
Wirtschaftlichkeit verschiedener Direktvermarktungskonzepte

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



Im Rahmen von:

**Energetische
Biomassenutzung**

Praxistag „Biomethan in KWK“
am 04. Dezember 2013, Berlin

Dipl. Ing. (FH) Uwe Holzhammer

Gruppenleiter: Bedarfsorientierte Energiebereitstellung

Bereich: Bioenergie-Systemtechnik

Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES

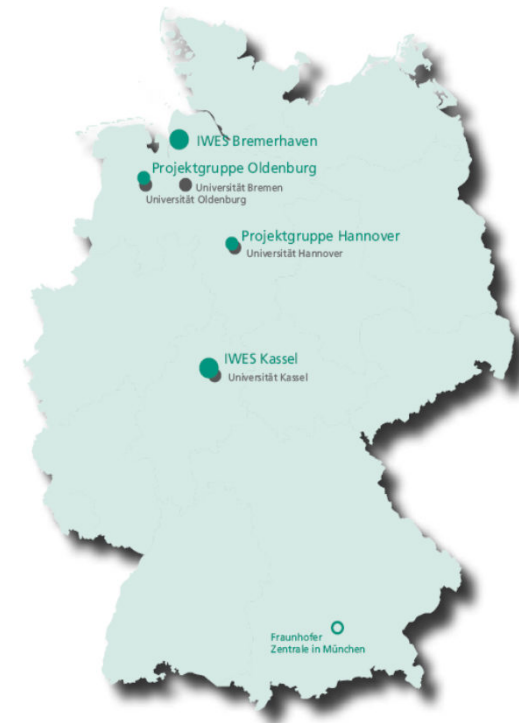
Königstor 59, 34119 Kassel

Dipl. Wirtsch.-Ing (TU), M. Sc. Thomas Krause (ehemalig Fraunhofer IWES)

Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik

Advancing Wind Energy and Energy System Technology

- **Gründung:** 2009
- **Jahresbudget:** rund 32 Mio. Euro
- **Personal:** ca. 480 Personen
- **Leitung:** Prof. Dr. Clemens Hoffmann
Prof. Dr. Andreas Reuter



Fraunhofer IWES Kassel

Bereich Bioenergie-Systemtechnik

unter der Leitung von Dr. Bernd Krautkremer

Themenschwerpunkte:

- Biogasanlagentechnik (mit eigener Versuchsbiogasanlage)
- effiziente Biogasverwendung (z. B. Mikrogasturbine, BHKW)
- Biogasaufbereitungstechnik und Verfahren
- Biogaseinspeisung in das Erdgasnetz
- CO₂ Versorgung zur E-Gasproduktion (Power-to-Gas)
- bedarfsorientierte Stromproduktion
 - Gaspeichertechnik, Automatisierung und Anlagensteuerung
 - Fütterungsmanagement, bedarfsgerechte Biogasproduktion

Dienstleistung:

- Unabhängige Beratung, Konzeptentwicklung, Wirtschaftlichkeitsanalysen
 - Produktentwicklung (Optimierer Stromvermarktung, Gasspeichermanager, Fütterungsmanager)
 - Szenarienentwicklung, unabhängige Vergleichsanalysen und Bewertung
 - Studien (für Unternehmen, kommunale Stadtwerke und Politik)
-

Vortragsstruktur

- Kurze Heranführung
- Betriebsweisen von Biomethan-KWK-Anlagen
- Unterschiedliche Erlöse für den produzierten Strom
- Ergebnis: Erzielbare Wärmepreise mittels Biomethan-KWK
- Fazit

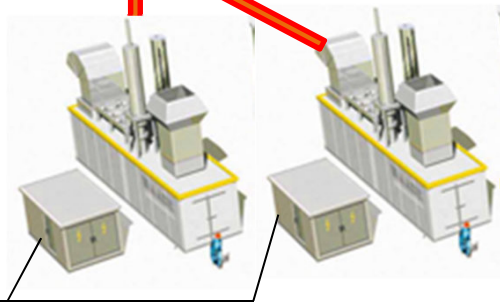
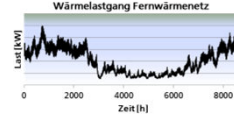
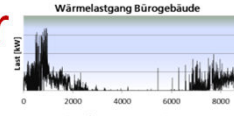
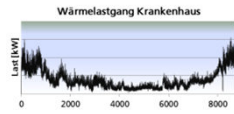
Allgemeine Herleitung: Wo sind wir?



Allgemeines
Stromnetz



urbaner
Raum



Biomethan-
auspeisung



ik AG

Biomethanproduktion

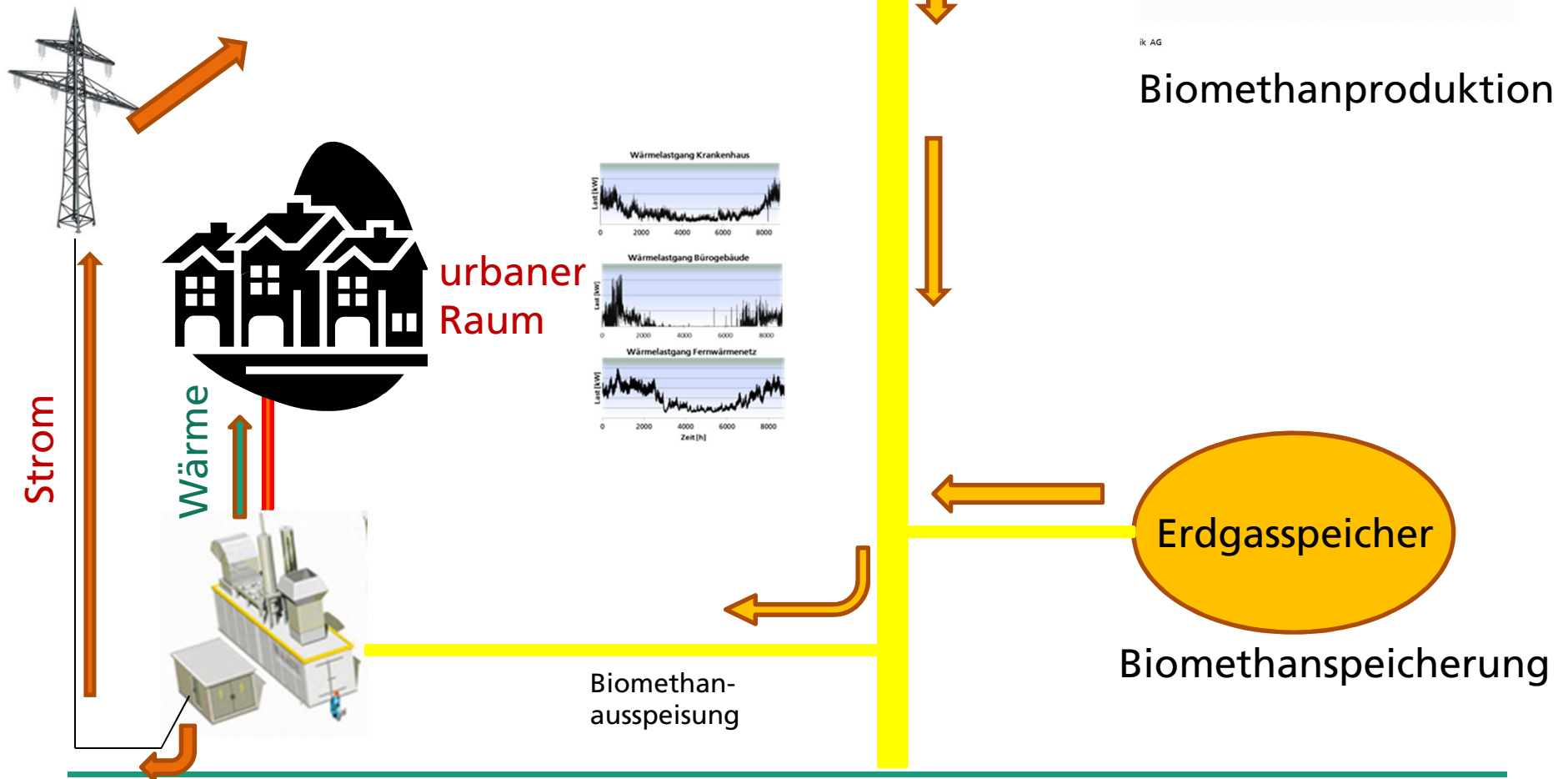


Erdgasspeicher

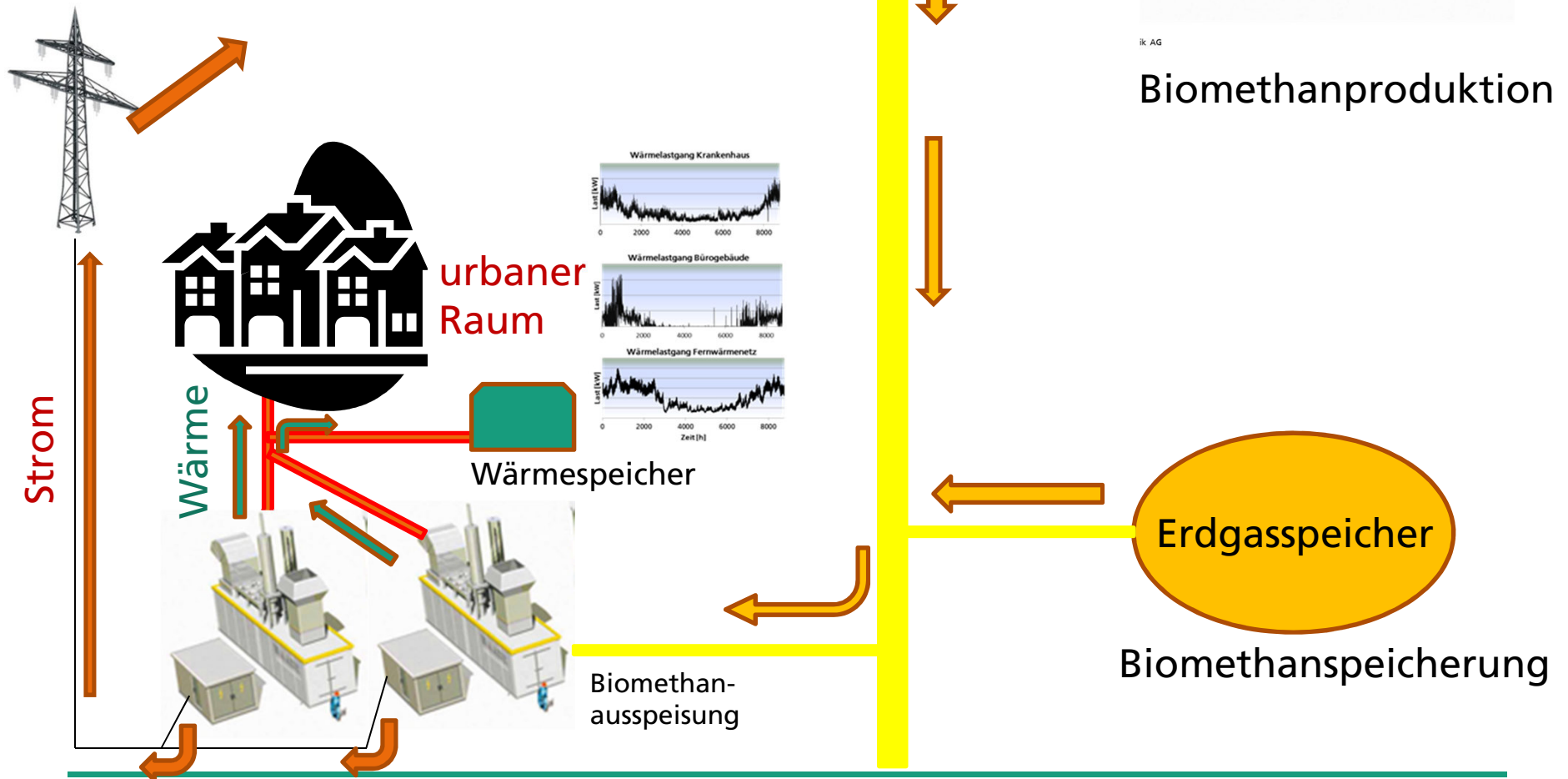
Biomethanspeicherung

Umsetzungs- und Betriebsbeispiel

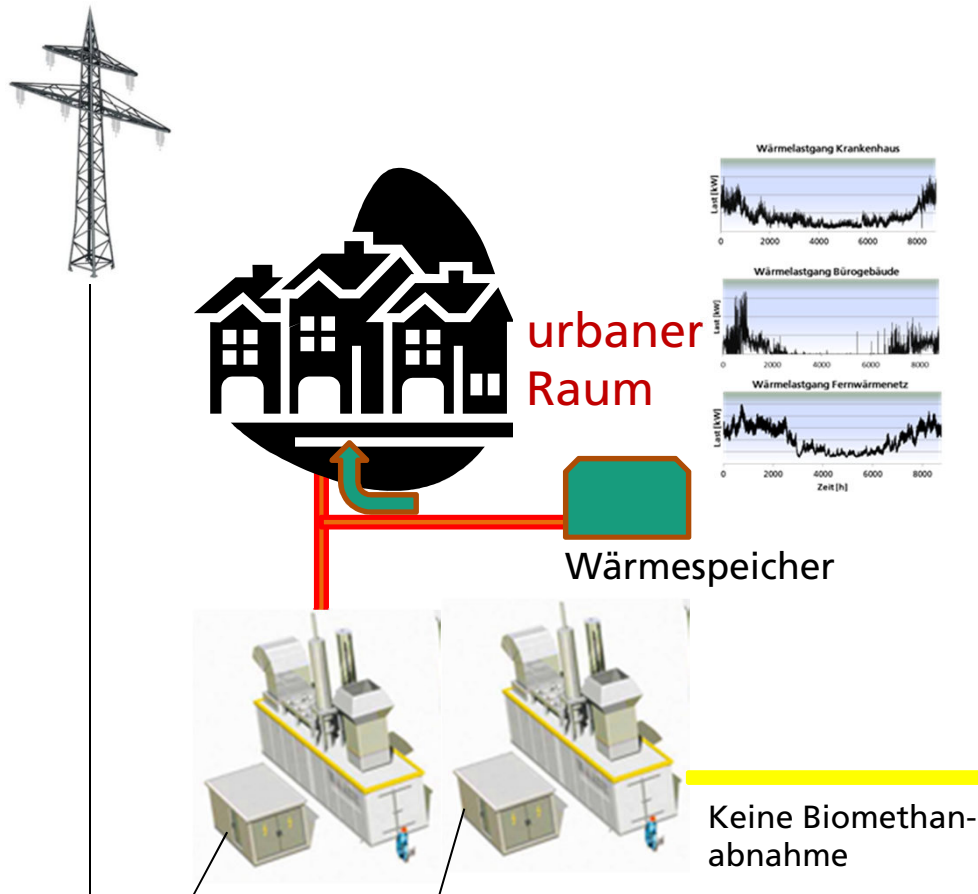
Strom- und Wärmeproduktion, wenn Wärme benötigt wird



Stromproduktion, wenn viel Strom und Wärme benötigt bzw. im Speicher zwischen gespeichert wird



Keine Stromproduktion, wenn wenig Strom benötigt wird,
 Wärmebereitstellung erfolgt über den Wärmespeicher oder einem alternativen Wärmeerzeuger



Erdgasnetz



ik AG

Biomethanproduktion

Erdgasspeicher

Biomethanspeicherung

Das Biomethan - KWK

Kosten:

- Biomethanbezugspreis: ca. 7,4 ct/kWh_{H₂} (frei Anlage, exkl. Netzentgelte)
- Strombezug (Eigenstrombedarf ca. 3 %)
- Investitionskosten (BHKW-Technik, Wärmespeicher, IKT)

Erlöse:

a) Festvergütung nach dem EEG (Fest)

+ Erlöse aus dem Wärmeverkauf!

b) EEG-Marktprämie + Stromerlöse (DV)

+ Erlöse aus dem Wärmeverkauf!

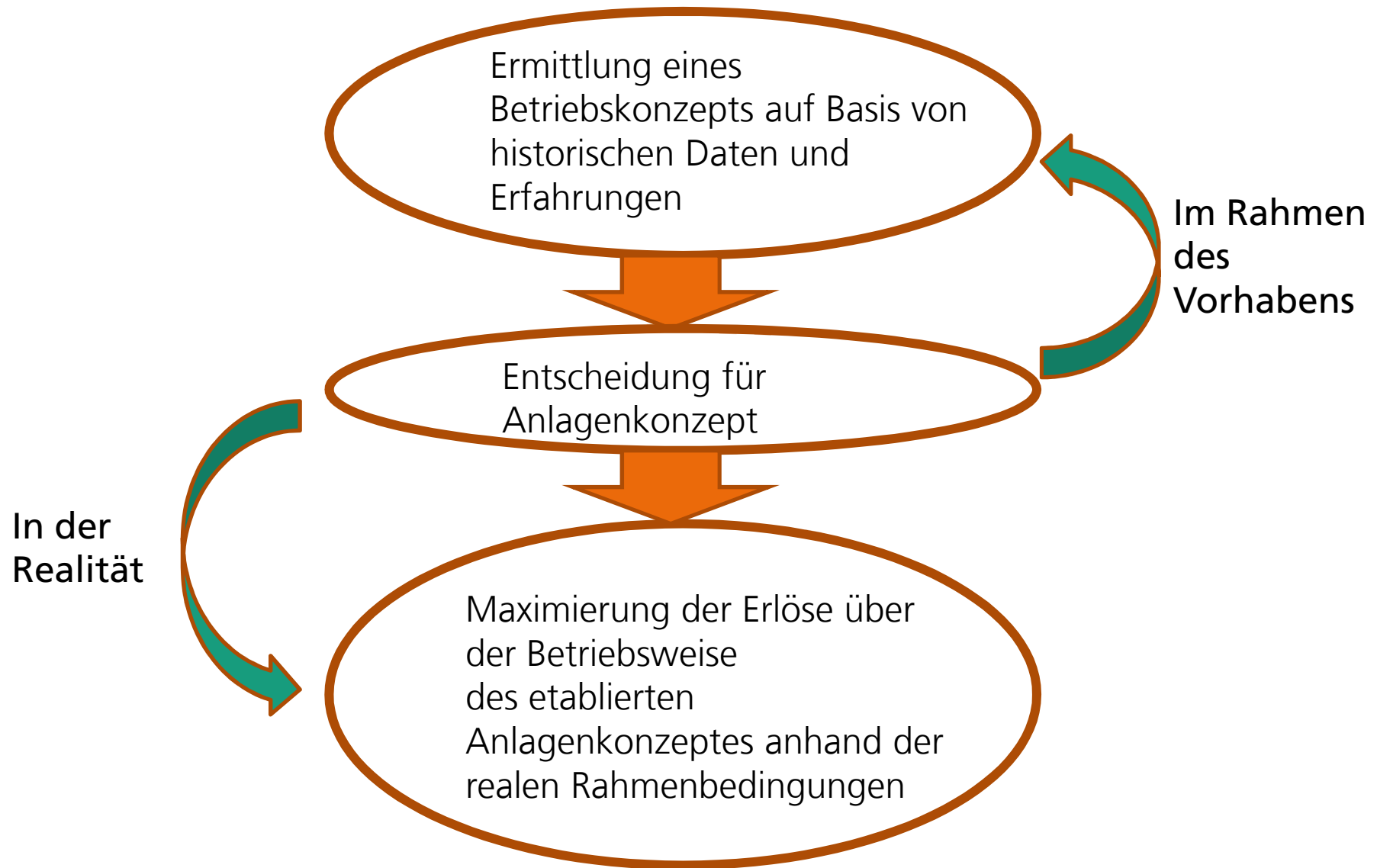
+ Erlöse aus der Regelenergiebereitstellung (wird nachfolgend nicht betrachtet)

c) EEG- Marktprämie + Flexibilitätsprämie + Stromerlöse (DV + Flex)

+ Erlöse aus dem Wärmeverkauf!

+ Erlöse aus der Regelenergiebereitstellung (wird nachfolgend nicht betrachtet)

Auslegung und Betriebskonzept



Betriebskonzepte

Ziel: mit **größtmögliche Wirtschaftlichkeit** (7,5 % Gesamtkapitalrendite) und mit ausreichender Flexibilität, um auf energiewirtschaftliche Änderungen (z. B. durch Energiewende) während der Betriebszeit reagieren können.

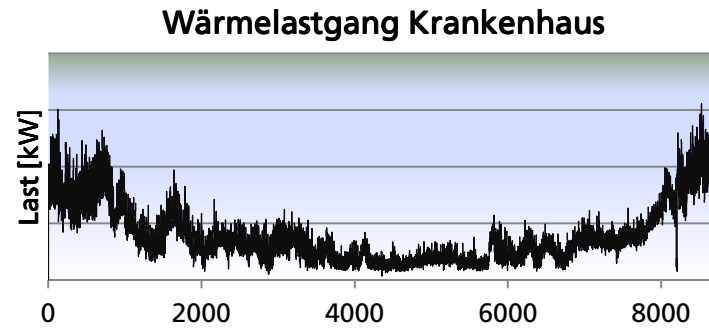
Im Wesentlichen lassen sich drei verschiedene Betriebskonzepte anführen:

- streng **wärmegeführte** Betriebsweise
- **wärmegeführte** Betriebsweise unter **Berücksichtigung des Strompreises**
- **wärme-** und gleichzeitig **stromgeführte** Betriebsweise

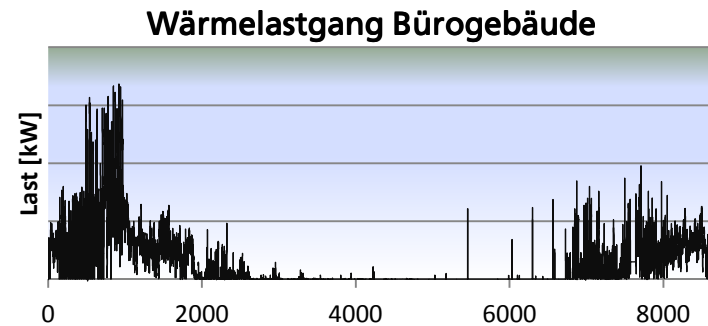
Hinweis: Es sollte vor der Umsetzung Klarheit über das angestrebte Betriebskonzept bestehen, um eine effiziente Anlagenauslegung zu wählen.

Versorgung unterschiedlicher Wärmesenken (Beispiele)

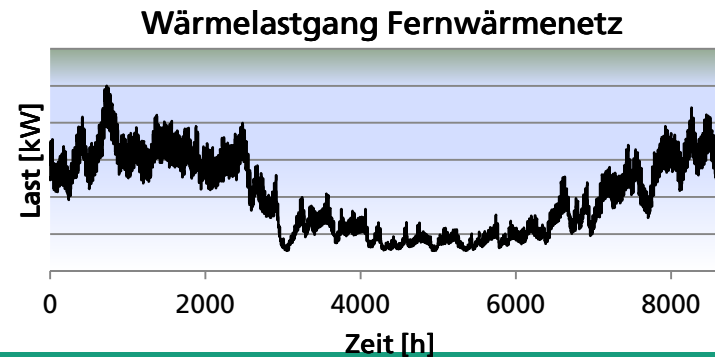
1. Krankenhaus (KKH):



2. Bürogebäude (Büro):



3. Fernwärme (FW):



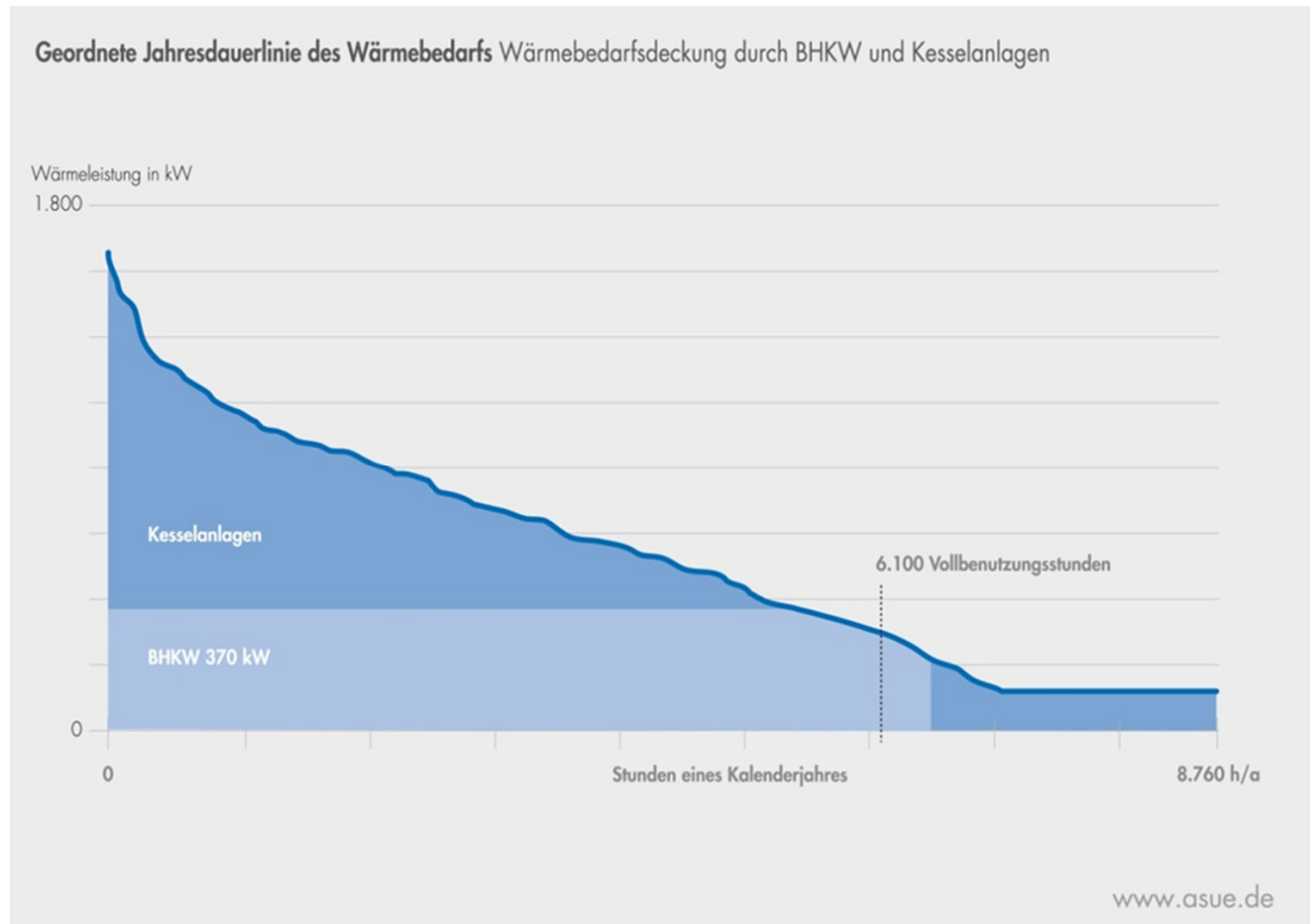
Streng wärmegeführte Betriebsweise (Festvergütung)

- a) optimiert mittels Festpreisvergütung (streng wärmegeführte Betriebsweise)
 - ohne Wärmespeicher
 - Betrieb nur wenn Wärmebedarf größer (oder gleich) als die installierte Leistung ($P_{\text{installiert}}$, Stundenscharf)



Wärmegeführte Betriebsweise

Grundsätzlich „Wenn Wärmebedarf dann Betrieb der Anlage“



Wärmegeführte Betriebsweise (Festvergütung)

Auf einen **Teillastbetrieb** der BHKW wird in dieser Betrachtung **verzichtet**.

BHKW-Größen wurden dabei so ausgelegt, dass eine Auslastung mit etwa **5.500 Vollbenutzungsstunden (VLH)** erreicht wird (in Abhängigkeit der Wärmesenken).

Die **Investitionskosten** wurden **gering gehalten** (z.B. kein Wärmespeicher).

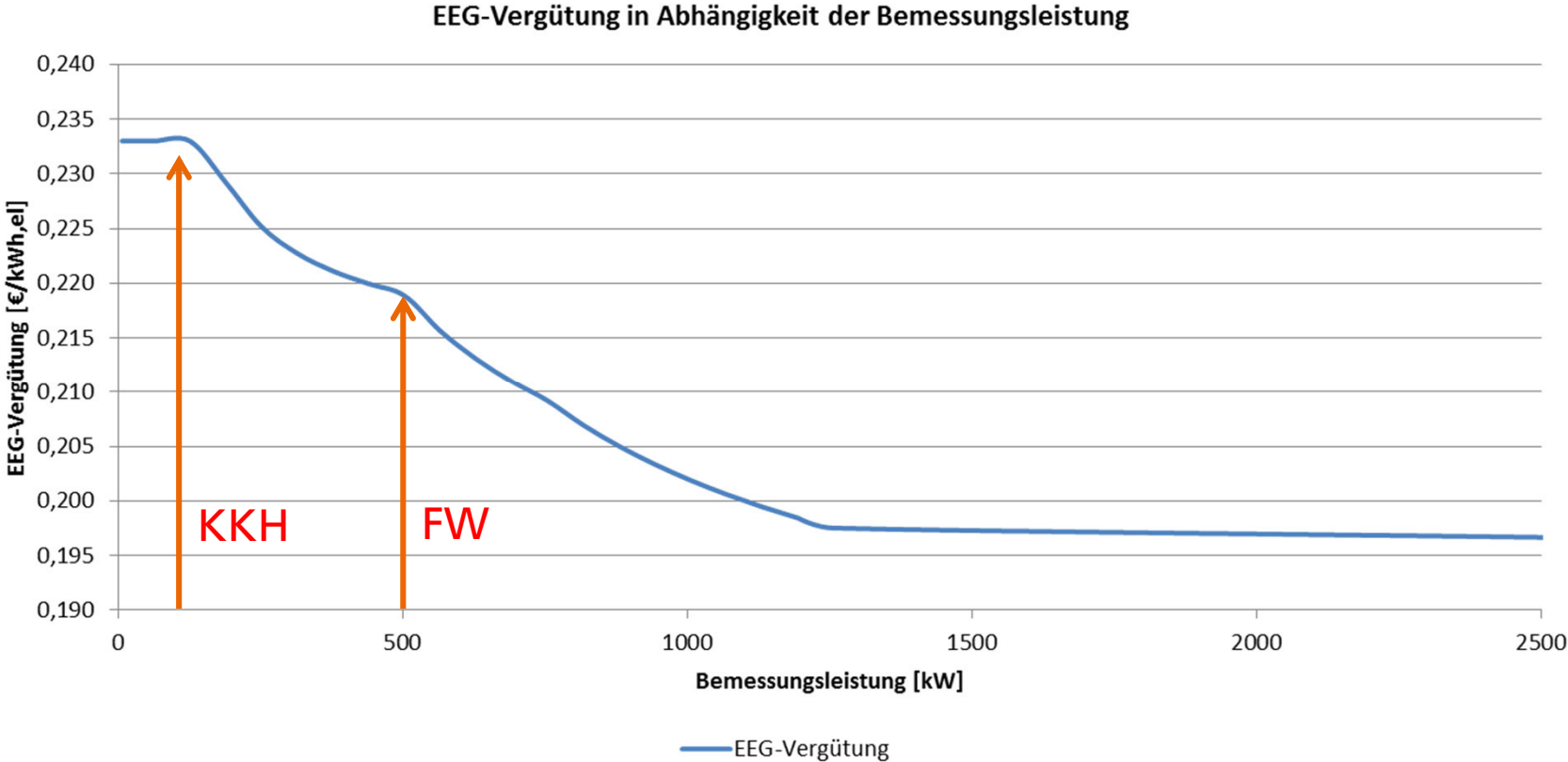
Den Stromerlösen wird der Bezug der **Festvergütung nach dem EEG 2012** unterstellt.

Streng wärmegeführte Betriebsweise (Auslegung in Abhängigkeit der Betriebsweise)

	BHKW			
Modellfall	Leistung el. [kW]	Leistung th. [kW]	Wirkungsgrad el. [Prozent]	Wirkungsgrad th. [Prozent]
Büro	-	-	-	-
KKH	180	250	37,9	52,6
FW	835	1.048	38,9	48,8

Festvergütung für Strom aus Biomethan (Festvergütung)

(Für Biomethan aus: ESK 1, 700 m³/h Aufbereitungskapazität, EEG 2012)



Quelle: EEG 2012, Darstellung IWES

Wärmegeführte Betriebsweise unter Berücksichtigung des Strompreises (Direkt o. Flex)

b) optimiert mittels Direktvermarktung unter Berücksichtigung des Strompreises

→ mit Wärmespeicher

→ benötigter Tageswärmebedarf größer (oder gleich) als die durchschnittliche Wärmeproduktion des BHKW in Vollast in einer Stunde



Wärmegeführte Betriebsweise unter Berücksichtigung des Strompreises

Der Betrieb des BHKW ist in den **Wintermonaten** ebenfalls **rein wärmegeführt**. Dies führt in diesen Zeiten zu einer Vollauslastung des BHKW.

Sinkt **allerdings die tägliche Auslastung** des BHKW, was insbesondere in den Übergangsmonaten der Fall ist, kann durch die Integration eines Wärmespeichers eine **Verlagerung** der Stromerzeugung aus Zeiten niedriger Strompreise in **Hochpreiszeiten** erfolgen.

Ein Wärmespeicher ermöglicht die Entkopplung der Wärmeerzeugung von der Wärmenutzung (zumindest in den Übergangsmonaten) und erlaubt zudem häufig **die Installation eines größer dimensionierten BHKWs**.

Erlöse für den produzierten Strom ergeben sich aus der **Marktprämie** (EEG2012) und den **Erlösen am Strommarkt**. Durch die geschickte Vermarktung in der Übergangszeit können **zusätzliche Erlöse am Strommarkt** generiert werden.

Wärmegeführte Betriebsweise unter Berücksichtigung des Strompreises

Die Dimensionierung führt i.d.R. unter diesen Voraussetzungen dazu, dass analog zur wärmegeführten **Betriebsweise etwa 5.500 Vollbenutzungsstunden pro Jahr** erreicht werden.

Hinweis: Da es aber nach wie vor Zeiträume gibt, in denen das BHKW auf Grund des Wärmebedarfs durchgehend betrieben werden muss, handelt es sich noch um **keine vollflexible Fahrweise**.

Wärmegeführte Betriebsweise unter Berücksichtigung des Strompreises

	BHKW			
Modellfall	Leistung el. [kW]	Leistung th. [kW]	Wirkungsgrad el. [Prozent]	Wirkungsgrad th. [Prozent]
Büro	335	436	39,1	50,7
KKH	405	513	38,8	49,2
FW	2.004	2.054	43,3	44,4

Zusätzliche Vermarktungserlöse: Direkt o. Flex

	KKH	Büro	FW
Maximale Zusatzerlöse	0,43 ct/kWh	0,28 ct/kWh	0,39 ct/kWh
Zusatzerlöse inkl. 40 Prozent Abschlag	0,26 ct/kWh	0,17 ct/kWh	0,23 ct/kWh

Wärmegeführte und stromgeführte Betriebsweise (Direkt m. Flex)

- c) optimiert mittels Direktvermarktung des bedarfsorientiert-produzierten Stromes
 - gleiche Stromproduktion (wie bei Direkt o. Flex)
 - Verdopplung der Leistung gegenüber Direkt o. Flex



Wärme- und stromgeführte Betriebsweise (Direkt m. Flex)

Das unterstellte Anlagenkonzept erlaubt nicht nur die Wärme, sondern auch den Strom **ganzjährig bedarfsorientiert** zur Verfügung zu stellen.

Allerdings sind zwingend **zusätzliche Erzeugungskapazitäten**, also eine höhere BHKW-Leistung, sowie eine deutlich größere Wärmespeicherkapazität notwendig (höhere Investitionen).

Das Betriebskonzept ermöglicht auch in den **Wintermonaten auf Strompreise zu achten** und die Erlöse (am Strommarkt) zu steigern.

Durch die **Mehrerlöse** (am Strommarkt) gepaart mit zusätzliche Einnahmen durch die Flexibilitätsprämie kann der **gestiegene Investitionsbedarf** in Wärmespeicher und BHKW-Überkapazität refinanziert werden.

Wärme- und stromgeführte Betriebsweise

Auslegung erfolgt mit den Anspruch eine **gleichbleibende Wärmeproduktion** (im Vergleich zu Direkt o. Flex) und **Wärmeversorgung** zu erreichen und in etwa die installierte elektrische Leistung zu **verdoppeln**, was wiederum zu einer **Halbierung** der Volllaststunden im Jahr auf ca. 2750 h/a führt.

Die Erlöse für die produzierten Strommengen setzen sich in dieser Betriebsweise aus dem **Verkauf des direktvermarkteten Stroms**, der **Marktprämie** (EEG 2012) und der **Flexibilitätsprämie** (EEG 2012) zusammen.

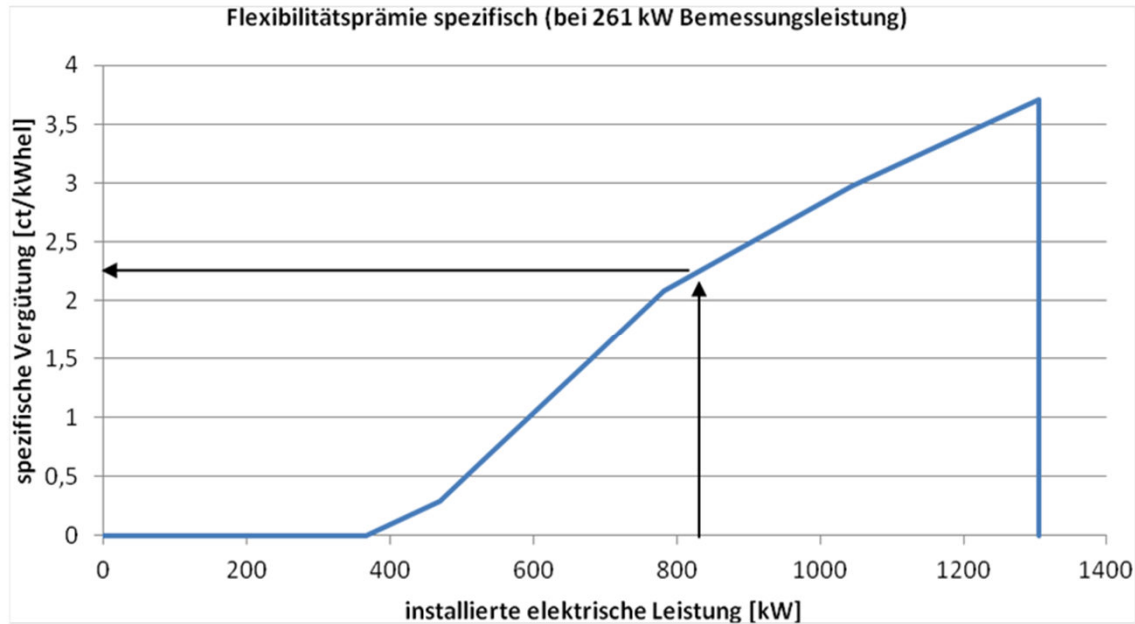
Wärme- und stromgeführte Betriebsweise (Auslegung)

	BHKW			
Modellfall	Leistung el. [kW]	Leistung th. [kW]	Wirkungsgrad el. [Prozent]	Wirkungsgrad th. [Prozent]
Büro	563	600	42,6	45,3
KKH	835	1.048	38,9	48,8
FW	4.029	3.865	44,4	42,6

Vermarktungserlöse: Direkt m. Flex

	KKH	Büro	FW
Maximale Zusatzerlöse	1,19 ct/kWh	0,81 ct/kWh	1,08 ct/kWh
Zusatzerlöse inkl. 40 Prozent Abschlag	0,71 ct/kWh	0,48 ct/kWh	0,65 ct/kWh

Erlöse über die Flexibilitätsprämie (Direkt m. Flex)

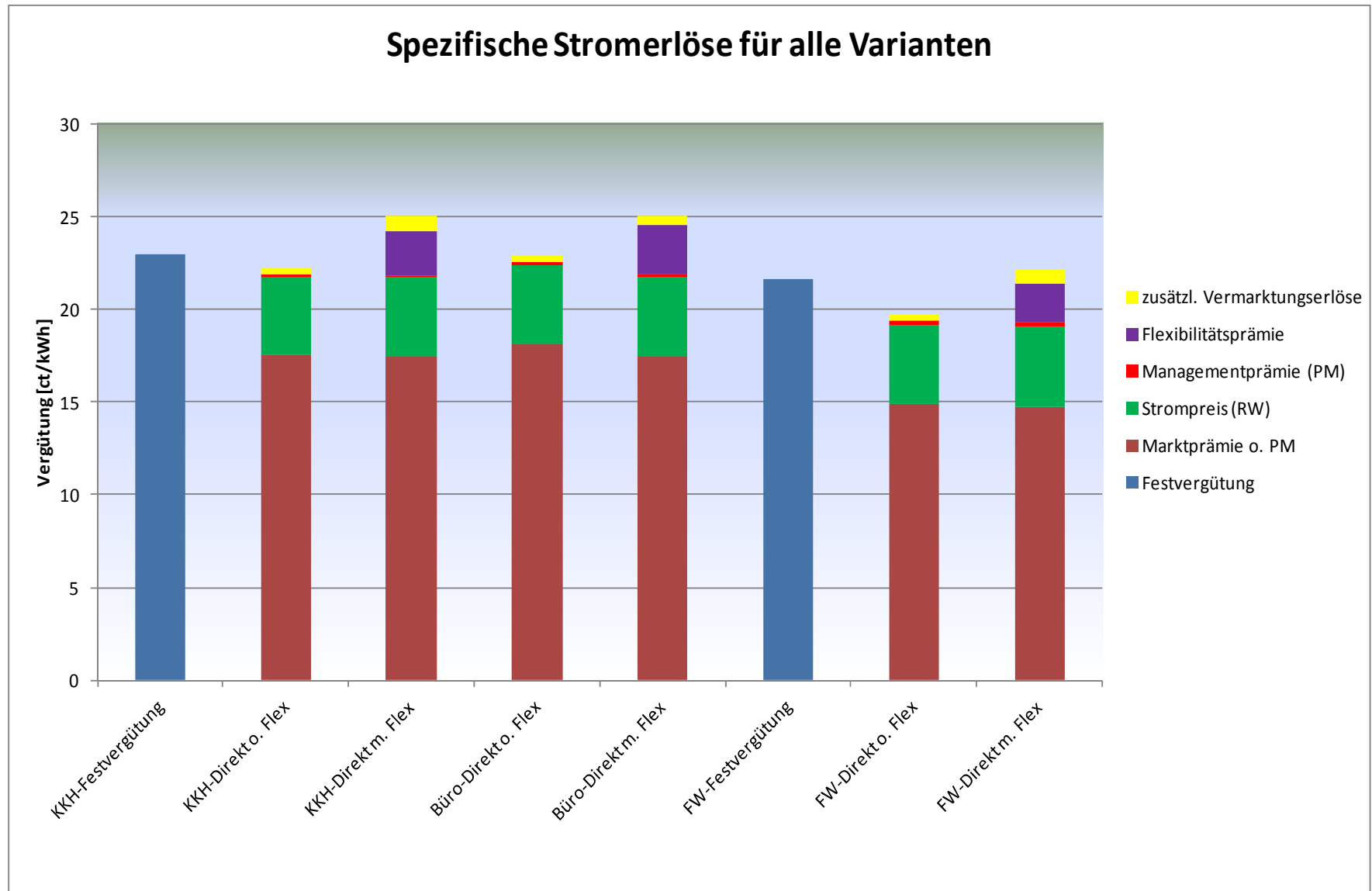


	KKH	Büro	FW
Spezifische Vergütung Flexibilitätsprämie	2,37 ct/kWh	2,62 ct/kWh	2,12 ct/kWh

Vergleich der unterschiedlichen Betriebskonzepte und deren Erlöse



Spezifische Stromerlöse für alle Varianten

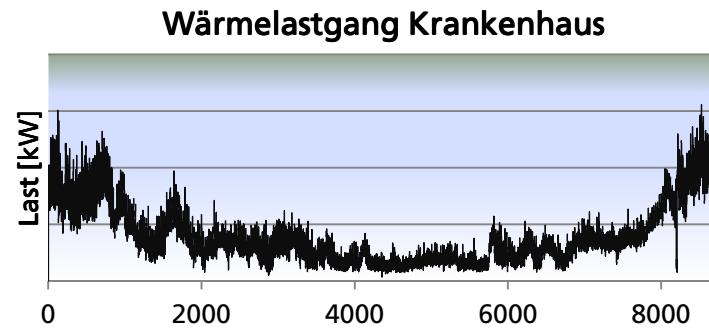


Erforderliche Wärmepreise mittels Biomethan-BHKW Anlagen in Abhängigkeit unterschiedlicher Betriebskonzepte

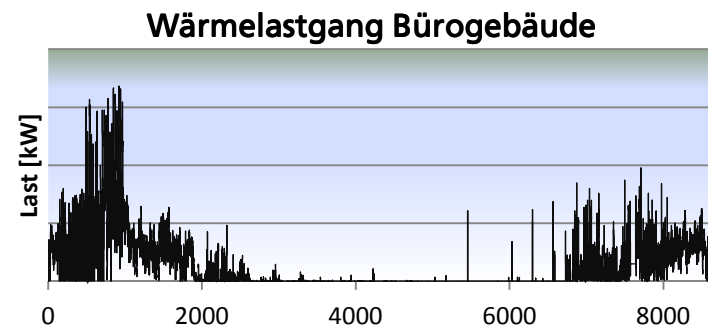


Unter Beachtung der Versorgung von unterschiedlicher Wärmesenken:

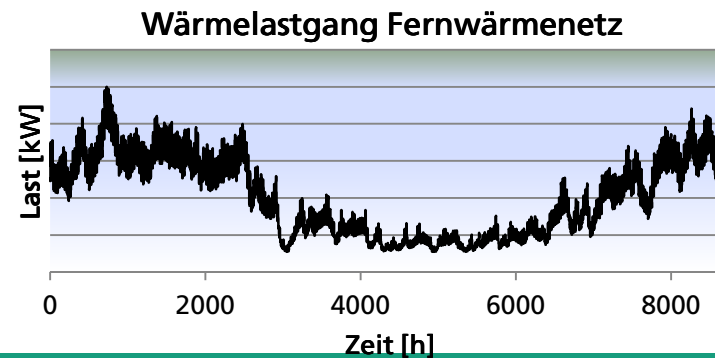
1. Krankenhaus:



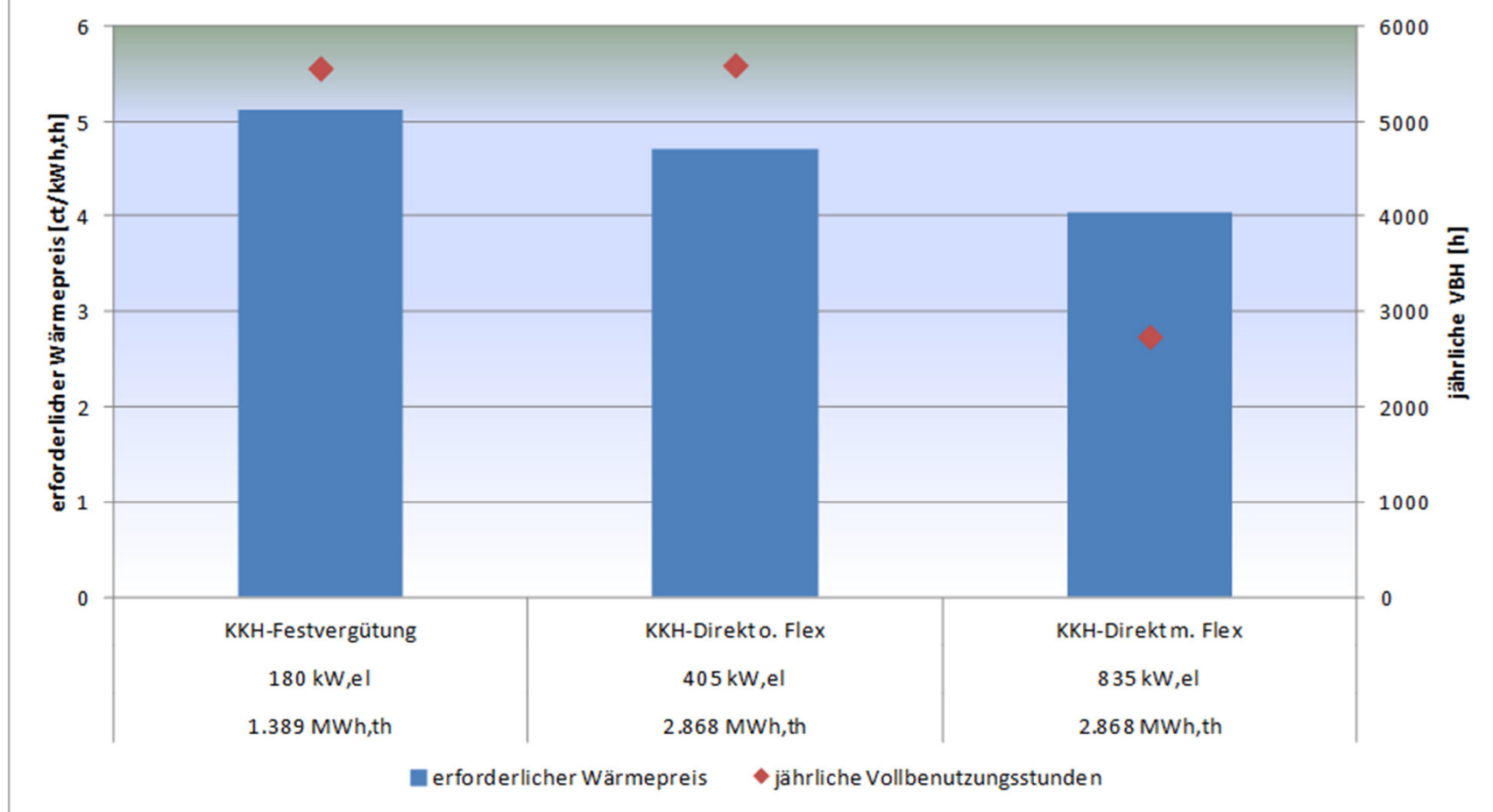
2. Bürogebäude:



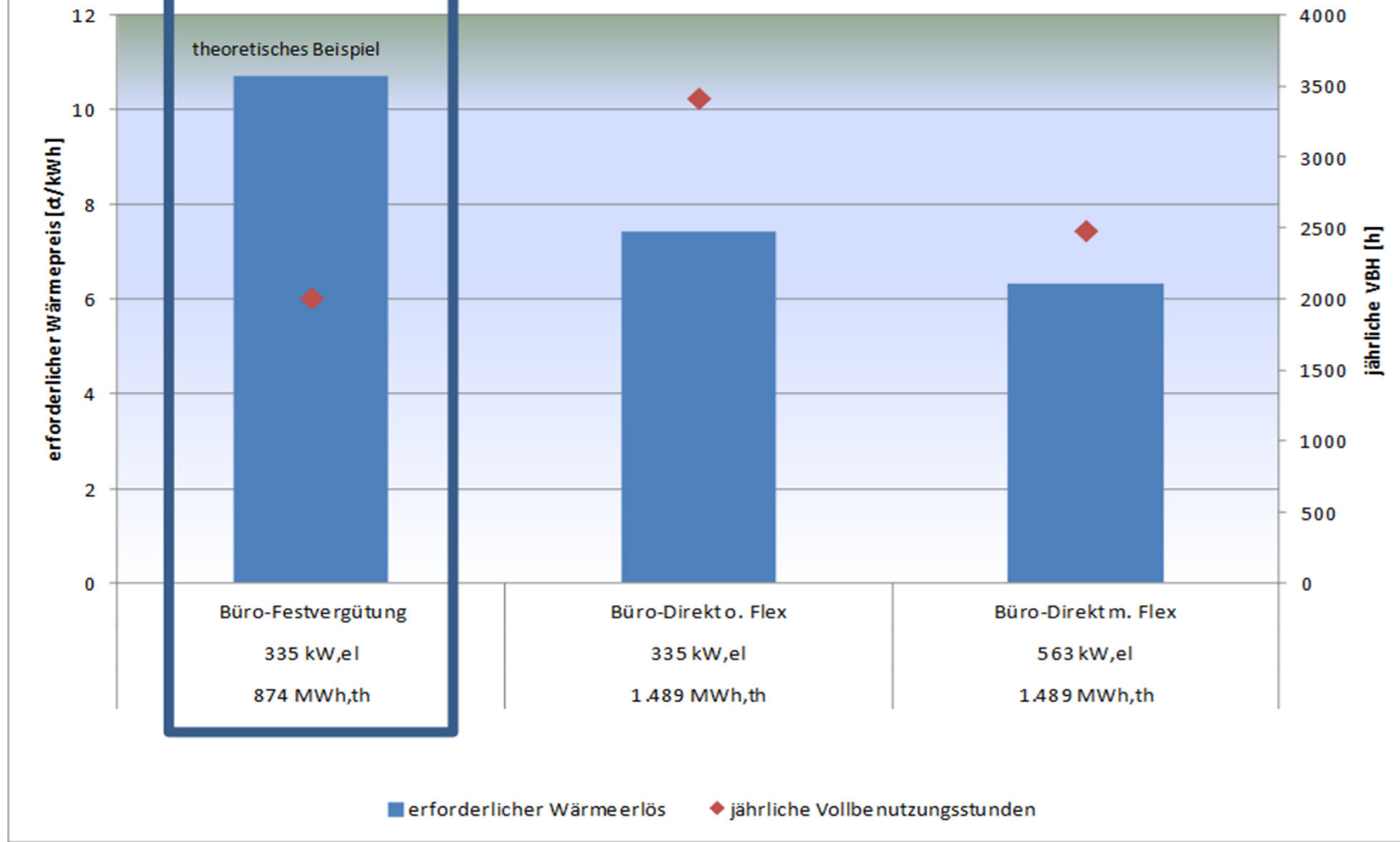
3. Fernwärme:



Erforderlicher Wärmepreis KKH, Betrachtungszeitraum 10 Jahre



Erforderliche Wärmepreise Büro, Betrachtungszeitraum 10 Jahre



Erforderlicher Wärmepreis FW, Betrachtungszeitraum 10 Jahre



Fazit

- Biomethan betriebene BHKW-Anlagen können Wärmesenken mit konkurrenzfähigen und kalkulierbaren Wärmepreisen versorgen.
- Die Wärmepreise hängen vom Betriebskonzept ab.
- Die **flexible** Stromproduktion und gleichzeitige Wärmeversorgung stellt für vielen Wärmesenken eine **interessante Wärmequelle** dar. Wenngleich die Auslegung und der Betrieb dieser Konzepte **komplexer** ist.
- Es können Wärmesenken mit KWK-Wärme versorgt werden, die bis vor kurzer Zeit noch für KWK-Anlagen als uninteressant galten.
- Die Wärmeversorgung mittels Biomethan-KWK ist eine erneuerbare Quelle die den **Primärenergiefaktor (PEF)** weiter reduzieren kann und die **CO2 Emissionen** im Wärme- und gleichzeitig im Strombereich **absenkt**.
- Darüber hinaus können flexible betriebene BHKW-Anlagen einen Beitrag zur **Integration der fluktuierenden EE** leisten und sind somit gut auf weiteren Veränderungen im Energiesystem bei steigenden EE-Anteil vorbereitet.

*„Der graue Himmel, so blau!“
Bestandteil der Serie "Aufzug oder
Treppe. Zukunftsfähige Wege."
Eva-Maria Offermann, 2012*

Wir haben mit
Biomethan KWK
einen
zukunftsfähigen
Weg!

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Vielen Dank für Ihre
geschätzte Aufmerksamkeit!
Und viel Erfolg mit dem
Leitfaden.

Kontakt:

Dipl. -Ing. Uwe Holzhammer
Gruppenleiter Bedarfsorientierte Energiebereitstellung
uwe.holzhammer@iwes.fraunhofer.de
0561 – 7294-439

Dipl. -Wirt.-Ing. Manuel Stelzer
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
manuel.stelzer@iwes.fraunhofer.de
0561 – 7294-301

Bereich: Bioenergie-Systemtechnik
Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES
Königstor 59, 34119 Kassel