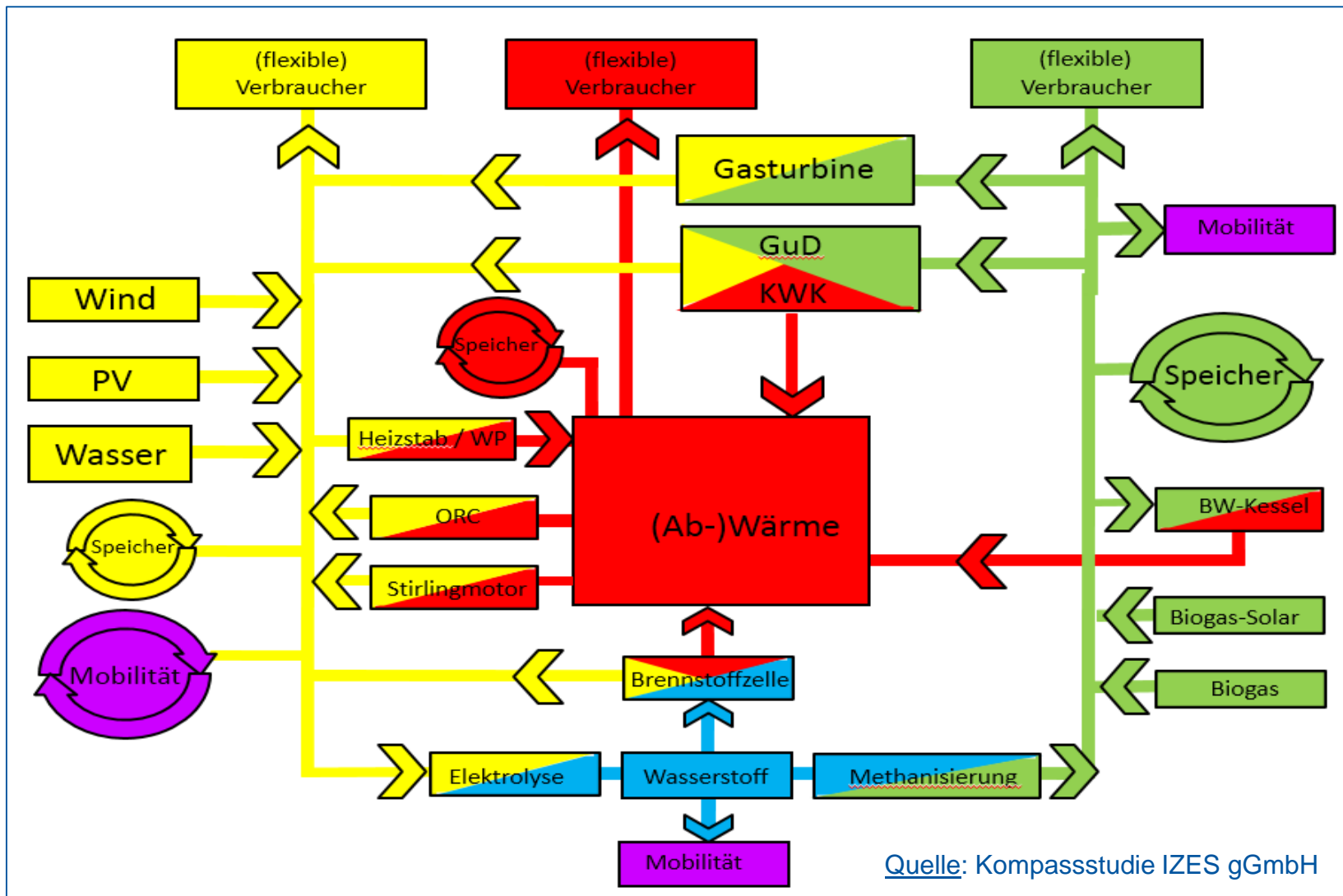


# ***Impulsvortrag: Grundlagen der Abwärmenutzung***

***Berlin, den 04. März 2015***

***Guillem Tänzer ([taenzer@izes.de](mailto:taenzer@izes.de))***

*„Am Anfang war das Feuer“*



## Einführung in die (Ab)Wärme

Abwärmetechnologien

Theoretisches Abwärmepotential national

Ergebnisse aus Studien

Wirtschaftlichkeitsrechnung einer ORC-Anlage

Blick auf das KWKG, Hemmnisse

## Was ist Wärme?

*„Als Wärme wird die Energie bezeichnet, die zwischen Systemen verschiedener Temperatur durch eine diatherme Wand übertragen wird.“*

(Langeheinecke, Jany, Sapper, & Thieleke, 2004, S. 69)

„diatherm“ = wärmedurchlässig

Wärmeleitung: Unter der Wärmeleitung wird die Übertragung von Wärme in einem Feststoff, einer Flüssigkeit oder einem Gas über eine Temperaturdifferenz verstanden.

Wärmestrahlung: Bei dieser Übertragungsart wird Wärme durch elektromagnetische Strahlung übertragen.

Wärmekonvektion: Wärmekonvektion erfolgt anhand eines strömenden Zwischenmediums, sodass die Wärme durch eine bewegte Masse auf ein anderes Medium übertragen wird.

Weiterhin unterscheidet man zwischen...

Gefasste Abwärmeströme sind an Medienströme gebunden. Hierzu gehören vor allem Abluft- und Abgasströme, Kühlflüssigkeiten sowie der Wärmeinhalt des aus einem Prozess austretenden Gutes.

*Eine Abwärmennutzung ist hier in den meisten Fällen technisch möglich.*

Diffuse Abwärme entsteht großflächig vorwiegend durch Strahlung und Konvektion wie bspw. Oberflächenverluste von Anlagen oder Transmissionsverluste von beheizten Gebäuden.

*Die technische Nutzbarkeit der Abwärme ist hier als Herausforderung zu sehen (Wärmetauscher?)!*

Einführung in die (Ab)Wärme

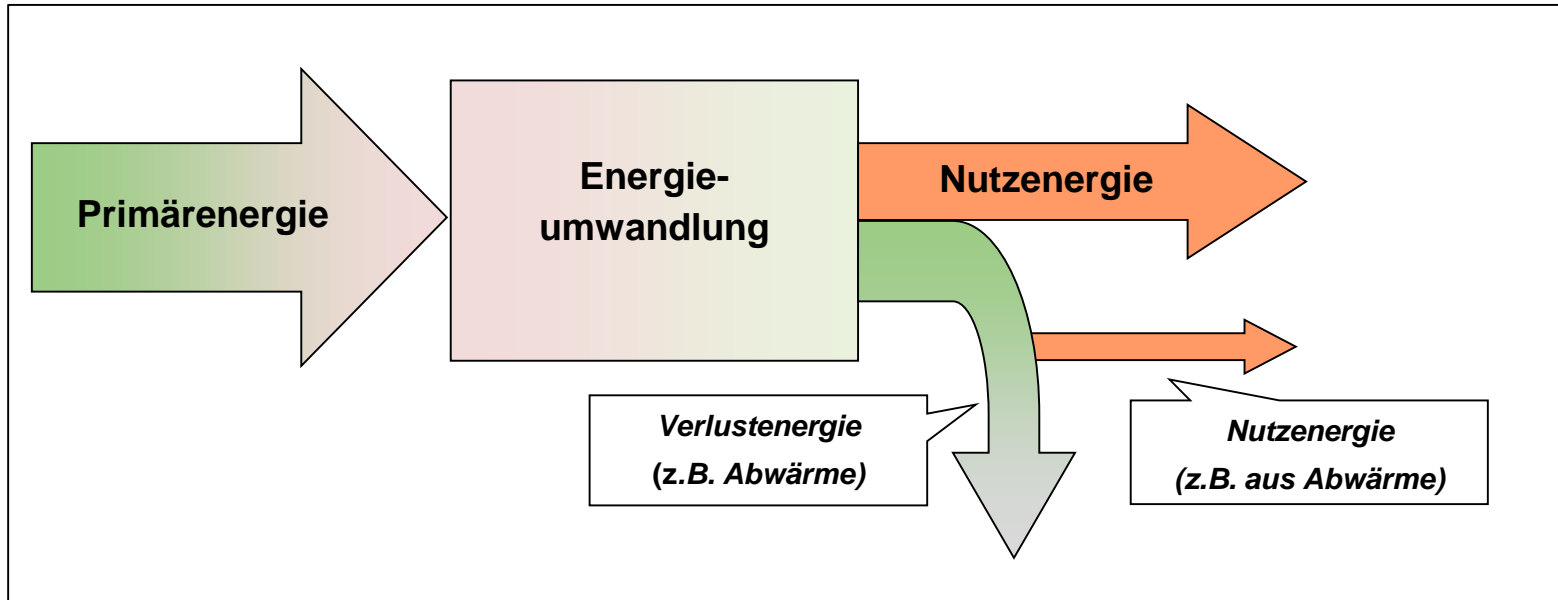
## **Abwärmetechnologien**

Theoretisches Abwärmepotential national

Ergebnisse aus Studien

Wirtschaftlichkeitsrechnung einer ORC-Anlage

Blick auf das KWKG, Hemmnisse



Grafik: IZES gGmbH

Generell unterscheidet man zwischen der...

- Verstromung von Abwärme bei hohem Exergiegehalt / Temperaturniveau ( $> 250^{\circ}\text{C}$ )
- Nutzung der Abwärme in Wärmesenken ( $< 100^{\circ}\text{C}$ )

## Übersicht:

	Temperaturbereiche		
	Hochtemperaturbereich	Mitteltemperaturbereich	Niedertemperaturbereich
Temperatur	> 350°C	> 80°C ≤ 350°C	≤ 80°C
Bsp. für Anwendungen	Dampfturbine	ORC (Organic Rankine Process)	Wärmepumpen zur Abwärmennutzung
	Stirlingmotoren	Absorptionskälteanlage	Adsorptionskälteanlage
		Kondithermverfahren	Heizungs- und Brauchwassernutzung
		Fernwärme- und Nahwärmenetze	Vorwärmung, Rücklauf Temperaturerhöhung
	Thermoelektrische Systeme		
	Wärmespeichersysteme		

Tabelle: IZES gGmbH

**Anmerkung:** Neues spannendes Forschungsgebiet mit viel Potential ist bei der Thermoelektrik zu sehen!



Nicht zu vergessen...



Einführung in die (Ab)Wärme

Abwärmetechnologien

**Theoretisches Abwärmepotential national**

Ergebnisse aus Studien

Wirtschaftlichkeitsrechnung einer ORC-Anlage

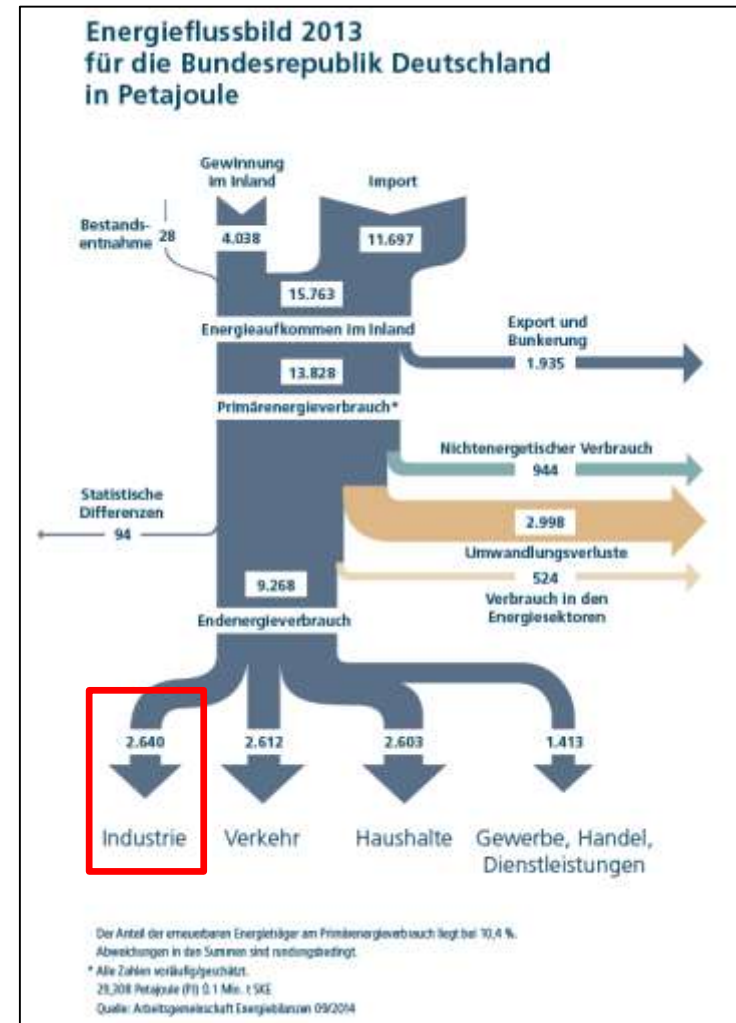
Blick auf das KWKG, Hemmnisse

## Berechnung von Potentialen für das verarbeitende Gewerbe

Für die Bestimmung wurden Primärenergiedaten von Seiten des statistischen Bundesamtes aus dem Jahr 2008 für das gesamte nationale verarbeitende Gewerbe herangezogen. In diesen Daten werden übergeordnete Branchen nach der Klassifikation der Wirtschaftszweige von 2008 (2-Stellen) dargestellt.

- Mit Hilfe von Primärenergiefaktoren wurden die Endenergieverbräuche für die unterschiedlichen Energieträger pro Branche ermittelt.
- Der gemittelte Anteil an Prozesswärme am Endenergieanteil wurde auf 66,8 % festgelegt
- Der theoretisch nutzbare Anteil an Abwärme von der Prozesswärme beträgt 60 %
- Bei einer reinen Wärmenutzung können 90 % der Abwärme genutzt werden

Bei einer Verwertung der Abwärme zur max. Stromherstellung (Dampfturbine, Stirlingmotor, ORC) werden gemittelt 15 % Wirkungsgrad angenommen



Quelle: AG der Energiebilanzen

WZ Schlüssel	Bezeichnung (Verarbeitendes Gewerbe)	Betriebe	(End-) Energieverbrauch insgesamt (Kohle, Heizöl, Erdgas, Strom)	Anteil in %	(End-) Energieverbrauch pro Betrieb	Mögliche th. Wärmenutzung	Mögliche th. Stromnutzung
		Anzahl	GJ	%	GJ/Betrieb	W <sub>th</sub> GWh	W <sub>el</sub> GWh
WZ08-24	Metallerzeugung und -bearbeitung	1.096	640.415.633	28,45%	584.321	64.170	10.695
WZ08-20	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	1.559	505.618.167	22,46%	324.322	50.663	8.444
WZ08-23	H.v.Glas,-waren,Keramik,Verarb. v.Steinen u.Erden	3.236	198.700.598	8,83%	61.403	19.910	3.318
WZ08-17	Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus	974	162.223.465	7,21%	166.554	16.255	2.709
WZ08-05	Kohlenbergbau	42	143.702.389	6,38%	3.421.485	14.399	2.400
WZ08-10	Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln	5.175	136.350.314	6,06%	26.348	13.662	2.277
WZ08-19	Kokerei und Mineralölverarbeitung	66	64.628.778	2,87%	979.224	6.476	1.079
WZ08-29	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	1.369	62.190.444	2,76%	45.428	6.231	1.039
WZ08-25	Herstellung von Metallerzeugnissen	7.109	58.639.877	2,60%	8.249	5.876	979
WZ08-28	Maschinenbau	6.027	51.900.238	2,31%	8.611	5.200	867
WZ08-22	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	3.144	46.621.008	2,07%	14.829	4.671	779
<b>Summe</b>		<b>29.797</b>	<b>2.070.990.910</b>	<b>92%</b>	<b>69.503</b>	<b>207.513</b>	<b>34.586</b>
<b>Gesamt</b>		<b>45.192</b>	<b>2.251.314.631</b>	<b>100%</b>	<b>49.817</b>	<b>225.582</b>	<b>37.597</b>
<b>Prozentualer Anteil</b>		<b>65,9%</b>	<b>92,0%</b>	(Durchschnitt)			

Tabelle: Top 11 Branchen des verarb. Gewerbes sortiert nach dem Endenergieverbrauch (2008), IZES gGmbH (Datenquelle: Stat. Bundesamt)

WZ Schlüssel	Bezeichnung (Verarbeitendes Gewerbe)	Betriebe	(End-) Energieverbrauch insgesamt (Kohle, Heizöl, Erdgas, Strom)	Anteil in %	(End-) Energieverbrauch pro Betrieb	Mögliche th. Wärmenutzung	Mögliche th. Stromnutzung
		Anzahl	GJ	%	GJ/Betrieb	W <sub>th</sub> GWh	W <sub>el</sub> GWh
WZ08-05	Kohlenbergbau	42	143.702.389	6,38%	3.421.485	14.399	2.400
WZ08-19	Kokerei und Mineralölverarbeitung	66	64.628.778	2,87%	979.224	6.476	1.079
WZ08-24	Metallerzeugung und -bearbeitung	1.096	640.415.633	28,45%	584.321	64.170	10.695
WZ08-20	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	1.559	505.618.167	22,46%	324.322	50.663	8.444
WZ08-06	Gewinnung von Erdöl und Erdgas	29	9.099.438	0,40%	313.774	912	152
WZ08-17	Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus	974	162.223.465	7,21%	166.554	16.255	2.709
WZ08-23	H.v.Glas,-waren,Keramik,Verarb. v.Steinen u.Erden	3.236	198.700.598	8,83%	61.403	19.910	3.318
WZ08-12	Tabakverarbeitung	27	1.558.065	0,07%	57.706	156	26
WZ08-29	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	1.369	62.190.444	2,76%	45.428	6.231	1.039
WZ08-21	Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	305	11.767.102	0,52%	38.581	1.179	197
WZ08-11	Getränkherstellung	621	21.051.605	0,94%	33.900	2.109	352
<b>Summe</b>		<b>9.324</b>	<b>1.820.955.683</b>	<b>81%</b>	<b>195.298</b>	<b>182.460</b>	<b>30.410</b>
<b>Gesamt</b>		<b>45.192</b>	<b>2.251.314.631</b>	<b>100%</b>	<b>49.817</b>	<b>225.582</b>	<b>37.597</b>
<b>Prozentualer Anteil</b>		<b>20,6%</b>	<b>80,9%</b>	(Durchschnitt)			

Tabelle: Top 11 Branchen des verarb. Gewerbes sortiert nach dem spez. Endenergieverbrauch pro Betrieb (2008), IZES gGmbH (Datenquelle: Stat. Bundesamt)

WZ Schlüssel	Bezeichnung (Verarbeitendes Gewerbe)	Betriebe	(End-) Energieverbrauch insgesamt (Kohle, Heizöl, Erdgas, Strom)	Anteil in %	(End-) Energieverbrauch pro Betrieb	Mögliche th. Wärmenutzung $W_{th}$	Mögliche th. Stromnutzung $W_{el}$
		Anzahl	GJ	%	GJ/Betrieb	GWh	GWh
WZ08-24	Metallerzeugung und -bearbeitung	1.096	640.415.633	28,45%	584.321	64.170	10.695
WZ08-20	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	1.559	505.618.167	22,46%	324.322	50.663	8.444
WZ08-23	H.v.Glas,-waren,Keramik,Verarb. v.Steinen u.Erden	3.236	198.700.598	8,83%	61.403	19.910	3.318
WZ08-17	Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus	974	162.223.465	7,21%	166.554	16.255	2.709
WZ08-05	Kohlenbergbau	42	143.702.389	6,38%	3.421.485	14.399	2.400
WZ08-10	Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln	5.175	136.350.314	6,06%	26.348	13.662	2.277
WZ08-19	Kokerei und Mineralölverarbeitung	66	64.628.778	2,87%	979.224	6.476	1.079
WZ08-29	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	1.369	62.190.444	2,76%	45.428	6.231	1.039
WZ08-25	Herstellung von Metallerzeugnissen	7.109	58.639.877	2,60%	8.249	5.876	979
WZ08-28	Maschinenbau	6.027	51.900.238	2,31%	8.611	5.200	867
WZ08-22	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	3.144	46.621.008	2,07%	14.829	4.671	779
WZ08-11	Getränkeherstellung	621	21.051.605	0,94%	33.900	2.109	352
WZ08-27	Herstellung von elektrischen Ausrüstungen	2.210	19.561.097	0,87%	8.851	1.960	327
WZ08-26	H.v. DV-Geräten, elektron. u. opt. Erzeugnissen	1.780	18.876.910	0,84%	10.605	1.891	315
WZ08-08	Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau	1.053	18.577.628	0,83%	17.643	1.861	310
WZ08-16	H.v. Holz-, Flecht-, Korb-u.Korkwaren (ohne Möbel)	1.270	16.053.613	0,71%	12.641	1.609	268
WZ08-13	Herstellung von Textilien	794	15.523.495	0,69%	19.551	1.555	259
WZ08-18	H.v. Druckerz., Vervielf.v.Ton-,Bild-,Datenträgern	1.643	13.442.415	0,60%	8.182	1.347	224
WZ08-21	Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	305	11.767.102	0,52%	38.581	1.179	197
WZ08-32	Herstellung von sonstigen Waren	1.577	11.041.675	0,49%	7.002	1.106	184
WZ08-31	Herstellung von Möbeln	1.056	10.812.192	0,48%	10.239	1.083	181
WZ08-06	Gewinnung von Erdöl und Erdgas	29	9.099.438	0,40%	313.774	912	152
WZ08-30	Sonstiger Fahrzeugbau	290	6.423.739	0,29%	22.151	644	107
WZ08-33	Reparatur u.Installation von Masch.u.Ausrüstungen	2.178	4.139.334	0,18%	1.901	415	69
WZ08-12	Tabakverarbeitung	27	1.558.065	0,07%	57.706	156	26
WZ08-14	Herstellung von Bekleidung	381	1.424.174	0,06%	3.738	143	24
WZ08-15	Herstellung von Leder, Lederwaren und Schuhen	168	906.286	0,04%	5.395	91	15
WZ08-09	Dienstleistungen f.d.Bergbau u.Gewinnung v.Steinen	13	64.953	0,00%	4.996	7	1
<b>Summe</b>		<b>45.192</b>	<b>2.251.314.631</b>	<b>1 €</b>	<b>49.817</b>	<b>225.582</b>	<b>37.597</b>

(Durchschnitt)

Tabelle: Darstellung des verarb. Gewerbes (WZ 2008 ; 2-Stellen) sortiert nach Endenergieverbrauch und den möglichen theoretischen Potentialen für eine Abwärmenutzung, IZES gGmbH (Datenquelle: Stat. Bundesamt)

## Ergebnis:

**225 TWh/a theoretisch nutzbare (Ab)Wärme ; ~ 60 Mio. tCO<sub>2</sub>/a**  
(mit 270 g/kWh CO<sub>2</sub> für den Wärmemix)

**37 TWh/a theoretisch nutzbarer Strom aus Abwärme ; ~ 22 Mio. tCO<sub>2</sub>/a**  
(mit 601 g/kWh CO<sub>2</sub> für den Strommix)

Einführung in die (Ab)Wärme

Abwärmetechnologien

Theoretisches Abwärmepotential national

**Ergebnisse aus Studien**

Wirtschaftlichkeitsrechnung einer ORC-Anlage

Blick auf das KWKG, Hemmnisse

## *National*

- Die Nutzung industrieller Abwärme – technisch-wirtschaftliche Potenziale und energiepolitische Umsetzung (ifeu et al. 2010)
- Industrielle Abwärmenutzung. Kurzstudie (Fraunhofer ISI, 2013)
- Technologien der Abwärmenutzung (Sächsische Energieagentur GmbH)

## *International*

- US Department of Energy: Energy, Loss and Opportunities Analysis (US Manufacturing and Mining, 2004)
- Recycling Industrial Waste Energy (Center on Globalization, 2009)
- EU PAPER: ORC WASTE HEAT RECOVERY IN EUROPEAN ENERGY INTENSIVE INDUSTRIES (H-REII, 2013)
- The potential for recovering and using surplus heat from industry (ecofys et al., 2014)
- Analyse für das Vereinigte Königreich (McKenna et al. 2010)
- Gegenüberstellung von Möglichkeiten zur Verstromung von industrieller Abwärme und ihrer Einspeisung in Wärmenetze für den Bezirk Gävleborg in Schweden (Broberg Viklund et al. 2014)
- Overview of waste heat in the industry in France (Berthou et al. 2012)
- Einsatz von Wärmepumpen zur Abwärmenutzung in der französischen Industrie (Dupont et al. 2009)
- Abwärme in der Nahrungs- und Getränkeindustrie in Frankreich (Hita et al. 2011)
- Nutzung thermophotovoltaischer Systeme im türkischen Industriesektor (Utlü et al. 2013)
- Einsatz von ORC-Prozessen in energieintensiven Industrien in Italien (Campana et al. 2013)

### Auszüge:

McKenna & Norman (2012): Energieintensive **Sektoren Eisen & Stahl** haben in der Britischen Industrie etwa 50 % des gesamten Abwärmeaufkommens. Das Abwärmepotential liegt bei ca. **18-40 TWh**.

U.S. Department of Energy (2004): Wichtige Abwärmepotentiale (USA) in den **Sektoren Chemie, Zement und Glas**, ca. **36 %** der in der **Chemiebranche** eingesetzten Endenergie kann als Verlustenergie verzeichnet werden.

HREII DEMO Observatory (2013): Europaweites Potential integrierter von Wärme aus **Abgasreinigungssysteme von Lichtbogenöfen** mit ca. **13-20 TWh/a**.

Broberg Viklund & Karlsson (2014): Betonung, dass unter den gegebenen (ökologischen und ökonomischen) Rahmenbedingungen von Vorteil ist, die Abwärme **Fernwärme- und Fernkältenetzen** zuzuführen, als sie durch ORC-Prozesse zu verstromen.

Hita et al. (2011): Die franz. **Lebensmittelindustrie** hat im Temperaturbereich zwischen 60 und 140 °C ein technisches Abwärmepotential von **15 %** am gesamten Endenergieverbrauch der französischen Lebensmittelindustrie.

Das verarbeitende Gewerbe ist von heterogenen Produktionsprozessen geprägt. Eine valide Bestimmung technischer Abwärmepotentiale ist aktuell kaum umsetzbar.



### Kernaussage zu den Studien:

*„Die Studienanalyse zeigt, dass in den unterschiedlichen Ländern ähnliche Herausforderungen bestehen. Aufgrund fehlender Datengrundlagen sind Abwärmepotentiale häufig nur theoretisch über die Endenergieverbräuche abzuschätzen.“*

**Es fehlt national und international eine valide Datengrundlagen!**

Des Weiteren muss man drei Unterscheidungen machen:

- Theoretische Potentiale
- Technische Potentiale (komplex!)
- Ökonomische Potentiale

Generelle Empfehlung: Fokussierung auf energieintensive Branchen/Unterbranchen/Sparten

Einführung in die (Ab)Wärme

Abwärmetechnologien

Theoretisches Abwärmepotential national

Ergebnisse aus Studien

**Wirtschaftlichkeitsrechnung einer ORC-Anlage**

Blick auf das KWKG, Hemmnisse

Im Rahmen des KWKG (§2 Anwendungsbereich, §3 Begriffsbestimmungen) kann Abwärme mittels ORC-Anlagen verstromt werden.

Folgende Zuschlagssätze gelten:

Größenklasse	Vergütung	Alternativvergütung
*Vbh = Vollbenutzungsstunden		
<b>bis 2 kWel.</b>		
fabrikneue Anlagen	5,41 Cent/kWh für 10 Jahre	Pauschalbetrag für 30.000 Vbh
<b>zwischen 2-50 kWel</b>		
fabrikneue Anlagen	5,41 Cent/kWh für 10 Jahre	30.000 Vbh ab Erstaufnahme Dauerbetrieb
modernisierte Anlagen mit 25 % Neukosten	5,41 Cent/kWh für 5 Jahre	15.000 Vbh ab Wiederaufnahme Dauerbetrieb
modernisierte Anlagen mit 50 % Neukosten	5,41 Cent/kWh für 10 Jahre	30.000 Vbh ab Wiederaufnahme Dauerbetrieb
<b>über 50 - 2 MWel</b>		
fabrikneue Anlagen od. modernisierte Anlagen mit 50 % Neukosten	5,41 Cent/kWh bis 50 kW ; 4 Cent/kWh über 50 bis 250 kW ; 2,4 Cent/kWh über 250 kW bis 2 MW für 30.000 Vbh ab Erstaufnahme/Wiederaufnahme Dauerbetrieb	
modernisierte Anlagen mit 25 % Neukosten	5,41 Cent/kWh bis 50 kW ; 4 Cent/kWh über 50 bis 250 kW ; 2,4 Cent/kWh über 250 kW bis 2 MW für 15.000 Vbh ab	
<b>über 2 MWel</b>		
fabrikneue Anlagen od. modernisierte Anlagen mit 50 % Neukosten	5,41 Cent/kWh bis 50 kW ; 4 Cent/kWh über 50 bis 250 kW ; 2,4 Cent/kWh über 250 kW bis 2 MW ; 1,8 Cent/kWh über 2 MW für 30.000 Vbh ab Erstaufnahme/Wiederaufnahme Dauerbetrieb	
modernisierte Anlagen mit 25 % Neukosten	5,41 Cent/kWh bis 50 kW ; 4 Cent/kWh über 50 bis 250 kW ; 2,4 Cent/kWh über 250 kW bis 2 MW ; 1,8 Cent/kWh über 2 MW für 15.000 Vbh ab	
modernisierte Anlagen mit 10 % Neukosten	5,41 Cent/kWh bis 50 kW ; 4 Cent/kWh über 50 bis 250 kW ; 2,4 Cent/kWh über 250 kW bis 2 MW ; 1,8 Cent/kWh über 2 MW für 10.000 Vbh ab	

Anlage:  
ORC mit 345 kWel.

Tabelle: IZES gGmbH,  
Quelle KWKG 2012

Kapitalkosten	Erläuterung	Kosten	Zeit
ORC-Kosten pro kWel. [€/kWel]	3000		
Invest ORC-Modul, el. Leistung [kW]	345	<b>1.035.000,00 €</b>	einmalig
Planungskosten [% vom Invest]	10%	103.500,00 €	einmalig
Installationskosten [% vom Invest]	20%	207.000,00 €	einmalig
Gesamtkosten ORC Anlage [kWel.]	345	<b>1.345.500,00 €</b>	einmalig
Kalkulatorischer Zinssatz [%]	5%		
Kalkulatorische Nutzungsdauer [Jahre]	15		
Annuitätsfaktor, gemäß VDI	0,0963		
Annuität [€]		<b>129.571,65 €</b>	pro Jahr
<b>Verbrauchsgebundene Kosten</b>			
Spezifische verbrauchsgebundene Kosten bezogen auf die bereitgestellte elektr. Energie [€/kWh] -> Nutzung Abwärme		- €	pro Jahr
<b>Betriebsgebundene Kosten</b>			
Aufwand Instandsetzung [% vom Invest], gemäß VDI	6%	<b>62.100,00 €</b>	pro Jahr
Aufwand Wartung [% vom Invest], gemäß VDI	2%	<b>20.700,00 €</b>	pro Jahr
Bedienung [Stundensatz in €/Std.]	40		
Bedienung Personal [Std.], gemäß VDI	100	<b>4.000,00 €</b>	pro Jahr
<b>Sonstige Kosten</b>			
Versicherung [% vom Invest]	1%	<b>10.350,00 €</b>	pro Jahr
Weitere Kosten [% vom Invest]	1%	<b>10.350,00 €</b>	pro Jahr
<b>Gesamtkosten</b>		<b>237.071,65 €</b>	<b>pro Jahr</b>
<b>Erlöse KWKG bei Strom-Einspeisung</b>			
Vollastbetriebsstunden [h/a]	7500		pro Jahr
El. Leistung [kW]	345		
Eingespeister Strom [kWh]	2587500		pro Jahr
Stromvergütung 4. Q. 2014 (EEX*) [€/kWh]	0,03482	90.096,75 €	pro Jahr
Zuschlag KWKG 2012 für 30.000 Vbh [€/kWh] bis 50 kW	0,0511	19.162,50 €	pro Jahr
Zuschlag KWKG 2012 für 30.000 Vbh [€/kWh] 50-250 kW	0,04	60.000,00 €	pro Jahr
Zuschlag KWKG 2012 für 30.000 Vbh [€/kWh] > 250 kW	0,024	17.100,00 €	pro Jahr
Vermiedene Netznutzungsentgelte [€/kWh] > 2.500 Vbh	0,02	51.750,00 €	pro Jahr
<b>Gesamterlös</b>		<b>238.109,25 €</b>	<b>pro Jahr</b>
<b>Differenz</b>		<b>1.037,60 €</b>	<b>pro Jahr</b>

## Statische Wirtschaftlichkeitsrechnung nach VDI 2067

### Berechnung von 6 Varianten:

- 0 % Eigenstromnutzung
- 20 % Eigenstromnutzung
- 40 % Eigenstromnutzung
- 60 % Eigenstromnutzung
- 80 % Eigenstromnutzung
- 100 % Eigenstromnutzung

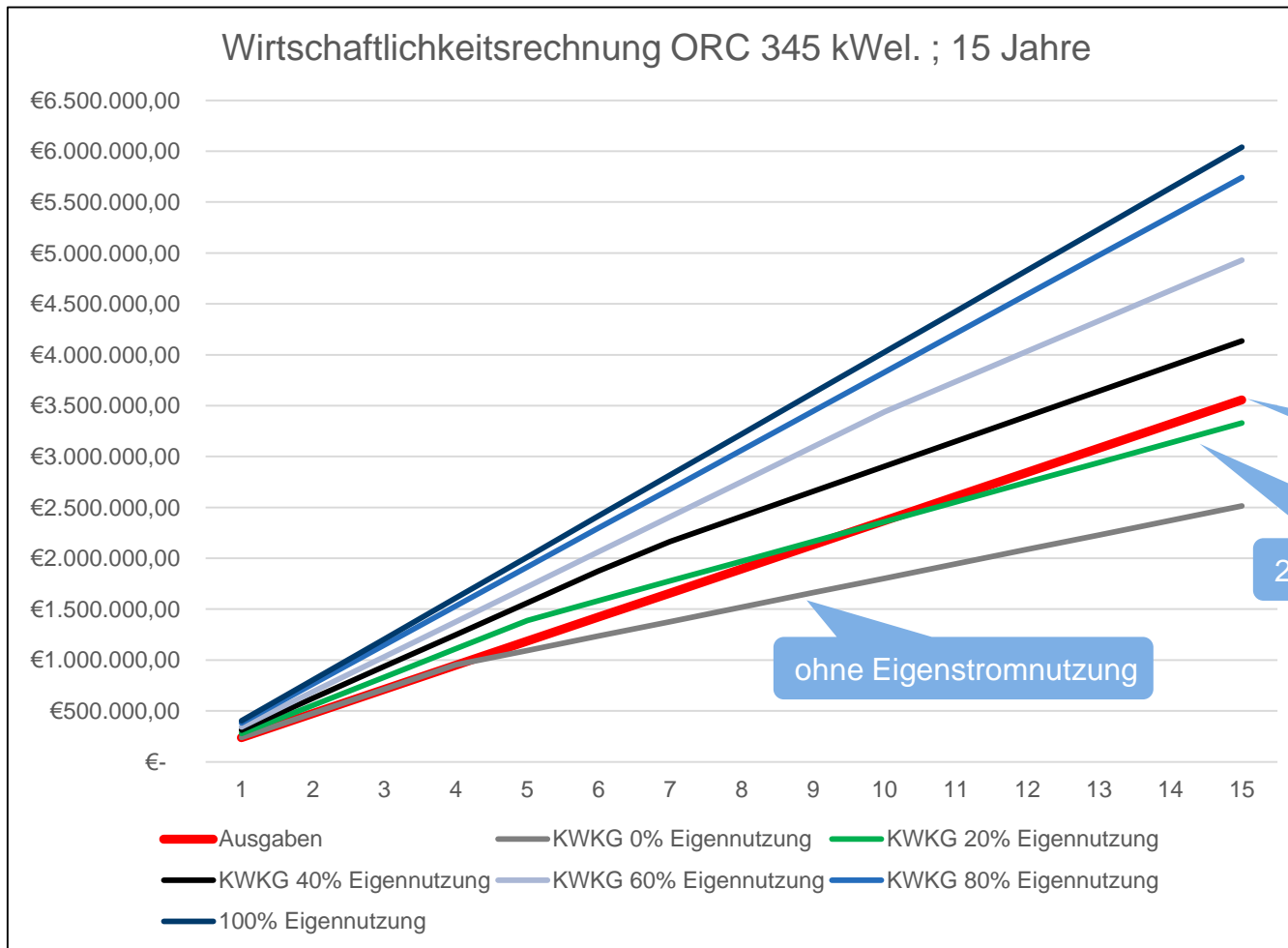
### Entscheidende Größen:

Spezif. Kosten ORC: 3.000 €/kWh

Vollastbetriebsstunden: 7.500 Std./a (optimistisch!)

Laufzeit: 15 Jahre

Quelle: IZES gGmbH



Ergebnis:  
Das KWKG ist für eine Wirtschaftlichkeit ohne Eigenstromnutzung nicht ausreichend.

**Kosten**

20 % Eigenstromnutzung

ohne Eigenstromnutzung

Grafik: IZES gGmbH

Einführung in die (Ab)Wärme

Abwärmetechnologien

Theoretisches Abwärmepotential national

Ergebnisse aus Studien

Wirtschaftlichkeitsrechnung einer ORC-Anlage

**Blick auf das KWKG, Hemmnisse**

*„Das KWKG ist technologie-neutral formuliert, so dass die KWK-Technologien in gleicher Konkurrenz zueinander stehen - mit der Konsequenz, dass die technisch etablierten und ökonomisch(st)en Anlagen wie bspw. KWK-Gasmotoren aufgrund ihrer Investitionskosten stärker von der Förderung profitieren. Dies ist aus reiner KWK-Sichtweise nachvollziehbar, für reine Abwärmenutzungstechnologien jedoch hemmend.“*

Das KWKG ist ein wirkungsvolles Gesetz, welches die Verbreitung der Kraft-Wärme-Kopplung unterstützt. Für Aspekte der Abwärmenutzung bspw. in Industriebetrieben ist dieses jedoch nicht ausreichend oder ungeeignet - die finanziellen Anreize sind ungenügend. Hier sind unterschiedliche Pfade möglich:

- Erhöhung des KWK-Zuschlags explizit für die Abwärmenutzung
- Einführung von unterschiedlichen Technologie-Boni bspw. für Technologien wie ORC-Anlagen, Stirlingmotoren und Brennstoffzellen
- Einführung eines Abwärmegesetzes

Aktuelle Hemmnisse sind von informeller, technischer- und ökonomischer Natur:

- Vielen Betrieben ist unklar, wieviel Abwärme aus ihrer Produktion an die Umgebung abgegeben wird und dass diese in bestimmten Fällen genutzt werden kann.
- Technisch müssen sich Abwärmetechnologien weiterentwickeln (Wärmeübertrager, Erzeugungsanlagen) um die aktuellen Potentiale und neue Potentiale besser heben zu können.
- Die ökonomischen Rahmenbedingungen für Investitionen in Betrieben unterliegen strengen wirtschaftlichen Kriterien (ROI). In vielen Fällen können Abwärmetechnologien diese nicht ohne entsprechende Anreize erfüllen!

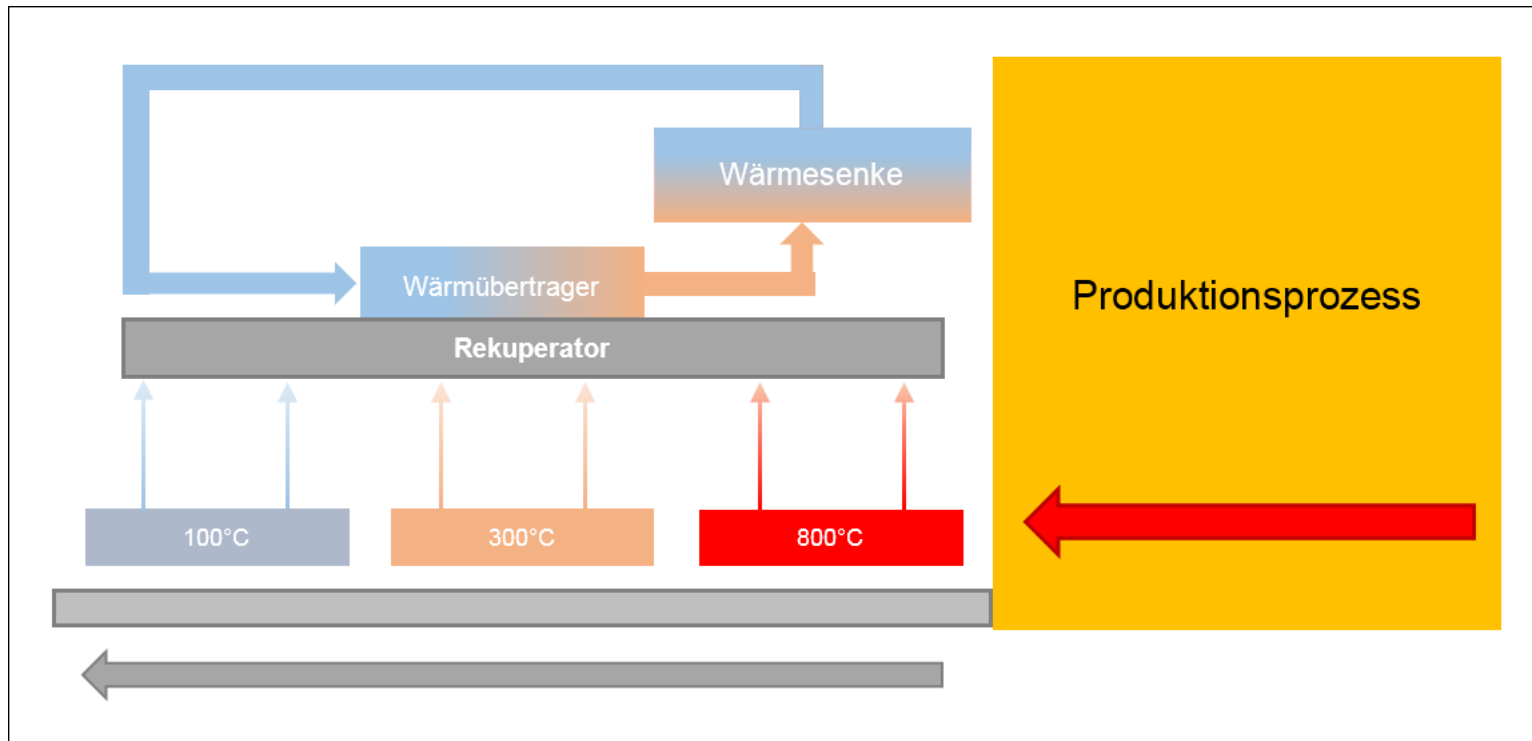


Für die Beseitigung dieser Hemmnisse sollte folgendes Maßnahmenbündel eingerichtet werden - zum einen...

- durch das Auflegen demonstrativer Forschungsförderprogramm mit dem Fokus auf Abwärmeumwandlungs- und Erzeugungstechnologien (Wärmeübertrager, Wärmetransport, Stromerzeugung) in den unterschiedlichen Branchen und Sparten,
- durch die Anpassung von Rahmenbedingungen (Anpassung KWKG und/oder Einführung eines neuen (Ab)Wärme/Effizienzgesetzes für das verarbeitende Gewerbe) für die Schaffung von Anreizen und Wirtschaftlichkeit,
- durch die Bereitstellung entsprechender Informationsunterlagen für Unternehmen
- durch die (Teil-)Förderung von für die jeweiligen Unternehmen zugeschnittenen Abwärmenutzungskonzepten mit verschiedenen Optimierungsszenarien (geringinvestiv bis hochinvestiv) für Informationsgenerierung, Bewusstseins-schaffung und Umsetzung,
- durch die kontinuierliche nationale Erhebung von (Ab)Wärmedaten des verarbeitenden Gewerbes für eine bessere Potentialabschätzung und
- durch ein regelmäßiges Monitoring der erreichten technologischen- und umsetzungsorientierten Effizienzfortschritte.

Forschungsbedarf – Nutzung diffuser Abwärmeströme...

→ Rekuperator/Wärmeübertrager?



Grafik: IZES gGmbH

# *Offene Fragen?*

*Guillem Tänzer*  
Wiss. Mitarbeiter AF EM  
Tel.: +49 (0)681 9762-855  
E-Mail: [taenzer@izes.de](mailto:taenzer@izes.de)

*Patrick Hoffmann*  
Wiss. Mitarbeiter AF EM  
Tel.: +49 (0)681 9762-839  
E-Mail: [hoffmann@izes.de](mailto:hoffmann@izes.de)



Adresse:

IZES gGmbH  
Altenkesseler Str. 17, Gebäude A1  
D-66115 Saarbrücken

*Sekretariat*  
Tel.: +49 (0)681 9762-840, -170  
Fax: +49 (0)681 9762-850  
E-Mail: [izes@izes.de](mailto:izes@izes.de)

***Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!***