>> Energiewirtschaftliche Perspektiven dezentraler KWK und virtueller Regelkraftwerke

Köln, den 23. November 2010

Dr. Bodo Groß (gross@izes.de) ; Hermann Guss (guss@izes.de) ; Jan Barth (barth@izes.de)

Inhalt

1. Potentialanalyse dezentraler KWK-Anlagen
   a) Technologiescreening
   b) Potentialabschätzung dezentraler KWK-Anlagen
2. Energiewirtschaftliche Perspektiven
   a) Beitrag KWK zum Ausgleich fluktuierender Erzeugung

Einteilung der KWK-Anlagen in „neue“ und „klassische“ Technologien

Technologie	Leistungsbereich
"neue"	**[kW_{el}]**
Brennstoffzellen	0,7 bis 345
ORC-Anlagen	3,5 bis 20.000
Stirlingmotoren	1 bis 38
Dampfmaschinen	2
Mikrogasturbinen	30 bis 1.000
"klassische"	
Motor BHKW	3 bis 20.000

izes gGmbH Institut für ZukunftsEnergieSysteme

National aktive Brennstoffzellenhersteller

Hersteller	Typ	Technologie	Leistung [kW] elektrisch	Leistung [kW] thermisch
Baxi Innotech GmbH	GAMMA 1.0	PEFC	1	1,7
Ceramic Fuel Cells Limited	BlueGen	SOFC	2	1
Hexis AG	Galileo 1000N	SOFC	1	2
inhouse engineering	inhouse5000	PEFC	5	10
MTU Onsite Energy	HM 400	MCFC	345	250
Vaillant	Prototypen	SOFC	1	2

Gamma-Phase

Beta-Phase

Alpha-Phase

Anmerkung: Die Entwicklung der PEFC-Technologie hat Vaillant in 2009 (zumindest vorübergehend) eingestellt, Viessmann ist 2009 aus der Brennstoffzellenentwicklung ausgestiegen.

International aktive Brennstoffzellenhersteller[1]

Hersteller	Typ	Technologie	el.Leistung	Land
CeresPower	Prototyp	SOFC	1-25 kW	UK
Eneos Celltech	ENE FARM	PEFC	0,7 kW	JP
Fuji Electric	FP-100i, FP-1	PAFC / PEFC	1 kW	JP
Morphic Exergy	Orion 5	PEFC	1 & 5 kW	IT
Panasonic	ENE FARM	PEFC	1 kW	JP
Plug Power Inc.	GenSys Blue	PEFC	5 kW	USA
Toshiba Fuel Cell Power Systems	ENE FARM	PEFC	0,7 kW	JP
Wärtsilä	WFC20	SOFC	20 kW	FI

Produkt-Phase

Für ~30.000 € in Japan erhältlich[2]

[1] Die Tabelle erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, da nicht alle internationalen Hersteller erfasst sind
[2] Vgl.: Internetpräsenz ENE FARM; http://www.ene-farm.info/en/products/index.html ; 12.11.2010

Einschätzung der Brennstoffzellentechnologie

National:
Ein vermehrter Rückzug nationaler Akteure im Bereich Brennstoffzellen konnte 2009 beobachtet werden – im Hausenergiebereich gibt es (noch) keine marktreifen Produkte, ein Wirtschaftlichkeit ist bisher nicht gegeben.

→ *„Die Brennstoffzelle in Deutschland ist zur Zeit ein Nischenprodukt“*

Das Hot Module von MTU onsite energy mit 345 kW_{el} ist weiterhin weltweiter Maßstab der MCFC Technologie!

International:
Volkswirtschaften wie Japan, USA und Kanada sind weltweit führend in der Brennstoffzellentechnologie (insbesondere der Hausenergieversorgung), die Mittel der staatlichen Förderprogramme sind im Vergleich zu Deutschland höher aber auch deutlich stringenter.

Anmerkung: In Japan findet eine unmittelbare Markteinführung, gekoppelt mit einer Serienproduktion, im Hausenergiebereich statt.

izes gGmbH Institut für ZukunftsEnergieSysteme

Hersteller kleiner ORC-Anlagen (bis zu ~500 kW_{el})

Hersteller	Haupteinsatzbereich	[kW_{el}]
Cyrotec Anlagenbau GmbH	Nutzung von Prozesswärme	50 und 100
DeVeTec GmbH	Abwärmenutzung von BHKW	50 bis 200
Electratherm	Nutzung von Abwärmeströmen ab 88 bis 112°C	30 bis 200
Eneftech Innovation SA	Zur Abwärmenutzung ab Temperaturen von 125°C	5 bis 30
Fraunhofer UMSICHT	Abgas- und Motorabwärme von Biogasanlagen	20 bis 120
Infinity Turbine LLC	Anlagen zur Nutzung verschiedener Wärmequellen	10 bis 250
Köhler & Ziegler	Nutzung von Abwärme ab 90 bis 200°C	50 bis 200
LTi ADATURB GmbH	Nutzung von BHKW-Abwärmeströmen	30 und 60
Turbolina GmbH	Solarthermie, Abwärme und Geothermie	3,5 bis 500

- Zur Stromgewinnung aus vorhandener Abwärme
- Angebotene Produkte vorwiegend noch am Anfang der Entwicklung bzw. Markteinführung
- Viele Hersteller zielen auf die Nutzung der Abwärmeströme von BHKW

Hersteller großer ORC-Anlagen (bis 2 MW_{el} und darüber hinaus)

Hersteller	Haupteinsatzbereich	[kW_{el}]
Adoratec GmbH	In der Biomasseverbrennung	300 bis 2.400
Aldavia BioEnergy GmbH	Verbrennung biologischer Reststoffe	200 bis 2.000
GMK GmbH	Nutzung von Ab-, Erdwärme und Biomasse	500 bis 5.000
Ormat	Nutzung von Erd- oder Abwärme	250 bis 20.000
Turboden srl	Verbrennung von Biomasse, Ab- und Erdwärme	400 bis 22.000

- Für Biomasse- und geothermische Kraftwerke
- Hersteller mit marktreifen Produkten etabliert
- Turboden hat in Europa 139 Biomassekraftwerke in Kombination mit ORC- Technik gebaut
- Ormat hat weltweit geothermische Kraftwerke mit ~1100 MW_{el} installiert

„Industrielle Abwärme - eine Potentialstudie für Deutschland“

IZES gGmbH ; ISBN Nr.: 978-3-00-032913-5 ; Erscheinungsjahr: 2011

Ergebnisse der Studie:

Variante 1: Gemittelte Abwärmepotentiale, Potential: 299 TWh/a

- Reine Wärmenutzung (W_{th}): **269 TWh/a** ; CO_2-Einsparung: **72.818.460 tCO_2äq/a**
- Reine erzeugbare Strommenge (W_{el}): **44 TWh/a** ; CO_2-Einsparung: **26.969.400 tCO_2äq/a**

Variante 2: Branchenspez., temp.-abhängige gemittelte Abwärmepotentiale, Potential: 283 TWh/a

- Niedertemperaturbereich (W_{th})*: **231 TWh/a** ; CO_2-Einsparung: **62.616.780 tCO_2äq/a**
- Mittel- und Hochtemperaturbereich (W_{el})*: **36 TWh/a** ; CO_2-Einsparung: **21.799.800 tCO_2äq/a**

Dies bedeutet:

Wohnraumheizwärme für Haushalte in D 2008: 453 TWh

V1: **60 %** Abdeckung ; V2: **51 %** Abdeckung

Substitution von Grundlastkraftwerksleistung*:

V1: **6 GW** Kraftwerksleistung ; V2: **5 GW** Kraftwerksleistung

Hinweis:
- Wärmemix in Deutschland: ~270 g/kWh (CO_2äq)
- Strommix in Deutschland: ~600 g/kWh (CO_2äq)

* Hochtemperaturbereich (> 350°C) ; Mitteltemperaturbereich (> 80°C <= 350°C) ; Niedertemperaturbereich (<= 80°C)
** Braunkohle- oder Atomkraftwerk mit etwa 7.300 h Jahreslaufleistung

Stirlingmotoren:

Hersteller	Bezeichnung	P_{el}	P_{th}	Bemerkung
WhisperGEN	EU1-DE	1 kW	7,5 kW	4-Zylinder Stirlingmotor mit integriertem Zusatzbrenner, 2010 Verkaufsbeginn in Deutschland
De Dietrich Remeha	eVita	1 kW	5 kW	1-Zylinder Freikolben Stirlingmotor mit integriertem Zusatzbrenner, 2010 Verkaufsbeginn in Deutschland
SenerTec	Dachs Sterling SE	1 kW	6 kW	1-Zylinder Freikolben Stirlingmotor mit integriertem Zusatzbrenner, geplante Markteinführung: Sep. 2011

Weitere Hersteller (Baxi – Brötje GmbH, Bosch Thermotechnik, Cleanergy, ENATEC, Hoval, MicroGen, Rinnai, Stirling Biopower, Stirling DK, Stirling Systems AG, Sunmachine GmbH, Viessmann) befinden oder befanden sich in der Systementwicklung.

Mikrogasturbinen:

Hersteller	Bezeichnung	P_{el}	P_{th}
Capstone	C30 bis C1000	30 bis 1000kW	68 bis 1430kW
Turbec	T100	100kW	155kW
Ingersoll Rand	MT 250	250kW	12645 BTU/kWh

Die Bowman Power Group Ltd. hat die Entwicklung von Mikrogasturbinen eingestellt.

Dampfmaschinen:

Hersteller	Bezeichnung	P_{el}	P_{th}
Otag	lion powerblock	0,3 bis 2kW	3,5 bis 16

Inhalt

1. Potentialanalyse dezentraler KWK-Anlagen
   a) Technologiescreening
   b) Potentialabschätzung dezentraler KWK-Anlagen
2. Energiewirtschaftliche Perspektiven
   a) Beitrag KWK zum Ausgleich fluktuierender Erzeugung

Potentialabschätzung KWK-Anlagen ≤ 50 kW_{el}

Auswertung BAFA Zulassungsdaten 2000 - 2010 (Anlagen ≤ 50 kW_{el})

↓

Zubauraten der Jahre 2000 – 2010 (Anlagen ≤ 50 kW_{el})

↓

Potentialabschätzung für die Jahre 2010 - 2020 (Anlagen ≤ 50 kW_{el})

Auswertung von zwei Studien (Anlagen ≤ 15 kW_{el})

↓

Zwei Potentialabschätzungen für die Jahre 2010 - 2020 (Anlagen ≤ 15 kW_{el})

Eigene Potentialabschätzung für die Jahre 2010 - 2020 (Anlagen ≤ 50 kW_{el})

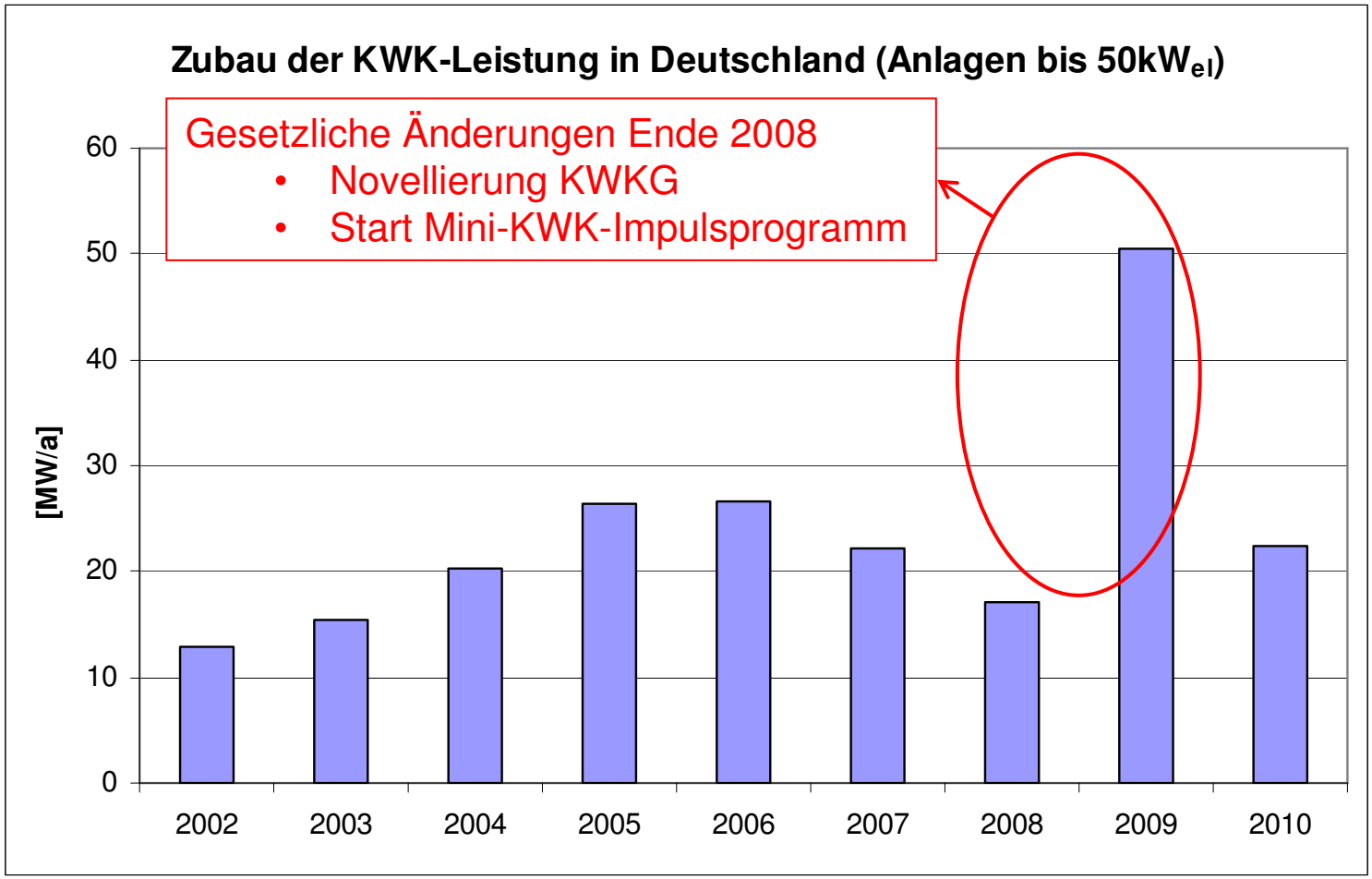
Bis 2009 installierte Leistung der KWK-Anlagen ≤ 50 kW_{el}:

- BAFA Zulassungsdaten 2002 bis 2009[1]: ~***190 MW_{el}*** (ca. 20.400 Anlagen)
- BAFA Zulassungsdaten vor 2002[2]: ~***25 MW_{el}*** (ca. 2.000 Anlagen)
- 5% mehr Anlagen in Betrieb als beim BAFA gemeldet[3]
  → ca. 1.120 Anlagen (Ø 9,5 kW_{el}/Anlage): ~***10 MW_{el}***

→ Ende 2009 waren in Deutschland etwa 23.500 KWK-Anlagen (≤ 50 kW_{el}) mit einer Gesamtleistung rund ***225 MW_{el}*** installiert.

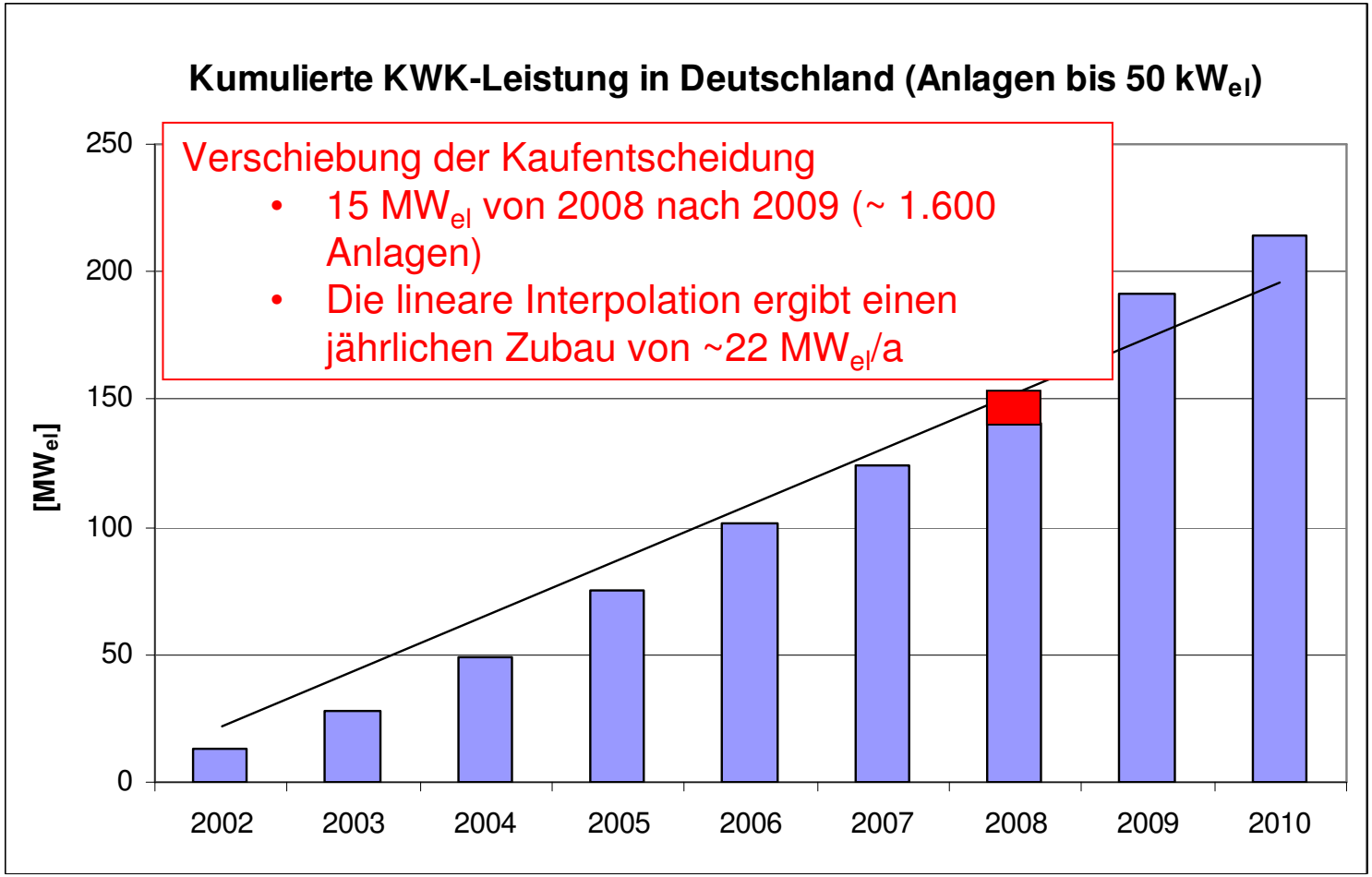
[1] Zulassungszahlen des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle BAFA von 2002 bis 2009
[2] Zulassungszahlen des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle BAFA vor 2000 bis 2007
[3] Annahme des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle BAFA

Auswertung der BAFA Zulassungsdaten



Quelle: Zulassungsdaten der BAFA von 2002 bis 2010

Auswertung der BAFA Zulassungsdaten



Quelle: Zulassungsdaten der BAFA von 2002 bis 2010

Potentialabschätzung KWK-Anlagen ≤ 50 kW_{el}

Zubaupotential bis 2020 anhand der BAFA Zulassungsdaten:

- Annahme 1: keine grundlegenden Änderungen der wirtschaftlichen und gesetzlichen Rahmenbedingungen
- Annahme 2: Angebot an BHKW's bleibt unverändert
- Unter den genannten Annahmen ergibt die Auswertung der BAFA Zulassungsdaten ein Zubaupotential von **~20 MW_{el}/a**
- Anmerkung: Das Zubaupotential kann bei der Reaktivierung des Mini-KWK-Impulsprogramms temporär deutlich höher ausfallen

Potentialabschätzung KWK-Anlagen ≤ 50 kW_{el}

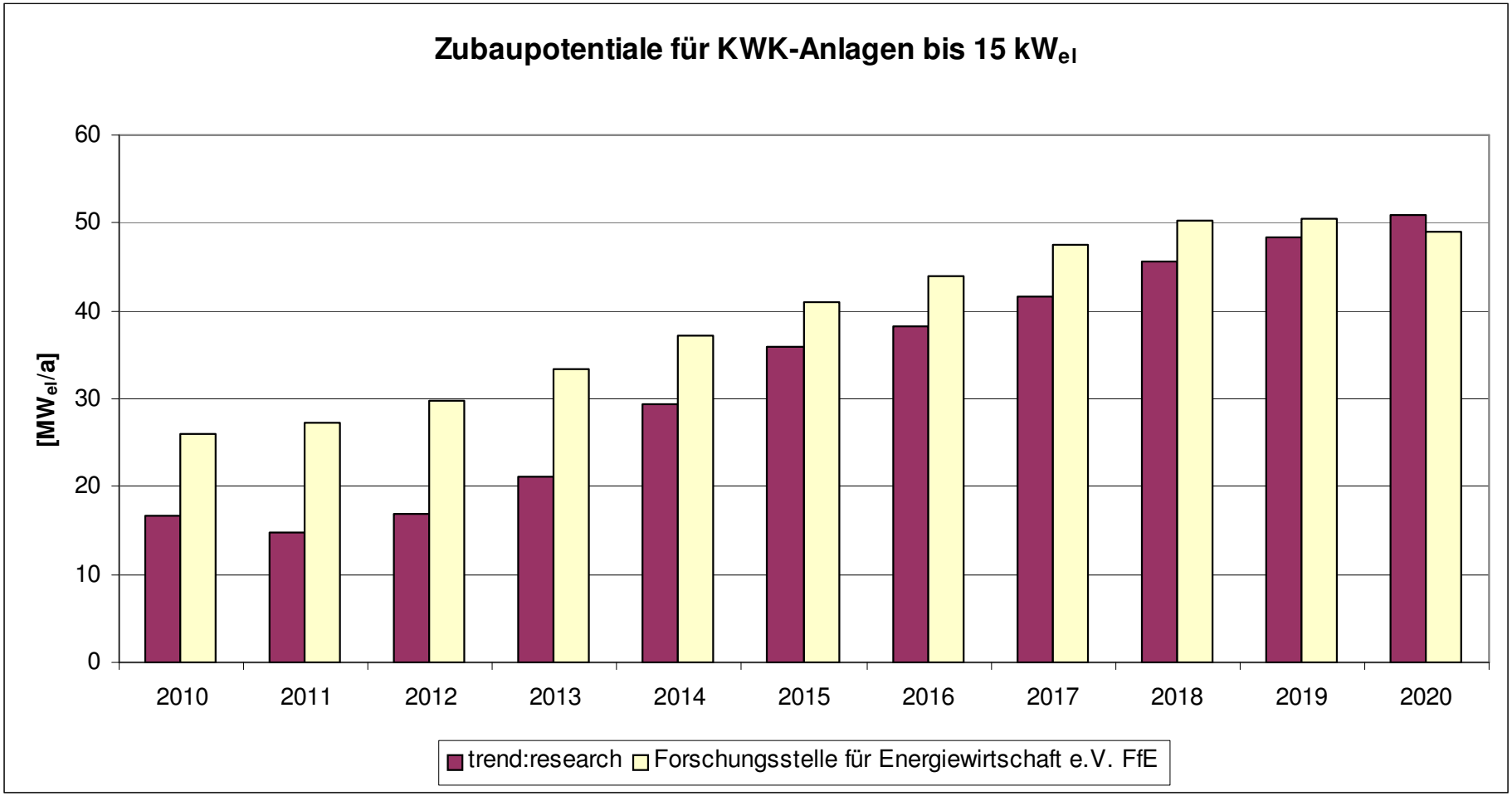
izes gGmbH
Institut für ZukunftsEnergieSysteme

Zubaupotential (Anlagengröße ≤ 15 kW_{el}) bis 2020 anhand zweier Studien:

- trend:research – Institut für Trend- und Marktforschung, Bremen
  Potenzialstudie „Mikro-KWK“, Juni 2010
  Annahme IZES:
  - Ø 5,5 kW_{el}/Anlage mit kontinuierlich abnehmender Tendenz (Begründung: Anlagen des kleineren Leistungsbereichs kommen verstärkt in den Markt)
- Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. – FfE, München
  „Ganzheitliche dynamische Bewertung der KWK mit Brennstoffzellentechnologie“, November 2007
  Annahmen FfE:
  - Thermische Anlagenleistung nimmt von 21,9 kW_{th}/Anlage in 2010 kontinuierlich auf 19,4 kW_{th}/Anlage in 2020 ab. → Ø 20,65 kW_{th}/Anlage
  - ca. 25% der durchschnittlichen jährlichen Zubauleistung in der Hausenergieversorgung ist technisch sinnvoll für KWK erschließbar

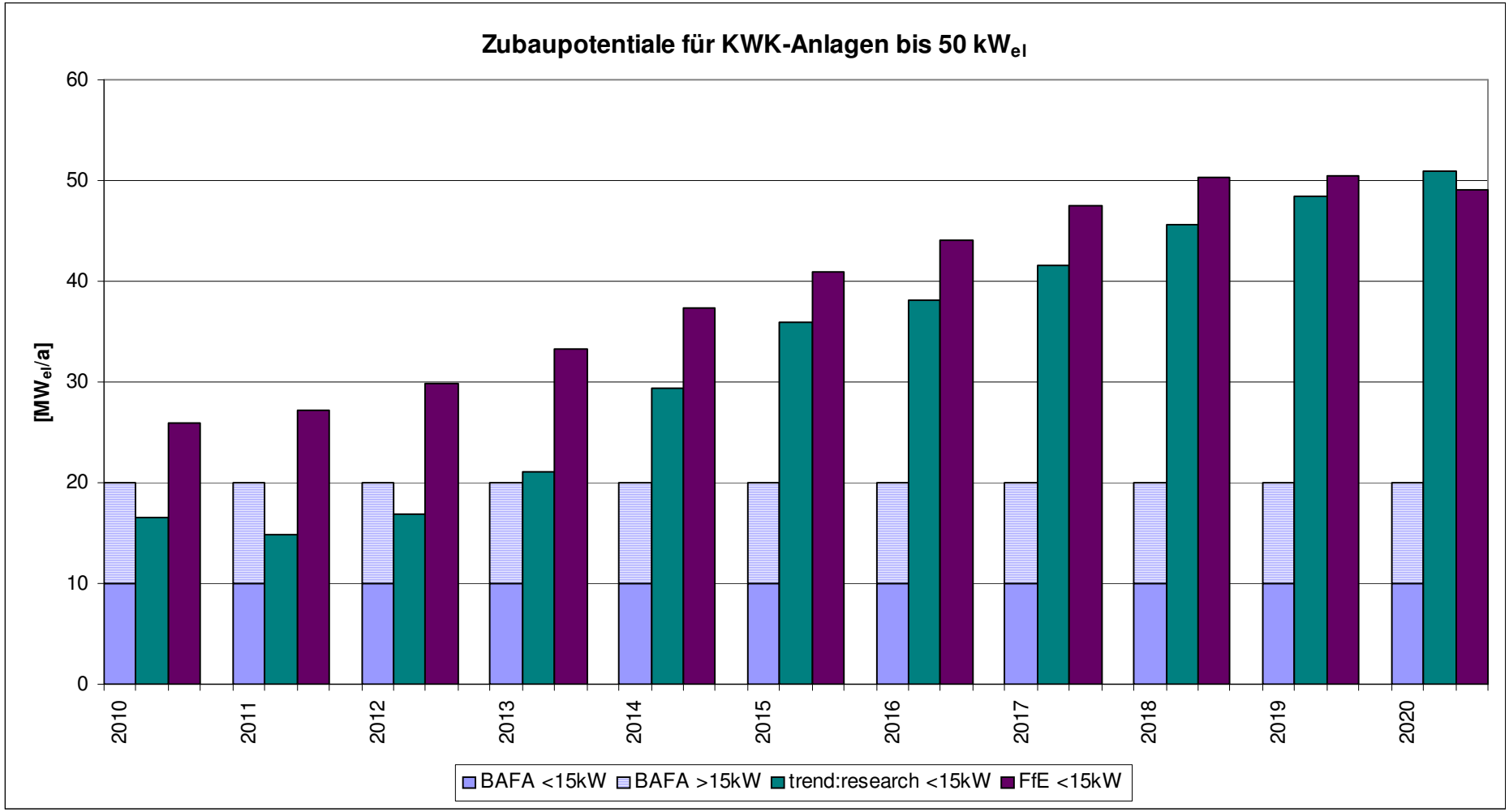
  Annahmen IZES:
  - nur rund 1% der jährlichen Zubauleistung ist sowohl technisch als auch wirtschaftlich erschließbar
  - Stromkennzahl der KWK-Anlagen S_K = 0,25 → Ø 5,2 kW_{el}/Anlage

Potentialabschätzung KWK-Anlagen ≤ 50 kW_{el}



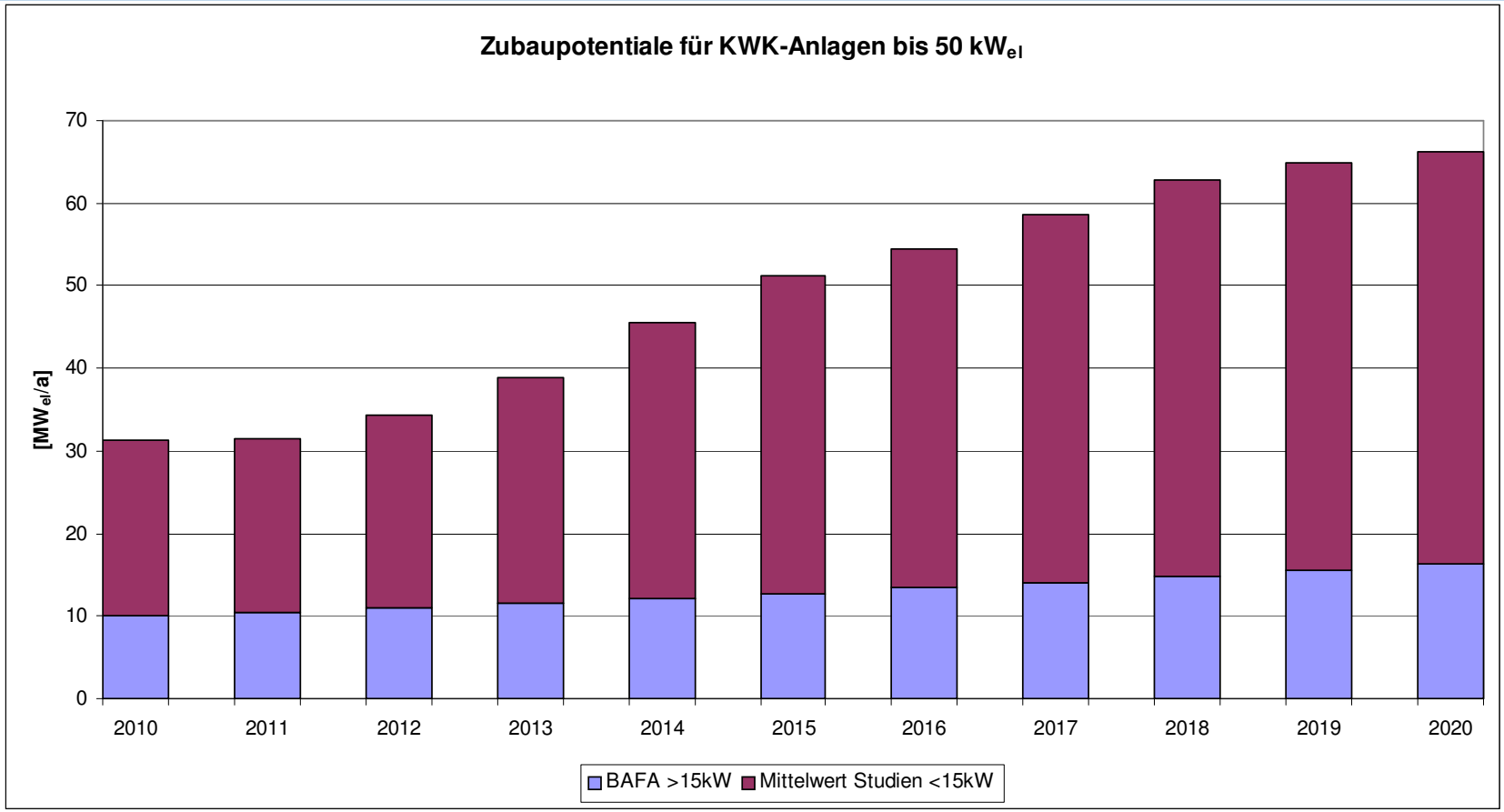
Quellen: trend:research – Institut für Trend- und Marktforschung; Potenzialstudie „Mikro-KWK“, Juni 2010
Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. FfE „Ganzheitliche dynamische Bewertung der KWK mit Brennstoffzellentechnologie“, November 2007

Potentialabschätzung KWK-Anlagen ≤ 50 kW_{el}



Quellen: BAFA – Zulassungsdaten bis 2010
trend:research – Institut für Trend- und Marktforschung; Potenzialstudie „Mikro-KWK“, Juni 2010
Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. FfE „Ganzheitliche dynamische Bewertung der KWK mit Brennstoffzellentechnologie“, November 2007

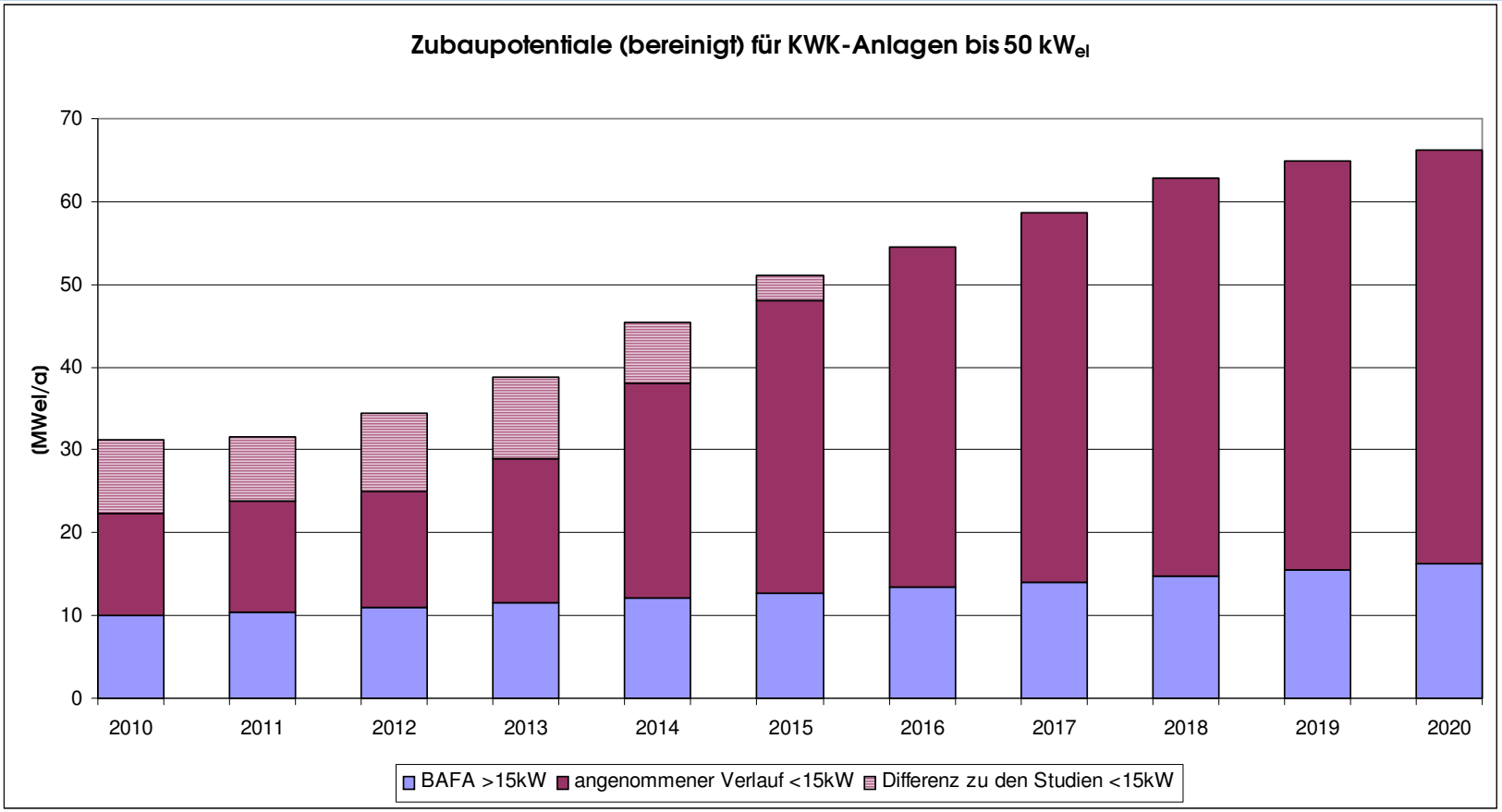
Potentialabschätzung KWK-Anlagen ≤ 50 kW_{el}



- Das Zubaupotenzial für KWK-Anlagen <15 kW_{el} entspricht dem Mittelwert der beiden ausgewerteten Studien
- Das Zubaupotenzial für KWK-Anlagen >15 < 50 kW_{el} entspricht dem Ergebnis der Auswertung der BAFA Daten inklusive einem jährlichen Wachstum von 5%

Quellen: BAFA – Zulassungsdaten bis 2009
trend:research – Institut für Trend- und Marktforschung; Potenzialstudie „Mikro-KWK“, Juni 2010
Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. FfE „Ganzheitliche dynamische Bewertung der KWK mit Brennstoffzellentechnologie“, November 2007

Potentialabschätzung KWK-Anlagen ≤ 50 kW_{el}



- In 2010 wird aufgrund der BAFA Zulassungsdaten ein Startwert von ~22 MW_{el} angenommen
- Bis 2015 werden zunehmend KWK-Anlagen im kleinsten Leistungsbereich, insbesondere zum Einsatz in Ein- und Zweifamilienhäusern, zwischen 0,5 kW_{el} – 3 kW_{el} die Serienreife erreichen
- Ab 2016 werden die ermittelten Zubaupotentiale der beiden ausgewerteten Studien für den Leistungsbereich < 15 kW_{el} als realistisch angesehen

Potentialabschätzung KWK-Anlagen > 50 kW_{el} ≤ 2 MW_{el}

Auswertung BAFA Zulassungsdaten 2000 - 2010 (> 50 kW_{el} ≤ 2 MW_{el})

↓

Zubauraten der Jahre 2000 – 2010 (> 50 kW_{el} ≤ 2 MW_{el})

↓

Potentialabschätzung für die Jahre 2010 - 2020 (> 50 kW_{el} ≤ 2 MW_{el})

Auswertung einer Studie Bezüglich Ausbau erneuerbarer Energien (> 50 kW_{el} ≤ 2 MW_{el})

↓

Potentialabschätzung für die Jahre 2010 - 2020 (> 50 kW_{el} ≤ 2 MW_{el})

Eigene Potentialabschätzung für die Jahre 2010 - 2020 (> 50 kW_{el} ≤ 2 MW_{el})

Potentialabschätzung KWK-Anlagen > 50 kW_{el} ≤ 2 MW_{el}

izes gGmbH
Institut für ZukunftsEnergieSysteme

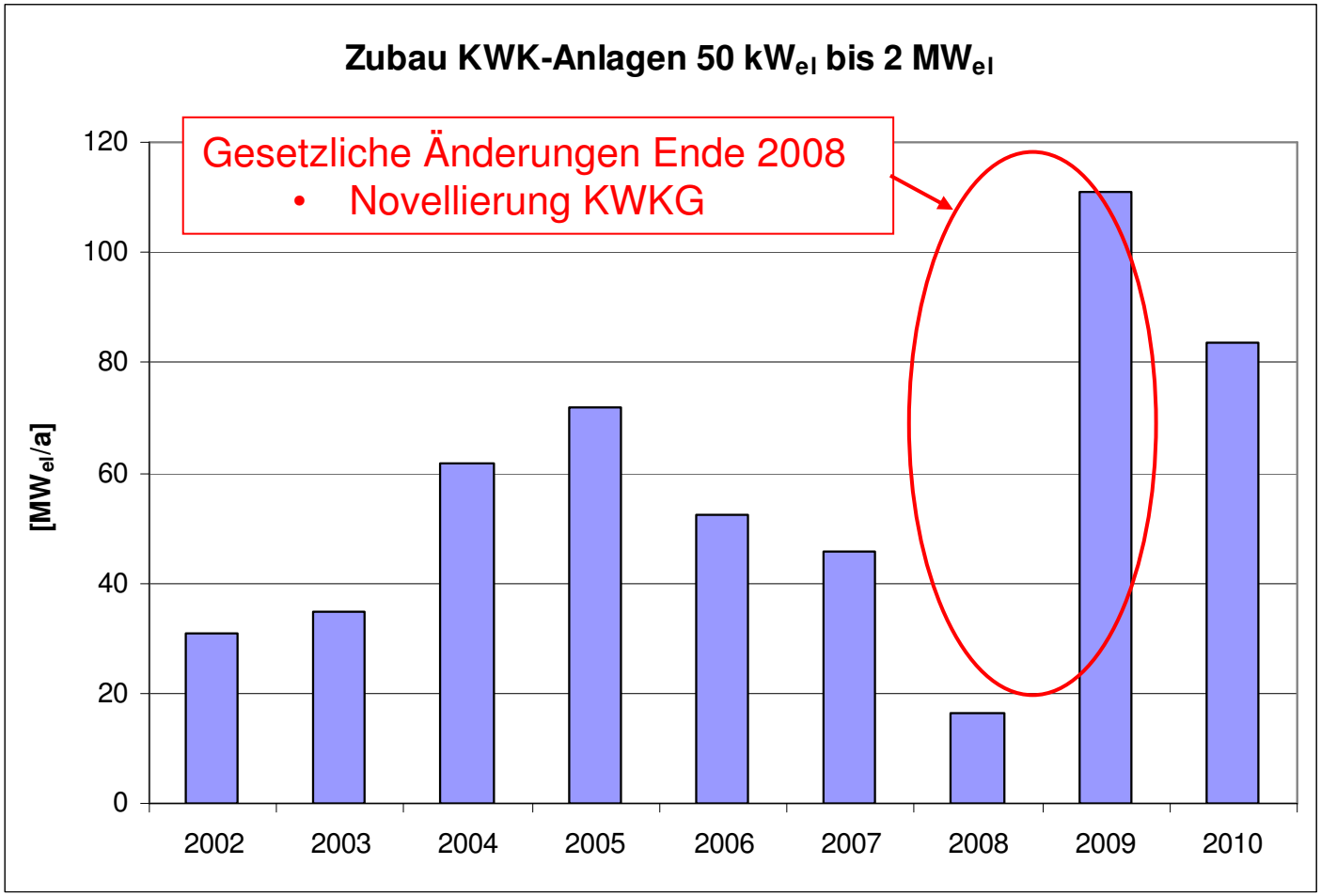
Bis 2009 installierte Leistung der KWK-Anlagen > 50kW_{el} ≤ 2MW_{el}:

- BAFA Zulassungsdaten 2002 bis 2009: ~***424 MW_{el}*** (ca. 1.040 Anlagen)
- BAFA gemeldete Anlagen vor 2002[1]: ~***34 MW_{el}*** (ca. 476 Anlagen)
- Biogasanlagen[2] bis 2009 : ~***1.809 MW_{el}*** (ca. 4.828 Anlagen)
- Klär- und Deponiegasanlagen bis 2009[3]: ~***355 MW_{el}***

→ Ende 2009 waren in Deutschland etwa 6.500 KWK-Anlagen (> 50kW_{el} ≤ 2MW_{ell}) mit einer Gesamtleistung rund ***2.622 MW_{el}*** installiert[4]

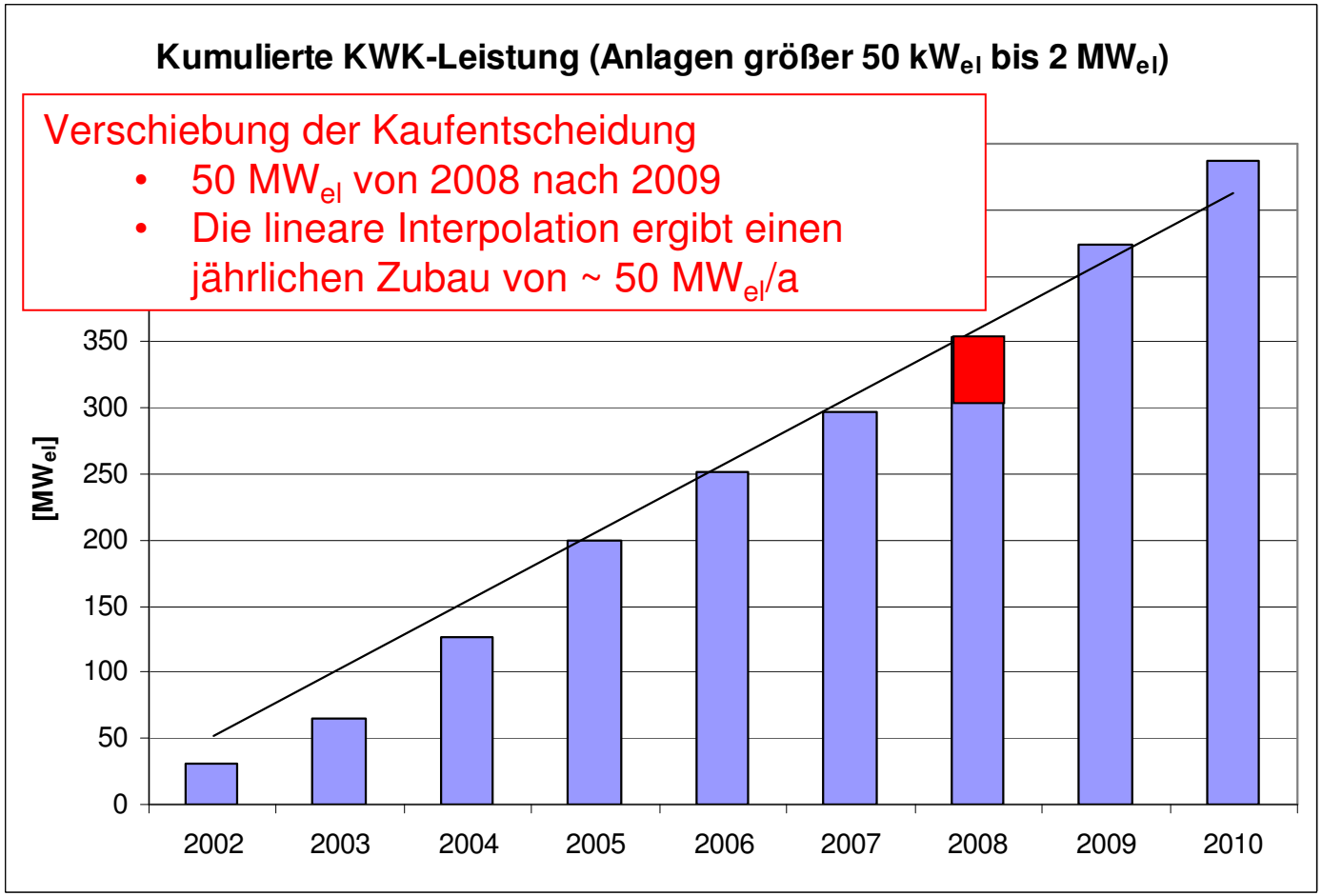
[1] Annahme: Verhältnis von Biogas- zu BAFA gemeldeten Anlagen bleibt konstant
[2] Branchenzahlen des Fachverband Biogas e.V. und der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe
[3] Bundesverband Erneuerbare Energien e.V. „Stromversorgung 2020 – Wege in eine moderne Energiewirtschaft "
[4] Nicht erfasst sind erdgasbetriebene, nicht bei der BAFA registrierte KWK-Anlagen sowie Grubengasanlagen

Auswertung der BAFA Zulassungsdaten



Quelle: Zulassungsdaten der BAFA von 2002 bis 2010

Auswertung der BAFA Zulassungsdaten



Quelle: Zulassungsdaten der BAFA von 2002 bis 2010

Potentialabschätzung KWK-Anlagen > 50 kW_{el} ≤ 2 MW_{el}

izes gGmbH
Institut für ZukunftsEnergieSysteme

Zubaupotential bis 2020 anhand der BAFA Zulassungsdaten:

- Annahme: Keine grundlegenden Änderungen der wirtschaftlichen und gesetzlichen Rahmenbedingungen
- Unter der genannten Annahme ergibt die Auswertung der BAFA Zulassungsdaten ein Zubaupotential von ~ **50 MW_{el}/a**

Zubaupotential bis 2020 anhand der Studie:

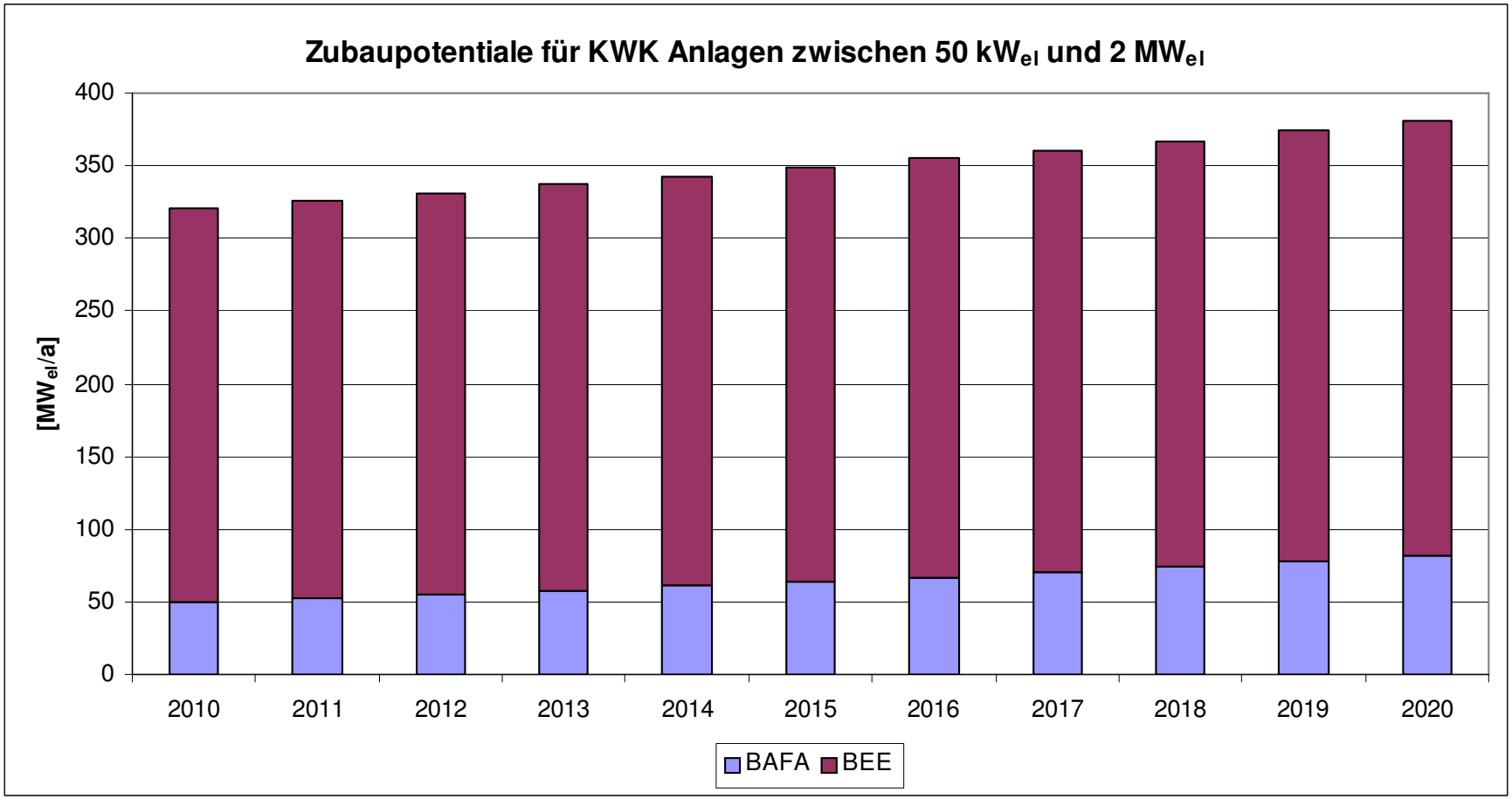
- Bundesverband Erneuerbare Energien e.V. BEE
  „Stromversorgung 2020 – Wege in die moderne Energiewirtschaft“, Juni 2010

Annahmen BEE:
- ~ 400 MW_{el}/a für alle Bioenergien (fest, flüssig, gasförmig) bis 2020
- nennenswertes Wachstum nur für Biogas und feste Biomasse
- ~ 67% Biogas (~270 MW_{el}/a) und ~33 % feste Biomasse (~130 MW_{el}/a)

Annahmen IZES:
- feste Biomasse Anlagen i.d.R. > 2 MW_{el}
- Biogasanlagen i.d.R. im Bereich > 50 kW_{el} ≤ 2 MW_{el}

Die Auswertung der BEE Studie ergibt ein Zubaupotential im Bereich Erneuerbare Energien von ~ **270 MW_{el}/a**

Potentialabschätzung KWK-Anlagen > 50 kW_{el} ≤ 2 MW_{el}



- Das Zubaupotenzial für „regenerative“ KWK-Anlagen entspricht dem Ergebnis der Auswertung der BEE Studie
- Das Zubaupotenzial für „fossile“ KWK-Anlagen entspricht dem Ergebnis der Auswertung der BAFA Daten inklusive einem jährlichen Wachstum von 5%

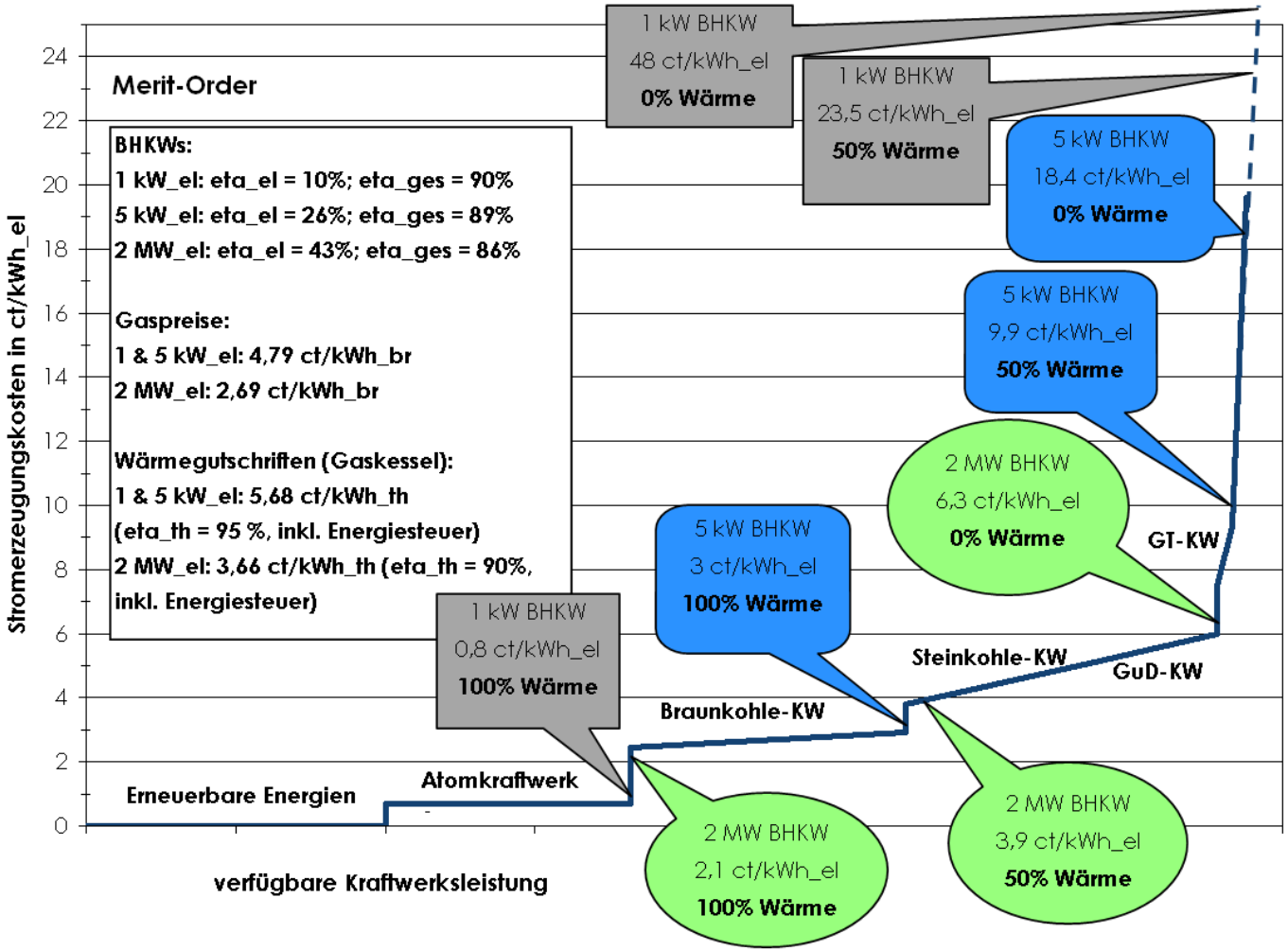
Quellen: BAFA Zulassungsdaten
Bundesverband Erneuerbare Energie e.V. BEE; „Stromversorgung 2020 – Wege in eine moderne Energiewirtschaft“

Inhalt

1. Potentialanalyse dezentraler KWK-Anlagen
   a) Technologiescreening
   b) Potentialabschätzung dezentraler KWK-Anlagen
2. Energiewirtschaftliche Perspektiven
   a) Beitrag KWK zum Ausgleich fluktuierender Erzeugung

Beitrag KWK zum Ausgleich fluktuierender Erzeugung

- Betrachtung Stromerzeugungskosten dezentrale KWK:



Ende der Präsentation

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!