK-Lieferanten und technischen Planungsbüros abgestimmt.

Für die Analyse der Volllaststunden wurden Branchenkenzzahlen verwendet, die im wesentlichen aus gesammelten Erfahrungen der Energieberatungen der WK Oberösterreich zusammen mit dem WIFI stammen /49/ Diese Kennzahlen (Benchmarks) wurden mit den Analyseergebnissen der Untersuchung über Lastganglinien des VEÖ /48/ ergänzt.

Die Analysen der WK Oberösterreich umfassen insbesondere Branchenanalysen für Gewerbebetriebe wie Fleischer, Tischler, Friseure usw. Auf Basis mehrere Unternehmen je Branche wurden Branchenkenzzahlen entwickelt, die als Input für den Sektor der privaten Dienstleistungsunternehmen sowie z.T. für den produzierenden Bereich verwendet wurden. Die Lastganganalysen des VEÖ werden für die Abschätzung des Wärmebedarfs herangezogen, da diese sowohl für Strom, als auch für Gas für verschiedene Anwendungen durchgeführt wurden /48/ .

Die Angaben für Volllaststunden der Kleinverbraucher basieren im wesentlichen auf den normierten und einheitlichen Standardlastprofilen der Verrechnungsstelle für Strom (APCS), der Verrechnungsstelle für Gas (AGCS), sowie den entsprechenden Teilen der Marktregeln der E-Control /51/ /52/ /53/ . Die Werte für Gasprofile wurden neben den Jahresdauerlinien von Fernwärmeanlagen, auch als zusätzliche Basis für die Analyse des Wärmeverlaufs verwendet.

Im produzierenden Bereich wird zwischen energieintensiven Branchen und weniger energieintensiven Branchen (Standard) unterschieden. Die Unterscheidung erfolgt vor allem hinsichtlich der Höhe der Volllaststunden. Folgende Branchen werden als energieintensiv eingestuft:

- Eisen- und Stahlerzeugung
- Chemie und Petrochemie
- Nicht Eisen Metalle
- Steine und Erden, Glas
- Bergbau
- Nahrungs- Genussmittel, Tabak
- Papier und Druck
- Textil und Leder

Folgende Tabelle zeigt die verwendeten Volllaststunden für die einzelnen Wirtschaftsbereiche, sowie der jeweiligen Nutzenergieart. Die Werte verstehen sich als grobe Mittelwerte und können bei spezifischer Betrachtung einzelner Unternehmen stark abweichen.

Mittlere Volllaststunden je Nutzenergieart und Wirtschaftsbereich	elektrische Energie	Raumwärme, Klima, Warmwasser	Dampf-erzeugung	Industrieöfen	nichtelektr. Standmotor
	h	h	h	h	h
Land- und Forstwirtschaft	1000	1700	1000	2000	1000
produzierender Bereich energieintensiv	8000	4000	7000	8000	8000
produzierender Bereich Standard	2000	4000	2000	4000	2000
öffentlicher Bereich und private Dienstleistungen	1000	2000	2000	2000	1000
Haushalte	700	1700	0	500	0

Tabelle 7: Volllaststunden je Branche und Nutzenergieart

Die Volllaststunden sind eine wesentliche zu treffende Annahme in der Studie. In der Diskussion wurden teilweise abweichende Werte argumentiert. So werden Volllaststundenbereiche für Raumwärme, Klima und Warmwasser im produzierenden Bereich, energieintensiv von 3.000 h bis 4.500 h, im für Standard von 2.000 h bis 6.000 h angegeben. Für elektrische Energie liegen die Volllaststundenbereich im produzierenden, energieintensiven Bereich zwischen 7.000 und 8.500 h, für den Bereich Standard zwischen 1.500 h und 3.000 h. Im Bereich öffentlicher Dienstleistungen liegt eine mögliche Bandbreite zwischen 700 h und 1.500 h. Im Bereich der Haushalte reicht die Bandbreite für elektrische Energie von 250 h bis zu 1.200 h. Weiters liegt die Volllaststundenbandbreite für Dampferzeugung im produzierenden Bereich, Standard von 1.000 bis zu 4.000 h.

Die hohe Bandbreite hängt von Unternehmensgrößen sowie auch tatsächlichem Einsatz einzelner Nutzenergiearten. Für die Potentialberechnung können nur Mittelwerte verwendet werden, da aufgrund der statistischen Daten nur Durchschnittswerte der einzelnen Wirtschaftsbereiche vorliegen.

Für den Bereich Landwirtschaft stammen die Daten aus Auswertungen von Standardlastprofilen, sowie zusätzlichen Angaben von Planungsbüros. Industrieöfen in der Landwirtschaft werden in der Regel für Trocknungsprozesse wie z.B. Korntrocknung verwendet.

Die Volllaststunden für den produzierenden Bereich wurden auf Basis von Branchen Kennzahlen ermittelt. Aufgrund der Bandbreite der Branchen wurde der produzierende Bereich vereinfacht in energieintensive Branchen sowie einen weniger energieintensiven Bereich ‚Standard‘ getrennt. Für beiden Klassen (energieintensiv, Standard) wurden für die Volllaststunden Mittelwerte angenommen. Eine detaillierte Branchenuntersuchung jeder einzelnen Branchen und für jede einzelne Nutzenergieart sowie Endenergie Strom, ist im Rahmen dieser Studie nicht möglich.

Die Volllaststunden für den öffentlichen Bereich wurden auf Basis der vom BMWA übermittelten Daten¹⁰ für die Bundesimmobiliengesellschaft BIG ermittelt. /45/

Leistungsreduktion für Raumwärme, Klima, Warmwasser

KWK-Anlagen werden in der Regel nicht für die Spitzenlastdeckung dimensioniert, sondern in Kombination mit einem Spitzenlastkessel betrieben. Damit werden KWK-Anlagen für eine geringere Leistung als die Spitzenlast (Leistung) ausgelegt. Dieser Dimensionierungsschritt wird auch in der vorliegenden Studie durchgeführt.

Aus den Jahresdauerlinien für Fernwärme (verschiedener Fernwärmebetreiber) wurde eine Reduktion der Leistung sowie Energiewerte zu bestimmten Volllaststunden ermittelt. Da die Werte aus der Nutzenergieanalyse sowie Energiebilanzen Energiewerte (und keine Leistungswerte) darstellen, wurden die entsprechenden Energiewerte aus Jahresdauerlinien erhoben.

Für die Berechnung der Energiemengen wird die Regelbarkeit von KWK-Anlagen berücksichtigt. Bei regelbaren Systemen ist eine bedarfsgerechte Reduktion der Wärmeleistung möglich und wird bei KWK-Fernwärmeanlagen eingesetzt. Industrielle KWK-Anlagen sind bedingt regelfähig, während Kleinst-KWK Anlagen nicht regelfähig sind. Dadurch ergibt sich bei gleicher Volllaststundenanzahl (und gleicher Leistungsreduktion) bei regelbaren Systemen im Vergleich zu nicht regelbaren Systemen eine viel größere erreichbare Arbeit.

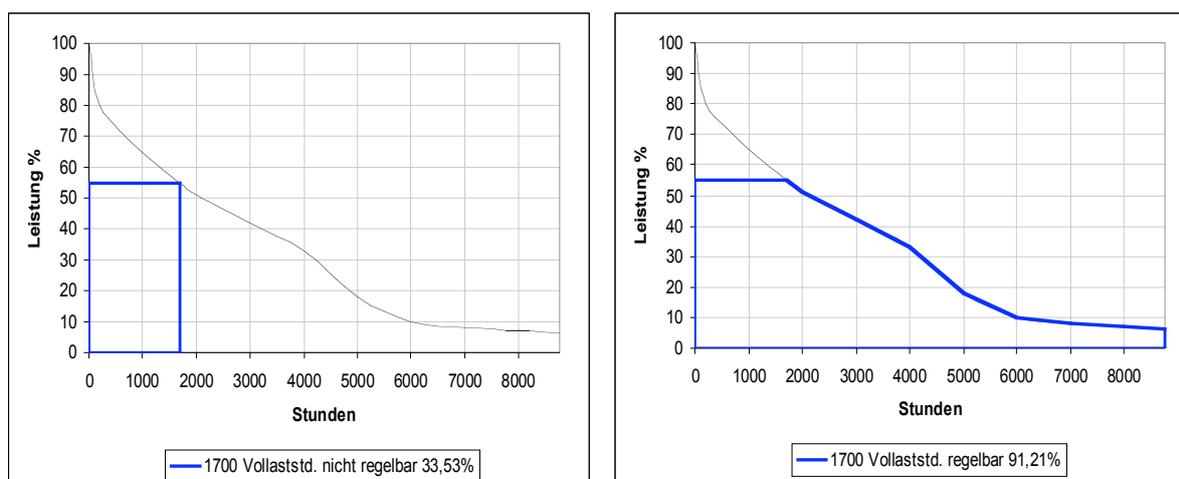


Abbildung 15: Energiemengen nicht regelbarer KWK-Anlagen und regelbarer KWK-Anlagen (Fernwärme), Quelle: VEÖ

Die Regelbarkeit von KWK-Anlagen wird in den weiteren Berechnungen in der Form berücksichtigt, dass

- Kleinst-KWK nicht regelbar sind (Q_{KWK})

¹⁰ Daten wurden in anonymisierter und aggregierter Form übermittelt.

- Klein-KWK nicht regelbar sind (Q_{KWK})
- KWK für dezentrale Anlagen (z.B. Industrieanlagen) bedingt regelbar sind, wobei hier wird die Annahme getroffen wird, dass der Leistungsbereich von 75% bis 100% regelbar ist ($Q_{KWK_{75}}$)
- KWK für Fernwärmeanlagen regelbar sind (Q_{FW})

Die folgende Tabelle gibt die verwendeten Volllaststunden an:

Volllaststunden	Leistung	Energie		
		Q_{KWK}	Q_{FW}	$Q_{KWK_{75}}$
1.700	58%	34%	94%	61%
2.000	55%	38%	92%	62%
3.000	46%	47%	84%	62%
4.000	36%	48%	72%	54%
5.000	19%	32%	46%	35%
6.000	12%	24%	33%	30%

Tabelle 8: Reduktion der Leistung bzw. Energie bei entsprechenden Volllaststunden

Die Berücksichtigung von Kälte erfolgt in der Form, dass die Volllaststunden erhöht werden bzw. die Energiemenge erhöht werden. Die Leistungswerte bleiben jedoch konstant, da insgesamt die Anwendung von Kälte zu einer verbesserten Auslastung der KWK-Anlage führt. Diese Auslastung wird bereits in den Wärmepotentialen berücksichtigt.

Dezentrale KWK-Anlagen (on-site generation) werden nicht für die gesamte Spitzenlast ausgelegt, sondern nur für den entsprechenden Teil der Volllaststunden (siehe Abbildung 15, linke Grafik). Die KWK kann damit nicht den gesamten Energiebedarf abdecken und braucht zusätzlich zu Spitzenzeiten eine zusätzliche Unterstützung mit einer Kesselanlage. Dadurch sinkt jedoch auch der Leistungsbedarf der KWK-Anlage.

Anders ist jedoch die Dimensionierung der Fernwärme-KWK Anlagen. Hier wird die Wärme zentral erzeugt. Diese Anlagen müssen den gesamten Wärmebedarf der Kunden abdecken können, d.h. auf der Verbraucher- bzw. Abnehmerseite muss die gesamte Wärmelast gedeckt werden können. In der Fernwärmanlage selbst wird auch die KWK-Anlage nicht für die Spitzenlast dimensioniert und immer in Kombination mit einem Spitzenlastkessel betrieben. Auch hier erfolgt eine Leistungsreduktion für die KWK-Anlage entsprechend den Volllaststunden. Für die Berechnung der installierten Leistung für (vollkommen regelbare) Fernwärme-KWK Anlagen, werden die %-Sätze für Energie für unregelmäßige KWK (Q_{KWK}) als Berechnungsbasis herangezogen. Wie in Abbildung 15, rechte Grafik ersichtlich, ist die aus KWK-Fernwärmeanlagen gewinnbare Energiemenge größer (Fläche innerhalb der blauen Abgrenzung) als bei dezentralen KWK-Anlagen. Die Energiemengen werden darum mit den höheren %-Sätzen der Q_{FW} berechnet, da durch die Regelbarkeit eine höhere Energiegewinnung möglich ist.

5.4 NUTZ- UND ENDENERGIEANALYSE FÜR DAS BASISJAHR 2002

In diesem Abschnitt erfolgt zunächst eine Darstellung des Energiebedarfs für das Basisjahr 2002. Der Energieverbrauch wurde auf Basis der Nutzenergieanalyse NEA 2002 erstellt. Für Haushalte erfolgte eine Umverteilung des Anteils ‚Warmwasser‘ aus der Nutzenergieart ‚Industrieöfen‘ in die Nutzenergieart ‚Raumwärme, Klima, Warmwasser‘.

Die Spalte ‚Nutzenergie gesamt‘ beinhaltet nur die Summe der Nutzenergiemengen, jedoch nicht den Anteil ‚Elektrische Energie‘.

Diese Istanalyse ist die Basis für die weitere Potentialberechnung.

Nutz- und Endenergieanalyse 2002	BEDARF elektrischer Energie (Endenergie)	Nutzenergieeinsatz ohne elektr. Energie				
		Raumheizung, Klima, Warmwasser	Dampf- erzeugung	Industrie- öfen	nichtelektr. Standmotoren	Nutzenergie gesamt
	MWh el	MWh th	MWh th	MWh th	MWh mech	MWh
Land- und Forstwirtschaft	1.219.313	1.581.280	27.023	417.368	37.718	2.063.389
produzierender Bereich	21.657.246	14.777.231	16.483.083	22.102.359	4.622.261	57.984.935
private Dienstleistung und öffentlicher Bereich	13.342.763	13.420.393	643.271	5.502.611	696.739	20.263.014
Haushalte	15.044.026	50.489.248	0	2.360.220	0	52.849.468
Gesamt	51.263.348	80.268.152	17.153.377	30.382.558	5.356.719	133.160.806

Tabelle 9: Energieverbrauch 2002 nach Branchen und Nutzenergiearten (Quelle: NEA 2002 von Statistik Austria sowie Berechnungen E-Bridge)

Für elektrische Energie wird der gesamte Energieverbrauch von 2002 angeführt. Im gleichen Jahr wurden aus KWK-Kraftwerken eine Strommenge von 16.594 GWh_{el} erzeugt /19/ .

Aus der Nutzenergieanalyse (NEA 2002) werden folgende Nutzenergiearten übernommen:

- Nutzwärme: Raumheizung, Klima, Warmwasser
- Nutzwärme: Dampferzeugung
- Nutzwärme: Industrieöfen
- mechanische Energie: nichtelektrische Standmotoren

Raumheizung, Klima, Warmwasser verteilt sich auf Land- und Forstwirtschaft mit 2,0%, dem produzierenden Bereich mit 18,4%, private Dienstleistung und öffentlicher Bereich mit 16,7% und dem größten Anteil auf private Haushalte mit 62,9%.

Der größte Anteil an Dampf liegt im produzierenden Bereich mit 96,1%. Geringere Mengen werden im Wirtschaftsbereich private Dienstleistungen und öffentlicher Bereich mit 3,8% benötigt. Land- und Forstwirtschaft hat einen Anteil von 0,2%, private Haushalte haben keinen Anteil an dieser Nutzenergieart.

Ähnlich ist die Verteilung für die Nutzenergieart ‚Industrieöfen‘. Der produzierende Bereich hat hier einen Anteil von 72,7%, der private Dienstleistungsbereich und öffentliche Bereich von 18,1% sowie Land- und Forstwirtschaft einen Anteil von 1,4%. Haushalte liegen bei 7,8% an der Gesamtmenge. Der Wert für Haushalte wird hier nur der Vollständigkeit halber angeführt da diese Art der Nutzenergiemenge nur für ‚Kochen‘ zählt und kein KWK-Potential darstellt.

Bei der Nutzenergieart ‚Standmotoren‘ wurde der Anteil der elektrischen Energie abgezogen, sodass als Ergebnis nur die reine mechanische Energie dargestellt wird. Der Anteil an der mechanischen Energie beträgt für Land- und Forstwirtschaft 0,7%, der Anteil des produzierenden Bereiches liegt bei 86,3% und private Dienstleistungen sowie öffentlicher Bereich bei 13,0%. Haushalte haben keinen Anteil an mechanischer Energie, da die Standmotoren (Haushaltsgeräte) mit elektrischer Energie betrieben werden.

Die elektrische Energie wird als Endenergie angeführt, da mit elektrischer Energie jede Form der Nutzenergiearten bereitgestellt werden können. Weiters dient die Menge von elektrischer Energie als Vergleichsgröße zu den in weiterer Folge dargestellten erzeugbaren Strommengen (elektrische Energie) aus KWK-Anlagen.

Der Großteil der elektrischen Energie wird für den produzierenden Bereich (42,2%), private Dienstleistungen und öffentlicher Bereich (26%) und private Haushalte (29,3%) verwendet. Land- und Forstwirtschaft haben einen Anteil von rund 2,4% an elektrischer Energie.

Da in weiterer Folge auch Fernwärme aus KWK-Anlagen betrachtet wird, wird die Annahme getroffen, dass Fernwärme grundsätzlich Nutzwärme der Kategorie ‚Raumheizung, Klima, Warmwasser‘ produziert. Für die Leistungsermittlung wird ein Verlust der Wärmenetze von 10% angenommen. Die gesamte Raumwärmemenge beträgt in Österreich auf Basis der Nutzenergieanalyse 2002 insgesamt 80.268 GWh_{th}.

5.5 POTENTIALREDUKTION DURCH BERÜCKSICHTIGUNG DER TECHNISCHEN VERFÜGBARKEIT VON KWK-ANLAGEN

5.5.1 Rahmenbedingungen

In einem ersten Schritt wird der Bedarf an Nutzenergie durch die verfügbaren Leistungsgrößen der verfügbaren KWK-Technologien reduziert. Eine weitere Abgrenzung erfolgt dahingehend, dass die Technologien zumindest einen Zeitraum von 3 Jahren am Markt verfügbar sind und auch von den Kunden gekauft werden. Damit erfolgt zunächst eine Abgrenzung zu Technologien, die derzeit in Feldversuchen erprobt werden oder sich im Prototypenstadium befinden. Dies betrifft insbesondere Technologien wie Mikrogasturbinen oder Brennstoffzellen.

Aus der Analyse der Technologien und den zuvor getroffenen Abgrenzungen zeigt sich, dass Kleinst-KWK Anlagen ab einer Leistungsgrenze von ca. 5 kW elektrisch bzw. 10 kW thermisch technisch verfügbar sind. Die dabei eingesetzte KWK-Technologie ist die Motorentechnologie.

Eine Beschränkung für Fernwärme auf der Abnahmeseite ist schwierig, da diese sehr stark mit der Siedlungsdichte und Netzplanung zusammenhängt. So werden z.B. Einzelhaushalte nicht über Sticleitungen versorgt, sondern nur, wenn entsprechend große Abnehmer (zumindest Wohnanlagen oder öffentliche Einrichtungen) am Ende der Leitung angeschlossen werden können. Aus diesem Grund wurde vom Fachverband Gas- und Wärme eine Studie zur Verfügung gestellt, die dies berücksichtigt /47/ Auf der Erzeugungsseite haben Kleinst-KWK kein Potential für Fernwärme, da sie zu klein sind. Erst in der Größenordnung der Klein-KWK (50kW_{el} bis $1.000\text{kW}_{\text{el}}$) können Fernwärmepotentiale (bzw. Nahwärme) realisiert werden.

Für Industrieöfen wurde eine Sensitivitätsanalyse nach den Temperaturniveaus typischer Prozesse einzelner Wirtschaftsbereiche durchgeführt. KWK-Anlagen können grundsätzlich nur ein begrenztes Temperaturniveau in der Wärmezeugung auskoppeln. Industrieöfen für Hochtemperaturanwendungen erreichen jedoch mehr als $500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Das Temperaturniveau, das mit KWK-Anlagen erreicht werden kann, ist jedoch mit ca. $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Abgastemperatur von Gasturbinen) begrenzt.

Grundsätzlich sind auch Potentiale in einem geringeren Leistungsbereich als 5kW_{el} mit Brennstoffzellen oder Dampfmaschinen umsetzbar. Diese Technologien befinden sich noch im Prototypen- bzw. Feldversuchsstadium und werden in der Potentialanalyse zunächst nicht berücksichtigt. Da die Motorentechnologie die Grenze bei ca. 5kW_{el} definiert, kann insbesondere durch Brennstoffzellen für einen geringeren Leistungsbereich ($< 5\text{kW}_{\text{el}}$), bei entsprechender Wirtschaftlichkeit, ein großer Anteil des derzeit noch nicht realisierbaren Potentials für KWK umgesetzt werden. Jedoch ist derzeit unklar, ab welchem Zeitraum diese Technologie wirtschaftlich verfügbar ist. Sie wird darum in dieser Studie nicht weiter berücksichtigt.

5.5.2 Ergebnis nach technischer Verfügbarkeit von KWK-Anlagen

Nutzwärme

Ab der Leistungsgrenze von ca. 5 kW_{el} zeigt sich, dass es zu keinen weiteren Leistungseinschränkungen aus technologischer Sicht gibt, d.h. ab 5 kW_{el} kann grundsätzlich jeder Leistungsbedarf mit einer Form der verfügbaren KWK-Technologien abgedeckt werden.

In den einzelnen Wirtschaftsklassen werden auf Basis der Volllaststunden die mittleren Leistungen berechnet. Alle Leistungswerte, die kleiner als 5 kW_{el} sind, werden als kein KWK-Potential (kein Potential) ausgeschieden.

Kälte kann erst ab einer Leistungsgröße von 15 kW_{el} erzeugt werden. Für die Berechnung wird als Basismenge 10% der Raumwärme herangezogen, sowie eine Erhöhung der Volllaststunden um 300 h für Raumkühlung angeführt. Der Anteil von Kälte im produzierenden Bereich kann nicht ausgewiesen werden, da keine statistischen Erhebungen dazu durchgeführt werden.

Das Potential für Fernwärme¹¹ hängt sehr stark von der Anschlussdichte bzw. Siedlungsdichte ab. In der Studie vom Fachverband Gas und Wärme wurde dies über die Ermittlung des technisch sinnvollen Potentials berücksichtigt /47/. Das ‚technisch sinnvolle Potential‘ wurde über Wärmenetzbetreiber auf Gemeindeebene erhoben. Aus diesen Erhebungen wurden Strukturmerkmale berechnet (Größe der Gemeinde, Siedlungsdichte und sinnvolles Fernwärmepotential) und für die restlichen Gemeinden, die in der Erhebung (Primärdaten) nicht erfasst wurden, für die Studie hochgerechnet. Als technisch sinnvoll werden hier solche Fernwärmenetze definiert, welche gegenüber anderen Versorgungsalternativen gleiche oder geringere thermische Verluste aufweisen. Bei einem Primärenergie-Ausnutzungsgrad der Fernwärmeerzeugung von 90%, einem Jahresnutzungsgrad der Übergabestation von 96%, einem mittleren Jahresnutzungsgrad von Einzelofenheizungen von 66% - 70% und einer mittleren Vorlauftemperatur im Netz von 80°C bis 100°C wurde diese Grenze in der Studie bei einer Anschlussdichte von 0,6 kW/m Trassenlänge bis 1,0 kW/m Trassenlänge ermittelt.

Für die weitere Berechnung in dieser Studie wurden die Berechnungsergebnisse mit einer mittleren Anschlussdichte von 0,6 kW/m übernommen. /47/

Für die folgenden Tabellen wurden die Nutzenergiearten in Nutzwärme und mechanische Energie getrennt, da Nutzwärme als Koppelprodukt Strom aufweist und mechanische Energie als Koppelprodukt hingegen Wärme.

Die Berechnungen werden parallel geführt und können mit den Ergebnissen der dezentralen KWK nicht addiert werden.

Die Substitutionsverhältnisse zwischen KWK-Fernwärme und dezentrale KWK wurde in dieser Studie nicht bewertet und nicht vorgenommen.

¹¹ In der Studie wird das Fernwärmepotential berechnet, jedoch keine Bewertung der Substitution von Fernwärme und dezentralen KWK-Anlagen durchgeführt. Diese beiden Potentiale wurden immer gleich berechtigt nebeneinander angeführt und können nicht addiert werden.

Damit ergibt die Berücksichtigung der technischen Verfügbarkeit (Leistungsgröße) von KWK-Anlagen folgende Reduktion der Nutzwärmemengen.

Reduktion der Energiemengen durch KWK-Technologieverfügbarkeit	aus KWK erzeugbarer Strom	Nutzwärme			
		Raumheizung, Klima, Warmwasser	Dampferzeugung	Industrieöfen	Nutzwärme gesamt
	MWh _{el}	MWh _{th}	MWh _{th}	MWh _{th}	MWh _{th}
Land- und Forstwirtschaft	616.110	725.746	0	0	725.746
produzierender Bereich	27.429.178	14.199.431	15.166.639	1.372.775	30.738.846
private DienstEnergie und öffentlicher Bereich	10.451.152	11.849.189	235.265	609.872	12.694.327
Haushalte	20.184.853	25.903.043	0	0	25.903.043
Gesamt	58.681.293	52.677.409	15.401.904	1.982.647	70.061.961

Tabelle 10: Reduktion des Nutzwärmebedarfs durch KWK-Technologieverfügbarkeit für dezentralen KWK-Anlagen auf der Datenbasis von 2002 (Berechnungen E-Bridge)

Dieses Ergebnis zeigt die reduzierten Wärmemengen, die sich durch die Verfügbarkeit von KWK-Technologien ergibt.

Da KWK-Anlagen Wärme und Strom erzeugen, ist es grundsätzlich interessant, welche Strommengen bei der gleichzeitigen Wärmeproduktion erzeugt werden können. Die Ergebnisse sind in der Spalte für elektrische Energie (aus KWK erzeugbarer Strom) angeführt und zeigen den Anteil der Jahresenergiemengen an Strom, der aus KWK-Anlagen erzeugbar wäre. Wenn man den aus KWK-Anlagen erzeugbaren Strom mit dem Bedarf an elektrischer Energie aus der Bedarfsanalyse für 2002 vergleicht, dann ist erkennbar, dass rein theoretisch der Bedarf an elektrischer Energie aus KWK-Anlagen gedeckt werden könnte.

Jedoch haben KWK-Anlagen ab 1 MW_{el} die Möglichkeit, in einer bestimmten Bandbreite die Stromerzeugung, neben der gleichzeitigen Wärmeerzeugung, zu regeln. Damit könnte grundsätzlich die Erzeugung dem Bedarf entsprechend angepasst werden.

Für die Ermittlung der erzeugten Strommengen aus KWK-Anlagen wurden folgende mittlere Stromkennzahlen verwendet:

- Kleinst-KWK Anlagen (<50kW_{el}) : 0,6
- Klein-KWK Anlagen (50 kW_{el} bis 1.000 kW_{el}): 0,9
- KWK-Anlagen (>1.000 kW_{el}): 0,9

Bei der Ergebnisauswertung ist zu beachten, dass aus den Ergebnissen der Potentialberechnung die mittlere Stromkennzahl nicht abgeleitet werden kann, da die elektrische Energie in verschiedenen Leistungsklassen erzeugt wird.

Weiters ist anzumerken, dass im Rahmen der Studie die Primärenergiedeckung zur Bereitstellung dieser Energiemengen nicht untersucht wurde.

Mechanische Energie

Bei mechanischer Energie (nichtelektrische Standmotoren) fällt Wärme als Koppelprodukt an.

Mechanische Energie wird grundsätzlich mit Motoren bereitgestellt. Die dabei anfallende Wärme erreicht maximale Temperaturen bis zu 120 C, diese Wärme kann somit der Nutzenergieart ‚Raumwärme, Klima und Warmwasser‘ zugeordnet werden.

Reduktion der mechanischen Energiemengen durch KWK-Technologieverfügbarkeit	aus KWK erzeugbare Wärme	nichtelektr. Standmotor
	MWh th	MWh mech
Land- und Forstwirtschaft	0	0
produzierender Bereich	5.592.684	4.585.345
private Dienstleistung und öffentlicher Bereich	644.950	531.340
Haushalte	0	0
Gesamt	6.237.634	5.116.686

Tabelle 11: Potential für mechanische Energie nach Berücksichtigung der Technologieverfügbarkeit

Für die Ermittlung der erzeugbaren Wärmemengen aus KWK-Anlagen für mechanische Energie wurden folgende mittlere Energiekennzahlen ($P_{\text{mech}}/P_{\text{th}}$) verwendet:

- Kleinst-KWK Anlagen (<50kW_{mech}) : 0,6
- Klein-KWK Anlagen (50 kW_{mech} bis 1.000 kW_{mech}): 0,9
- KWK-Anlagen (>1.000 kW_{mech}): 0,9

Die mechanische Energie wird direkt für den Antrieb verwendet. Zum Vergleich wird bei wärmegeführten KWK-Anlagen die mechanische Energie zum Antrieb eines elektrischen Generators verwendet, der einen Wirkungsgrad von mehr als 96% aufweist. Damit werden zur Berechnung der Wärmemengen für die mittleren Energiekennzahlen die gleichen Werte wie für die mittleren Stromkennzahlen verwendet.

Der Anteil der Fernwärme entspricht dem technisch sinnvollen Potential, der in einer gesonderten Studie vom Fachverband Gas und Wärme ermittelt wurde. Die Werte aus der Studie wurden für diese Studie übernommen und als KWK-Fernwärme angeführt. Aus Sicht der Nutzenergiearten wird festgehalten, dass Fernwärme grundsätzlich den Bedarf der Nutzenergieart ‚Raumwärme, Klima, Warmwasser‘ abdeckt.

Damit können Teile der Nutzwärmemengen vom Typ ‚Raumwärme, Klima und Warmwasser‘ grundsätzlich mit folgenden drei Möglichkeiten gedeckt werden:

- KWK-Fernwärme
- dezentrale KWK-Anlagen
- Wärme aus mechanischer Energie

Folgende Tabelle zeigt den möglichen Anteil verschiedener KWK-Erzeugungsarten nur für die Nutzenergieart ‚Raumwärme, Klima, Warmwasser‘. Da jede dieser Quellen Teile des Potentials decken können und diese sich auch überschneiden, können die Werte nicht addiert werden. Es kann nicht bestimmt werden, welchen Anteil jede dieser Technologien künftig wirklich den Bedarf decken wird (keine substitutive Betrachtung).

Anteil verschiedener Wärmebereitstellungsarten durch KWK unter Berücksichtigung der Technologieverfügbarkeit	aus KWK erzeugbarer Strom	Raumwärme, Klima, Warmwasser
	MWh el	MWh th
KWK-Fernwärme	36.749.346	40.832.607
dezentrale KWK-Anlagen	43.035.196	52.677.409
Wärme aus mech. Energie	-	6.237.634

Tabelle 12: Möglicher Anteil von KWK-Fernwärme, dezentrale KWK-Anlagen oder Wärme aus mechanischer Energie für die Nutzenergieart ‚Raumwärme, Klima, Warmwasser‘ (Berechnungen E-Bridge)

Für KWK-Fernwärme wird das technisch sinnvolle Fernwärmepotential aus der Studie des Fachverbandes Gas und Wärme /47/ als maximales Potential angenommen. Bei der Ermittlung dieses Potentials wurden bereits Einschränkungen durch Siedlungsdichte und damit den Netzausbau berücksichtigt. Weiters berücksichtigt dieses Potential auch Netzverluste der Wärmenetze.

Dezentrale KWK-Anlagen sind KWK-Anlagen, die direkt in Unternehmen, Anlagen oder Gebäude installiert werden.

Bei KWK-Anlagen, die mechanische Energie bereitstellen, kann kein Strom erzeugt werden. In diesen Anlagen fällt Wärme als Koppelprodukt an, während bei wärmegeführten KWK-Anlagen Strom als Koppelprodukt anfällt.

5.5.3 Verteilung für die verschiedenen Leistungsklassen

Entsprechend der KWK-Richtlinie sind die Potentiale für die einzelnen Leistungsklassen zu ermitteln, wobei die Leistungsklassen in der Richtlinie vorgegeben sind:

- Kleinst-KWK: $<50 \text{ kW}_{\text{el}}$
- Klein-KWK: $50 \text{ kW}_{\text{el}}$ bis $1.000 \text{ kW}_{\text{el}}$
- KWK: $> 1.000 \text{ kW}_{\text{el}}$

Für die einzelnen Berechnungen wurden die Leistungswerte aus den Energiewerten (unter Berücksichtigung der Technologieverfügbarkeit) mit den Volllaststunden aus Tabelle 7 berechnet. Für die Berechnung der Leistungen wurde die Energiemenge entsprechend der Spalte Q_{KWK} (vgl. Tabelle 8) reduziert. Diese Reduktion wurde unabhängig der Regelfähigkeit durchgeführt, da die Leistungen als Installationsleistungen berechnet werden.

Nachdem die Leistungswerte berechnet wurden, wurden diese der jeweiligen Leistungsklasse zugeordnet. Für Kleinst- und Klein-KWK Anlagen wurde die Annahme getroffen, dass sie nicht regelbar sind, um die Berechnungen in vereinfachter Form durchführen zu können. KWK-Anlagen $>1 \text{ MW}_{\text{el}}$ wurden grundsätzlich als regelfähig bewertet. Daraus resultieren größere Energiemengen als bei unregelter KWK (Q_{KWK_75} entsprechend der Tabelle 8)

In der folgenden Tabelle sind in den einzelnen Leistungsklassen die gesamten Nutzenergiemengen dargestellt. So beinhalten z.B. die Energiemengen der 50kW_{el} Klasse sowohl Anlagen der Nutzenergie ‚Raumwärme, Klima, Warmwasser‘ als auch ‚Prozesswärme‘ und ‚Industrieöfen‘.

Die Verteilung für Nutzwärme nach den Leistungsklassen für KWK-Anlagen ergibt folgende Tabelle:

Reduktion des Nutzwärmpotentials durch KWK-Technologieverfügbarkeit nach Leistungsklassen	kein Potential	Kleinst-KWK ($<50 \text{ kW}_{\text{el}}$)	Klein-KWK ($<1\text{MW}_{\text{el}}$)	KWK ($> 1\text{MW}_{\text{el}}$)	Summe
	MWh th	MWh th	MWh th	MWh th	MWh th
Land- und Forstwirtschaft	1.299.925	123.539	602.207	0	725.746
produzierender Bereich	22.623.828	785.943	5.218.633	24.734.270	30.738.846
private Dienstleistung und Öffentlicher Bereich	6.871.948	3.245.806	5.276.950	4.171.570	12.694.327
Haushalte	26.946.425	10.426.286	15.476.757	0	25.903.043
Gesamt	57.742.126	14.581.574	26.574.546	28.905.841	70.061.961

Tabelle 13: Reduktion des Bedarfs durch KWK-Technologieverfügbarkeit für Nutzwärme nach Leistungsklassen, Basis 2002 (Berechnungen E-Bridge)

Die Verteilung für mechanische Energie je Leistungsklasse zeigt folgende Tabelle:

Reduktion der mech. Energie durch Technologieverfügbarkeit nach Leistungsklassen	kein Potential	Kleinst-KWK (<50 kW _{mech})	Klein-KWK (<1MW _{mech})	KWK (> 1MW _{mech})	Summe
	MWh mech	MWh mech	MWh mech	MWh mech	MWh mech
Land- und Forstwirtschaft	37.718	0	0	0	0
produzierender Bereich	36.916	896.140	2.614.550	1.074.655	4.585.345
private Dienstleistung und Öffentlicher Bereich	165.399	98.229	247.418	185.693	531.340
Haushalte	0	0	0	0	0
Gesamt	240.034	994.369	2.861.968	1.260.348	5.116.686

Tabelle 14: Reduktion des Bedarfs durch KWK-Technologieverfügbarkeit für mechanische Energie nach Leistungsgrößen, Basis 2002 (Berechnungen E-Bridge)

Da insbesondere die Nutzenergieart ‚Raumwärme, Klima, Warmwasser‘ aus verschiedenen KWK-Technologien erzeugt werden kann, erfolgt nun ein Vergleich der verschiedenen Quellen und der damit verbundenen Energiemengen.

Folgende Tabelle zeigt den möglichen Anteil (Energiemengen) je Leistungsklasse verschiedener KWK-Wärmebereitstellungsarten. Diese sind nur auf die Nutzenergieart ‚Raumwärme, Klima, Warmwasser‘ beschränkt. Da jede dieser Quellen Teile des Bedarfs decken können, diese sich auch überschneiden, können die Werte nicht addiert werden.

Anteil verschiedener Wärmebereitstellungsarten durch KWK unter Berücksichtigung der Technologieverfügbarkeit nur für Raumwärme, Klima, Warmwasser	kein Potential	Kleinst-KWK (<50 kW _{el})	Klein-KWK (<1MW _{el})	KWK (> 1MW _{el})	Summe (Raumwärme, Klima, Warmwasser)
	MWh th	MWh th	MWh th	MWh th	MWh th
Potential aus KWK-Fernwärme	*)	0	333.565	40.499.042	40.832.607
Potential für dezentrale KWK-Anlagen	27.571.896	14.581.574	22.776.516	15.319.320	52.677.409
Potential aus mech. Energie	240.034	1.657.282	3.179.965	1.400.387	6.237.634

*) Die Daten für KWK-Fernwärme basieren auf der Studie des Fachverbandes Gas und Wärme und weisen keine Zahlen für ‚kein Potential‘ aus

Tabelle 15: Verteilung verschiedener KWK-Technologien unter Berücksichtigung der Technologieverfügbarkeit für die Nutzenergieart ‚Raumwärme, Klima, Warmwasser‘, Stand 2002 (Berechnungen E-Bridge)

Für KWK-Fernwärme wird das technisch sinnvolle Potential der Studie des Fachverbandes Gas und Wärme /47/ als maximales Potential angenommen, da dieses Potential bereits die Einschränkungen durch die Siedlungsdichte und damit Netzausbau berücksichtigt. Hinsichtlich der Leistungsklassen ist erkennbar, dass für KWK-Fernwärme hauptsächlich KWK-Anlagen >1MW_{el} benötigt werden und in vergleichsweise geringem Maße Klein-KWK.

Bei dezentralen KWK-Anlagen reduziert sich mit der Einschränkung der Technologieverfügbarkeit der Bedarf im Raumwärmebereich um ca. 34% auf 52.677 GWh_{th}. Die Leistungsverteilung zeigt, dass vor allem für Klein-KWK der größte Bedarf besteht.

KWK-Anlagen für mechanische Energie werden unter Berücksichtigung der Technologieverfügbarkeit für alle Leistungsklassen benötigt, wobei der größte Bedarf ebenfalls für Klein-KWK besteht.

Da für die Nutzenergieart ‚mechanische Energie‘ keine genauen statistischen Daten bzgl. örtlicher Nähe von Wärmekunden, aber weitere Informationen der eingesetzten Technologien (Schraubenkompressoren für Dauerbetrieb oder günstige Kolbenpumpen für Kurzzeitbetrieb) zur Verfügung stehen, wird mechanische Energie ab diesem Kapitel nicht weiter untersucht.

Aufgrund der statistischen Daten für mechanische Energie kann man davon ausgehen, dass es einen Markt für KWK-Anlagen gibt. Im Rahmen dieser Studie können jedoch keine weiteren Abschätzungen über die Marktgröße oder Wirtschaftlichkeit durchgeführt werden. Es darf an dieser Stelle angeführt werden, dass durch die Datenerhebungen verschiedene KWK-Hersteller auf dieses Potential hingewiesen wurden und bereits einzelne Projekte realisiert werden bzw. realisiert wurden.

5.6 TECHNISCHES POTENTIAL NACH LEISTUNGSREDUKTION

5.6.1 Potentialverteilung nach Nutzwärmearten

In einem ersten Schritt wurde die technologische Verfügbarkeit von KWK-Anlagen untersucht und in den Energiemengen berücksichtigt. Im weiteren Schritt wird die Leistungsreduktion bzw. Energiemengenreduktion auf Basis der Jahresdauerlinie durchgeführt. Die Leistungsreduktion, die auf den Berechnungen der Technologieverfügbarkeit aufsetzt, führt zum technischen Potential für KWK-Anlagen.

KWK-Anlagen werden in der Regel nicht für Spitzenlastdeckung ausgelegt, sondern in Kombination mit einem Spitzenlastkessel, um so einen technisch effizienten Betrieb der Anlagen zu erreichen. Darum werden KWK-Anlagen in der Regel mit geringeren Leistungen als der Spitzenlast (Leistung) realisiert.

Die Nutzenergieart ‚Raumwärme, Klima, Warmwasser‘ ist sehr von den klimatischen Bedingungen (Außentemperatur) abhängig, während man für die Nutzenergiearten ‚Dampferzeugung‘ und ‚Industrieöfen‘ aufgrund der Temperaturniveaus der Medien (alle > 100 C) von einer wesentlich geringeren Abhängigkeit von der Außentemperatur ausgehen kann. Es wird damit die Annahme getroffen, dass diese Energiearten im Verbrauch grundsätzlich konstant sind.

Für die Berechnung wurden eine Leistungsreduktionen entsprechend der Tabelle 8 für die Nutzenergieart ‚Raumwärme, Klima, Warmwasser‘ durchgeführt.

Mit dieser Reduktion wurde ein weiterer Berechnungsschritt zur Eingrenzung des Potentials für alle Wirtschaftsbereiche durchgeführt. Folgende Tabelle zeigt die Verteilung des technischen Potentials nach Nutzwärmearten und Wirtschaftsbereiche:

Technisches KWK-Potential für dezentrale KWK-Anlagen nach Energiereduktion	aus KWK erzeugbarer Strom	Nutzwärme			
		Raumheizung, Klima, Warmwasser	Dampf-erzeugung	Industrie-öfen	Nutzwärme gesamt
		MWh th	MWh th	MWh th	MWh th
Land- und Forstwirtschaft	122.850	204.750	0	0	204.750
produzierender Bereich	21.382.607	7.368.907	15.166.639	1.372.775	23.908.321
private Dienstleistung und öffentlicher Bereich	3.907.669	3.914.676	235.265	609.872	4.759.814
Haushalte	4.579.447	7.632.412	0	0	7.632.412
Gesamt	29.992.573	19.120.746	15.401.904	1.982.647	36.505.298

Tabelle 16: Energieverteilung des technischen Potentials für dezentrale KWK nach Nutzwärmearten sowie Wirtschaftsbereichen, Stand 2002 (Berechnungen E-Bridge)

Die Energiemengen für die Nutzenergiearten ‚Dampferzeugung‘ und ‚Industrieöfen‘ bleiben gegenüber den Berechnungen der Technologieverfügbarkeit gleich, weil es sich hier um Prozessenergiearten handelt, deren Bedarf über die Dauer der Volllaststunden als konstant

angenommen wird. Anders als bei ‚Raumtemperatur, Klima, Warmwasser‘ kann man davon ausgehen, dass die Abhängigkeit von der Außentemperatur nicht so stark ausgeprägt ist.

Bei ‚Raumwärme, Klima und Warmwasser‘ kommt es zu einer starken Reduktion des Potentials. Für Land- und Forstwirtschaft verbleiben noch 28,2% vom Nutzwärmebedarf, für den produzierende Bereich 51,9%, private Dienstleistungen und öffentlicher Bereich 28,6% und Haushalte 29,5% als technisches Potential. Die Reduktion findet vor allem für die kleinen Betriebe bzw. im Haushaltsbereich für Gebäude mit weniger als 3 Wohnungen statt. So reduziert sich die Nutzenergiemenge (Bedarf 2002) durch Berücksichtigung der Technologieverfügbarkeit und Leistungsreduktion im Haushaltsbereich um fast 85%.

Anzumerken ist auch, dass durch die verschiedenen Volllaststunden der Wirtschaftsbereiche und den damit verbundenen verschiedenen Leistungsabsenkungen, die hier errechneten Werte (oberer Abschnitt) nicht unmittelbar aus Tabelle 8, Tabelle 8 und Tabelle 11 abgeleitet werden können.

Folgende Tabelle zeigt die möglichen technischen Potentiale von KWK-Fernwärme sowie dezentraler KWK-Anlagen.

TECHNISCHES POTENTIAL Verteilung zwischen KWK-Fernwärme und dezentralen KWK-Anlagen	aus KWK erzeugbarer Strom	Nutzwärme			
		Raumheizung, Klima, Warmwasser	Dampf- erzeugung	Industrie- öfen	Nutzwärme gesamt
	MWh _{el}	MWh _{th}	MWh _{th}	MWh _{th}	MWh _{th}
KWK-Fernwärme	32.397.027	35.996.696	-	-	35.996.696
dezentrale KWK	29.992.573	19.120.746	15.401.904	1.982.647	36.505.298

Tabelle 17: Technisches Potential für KWK-Fernwärme oder dezentrale KWK-Anlagen nach Nutzenergiearten, Basis 2002 (Berechnungen E-Bridge)

Das Ergebnis zeigt, dass KWK-Fernwärme im Bereich Raumwärme, Klima und Warmwasser das höhere Potential gegenüber dezentralen Anlagen aufweist. Der Grund liegt darin, dass KWK-Fernwärme Anlagen eine höhere Regelfähigkeit als dezentrale KWK-Anlagen haben und damit eine größere Energiemenge bereitstellen können.

Da Raumwärme sowohl von KWK-Fernwärmeanlagen als auch dezentralen KWK-Anlagen bereitgestellt werden kann und es damit in der Tabelle 17 zu Überschneidungen der Ergebniswerte kommt, können diese Zahlen nicht addiert werden. Die Berechnungen für KWK-Fernwärme basieren auf den Daten der Studie vom Fachverband Gas und Wärme /47/

Durch die Berücksichtigung der Leistungsreduktion reduziert sich das Potential für KWK-Fernwärme auf 88% gegenüber dem Bedarf. Bei den dezentralen Anlagen reduziert sich das Potential für die gesamten Nutzwärmemengen auf 28%. Weiters kommt es aufgrund der Leistungsreduktion bei den dezentralen Anlagen zu einer starken Mengenverschiebung von KWK-Anlagen > 1 MW_{el} zu Klein-KWK und Kleinst-KWK Anlagen. Bei den Kleinst-KWK Anlagen wirkt sich die Leistungsreduktion nicht so stark aus, dass es zu einer Verschiebung in ‚kein KWK-Potential‘ kommt (vgl. Tabelle 15).

Der aus dezentralen KWK-Anlagen erzeugbare Strom bei wärmegeführten KWK-Anlagen reduziert sich in Summe auf 29.992.573 MWh_{el}. Der gesamte österreichische Bedarf (ohne Traktion) von elektrischer Energie liegt bei 51.263.348 MWh_{el}. Damit könnten KWK-Anlagen einen wesentlichen Beitrag zur Stromproduktion liefern.

5.6.2 Potentialverteilung für die verschiedenen Leistungsklassen

In einem weiteren Berechnungsschritt wird das technische Potential für die jeweiligen Leistungsklassen ermittelt. Diese werden durch Summenbildung der Energiewerte in den jeweiligen Leistungsklassen über alle Wirtschaftsbereiche gebildet. Für einen Zahlenvergleich ist anzumerken, dass die einzelnen Leistungsklassen alle Nutzwärmearten beinhalten.

Technisches KWK-Potential für Nutzwärme nach Leistungsreduktion	kein Potential	Kleinst-KWK (<50 kW _{el})	Klein-KWK (<1MW _{el})	KWK (> 1MW _{el})	Summe
	MWh _{th}	MWh _{th}	MWh _{th}	MWh _{th}	MWh _{th}
Land- und Forstwirtschaft	1.820.920	204.750	0	0	204.750
produzierender Bereich	29.454.353	449.607	4.737.036	18.721.678	23.908.321
private Dienstleistung und Öffentlicher Bereich	14.806.461	1.253.880	1.506.323	1.999.611	4.759.814
Haushalte	45.217.056	7.632.412	0	0	7.632.412
Gesamt	91.298.789	9.540.650	6.243.359	20.721.289	36.505.298

Tabelle 18: Leistungsverteilung des technische KWK-Potentials für dezentrale KWK-Anlagen nach Leistungsreduktion, Stand 2002 (Berechnungen E-Bridge)

Durch die weitere Einschränkung der installierbaren Leistung (Leistungsreduktion) reduziert sich das Potential auf ca. 36 TWh_{th}. Gegenüber dem Nutzwärmebedarf (Basis 2002) können somit ca. 92 TWh_{th} nicht mit KWK-Anlagen realisiert werden.

Für Raumwärme, Klima und Warmwasser wird der mögliche Anteil aus KWK-Fernwärme oder dezentraler KWK-Anlagen am technischen KWK Potential in der folgenden Tabelle dargestellt:

Technisches Potential für KWK-Fernwärme und dezentralen KWK-Anlagen	kein Potential	Kleinst-KWK (<50 kW _{el})	Klein-KWK (<1MW _{el})	KWK (> 1MW _{el})	Summe
	MWh _{th}	MWh _{th}	MWh _{th}	MWh _{th}	MWh _{th}
KWK-Fernwärme	*)	0	1.350.827	34.645.870	35.996.696
dezentrale KWK-Anlagen	91.298.789	9.540.650	6.243.359	20.721.289	36.505.298

*) Die Daten für KWK-Fernwärme basieren auf der Studie des Fachverbandes Gas und Wärme und weisen keine Zahlen für ‚kein Potential‘ aus

Tabelle 19: Technisches Potential für KWK-Fernwärme oder dezentrale KWK-Anlagen nach Leistungsklassen, Stand 2002 (Berechnungen E-Bridge)

Da Raumwärme sowohl von KWK-Fernwärmeanlagen als auch dezentralen KWK-Anlagen bereitgestellt werden kann und es damit in der Tabelle 19 zu Mengenüberschneidungen kommt, können diese Zahlen nicht addiert werden.

5.7 TECHNISCH NOCH REALISIERBARES POTENTIAL

Das technisch noch realisierbare Potential wird durch die Reduktion des technischen Potentials mit dem bereits umgesetzten Potential (Bestand 2002) durchgeführt.

Da der Bestand an KWK-Anlagen nur in Leistungswerten (Installationsleistungen) statistisch erfasst wird bzw. erhoben werden kann, muss zunächst das technische Potential in Leistungswerte umgerechnet werden. Von diesem wird der Bestand abgezogen und so das technisch noch realisierbare KWK-Potential ermittelt.

Die Berechnungen der Installationsleistungen erfolgen für elektrische Leistungswerte (MW_{el}), da diese üblicherweise als Anlagenkenngröße verwendet werden.

5.7.1 Anlagenleistungen des technischen Potentials

Zunächst werden die thermischen Leistungswerte über Volllaststunden, Technologieverfügbarkeit sowie Leistungsreduktion berechnet (siehe vorherige Kapitel). Die Werte der elektrischen Leistungen werden aus den thermischen Leistungen mit folgenden mittleren Stromkennzahlen berechnet:

- Kleinst-KWK Anlagen ($<50kW_{el}$): 0,6
- Klein-KWK Anlagen ($50kW_{el}$ bis $1.000 kW_{el}$): 0,9
- KWK-Anlagen ($> 1.000 kW_{el}$): 0,9

Insbesondere für KWK-Anlagen ($>1 MW_{el}$) stellt dieser Wert einen Mittelwert dar, da durch die variable Stromkennzahl (Regelfähigkeit) der Anlagen die Leistungswerte variieren können. Die Bandbreite ist abhängig von der jeweils eingesetzten KWK-Technologie.

Installationsleistungen für technisches KWK-Potential nach Leistungsreduktion	Kleinst-KWK ($<50 kW_{el}$)	Klein-KWK ($<1MW_{el}$)	KWK ($> 1MW_{el}$)	Summe
	MW_{el}	MW_{el}	MW_{el}	MW_{el}
Land- und Forstwirtschaft	72	0	0	72
produzierender Bereich	67	817	3.000	3.884
private Dienstleistung und Öffentlicher Bereich	376	800	674	1.851
Haushalte	2.694	0	0	2.694
Gesamt	3.210	1.617	3.674	8.501

Tabelle 20: Elektrische Installationsleistungen von dezentralen KWK-Anlagen für das technische KWK-Potential nach Leistungsreduktion (Berechnung E-Bridge)

Die Tabelle zeigt die Installationsleistungen je Leistungsklasse für das technische KWK-Potential, d.h. noch ohne Berücksichtigung von bestehenden KWK-Anlagen. Für die

Wirtschaftsbereiche ‚Land- und Forstwirtschaft‘ sowie ‚ Haushalte‘ decken diese Leistungswerte die Bereitstellung der Raumwärme ab, da nur für diese Nutzwärme ein technisches KWK-Potential besteht (vgl. Tabelle 16). Private Dienstleistungen und öffentlicher Bereich beinhaltet KWK-Anlagen für die Nutzwärmearten

- Raumwärme, Klima, Warmwasser
- Dampferzeugung
- Industrieöfen

Land- und Forstwirtschaft sowie Haushalte haben ein Potential nur für Kleinst-KWK Anlagen. Der produzierende Bereich hat den größten Bedarf an KWK-Anlagen in der Leistungsklasse > 1MW_{el} sowie in weiterer Folge für Klein-KWK Anlagen. Private Dienstleistungen und öffentlicher Bereich haben den Bedarf in Klein-KWK Anlagen (43%) sowie KWK Anlagen (36%) aber auch Kleinst-KWK Anlagen (20%).

Für den Bereich Raumwärme, Klima und Warmwasser kann das Potential von KWK-Fernwärme oder dezentralen Anlagen abgedeckt werden. Zu beachten ist hier, dass es eine Überschneidung zwischen dezentralen KWK-Anlagen und KWK-Fernwärmeanlagen gibt und die Ergebnisse nicht addiert werden können.

Installationsleistung für technisches KWK-Potential nach Leistungsreduktion	Kleinst-KWK (<50 kW _{el})	Klein-KWK (<1MW _{el})	KWK (> 1MW _{el})	Summe
	MW _{el}	MW _{el}	MW _{el}	MW _{el}
KWK-Fernwärme	0	285	7.298	7.582
dezentrale KWK-Anlagen	3.210	1.617	3.674	8.501

Tabelle 21: Elektrische Leistungsverteilung des technischen Potentials zwischen KWK-Fernwärme oder dezentralen KWK-Anlagen (Berechnung E-Bridge)

Die gesamte Leistung, die zur Realisierung des technischen Potentials notwendig wäre, beträgt für KWK-Fernwärme 7.582 MW_{el}, für dezentrale KWK-Anlagen liegt das technische Potential bei 8.501 MW_{el}. Für KWK-Fernwärme wurden 10% Verluste im Wärmenetz berücksichtigt. Das Ergebnis für KWK-Fernwärme wurde aus einer Studie vom Fachverband Gas- und Wärme abgeleitet /47/

Da es beim Ergebnis in der Tabelle 21 zu Überschneidungen im Potential kommt, dürfen die Zahlen nicht addiert werden.

5.7.2 Bereits realisierte KWK-Anlagen (Bestand 2002)

Die Erhebung von bestehenden KWK-Anlagen wurde mit Daten von

- Kommunalkredit Public Consulting
- Referenzlisten von Herstellern in Österreich sowie Importeuren

- Statistikdaten von E-Control sowie
- Zahlenspiegel Fernwärme des Fachverbandes Gas & Wärme

durchgeführt.

In der Betriebsstatistik 2002 führt E-Control eine installierte Leistung für KWK-Anlagen >1MW_{el} von 4.206 MW an /57/. Diese KWK-Leistung deckt sowohl die Leistung installierter öffentlicher Anlagen (KWK-Anlagen der E-Wirtschaft) als auch Anlagen von Industriebetrieben, so genannte Unternehmen mit Eigenanlagen (UEA).

In der Statistik für Kraftwärmekopplung wurden 1998 vom Bundeslastverteiler (BLV) 1.076 MW_{el} als Bestand der Industriebetriebe erhoben. Aus den zusätzlichen Verkaufszahlen und Referenzlisten österreichischer Anlagenlieferanten kann ein Bestand für 2002 von 1.102 MW_{el} ermittelt werden.

Dezentrale Kleinst-KWK Anlagen wurden bis 2002 in der Größenordnung von ca. 1,6 MW_{el} realisiert. Klein-KWK Anlagen wurden bis 2002 mit einer gesamten Leistung von ca. 44 MW_{el} installiert. Diese Leistungswerte sind ein Ergebnis einer Erhebung unter den österreichischen KWK-Lieferanten¹², die noch zusätzlich mit Daten von Kommunalkredit verglichen wurden.

Eine Verteilung der öffentlichen KWK-Anlagen in den einzelnen Leistungsklassen (Kleinst-, Klein- und KWK-Anlagen) ist nicht verfügbar. Die gesamte Leistung für öffentliche KWK-Anlagen wird über die Differenz der Summe aller installierten KWK-Anlagen (öffentlich und dezentrale Anlagen) abzüglich der Summe der dezentralen Anlagen ermittelt.

Bestand KWK-Anlagen (2002)	Installierte elektrische Leistung			
	Kleinst-KWK (<50 kW _{el})	Klein-KWK (<1MW _{el})	KWK (> 1MW _{el})	Summe
	MW _{el}	MW _{el}	MW _{el}	MW _{el}
dezentrale Anlagen	1,6	44,0	1.102,0	1.147,5
öffentliche Anlagen			3.103,9	3.103,9
Gesamt	1,6	44,0	4.205,8	4.251,4

Tabelle 22: Bestand an KWK-Anlagen in Österreich nach elektrischer Leistung für das Jahr 2002 (E-Bridge)

5.7.3 Technisch noch realisierbares Potential

Das technisch noch realisierbare Potential zeigt, wie viel vom technischen Potential unter Abzug des bereits realisierten Potentials, grundsätzlich noch verfügbar ist. Zu beachten ist jedoch, dass auch dieses technische noch realisierbare Potential keine Aussage darüber

¹² Auswertung von Referenzlisten und Eigenauskunft

zulässt, ob dieses Potential auch wirtschaftlich umsetzbar ist. Ausführungen dazu erfolgen im nächsten Kapitel.

Unter Berücksichtigung der bereits installierten KWK-Anlagen ergibt sich aus dem gesamten technischen Potential folgendes, technisch noch realisierbares KWK-Potential:

Technisch noch realisierbares KWK-Potential für dezentrale KWK-Anlagen	Kleinst-KWK (<50 kW _{el})	Klein-KWK (<1MW _{el})	KWK (> 1MW _{el})	Summe
	MW _{el}	MW _{el}	MW _{el}	MW _{el}
bestehende dezentrale KWK-Anlagen	1,6	44,0	1.102,0	1.147,5
Potential für dezentrale KWK -Anlagen	3.209,7	1.617,4	3.674,0	8.501,0
techn. realisierbares Potential dezentrale KWK-Anlagen	3.208,1	1.573,4	2.572,0	7.353,5

Tabelle 23: Technisch noch realisierbares Potential von dezentralen KWK-Anlagen, Stand 2002 (E-Bridge)

Das Ergebnis zeigt, dass weniger als 1% der möglichen Kleinst-KWK Anlagen realisiert worden sind und knapp 3% der Klein-KWK Anlagen, hingegen bereits mehr als 30% der KWK-Anlagen. Es ist jedoch anzumerken, dass ein Teil des möglichen Potentials, insbesondere für Raumwärme, Klima und Warmwasser, bereits von Fernwärme realisiert worden ist.

Technisch noch realisierbares KWK-Potential für öffentliche KWK-Anlagen	Kleinst-KWK (<50 kW _{el})	Klein-KWK (<1MW _{el})	KWK (> 1MW _{el})	Summe
	MW _{el}	MW _{el}	MW _{el}	MW _{el}
bestehende öffentliche KWK -Anlagen		0,0	3.103,9	3.103,9
Potential für öffentliche KWK -Anlagen		284,5	7.297,7	7.582,3
techn. realisierbares Potential öffentliche KWK -Anlagen	0,0	284,5	4.193,9	4.478,4

Tabelle 24: Technisch noch realisierbares Potential von öffentlichen KWK-Anlagen, Stand 2002 (E-Bridge)

Die Ergebnisse für dezentrale und öffentliche KWK-Anlagen sind nicht addierbar, weil es hier wieder zu Überschneidungen im Bereich Raumwärme kommt. Weiters ist anzumerken, dass es ein technisches Potential ist, bei dem andere technisch notwendige Randbedingungen wie Infrastrukturen (Gas- und Fernwärmenetze sowie Brennstoffverfügbarkeit) nicht beachtet werden.

KWK-Fernwärme wurde bis 2002 bereits zu ca. 43% des technischen Potentials realisiert, wobei diese Anlagen nur im Leistungsbereich >1 MW_{el} liegen (3.103,9 MW_{el}). Zum Vergleich gab es in den Jahren zwischen 2002 und 2005 aber einen starken Zuwachs von KWK-

Fernwärme mit Anlagen $< 1 \text{ MW}_{\text{el}}$, so dass es zum Zeitpunkt 2005 bereits eine gesamte installierte Leistung von knapp $28 \text{ MW}_{\text{el}}$ mit Klein-KWK (Fernwärme) gibt¹³.

Die erzeugten Nutzwärmemengen müssen aus den erzeugten KWK-Strommengen berechnet werden, da nur die Stromerzeugung statistisch erfasst wird. Die Umrechnung erfolgt mit folgenden mittleren Stromkennzahlen:

- $< 50 \text{ kW}_{\text{el}}$: 0,6
- $50 \text{ kW}_{\text{el}}$ bis $1.000 \text{ kW}_{\text{el}}$: 0,9
- $> 1.000 \text{ kW}_{\text{el}}$: 0,9

Die aus KWK-Anlagen erzeugte Strommenge wird der Betriebsstatistik von E-Control entnommen /57/. Die Erhebung wird nur für Anlagen $> 1 \text{ MW}_{\text{el}}$ durchgeführt, zudem gibt es keine Verteilung auf mögliche Nutzwärmearten. Darum müssen in einem weiteren Schritt

- die Kleinst-KWK und Klein-KWK berücksichtigt werden sowie
- Annahmen für eine mögliche Verteilung auf die verschiedenen Nutzwärmearten getroffen werden

Für die Berechnung der erzeugten Strommengen aus Kleinst-KWK und Klein-KWK werden 4.000 Stunden angenommen. Damit ergibt sich eine gesamte erzeugte Wärmemenge mit den installierten Leistungen von 2002 von $18.634.694 \text{ MWh}_{\text{th}}$.

Diese Wärmemenge beinhaltet sowohl dezentrale KWK-Anlagen als auch KWK-Fernwärmeanlagen, als auch alle Nutzwärmearten. Für die folgenden Berechnungen ist jedoch nur der Anteil für ‚Raumwärme, Klima, Warmwasser‘ notwendig. Dieses wird mit der Annahme berechnet, dass alle KWK-Anlagen der Industriebetriebe (UEA-Anlagen) für Dampferzeugung und Industrieöfen verwendet werden. So verbleiben die KWK-Fernwärmeanlagen sowie Kleinst- und Klein-KWK Anlagen für die Bereitstellung der Nutzwärme ‚Raumwärme, Klima, Warmwasser‘.

Das technische KWK-Potential wird um die bereits realisierten KWK-Anlagen (Bestand) reduziert und man erhält so das technisch noch realisierbare KWK-Potential. Für die weitere Berechnung wird die Annahme getroffen, dass die bereits realisierten KWK-Anlagen sowohl das Potential für KWK-Fernwärme als auch dezentraler KWK-Anlagen reduziert.

Da unklar ist, welche Form (dezentral oder Fernwärme) künftig das Potential realisieren wird, werden beide Bereiche parallel dargestellt. Die Zahlen dürfen aufgrund der Überschneidungen nicht addiert werden.

¹³ $28 \text{ MW}_{\text{el}}$ sind KWK-Fernwärmeanlagen, während dezentrale KWK-Anlagen insgesamt mit einer installierten Leistung von $44 \text{ MW}_{\text{el}}$ realisiert wurden.

Technisch noch realisierbares KWK-Potential (nach Leistungsreduktion)	Raumwärme, Klima, Warmwasser	
	Fernwärme-KWK	dezentrale KWK
	MWh th	MWh th
Technisches KWK-Potential	35.996.696	19.120.746
Erzeugung 2002 (Bestand)	8.936.195	8.936.195
techn. realisierbares Potential	27.060.501	10.184.552

Tabelle 25: Technisch noch realisierbares KWK-Potential für Raumwärme, Klima und Warmwasser sowohl für dezentrale KWK-Anlagen als auch Fernwärme-Anlagen, Stand 2002 (E-Bridge)

Das technisch realisierbare KWK-Potential ist das noch umsetzbare bzw. technisch noch verfügbare KWK-Potential. In diesem Potential sind bereits realisierte KWK-Anlagen bereits berücksichtigt (Bestand 2002).

5.8 BEISPIELHAFTER WIRTSCHAFTLICHKEITSVERGLEICH VERSCHIEDENER KWK-ANLAGEN

Die Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen ist von einer großen Anzahl von Parameter abhängig. Einzelne Parameter können eine sehr große Bandbreite aufweisen, sodass die Bestimmung eines wirtschaftlichen KWK-Potentials nicht möglich ist.

In diesem Kapitel geht es nun um die Diskussion der wesentlichsten Einflussparameter für die Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen. Rückschlüsse auf konkrete Anlagen können nicht unmittelbar gezogen werden. Als Illustration wird in diesem Kapitel die Bandbreite einzelner Parameter für die einzelnen Leistungsklassen dargestellt.

5.8.1 Mittlere Parameter und mögliche Bandbreite

Im Vergleich wurden folgende Parameter berücksichtigt und sofern möglich, mit entsprechenden Zahlen belegt:

- Investitionskosten je Leistungsklasse (€/kW): Diese Kosten weisen eine sehr große Bandbreite auf und hängen von der eingesetzten Technologie (Motor, Turbine usw.) sowie dem verwendeten Primärenergieträger (Erdgas, Biogas, Heizöl usw.) ab.
- Einbindungskosten: Die Einbindungskosten können bis zu 30% der Investitionskosten betragen. Berücksichtigt man auch die baulichen Maßnahmen, so können diese auf bis zu 100% der Investitionskosten des KWK-Moduls ansteigen.
- Investitionsförderung: Auf Basis derzeitiger Regelungen ist eine Investitionsförderung bis zu 30% der umweltrelevanten Investitionen möglich, wobei sich diese auf Erdgas und Flüssiggas beschränkt /83/
- Abschreibungsdauern je Leistungsklasse, die je nach Anlagengröße variiert
- Zinssatz der Kapitalverzinsung, die je nach Investorensicht bis zu 15% betragen kann
- jährliche Annuitäten (€/kW), die sich aufgrund der Berechnung ergeben
- Volllaststunden
- spezifische Investitionskosten, mit Volllaststunden auf c/kWh_{el} umgerechnet
- Jahreswirkungsgrade
- Preis für jeweiligen Brennstoffbezug (c/kWh_{Hu})
- Brennstoffkosten, der sich aus Brennstoffbezug durch mittleren Jahreswirkungsgrad errechnet
- Kosten für CO₂ Zertifikat in c/kWh , wobei von einem CO₂ Zertifikatspreis von 20€/tCO₂ ausgegangen wird
- Wartungsaufwand, der je nach eingesetzter Technologie variiert
- Betriebskosten (Personal)
- Gesamtkosten (Summe aus spezifischen Investitionskosten, Brennstoffkosten, Wartungsaufwand sowie Betriebskosten)

- Marktpreis Strom/Opportunitätskosten: Hier werden die Erlöse aus der Einspeisung in das öffentlich Netz oder die Einsparung an Netzkosten sowie Energielieferung durch die Eigenerzeugung (Opportunitätskosten)
- Erlös für Wärme: Die Erlöse werden zunächst auf die Wärme bezogen und in weiterer Folge auf die elektrische Energie umgerechnet (Vergleichbarkeit mit anderen Zahlen).

Wirtschaftlichkeit	Kleinst-KWK	Klein-KWK	KWK	KWK	Einheiten
	< 50 kW _{el}	50 kW _{el} bis 1.000 kW _{el}	> 1.000 kW _{el}	> 5.000 kW _{el}	-
spez. Investitionskosten	1.200 - 2.400	800 - 1.200	400-800	400-800	€/kW _{el}
Einbindungskosten	120 - 2.400	80-1.200	40-800	40-800	€/kW _{el}
Gesamte Investmentkosten	1.320-4.800	880 - 2.400	440 - 1.600	440 - 1.600	€/kW_{el}
Investförderung	bis 30%	bis 30%	bis 30% (max. 2 MW)	-	
Abschreibungsdauer	10	15	20 - 40	20 - 40	Jahre
Zinssatz	bis 20%	bis 20%	bis 20%	bis 20%	
Volllaststunden	abhängig von Branche: 1.000 - 8.000				h
mittlere spezifische Investmentkosten	132 - 480	60 - 160	22 - 40	22 - 40	cent/kWh_{el}
Wirkungsgrade	0,3	0,36	0,40	0,4	
Brennstoffbezugskosten	3,9 - 9	1,6 - 2,2	1,5 - 2,2	1,5 - 2,2	cent/kWh _{Hu}
Brennstoffkosten auf kWh _{el}	13 - 30	4,4 - 6,1	2,8 - 5,6	2,8 - 5,6	cent/kWh _{el}
Wartungsaufwand	0,9 - 2,1	0,35 - 0,72	0,18-0,33	0,18 - 0,33	cent/kWh _{el}
CO2-Kosten	-	-	-	1,4 - 2,4	cent/kWh _{el}
Betriebskosten	0,38 - 1,56	1,5 - 2	0,7 - 1	0,7 - 1	cent/kWh _{el}
Erlös Strom			2,2 - 4,5		cent/kWh
Opportunitätskosten	13,5	7	4,0	4	
Erlös Wärme			0,9 - 2,8		cent/kWh _{th}
Stromkennzahl			0,5 - 1,5		-
Erlös Wärme	0,5 - 2,5	0,5 - 2,5	0,5 - 2,5	0,5 - 2,5	cent/kWh _{el}

Tabelle 26: Bandbreiten verschiedener Parameter für einzelne KWK-Leistungsklassen

Für neue KWK-Großanlagen (> 5 MW_{el}), die unter die Emissionshandelsrichtlinie fallen, ist, je nach CO2-Reduktionspotential der KWK-Anlage und Höhe des CO2-Zertifikatspreises, mit einer zusätzlichen Kostenbelastung zu rechnen.

Die Bandbreite der verschiedenen Parameter zeigt, dass eine Wirtschaftlichkeitsanalyse von KWK-Anlagen nur von Fall zu Fall möglich ist. Eine Abschätzung eines wirtschaftlichen Potentials ist aus diesem Grund in dieser Studie nicht möglich.

Eine Wirtschaftlichkeitsrechnung für mechanische Energie kann aufgrund der fehlenden Datenbasis nicht durchgeführt werden.

5.9 BEITRAG ZUR VERSORGUNGSSICHERHEIT

Zur Bestimmung der Versorgungssicherheit gibt es verschiedene Definitionen. Da in Österreich die Regulierungsbehörde E-Control eine zentrale Funktion im Zusammenhang für Versorgungssicherheit hat, geht diese von folgender Definition aus: „*Versorgungssicherheit bedeutet, dass Elektrizitätsverbraucher elektrische Energie mit definierter Qualität beziehen können, zu dem Zeitpunkt, wann sie diese benötigen, und zu kostenorientierten und transparenten Preisen.*“/58/ Das heißt, Versorgungssicherheit und -qualität beinhalten zwei Komponenten von gleichrangiger Bedeutung:

- erstens die physikalische Verfügbarkeit von elektrischer Energie in ausreichender Menge und zu jedem beliebigen Zeitpunkt und
- zweitens einen für die Energiekonsumenten leistbaren Preis.

Im Zusammenhang mit KWK zählt insbesondere die Verfügbarkeit von Energie eine wichtige Rolle. KWK-Anlagen können vor allem in folgenden Punkten einen positiven Beitrag zur Versorgungssicherheit leisten:

- KWK-Anlagen können im Inselbetrieb geführt werden
- KWK-Anlagen mit variablen Stromkennzahlen können elektrische Energie entsprechend dem tatsächlichen Bedarf in das öffentliche Netz liefern
- KWK-Anlagen reduzieren den Anteil der elektrischen Netzverluste

Inselbetrieb von KWK-Anlagen bedeutet, dass bei einem Ausfall der öffentlichen Versorgung, die KWK-Anlagen die Eigenversorgung aufrecht erhalten können und Betriebe so einen gesicherten Betrieb fortsetzen können. Bei der Planung der Anlage ist jedoch auf den elektrischen Energiebedarf zu achten. Durch die fixe Stromkennzahl wird bei der Wärmeproduktion ein im proportionalen Verhältnis zur Wärme Strom erzeugt. Sollte im Inselbetrieb der tatsächliche Bedarf an elektrischer Energie des Unternehmens größer sein, als die KWK-Anlage erzeugen kann, sind entsprechende Lastabschaltungen durchzuführen.

Laut Herstellerangaben kann diese Funktionalität bereits mit Kleinst-KWK (<50kW_{el}) realisiert werden. Die zusätzlichen Investitionskosten liegen in einer Größenordnung von 5 bis 10%.

Variable Stromkennzahlen können mit KWK-Anlagen ab einer Größenordnung von 1 MW_{el} erreicht werden. Der bei der Wärmeerzeugung produzierte Strom kann somit entsprechend den Anforderungen der Kunden bzw. Lieferanten eingespeist werden. Weiters ist die Stromproduktion durch eine wärmegeführte KWK-Anlage (bei Fernwärme die Regel) auf Basis von täglichen Wetterprognose ohne großen technischen Aufwand durchführbar.

Anlagen, insbesondere die motorbetriebenen KWK-Anlagen (BHWK) unter 1 MW_{el} haben eine fixe Stromkennzahl. Wenn im KWK-Betrieb der mit der Wärme gleichzeitig erzeugte Strom nicht am Erzeugungsort benötigt wird, dann muss dieser Strom in das öffentliche Netz

eingespeist werden oder die KWK-Anlagen muss so klein dimensioniert werden, dass kein Stromüberschuss anfällt.

Künftig könnte der vermehrte Einsatz von Mikrogasturbinen hier Vorteile bringen, denn Mikrogasturbinen haben gegenüber der Motorentechnologie grundsätzlich die Möglichkeit einer von der Wärmeerzeugung entkoppelten Stromerzeugung.

Durch die Erzeugung der elektrischen Energie vor Ort wird weniger elektrische Energie aus dem öffentlichen Netz entnommen und damit auch die Menge der Transportverluste reduziert.

6 BERECHNUNGEN FÜR DIE JAHRE 2005-2020

Auf Basis des technischen KWK-Potentials werden in diesem Kapitel die Potentialentwicklung der einzelnen Wirtschaftsbereiche bis 2020 ermittelt. Die Wirtschaftsentwicklungen werden dem Baseline-Szenario der Energieprognosen des WIFO entnommen /50/ .

6.1 PARAMETER

Für die Berechnungen der Potentiale sowie der Berechnungen der CO₂ Emissionen von 2005 bis 2020 wurden folgende Parameter aus den Energieszenarien des WIFO übernommen:

- Entwicklung des **produzierenden Bereiches**: Hier wurden vom WIFO aus den Berechnungen der Energieszenarien bis 2020 die Parameter für das ‚Baseline Szenarium‘ übernommen /50/ . In den Energieszenarien werden für die wichtigsten Wirtschaftsbereiche die Entwicklungen einzeln analysiert. Für die Hochrechnung wurde die Entwicklung des energetischen Endverbrauchs (in %) nach Sektoren als Parameter übernommen.
- **Haushalte**: Die Entwicklung des energetischen Endverbrauchs wurde den WIFO Energieszenarien entnommen, wobei in den WIFO-Szenarien von einem Rückgang des Raumwärmbedarfs ausgegangen wird.
- **Landwirtschaft**: Die Entwicklung wurde auch hier den Energieszenarien des WIFO entnommen und zeigt, dass der Energieverbrauch bis 2020 rückläufig ist.
- **Öffentlicher Bereich und private Dienstleistungen**: Dieser Bereich weist einen Anstieg bis 2005 auf, bis 2020 bleibt die Entwicklung mit einem geringeren Faktor positiv.

	1990 -2003	2005 - 2010	2011 - 2020
	Durchschnittliche jährliche Veränderung in %		
Sachgütererzeugung insgesamt	2,3	1,1	1,3
Eisen-und Stahlerzeugung / NE-Metalle	2,2	3,0	1,8
Chemie und Petrochemie	4,0	0,6	1,0
Steine und Erden, Glas	2,1	0,3	0,7
Fahrzeugbau	2,6	0,1	1,2
Maschinenbau	3,2	2,7	2,5
Bergbau	5,5	0,8	1,1
Nahrungs- und Genussmittel, Tabak	4,3	0,4	0,6
Papier und Druck	2,1	0,4	0,2
Holzverarbeitung	6,8	3,7	4,1
Bauwesen	10,5	3,0	1,6
Textil und Bekleidung	1,0	-0,4	-0,2
Sonstige Sachgütererzeugung	-2,3	-4,2	0,4
Sonstige Sektoren insgesamt	2,5	1,4	1,5
Öffentliche und private Dienstleistungen	5,0	2,9	2,6
Private Haushalte	2,0	1,0	1,2
Landwirtschaft	-0,4	-0,1	-0,4

Tabelle 27: Entwicklungsparameter bis 2020 (Quelle: WIFO Energieszenarien, 2005)

Für 2003 und 2004 wurden die Werte von 2005 übernommen.

Die elektrische Energie wird mittels der bereits in den vorigen Kapiteln beschriebenen Stromkennzahlen berechnet.

Auswirkungen durch die Effizienzrichtlinie oder Infrastrukturmaßnahmen (Netzausbau) werden in den Potentialberechnungen nicht berücksichtigt.

6.2 POTENTIALENTWICKLUNG

Das Potential wird auf Jahresbasis mit den zuvor beschriebenen Parametern bis 2020 ermittelt. Ausgangsbasis ist das technische KWK-Potential (nach Leistungsreduktion) für das Jahr 2002.

Da keine statistischen Erhebungen vorliegen, die Angaben über installierte KWK-Anlagen nach Wirtschaftsbereichen enthalten, setzt die Hochrechnung auf dem technischen Potential auf. Damit enthalten die in den Tabellen dargestellten Potentiale auch die bereits bisher realisierten KWK-Anlagen.

Zur Bestimmung der Leistungsklassen wird für die Berechnungen die Annahme getroffen, dass die Wirtschaftsentwicklung innerhalb eines Wirtschaftsbereiches gleich ist, d.h. einzelne Unternehmensentwicklungen nicht berücksichtigt werden. Durch diese Fortschreibung kann so mit den prozentuellen Leistungsverteilungen je Nutzenergiemenge (von 2002) das jeweilige Potential für Kleinst-KWK, Klein-KWK und KWK berechnet werden.

Das Potential für KWK-Fernwärme bis 2020 wird mit dem Parameter der Haushaltsentwicklung berechnet.

Die Angaben erfolgen in Leistungswerten, um so einen Vergleich mit den Ergebnissen des technischen Potentials zu ermöglichen. Weiters kann durch die Berechnung in Leistungswerten ein möglicher Ausbau von KWK-Anlagen abgeleitet werden.

Folgende Tabelle zeigt den möglichen Anteil am Potential von KWK-Fernwärme oder dezentraler KWK-Anlagen. Da jede dieser Quellen Teile des Potentials decken können und diese sich auch überschneiden, können die Werte nicht addiert werden.

2002 Technisches dezentrales KWK-Potential	Nutzwärme			
	Raumheizung, Klima, Warmwasser	Dampf- erzeugung	Industrie- öfen	Summe
	MW el	MW el	MW el	MW el
Land- und Forstwirtschaft	72	0	0	72
produzierender Bereich	1.197	2.464	223	3.884
Dienstleistung und Öffentlicher Bereich	1.522	91	237	1.851
Haushalte	2.694	0	0	2.694
Gesamt	5.485	2.555	460	8.501

Tabelle 28: Technisches Potential nach Nutzenergiearten in MW_{el} für 2002 (E-Bridge)

2002 Technisches Potential Verteilung zwischen Fernwärme und dezentralen Anlagen	Nutzwärme			
	Raumheizung, Klima, Warmwasser	Dampf- erzeugung	Industrie- öfen	Nutzenergie gesamt
	MW el	MW el	MW el	MW el
Potential KWK-Fernwärme	7.582	-	-	7.582
Potential dezentrale KWK	5.485	2.555	460	8.501

Tabelle 29: Technisches Potential mit Verteilung zwischen KWK-Fernwärme oder dezentrale KWK-Anlagen (E-Bridge)

2010 Technisches dezentrales KWK-Potential	Nutzwärme			
	Raumheizung, Klima, Warmwasser	Dampf- erzeugung	Industrie- öfen	Summe
	MW el	MW el	MW el	MW el
Land- und Forstwirtschaft	71	0	0	71
produzierender Bereich	1.338	2.754	249	4.341
Dienstleistung und Öffentlicher Bereich	1.992	120	310	2.422
Haushalte	2.975	0	0	2.975
Gesamt	6.376	2.873	560	9.809

Tabelle 30: Technisches Potential nach Nutzenergiearten in MW_{el} für 2010 (E-Bridge)

2010 Technisches Potential Verteilung zwischen Fernwärme und dezentralen Anlagen	Nutzwärme			
	Raumheizung, Klima, Warmwasser	Dampf- erzeugung	Industrie- öfen	Nutzenergie gesamt
	MW el	MW el	MW el	MW el
Potential KWK-Fernwärme	8.374	-	-	8.374
Potential dezentrale KWK	6.376	2.873	560	9.809

Tabelle 31: Technisches Potential mit Verteilung zwischen KWK-Fernwärme oder dezentrale KWK-Anlagen (E-Bridge)

2015 Technisches dezentrales KWK-Potential	Nutzwärme			
	Raumheizung, Klima, Warmwasser	Dampf- erzeugung	Industrie- öfen	Summe
	MW el	MW el	MW el	MW el
Land- und Forstwirtschaft	70	0	0	70
produzierender Bereich	1.427	2.937	266	4.630
Dienstleistung und Öffentlicher Bereich	2.265	136	353	2.754
Haushalte	3.158	0	0	3.158
Gesamt	6.920	3.073	619	10.612

Tabelle 32: Technisches Potential nach Nutzenergiearten für 2015 (E-Bridge)

2015 Technisches Potential Verteilung zwischen Fernwärme und dezentralen Anlagen	Nutzwärme			
	Raumheizung, Klima, Warmwasser	Dampf- erzeugung	Industrie- öfen	Nutzenergie gesamt
	MW el	MW el	MW el	MW el
Potential KWK-Fernwärme	8.889	-	-	8.889
Potential dezentrale KWK	6.920	3.073	619	10.612

Tabelle 33: Technisches Potential mit Verteilung zwischen KWK-Fernwärme oder dezentraler KWK für 2015 (E-Bridge)

2020 Technisches dezentrales KWK-Potential	Nutzwärme			
	Raumheizung, Klima, Warmwasser	Dampf- erzeugung	Industrie- öfen	Summe
	MW el	MW el	MW el	MW el
Land- und Forstwirtschaft	68	0	0	68
produzierender Bereich	1.522	3.133	284	4.939
Dienstleistung und Öffentlicher Bereich	2.575	155	401	3.131
Haushalte	3.352	0	0	3.352
Gesamt	7.518	3.288	685	11.491

Tabelle 34: Technisches Potential nach Nutzenergiearten für 2020 (E-Bridge)

2020 Technisches Potential Verteilung zwischen Fernwärme und dezentralen Anlagen	Nutzwärme			
	Raumheizung, Klima, Warmwasser	Dampf- erzeugung	Industrie- öfen	Nutzenergie gesamt
	MW el	MW el	MW el	MW el
Potential KWK-Fernwärme	9.435	-	-	9.435
Potential dezentrale KWK	7.518	3.288	685	11.491

Tabelle 35: Technisches Potential mit Verteilung zwischen KWK-Fernwärme oder dezentralen KWK-Anlagen (E-Bridge)

Insgesamt ergibt sich für dezentrale KWK-Anlagen bezogen auf die Installationsleistungen folgende Steigerungsraten (in %) des technischen Potentials in der betrachteten Periode:

- die Jahre 2005 – 2010 eine Steigerung von 7,7% % (bezogen auf 2005)
- die Jahre 2010 – 2015 eine Steigerung von 8,2 % (bezogen auf 2010)
- die Jahre 2015 – 2020 eine Steigerung von 8,3 % (bezogen auf 2015)

KWK-Fernwärme erhält für folgende Steigerungsraten des technischen Potentials:

- die Jahre 2005 – 2010 eine Steigerung von 5,3 % (bezogen auf 2005)
- die Jahre 2010 – 2015 zu einer Steigerung von 6,1 % (bezogen auf 2010)
- die Jahre 2015 – 2020 zu einer Steigerung von 6,1 % (bezogen auf 2015)

Insgesamt wird sich das technische Potential aufgrund der Wirtschaftsentwicklung aller Wirtschaftsbereiche gemäß den Energieszenarien von WIFO folgendermaßen entwickeln:

2005 - 2020 Mengenänderung Technisches dezentrales KWK-Potential	Nutzwärme			
	Raumheizung, Klima, Warmwasser	Dampf- erzeugung	Industrie- öfen	Summe
	MW el	MW el	MW el	MW el
Land- und Forstwirtschaft	-3	0	0	-3
produzierender Bereich	256	526	48	830
Dienstleistung und Öffentlicher Bereich	848	51	132	1.031
Haushalte	521	0	0	521
Gesamt	1.622	577	180	2.379

Tabelle 36: Entwicklung des technisch realisierbaren KWK-Potentials für dezentrale Anlagen zwischen 2005 und 2020 nach Nutzwärmearten in MW_{el} (E-Bridge)

Die Abschätzung zeigt, dass das technische Potential in den nächsten Jahren vor allem im Bereich Raumwärme, Klima und Warmwasser liegt. Im produzierenden Bereich liegen die größten Steigerungen im Bereich Dampferzeugung.

2005 - 2020 Mengensteigerung Technisches Potential	Nutzwärme			
	Raumheizung, Klima, Warmwasser	Dampf- erzeugung	Industrie- öfen	Nutzenergie gesamt
	MW el	MW el	MW el	MW el
Potential KWK-Fernwärme	1.467	-	-	1.467
Potential dezentrale KWK	1.622	577	180	2.379

Tabelle 37: Zunahme des technischen Potentials zwischen 2005 und 2020 mit Verteilung zwischen KWK-Fernwärme oder dezentralen Anlagen (E-Bridge)

Im Raumwärmebereich entspricht das einem jährlichen, durchschnittlichen Zuwachs von ca. 100 MW_{el}. Dies kann grundsätzlich von Fernwärme oder dezentralen Anlagen abgedeckt werden. Da in dicht besiedelten Gebieten damit zu rechnen ist, dass die Fernwärme Vorzug erhält, würde das Potential für dezentrale Anlagen deutlich sinken. Dezentrale Anlagen werden hier als Anlagen verstanden, die direkt beim Kunden installiert werden. Würden z.B. KWK-Anlagen eine Wohnhausanlage sowie zusätzlich einen Kindergarten usw. versorgen, dann sind sie grundsätzlich dem Potential der KWK-Fernwärme zuzuordnen.

Die Mengensteigerung des technischen Potentials bis 2020 kann als Basis für einen möglichen KWK-Ausbau herangezogen werden.

6.3 BRENNSTOFFE MIT SCHWERPUNKT AUF BIOGENE ENERGIETRÄGER

Eine Potentialberechnung für KWK-Anlagen auf Basis biogener Energieträger ist aufgrund fehlender Daten bzw. fehlender verlässlicher Datengrundlage nicht möglich. So kann nur der Versuch einer groben Abschätzung durchgeführt werden und damit grobe qualitative Aussagen getroffen werden.

Wenn man davon ausgeht, dass grundsätzlich Brennstoffe mit den geringeren CO₂-Emissionen eingesetzt werden, dann werden für die Umsetzung der KWK-Potentiale folgende Brennstoffe (Reihung nach der Höhe der Emissionsfaktoren) eingesetzt werden:

1. Biogene Energieträger (Emissionsfaktor wird mit 0 angesetzt)
2. Erdgas
3. Flüssiggas
4. Öl und Ölderivate
5. Kohle

Ein Großteil der Primärenergieträger (Ölprodukte, Kohle und Erdgas) müssen importiert werden, wobei die durchschnittliche Importquote, laut Energiebereich 2003, bei ca. 65 % (2001) liegt /59/

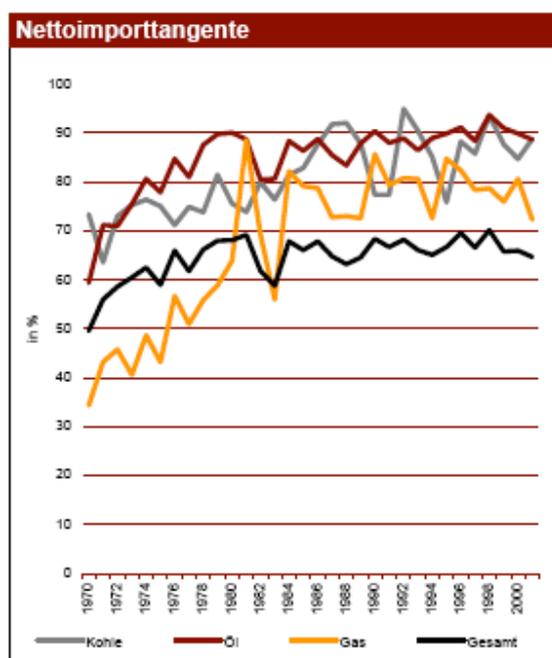


Abbildung 16: Importquote (Nettoimporttangente) von Kohle, Öl und Gas für Österreich (Quelle: Energiebericht 2003)

Gas weist im Jahr 2002 eine Importquote von ca. 72% auf, während Kohle und Ölprodukte bereits über 80% liegen. Für Flüssiggas sind keine entsprechenden statistischen Werte veröffentlicht. Unter Berücksichtigung der z.T. sehr hohen Importquote kann man davon

ausgehen, dass künftig dem Bereich erneuerbare Energieträger eine maßgebliche Rolle beim Ausbau von KWK-Anlagen zuteil wird.

Biogene Energieträger

Biogene Energieträger sind für KWK-Anlagen in der Form

flüssig (z.B. Biodiesel, Biomethanol)

gasförmig (Biogas)

fest (nur bei Großanlagen bzw. ORC-Prozess)

einsetzbar.

Biomasse in Österreich (2002)	theoretisches Potential	derzeit genutzt	Nutzungsgrad
	MWh/a	MWh/a	%
Waldabfälle	41.700.000	6.616.400	16%
Industrielle Nebenprodukte*)	19.460.000	19.070.800	98%
Brennholz für Haushalte	11.120.000	7.756.200	70%
Holzabfall	5.004.000	194.600	4%
Holzverflüssigung	834.000	834.000	100%
sonstige biogene Brennstoffe	2.502.000	55.600	2%
Summe	80.620.000	34.527.600	43%

*) Industrielle Nebenprodukte decken hier sowohl feste als auch flüssige Biomasse (z.B. Lauge) ab

Tabelle 38: Biomassepotential und Nutzung in Österreich, 2002 (Quelle: BLV Wieselburg /60/)

Im produzierenden Bereich (Industrie) wird bereits heute fast das gesamte Potential an biogenen Energieträgern ausgenutzt.

In privaten Haushalten wird 70% des Brennholzes bereits heute eingesetzt, was aber nicht heißt, dass 70% der Haushalte mit Brennholz heizen.

Für alle weiteren Arten von Biomasse (biogene Energieträger) wäre eine Analyse der Einsetzbarkeit für KWK notwendig. Insbesondere wäre hier die Untersuchung der Verarbeitung biogener Energieträger in einen Brennstoff, der in KWK Anlagen einsetzbar wäre, notwendig. Dieses Potential müsste jedoch in weiterer Folge untersucht werden.

Da dazu jedoch keine ausreichenden Studien oder statistischen Analysen vorliegen, konnte keine weitere Bewertung für KWK durchgeführt werden.

Erdgas

Erdgas ist ein leitungsgebundener Energieträger, der zum Großteil (ca. 76%) importiert werden muss. Der Rest wird in Österreich gefördert.

Da Erdgas von allen einsetzbaren Primärenergieträgern die geringsten CO₂-Emissionen aufweist und die Investitionskosten von Erdgas-KWK geringer als z.B. Biogas-KWK-Anlagen sind, kann davon ausgegangen werden, dass ein Ausbau von KWK-Anlagen primär auf Erdgas erfolgen wird.

Flüssiggas

Flüssiggas ist insbesondere für Kleinst-KWK und Klein-KWK interessant, da Flüssiggas an kein Leitungsnetz gebunden ist. Es kann leicht transportiert und leicht gelagert werden. Bestehende Heizungssysteme, die bereits jetzt mit Flüssiggas befeuert werden, hätten somit geringer Kosten bei der Implementierung von KWK-Anlagen als Heizungssysteme mit z.B. Kohle.

Flüssiggas wird jedoch hauptsächlich importiert und würde im Umkehrschluss wieder eine Erhöhung der Importabhängigkeit nach sich ziehen.

6.4 EMISSIONEN KLIMARELEVANTER GASE

6.4.1 Treibhausgase

Die wichtigsten Treibhausgasemissionen sind

- Kohlendioxid (CO₂),
- Methan (CH₄),
- Lachgas (N₂O) sowie
- florierte Treibhausgase (F-Gase)

Da CO₂-Emissionen vor dem Hintergrund des europaweiten CO₂-Handels ein besonderer Stellenwert zukommt, sowie CO₂ im Vergleich zu den anderen Emissionen wesentlich bedeutender ist, werden in weiterer Folge die Berechnungen nur für CO₂ durchgeführt.

Weiters gibt es für Methan, Lachgas und F-Gase keine Veröffentlichungen über spezifische Emissionsfaktoren, sodass die Emissionsreduktionspotentiale für diese Treibhausgase nicht berechnet werden können.

6.4.2 CO₂-Emissionen

Das Ziel der Berechnung ist eine, im Sinne der KWK-RL, mögliche Optimierung der Raumwärmeversorgung in allen Wirtschaftsbereichen (Haushalte, Land- und Forstwirtschaft, produzierender Bereich, öffentlicher Bereich und private Dienstleistungen) durch KWK Anlagen. Die Berechnungen werden für das ermittelte, technisch noch realisierbare KWK-Potential durchgeführt. (Tabelle 23 und Tabelle 24). Die Berechnungen werden gemäß der KWK-Richtlinie für den Nutzenergiebedarf durchgeführt.

Als Ausgangszeitpunkt für die Berechnungen wird das Jahr 2002 gewählt, da für dieses Jahr ausreichend öffentliche Daten zur Verfügung stehen. Weiters wird der Primärenergieträgermix, wie er im Jahr 2002 besteht, für die Hochrechnungen bis 2020 beibehalten.

In einem ersten Schritt wird ein mittlerer Emissionsfaktor für die getrennte Strom- und Wärmeerzeugung berechnet. Als Primärenergieträgermix wird der bestehende Mix von 2002 übernommen. Die CO₂-Emissionen werden mit den Emissionsfaktoren der einzelnen Primärenergieträger, entsprechend der Überwachungsverordnung¹⁴ des BMLUFW, berechnet. Für die gekoppelte Erzeugung von Wärme und Strom in hocheffizienten KWK-Anlagen wird für diese Studie vereinfachend die Annahme getroffen, dass diese künftig nur mit Erdgas befeuert werden.

Im darauf folgenden Schritt werden die CO₂-Berechnungen (Emissionen) für getrennte Wärmeerzeugung und Stromerzeugung sowie gekoppelte Erzeugung (KWK-Anlagen)

¹⁴ BGBl II Nr. 458/2004 . Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Überwachung und Berichterstattung betreffend Emissionen von Treibhausgasen, Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, 3. Dezember 2004

durchgeführt. Diese Berechnungen werden entsprechend den WIFO Energieszenarien bis 2020 ermittelt. Die möglichen CO₂-Einsparungen durch KWK-Anlagen werden aus der Differenz der Emissionen der getrennten und gekoppelten Erzeugung berechnet.

Als Datenbasis für die Berechnungen (insbesondere den Emissionsfaktoren) dienen die Energiebilanzen (Endenergiemengen sowie eingesetzte Primärenergieträger) und Nutzenergieanalyse (mit End- und Nutzenergiemengen sowie eingesetzte Primärenergieträger) von Statistik Austria. Das Basisjahr für die Berechnungen ist das Jahr 2002.

6.4.2.1 Rechnerische Ermittlung der Emissionsfaktoren im Basisjahr

Für die getrennte Wärme- und Stromerzeugung müssen die mittleren Emissionsfaktoren (auf Basis des bestehenden Primärenergieträgermixes) für das Basisjahr 2002 berechnet werden. Die Emissionsfaktoren für die einzelnen Primärenergieträger (Kohle, Öl, Gas usw.) sind der Überwachungsverordnung des BMLFUW entnommen.

Die mittleren Emissionsfaktoren werden für

- getrennte Wärmeerzeugung auf Basis der Einzelfeuerungsanlagen bzw. Heizwerke
- getrennte Stromerzeugung auf Basis thermischer Kondensationskraftwerke (Vereinfachung aus rechentechnischen Gründen)

berechnet.

Die Emissionen für gekoppelte Erzeugung von Wärme und Strom in KWK-Anlagen werden für diese Studie auf Basis Erdgas berechnet. Der spezifische Emissionsfaktor für Erdgas wird wieder der Überwachungsverordnung des BMLFUW entnommen.

6.4.2.1.1 Berechnung der Emissionsfaktoren für die Wärmeerzeugung auf Basis Einzelfeuerungen

Die mittleren Emissionsfaktoren für die getrennte Wärmeerzeugung werden auf Basis der Daten der Nutzenergieanalyse 2002 ermittelt. Dazu werden die Jahresenergiewerte (Wärme), die nach den einzelnen Primärenergieträger angeführt sind, mit den spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren bewertet. Der mittlere Emissionsfaktor wird bestimmt durch die Emissionen im gesamten Sektor Raumwärme in Tonnen CO₂ (tCO₂) und eingesetzter Wärmemenge in MWh_{th}.

Um eine Verifizierbarkeit der berechneten Emissionsfaktoren durchführen zu können, wurden zunächst die Emissionsfaktoren auf Basis der Endenergie berechnet, um einen Vergleich mit veröffentlichten Daten des Umweltbundesamtes (UBA) herzustellen. Die veröffentlichten Emissionsfaktoren werden dem Kyoto Fortschrittsbericht entnommen.

Da die gesamte KWK-Potentialstudie, entsprechend der KWK-Richtlinie, auf Nutzwärme aufgebaut ist, werden in einem weiteren Schritt die Emissionsfaktoren auf Basis der Nutzenergie berechnet.

Raumwärme (Einzelfeuerungsanlagen) (2002)	Wärme (Endenergie)	Emissionen
	MWh th	t CO ₂
Steinkohle	440.539	150.664
Braunkohle	90.427	35.809
Braunkohlenbriketts	328.083	114.501
Koks	1.304.904	488.034
Brenntorf	1.145	0
Benzin	0	0
Leucht- und Flugpetroleum	0	0
Gasöl (Diesel)	0	0
Gasöl für Heizzwecke	19.495.838	5.614.801
Heizöl	4.218.168	1.126.251
Flüssiggas	1.294.101	297.643
Sonst. Produkte der Erdölverarb.	0	0
Naturgas	20.442.164	4.047.548
Gichtgas	0	0
Kokereigas	0	0
Brennbare Abfälle	184.723	0
Brennholz	16.079.198	0
Biogene Brenn- und Treibstoffe	2.138.986	0
Umgebungswärme etc.	2.029.196	0
Insgesamt	68.047.471	11.875.252

Tabelle 39: Raumwärmeezeugung (Endenergie) für Einzelfeuerungsanlagen nach CO₂-Emissionen und einzelnen Primärenergieträgern für 2002 (Quelle: Nutzenergieanalyse von Statistik Austria sowie Berechnungen E-Bridge)

In Summe betragen die Gesamtemission für getrennte Wärmeezeugung (Einzelfeuerungsanlagen bzw. Einzelheizanlagen) für das Jahr 2002 11,9 Mio. tCO₂. Zum Vergleich führt das Umweltbundesamt im Kyoto Fortschrittsbericht¹⁵ für 2002 Gesamtemissionen von 12,06 Mio. tCO₂¹⁶ an. Damit zeigt sich, dass das Berechnungsergebnis mit den vom UBA angeführten Emissionen übereinstimmt.

Die Emissionsfaktoren wurden zunächst auf Basis der Endenergie berechnet, um so einen Vergleich mit veröffentlichten Daten (Kyoto Fortschrittsbericht 2005) des Umweltbundesamtes (UBA) herzustellen. Dabei wurden die in der Tabelle 39 berechneten Emissionen mit den veröffentlichten Werten des Kyoto Fortschrittsberichtes verglichen.

¹⁵ Kyoto Fortschrittsbericht 1990-2003, Datenstand 2005, Serie BE-270, Umweltbundesamt, Wien, 2005

¹⁶ UBA: 2002 betragen die Gesamtemissionen 13,66 Mio tCO₂, davon ist jedoch ein Anteil von 1,60 Mio. tCO₂ für Maschineneinsatz in Land- und Forstwirtschaft enthalten.

Folgende Tabelle zeigt die Energiemengen für Raumwärme auf Basis der Nutzenergiemengen (Quelle: Nutzenergieanalyse der Statistik Austria).

Raumwärme für Einzelfeuerungsanlagen nach Primärenergieträger für 2002	Wärme (Nutzenergie)
	MWh _{th}
Steinkohle	264.953
Braunkohle	46.633
Braunkohlenbriketts	166.151
Koks	785.308
Brenntorf	572
Benzin	0
Leucht- und Flugpetroleum	0
Gasöl (Diesel)	0
Gasöl für Heizzwecke	14.621.397
Heizöl	2.756.107
Flüssiggas	966.344
Sonst. Produkte der Erdölverarb.	0
Naturgas	15.044.545
Gichtgas	0
Kokereigas	0
Brennbare Abfälle	115.126
Brennholz	10.257.028
Biogene Brenn- und Treibstoffe	1.223.572
Umgebungswärme etc.	1.823.261
Insgesamt	48.070.998

Tabelle 40: Verteilung der Raumwärme (Nutzenergie) für Einzelfeuerungsanlagen nach einzelnen Primärenergieträger für 2002 (Quelle: Nutzenergieanalyse von Statistik Austria)

Der mittlere Emissionsfaktor für getrennte Wärmeerzeugung beträgt, bezogen auf die Endenergiemenge, somit $0,1745 \text{ tCO}_2/\text{MWh}_{\text{th}}$, wobei aus Gesichtspunkten von Kyoto der spezifische Emissionsfaktor für biogene Energieträger mit 0 bewertet wird.

Da die KWK-Richtlinie eine Berechnung nach Nutzenergiearten erfordert, ergibt sich für Nutzenergie ein mittlerer Emissionsfaktor auf Basis der Nutzenergiemenge von $0,2470 \text{ tCO}_2/\text{MWh}_{\text{th}}$. Die Differenz zwischen der Nutzenergiemenge (Raumwärme usw.) zur eingesetzten Endenergie ergibt sich durch den Wirkungsgrad der Umwandlungsstufe. Die Umwandlungsstufe ist z.B. eine Heizanlage, in der Heizöl (Endenergie) in Raumwärme (Nutzenergie) umgewandelt wird. Dabei bestimmt der Wirkungsgrad der Heizanlage, wie viel aus der Endenergie (Heizöl) Nutzenergie (Raumwärme) erzielt werden kann. Die entsprechenden Wirkungsgrade sind in den Berechnungen der Nutzenergiemengen in der Nutzenergieanalyse der Statistik Austria berücksichtigt.

Für einen weiteren Vergleich wird die Annahme getroffen, dass bereits realisierte Heizanlagen mit den biogenen Energieträgern:

- brennbare Abfälle
- Brennholz
- biogene Brenn- und Treibstoffe
- Umgebungswärme

nicht durch KWK-Anlagen ersetzt werden. Damit bleiben nur Einzelheizungssysteme mit fossilen Energieträgern als Basis übrig. Für diese Basis wird in einem weiteren Berechnungsschritt der mittlere Emissionsfaktor ausschließlich mit fossilen Energieträgern berechnet. Somit ergibt sich ein mittlerer Emissionsfaktor, bezogen auf die Nutzenergiemenge, von 0,343 tCO₂/MWh_{th}. Dieser Emissionsfaktor wird auch für den gesamten Zuwachs im Segment Raumwärme und Warmwasser über die Betrachtungsperiode verwendet.

Die spezifischen Emissionsfaktoren der einzelnen Primärenergieträger wurden wiederum der Überwachungsverordnung des BMLFUW entnommen und sind auch im Kapitel 3.2 dieser Studie angeführt.

6.4.2.1.2 Berechnung der Emissionsfaktoren für getrennte Wärmeerzeugung auf Basis ‚Heizwerke‘

Im folgenden Abschnitt wird der mittlere Emissionsfaktor für Fernwärme aus Heizwerken berechnet. Ausgehend von den Energiebilanzen der Statistik Austria werden nur die Energiemengen (Basis fossile Energieträger) für Heizwerke herangezogen. Der Anteil von Fernwärme aus KWK-Anlagen wird zur Berechnung der Emissionsfaktoren nicht berücksichtigt.

Da die Energiebilanzen für Endenergie erstellt werden, werden die Nutzwärmemengen mit einem mittleren Wirkungsgrad von 90% berechnet.

Weiters werden die Verluste durch den Wärmetransport im Wärmenetz mit 10% in der Berechnung berücksichtigt.

Folgende Tabelle zeigt die Nutzwärmemengen aus Heizwerken auf der Datenbasis 2002:

Raumwärme (Heizwerke) 2002	Wärme (Nutzenergie)	Emissionen
	MWh _{th}	t CO ₂
Steinkohle	0	0
Braunkohle	0	0
Öl	370.011	131.559
Naturgas	1.332.473	325.716
Kohlegase	0	0
Insgesamt	1.702.484	457.275

Tabelle 41: Verteilung der Raumwärme (Nutzenergie) für Heizwerke nach einzelnen Primärenergieträger für 2002 (Quelle: Energiebilanzen 1970-2003 von Statistik Austria sowie Berechnungen E-Bridge)

Somit ergibt sich ein mittlerer Emissionsfaktor auf Basis der Nutzenergiemenge für reine Heizwerke (ohne KWK-Anlagen) von 0,269 tCO₂/MWh_{th}.

6.4.2.1.3 Berechnung des Emissionsfaktors für Stromerzeugung aus Kondensationskraftwerken

Für die Berechnungen der Emissionsfaktoren der getrennten Stromerzeugung werden vereinfachend nur Energiemengen aus Kondensationskraftwerken verwendet. Es werden keine Erzeugungsmengen aus Industrieanlagen (UEA – Unternehmen mit Eigenanlagen) oder KWK-Anlagen berücksichtigt.

Die Berechnung der Emissionsfaktoren für die Stromerzeugung erfolgt auf Basis der Energiebilanzen von Statistik Austria für das Jahr 2002. Es wird ein mittlerer Wirkungsgrad von 40% der Kraftwerke angenommen.

Aufgrund Stilllegungen von Kraftwerken wird die Annahme getroffen, dass ab 2007 keine Kondensationskraftwerke mit Braunkohle betrieben werden. Die Energiemenge aus Braunkohle für 2002 (1.392.839 MWh_{el}) wird auf die verbleibenden Energieträger zu gleichen Teilen verteilt

Strom aus Kondensationskraftwerken (EVU)	Strom	CO ₂ -Emissionen
	MWh _{el}	tCO ₂
Steinkohle	4.654.708	3.979.775
Braunkohle	1.392.839	1.378.910
Öl	141.091	101.586
Naturgas	3.608.201	1.786.059
Kohlegase	0	0
Gesamt	9.796.839	7.246.331

Tabelle 42: Energiemengen aus Kondensationskraftwerken (ohne KWK-Anlagen) sowie entsprechende CO₂-Emissionen von 2002 bis 2006 (Quelle: Statistik Austria, VEÖ sowie Berechnungen E-Bridge)

Strom aus Kondensationskraftwerken ab 2007 (EVU)	Strom	CO2-Emissionen
	MWh el	tCO2
Steinkohle	5.426.157	4.639.364
Braunkohle	0	0
Öl	164.475	118.422
Naturgas	4.206.207	2.082.072
Kohlegase	0	0
Gesamt	9.796.839	6.839.859

Tabelle 43: Energiemengen aus Kondensationskraftwerken (ohne KWK-Anlagen und ohne Braunkohle) sowie entsprechende CO2-Emissionen ab 2007 (Quelle: Berechnungen E-Bridge)

Für das Jahr 2002 werden für die Stromerzeugung aus Kondensationskraftwerken 7,25 Mio. t CO₂ ermittelt.

Der mittlere Emissionsfaktor für Kondensationskraftwerke errechnet sich auf 0,740 tCO₂/MWh_{el}.

Ab dem Jahr 2007 wird kein Kondensationskraftwerk mit Braunkohle betrieben. Die aus Braunkohle erzeugten Energiemengen werden zu gleichen Teilen auf die verbliebenen Primärenergieträger verteilt. Da diese einen geringeren spezifischen Emissionsfaktor aufweisen, reduzieren sich die Emissionen auf 6,84 Mio. t CO₂.

Der mittlere Emissionsfaktor für Kondensationskraftwerke ab 2007 errechnet sich auf 0,698 tCO₂/MWh_{el}.

6.4.2.1.4 Berechnung des Emissionsfaktor der gekoppelten Erzeugung (KWK) von Wärme und Strom

Die Emissionen der gekoppelten Erzeugung (KWK) werden über den Brennstoffausnutzungsgrad berechnet. Der Brennstoffausnutzungsgrad ist das Verhältnis des eingesetzten Energieträgers (Brennstoffwärmeleistung) zur Summe des elektrischen und thermischen Wirkungsgrades. Für KWK-Anlagen wird ein durchschnittlicher Brennstoffausnutzungsgrad von 0,86 vorausgesetzt. Es wird die Wärmebrennstoffmenge ermittelt, die in der KWK-Anlage benötigt wird, um die notwendige Nutzwärmemenge (vgl. Tabelle 25) bereitstellen zu können.

Brennstoffwärmemengen für

- Fernwärme KWK Anlagen: 59.784.828 MWh
- Dezentrale KWK Anlagen: 22.500.754 MWh

Für die Berechnungen der Emission aus KWK-Anlagen wird die Annahme getroffen, dass als Brennstoff Erdgas, mit einem spezifischen Emissionsfaktor von 0,198 tCO₂/MWh_{th},

eingesetzt wird. Der Emissionsfaktor für Erdgas wird wieder der Überwachungsverordnung des BMFLUFW entnommen.

6.4.2.2 Emissionsberechnungen für das technisch noch realisierbare KWK-Potential auf Basis des Primärenergieträgermixes 2002

Ausgehend von der Raumwärmemenge des technisch noch realisierbaren KWK-Potentials wird eine Berechnung der Emissionen in KWK-Anlagen (gekoppelte Erzeugung) sowie in Heizwerken bzw. Einzelfeuerungsanlagen (getrennte Erzeugung) durchgeführt. Da in KWK-Anlagen Strom als Koppelprodukt anfällt, wird die dabei entstehende Strommenge auch in der getrennten Erzeugung von Strom berücksichtigt.

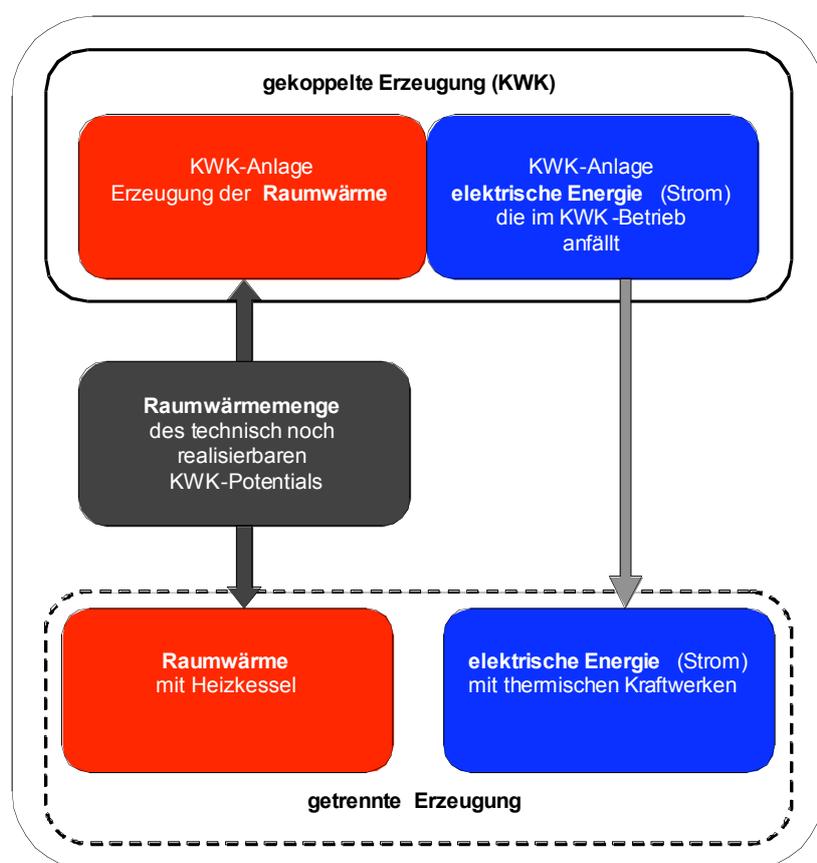


Abbildung 17: Gekoppelte und getrennte Erzeugung von Wärme und Strom aus Basis des technisch noch realisierbaren KWK-Potentials

Die Berechnungen werden sowohl für das Potential aus KWK-Fernwärmeanlagen als auch dezentrale KWK-Anlagen durchgeführt. Da sich die Energiemengen jedoch überschneiden, d.h. Raumwärme sowohl aus KWK-Fernwärme oder aus dezentralen Anlagen bereitgestellt werden kann, kann das Ergebnis nicht addiert werden.

Das technische KWK-Potential für die Nutzwärmeart ‚Raumwärme, Klima, Warmwasser‘ beträgt entsprechend Tabelle 25

- Fernwärme KWK-Anlagen: 35.996.696 MWh_{th}
- dezentrale KWK-Anlagen: 19.120.746 MWh_{th}

Von diesem Potential werden die bereits installierten KWK-Anlagen abgezogen. Da eine Zuordnung der bereits realisierten KWK-Anlagen auf einzelne Nutzenergiearten nicht gegeben ist, werden für die weitere Analyse folgende Annahmen getroffen:

- dezentrale Anlagen (UEA) > 1MW_{el} werden dem produzierenden Bereich zugeordnet, die in diesen Anlagen produzierte Nutzwärme ist Dampferzeugung und wird damit nicht der Nutzwärmeart ‚Raumwärme, Klima, Warmwasser‘ zugeordnet
- KWK-Fernwärmeanlagen erzeugen Energie der Nutzenergieart ‚Raumwärme, Klima und Warmwasser‘
- aus Kleinst- und Klein-KWK Anlagen wird die jährliche Energiemenge auf Basis der installierten Leistung sowie durchschnittlichen 4.000 Stunden berechnet¹⁷.
- die Energiemenge der öffentlichen Fernwärmeanlagen wird den Energiebilanzen (Fernwärme) entnommen.

Mit diesen Annahmen für bestehende Anlagen (Basis 2002) sowie dem ermittelten technischen Potential wird das technisch noch realisierbare Potential für die Nutzenergieart ‚Raumwärme, Klima, Warmwasser‘ berechnet:

Technisch noch realisierbares KWK-Potential (nach Leistungsreduktion)	Raumwärme, Klima, Warmwasser	
	Fernwärme-KWK	dezentrale KWK
	MWh th	MWh th
Technisches KWK-Potential	35.996.696	19.120.746
Erzeugung 2002 (Bestand)	8.936.195	8.936.195
techn. realisierbares Potential	27.060.501	10.184.552

Tabelle 44: Technisch noch realisierbares KWK-Potential für Raumwärme, Klima, Warmwasser (Berechnung E-Bridge)

Ausgehend vom ermittelten technischen KWK-Potential wird die Erzeugung aus bereits realisierten KWK-Anlagen für das Basisjahr 2002 abgezogen. Dabei wird die Annahme getroffen, dass die bereits installierten KWK-Anlagen für beide Bereiche (Fernwärme und

¹⁷ Die Annahme für 4.000 Stunden beruht darauf, dass Anlagen dann installiert wurden, wenn diese mindestens 4.000 h erreichen können.

dezentrale KWK) das Potential in gleichem Ausmaß reduziert, da dieser Anteil des technischen Potentials bereits realisiert wurde.

Das somit errechnete Potential entspricht dem technischen KWK-Potential, welches im Bereich Raumwärme, Klima, Warmwasser noch realisiert werden kann., somit dem technisch realisierbaren KWK-Potential. Diese Nutzenergiemenge deckt dabei die Wirtschaftsbereiche

- Land- und Forstwirtschaft
- öffentlicher Bereich und private Dienstleistungen
- produzierender Bereich
- Haushalte

ab.

6.4.2.2.1 Berechnung der gekoppelten Erzeugung von Wärme und Strom

Als Vergleichssystem wird eine hocheffiziente KWK-Anlage eingesetzt und mit dem Primärenergieträger Erdgas betrieben (Annahme).

Die Berechnung der gekoppelten Erzeugung von Wärme und Strom wird nach folgenden Punkten durchgeführt:

- Referenzanlage ist eine gasbefeuerte KWK-Anlage für das technisch noch realisierbare KWK-Potential
- Hochrechnung bis 2020 mit einer Fortschreibung der Befeuerung mit Erdgas
- Mengensteigerung des technisch noch realisierbaren KWK-Potentials bis 2020 erfolgt entsprechend den Energieszenarien¹⁸ von WIFO
- Emissionsfaktor für Gas entspricht der Überwachungsverordnung des BMLFUW

Für KWK-Anlagen wird ein durchschnittlicher Brennstoffausnutzungsgrad von 0,86 vorausgesetzt. Es wird die Wärmebrennstoffmenge ermittelt, die in der KWK-Anlage benötigt wird, um die notwendige Nutzwärmemenge (vgl. Tabelle 25 bzw. Tabelle 44) bereitstellen zu können.

Brennstoffwärmemengen für

- Fernwärme KWK Anlagen: 59.784.828 MWh
- Dezentrale KWK Anlagen: 22.500.754 MWh

Unter der Annahme, dass die KWK-Anlagen mit Erdgas (mit dem Emissionsfaktor von 0,198 tCO₂/MWh Brennstoffwärmeleistung) betrieben werden, ergeben sich Gesamtemissionen für

- Fernwärme KWK-Anlagen von 11.837.396 tCO₂

¹⁸ Bereits in Kap. 6 beschrieben, Energieszenarien des WIFO vom Stand Juni 2005

- dezentrale KWK-Anlagen von 4.455.149 tCO₂

6.4.2.2.2 Berechnung der getrennten Erzeugung von Wärme und Strom

Die Berechnungen für die getrennte Wärme- und Stromerzeugung erfolgt nach folgenden Punkten:

Wärme

- Referenzsystem sind Heizwerke > 1 MW_{th} bzw. Einzelfeuerungsanlagen < 1 MW_{th}
- Energieträgermix wie in Kap. 6.4.2.1.1 dargestellt
- Mengensteigerung des technisch noch realisierbaren Potentials bis 2020 entsprechend den Energieszenarien von WIFO
- mittlere Emissionsfaktoren wie in Kap. 6.4.2.1.1 berechnet.

Berechnungsergebnisse für 2002

Basierend auf den im Kapitel 6.4.2.1.1 ermittelten Emissionsfaktoren

- 0,247 tCO₂/MWh_{th} Basis Einzelfeuerung und Nutzenergie
- 0,343 tCO₂/MWh_{th} Basis: Einzelfeuerung mit ausschließlich fossilen Energieträgern und Nutzenergie
- 0,269 tCO₂/MWh_{th} Basis: Fernwärme aus Heizwerken mit durchschnittlichem Wirkungsgrad von 90%, 10% Netzverlusten und Nutzenergie

ergeben die Szenarien folgende Gesamtemission:

Gesamtemissionen getrennter Wärmeerzeugung	Fernwärme KWK	dezentrale KWK
	tCO ₂	tCO ₂
Einzelfeuerung mit gesamten Mix	6.684.909	2.515.948
Einzelfeuerung mit ausschließlich fossilen Energieträgern	9.273.640	3.490.248
Fernwärme aus Heizwerken	7.268.258	2.735.498

Tabelle 45: Gesamtemissionen CO₂ getrennter Wärmeerzeugung (Berechnungen E-Bridge)

Strom

- Referenzsystem sind Kondensationskraftwerke
- Energieträgermix wie in Kap. 6.4.2.1.3 dargestellt
- Mengenentwicklung des technisch noch realisierbaren KWK-Potentials bis 2020 entsprechend den Energieszenarien von WIFO
- mittlere Emissionsfaktoren wie in Kap. 6.4.2.1.3 berechnet

Berechnungsergebnisse für 2002

Ausgehend vom technisch noch realisierbaren KWK-Potential wird mit einer mittleren Stromkennzahl von 0,9 die entsprechende Strommenge berechnet. Mit den in Kapitel 6.4.2.2.1 ermittelten Wärmemengen, ergeben sich Strommengen für:

- Fernwärme KWK-Anlagen von 24.354.451 MWh_{el}
- dezentrale KWK-Anlagen von 9.166.096 MWh_{el}

Der mittlere Emissionsfaktor für Kondensationskraftwerke ist bis 2006 mit 0,740 tCO₂/MWh_{el} berechnet (Kap 6.4.2.1.2), ab 2007 beträgt der mittlere Emissionsfaktor durch den Wegfall von Braunkohle 0,698 tCO₂/MWh_{el}.

Damit ergeben sich für die getrennte Stromerzeugung folgende Emissionen (Basis Erdgas und Basisjahr 2002):

- Fernwärme KWK-Anlagen: 18.014.016 tCO₂
- dezentrale KWK-Anlagen: 6.779.796 tCO₂

6.4.2.3 CO₂ Emissionsberechnung bis 2020 im Sektor Raumwärme

Die Mengenentwicklungen bis 2020 werden von den WIFO Energieszenarien übernommen.

Es werden die mittleren Emissionsfaktoren aus Kap. 2.1 und 2.2 angewendet.

Für die gekoppelte Erzeugung (KWK) wird angenommen, dass hocheffiziente KWK-Anlagen mit Erdgas betrieben werden.

Entsprechend der KWK-Richtlinie werden die Berechnungen für Nutzwärme durchgeführt, wobei die CO₂-Emissionen für die Nutzwärmeart ‚Raumwärme, Klima, Warmwasser‘ ermittelt werden.

Die Ergebnisse werden für die Zeiträume von 2005-2012 sowie 2013-2020 dargestellt. Die Zahlenwerte stellen mittlere, jährliche Emissionen pro Periode (2005-2012 bzw 2013-2020) dar.

Getrennte Erzeugung von Wärme und Strom	Fernwärme KWK-Anlagen		dezentrale KWK-Anlagen	
	durchschnittliche jährliche CO ₂ -Emissionen		durchschnittliche jährliche CO ₂ -Emissionen	
	2005 - 2012	2013 - 2020	2005 - 2012	2013 - 2020
	tCO ₂	tCO ₂	tCO ₂	tCO ₂
Wärme				
Wärme auf Basis Einzelfeuerungsanlagen mit gesamten Energieträgermix	7.532.817	8.514.946	2.835.068	3.204.704
Wärme auf Basis Einzelfeuerungsanlagen nur mit fossilem Energieträgermix	10.449.900	11.812.358	3.932.948	4.445.726
Wärme auf Basis Heizwerke nur mit fossilem Energieträgermix	8.190.157	9.257.990	3.082.466	3.484.358
Strom				
Strom auf Basis Kondensationskraftwerke (ohne KWK)	19.432.532	21.658.375	7.430.319	8.151.395

Tabelle 46: CO₂-Emissionen für getrennte Erzeugung von Wärme und Strom auf Basis der Wärmemenge des technisch realisierbaren KWK-Potentials (Berechnung E-Bridge)

Gekoppelte Erzeugung von Wärme und Strom	Fernwärme KWK-Anlagen		dezentrale KWK-Anlagen	
	durchschnittliche jährliche CO ₂ -Emissionen		durchschnittliche jährliche CO ₂ -Emissionen	
	2005 - 2012	2013 - 2020	2005 - 2012	2013 - 2020
	tCO ₂	tCO ₂	tCO ₂	tCO ₂
KWK auf Basis Erdgas	13.338.840	15.077.958	5.020.236	5.674.774

Tabelle 47: CO₂-Emissionen für gekoppelte Erzeugung von Wärme und Strom auf Basis des technisch noch realisierbaren KWK-Potentials (Berechnung E-Bridge)

Aus den Berechnungen der Emissionen für gekoppelte und getrennte Erzeugung lässt sich mit den verschiedenen Szenarien das mögliche CO₂ Einsparungspotential auf Basis des technisch noch realisierbaren KWK-Potentials berechnen.

mögliches Einsparungspotential der CO ₂ Emissionen	Fernwärme KWK-Anlagen		dezentrale KWK-Anlagen	
	durchschnittliche jährliche CO ₂ -Emissionen		durchschnittliche jährliche CO ₂ -Emissionen	
	2005 - 2012	2013 - 2020	2005 - 2012	2013 - 2020
	tCO ₂	tCO ₂	tCO ₂	tCO ₂
minimales Einsparungspotential	13.626.509	15.095.362	5.128.504	5.681.325
maximales Einsparungspotential	16.543.592	18.392.774	6.226.384	6.922.346

Tabelle 48: Mögliches Einsparungspotential an jährlichen CO₂-Emissionen zwischen gekoppelter Erzeugung von Wärme und Strom gegenüber der getrennten Erzeugung von Wärme und Strom in Abhängigkeit der Berechnung der Emissionsfaktoren auf Basis des technisch noch realisierbaren KWK-Potentials (Berechnung E-Bridge)

Das minimale Einsparungspotential ergibt sich aus der Differenz der getrennten Wärmeerzeugung (Basis Einzelfeuerung mit gesamten Energieträgermix), der getrennten Stromerzeugung (Basis Kondensationskraftwerke) gegenüber der gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme in KWK-Anlagen (mit Erdgas betrieben).

Das maximale Einsparungspotential ergibt sich aus der Differenz der getrennten Wärmeerzeugung (Basis Einzelfeuerungsanlagen mit fossilem Energieträgermix), der getrennten Stromerzeugung (Basis Kondensationskraftwerke) gegenüber der gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme in KWK-Anlagen (mit Erdgas betrieben).

Die ermittelten CO₂-Mengen fallen im KWK-Bereich sowohl für Wärme als auch für die Stromerzeugung an, d.h. für klimapolitische Entscheidungen muss hier noch eine Zuordnung auf die entsprechenden Energiemengen bzw. Energiearten (Wärme und Strom) durchgeführt werden.

Für die Berechnungen der CO₂-Mengen wurde das technisch noch realisierbare KWK-Potential herangezogen, d.h. bestehende KWK-Anlagen sind in diesem Potential bereits berücksichtigt und nur noch das zu realisierende Potential wird hier untersucht.

Das Ergebnis beschränkt sich nur auf das KWK-Potential für die Nutzenergieart ‚Raumwärme, Klima, Warmwasser‘ und deckt die Wirtschaftsbereiche:

- Land- und Forstwirtschaft
- Haushalte
- öffentlicher Bereich und private Dienstleistung
- produzierender Bereich

7 HEMMNISSE

Der Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bietet die Möglichkeit, Primärenergie im Vergleich zur getrennten Erzeugung von Strom und Wärme einzusparen und kann somit einen wesentlichen Beitrag zu den Zielen der Europäischen Union vor allem in den Bereichen Energieversorgungssicherheit und Klimawandel leisten. Zudem stellt sie eine günstige Möglichkeit zur Reduktion von CO₂-Emissionen dar. In der KWK-Richtlinie /1/ sind zehn KWK-Technologien explizit angeführt, welche den gesamten Leistungsbereich von Kleinanlagen mit einer Leistung ab etwa einem Kilowatt bis hin zu Großkraftwerken abdecken können und in Wirtschaft und Gesellschaft Anwendung finden können. Einer forcierten Nutzung stehen allerdings in der Praxis Hemmnisse entgegen. Um entsprechende Entwicklungen zu forcieren, wurde seitens der Europäischen Union die Richtlinie zur Förderung einer am Nutzwärmebedarf orientierten Kraft-Wärme-Kopplung im Energiebinnenmarkt erlassen. In dieser Richtlinie wird u.a. gefordert, eine Analyse der Hemmnisse durchzuführen, „die der Verwirklichung des nationalen Potentials für hocheffiziente KWK entgegenstehen“ könnten.

7.1 HEMMNISSE, DIE DER VERWIRKLICHUNG DES NATIONALEN POTENTIALS FÜR KWK ENTGEGENSTEHEN KÖNNTEN

In diesem Kapitel werden Hemmnisse, die der Verwirklichung des nationalen Potentials für KWK entgegenstehen könnten, dargestellt und diskutiert.

7.1.1 Hemmnisse auf Grund des aktuellen europäischen Regulierungsregimes

7.1.2 (Noch) fehlender europäischer „Masterplan“ im Energiebereich

Vorrangiges Anliegen der neuen Europäischen Kommission ist die auf zehn Jahre angelegte Strategie für wirtschaftliche, soziale und ökologische Erneuerung, die als Strategie von Lissabon bekannt ist. Der Beitrag, den eine wirkungsvolle Energiepolitik zum Wohlstand Europas insgesamt leisten kann, kann nicht unterschätzt werden. Der Energiesektor ist eine der Schlüsselbranchen der europäischen Wirtschaft. Für die Wettbewerbsfähigkeit und somit für das Erreichen der Ziele von Lissabon ist der Energiesektor von zentraler Bedeutung ebenso für die Einhaltung der Verpflichtungen Europas aus dem Protokoll von Kyoto; zudem ist er ein wesentlicher Sicherheitsfaktor.

Obwohl diese Untersuchung auf die nationale Ebene beschränkt ist, muss man sich bei der Analyse potenzieller Hemmnisse aufgrund des europäischen Energie-Binnenmarktes zwangsläufig auch dieser Ebene widmen, vor allem aufgrund der tief greifenden Richtlinien im Energie- und Umweltbereich, welche von den Mitgliedsstaaten umzusetzen sind.

So sind hinsichtlich KWK-Anlagen folgende Rahmendokumente von vorrangiger Bedeutung:

- Binnenmarktrichtlinie /67/
- Erneuerbare-Richtlinie /70/

- Emissionshandels-Richtlinie /68/
- KWK-Richtlinie /1/
- Energiebesteuerungs-Richtlinie /69/
- Gebäude-Richtlinie /66/

In der jüngsten Vergangenheit hat sich gezeigt, dass es bei der konkreten Umsetzung der einzelnen Richtlinien zu ungeklärten Fragestellungen gekommen ist, die z.T. auf einen fehlenden „Masterplan“ im europäischen Energiebereich und die damit einhergehende zu geringe Abstimmung der einzelnen Rechtsakte untereinander zurückzuführen sind. Der Rahmen für die konkrete Umsetzung der jeweiligen Richtlinien in den einzelnen Mitgliedsstaaten wird zwar grob vorgegeben, aber bei der konkreten Umsetzung besteht zumeist doch so viel Spielraum, dass es zu offenen Fragestellungen hinsichtlich eines konsistenten Energie-Binnenmarktes kommt.

Diese Problematik wurde auch vom zuständigen Energie-Kommissar Andris Piebalgs erkannt und im Rahmen des Arbeitsplanes für die nächsten 5 Jahre als Schwerpunkt festgehalten.¹⁹

Langfristig ist das Ziel im Energiebereich eine optimale Entwicklung der europäischen Energiewirtschaft. Da die Anwendung reiner marktwirtschaftlicher Prinzipien aufgrund diverser Branchenbesonderheiten zu unerwünschten Effekten führen würde, wird regulierend eingegriffen. Die Grundsätze für derartige Eingriffe sollten jedenfalls sein: „Berücksichtigung des ökonomischen Gesetzes“ und hier vor allem „kostenentsprechende Preise“.

Identifikation möglicher Hemmnisse

Die diversen Förderregelungen auf europäischer Ebene sind derzeit untereinander schlecht abgestimmt und zeigen z.T. divergierende Zielsetzungen. Es fehlen entsprechende Priorisierungen vor allem aufgrund des (noch) fehlenden europäischen „Masterplans“ für den Energie- und Umweltbereich.

7.1.3 Regelung der KWK-Förderung auf europäischer Ebene

Auf europäischer Ebene existieren keine einheitlichen Vorgaben für die jeweiligen Mitgliedsstaaten darüber, wie der konkrete Fördermechanismus für KWK-Anlagen gestaltet sein soll. Es zeigt sich, dass die konkreten Ausgestaltungen der Förderung von KWK-Anlagen z.T. erhebliche Unterschiede aufweist. Eine vollständige Analyse der jeweiligen Regelungen in den Mitgliedsstaaten ist in dieser Studie nicht möglich; daher werden beispielhaft die Regelungen in Österreich, Deutschland und Dänemark die im Überblick dargestellt und diskutiert.

¹⁹ vgl. Europäische Kommission – Generaldirektion Energie und Verkehr: „Europäische Prioritäten im Energiebereich“, Memo, 2005

	Österreich	Deutschland	Dänemark
gesetzlicher Rahmen	KWK im Ökostromgesetz	KWK-Gesetz	Einbindung in nationalen Energieplan; Wärmeplanung obliegt Gemeinden, ab 1 MW _{th} ist KWK vorrangig zu behandeln.
Förderungsmaßnahmen	Anschlusspflicht, keine Abnahmepflicht festgelegte Zuschläge für KWK-Strom Effizienzkriterium und Brennstoffkriterium Bezug auf den Marktpreis	Anschlusspflicht, Abnahmepflicht, Zuschlag auf eingespeisten Strom, kein Effizienzkriterium	Abnahmepflicht und geregelte Abnahmepreise; Überschussstrom aus KWK kostendeckend abgenommen; bevorzugter Netzzugang, Netzanschlusskosten teilweise vom Netz zu übernehmen
Förderungszeitraum	2008 / 2010	2006 / 2009 / 2010 10 Jahre ^{*1}	15 – 20 Jahre
KWK-Zuschlag	1,5 ct/kWh / 1,25 ct/kWh	1,38 / 1,69 ct/kWh ^{*2} 2,4 ct/kWh (< 2 MW) 5,11 ct/kWh ^{*1}	technologieabhängige regulierte Tarife
Förderungsobjekte	bestehende und modernisierte Anlagen, die der öffentlichen Fernwärmeversorgung dienen	alte Bestandsanlagen, neue Bestandesanlagen, modernisierte Anlagen, KWK-Anlagen < 2 MW _{el}	

^{*1} für KWK-Anlagen bis 50 kW_{el} sowie Brennstoffzellen ^{*2} Stand 2005, Quelle: Wifo/KWI²⁰

Tabelle 49: Vergleichende Gegenüberstellung der KWK-Förderungsregelungen in ausgewählten europäischen Ländern

Hinsichtlich der Regelungen der KWK-Förderung besteht beispielsweise in Dänemark ein sog. „Heat Supply Act“, welcher in einen nationalen Energieplan eingebunden ist und in dessen Rahmen die Wärmebedarfsplanung auf die Ebene der Gemeinde verlagert wird und hier KWK-Anlagen vorrangig zu behandeln sind.

In Österreich ist keine Abnahmepflicht für den in KWK-Anlagen erzeugten Strom vorgesehen. Diese Abnahmepflicht gibt es aber in Dänemark in Kombination mit festgelegten Tarifen, was allgemein als günstige Rahmenbedingung für KWK-Anlagen angesehen wird.

Auch die Förderungszeiträume betreffend gibt es z.T. erhebliche Unterschiede. In Österreich ist die KWK-Förderung derzeit bis 2008/2010 begrenzt, wohingegen bspw. in Dänemark der Förderungszeitraum bei 15 – 20 Jahren liegt. Für potenzielle Investoren in Dänemark ist dies als Vorteil hinsichtlich der Planungssicherheit anzusehen.

Neben der unterschiedlichen Regelung der Förderhöhen bestehen auch Unterschiede hinsichtlich der ins Förderregime fallenden Anlagen. Beispielsweise werden im Rahmen des deutschen KWK-Gesetzes auch Klein- und Kleinstanlagen gefördert, worunter auch explizit Brennstoffzellen-KWK-Anlagen fallen.

²⁰ WIFO, KWI: „Kraft-Wärme-Kopplung in Österreich“, Mai 2005

Identifikation möglicher Hemmnisse

- Die Förderregelungen für KWK-Anlagen sind in den einzelnen Mitgliedsstaaten z.T. sehr unterschiedlich geregelt. In Zusammenhang mit der Idee eines europaweiten Binnenmarktes für Energie ist zu hinterfragen, in wieweit dies zu Unvereinbarkeiten oder zu unerwünschten Marktverzerrungen führt.
- Relevante Unterschiede betreffen beispielsweise die Einbindung von KWK-Anlagen in die Energieplanung, die Regelung der Abnahmepflichten, die Förderhöhen, die Festlegung von förderungswürdigen Anlagen und die Dauer der Förderungen.
- Wenn Förderschemen etabliert werden, dann wäre eine langfristige stabile Förderregime zweckmäßig, die zu einem gesicherten Investitionsklima führen

7.1.4 Regelung der KWK-Förderung auf österreichischer Ebene

In Österreich wurde im Rahmen des Ökostromgesetzes²¹ die Förderung von KWK vor allem in §12 und §13 geregelt. Ziel des Gesetzes ist es, den weiteren Betrieb von bestehenden KWK-Anlagen sowie deren Modernisierung zu unterstützen und die Art und Weise der Förderung festzulegen. Eine Förderung der Erzeugung von elektrischer Energie, die aus bestehenden oder modernisierten Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen unmittelbar und effizienzmaximiert als Koppelprodukt bei der Erzeugung von Fernwärme hergestellt wird, ist nur unter der Voraussetzung zulässig, dass

1. deren Betrieb der öffentlichen Fernwärmeversorgung dient und
2. eine Einsparung des Primärenergieträgereinsatzes und der CO₂-Emissionen im Vergleich zu getrennter Strom- und Wärmeerzeugung erzielt wird.

Die KWK-Förderregelung im Ökostromgesetz ist ausdrücklich auf das öffentliche Fernwärmenetz ausgerichtet, daher haben industrielle Anlagen zur Eigenversorgung mit Wärme keinen Förderungsanspruch. Eine Förderung von KWK-Neuanlagen zur öffentlichen Fernwärmeversorgung ist ebenfalls nicht vorgesehen.

Für KWK-Strom ist im Gesetz keine Abnahmepflicht festgeschrieben. Insbesondere soll ein bundesweiter Ausgleich der Lasten der Förderung erreicht werden. Biomasse-KWK werden nach den Biomassebestimmungen im Ökostromgesetz gefördert, da Biomasse als CO₂ neutral eingestuft wird und somit keine CO₂-Emissionen bei der energetischen Nutzung eingespart werden können, wie es in den KWK-Förderregelungen vorgesehen ist.

Für die Strommengen, die unmittelbar und effizienzmaximiert als Koppelprodukt bei der Erzeugung von Fernwärme hergestellt werden, werden dem Betreiber der KWK-Anlage "unter Berücksichtigung der Strom- und Fernwärmeerlöse die für die Aufrechterhaltung des Betriebs erforderlichen Kosten" in Cents pro kWh vom österreichischen Regulator E-Control GmbH abgegolten. Es werden also die im Vergleich zum Marktpreis anfallenden Mehrkosten ersetzt. Die Kosten bestehen aus den Komponenten Brennstoffkosten,

²¹ vgl. 149. Bundesgesetz, mit dem Neuregelungen auf dem Gebiet der Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energieträgern und auf dem Gebiet der Kraft-Wärme-Kopplung erlassen werden.

Instandhaltungskosten und Betriebskosten. Ausgenommen sind die Kosten für Pensionszahlungen, Verwaltungskosten und Steuern. Sind die Kosten für eine Anlage nicht nachweisbar, besteht kein Anspruch auf Förderung. Bei modernisierten Anlagen darf man zusätzlich die Kapitalkosten hinzurechnen.

Förderungswürdig sind nur Anlagen, die einem Effizienzkriterium entsprechen, welches im Gesetz nach folgender Gleichung definiert ist. Das Effizienzkriterium ist seit 2005 mit dem Wert 0,6 festgelegt (in den Jahren davor war der Wert mit 0,55 definiert).

$$2/3 * W/B + E/B \geq 0,6$$

W..... Wärmemenge (kWh), die an das öffentliche Fernwärmenetz abgegeben wird,

B..... Gesamter Brennstoffeinsatz in kWh,

E..... Elektrische Energie (kWh), die an das öffentliche Elektrizitätsnetz abgegeben wird.

Neben dem Effizienzkriterium ist noch ein Heizwertkriterium festgelegt, dem zu Folge die Menge der ins öffentliche Netz eingespeisten Wärme mindestens 10 % des Heizwertes des eingesetzten Brennstoffs betragen muss, um die höchstmögliche Förderung zu erlangen. Anlagen, die weniger als 10 % aber mehr als 3 % des eingesetzten Brennstoff-Heizwertes an Wärme ins Netz liefern, sowie Anlagen, die zwar das Heizwertkriterium, nicht aber das Effizienzkriterium erfüllen, steht nur eine geringere Förderung zu. Das Heizwertkriterium soll sicherstellen, dass ausreichend Fernwärme in das öffentliche Netz eingespeist wird. Die Funktion des Effizienzkriteriums ist die Überprüfung von Primärenergieeinsparungen von KWK-Anlagen gegenüber der getrennten Erzeugung von Strom und Wärme.

Die Förderung von bestehenden Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen ist bis 31. Dezember 2008 begrenzt. Für modernisierte Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen endet diese Frist mit Ablauf des 31. Dezember 2010. Die Finanzierung des Mehraufwandes für KWK-Anlagen erfolgt durch einen einheitlichen Zuschlag (KWK-Zuschlag) auf die an die Endverbraucher abgegebenen Strommengen, der von den Netzbetreibern gemeinsam mit dem jeweiligen Netznutzungsentgelt einzuheben ist und auf der Rechnung für die Endverbraucher getrennt auszuweisen ist. Die Höhe des Zuschlages hat den erwarteten Beträgen für die Mehraufwendungen für KWK-Anlagen zu entsprechen und ist vom Bundesminister für Wirtschaft und Arbeit jährlich im Vorhinein festzulegen. Die Förderung ist am aktuellen Marktpreis für elektrische Energie orientiert, die im Gesetz angegebenen Werte basieren auf einem Strompreis von 24 €/MWh. Die maximale Höhe des Zuschlages ist im Gesetz begrenzt und nimmt in Zweijahresschritten ab. Die für die Förderung verfügbaren Finanzmittel hängen von den Zuschlägen bei den Endverbrauchern ab. Sind diese geringer als das erforderliche Fördervolumen, kommt es zu einer aliquoten Kürzung der KWK-Förderung durch das Wirtschaftsministerium.

Identifikation möglicher Hemmnisse

- ❑ Bei der konkreten Ausgestaltung der KWK-Förderung in Österreich im Rahmen des Ökostromgesetzes werden nur bestehende und modernisierte Anlagen aber nicht die Neuerrichtung von KWK-Anlagen gefördert. Im Sinne einer Forcierung von KWK-Anlagen in Österreich ist diese Regelung als nicht förderlich einzustufen.
- ❑ In den bestehenden österreichischen Förderregelungen hinsichtlich KWK-Anlagen im Rahmen des Ökostromgesetzes werden nur KWK-Anlagen mit einer Wärmeabgabe an die öffentliche Fernwärmeversorgung berücksichtigt. Alle anderen KWK-Anlagen, die die erzeugte Wärme nicht in die öffentliche Wärmeversorgung einspeisen und beispielsweise diese zur Deckung der im Betrieb benötigten Prozesswärme nutzen, werden daher nicht im Rahmen dieses Gesetzes gefördert.
- ❑ Im Rahmen des Ökostromgesetzes wird die Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energieträgern und auf dem Gebiet der KWK gemeinsam geregelt. Da eine mit Biomasse befeuerte KWK als Ökostromanlagen und nicht als KWK-Anlagen behandelt wird, kann es zu einem Verdrängungswettbewerb der verschiedenen Energiearten aufgrund der unterschiedlichen Förderregelungen kommen.
- ❑ Jede Form der KWK-Förderung sollte so gestaltet sein, dass eine langfristig stabile Entwicklung möglich ist

7.1.5 Besteuerung

Die genaue Höhe der Besteuerung von Energieerzeugnissen und elektrischem Strom ist in der EU nicht einheitlich geregelt und ist im Wesentlichen somit Sache der jeweiligen Mitgliedsstaaten. Ziel der diesbezüglichen EU-Richtlinie²² ist, durch die Festsetzung angemessener gemeinschaftlicher Mindeststeuersätze die vor der Änderung bestehenden Unterschiede der nationalen Steuersätzen möglichst zu verringern, um ein reibungsloses Funktionieren des Binnenmarktes zu erreichen. Den Mitgliedsstaaten sollte die Möglichkeit eingeräumt werden, bestimmte Steuerbefreiungen oder -ermäßigungen anzuwenden, sofern dies nicht das reibungslose Funktionieren des Binnenmarktes beeinträchtigt oder zu Wettbewerbsverzerrungen führt.

In Österreich sind die in Bezug auf KWK-Anlagen energierelevanten Besteuerungen und Vergütungen in folgenden Dokumenten geregelt:

- ❑ Kohleabgabegesetz (BGBl. Nr. 71/2003 idF 91/2004)
- ❑ Bundesgesetz, mit dem die Mineralölsteuer an das Gemeinschaftsrecht angepasst wird (Mineralölsteuergesetz 1995, BGBl. Nr. 630/1994 idF 180/2004)
- ❑ Bundesgesetz, mit dem die Abgabe auf die Lieferung und den Verbrauch von Erdgas eingeführt wird (Erdgasabgabegesetz, BGBl. Nr. 201/1996 idF 71/2003)

²² Vgl. Richtlinie 2003/96/EG vom 27. Oktober 2003 zur Restrukturierung der gemeinschaftlichen Rahmenvorschriften zur Besteuerung von Energieerzeugnissen und elektrischem Strom

- Bundesgesetz, mit dem die Abgabe auf die Lieferung und den Verbrauch von elektrischer Energie eingeführt wird (ElektrizitätsabgabeG, BGBl. Nr. 201/1996 idF 71/03)
- Bundesgesetz über die Vergütung von Energieabgaben (Elektrizitätsabgabengesetz, BGBl Nr. 201/1996 idF 92/2004)

Das gegenwärtige österreichische System umfasst die Besteuerung von Mineralölprodukten, Gas und elektrischem Strom. Biogene Stoffe, die unvermischt eingesetzt werden, sind – unabhängig davon, wo sie eingesetzt werden – steuerfrei. Seit Anfang 2004 gelten die in Tabelle 50 angegebenen Steuersätze.

Gesetz	Energieträger	Besteuerung (exkl. MwSt)	
Mineralölsteuergesetz	Heizöl extra leicht	0,098 €/Liter	0,98 ct/kWh ¹
	Heizöl leicht, mittel, schwer	0,060 €/kg	0,5155 ct/kWh ²
	Flüssiggas	0,043 €/kg	0,3341 ct/kWh ³
Kohleabgabengesetz	Kohle	0,05 €/kg	0,6 ct/kWh ⁴
Erdgasabgabengesetz	Erdgas	0,066 €/m ³	0,5962 ct/kWh Ho ⁵
Elektrizitätsabgabengesetz	Elektrische Energie		1,5 ct/kWh

¹ berechnet mit einem Heizwert von 10 kWh/Liter

² berechnet mit einem Heizwert von 11,64 kWh/kg

³ berechnet mit einem Heizwert von 12,87 kWh/kg

⁴ berechnet mit einem Heizwert von 8,33 kWh/kg

⁵ berechnet mit einem Heizwert von 11,07 kWh/m³

Tabelle 50: Besteuerung von Energieträgern in Österreich

Gemäß dem Energieabgabenrückvergütungsgesetz können oben angeführte Energieabgaben auf Antrag rückvergütet werden, insofern die Höhe der gesamten Energieabgaben in einem Kalenderjahr 0,5 % des Nettoproduktionswertes eines Betriebes übersteigt, oder die im Bundesgesetz festgesetzten entsprechenden Selbstbehalte, wobei der niedrigere Betrag gutgeschrieben wird. Ein Anspruch auf Vergütung besteht für alle Betriebe, soweit sie nicht die im Energieabgabenvergütungsgesetz²³ §3 Abs. 1 genannten Energieträger liefern oder Wärme (Dampf oder Warmwasser) liefern, die aus den in §3 Abs. 1 genannten Energieträgern hergestellt wurde. Für den Betrieb von KWK-Anlagen ist von Bedeutung, dass die Energieträger, die zur Erzeugung von elektrischer Energie verwendet werden, von der Energieabgabe befreit sind (siehe z.B. Erdgasabgabengesetz § 3, Kohleabgabengesetz § 3, Mineralölsteuergesetz § 4 Abs. 9 und § 24 Abs. 4), wobei bei KWK-

²³ vgl. Energieabgabenvergütungsgesetz, StF: BGBl. Nr. 201/1996, idF BGBl. I Nr. 92/2004

Anlagen zwischen Energieträgereinsatz zur Stromerzeugung und zur Wärmeerzeugung unterschieden wird.

Für eine Rückvergütung ist der Anteil, der auf die Erzeugung elektrischer Energie entfällt, nachzuweisen. Ist ein derartiger Nachweis nicht möglich, z.B. weil der Wärmeoutput nicht gemessen wird, dann besteht die Möglichkeit, die für die Stromerzeugung eingesetzten Brennstoffe abzuschätzen. Bei der KWK stellt die Zuordnung des Brennstoffes auf die beiden Produkte Strom und Wärme eine Kuppelproduktkalkulation dar, welche aber nicht exakt lösbar ist. Die Berechnung der Rückvergütung der Energieabgabe beruht daher vereinfachend auf einer Annahme eines elektrischen Wirkungsgrades bei ausschließlicher Stromproduktion (Kondensationswirkungsgrad) von 44 %. Die 44%-Regelung ist nur eine der Möglichkeiten, die angewendet werden kann. Weiters besteht die Möglichkeit der "Schätzung", der "Pauschalierung" und des "exakten Nachweises".

Aus der 44%-Regelung resultiert eine Ungleichbehandlung von Kraftwerken mit hoher Wärmeproduktion und dementsprechend weniger Stromproduktion im Vergleich zu Kraftwerken mit hohem elektrischem Wirkungsgrad. Hat beispielsweise ein Kraftwerk im Kondensationsbetrieb einen elektrischen Wirkungsgrad von 58 % und im KWK-Betrieb 50 % so ist die 44 %-Regelung günstig. Beträgt der Wirkungsgrad hingegen nur 37 %, so ist diese Regelung für den Kraftwerksbetreiber ungünstig.

Identifikation möglicher Hemmnisse

- Im Rahmen des Energieabgabevergütungsgesetzes können die Nachweismethode, die Pauschalierung sowie die sog. 44%-Methode herangezogen werden. Wenn die 44%-Methode herangezogen wird, werden Anlagen mit höheren elektrischen Wirkungsgraden begünstigt und solche mit geringeren (z.B. aufgrund einer höheren Wärmeauskopplung) benachteiligt. .
- Die Besteuerungspraxis nimmt keine Rücksicht auf die technische Verschiedenheit von KWK-Anlagen. Auch wird die Veränderlichkeit der Wirkungsgrade im Anlagenbetrieb (abhängig von der jeweiligen Blocklast) nicht berücksichtigt.

7.1.6 Emissionshandel

Im Rahmen des Kyoto-Protokolls wurde vereinbart, weltweit eine Verringerung der Treibhausgasemissionen um 5,2 % im Vergleich von 1990 für den Zeitraum 2008 bis 2012 zu erreichen. Im Rahmen dieser Vereinbarung haben sich die Mitgliedsstaaten der Europäischen Union verpflichtet, gemeinsam ihre anthropogenen Treibhausgasemissionen im gleichen Zeitraum um 8 % zu senken. In weiterer Folge ist Österreich eine Reduktionsverpflichtung von 13 % eingegangen. Eine kosteneffiziente und volkswirtschaftlich optimale Verringerung der Treibhausgasemissionen soll über den Handel mit CO₂-Emissionszertifikaten erreicht werden.

Die Emissionshandelsrichtlinie²⁴ setzt die Regeln zur Einführung eines Handelssystems für Emissionszertifikate von Treibhausgasen fest. Es ist ein Ziel der Richtlinie, den Einsatz energieeffizienterer Technologien, einschließlich der Kraft-Wärme-Kopplungstechnologie, mit geringeren Emissionen je Produktionseinheit zu fördern.

In dieser Richtlinie werden zwei Handelsperioden vorgesehen, beginnend am 1.1.2005 (Dreijahreszeitraum) und 1.1.2008 (Fünfjahreszeitraum), wobei die Mitgliedsstaaten für die erste Periode 95% der Zertifikate und für die zweite Periode 90% der Zertifikate kostenlos zuteilen dürfen. Die Zuteilung von Zertifikaten zu konkreten Anlagen erfolgt auf Ebene der Mitgliedsstaaten.

Im Anhang I der Emissionshandels-Richtlinie werden die Kategorien der für die Richtlinie relevanten Tätigkeiten angegeben. Für den Bereich der Energieumwandlung und -umformung wird angegeben, dass Feuerungsanlagen mit einer Feuerungswärmeleistung unter 20-MW-Brennstoffwärmeleistung (Anlagen für die Verbrennung von gefährlichen oder Siedlungsabfällen unterliegen nicht dieser Ausnahmeregelung) nicht in dieses System einzubeziehen sind. Hinsichtlich der Situation für KWK-Anlagen entspricht eine derartige Regelung einer Marktverzerrung, da dadurch für Anlagen über dieser Leistungsgröße entsprechende Emissionszertifikate nachzuweisen sind und für Anlagen unter dieser Grenze nicht. Vergleicht man bspw. die Errichtung einer KWK-Anlage mit Fernwärmenetz und eine getrennte Strom- und Wärmeerzeugung, so verursacht die erste Variante lokal höhere, global aber geringere Emissionen, da z.B. Hausbrand substituiert wird. Kleinanlagen unterliegen dem Emissionshandelsregime nicht; nur für die Emissionen der KWK-Anlage sind entsprechende Emissionszertifikate nachzuweisen. Der Preis für CO₂-Emissionszertifikate liegt aktuell über 20 €/t CO₂²⁵, ist allerdings starken Schwankungen unterworfen.²⁶ Es besteht daher die Möglichkeit, dass hocheffiziente Großanlagen der Industrie und der öffentlichen Fernwärmeversorgung gegenüber Kleinanlagen in Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft benachteiligt werden.

Abgesehen von den von den Mitgliedsstaaten selbst vorgeschlagenen unterschiedlichen Reduktionszielen erfolgte die entsprechende Zuteilung für die erste Handelsperiode zu konkreten Anlagen in den einzelnen Mitgliedsstaaten unterschiedlich. Da eine tiefer gehende Darstellung im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich ist, wird beispielhaft der Vergleich der Regelungen in ausgewählten EU Mitgliedsstaaten gegenübergestellt.

²⁴ vgl. Richtlinie 2003/87/EG vom 13. Oktober 2003 über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Gemeinschaft und zur Änderung der Richtlinie 96/61/EG

²⁵ vgl. Handelstag 26.07.2005, www.exaa.at

²⁶ vgl. An der österreichischen Energiebörse EXAA erfolgte der Start des CO₂-Emissionshandels der ersten Börsenauktion am 28 Juni 2005 um 12:00 Uhr MEZ.

	Österreich	Deutschland	Niederlande	Dänemark
Berücksichtigung von hocheffizienter KWK	keine Vollzuteilung von Zertifikaten KWK-Bonus halbiert die brennstoffabhängige Reduktionsverpflichtung	durch kostenlose Bonusallokation oder Doppelbenchmark-Methode ^{*1} ist eine Vollzuteilung möglich. Bei „early action“ ^{*2} Maßnahmen ist eine Vollzuteilung möglich	Zuteilung für KWK-Anlagen erfolgt ähnlich der Doppelbenchmark-Methode ^{*1} Eine mögliche Überallokation ist mit 107% begrenzt.	Gratiszertifikate für 1,68 t _{CO2} /MWh _{el} ^{*3} brennstoffunabhängig; Bei KWK auch die Wärme- produktion berücksichtigt. Vollallokation bei Gaskraftwerken theoretisch möglich. Industrielle KWK: 3500 t _{CO2} /MWh _{el}
Berücksichtigung von Neuanlagen	Zuteilung nicht exakt festgelegt Reserve von mind. 1%, Verteilung nach „first come first serve“-Prinzip Bei Stilllegung können Zertifikate auf eine Neuanlage übertragen werden.	Zuteilung durch Doppelbenchmark-Methode ^{*1} Bei Stilllegung können Zertifikate entsprechend der Stromkapazität auf eine Neuanlage übertragen werden	Zuteilung nicht exakt festgelegt kostenlose Zertifikate zur Deckung der erwarteten Emissionen bis zu einer max. Kapazität; Orientierung am Auslastungsfaktor ähnlicher Anlagen	kostenlose Zuteilung: jährlich 1710 t _{CO2} /MWh _{el} ^{*4} und 350 t _{CO2} /MWh _{th}

^{*1} Nach der Doppelbenchmark-Methode werden die Zertifikate für KWK entsprechend den Emissionen bei getrennter Erzeugung (mit bester verfügbarer Technik) berechnet. Da die KWK-Anlage in Vergleich zur getrennten Erzeugung in der Regel einen geringeren Energieträgerverbrauch aufweist, führt diese Methode zu einer Bevorzugung hocheffizienter KWK.

^{*2} Early action-Maßnahmen betreffen nur die Modernisierung bestehender KWK-Anlagen, die nach dem 31.12.1995 abgeschlossen wurde und keine öffentliche Förderung erhielten.

^{*3} Gilt für „öffentliche Stromerzeugung“; die Berechnungsbasis (MWh) ist ein Durchschnittsjahr im Bezugszeitraum, die zugeteilte Menge gilt für die gesamte Periode 2005 bis 2007.

^{*4} Die Bezugsbasis der KWK-Anlage ist die elektrische Leistung bei max. Wärmeproduktion.

Quelle: Wifo/KWI²⁷, NAP-Österreich²⁸

Tabelle 51: Vergleichende Darstellung der Regelungen bzgl. Emissionshandel ausgewählter Länder

Ein Vergleich der Zuteilung der Zertifikate in der ersten Handelsperiode zeigt, dass in Österreich im Regelfall keine 100%ige Abdeckung der CO₂-Emissionen mittels Zertifikaten möglich ist. Im besten Fall muss eine hocheffiziente KWK-Anlage der Elektrizitätswirtschaft auf Basis Erdgas für ca. 4% der CO₂-Emissionen Zertifikate zukaufen. Im Vergleich dazu ist beispielsweise in den Niederlanden eine Überallokation für hocheffiziente KWK-Anlagen im Ausmaß von max. 7% erreichbar.

Auch hinsichtlich der Zertifikatezuteilung für Neuanlagen bestehen unterschiedliche Regelungen. Während in Österreich derzeit keine Vorgangsweise bei der Zuteilung für neue KWK-Anlagen besteht, wird z.B. die für KWK-Anlagen als vorteilhaft einzustufende Methode

²⁷ WIFO, KWI: „Kraft-Wärme-Kopplung in Österreich“, Mai 2005

²⁸ Lebensministerium: „Nationaler Zuteilungsplan für Österreich gemäß § 11 EZG – endg.“, 31. März 2004

des doppelten Benchmarks angewendet. Es zeigt sich, dass auch die Regelungen für Neuanlagen unterschiedlich sind.

Obige Darstellungen zeigen, dass ungleiche Bedingungen für Anlagenbetreiber in den jeweiligen Mitgliedsstaaten zu einer Verzerrung des europäischen Binnenmarktes führen können, da beispielsweise zwei Industriebetriebe einer energieintensiven Branche andere Ausgangssituationen in den jeweiligen Mitgliedsstaaten vorfinden.

Identifikation möglicher Hemmnisse

- ❑ In das Emissionshandels-Regime werden Anlagen über 20-MW-Brennstoffwärmeleistung aufgenommen. Dadurch werden zentrale Fernwärmeproduzenten durch den erforderlichen Zertifikatekauf gegenüber Kleinf Feuerungen und KWK-Anlagen unter 20-MW-Brennstoffwärmeleistung benachteiligt. Fernwärme wird daher insgesamt gegenüber Einzelfeuerungen und dezentralen BHKW weniger konkurrenzfähig.
- ❑ Der Vergleich der Zuteilung von Emissionszertifikaten zu bestehenden KWK-Anlagen in europäischen Staaten zeigt, dass im Gegensatz zu den Regelungen in Österreich auch eine Überallokation bei hocheffizienten KWK-Anlagen erfolgen kann. Auch hinsichtlich der Zuteilung von Zertifikaten für Neuanlagen bestehen Unterschiede in den jeweiligen Ländern. Diese unterschiedliche Regelung der Zertifikatzuteilung zu den Anlagen der jeweiligen Mitgliedsstaaten stellt ein mögliches Hemmnis dar.

1.1.1.1 Regelungen zum Emissionshandel auf österreichischer Ebene

In Österreich wurde die Emissionshandels-Richtlinie mit dem Emissionszertifikategesetz umgesetzt. Die Zuteilung zu den Anlagen erfolgte im Nationalen Zuteilungsplan.²⁹

Die hocheffiziente KWK hat eine Schlüsselposition für die Erreichung der Klimaschutzziele, da die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme bei entsprechender Auslegung und Betriebweise eine bestmögliche Brennstoffausnutzung ermöglicht und eine relativ kostengünstige Primärenergieeinsparung und damit verbundene Reduktion von Treibhausgasemissionen erreicht werden kann. Daher sollte die klimapolitische Wirkung von effizienter Kraft-Wärme-Kopplung und von effizienter Fernwärmeerzeugung gemäß § 11 Abs. 2 Z 2 Emissionszertifikategesetz bei der Zuteilung von Zertifikaten berücksichtigt werden.

Der Handel mit Emissionszertifikaten betrifft KWK-Anlagen, die eine Brennstoffwärmeleistung über 20 MW aufweisen. Bereits bestehende Anlagen wurden im Rahmen des nationalen Allokationsplanes (NAP)³⁰ für den ersten Handelszeitraum 2005 bis

²⁹ vgl. Nationaler Zuteilungsplan für Österreich gemäß §11 EZG vom 31.03.2004

³⁰ Vgl. Nationaler Zuteilungsplan für Österreich gemäß § 11 EZG – endg., 31. März 2004

2007 gegenüber Nicht-KWK-Anlagen bevorzugt. Es wurde die für alle fossil befeuerten Anlagen geforderte brennstoffabhängige Reduktionsverpflichtung für KWK-Anlagen reduziert und somit mehr Emissionszertifikate zugeteilt. Es wurde somit der klimapolitischen Bedeutung der KWK Rechnung getragen, die u.a in der österreichischen Klimastrategie, der EU-Emissionshandelsrichtlinie sowie dem Emissionszertifikatesgesetz festgehalten wird. Diese Bevorzugung entspricht aber nicht im vollen Ausmaß den tatsächlichen CO₂-Einsparungen im Vergleich zu konventionellen Technologien. Es ist zu berücksichtigen, dass hocheffiziente KWK bereits eine höchstmögliche Brennstoffausnutzung ermöglichen und daher die geforderte Effizienzsteigerung praktisch nur mehr schwer durchführbar ist.

Hinsichtlich neuer Marktteilnehmer, also Neuanlagen, wird im Emissionszertifikatesgesetz (EZG) festgehalten, dass im Zuteilungsplan nähere Regelungen über die Vergabe von Zertifikaten aus der mindestens 1 %igen Zertifikatsreserve festgeschrieben werden sollen.

Für Neuanlagen gibt es allerdings derzeit noch keine konkrete Zuteilungsregelung.³¹

Identifikation möglicher Hemmnisse

- Nach den Zuteilungsbestimmungen im nationalen Allokationsplan, müssen für eine hocheffiziente KWK-Anlage der Elektrizitätswirtschaft auf Basis Erdgas Zertifikate von ca. 4% der CO₂-Emissionen zugekauft werden. Da bei KWK-Anlagen auf Basis Erdgas praktisch keine Effizienzsteigerungen mehr erreicht werden können, scheint diese Regelung ein Hemmnis für KWK-Anlagen zu sein.
- Die bisher noch offene Regelung der Zertifikatezuteilung für Neuanlagen bzw. Erweiterungen in Österreich führt besonders bei potenziellen Anlagenerrichtern und -betreibern zu Verunsicherung.

7.2 HEMMNISSE IM ZUSAMMENHANG MIT GRUNDLEGENDEN ENERGIEWIRTSCHAFTLICHER GEgebenHEITEN

Im Vergleich zu anderen Wirtschaftsbranchen weist die Energiewirtschaft Besonderheiten auf, die bei grundlegenden wirtschaftlichen Fragestellungen zu berücksichtigen sind. Nachfolgend werden diese im Überblick dargestellt und in Bezug auf KWK und Fernwärme kurz dargestellt.

- Besondere Kapitalintensität:** Anlagen der Energiewirtschaft erfordern einen hohen Kapitaleinsatz, was sowohl Erzeugungs- (z.B. Kraftwerke) als auch Übertragungs- und Verteilungseinrichtungen (z.B. Fernwärmenetze) betrifft. Die Höhe der Mittel und die lange Kapitalbindungsdauer erfordern eine hohe Planungssicherheit für Investoren. Im Zusammenhang mit der Errichtung oder der Erweiterung bereits bestehender Fernwärmenetze kann sich diese Situation aufgrund spezieller Probleme beim Bau verschärfen. Bei der konkreten am Fernwärme-Absatz (angestrebt werden hohe

³¹ Vgl. Aussendung des ÖEVK – KWK-Anlagen im Emissionshandel - Update

Absatzdichten) orientierten Verlegung der Leitungen muss berücksichtigt werden, dass sich die Kosten der Grabungsarbeiten aufgrund der Leitungsführung durch Altstadtbereiche oder dicht verbaute Gebieten entscheidend erhöhen können, was sich negativ auf die Gesamtsituation für die Fernwärmebereitstellung auswirken kann.

- **Besondere Langlebigkeit:** Eine weitere Besonderheit der Energiewirtschaft liegt in der besonderen Langlebigkeit der Anlagen. Daraus resultiert, dass heute getätigte Investitionen für die nächsten Jahrzehnte bestehen bleiben. Auch dieser Umstand erfordert eine hohe Planungssicherheit, da das eingesetzte Kapital langfristig gebunden ist. Die hohe Kapitalintensität bewirkt in Kombination mit der extremen Langlebigkeit, dass sich strukturelle Änderungen im System nur sehr langsam durchsetzen. Beispielsweise wird bei GuD-Anlagen von einer Lebensdauer von mindestens 20 – 25 Jahren ausgegangen. Bei der Neuerrichtung von Fernwärmenetzen wird üblicherweise von einer Lebensdauer von über 40 – 50 Jahren als Richtwert ausgegangen, wobei dieser Wert je nach eingesetzter Technologie und Betriebsführung des Fernwärmenetzes Schwankungen unterliegt.
- **Leitungsgebundenheit:** Die Übertragung leitungsgebundener Energie (Elektrizität, Gas, Fernwärme) ist an ein komplexes Übertragungs- und Verteilsystem gebunden.

7.2.1 Aufbau neuer kapitalintensiver und langlebiger Infrastruktur

Auf Grund der Besonderheiten der Energiewirtschaft ist speziell für Unternehmen in diesem Sektor die Bewertung und Durchführung der Abschreibung von Anlagegütern relevant. Um dem Wertverzehr von Anlagegütern Rechnung zu tragen, sind die Abschreibungen entsprechend Steuerrecht und Handelsrecht durchzuführen. Als Wertbasis ist der (historische) Anschaffungswert heranzuziehen (Anschaffungswertprinzip der Bilanz). Wesentlich auf Grund der Langlebigkeit der Anlagen ist nicht nur die nominal- sondern vor allem die realwirtschaftliche Betrachtung. Aufgrund des Anschaffungswertprinzips wird die Abschreibungshöhe vom Anschaffungswert jenes Jahres berechnet, in dem die Investition erfolgte. Dadurch wird aber dem inflationsbedingten Wertverzehr nicht Rechnung getragen. Die Inflation bewirkt, dass für einen heute investierten Geldbetrag in späteren Jahren nominell betrachtet nicht der gleiche Gegenwert erhalten wird. Zusätzlich ergeben sich Kapitalkosten (Fremdkapitalverzinsung und Eigenkapitalrendite), die anfänglich für die gesamte Investitionshöhe, in der Folge aber nur mehr für den Restbuchwert der Anlage anfallen.³²

Es zeigt sich, dass aufgrund des dargestellten Anschaffungswert-Prinzips Neuanlagen gegenüber schon länger bestehenden Systemen aufwandsmäßig in einer schwierigeren Situation sind. Die besondere Relevanz ergibt sich im Zusammenhang mit der erwünschten Neu-Erschließung des KWK- und Fernwärmepotentials. Als die wichtigsten Bereiche werden hinsichtlich Großanlagen vor allem die industrielle KWK sowie die öffentliche KWK mit

³² vgl. H. Stigler, U. Bachhiesl: „Modelle zur Ermittlung betriebswirtschaftlicher und volkswirtschaftlicher Auswirkungen von Ökostromanlagen in Österreich“, Beitrag zur IEWT 2003

Fernwärmeauskopplung erachtet. Laut Branchenauskunft sind hinsichtlich der thermischen Kraftwerkskapazitäten folgende Kapazitäten in Planung:

- 800 MW Kraftwerk in Graz,
- 800 MW in Wien und
- 400 MW in Linz.

Die Fernwärmeversorgungsunternehmen betreiben in Österreich ein Netz mit einer gesamten Länge von 3.430 km, wobei diese Unternehmen auch in Zukunft in die Verdichtung und den weiteren Ausbau investieren werden. Es wird mit einem jährlichen Zubau von 80 – 100 km an Fernwärmeleitungen gerechnet. Nach einer Umfrage zur Ausbauplanung 2012 rechnen die befragten Unternehmen mit einem temperaturbereinigten Verkaufszuwachs von etwas über 2%/a (siehe Abbildung 18). Damit soll die Nachfrage nach Fernwärme deutlich schneller wachsen als der Gesamtmarkt (gemessen an der gesamten Energienachfrage österreichischer Endkunden). Insgesamt ist für den Zeitraum von 2004 bis 2012 ein Investitionsvolumen in der Höhe von 1 Mrd. € (zu Preisen 2003) vorgesehen.³³

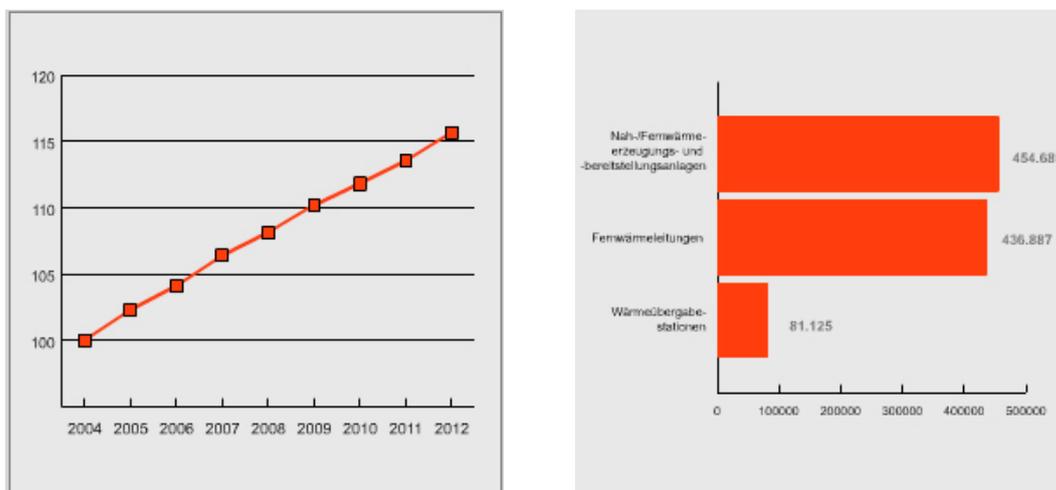


Abbildung 18: Entwicklung des Fernwärmeabsatzes (links) und Investitionsvolumen (rechts)

Zusammenfassende Darstellung möglicher Hemmnisse

Die Errichtung oder Erweiterung von kapitalintensiver und langlebiger Energieinfrastruktur (z.B. KWK-Anlagen oder Fernwärmenetz) stellt aufgrund des Anschaffungswertprinzips der Bilanz eine große wirtschaftliche Herausforderung für potenzielle Investoren dar.

³³ vgl. Fachverband Gas&Wärme, www.gaswaerme.at

7.2.2 Opportunitätskosten hinsichtlich Reservehaltung

Ein Vergleich zweier unterschiedlicher Anlagenkonfigurationen zeigt, dass die Opportunitätskosten hinsichtlich der Reservehaltung im Falle einer Nichtverfügbarkeit der Anlage ein Hemmnis für die Investition in KWK-Anlagen darstellen können. Nachfolgend werden zur besseren Veranschaulichung zwei Varianten mit unterschiedlichen Anlagenkonfigurationen dargestellt. Im ersten Fall wird der Strom- und Wärmebedarf des Industriebetriebes mit einer KWK-Anlage gedeckt und im zweiten Fall wird nur der Wärmebedarf des Industriebetriebes mittels eines Steamblocks gedeckt und der benötigte Strom über das öffentliche Netz bezogen. Die beiden Fälle werden grafisch in Abbildung 19 dargestellt, wobei die jeweils zur Reservehaltung dienenden Teile in oranger Farbe dargestellt werden.

Im Fall der dezentralen Erzeugung kann das BHKW im Normalbetrieb den gesamten Bedarf des Unternehmens an Strom und Wärme decken. Für den Fall der Nichtverfügbarkeit des dezentralen BHKW – etwa durch Wartung oder eine Betriebsstörung – darf die Energiezufuhr zu den Produktionsprozessen nicht unterbrochen werden. Es wird daher für die Wärmeproduktion ein separater Steamblock in Reserve gehalten. Die elektrische Energie wird dann aus dem „öffentlichen Netz“ von einem Erzeuger bezogen und es wird auf Reservekapazitäten der „öffentlichen Stromversorgung“ im Ausmaß der Kapazität des BHKW zugegriffen, was vom Industriebetrieb finanziell getragen werden muss. Dementsprechend sind von „externen Erzeugern“ Reservekapazitäten vor allem für die Zeit der Höchstlast vorzuhalten, die während des übrigen Jahres nicht genutzt werden.

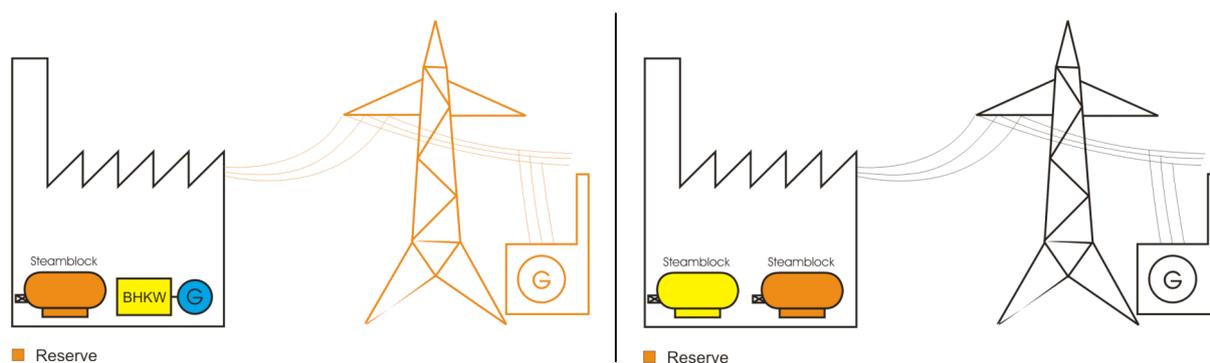


Abbildung 19: Prinzipdarstellung eines Industriebetriebes mit dezentraler Erzeugung (links) und zentraler Erzeugung (rechts)

Im Fall der Stromversorgung des Industriebetriebes aus dem „öffentlichen Netz“ wird zur Wärmeversorgung ein Steamblock eingesetzt und ein zweiter in Reserve gehalten. Der bezogene Strom wird von der „öffentlichen Elektrizitätsversorgung“ bereitgestellt. Durch die im Vergleich zu einem BHKW höhere Verfügbarkeit der „öffentlichen Großkraftwerke“ entstehen im Falle der zentralen Stromerzeugung ohne dezentrale BHKW geringere Opportunitätskosten als bei dezentraler Stromerzeugung.

Zusammenfassende Darstellung möglicher Hemmnisse

Eine qualitative Analyse der Opportunitätskosten für die Reservehaltung zeigt, dass diese im Falle einer getrennten Strom und Wärmeerzeugung (Strombezug aus dem öffentlichen Netz und Wärmeeigenerzeugung im Unternehmen) gegenüber der

gekoppelten dezentralen Erzeugung geringer sind, was als wirtschaftliches Hemmnis für die dezentrale KWK zu werten ist.

7.2.3 Situation und Entwicklung der Strompreise

Ein qualitativer Blick auf die europäische Kraftwerkssituation zeigt, dass der Bestand relativ alt ist und in den letzten Jahren aufgrund der Strommarktliberalisierung der Zubau sehr gering war. Die Entwicklung der Kraftwerkskapazitäten in Europa kann einer aktuellen Grafik der UCTE entnommen werden /25/ .

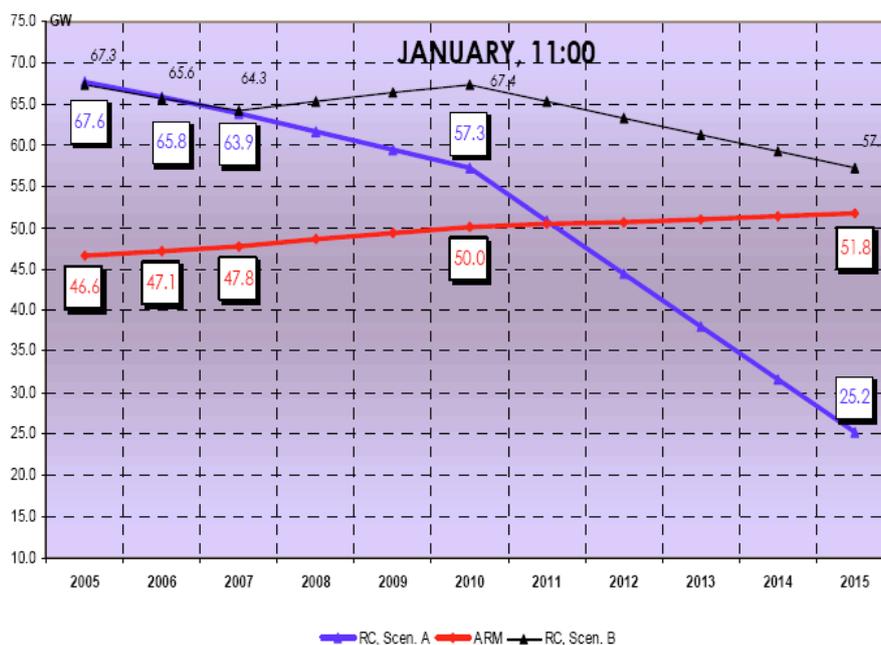


Abbildung 20: UCTE-Prognose der Entwicklung von Bedarf und Kraftwerkskapazitäten, Quelle UCTE

Erläuterung zur Abbildung 20:

Die rote Linie in dieser Grafik (Adequacy Reference Margin, ARM) zeigt, wie groß die notwendige „verbleibende Leistung“ im Netz der UCTE in den Jahren bis 2015 voraussichtlich sein muss, um eine zuverlässige Versorgung gewährleisten zu können. Dazu zählen fünf bzw. zehn Prozent der gesamten Erzeugungskapazität eines Landes einschließlich des Anteils zur Abdeckung der Spitzenlast.

Bei der tatsächlichen verbleibenden Leistung (remaining capacity, RC) wird von der Überkapazität ein Anteil für Ausfälle, Revisionen und sonstige nicht einsetzbare Leistung abgezogen. Die dicke blaue Linie verdeutlicht die tatsächliche verbleibende Leistung, falls nur jene Kraftwerke zur Verfügung stehen, die bereits vorhanden oder heute schon fix geplant sind. Die dünne schwarze Linie folgt dagegen einem „best estimate“ Szenario, das auf den Prognosen der Übertragungsnetzbetreiber über die wahrscheinliche Entwicklung der Kraftwerkskapazitäten beruht. Als Referenzzeitpunkt dient der dritte Mittwoch im Januar, 11

Uhr. Solange die verbleibende Leistung RC größer ist als die ARM, ist sie Versorgung gesichert und es könnte theoretisch Leistung über die Systemgrenzen exportiert werden.³⁴

Zu Beginn der Marktliberalisierung war ein deutlicher Rückgang der Strompreise zu verzeichnen. Es ist anzunehmen, dass spätestens 2012 ein Kraftwerkszubau eintritt, die Strompreise entsprechend den Kosten am Markt abgebildet werden und mit den steigenden Preisen sich daher die Situation für Strom aus KWK-Anlagen wieder günstiger darstellen wird.

Österreich hatte als eines der ersten europäischen Länder einen vollständig liberalisierten Strommarkt. Dies impliziert, dass nicht-wirtschaftliche Erzeugungskapazitäten im Markt nicht eingesetzt werden können und abgebaut werden. Weiters hat in den letzten Jahren nahezu kein Kraftwerksneubau stattgefunden, was zu einer zunehmenden Alterung des Kraftwerksparks – und damit zu einem nominalwirtschaftlichen Rückgang der zu bedienenden Abschreibungen und Kapitalaufwendungen – geführt hat. Parallel dazu hat der Stromverbrauch in Österreich jährlich um etwa 2,4 % zugenommen und für die nächsten Jahre wird ein Zuwachs um von 1,7% bis 2,2 %/a prognostiziert.

Zusammenfassende Darstellung möglicher Hemmnisse

Derzeit ist aufgrund der europäischen Strompreissituation die Einspeisung von in neuen KWK-Anlagen erzeugtem Strom (zu Marktpreisen) wirtschaftlich nur schwer darstellbar.

7.2.4 Economies of Scale als Hemmnis für Kleinanlagen

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass der Wirkungsgrad einer Anlage mit der Leistungsgröße steigt, wobei die folgenden beiden Gründe dafür maßgeblich sind:

- Komplexe High-Tech-Lösungen sind in kleinen Maschinen wirtschaftlich schwerer umsetzbar als in großen Einheiten.
- Die Notwendigkeit, den spezifischen Aufwand für Betriebsführung und Instandhaltung auch bei kleinen Maschinen gering zu halten, zwingt bereits bei der Konstruktion der Maschine zu konservativen Lösungen.
- Die Verluste bei der Energieumwandlung in den Anlagen sind nicht immer proportionale zur Anlagengröße.

Nachfolgend werden diese Gegebenheiten anhand der folgenden Abbildungen veranschaulicht.

³⁴ vgl. UCTE system adequacy forecast 2005 – 2015

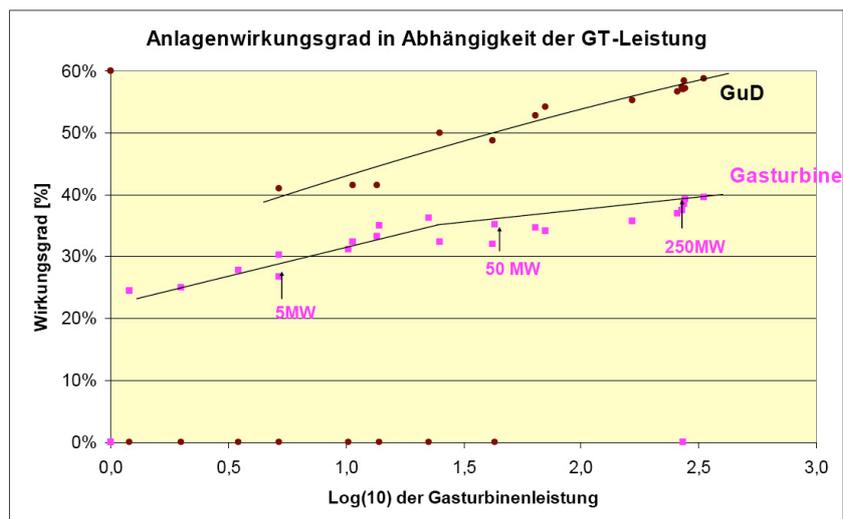


Abbildung 21 Elektrischer Wirkungsgrad von Gasturbinenkraftwerken in Abhängigkeit der Leistung³⁵

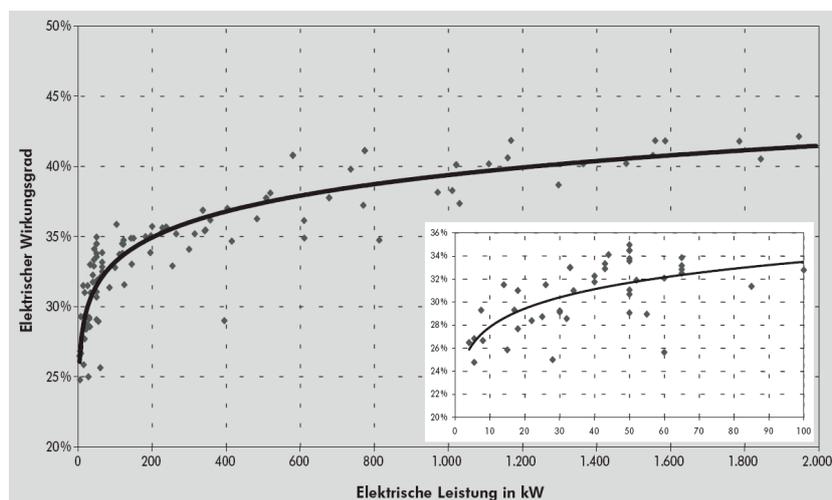


Abbildung 22: Elektrischer Wirkungsgrad von Erdgas-BHKW³⁶

Ein GuD-Kraftwerk erreicht demnach höhere elektrische Wirkungsgrade; die Gesamtwirkungsgrade großer Gasmotoren und neuer GuD-Kraftwerke können in etwa gleich hoch sein, was vor allem von der Betriebsweise abhängt.

Aufgrund der Kostendegression sinken somit die spezifischen Anlagenkosten mit zunehmender Leistungsgröße wie in folgenden Abbildungen dargestellt ist.

³⁵ vgl. Hochfellner, Tauschitz: „CO₂-Reduktionsziele erfordern die Anwendung der besten verfügbaren Technik für thermische Kraftwerksneubauten“, IEWT 2005

³⁶ vgl. [ASUE 2005]

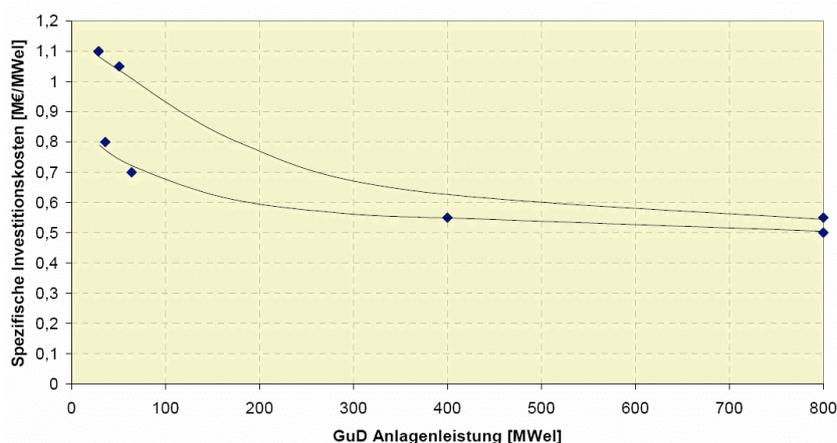


Abbildung 23: Spezifische Gesamtprojektkosten von GuD-Kraftwerken³⁷

Anders ausgedrückt, steigen bei fallender Anlagengröße die Investitionskosten, wobei gleichzeitig der Anlagenwirkungsgrad sinkt und die Stromerzeugungskosten insgesamt steigen.

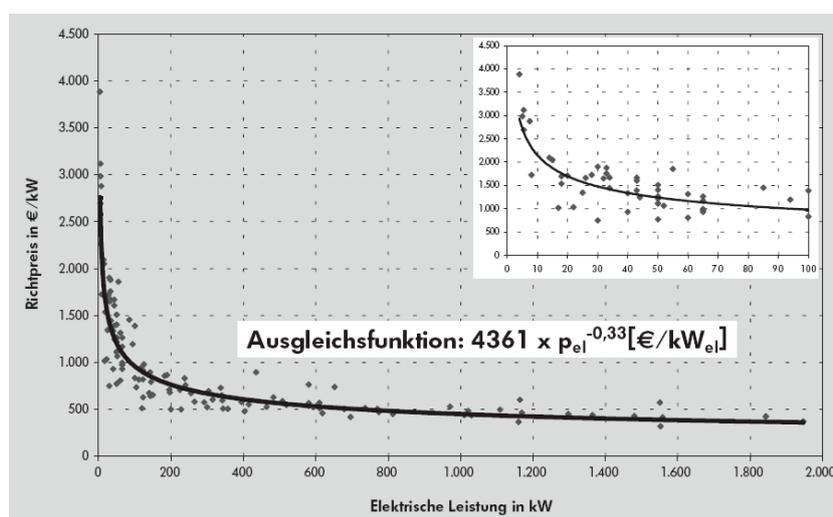


Abbildung 24: Spezifische Preise von Erdgas-BHKW-Anlagen

Ein Blick auf die Lebensdauern der Anlagen zeigt, dass diese bei Gasmotoren mit 10 bis 15 Jahren, bei GuD-Kraftwerken jedoch mit mindestens 20 bis 25 Jahren angenommen werden können. Zudem sind die spezifischen Wartungskosten der Gasmotoren höher und durch die kürzeren Wartungsintervalle ist die Verfügbarkeit des BHKW im Vergleich zu Großanlagen geringer. In Sinne der „Economies of Scale“ ist also die zentrale Erzeugung gegenüber der dezentralen KWK im Vorteil.

³⁷ vgl. Hochfellner, Tauschitz: „CO₂-Reduktionsziele erfordern die Anwendung der besten verfügbaren Technik für thermische Kraftwerksneubauten“, IEWT 2005

Zusammenfassende Darstellung möglicher Hemmnisse

Aufgrund der komplexen Anlagentechnik und dem spezifischen Aufwand für Wartung und Betriebsführung steigt der Wirkungsgrad mit der Anlagengröße, was sich im Endeffekt positiv auf die spezifischen Stromerzeugungskosten auswirkt. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass die Lebensdauer von Großanlagen im Allgemeinen bei deutlich über 20 Jahren im Vergleich zu ca. 10 Jahren bei Kleinanlagen liegt. Diese Gegebenheiten stellen Hemmnisse für kleinere KWK-Anlagen dar.

7.2.5 Sonstige potenzielle Hemmnisse

7.2.5.1 Konzentration auf das Kerngeschäft

Die Errichtung einer KWK-Anlage stellt besonders im Gewerbebereich eine große finanzielle und organisatorische Herausforderung dar. Es ist daher in den Betrieben häufig nicht die Bereitschaft zur Investition in eine KWK-Anlage vorhanden, zumal der Betrieb einer KWK-Anlage regelmäßig nicht Teil des Kerngeschäfts ist. Die Betriebe stehen daher vor der Frage, ob sich eine alternative Investition im Kerngeschäft nicht höher rentiert, als die Errichtung einer KWK-Anlage und/oder eines Fernwärmenetzes. Als mögliche Lösung dieser Problematik bieten sich diverse Contracting-Modelle an.

Zusammenfassende Darstellung möglicher Hemmnisse

Oftmals fehlt die Bereitschaft in eine KWK-Anlage zu investieren, da dies nicht zum Kerngeschäft des eigentlichen Unternehmungsgegenstandes zählt.

7.2.5.2 Geringe geforderte Amortisationszeiten

Weiters ist zu berücksichtigen, dass vor allem in der Industrie geringe Amortisationszeiten für Investitionen gefordert werden, die im Bereich von 4 – 5 Jahren liegen. Da die Amortisationszeiten beim Aufbau neuer kapitalintensiver und langlebiger Anlagen in den meisten Fällen deutlich darüber liegen, besteht zumeist nur geringeres Interesse, solche Investitionen zu tätigen. Derartige Forderungen sind vor allem im industriellen Bereich auch unter dem Hintergrund einer erwünschten Flexibilität hinsichtlich der Standortwahl und der Anpassung an die wirtschaftliche Entwicklung zu sehen.

Zusammenfassende Darstellung möglicher Hemmnisse

Seitens der Wirtschaft werden im Allgemeinen für Investitionen Amortisationszeiten von ca. 4 Jahren gefordert, was großteils bei Investitionen in langlebige und kapitalintensive Energieinfrastruktur nicht erreicht werden kann.

7.2.5.3 Gleichzeitigkeit des Strom- und Wärmebedarfs bzw. fehlender jahresdurchgängiger Wärmebedarf

Vor allem im Bereich der Industrie (z.B. Papier-, Chemie-Industrie) besteht aufgrund der Produktionsverfahren ein ganzjährig durchgehender, gleichzeitiger Bedarf an Strom und Wärme. In anderen Bereichen (z.B. Gewerbe) ist zu berücksichtigen, dass oftmals zwar ein jahresdurchgängiger Strombedarf, aber kein jahresdurchgängiger Wärmebedarf (zumeist nur Wintermonate) vorhanden ist. Dies kann sich unmittelbar negativ auf die Betriebsstunden und in weiterer Folge auf die Wirtschaftlichkeit einer Anlage auswirken. Die Integration eines entsprechenden Kältebedarfes im Sommer könnte – insofern ein Bedarf besteht – hierbei im Sinne einer Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung zu einer Verbesserung der Situation beitragen, jedoch wird diese Technologie noch nicht in breitem Maßstab eingesetzt.

Zusammenfassende Darstellung möglicher Hemmnisse

Ein Hemmnis für KWK-Anlagen kann im Fehlen des Wärmebedarfs vor allem in den Sommermonaten bestehen, was sich negativ auf die Wirtschaftlichkeit auswirkt.

7.3 TECHNISCHE HEMMNISSE

Im Bereich der Großanlagen erfolgt die technologische Entwicklung und Weiterentwicklung fast ausschließlich durch die Hersteller. Der Kraftwerksplaner hat in der Regel nur die Möglichkeit, aus einer Auswahl standardisierter Typen die seinen Bedürfnissen am besten entsprechende Maschine auszuwählen. Demgemäß sind z.B. GuD-Anlagen insgesamt weitgehend standardisierte Kraftwerke, welche von den Herstellern im Gesamtpaket angeboten werden.³⁸ Es ist daher davon auszugehen, dass es im Bereich von Großanlagen praktisch keine technischen Hemmnisse gibt.

Ein Teil der im Anhang der KWK-Richtlinie angeführten Technologien³⁹ wie Mikroturbinen, Stirling-Motoren oder Brennstoffzellen sind dem Bereich innovativer Mikro-/Mini-KWK-Technologien zuzuordnen. Zum Teil bestehen in diesem Bereich (jedenfalls noch) Nachteile gegenüber konventionellen Technologien (z.B. Motorsystemen). So konnten die hohen Erwartungen hinsichtlich Investitions- und Wartungskosten (im Sinne von ökonomischen Vorteilen) gegenüber Motor-BHKW-Anlagen bis dato nicht erfüllt werden. Der Einsatz von Brennstoffzellen in BHKW-Anlagen ist technologisch noch nicht ausgereift, und die aktuellen Kosten für die Anschaffung und Wartung sind besonders hoch.⁴⁰ Mikrogasturbinen und Stirling-Motoren befinden sich in der Markteinführungsphase und daher gibt es noch wenig konkrete Praxiserfahrungen über Lebensdauer sowie Wartungsaufwand und somit über die Wirtschaftlichkeit der Anlagen. Diese technischen Hemmnisse verschlechtern die

³⁸ vgl. Hochfellner, Tauschitz: „CO₂-Reduktionsziel erfordert die Anwendung der besten verfügbaren Technik für thermische Kraftwerksneubauten“, Beitrag zur IEWT 2005, Wien

³⁹ vgl. Anhang I der EU KWK-Richtlinie

⁴⁰ vgl. OPET, E.V.A.: „Mikro- und Mini-KWK-Anlagen in Österreich“, März 2004

Wirtschaftlichkeit der Anlagen und führen im Endeffekt zu einem wirtschaftlichen Hemmnis, wodurch eine forcierte Verwirklichung des Potentials für kleine KWK-Anlagen erschwert wird.

Bei mechanischer Energie werden grundsätzlich Schraubenkompressoren oder Kolbenpumpen eingesetzt. Während Schraubenkompressoren teurer in der Anschaffung jedoch besser für den Dauerbetrieb geeignet sind, sind Kolbenpumpen zwar günstiger, werden jedoch eher für den Intervallbetrieb eingesetzt. Als KWK-Potential würde sich eine Substitution der Schraubenkompressoren anbieten. Das Potential wird jedoch durch die Nähe möglicher Wärmekunden limitiert, da z.B. Gasverdichterstationen einen geringen Wärmebedarf haben und zusätzlich in der Regel eine große Distanz zu den nächsten Orten aufweisen.

Für Raumkühlung ist die Akzeptanz noch nicht gegeben, weiteres ist der Einsatz von Raumkühlung mit KWK nur sinnvoll bei großen Leistungen, da eine Mindestgröße der Adsorptionsmaschinen gegeben ist.

Zusammenfassende Darstellung möglicher Hemmnisse

- Hinsichtlich Kleinanwendungen befinden sich bestimmte Technologien erst in der Markteinführungsphase (z.B. Stirlingmotoren und Mikroturbinen) oder noch vor dieser (z.B. Brennstoffzellen). Aufgrund der geringen Praxiserfahrung gibt es daher noch eine gewisse Hemmschwelle für einen breiten Einsatz dieser Technologien.
- Weiters gibt es auch technische Hemmnisse beim Einsatz von KWK-Anlagen für mechanische Energie durch den Abnahmebedarf der mechanischen Energie.

7.4 HEMMNISSE IM BEREICH INFORMATIONSVERBREITUNG

Eine schlechte oder fehlende Verfügbarkeit relevanter Informationen kann ein Hemmnis zur Verwirklichung des Potentials für KWK und Fernwärme darstellen. Im Rahmen der Studie werden zwei wesentliche Bereiche identifiziert, nämlich einerseits die Information der Bevölkerung über Vorteile der KWK und Fernwärme und andererseits die Information potenzieller Betreiber über die Möglichkeiten der KWK, vor allem im kleinen Leistungsbereich.

7.4.1 Informationen über Vorteile der KWK und Fernwärme

Eine zentrale Bedeutung hat die KWK in Verbindung mit der öffentlichen Wärmeversorgung vor allem in den größeren Städten Österreichs. Ein Anschluss der Anrainer an ein bestehendes Fernwärmenetz erfolgt ausschließlich auf freiwilliger Basis. Die Konsumenten entscheiden über die Wahl des bevorzugten Heizungssystems vor allem nach wirtschaftlichen Kriterien. Demnach ergibt sich eine Konkurrenzsituation zwischen den verschiedenen Energieträgern bzw. Heizungssystemen. Aufgrund der komplexen Anlagentechnik und vor allem aufgrund der Kapitalintensität und der Langlebigkeit von

Fernwärmenetzen ergibt sich eine problematische wirtschaftliche Situation beim raschen Ausbau von Fernwärmenetzen (vgl. oben). Da aber der Einsparungseffekt an Primärenergie und Treibhausgasemissionen von KWK-Anlagen unbestritten ist, werden diese Anlagen entsprechend gefördert, wodurch diese zu Alternativsystemen konkurrenzfähig werden.

Eine Marketing-Umfrage hat u.a. ergeben, dass das Image von Fernwärme bei privaten Fernwärmenutzern, Großabnehmern, Bauträgern und Meinungsmultiplikatoren sehr ähnlich ist. Es zeigt sich, dass vor allem hinsichtlich der Kosten von Fernwärme eine schwächere Bewertung erfolgt. Obwohl bei Fernwärme-Haushalten die Fernwärme als das eindeutig überlegene System gesehen wird, stehen Nicht-Fernwärme-Nutzer der Fernwärme insgesamt negativer gegenüber, vor allem im Hinblick auf den Preis.

Von allen Zielgruppen werden spontan als Nachteile einer Fernwärmeheizung vor allem die Kosten sowie die Abhängigkeit vom Lieferanten gesehen, wobei hinsichtlich des zweiten Aspektes Bedenken hinsichtlich der ständigen Verfügbarkeit der Wärme und eines möglichen Preisdiktates des Anbieters geäußert werden.

Durchschnittlich hat nur jeder zehnte Kundenhaushalt die Entscheidung selber getroffen und im Falle einer eigenen Entscheidung waren Kostenüberlegungen und Umweltaspekte ausschlaggebend.

Der Wissensstand zum Thema Fernwärme ist bei privaten Haushalten niedrig, was sich u.a. auch darin ausdrückt, dass verhältnismäßig wenige Vor- und Nachteile von Fernwärme genannt werden.

Das Interesse an Information zum Thema Energie und Heizen ist in privaten Haushalten insgesamt gering.⁴¹

Zusammenfassende Darstellung möglicher Hemmnisse

Die auf einer Umfrage basierende Analyse zeigt, dass vor allem Kostenaspekte in Zusammenhang mit der Entscheidung für einen Fernwärmeanschluss am relevantesten sind. Informationsdefizite bzw. ein in der öffentlichen Meinung nicht den Tatsachen entsprechendes Image können dazu beitragen, dass die Entscheidung zu Gunsten möglicher alternativer Energieträger bzw. Heizungssysteme getroffen wird und somit einer verstärkten Potentialausnutzung entgegensteht.

7.4.2 Information potenzieller Betreiber über innovative KWK-Anlagen

Neben der industriellen KWK und der KWK mit öffentlicher Fernwärmeversorgung gelten auch Kleinst- und Kleinanlagen als zukünftig verstärkt zu erschließendes Potential für den Einsatz von KWK. Typische Einsatzgebiete in diesem Bereich können beispielsweise folgende sein:⁴²

⁴¹ vgl. Marketing-Umfrage Fachverband Gas und Wärme

⁴² vgl. OPET, E.V.A: „Mikro- und Mini-KWK-Anlagen in Österreich, März 2004

- Krankenhäuser (günstige Voraussetzungen durch ganzjährig vorliegende thermische Grundlast und hohen Strombedarf),
- Hotels bzw. Pensionen (ebenfalls günstige Voraussetzungen bei ganzjährigem Strom- und Wärmebedarf),
- Schulen, Hochschulen, Heime und Tagesstätten (Abnahmestruktur überwiegend durch die fest begrenzten Öffnungszeiten vorgegeben, die BHKW-Abwärme kann zur Klimatisierung genutzt werden),
- Hallenbäder und Fitness-Center (beinahe ganzjährige Öffnung, ebenfalls Klimatisierung in den Sommermonaten möglich),
- Verwaltungs- bzw. Dienstleistungsgebäude (feste Öffnungszeiten, in den Sommermonaten Klimatisierung),
- Wohnsiedlungen wie Mehrfamilienhäuser und/oder Reihenhäuser (für Raumheizung in der Regel nur ca. 1.000 – 2.000 Volllaststunden anzusetzen, Erhöhung der Grundlast durch Warmwasserbereitstellung, Realisierung von Nahwärmekonzepten),
- Gewerbe/Industrie (sehr unterschiedliche Wärmebedarfscharakteristik, Differenzierung zwischen Produktions- und Heizwärme, Klimatisierung in den Sommermonaten).
- Industrie- und Gewerbeunternehmen, die z.B. Verdichterstationen oder große Druckluftkompressoranlagen betreiben

Es zeigt sich, dass beim Betreiber häufig das nötige Wissen für die Installation und den Betrieb einer KWK-Anlage nicht vorhanden ist. Dies betrifft hauptsächlich potenzielle Betreiber der oben angeführten Einsatzbereiche, vor allem bei Kleinst- und Kleinanwendungen (Gewerbe) und nicht die industrielle KWK oder KWK im Bereich der Elektrizitätsunternehmen. Durch das Fehlen von entsprechend ausgebildetem Personal und der geringen Dichte an Wartungsfirmen sind die Betreiber von Kleinst-KWK somit in vielen Fällen auf Wartungsverträge⁴³ mit den Herstellern angewiesen, wodurch sich eine verstärkte Abhängigkeit ergeben kann.

Die ist vor allem darin begründet, dass im Vergleich zu den Technologien der getrennten Erzeugung KWK-Anlagen eine höhere technische Komplexität aufweisen Komplexität aufweisen und der Betrieb einer KWK-Anlage in der Regel nicht zum Kerngeschäft eines Betriebes gehört.

Zusammenfassende Darstellung möglicher Hemmnisse

Vor allem im Kleinanwendungsbereich können durch entsprechende gezielte Informationskampagnen und Schulungsmaßnahmen bestehende Wissensdefizite über

⁴³ vgl. Simader et al.

Funktionsweise, Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit bestehender und neuer innovativer KWK-Technologien vermindert werden und somit zu einer stärkeren Verbreitung dieser Systeme beitragen.

7.5 ZUSAMMENFASSUNG HEMMNISSE

Der Einsatz hocheffizienter Kraft-Wärme-Kopplung bietet grundsätzlich die Möglichkeit Primärenergie und Treibhausgasemissionen im Vergleich zur getrennten Erzeugung von Strom und Wärme einzusparen und kann somit einen wertvollen Beitrag zu den Zielsetzungen der Europäischen Union in den Bereichen Energieversorgungssicherheit und Klimawandel leisten. Um eine entsprechende diesbezügliche Entwicklung zu forcieren, wurde seitens der Europäischen Union die Richtlinie zur Förderung einer am Nutzwärmebedarf orientierten Kraft-Wärme-Kopplung (KWK-Richtlinie) im Energiebinnenmarkt erlassen. In der KWK-Richtlinie wird u.a. gefordert, eine Analyse der Hemmnisse durchzuführen, „*die der Verwirklichung des nationalen Potentials für hocheffiziente KWK entgegenstehen*“ könnten. Nachfolgend werden wesentliche Hemmnisse im Überblick dargestellt:

1. Hemmnisse aufgrund des aktuellen europäischen Regulierungsregimes

- a. Schlechte Abstimmung der europäischen Regulierungen: Die diversen Förderregelungen auf europäischer Ebene sind derzeit untereinander schlecht abgestimmt und zeigen z.T. divergierende Zielsetzungen. Es fehlen entsprechende Priorisierungen und Abstimmungen zwischen den jeweiligen Regulierungen im Energie- und Umweltbereich.
- b. Förderungsregelungen:
 - i. Regelung der KWK-Förderung auf europäischer Ebene
 - Die Förderregelungen für KWK-Anlagen sind in den einzelnen Mitgliedsstaaten z.T. sehr unterschiedlich geregelt. In Zusammenhang mit dem europaweiten Binnenmarktes für Energie führt dies zu Unvereinbarkeiten und zu unerwünschten Marktverzerrungen.
 - Beispielhaft zeigt die Zuteilung der Emissionszertifikate zu bestehenden KWK-Anlagen in ausgewählten europäischen Staaten, dass im gegenüber den Regelungen in Österreich auch eine Überallokation bei hocheffizienten KWK-Anlagen erfolgen kann. Auch hinsichtlich der Zuteilung von Zertifikaten für Neuanlagen bestehen Unterschiede in den jeweiligen Ländern. Diese unterschiedliche Regelung der Zertifikatezuteilung zu den Anlagen der jeweiligen Mitgliedsstaaten stellt eine Ungleichbehandlung und damit ein Hemmnis dar.
 - ii. Regelung der KWK-Förderung in Österreich
 - Bei der konkreten Ausgestaltung der KWK-Förderung in Österreich im Rahmen des Ökostromgesetzes werden nur bestehende und modernisierte

Anlagen, nicht aber die Neuerrichtung von KWK-Anlagen gefördert. Eine Forcierung von KWK-Anlagen wird damit nicht erreicht.

- In den bestehenden österreichischen Förderregelungen hinsichtlich KWK-Anlagen im Rahmen des Ökostromgesetzes werden nur KWK-Anlagen mit Wärmeabgabe an die „öffentliche Fernwärmeversorgung“ berücksichtigt. Die übrigen KWK-Anlagen werden nicht berücksichtigt.
 - Im Rahmen des Ökostromgesetzes wird die Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energieträgern und auf dem Gebiet der KWK gemeinsam geregelt. Da mit Biomasse befeuerte KWK als Ökostromanlagen und nicht als KWK-Anlagen behandelt werden, kann es zu einem Verdrängungswettbewerb der Energiearten aufgrund der unterschiedlichen Förderregelungen kommen
- c. Besteuerungen: Im Rahmen des Energieabgabenvergütungsgesetzes werden aufgrund der so genannten „44 %-Regelung“ Anlagen mit höheren elektrischen Wirkungsgraden begünstigt und solche mit geringeren (z.B. aufgrund einer höheren Wärmeauskopplung) unter Umständen benachteiligt. Sinnvoll wäre die Anwendung der exakten Nachweismethode und damit Berücksichtigung des tatsächlichen Wirkungsgrades.
- d. Emissionshandel:
- i. Regelungen auf europäischer Ebene:
 - Im Emissionshandels-Regime werden nur Anlagen über 20-MW-Brennstoffwärmeleistung einbezogen. Dadurch werden zentrale Fernwärmeproduzenten durch den Zertifikatshandel gegenüber Kleinf Feuerungen und KWK-Anlagen mit weniger als 20 MW benachteiligt. Fernwärmeeinrichtungen sind daher gegenüber Einzelfeuerungen und dezentralen BHKW weniger konkurrenzfähig.
 - Unterschiedliche Ausgestaltung der Zertifikatzuteilung in den einzelnen Mitgliedsstaaten
 - ii. Regelungen auf österreichischer Ebene:
 - Nach den Zuteilungsbestimmungen im nationalen Allokationsplan müssen für eine hocheffiziente KWK-Anlage der Elektrizitätswirtschaft auf Basis Erdgas Zertifikate im Ausmaß von ca. 4% der CO₂-Emissionen zugekauft werden. Da bei bereits hocheffizienten KWK-Anlagen auf Basis Erdgas bei entsprechender Betriebsführung praktisch keine Effizienzsteigerungen mehr erreicht werden können, erscheint diese Regelung als Hemmnis für KWK-Anlagen.
 - Die bisher noch offene Regelung der Zertifikatzuteilung für Neuanlagen bzw. Erweiterungen in Österreich führt besonders bei potenziellen Anlagenerrichtern und -betreibern zu Investitionshemmnissen.

2. Hemmnisse wegen grundlegender energiewirtschaftlicher Gegebenheiten

- a. Aufbau neuer kapitalintensiver und langlebiger Infrastruktur: Die Errichtung oder Erweiterung kapitalintensiver und langlebiger Energieinfrastrukturen (z.B. KWK-

Anlagen oder Fernwärmenetze) stellen wegen deren Langlebigkeit und des Anschaffungswertprinzips eine wesentliche Hürde für potenzielle Investoren dar.

- b. Opportunitätskosten hinsichtlich Reservehaltung: Eine qualitative Analyse der Opportunitätskosten für die Reservehaltung zeigt, dass diese im Falle einer getrennten Strom- und Wärmeerzeugung (Strombezug aus dem öffentlichen Netz und Wärmeeigenerzeugung im Unternehmen) im Vergleich zur gekoppelten dezentralen Erzeugung geringer sind, was als Hemmnis für die weitere Verbreitung der KWK zu interpretieren ist.
- c. Situation und Entwicklung der Energiepreise: Derzeit ist aufgrund der europäischen Strompreissituation die Einspeisung von in KWK-Anlagen erzeugtem Strom zu Marktpreisen wirtschaftlich nur schwer darstellbar.
- d. Economies of Scale als Hemmnis für Kleinanlagen: Die spezifischen Kosten von Großanlagen sind durchwegs niedriger als jene von Kleinanlagen. Aufgrund der komplexen Anlagentechnik und dem spezifischen Aufwand für Wartung und Betriebsführung steigt der Wirkungsgrad mit der Anlagengröße, was sich zusätzlich positiv auf die spezifischen Stromgestehungskosten auswirkt. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass die Lebensdauer von Großanlagen durchwegs über jenen von Kleinanlagen liegt.
- e. Weitere potenzielle Hemmnisse:
 - i. Häufig fehlt bei Industrie- und Gewerbebetrieben die Bereitschaft, in eine KWK-Anlage zu investieren, da dies nicht zum Kerngeschäft des Unternehmens gehört.
 - ii. Seitens der Wirtschaft werden im Allgemeinen für Investitionen Amortisationszeiten von wenigen Jahren gefordert, was zumeist bei Investitionen in langlebige und kapitalintensive Energieinfrastrukturen nicht erreicht wird.
 - iii. Ein Hemmnis für KWK-Anlagen besteht in der Problematik des vor allem in den Sommermonaten fehlenden Wärmebedarfs, was sich auf die Wirtschaftlichkeit der Anlage negativ auswirken kann.

3. Technische Hemmnisse

Hinsichtlich Kleinanwendungen befinden sich bestimmte Technologien erst in der Markteinführungsphase (z.B. Stirlingmotoren und Mikroturbinen) oder noch vor dieser (z.B. Brennstoffzellen). Wegen der geringen Praxiserfahrungen gibt es daher noch eine gewisse Hemmschwelle für einen breiten Einsatz dieser Technologien.

Der Einsatz von KWK-Anlagen für mechanische Energie ist von der räumlichen Nähe eines entsprechenden Wärmeverbrauchs abhängig.

Weiters ist anzuführen, dass der **Netzzugang** für KWK-Anlagen kein Hemmnis darstellt, da es in Österreich einen geregelten Netzzugang für alle Marktteilnehmer gibt („regulated third party access TPA“). KWK-Anlagen werden demnach gleich behandelt werden, wie andere Anlagen auch.

4. Hemmnisse im Bereich Informationsbereitstellung

- a. Information der Bevölkerung über Vorteile der KWK und Fernwärme: Die auf einer Umfrage basierende Analyse zeigt, dass vor allem die Kosten im Zusammenhang mit der Entscheidung für einen Fernwärmeanschluss am relevant sind. Informationsdefizite bzw. ein in der öffentlichen Meinung nicht den Tatsachen entsprechendes Image können dazu beitragen, dass Entscheidungen zu Gunsten alternativer Energieträger bzw. Heizungssysteme getroffen werden und damit das Potential weniger genutzt wird.
- b. Information potenzieller Betreiber über Möglichkeiten innovativer KWK-Anlagen: Vor allem im Kleinanwendungsbereich können durch entsprechende gezielte Informationskampagnen bestehende Wissensdefizite über Funktionsweise, Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit bestehender und neuer innovativer KWK-Technologien verbessert werden und somit zu einer stärkeren Verbreitung dieser Systeme beitragen.

5. Sonstige Hemmnisse:

- a. Raumplanung: Die intensive Nutzung der Fernwärme kann durch entsprechende raumplanerische Gegebenheiten (z.B. Vorranggebiete) wesentlich begünstigt werden.
- b. Promotoren: Angesichts des Erfolgs der Wärmepumpe in Oberösterreich, erkennt man, dass für die erfolgreiche Einführung von KWK-Technologien, vor allem geringerer Leistungsgrößen, Fach- und Machtpromotoren wesentlich sind.

Hinsichtlich einer Priorisierung der identifizierten Hemmnisse ist festzuhalten, dass vor allem die wirtschaftlichen Hemmnisse im Vordergrund stehen. Obwohl diese Analyse der Hemmnisse auf die nationale Ebene beschränkt ist, muss man sich bei der Analyse potenzieller Hemmnisse für KWK-Anlagen aufgrund des europäischen Binnenmarktes für Energie zwangsläufig die europäische Ebene berücksichtigen; dies vor allem wegen der vielen und tief greifenden Richtlinien im Energie- und Umweltbereich, die von den Mitgliedsstaaten umzusetzen sind.

8 LITERATUR- UND QUELLEDATENVERZEICHNIS

- /1/ Richtlinie 2004/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Februar 2004 über die Förderung einer am Nutzwärmebedarf orientierten Kraft-Wärme-Kopplung im Energiebinnenmarkt und zur Änderung der Richtlinie 92/42/EWG, Strassburg, 2004
- /2/ Interne Mitteilung von Betriebs- und Auslegungsdaten von KWK-Anlagen und Heizwerken österreichischer Energieversorgungsunternehmen, VEÖ, 2005
- /3/ "The Chronological Development of the Cheng Cycle Steam Injected Gas Turbine During the Last 25 Years", ASME-Turbo-Expo 2002, GT-2002-30119, Cheng, D. Y.; Nelson, A.L., 2002
- /4/ "Heat Recovery Steam Generator for Cheng Cycle Applications", ASME Industrial Power Conference – PWR-Vol. 4, S. 61ff, Ganapathy, V.; Heil, B. et. Al., 1988
- /5/ "BHKW-Kenndaten 2001", Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e. V., www.asue.de, ASUE, 2001
- /6/ "Emissionsfaktoren als Grundlage für die österreichische Luftschadstoff-Inventur Stand 2003", Umweltbundesamt Berichte BE-254, Umweltbundesamt, 2004
- /7/ Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Überwachung und Berichterstattung betreffend Emissionen von Treibhausgasen – Anhang, Wien 2005
- /8/ "Handbook 2004", Turbomachinery International, Vol. 44, No. 6, 2004
- /9/ "ORC plants for power production from biomass from 0,4 MWe to 1,5 MWe: Technology, efficiency, practical experiences and economy", 7. Holzenergie-Symposium, ETH-Zürich, 18. Oktober 2002
- /10/ "Felduntersuchung: Betriebsverhalten von Heizungsanlagen mit Gas-Brennwertkesseln", Fachhochschule Braunschweig Wolfenbüttel, Fachbereich Versorgungstechnik, Institut für Heizungs- und Klimatechnik, April 2004
- /11/ Manual for Determination of Combined Heat and Power (CHP)", CEN/CENELEC Workshop Agreement CWA 45547, September 2004
- /12/ Brennstoffzellen: Entwicklung, Technologie, Anwendung"; 2., neu bearb. und erw. Aufl., Heidelberg: Müller, Ledjeff-Hey K. et al. ,ISBN 3-7880-7629-1, 2001
- /13/ Brennstoffzellen-Technologie: Hoffnungsträger für den Klimaschutz: technische, ökonomische und ökologische Aspekte ihres Einsatzes in Verkehr und Energiewirtschaft"; Berlin, Erich Schmidt, ISBN 3-503-06042-1
- /14/ Fuel Cell Technology Handbook"; CRC Press, 1st edition, ISBN 0849308771
- /15/ Die PAFC im Feldtest", Wagner U., Eckl R, BWK Bd. 56 (2004) Nr. 5, S. 69-71
- /16/ Hochtemperaturbrennstoffzellen und deren Kostenentwicklung", Blesl M., Ohl M. et. al, BWK Bd. 56 (2004) Nr. 5, S. 72-78

-
- /17/ Einsatz von Brennstoffzellen in kommunalen Gebieten", Temming et al, BWK Bd. 56 (2004) Nr. 6, S. 62-65
- /18/ Stirling-Maschinen: Grundlagen, Technik, Anwendung"; 7., überarb. und erw. Aufl., Werdich, M.; Kübler K, Staufen bei Freiburg, ökobuch; ISBN 3-922964-35-4
- /19/ Jahreserzeugung 2002, Zahlen – Daten – Fakten, E-Control. Wien, 2003
- /20/ Kraft-Wärme-Kopplung in Österreich: Statistik für Heizkraftwerke für 1997, Bundeslastverteiler, Wien 1998
- /21/ Systematik der Wirtschaftstätigkeiten nach ÖNACE 1998, Statistik Austria, Wien, 2003
- /22/ Systematik der Wirtschaftstätigkeiten nach ÖNACE 2003, Statistik Austria, Wien, 2003
- /23/ Statistisches Jahrbuch Österreich 2005, Statistik Austria, Wien, 2005
- /24/ Abschätzung der Abschätzung der Verfügbarkeit der Erzeugungskapazitäten in Österreich bis 2015 und deren Auswirkungen auf die Netzkapazitäten, VEÖ, Wien, August 2004
- /25/ UCTE System Adequacy Forecast 2004-2010, UCTE, Brüssel, 2003
- /26/ Weltenergiereport 2003, RWE, Essen 2003
- /27/ Deutsche Stromhandelsbörse EEX, www.eex.de
- /28/ Österreichische Stromhandelsbörse EXAA, www.exaa.at
- /29/ Nutzenergieanalyse 1998, Statistik Austria, Wien 2000
- /30/ Nutzenergieanalyse 2002 sowie Sonderauswertung für Nutzenergiewerte 2002, Statistik Austria, Wien 2005
- /31/ Energiebilanzen 1970-2003, Statistik Austria, Download unter http://www.statistik.at/fachbereich_energie/energiebilanz.pdf, Wien, 2003
- /32/ Bilanz der elektrischen Energie 1970-2003, Veröffentlichung im Internet unter http://www.statistik.at/fachbereich_energie/strom_tab.shtml, Wien, 2003
- /33/ Leistungs- und Strukturstatistik – Produktion und Dienstleistung 2002, Statistik Austria, Wien, 2002
- /34/ Hauptergebnisse der Leistungs- und Strukturstatistik 2002 nach Beschäftigtengrößenklassen, Statistik Austria, Wien, 2002
- /35/ Wirtschaftskennzahlen der Unternehmen aus der Leistungs- und Strukturstatistik 2002 nach Beschäftigtengrößenklassen, Statistik Austria, Wien, 2002
- /36/ Wirtschaftskammer Österreich: Statistisches Jahrbuch 2004, Mai 2004; <http://wko.at/statistik/jahrbuch/jahr.htm>
- /37/ Statistik Austria: Statistisches Jahrbuch 2005, Wien 2005, Bereiche 02 Bevölkerung, 03 Gesundheit, 04 Bildung, 07 Beschäftigung und Arbeit, 12 Wohnungswesen, 17 Struktur und Produktionsgrundlagen der Landwirtschaft, 21

- Stand und Struktur im Bereich Produktion und Dienstleistungen, 22 Energie;
http://www.statistik.at/jahrbuch_2005/deutsch/start.shtml
- /38/ Österreichische Bundesbahnen: Geschäftsbericht 2003; http://www.oebb.at/OeBB-Holding_AG/OeBB_aktuell/Publikationen/Geschaeftsbericht2003.pdf
- /39/ Österreichisches Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW, Lebensministerium): Land- und Forstwirtschaftliche Betriebe nach Größenklassen;
<http://land.lebensministerium.at/artifex.lfrz.at:8007/duz/enduser/results.jsp?outlang=0&bnr=964>
- /40/ Statistik Austria: Agrarstrukturerhebung 1999, Betriebsstruktur;
http://www.statistik.at/fachbereich_landwirtschaft/schnellberichte/Agrarstrukturerhebung1999.pdf
- /41/ Agrarstrukturerhebung Betriebsstruktur 1999, Statistik Austria, Wien, 2001
- /42/ Agrarstrukturerhebung Betriebsstruktur 2002, Statistik Austria, Wien, 2005
- /43/ Wohnungen – Ergebnisse der Erhebungen im Mikrozensus 2002, Statistik Austria, Wien, 2003
- /44/ Wohnungen – Ergebnisse der Erhebungen im Mikrozensus 2003, Statistik Austria, Wien, 2004
- /45/ Energiedaten der Bundesdienststellen des BMWA (BIG), GISY-Datenbank, Wien, 2003
- /46/ Konsumerhebung 1999/2000, Statistik Austria, Wien 2002
- /47/ Technisch sinnvolles Fernwärmepotential, Kurzbericht Ergebnisse, KWI/WIFO im Auftrag des Fachverbandes Gas- und Wärmeversorgungsunternehmens, Wien, 07. Juli 2005
- /48/ Aufschlüsselung der Lastganglinien nach Endenergie-Anwendungen (Strom, Gas und Fernwärme), Schriftenreihe der Energieforschungsgemeinschaft im Verband der E-Werke Österreichs (VEÖ), Wien, März 1998
- /49/ Ergebnisse der Energieberatung von 1993 bis 2001 durch WKO Oberösterreich, WIFO und Land Oberösterreich, veröffentlicht als Branchenkonzepte beim O.Ö. Energiesparverband, <http://www.esv.or.at/esv/index.php?id=71>
- /50/ Energieszenarien für Österreich bis 2020, Kurt Kratena, Michael Wüger, WIFO, Wien, Juni 2005
- /51/ APCS Power Clearing and Settlement AG: Synthetische Lastprofile 2005;
[http://content.apcs.at/netautor/napro4/appl/na_professional/parse.php?mlay_id=118000&xmlval_ID_DOC\[0\]=1001213&npf_cache=yes](http://content.apcs.at/netautor/napro4/appl/na_professional/parse.php?mlay_id=118000&xmlval_ID_DOC[0]=1001213&npf_cache=yes)
- /52/ E-Control GmbH: Sonstige Marktregeln, Kapitel 6: Zählwerte, Datenformate, Standardisierte Lastprofile;

- http://www.e-control.at/pls/econtrol/docs/FOLDER/INTERN/ADMINISTRATION/DATEIEN/MARKTREGELN/SOMA/SOMA_6_V3.0.PDF
- /53/ AGCS Gas Clearing and Settlement AG: Synthetische Lastprofile 2005; <http://www.agcs.at>
- /54/ Fernwärme in Österreich, Zahlenspiegel 2004 mit Daten des Jahres 2003, Fachverband für Gas & Wärmebetriebe, Wien, 2003
- /55/ Österreichische Raumordnungskonferenz ÖROK / Statistik Austria, Wohnungsbedarfsprognose Teil 2, Wohnungsbestand und Neubauleistung in Österreich 2001 bis 2031, Wien 2005
- /56/ Statistisches Jahrbuch 2005, Land- und forstwirtschaftliche Betriebe und Flächen 1980 bis 1999 nach Erwerbsarten, Statistik Austria, Wien 2005
- /57/ Kraftwerkspark in Österreich 2002, E-Control, Zahlen-Daten-Fakten Strom, www.e-control.at, Wien, 2003
- /58/ Definition von Versorgungssicherheit, www.e-control.at/versorgungssicherheit, Stand 19. August. 2005
- /59/ Energiebericht 2003 der österreichischen Bundesregierung, <http://www.bmwa.gv.at/BMWA/Themen/Energie/Publikationen/energiebericht.htm>, Wien, 2003
- /60/ Country Report Bioenergy in Austria, BLV Wieselburg, <http://www.eubionet.net/>, 2002
- /61/ Emissionsfaktoren als Grundlage für die österreichische Luftschadstoff-Inventur, Stand 2003, Umweltbundesamt, Wien, 2004
- /62/ Kohleabgabegesetz (BGBl. Nr. 71/2003 idF 91/2004)
- /63/ Bundesgesetz, mit dem die Mineralölsteuer an das Gemeinschaftsrecht angepasst wird (Mineralölsteuergesetz 1995, BGBl. Nr. 630/1994 idF 180/2004)
- /64/ Bundesgesetz, mit dem die Abgabe auf die Lieferung und den Verbrauch von Erdgas eingeführt wird (Erdgasabgabegesetz, BGBl. Nr. 201/1996 idF 71/2003)
- /65/ Bundesgesetz, mit dem die Abgabe auf die Lieferung und den Verbrauch von elektrischer Energie eingeführt wird (Elektrizitätsabgabegesetz, BGBl. Nr. 201/1996 idF 71/2003)
- /66/ RICHTLINIE 2002/91/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Gebäude-Richtlinie). Amtsblatt Nr. L 001 vom 04/01/2003 S. 0065 – 0071
- /67/ RICHTLINIE 2003/54/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 26. Juni 2003 über gemeinsame Vorschriften für den Elektrizitätsbinnenmarkt und zur Aufhebung der Richtlinie 96/92/EG (Binnenmarktrichtlinie). Amtsblatt Nr. L 176 vom 15/07/2003 S. 0037 - 0056
- /68/ RICHTLINIE 2003/87/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 13. Oktober 2003 über ein System für den Handel mit Treibhausgas-

- emissionszertifikaten in der Gemeinschaft und zur Änderung der Richtlinie 96/61/EG des Rates (Emissionshandels-Richtlinie). Amtsblatt Nr. L 275 vom 25/10/2003 S. 0032 - 0046
- /69/ RICHTLINIE 2003/96/EG DES RATES vom 27. Oktober 2003 zur Restrukturierung von Energieerzeugnissen und elektrischem Strom (Energiebesteuerungs-Richtlinie). Amtsblatt Nr. L 283 vom 31/10/2003 S. 0051 - 0070
- /70/ RICHTLINIE 2001/77/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 27. September 2001 zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im Elektrizitätsbinnenmarkt (Erneuerbare-Richtlinie). Amtsblatt Nr. L 283 vom 27/10/2001 S. 0033 – 0040, Nr. 201/1996 idF 92/2004)
- /71/ Energieverwertungsagentur, Simader R., Ritter H., Benke G., Pinter H.: Mikro- und Mini-KWK-Anlagen in Österreich, Wien, März 2004.
- /72/ Bachhiesl U., Stigler H.: Modelle zur Ermittlung betriebswirtschaftlicher und volkswirtschaftlicher Auswirkungen von Ökostromanlagen in Österreich, IEWT 2003, Wien.
- /73/ Leprich U., Thiele, Meixner H., Thiele A.: Einsatz stationärer Brennstoffzellentechnologie als Beitrag zum Klimaschutzprogramm der Bundesregierung (Stationäre Brennstoffzellentechnologie), Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Auftrag des Umweltbundesamtes, Saarbrücken, 2004.
- /74/ FutureCogen, KWI: The future of CHP in the European Market – The European Cogeneration Study, Country Report Austria, 1999.
- /75/ FutureCogen: The Future of CHP in the European Market, The European Cogeneration Study, Publishable Summary, May 2001.
- /76/ Hochfellner M., Tauschitz J: CO2-Reduktionsziele erfordern die Anwendung der besten verfügbaren Technik für thermische Kraftwerksneubauten, Das 800-MWel-Gas- und Dampfturbinen-Kombinationskraftwerksprojekt Mellach, Wien, IEWT 2005.
- /77/ Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit: Technische Grundlage für die Bewertung von Emissionen aus Stationärmotoren, 2001.
- /78/ Consentec Consulting GmbH: Ökonomische Aspekte der dezentralen Stromerzeugung in Österreich, Studie im Auftrag der Energie-Control GmbH, Abschlussbericht 3. Dez. 2004.
- /79/ Institut f. wirtschaftliche Ölheizung: Das richtige Heizöl, <http://www.iwo-austria.at/12.0.html>
- /80/ Flaga GmbH: Flüssiggas Zusammensetzung u. Eigenschaften, <http://www.flaga.at/443.0.html>
- /81/ Baehr H.: Thermodynamik, Grundlagen u. Technische Anwendungen, Springer, Berlin 2002
- /82/ Kommunalkredit Austria AG, public consulting: Fossile Kraft-Wärme-Kopplung

/83/ http://www.public-consulting.at/up-media/373_fossile_kwk_.pdf

/84/ http://www.public-consulting.at/up-media/373_Datenblatt%20fossil%20KWK.xls

/85/ http://www.public-consulting.at/up-media/358_biomasse-kwk__.pdf

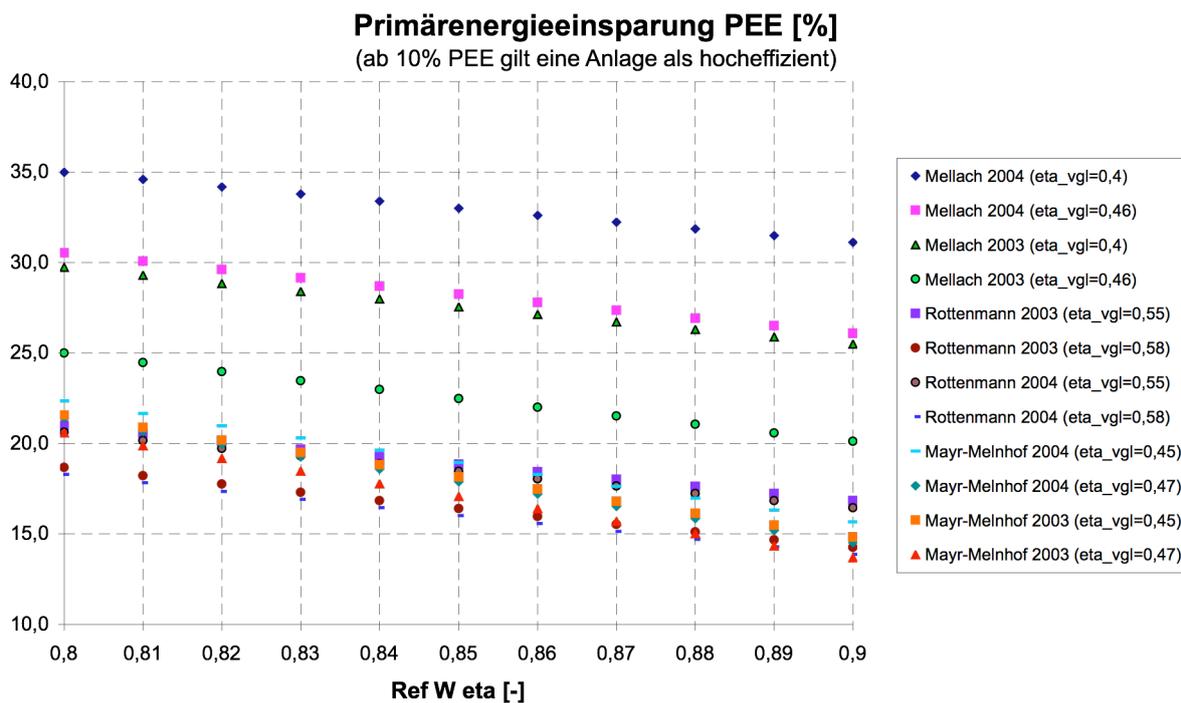
9 ANHÄNGE

ANHANG A: REFERENZWIRKUNGSGRAD

REFERENZWIRKUNGSGRAD STROM	Jahr			
	<=1995	2000	2005	>2005
Brennstoff				
Steinkohle (bis 500 MWel)	0,39	0,40	0,41	0,42
Steinkohle (> 500 MWel)	0,39	0,42	0,43	0,44
Braunkohle	0,36	0,38	0,40	0,42
Heizöl S	0,39	0,40	0,41	0,42
Erdgas / HEL GuD (<100 MW) DT (<500 MW)	0,40	0,44	0,45	0,48
Erdgas / HEL (bis 500 MWel) GuD	0,43	0,46	0,52	0,56
Erdgas / HEL (>500 MWel) GuD	0,45	0,52	0,55	0,57
Erdgas / HEL (1 MWel) Gasmotor	0,35	0,35	0,36	0,36
Erdgas / HEL (3 MWel) Gasmotor	0,35	0,36	0,38	0,38
Erdgas / HEL (10 MWel) GT, DT	0,35	0,36	0,37	0,38
Flüssiggas	0,35	0,35	0,36	0,36
Biomasse fest	0,18	0,23	0,24	0,25
Biomasse flüssig	0,35	0,35	0,36	0,36
Biogas, Klärgas, Deponiegas	0,35	0,35	0,36	0,36
Schwachgase (Gichtgas etc.)	0,33	0,34	0,34	0,35
Müll	0,18	0,23	0,24	0,25

REFERENZWIRKUNGSGRAD WÄRME		Jahr			
		<=1995	2000	2005	>2005
Heißwasserkessel > 1 MW	feste Brennstoffe			0,85	
	flüssige Brennstoffe			0,90	
	gasförmige Brennstoffe			0,90	
Sattdampfkessel (alle Brennstoffe)				0,80	
Kleinfeuerungen				0,75	
Schwachgase (Gichtgas etc.)				0,80	
Müll / Biomasse				0,75	

ANHANG B: PRIMÄRENERGIETRÄGEREINSPARUNG PEE



ANHANG D: EINTEILUNG NACH ÖNACE KLASSEN

- Land- und Forstwirtschaft: ÖNACE Klassen A – B
- Produzierender Bereich die Klassen C-F:
 - Herstellung v. Nahrungs- u. Genussmitteln, Getränken, Tabakverarbeitung
 - Herstellung v. Textilien, Textilwaren und Bekleidung
 - Ledererzeugung u. -verarbeitung, Herstellung v. Schuhen
 - Be- u. Verarb. v. Holz (o. Herstellung v. Möbeln)
 - Herstellung und Verarbeitung v. Papier u. Pappe
 - Verlagswesen, Druckerei, Vervielfältigung v. bespielten Ton-, Bild- und Datenträgern
 - Mineralölverarbeitung, Kokerei; Herstellung u. Verarbeitung v. Spalt- u. Brutstoffen
 - Herstellung v. Chemikalien u. chem. Erzeugnissen
 - Herstellung v. Gummi- und Kunststoffwaren
 - Herstellung u. Bearbeitung v. Glas, Herstellung v. Waren aus Steinen und Erden
 - Erzeugung v. Roheisen, Stahl u. Ferrolegierungen u. Rohren, sonst. erste Bearbeitung v. Eisen und Stahl
 - Erzeugung u. erste Bearbeitung v. NE-Metallen
 - Gießereiindustrie
 - Herstellung von Metallerzeugnissen
 - Maschinenbau
 - Herstellung v. Büromaschinen, Datenverarb.-Geräten u. einrichtungen; Elektrotechnik, Feinmechanik u. Optik
 - Fahrzeugbau
 - Herstellg. v. Möbeln, Schmuck, Musikinstr., Sportgeräten, Spielwaren u. sonst. Erzeugnissen; Rückgewinnung
- Dienstleistungsbereich die Klassen G-O sowie zusätzlich auch die Klasse Q:
 - Elektrizitätsversorgung
 - Gasversorgung
 - Fernwärmeversorgung
 - Wasserversorgung
 - Bauwesen
 - Handel; Instandhaltung u. Reparatur v. Kraftfahrzeugen u. Gebrauchsgütern
 - Beherbergungs- und Gaststättenwesen
 - Eisenbahnen
 - Sonstiger Landverkehr
 - Transport in Rohrfernleitungen
 - Schifffahrt
 - Flugverkehr
 - Hilfs- u. Nebentätigkeiten f d. Verkehr; Reisebüros; Nachrichtenübermittlung
 - Kredit- und Versicherungswesen
 - Realitätenwesen, Vermietung beweglicher Sachen, Erbringung v. unternehmensbezog. Dienstleistungen
 - Öffentl. Verwaltung; Landesverteidigung, Sozialversicherung
 - Unterrichtswesen
 - Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen
 - Erbringung v. sonst. öffentl. u. persönlichen Dienstleistungen
 - Exterritoriale Organisationen und Körperschaften
- Private Haushalte (als Konsumenten) die Klasse P

ANHANG E: VERGLEICH KLASSIFIZIERUNG DER WIRTSCHAFTSBEREICHE NACH ÖNACE UND IEA

WB alt	WB aktuell	NACE Kategorien			Gruppen/ Klasse	NAME IEA Klassifikation (alle Fragebögen)	Name NACE konform
		IEA & EU konform	Abschnitt	Unterabschnitt			
1	O3	A,B		0		Agriculture	Land- u. Forstwirtschaft, Fischerei u. Fischzucht
2	E2			10,12		Coal Mines	Kohlenbergbau, Torfgewinnung, Uran- u. Thoriumerze
3	E1			11		Oil and Gas Extraction	Erdöl- und Erdgasbergbau
4	I7		CB	13,14		Mining and Quarrying	Erzbergbau, Gewinnung v. Steinen und Erden, sonstiger Bergbau
5	I8		DA	15,16		Food, Beverage and Tobacco	Herstellung v. Nahrungs- u. Genussmitteln, Getränken, Tabakverarbeitung
6	I12		DB	17,18		Textiles and Leather	Herstellung v. Textilien, Textilwaren und Bekleidung
7	I12		DC	19		Textiles and Leather	Ledererzeugung u. -verarbeitung, Herstellung v. Schuhen
8	I10		DD	20		Wood and Wood-products	Be- u. Verarb. v. Holz (o. Herstellung v. Möbeln)
9	I9			21		Pulp, Paper and Printing	Herstellung und Verarbeitung v. Papier u. Pappe
10	I9			22		Pulp, Paper and Printing	Verlagswesen, Druckerei, Vervielfältigung v. bespielten Ton-, Bild- und Datenträgern
11	E4				231, 233	Coke Ovens	Kokerei; Herstellung u. Verarbeitung v. Spalt- u. Brutstoffen
12	E3				232	Petroleum Refineries	Mineralölverarbeitung
13	I2		DG	24		Chemicals incl. Petrochemical	Herstellung v. Chemikalien u. chem. Erzeugnissen
14	I13		DH	25		Not Elsewhere Specified (Industry)	Herstellung v. Gummi- und Kunststoffwaren
15	I4		DI	26		Non-metallic Minerals	Herstellung u. Bearbeitung v. Glas, Herstellung v. Waren aus Steinen und Erden
16	I1				271, 272, 273, 2751, 2752	Iron and Steel	Erzeugung v. Roheisen, Stahl u. Ferrolegierungen u. Rohren, sonst. erste Bearbeitung v. Eisen und Stahl; Eisengießerei; Stahlgießerei
17	I3				274, 2753, 2754	Non-ferrous Metals	Erzeugung u. erste Bearbeitung v. NE - Metallen; Leichtmetallgießerei; Schwermetallgießerei
18	I6			28		Machinery	Herstellung von Metallerzeugnissen
19	I6		DK	29		Machinery	Maschinenbau
20	I6			30,31, 32		Machinery	Herstellung v. Büromaschinen, Datenverarb. Geräten u. -einrichtungen; Elektrotechnik
21	I13			33		Not Elsewhere Specified (Industry)	Medizin-, Mess-, Steuer- u. Regelungstechnik; Optik
22	I5		DM	34,35		Transport Equipment	Fahrzeugbau
23	I13		DN	36,37		Not Elsewhere Specified (Industry)	Herstellg. v. Möbeln, Schmuck, Musikinstr., Sportgeräten, Spielwaren

							u. sonst. Erzeugnissen; Rückgewinnung
24	E5				401	Public Plants, Power Plants	Elektrizitätsversorgung
25	E6				402	Gas Works	Gasversorgung
26	E7				403	Public Plants, Power Plants	Fernwärmeversorgung
27	O1			41		Commercial and Public Services	Wasserversorgung
28	I11	F	=FA	45		Construction	Bauwesen
29	O1	G	=G A	50,51, 52		Commercial and Public Services	Handel; Instandhaltung u. Reparatur v. Kraftfahrzeugen u. Gebrauchsgütern
30	O1	H	=HA	55		Commercial and Public Services	Beherbergungs- und Gaststättenwesen
31	T1				601	Rail	Eisenbahnen
32	T2				602	Road traffic + Non specified (traffic)	Sonstiger Landverkehr
33	T3				603	Pipeline Transport	Transport in Rohrfernleitungen
34	T4			61		Inland Waterways	Schifffahrt
35	T5			62		International Aviation + Domestic Air Transport	Flugverkehr
36	O1			63,64		Commercial and Public Services	Hilfs- u. Nebentätigkeiten f. d. Verkehr; Reisebüros; Nachrichtenübermittlung
37	O1	J	=JA	65,66, 67		Commercial and Public Services	Kredit- und Versicherungswesen
38	O1	K	=KA	70,71,72,73, 74		Commercial and Public Services	Realitätenwesen, Vermietung beweglicher Sachen, Erbringung v. unternehmensbezog. Dienstleistungen
39	O1	L	=LA	75		Commercial and Public Services	Öffentl. Verwaltung; Landesverteidigung, Sozialversicherung
40	O1	M	=M A	80		Commercial and Public Services	Unterrichtswesen
41	O1	N	=NA	85		Commercial and Public Services	Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen
42	O1	O	=O A	90,91,92, 93		Commercial and Public Services	Erbringung v. sonst. öffentl. u. persönlichen Dienstleistungen
43	O1	(P)	(=P A)	95		Residential	Haushaltung
43	O2					Residential	Private Haushalte (als Konsumenten)
44	O1	Q	=Q A	99		Commercial and Public Services	Exterritoriale Organisationen und Körperschaften

O Other Sectors
E Energy Industries
I Industries
T Transport

ANHANG F: BERECHNUNG DES ANTEILS ‚KOCHEN‘ UND ‚WARMWASSER‘ FÜR PRIVATE HAUSHALTE

Aus der Nutzenergieart Industrieöfen für private Haushalte wurde der Anteil Warmwasser ermittelt und der Nutzenergieart ‚Raumwärme, Klima, Warmwasser‘ zugeordnet. Diese Spalte zeigt die berechneten Energiemengen.

Private Haushalte	Industrieöfen Haushalte	Anteil Kochen	Anteil Warmwasser	Raumheizung, Klima, Warmwasser
	MWh	MWh	MWh	MWh
Steinkohle	22.223	0	22.223	266.483
Braunkohle	4.560	0	4.560	47.197
Braunkohlenbriketts	16.593	0	16.593	172.242
Koks	69.095	0	69.095	828.306
Brenntorf	63	0	63	572
Benzin	0	0	0	0
Leucht- und Flugpetroleum	0	0	0	0
Gasöl (Diesel)	0	0	0	0
Gasöl für Heizzwecke	1.157.175	0	1.157.175	14.933.446
Heizöl	129.124	0	129.124	1.304.647
Flüssiggas	35.964	0	35.964	460.424
Sonst. Produkte der Erdölverarb.	0	0	0	0
Naturgas	3.161.475	474.221	2.687.254	12.072.882
Gichtgas	0	0	0	0
Kokereigas	0	0	0	0
Brennbare Abfälle	0	0	0	0
Brennholz	1.276.305	255.261	1.021.044	10.866.356
Biogene Brenn- und Treibstoffe	76.241	0	76.241	666.356
Umgebungswärme etc.	522.202	0	522.202	922.735
Fernwärme	892.267	0	892.267	5.444.777
Wasserkraft	0	0	0	0
Elektrische Energie	2.034.540	1.627.632	406.908	2.502.865
Insgesamt	9.397.827	2.357.114	7.040.713	50.489.287

ANHANG G: VERTEILUNG DER BRANCHEN AUF KLASSEN**VERTEILUNG NACH BETRIEBE UND LANDWIRTSCHAFTLICHER NUTZFLÄCHE**

Branche	Klasse: Beschäftigte pro Unternehmen		Anzahl (der Unternehmen pro Klasse)	Nutzfläche (ha)
	min	max		
Land- u. Forstwirtschaft, Fischerei u. Fischzucht			217.508	7.518.615
	0	5	54.947	137.368
	5	10	40.538	304.035
	10	20	45.704	685.560
	20	50	56.100	1.963.500
	50	100	13.032	977.400
	100	200	3.916	587.400
	200	mehr	3.271	2.863.352

VERTEILUNG NACH UNTERNEHMEN UND BESCHÄFTIGTEN

Branche	Klasse: Beschäftigte pro Unternehmen		Anzahl (der Unternehmen pro Klasse)	Beschäftigte pro Klasse
	min	max		
Kohlenbergbau, Torfgewinnung, Uran- u. Thoriumerze			11	236
	1	9	7	22
	10	19	2	29
	20	49	1	35
	50	249	1	150
	250	mehr	0	
Erdöl- und Erdgasbergbau			6	340
	1	9	4	20
	10	19	0	
	20	49	1	35
	50	249	0	
	250	mehr	1	285
Erzbergbau, Gewinnung v. Steinen und Erden, sonstiger Bergbau			329	4.989
	1	9	215	707
	10	19	45	618
	20	49	48	1.466
	50	249	20	1.865
	250	mehr	1	333
Herstellung v. Nahrungs- u. Genussmitteln, Getränken, Tabakverarbeitung			4.366	78.713
	1	9	2.771	12.471
	10	19	925	12.133
	20	49	426	12.799
	50	249	212	23.326
	250	mehr	32	17.984
Herstellung v. Textilien, Textilwaren und Bekleidung			1.928	30.349
	1	9	1.573	3.914
	10	19	133	1.841
	20	49	126	3.760
	50	249	73	8.054
	250	mehr	23	12.780

Branche	Klasse: Beschäftigte pro Unternehmen		Anzahl (der Unternehmen pro Klasse)	Beschäftigte pro Klasse
	min	max		
Ledererzeugung u. -verarbeitung, Herstellung v. Schuhen			224	6.438
	1	9	177	452
	10	19	17	237
	20	49	12	362
	50	249	12	1.296
	250	mehr	6	4.091
Be- u. Verarb. v. Holz (o. Herstellung v. Möbeln)			3.320	37.995
	1	9	2.673	8.325
	10	19	345	4.601
	20	49	185	5.624
	50	249	100	10.755
	250	mehr	17	8.690
Herstellung und Verarbeitung v. Papier u. Pappe			158	17.726
	1	9	58	190
	10	19	17	249
	20	49	17	546
	50	249	44	4.945
	250	mehr	22	11.796
Verlagswesen, Druckerei, Vervielfältigung v. bespielten Ton-, Bild- und Datenträgern			1.914	27.935
	1	9	1.395	4.021
	10	19	249	3.382
	20	49	168	4.980
	50	249	88	8.460
	250	mehr	14	7.092
Mineralölverarbeitung, Kokerei; Herstellung u. Verarbeitung v. Spalt- u. Brutstoffen			33	2.820
	1	9	13	51
	10	19	5	73
	20	49	7	242
	50	199	4	375
	200	999	4	2.079
Herstellung v. Chemikalien u. chem. Erzeugnissen			412	25.999
	1	9	223	723
	10	19	60	862
	20	49	46	1.303
	50	249	59	6.833
	250	mehr	24	16.278
Herstellung v. Gummi- und Kunststoffwaren			611	29.217
	1	9	303	983
	10	19	87	1.211
	20	49	101	3.243
	50	249	93	10.219
	250	mehr	27	13.561

Branche	Klasse: Beschäftigte pro Unternehmen		Anzahl (der Unternehmen pro Klasse)	Beschäftigte pro Klasse
	min	max		
Herstellung u. Bearbeitung v. Glas, Herstellung v. Waren aus Steinen und Erden			1.365	36.135
	1	9	971	3.053
	10	19	153	2.068
	20	49	116	3.514
	50	249	102	11.661
	250	mehr	23	15.839
Erzeugung v. Roheisen, Stahl u. Ferrolegierungen u. Rohren, sonst. erste Bearbeitung v. Eisen und Stahl			51	19.694
	1	9	15	75
	10	19	3	44
	20	49	2	69
	50	249	14	1.859
	250	mehr	17	17.647
Erzeugung u. erste Bearbeitung v. NE-Metallen			50	6.459
	1	9	16	55
	10	19	9	132
	20	49	6	208
	50	249	9	1.128
	250	mehr	10	4.936
Gießereiindustrie			60	5.989
	1	9	22	71
	10	19	1	15
	20	49	10	309
	50	249	18	2.040
	250	mehr	9	3.554
Herstellung von Metallerzeugnissen			3.698	67.991
	1	9	2.521	8.192
	10	19	542	7.390
	20	49	380	11.797
	50	249	219	22.530
	250	mehr	36	18.082
Maschinenbau			2.124	79.733
	1	9	1.296	4.186
	10	19	297	4.050
	20	49	230	7.306
	50	249	223	24.832
	250	mehr	78	39.359
Herstellung v. Büromaschinen, Datenverarb.-Geräten u. einrichtungen; Elektrotechnik, Feinmechanik u. Optik			2.068	72.799
	1	9	1.464	5.007
	10	19	284	3.727
	20	49	131	4.151
	50	249	138	16.972
	250	mehr	51	42.942

Branche	Klasse: Beschäftigte pro Unternehmen		Anzahl (der Unternehmen pro Klasse)	Beschäftigte pro Klasse
	min	max		
Fahrzeugbau			333	34.684
	1	9	180	632
	10	19	45	607
	20	49	46	1.492
	50	249	36	4.222
	250	mehr	26	27.731
Herstellg. v. Möbeln, Schmuck, Musikinstr., Sportgeräten, Spielwaren u. sonst. Erzeugnissen; Rückgewinnung			4.881	49.726
	1	9	3.919	12.947
	10	19	571	7.412
	20	49	279	8.182
	50	249	88	10.508
	250	mehr	24	10.677
Elektrizitätsversorgung			300	25.493
	1	9	210	450
	10	19	27	392
	20	49	19	575
	50	249	27	2.578
	250	mehr	17	21.498
Gasversorgung			19	2.595
	1	9	7	13
	10	19	2	29
	20	49	2	69
	50	249	6	976
	250	mehr	2	1.508
Fernwärmeversorgung			259	1.979
	1	9	251	392
	10	19	0	0
	20	49	3	104
	50	249	4	598
	250	mehr	1	885
Wasserversorgung			129	2.502
	1	9	92	280
	10	19	21	273
	20	49	10	278
	50	249	4	598
	250	mehr	2	1.073
Bauwesen			21.520	250.043
	1	9	15.735	54.563
	10	19	3.311	44.411
	20	49	1.787	52.546
	50	249	629	56.798
	250	mehr	58	41.725
Handel; Instandhaltung u. Reparatur v. Kraftfahrzeugen u. Gebrauchsgütern			75.350	589.731
	1	9	66.435	172.531
	10	19	5.384	70.879
	20	49	2.401	70.716
	50	249	948	93.978
	250	mehr	182	181.627

Branche	Klasse: Beschäftigte pro Unternehmen		Anzahl (der Unternehmen pro Klasse)	Beschäftigte pro Klasse
	min	max		
Beherbergungs- und Gaststättenwesen			43.101	216.706
	1	9	39.015	113.738
	10	19	2.708	35.518
	20	49	1.045	29.992
	50	249	310	26.984
	250	mehr	23	10.474
Hilfs- u. Nebentätigkeiten f.d. Verkehr; Reisebüros; Nachrichtenübermittlung			3.123	95.149
	1	9	2.524	6.408
	10	19	285	4.177
	20	49	171	5.127
	50	249	114	13.302
	250	mehr	29	66.135
Kredit- und Versicherungswesen			6.283	117.495
	1	9	5.448	10.197
	10	19	240	3.234
	20	49	300	9.575
	50	249	232	21.042
	250	mehr	63	73.447
Realitätenwesen, Vermietung beweglicher Sachen, Erbringung v. unternehmensbezog. Dienstleistungen			64.265	333.454
	1	9	59.221	122.159
	10	19	2.933	38.694
	20	49	1.377	40.701
	50	249	608	59.537
	250	mehr	126	72.363

VERTEILUNG NACH UNTERNEHMEN UND ARBEITSSTÄTTEN

Branche	Klasse: Beschäftigte pro Unternehmen		Anzahl (der Unternehmen pro Klasse)	Arbeitsstätten
	min	max		
Öffentl. Verwaltung; Landesverteidigung, Sozialversicherung			7.204	208.808
	0	9	3.698	17.244
	10	19	1.510	19.706
	20	49	1.146	35.583
	50	99	423	28.362
	100	199	260	34.983
	200	499	129	40.577
	500	999	31	20.911
	1000	mehr	7	11.442

Branche	Klasse: Beschäftigte pro Unternehmen		Anzahl (der Unternehmen pro Klasse)	Arbeitsstätten
	min	max		
Unterrichtswesen			14.980	223.624
	0	9	9.123	33.058
	10	19	2.578	33.643
	20	49	2.517	78.153
	50	99	590	39.560
	100	199	130	17.492
	200	499	33	10.380
	500	999	7	4.722
	1000	mehr	2	6.616
Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen			27.531	283.627
	0	9	24.835	54.997
	10	19	1.173	17.009
	20	49	863	29.774
	50	99	358	26.671
	100	199	127	18.987
	200	499	107	37.397
	500	999	40	29.980
	1000	mehr	28	68.812
Erbringung v. sonst. öffentl. u. persönlichen Dienstleistungen			32.438	159.292
	1	9	30.234	58.102
	10	19	1.225	17.763
	20	49	615	21.218
	50	99	210	15.645
	100	199	95	14.203
	200	499	50	17.475
	500	999	6	4.497
	1000	mehr	3	10.389

VERTEILUNG NACH ANZAHL DER GEBÄUDE UND WOHNUNGEN

Branche	Klasse: Wohnung pro Gebäude		Anzahl der Gebäude	Anzahl der Wohnungen
	min	max		
Private Haushalte (als Konsumenten)			1.764.455	3.757.409
	1	2	1.557.420	1.829.705
	3	5	70.828	257.104
	6	10	71.463	518.820
	11	20	47.251	653.713
	21	mehr	17.493	498.067