

**EnEff:Wärme:  
HybridBOT\_FW - Transformation  
und Betriebsoptimierung von  
Wärmenetzen für die Entwicklung  
hybrider Netzstrukturen zur  
netzdienlichen Quartiersversorgung**

Analyse von Hybriden Energiesystemen

Herausgeber:  
AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V.  
Stresemannallee 30 | D-60596 Frankfurt am Main  
E-Mail: h.huther@agfw.de | Internet: www.agfw.de

Förderkennzeichen: 03EN3041

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Bearbeitung:

AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung mbH  
Stresemannallee 30 | D-60596 Frankfurt am Main  
Telefon: +49 69 6304-416 | Telefax: +49 69 6304-391  
E-Mail: bestellung@agfw.de | Internet: www.agfw.de

Projektpartner:

BBH Consulting AG  
Magazinstraße 15 -16 | 10179 Berlin  
Telefon: +49 30 6112840-910 | Telefax: +49 30 6112840-929  
E-Mail: berlin@bbh-beratung.de | Internet: www.bbh-beratung.de

ENERPIPE GmbH  
An der Autobahn M1 | 91161 Hilpoltstein  
Telefon: +49 9174 976507-0 | Telefax: +49 9174 976507-11  
E-Mail: info@enerpipe.de | Internet: www.enerpipe.de

Fraunhofer IEE  
Joseph-Beuys-Straße 8 | 34117 Kassel  
Telefon: +49 561 7294-1509  
E-Mail: anna.cadenbach@iee.fraunhofer.de | Internet: www.iee.fraunhofer.de

Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e. V. (IKEM)  
Magazinstraße 15 -16 | 10179 Berlin  
Telefon: +49 30 4081870-10 | Telefax: +49 30 4081870-29  
E-Mail: info@ikem.de | Internet: www.ikem.de

Stadtwerke Neuburg a. d. Donau  
Heinrichsheimstraße 2 | 86633 Neuburg a. d. Donau  
Telefon: +49 8431 509-0  
E-Mail: info@stadtwerke-neuburg.de | Internet: www.stadtwerke-neuburg.de

Hinweis:

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter den Förderkennzeichen 03EN3041 (A, B, C, D, E, F) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren. Trotzdem kann von den Autoren, den Herausgebern und dem Verlag keine Haftung für etwaige Fehler übernommen werden. Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung der Herausgeber gestattet.

November 2023

© AGFW, Frankfurt am Main

# Forschungsvorhaben HybridBOT\_FW

„Transformation und Betriebsoptimierung von Wärmenetzen für die Entwicklung hybrider Netzstrukturen zur netzdienlichen Quartiersversorgung“

## Zwischenstandsbericht zum Arbeitspaket 1 – Analyse von Hybriden Energiesystemen

- Betriebsstrategien und Geschäftsmodelle in Forschung und Praxis
- Anforderungen, Hemmnisse und Potenziale
- aktuelle regulatorische und technische Rahmenbedingungen für die Sektorenkopplung

**Förderkennzeichen:** 03EN3041 A bis F

**Laufzeit des Vorhabens:** 01.07.2021 – 30.06.2025

### Projektpartner:

AGFW | Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung mbH (AGFW)

Becker Büttner Held Consulting AG (BBH Consulting AG)

ENERPIPE GmbH (ENERPIPE)

Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik (IEE)

Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V. (IKEM)

Stadtwerke Neuburg a. d. Donau (SWND)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	3
Abbildungsverzeichnis.....	4
Tabellenverzeichnis.....	4
Zusammenfassung.....	5
1 Zielsetzung, Vorgehensweise und Aufgabenstellung.....	6
1.1 Vorgehensweise gesamt.....	6
1.2 Aufgabenstellung Zwischenstandsbericht.....	6
2 Begriffe im Projektkontext.....	7
3 Analyse von in Forschung und Praxis umgesetzten bzw. untersuchten Betriebsstrategien und Geschäftsmodellen.....	8
3.1.1 OrPHEuS Projekt [3].....	8
3.1.2 EcoGrid EU-Projekt [4], [5].....	9
3.1.3 Netzreaktive Gebäude [6], [7].....	10
3.1.4 IEA EBC Annex 67 Energy Flexible Buildings [8].....	12
3.1.5 InnoNEX [9].....	13
3.1.6 Zusammenfassung.....	15
4 Aktuelle regulatorische und technische Rahmenbedingungen für die Sektorenkopplung.....	18
4.1 Aktuelle regulatorische Rahmenbedingungen für die Sektorenkopplung.....	18
4.2 Aktuelle technische Rahmenbedingungen für die Sektorenkopplung.....	20
5 Literaturverzeichnis.....	23

## Abkürzungsverzeichnis

<b>BHKW</b>	Blockheizkraftwerk
<b>CO<sub>2</sub></b>	Kohlenstoffdioxid
<b>DSO</b>	Distribution System Operator (Verteilnetzbetreiber)
<b>EBC</b>	Energy in Buildings and Communities Programme
<b>EE</b>	Erneuerbare Energien
<b>EnWG</b>	Energiewirtschaftsgesetz
<b>HybridBOT_FW</b>	Verbundvorhaben EnEff:Wärme: HybridBOT_FW – Transformation und Betriebsoptimierung von Wärmenetzen für die Entwicklung hybrider Netzstrukturen zur netzdienlichen Quartiersversorgung
<b>IEA</b>	International Energy Agency
<b>KWK</b>	Kraft-Wärme-Kopplung
<b>PV</b>	Photovoltaik
<b>TABS</b>	thermisch aktivierte Bauteilsysteme
<b>TSO</b>	Transmission System Operator (Übertragungsnetzbetreiber)
<b>WP</b>	Wärmepumpe(n)

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Begriffshierarchie .....	7
---------------------------------------	---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Sicht der Zielgruppen auf Energieflexibilität (nach [ [8], S. 82], dortige Table 8.1, eigene Übersetzung).....	13
Tabelle 2: Zusammenfassung zur Betriebsstrategie aus den ausgewerteten Datenquellen .....	16
Tabelle 3: Zusammenfassung zu Geschäftsmodellen aus den ausgewerteten Datenquellen.....	16
Tabelle 4: Zusammenfassung zu Hemmnissen und deren Auswirkungen aus den ausgewerteten Datenquellen .....	17
Tabelle 5: Zusammenfassung zu Potenzialen aus den ausgewerteten Datenquellen .....	17
Tabelle 6: Übersicht zu technischen Rahmenbedingungen der Sektorenkopplung.....	21

## Zusammenfassung

Der Fokus im Projekt HybridBOT\_FW liegt auf der Kopplung des Sektors „Strom“ mit dem Sektor „Wärme“; konkret Fernwärme. Der nachfolgende Zwischenstandsbericht gibt als Vorarbeit hierfür einen Überblick zu umgesetzten Betriebsstrategien und Geschäftsmodellen im Kontext der Sektorenkopplung oder hybrider Energiesysteme anhand fünf konkreter Projektbeispiele. Daraus wurden Anforderungen, Hemmnisse und Potenziale abgeleitet. Ergänzend sind aktuelle regulatorische und technische Rahmenbedingungen für die Sektorenkopplung dargestellt. Ein Ziel des Projektes, ist es, die regulatorischen Hemmnisse weiter aufzuarbeiten. Darauf aufbauend sollen dann in der weiteren vertiefenden Projektbearbeitung rechtliche sowie technisch-normative Möglichkeiten aufgezeigt werden, um geeignete Rahmenbedingungen für sektorenübergreifende Betriebsstrategien zu schaffen.

Der Überblick zu umgesetzten Betriebsstrategien und Geschäftsmodellen zeigt, dass die Sektorenkopplung Vorteile verschiedener Art bieten kann, wie zum Beispiel CO<sub>2</sub>-Einsparungen oder Netzdienlichkeit durch Spitzenlastreduktion. Ebenso sind darauf aufbauend Geschäftsmodelle möglich, wie zum Beispiel variable Stromtarife. Es wird aber auch deutlich, dass die derzeitigen regulatorischen Rahmenbedingungen im Sektor „Strom“, wie zum Beispiel projektspezifisch wirtschaftlichkeitsreduzierende Letztverbraucherabgaben oder (informatrische) Entflechtung, die Sektorenkopplung, die auf eine stärkere Integration und netzdienliche Verknüpfung der Sektoren abzielt, erschweren.

Die identifizierten und dargestellten technischen Rahmenbedingungen sind im jeweils konkreten Fall zu erheben/zu berücksichtigen beziehungsweise zu klären. Die zugehörige tabellarische Zusammenstellung kann eine Hilfe für die Umsetzung weiterer Projekte geben. Die Punkte stellen eine Übersicht dar und sind auf den jeweiligen Projektkontext abzustimmen sowie zwischen und durch die Fachbeteiligten projektspezifisch zu vertiefen und zu erheben.

# 1 Zielsetzung, Vorgehensweise und Aufgabenstellung

Hauptziel des Verbundvorhaben EnEff:Wärme: HybridBOT\_FW – Transformation und Betriebsoptimierung von Wärmenetzen für die Entwicklung hybrider Netzstrukturen zur netzdienlichen Quartiersversorgung (HybridBOT\_FW) ist es, die Möglichkeiten der Betriebsoptimierung von Wärmenetzen als Teil eines hybriden Energiesystems (siehe Abschnitt 2) aufzuzeigen.

## 1.1 Vorgehensweise gesamt

Konkret soll dies durch die Entwicklung eines erzeugungsorientierten beziehungsweise netzdienlichen Betriebs von zwei existierenden physikalisch getrennten Energiesystemen erfolgen. Das erste Energiesystem stammt aus dem Sektor “Strom” (elektrische Energiesysteme). Das zweite Energiesystem stammt aus dem Sektor “Wärme” (thermische Energiesysteme).

Um die Aufgabe zu bewältigen, werden Ansätze für den optimierten und integrierten Betrieb entwickelt, erprobt, evaluiert und implementiert. Konkret erfolgt dies durch die Zusammenführung von elektrischen Verteilnetzen und Fernwärmenetzen. Dabei sind die technischen, wirtschaftlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen zu berücksichtigen.

## 1.2 Aufgabenstellung Zwischenstandsbericht

Um die Grundlagen hierfür zu schaffen, umfasst das Arbeitspaket 1 – Analyse von Hybriden Energiesystemen im Kontext sektorübergreifender und netzdienlicher Quartiersversorgung unter anderem folgende Teilaufgaben:

- » Analyse von bereits in der Forschung/Praxis umgesetzten Betriebsstrategien und Geschäftsmodellen im Kontext der Sektorenkopplung oder hybrider Energiesysteme.
- » Erfassung aktueller regulatorischer und technischer Rahmenbedingungen für die Sektorenkopplung
- » Zusammenführung der gewonnenen Erkenntnisse in Form eines Zwischenstandsberichtes bezüglich Anforderungen, Hemmnissen und Potenzialen von hybriden Energiesystemen

Der Zwischenstandsbericht wird mit diesem Dokument vorgelegt.



## 2 Begriffe im Projektkontext

In der Projektbearbeitung spielen verschiedene Begriffe eine zentrale Rolle. Die Begriffe stehen zudem in einem hierarchischen Zusammenhang. Die untenstehende Abbildung 1 zeigt dies. Sie ist von außen nach innen beziehungsweise von links nach rechts zu lesen.

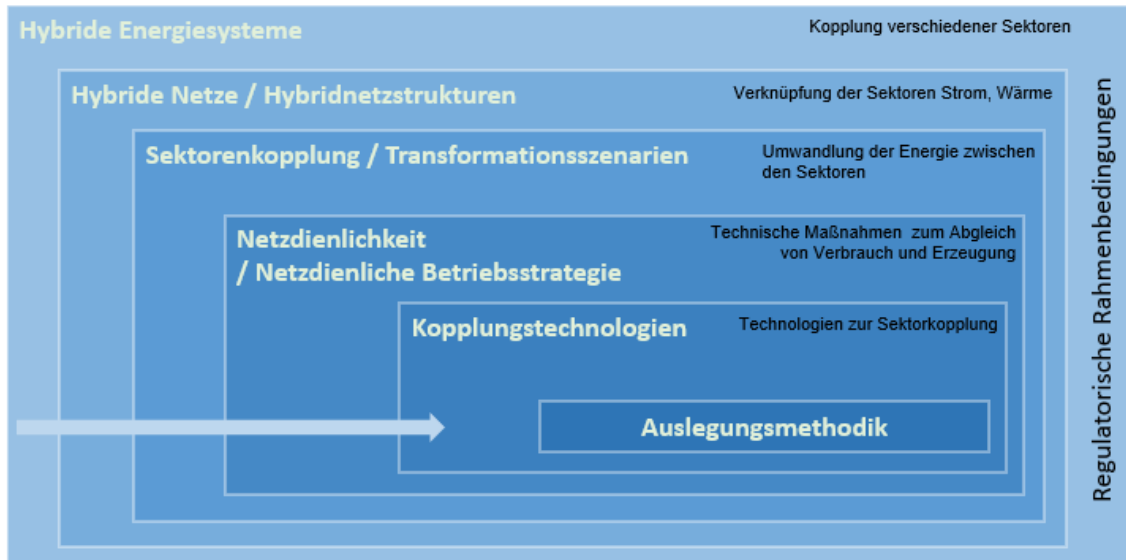


Abbildung 1: Begriffshierarchie

Die Forschungspartner haben in einem mehrere Phasen umfassenden Prozess diese wichtigen Begriffe im Projektkontext definiert und im **Dokument „Wichtige Definitionen im Projektkontext“** veröffentlicht [1]. Die Definitionen helfen einem gemeinsamen Verständnis, aber auch einem gemeinsamen Sprachgebrauch.

Für das bessere Verständnis wird nachfolgend auf die Begriffe

- » Hybrides Energiesystem und
- » Transformation

eingegangen.

Im Projektkontext ist ein **Hybrides Energiesystem** wie folgt definiert [1]:

*Unter **Hybriden Energiesystemen** verstehen wir ein sich durch Kopplung von aus verschiedenen Sektoren stammenden Erzeugern, Verbrauchern und Speichermöglichkeiten ergebendes Energiesystem. Die Kopplung der Erzeuger, Verbraucher und Speichermöglichkeiten sowie die Konversion der Energie erfolgt mit zentraler und/oder dezentraler Anlagentechnik im Hybriden Netz. Die Erzeugung basiert auf Erneuerbaren Energiequellen und/oder unkonventioneller, dezentraler Energieerzeugung.*

Die **Transformation** dient dazu, die **Dekarbonisierung** als Umweltwirkung, also die Senkung des Kohlenstoffdioxidausstoßes, zu ermöglichen; dies geschieht durch die Einbindung von klimaneutralen Energiequellen (siehe oben). Die Transformation selbst umfasst die Umwandlung des gesamten Versorgungssystems. Dies betrifft oftmals die bestehende Infrastruktur als auch organisatorische Abläufe, die dann die Transformationsmaßnahmen bilden. [2]

### **3 Analyse von in Forschung und Praxis umgesetzten bzw. untersuchten Betriebsstrategien und Geschäftsmodellen**

Für die Analyse von in Forschung und Praxis umgesetzten beziehungsweise untersuchten Betriebsstrategien und Geschäftsmodellen wurde im Forschungskonsortium eine Projekt- und Literatursammlung vorgenommen sowie Erfahrungswissen zusammengetragen und intern dokumentiert.

Die Datenquellen wurden in Hinblick auf Inhalten zu Betriebsstrategien und Geschäftsmodellen ausgewertet. In den nachfolgenden Abschnitten sind zugehörige wesentliche Elemente komprimiert dargestellt. Für die Einzelheiten wird auf die jeweilige(n) Quelle(n) verwiesen.

#### **3.1.1 OrPHEuS Projekt [3]**

Im OrPHEuS-Projekt wurden anhand zweier Demonstrationsstandorte in Ulm (Deutschland) und Skellefteå (Schweden) Untersuchungen zu hybriden Energiesystemen durchgeführt.

Der Grundansatz in Ulm war, elektrische Energie aus PV-Anlagen durch die Installation von Elektroboilern zur Warmwasserbereitung in Verbindung mit Wärmespeichern auf Haushaltsebene in Zeiten von Überproduktion zu nutzen. Ein weiterer, zukunftsgerichteter Ansatz war die Anbindung an das Fernwärmenetz in Ulm und die Verwendung eines an dieses angeschlossenen großmaßstäblichen Elektroboilers und Wärmespeichers.

Der Grundansatz in Skellefteå war, Wärme aus ölbefeuerten Spitzenlastkessel durch Wärme auf Basis biomassebasierter elektrischer Energie aus KWK und lokalen Windparks zu ersetzen. Die elektrische Energie wird für einen großmaßstäblichen Elektroboiler verwendet. Ein weiterer, zukunftsgerichteter Ansatz bezieht ein Rechenzentrum (Stromverbraucher, Wärmeerzeuger), eine Wärmepumpe und einen Batteriespeicher mit ein.

Es wurden für beide Standorte verschiedene Betriebsstrategien mit zusätzlichen Variationen im Spannungsfeld zwischen Kosten und Komplexität untersucht. Die zukunftsgerichteten Ansätze werden hier und im Weiteren nicht dargestellt.

- Ulm - dezentralisiert: Elektroboiler nur in Haushalten mit PV-Anlagen; Betrieb, wenn die Energieproduktion den Haushaltsverbrauch übersteigt; Stromnetzeinspeisung, wenn der Wärmespeicher voll ist

Ulm - zentralisiert: Vollständige Überwachung des Strom- und Wärmenetzes mit Sensoren und Smart Metern; alle Haushalte sind mit Elektroboilern ausgerüstet

Ergebnis: Beide Ansätze verbrauchen Überschussstrom und reduzieren die Produktionsdrosselung sowie Überlastzeiten im Niederspannungsnetz, haben aber auch ihre Grenzen mit zunehmenden Zubau von PV-Anlagen; die Grenze kann durch Nutzung der Wärme für Heizungszwecke verschoben werden.

- Skellefteå I: Ersatz der ölbefeuerten Spitzenlastkessel durch Abdeckung des Spitzenlastbedarfs mittels des großmaßstäblichen Elektroboilers
- Skellefteå II: Minimierung der jährlichen Betriebskosten - Einsatz der Spitzenlastkessel zu Zeiten möglich, wenn wirtschaftlich günstiger als der Einsatz des Elektroboilers

Ergebnis: Der Kostenminimierungsansatz (Skellefteå II) ist vorzuziehen, da er mit erheblichen CO<sub>2</sub>-Einsparungen einhergeht und gleichzeitig Flexibilität bei sehr hohem Wärmebedarf bietet, den der Elektroboiler nicht allein decken kann.

In Hinblick auf das Geschäftsmodell gilt für Ulm: Das Vorgehen führt in der Gesamtbetrachtung zu reduzierter Einspeisevergütung bei aber verringerten Gesamtkosten durch reduzierten Brennstoffverbrauch. Dies erfordert ein Geschäftsmodell, bei dem die Haushalte ohne PV-Anlage die Haushalte mit PV-Anlage für die reduzierte Einspeisevergütung kompensieren, da sie von der Reduktion des Brennstoffverbrauchs ebenfalls profitieren. Ein Ansatz ist die leichte Erhöhung und Variation der fixen und variablen Bestandteile der Stromkosten, die an den lokalen Versorger gezahlt werden.

Insgesamt stehen für Geschäftsmodelle Hemmnisse aus den regulatorischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen im Raum, die sich negativ auswirken. Ein Beispiel sind die Netzgebühren und Stromsteuern für Power-to-heat-Technologien, die dazu führen, dass dadurch die Geschäftsmodelle am wirtschaftlichsten sind, bei denen diese vermieden werden können.

### **3.1.2 EcoGrid EU-Projekt [4], [5]**

Im EcoGrid EU-Projekt [4] wurde auf der dänischen Insel in Bornholm der Feldtest des EcoGrid EU-Echtzeit-Marktes für smarte Stromverteilungsnetzwerke mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energiequellen durchgeführt.

Obwohl nicht direkt benannt, findet Sektorenkopplung statt und es besteht ein Hybrides Energiesystem, da ein Großteil der Kunden über Elektroheizung verfügt oder Wärmepumpen installiert hat. Die Kunden konnte entweder manuell auf das Preissignal reagieren oder sie wurden automatischen Heizungssteuergeräten ausgestattet. Die (thermischen) Komfortkriterien wurden über die thermische Trägheit der Gebäude im Falle der automatisierten Steuerung erreicht.

Der Grundansatz ist, das Stromversorgungssystem durch ein regelmäßig aktualisiertes und mitgeteiltes Echtzeitpreissignal auszugleichen. Der Preis steigt bei einem Leistungsdefizit und fällt bei einem Leistungsüberschuss. Der Preis wird gebotslos in einem closed-loop-Ansatz unter Berücksichtigung der Verbraucherreaktion auf das vorausgegangene 5-Minuten-Preis-Signal ermittelt und mitgeteilt. Dies kann als Geschäftsmodell und netzdienliche Betriebsstrategie gewertet werden. Die Umsetzung fand im Kontext des nordischen Strommarktes statt. Aufgrund der regulatorischen Rahmenbedingungen konnte nicht der tatsächliche Preis verwendet werden. Es kam ein künstlicher Preis zum Einsatz.

Es konnte gezeigt werden, dass die Kundenreaktion auf ein Echtzeit-Preissignal dazu beitrug, das Stromversorgungssystem durch Spitzenlastreduktion zu stabilisieren, speziell infolge der automatisierten und halbautomatisierten Steuerung.

Gesamtgesellschaftlich entsteht dabei ein Kostenvorteil für alle Stromkunden, auch wenn Sie nicht auf Preissignale reagieren, da durch die Kunden, die auf Preissignale reagieren, Spitzen- und Durchschnittsmarktpreise sinken.

In der EcoGrid EU Replication Roadmap [5] werden Empfehlungen zur weiteren Umsetzung gegeben, wobei Kunden, Technologie, Märkte und regulatorische Rahmenbedingungen adressiert werden. Auf Einzelheiten wird hier nicht eingegangen. Hintergrund ist, dass die momentanen Marktrahmenbedingungen die Einführung eines einzigen Standard EcoGrid EU-Konzeptes nicht erlauben. Der Regulierung und Standardisierung werden eine kritische Rolle für die Erreichung intelligenter Netze zugeschrieben.

### **3.1.3 Netzreaktive Gebäude [6], [7]**

Übergeordnetes Ziel war es, Gebäude beziehungsweise große Gebäudegruppen in einem zukünftigen intelligenten Stromnetz als Teil des Energiesystems unter primärenergetischen, exergetischen und energiewirtschaftlichen Gesichtspunkten zu betrachten.

Die Sektorenkopplung und das Hybride Energiesystem bestehen darin, dass lokale Stromüberschüsse mittels dezentralen Wärmepumpen (WP) genutzt werden; zusätzlich wurde die Gebäudemasse zusammen mit thermisch aktivierten Bauteilsystemen (TABS) als Speicher betrachtet.

Es wurden vier Ansätze untersucht:

- Ansatz 1 – Fuel Switch: In Abhängigkeit des Netzsignals Residuallast wird die Betriebsfolgeschaltung der Wärmeerzeuger Wärmepumpe und Spitzenlastkessel sowie BHKW (KWK-Fall in der Heizsituation) angepasst.
- Ansatz 2 – (Thermische) Speicher: In Abhängigkeit der Lastkurven werden Wasserspeicher (Heizlast) und Batterien (Stromlast) entladen und in Zeiten des günstigsten Netzsignals geladen.
- Ansatz 3 – Gebäudemasse als Speicher: Thermische Energie wird in das Wärmeübergabesystem TABS übergeben; die Übergabe der Wärmemenge erfolgt in den Zeiträumen mit dem günstigsten Netzsignal
- Ansatz 4 – Nutzung von Stromspeichern (Batteriespeicher)

Die Betriebsstrategien der Ansätze mit ausgewählten Vor- und Nachteilen sind wie folgt:

- Ansatz 1 – Fuel Switch: Liegenschaften mit ca. 60.000 qm werden durch vier BHKW versorgt. Diese werden so betrieben, dass sie den Strombedarf der Liegenschaften decken. In Abhängigkeit der Einspeisung von Erneuerbaren Energien wird die Netzeinspeisung beziehungsweise der Netzbezug maximiert. Kälte kann über eine Kompressionskältemaschine oder über BHKW-Abwärme (Adsorptionskältemaschine) bereitgestellt werden. Netzdienlich können so 600 kW<sub>el</sub> zusätzlich vom Netz bezogen werden beziehungsweise 400 kW zusätzlich eingespeist werden.
- Ansatz 2 – (Thermische) Speicher: Der netzoptimierte Betrieb der Wärmepumpe kann durch mehrere zusätzliche Volllaststunden Speicherkapazität erreicht werden. Es kann eine netzoptimale Wärmeenergieerzeugung an ca. der Hälfte der Betriebstage mit einem geringeren Speichervolumen bei einem bestimmten Temperaturunterschied zwischen Vorlauf und Rücklauf erreicht werden. Es sind hierfür aber Dimensionierungsvorschriften für Wärmespeicher anzupassen. Wärme- und Mischungsverluste für größere Speicher sind genauer zu bewerten.
- Ansatz 3: – Gebäudemasse als Speicher: Thermische Simulationsrechnungen haben ergeben, dass der Raumkomfort eines Bürogebäudes bei "netzoptimaler" Beladung der TABS an der Mehrzahl der Tage ohne Abweichung erreicht werden kann. Allerdings treten während der Übergangszeit und im Sommer höhere Schwankungen der Raumtemperaturen auf. Die Nutzung der Gebäudemasse ist in diesen Zeiten nur eingeschränkt möglich.
- Ansatz 4: Batteriespeicher erlauben es, den Strombezug der Gebäude auf Abruf für kurze Zeit zu erhöhen beziehungsweise abzusenken. Dabei sind sie unabhängig vom Wärme- und Kältesektor betreibbar, ganzjährig nutzbar sowie relativ schnell beladbar

und entladbar; gegenüber thermischen Speichern sind sie in der Gesamtbetrachtung aktuell deutlich kostenintensiver bei geringerer Lebensdauer.

Um Betreibern kleinerer Anlagen die Teilnahme an den Strom- und Regelleistungsmärkten wirtschaftlich sinnvoll zu ermöglichen, kann ein Dienstleistungsmodell dienen. Die Vermarktung der netzdienlichen Verbraucher und Erzeuger an der Strombörse übernimmt ein Dienstleister oder Contractor. Fasst dieser Gebäude beziehungsweise Quartiere zu virtuellen Kraftwerken als direkte Akteure am Energiemarkt zusammen, kann auch dies ein Geschäftsmodell sein. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, das EE-Stromüberangebot durch variable Stromtarife zu vermarkten und so Flexibilitätspotenziale zu erschließen.

### **3.1.4 IEA EBC Annex 67 Energy Flexible Buildings [8]**

In diesem Projekt wurde die Energieflexibilität von Gebäuden und deren Potenziale für Energienetze untersucht.

Die Sektorenkopplung und das Hybride Energiesystem bestehen zwischen dem Stromsektor und verschiedenen Möglichkeiten in Gebäuden:

- lastverschiebbare und laststeuerbare Verbraucher (Geschirrspüler, Waschmaschinen, Heizungs- Lüftungs- und Kühlungskomponenten sowie Beleuchtung)
- thermische Gebäudemasse und deren Steuerung
- Komponenten des lokalen Energiesystems, Umwandlung (zum Beispiel. KWK, WP) und Speicherung (Warmwasserspeicher, Batteriespeicher usw.)

Die sich daraus ergebenden Möglichkeiten der Energieflexibilität von Gebäuden stellen eine vielversprechende Lösung zur Verbesserung des Energiebedarfsmanagements und der Laststeuerung dar. Dabei spielen externe Einflussfaktoren wie Wetterbedingungen, Verfügbarkeit erneuerbarer Energien, Netzanforderungen, Nutzerbedürfnisse und Marktbedingungen eine Rolle.

In Hinblick auf die Betriebsstrategie kann die entwickelte Methodik zur Quantifizierung und Darstellung der Energieflexibilität einzelner Gebäude und Gebäudecluster genannt werden. Den Kern bildet eine Flexibilitätsfunktion. Diese erlaubt es, als zum Beispiel wichtige Information für den Verteilnetzbetreiber, die kumulierte Penalty auf ein bestimmtes Penalty-Signal zu ermitteln, welches ein Preissignal, der CO<sub>2</sub>-Ausstoß oder der Anteil an erneuerbaren Energien im umgebenden Energienetz sein kann.

Ein konkretes Geschäftsmodell wird nicht vorgestellt. Es werden aber folgende Zielgruppen und die für diese möglichen Vorteile und Auswirkungen genannt

Tabelle 1: Sicht der Zielgruppen auf Energieflexibilität (nach [ [8], S. 82], dortige Table 8.1, eigene Übersetzung)

Für wen	Was	Gesamtwirkung
Gebäudebesitzer, Nutzer	Reduktion der Energiekosten	Motivation, Verhaltensmuster zu ändern
Netzbetreiber (TSO, DSO)	Stabilisierung der Energienetze, insbesondere unter der Belastung durch fluktuierende Energieerzeugung aus Erneuerbaren Energiequellen	Reduktion der Infrastrukturkosten und Stabilisierungskosten für das Netz
Umwelt, Gesellschaft	Nutzung der Erneuerbaren Energiequellen maximieren	Reduktion der CO <sub>2</sub> -Emissionen

### 3.1.5 InnoNEX [9]

Im Projekt InnoNEX wurden für moderne und smarte Nahwärmenetze in Quartieren Konzepte für eine leistungsfähige Steuerung und Überwachung zur Erzielung der wirtschaftlichen Tragfähigkeit und deren Optimierung entwickelt. Nötige Komponenten wie Wärmepumpen wurden weiterentwickelt und in einem Demonstrator getestet.

Die Sektorenkopplung und das Hybride Energiesystem bestehen zwischen dem Stromsektor und dem Wärmesektor (kombinierte Wärme- und Stromnetz Betrachtung). Hierbei kommen eine zentrale Wärmepumpe, ggf. in Kombination mit dezentralen Heizstäben in Trinkwasserspeichern der Haushalte zum Einsatz. Diese werden mit Überschussenergie aus dezentralen PV-Anlagen auf den Hausdächern betrieben.

Es wurden zwei Varianten untersucht:

- Variante 1 – 45 °C-System: Eine zentrale Wärmepumpe versorgt die Verbraucher über ein Fernwärmenetz hauptsächlich mit Raumwärme. In den Trinkwasserspeichern der Haushalte befinden sich Heizstäbe.
- Variante 2 – 70 °C-System: Die Wärmepumpe übernimmt die komplette Raumwärme- und Trinkwarmwasserversorgung

Die Betriebsstrategie ist grundlegend wie folgt: Heizstäbe und Wärmepumpe werden dann aktiviert, wenn stromseitig Überschussenergie bereitsteht. Dies ist vorrangig in den Sommermonaten zu erwarten. Zum Vergleich der Betriebsstrategien dient ein Referenzfall.

- Variante 1 – 45 °C-System: Es soll möglichst viel generierte PV-Leistung für die Heizstäbe und die Wärmepumpe genutzt werden, wobei die Heizstäbe priorisiert werden. Erst danach wird die Wärmepumpe versorgt.
- Variante 2 – 70 °C-System: Es ist nur die Wärmepumpe zu betreiben.

Für die Variante 1 kann der PV-Anteil für Trinkwassererwärmung erhöht und in den Sommermonaten der aus dem Netz bezogene Strom reduziert werden. Basiert der aus dem Netz bezogene Strom auf fossilen Quellen, lassen sich so die CO<sub>2</sub>-Emissionen lokal reduzieren. Für die Wärmepumpe kann die PV-Energie ebenfalls erhöht werden. Der Anteil der bezogenen Netzenergie sinkt, allerdings geringer als die PV-Anteile ansteigen. Insgesamt wird in den Sommermonaten mehr (Überschuss)Energie verbraucht.

Im Vergleich zur Variante 2 kann der Anteil der PV-Energie in der Variante 1 verdoppelt werden. Infolgedessen ist der Anteil der Netzeinspeisung insgesamt geringer.

Aufgrund der Ergebnisse wurden Geschäftsmodelle anvisiert, die den Zubau von PV-Anlagen unterstützen. Angedacht war ein Contracting-Geschäftsmodell für die Variante 1 – 45 °C-System, bei dem die Hausbesitzer Ihre Dächer an den Energieversorger (Stadtwerk) verpachten. Dieser installiert dort PV-Anlagen für den Zugriff auf die erzeugte elektrische Leistung und steuert die elektrischen Heizstäbe in den Speichern. Dies war jedoch nicht mit einer diskriminierungsfreien Energieversorgung in Einklang zu bringen. Eine Auftrennung des Energieversorgers in einen Stromnetzbetreiber und eine Vertriebsgesellschaft kann hier Abhilfe schaffen. Als weiterer Ansatz zur Lösung der diskriminierungsfreien Energieversorgung wäre die Deklaration des Versorgungsgebietes als Arealnetz (Kundenanlage). Dies gelingt jedoch nur unter bestimmten Bedingungen und ist als generell schwierig einzustufen. Endgültige Klärungen zur Umsetzbarkeit konnten bis zum Projekt nicht erreicht werden.

Wegen der starken europäischen Regulierung des Strommarktes spielen rechtliche und regulatorische Vorgaben im Projekt (Wärmekonzepte auf Basis strombetriebener Wärmepumpen) eine bedeutsame Rolle für die praktische Umsetzung beziehungsweise mögliche Geschäftsmodelle. Die regulatorischen Aspekte werden ausführlich dargestellt und diskutiert. Für Einzelheiten wird auf den Abschlussbericht [9] verwiesen. Als zwei wesentliche Punkte sind zu nennen:

- » Bezugsstrom für Wärmepumpen: Die Einordnung der Wärmepumpenbetreiber als Letztverbraucher führt zur Entrichtung der vollen Letztverbraucherabgaben
  - möglicher Ansatz I Reduktion Letztverbraucherabgaben: Kundenanlage
  - Möglicher Ansatz II Reduktion Letztverbraucherabgaben: Eigenversorgungskonstellationen



- » Entflechtungsvorgang des EnWG als Grenze für stromnetzdienliche Wärmeerzeugung
  - Verpflichtung vertikal integrierter Energieversorgungsunternehmen zu Transparenz und einer diskriminierungsfreien Abwicklung des Netzbetriebes: Unter dem Grundsatz „Allen oder Keinem!“ stellt zum Beispiel eine isolierte Signalsendung nur an die Wärmepumpe oder die PV-Anlage im Betrieb des vertikal integrierten Energieversorgungsunternehmen einen Verstoß gegen die Entflechtungsvorgaben dar.

### 3.1.6 Zusammenfassung

Aus den ausgewerteten Datenquellen lassen sich in Hinblick auf

- die Betriebsstrategie,
- Geschäftsmodelle,
- vorhandene Hemmnisse mit Auswirkungen sowie
- Potenziale

die Punkte in den nachfolgenden Tabellen 2 -5 zusammenfassen, wobei Im Projektkontext die Betriebsstrategie als netzdienliche Betriebsstrategie wie folgt definiert ist [1]:

*Unter **Netzdienlicher Betriebsstrategie** verstehen wir im komplexen und gegenseitigen Wechselwirkungen unterliegenden Hybriden Energiesystem die Identifizierung der und den Plan für die Auswahl der sinnvollsten Betriebsmöglichkeiten beziehungsweise des optimalen Betriebspunktes einschließlich der Umsetzung. Dies erfolgt insbesondere durch kontextgerechte technische Maßnahmen zum Abgleich von Verbrauch und Erzeugung durch entsprechende Steuerung und Regelung mit möglichst optimaler Ausnutzung und Einsatz der Betriebsmittel. Übergeordnetes Ziel ist die Netzdienlichkeit einschließlich der dort angesetzten Kriterien (siehe Abschnitt 2.6), wozu auch die Wirtschaftlichkeit gehört; insbesondere die wirtschaftliche Optimierung der Wärmegestehungs- und Energiebezugskosten für den Kunden und das Versorgungsunternehmen.*

*Tabelle 2: Zusammenfassung zur Betriebsstrategie aus den ausgewerteten Datenquellen*

Betriebsstrategie
Nutzung der erneuerbaren Energiequellen maximieren
Ersatz von fossilen Brennstoffen durch erneuerbare elektrische Energie aus verschiedenen Quellen
Reduktion Einspeisung ins Stromnetz durch Nutzung für Wärmeerzeugung (Win-win-Situation)
Stromeinspeisung erst, wenn keine Nutzung zur Wärmeerzeugung in Zeiten der Überproduktion mehr möglich
(saisonale) Nutzung von Zeiten der Stromüberproduktion aus Erneuerbaren Energien zur Wärmeerzeugung und Wärmespeicherung sowie ggf. Stromspeicherung
residuallastabhängiger Fuel Switch bei der (zentralen) Erzeugung
dargebotsabhängiger Strompreis mit Echtzeitpreissignalen zur Verbrauchsbeeinflussung
manuelle (Preissignal) oder automatisierte Beeinflussung (Steuergeräte) des Betriebes

*Tabelle 3: Zusammenfassung zu Geschäftsmodellen aus den ausgewerteten Datenquellen*

Geschäftsmodell
Verringerung Gesamtkosten durch reduzierten Brennstoffverbrauch
variable Stromtarife
dargebotsabhängiger Strompreis mit Echtzeitpreissignal
Vermarktung netzdienlicher Verbraucher und Erzeuger an der Strombörse durch Dienstleister/Contractor, ggf. als virtuelle Kraftwerke
Contracting-Modell Installation PV-Anlagen und Steuerung Heizstäbe der Speicher

*Tabelle 4: Zusammenfassung zu Hemmnissen und deren Auswirkungen aus den ausgewerteten Datenquellen*

<b>Hemmnisse</b>
derzeitige regulatorische Rahmenbedingungen, speziell Strommarkt
wirtschaftlichkeitsreduzierende Abgaben wie Netzgebühren und Stromsteuern
Behinderung von Geschäftsmodellen durch wirtschaftlichkeitsreduzierende Abgaben
Behinderung von Geschäftsmodellen durch regulatorische Rahmenbedingungen
Einschränkung bei Preissignalen auf künstliche statt tatsächlicher Preise infolge regulatorischer Rahmenbedingungen

*Tabelle 5: Zusammenfassung zu Potenzialen aus den ausgewerteten Datenquellen*

<b>Potenziale</b>
Reduktion von Produktionsdrosselung aus EE und Überlastzeiten im Stromnetz
Anpassung regulatorischer Rahmenbedingungen
Anpassung der Regulierung zur Beförderung effektiver und effizienter Betriebsstrategien
Anpassung der Regulierung zur Beförderung neuer Geschäftsmodelle
gesamtgesellschaftliche Reduktion der Energiekosten
Energiewirtschaftliche positive Verhaltensbeeinflussung der Verbraucher
Beitrag zur Stabilisierung von Energienetzen für Stromnetzbetreiber
Reduktion Infrastrukturkosten und Stabilisierungskosten für Stromnetzbetreiber
Beförderung der Potenziale und der Nutzung Erneuerbarer Energiequellen
Reduktion von CO <sub>2</sub> -Emissionen

## 4 Aktuelle regulatorische und technische Rahmenbedingungen für die Sektorenkopplung

Im Rahmen eines gemeinsamen Workshops haben die Projektpartner aktuelle regulatorische und technische Rahmenbedingungen für die Sektorenkopplung im Projektkontext gesammelt.

Bezüglich der regulatorischen Rahmenbedingungen hat der Projektpartner IKEM die aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen der Sektorenkopplung für das Projektkonsortium erarbeitet und innerhalb des Projektkonsortiums vorgestellt.

Weitere technische Rahmenbedingungen konnten speziell zwischen den Projektpartnern Fraunhofer IEE und den Stadtwerken Neuburg an der Donau im Rahmen des Aufbaus der zugehörigen Simulationsumgebungen und Simulationen identifiziert werden.

### 4.1 Aktuelle regulatorische Rahmenbedingungen für die Sektorenkopplung<sup>1</sup>

Nachfolgend ist ein Grobüberblick zu den aktuellen regulatorischen Rahmenbedingungen gegeben, in denen sich die Sektorenkopplung bewegt. Es ist vorgesehen, die Rahmenbedingungen projektspezifisch anhand der weiteren Projektergebnisse wie möglicher Betriebsstrategien vertieft zu untersuchen und dafür Potenziale und Hemmnisse durch bestehende rechtliche sowie technisch-normative Rahmenbedingungen zu dokumentieren. Darauf aufbauend sollen rechtliche sowie technisch-normative Möglichkeiten aufgezeigt werden, um geeignete Rahmenbedingungen für sektorenübergreifende Betriebsstrategien zu schaffen.

Für die Sektorenkopplung ist zwischen Rahmenbedingungen im Sektor "Strom" und Rahmenbedingungen im Sektor "Wärme" zu unterscheiden. Der Sektor "Strom" ist stärker reguliert.

Es existiert aktuell **keine einheitliche rechtliche Definition zum Begriff der Sektorenkopplung** und folglich **kein "Sektorenkopplungsrecht"**. Derzeit findet eine sektorenscharfe und keine übergreifende gesetzliche Regulierung statt.

Dies wirkt sich insofern aus, als dass zum Beispiel beim Strompreis mit einem hohen Anteil an staatlich induzierten Bestandteilen (u.a. Mehrwertsteuer, Stromsteuer, Netzentgelte), **Kopplungstechnologien von Entlastungstatbeständen oft nicht ausreichend**

---

<sup>1</sup> Die Ausführungen basieren auf einem projektinternen Workshop des IKEM im AP 1 zu „Sektorenkopplung – Rechtliche Rahmenbedingungen“

**berücksichtigt** sind (siehe zum Beispiel Abschnitt 3.1.5 – Stichwort: Letztverbraucherabgaben).

Eine wesentliche Randbedingung im Sektor “Strom” ist die **Entflechtung** [10]:

*Jeder Energieanbieter soll zu den gleichen Bedingungen Zugang zum Strom- und Gasnetz haben. Entflechtung (englisch: Unbundling) hat das Ziel, die Unabhängigkeit des Netzbetreibers von anderen Tätigkeitsbereichen der Energieversorgung sicherzustellen.*

*Transparenz und diskriminierungsfreie Ausgestaltung des Netzbetriebs sind Grundvoraussetzungen, um Wettbewerb in den vor- und nachgelagerten Bereichen der Wertschöpfungskette zu fördern und Vertrauen bei den Marktteilnehmern zu schaffen. Seit 2005 schreibt das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) daher für vertikal integrierte Unternehmen informatorische, buchhalterische, rechtliche und operationelle Entflechtungsmaßnahmen vor.*

Ein *vertikal integriertes Unternehmen* ist dabei nach § 3 Nr. 38 EnWG definiert als [11]

*ein im Elektrizitäts- oder Gasbereich tätiges Unternehmen oder eine Gruppe von Elektrizitäts- oder Gasunternehmen, die im Sinne des Artikels 3 Absatz 2 der Verordnung (EG) Nr. 139/2004 des Rates vom 20. Januar 2004 über die Kontrolle von Unternehmenszusammenschlüssen (ABl. L 24 vom 29.1.2004, S. 1) miteinander verbunden sind, wobei das betreffende Unternehmen oder die betreffende Gruppe im Elektrizitätsbereich mindestens eine der Funktionen Übertragung oder Verteilung und mindestens eine der Funktionen Erzeugung oder Vertrieb von Elektrizität oder im Erdgasbereich mindestens eine der Funktionen Fernleitung, Verteilung, Betrieb einer LNG-Anlage oder Speicherung und gleichzeitig eine der Funktionen Gewinnung oder Vertrieb von Erdgas wahrnimmt.*

Wie in Abschnitt 3.1.5 beispielhaft dargestellt, kann die (insbesondere informatorische) Entflechtung, die auf eine Trennung von Netzbetrieb, Vertrieb und Erzeugung von Strom abzielt, die Sektorenkopplung, die auf eine stärkere Integration und netzdienliche Verknüpfung der Sektoren abzielt, aktuell erschweren.

Der Ansatz die Stromversorgung als **Kundenanlagen** im Hybriden Energiesystem als

*...kleine Stromnetze, für die der Gesetzgeber kein Regulierungsbedürfnis sieht und*

*sie deshalb weitgehend aus dem Anwendungsbereich des EnWG herausgenommen hat. [9]*

zu konzipieren, ist bei zutreffenden Rahmenbedingungen des Projektes vorteilhaft, derzeit aber erheblich risikobehaftet:

Die Definition einer Kundenanlage ist rechtlich im § 3 Nr. 24a EnWG enthalten.

In der Praxis unterliegen die zu erfüllenden Tatbestandsmerkmale der Auslegung, die in der Rechtsprechung restriktiv erfolgt; die Einordnung als Kundenanlage ist stark einzelfallabhängig. Eine ausführliche Darstellung zur Kundenanlage im Rahmen einer rechtswissenschaftlichen Kurzstudie im Projekt findet sich in [12].

Der Sektor "Wärme" kennt eine Entflechtung im obigen Sinne nicht.

Auswirkungen der aktuellen regulatorischen Rahmenbedingungen auf die Sektorenkopplung werden in den weiteren projektspezifischen Untersuchungen auf Grundlage der konkreten Ausgestaltung der Sektorenkopplung im Projekt untersucht.

## **4.2 Aktuelle technische Rahmenbedingungen für die Sektorenkopplung**

Im Rahmen der bisherigen Projektbearbeitung konnten technische Rahmenbedingungen identifiziert werden, die für die Umsetzung der Sektorenkopplung relevant sind. Die technischen Rahmenbedingungen sind im jeweils konkreten Fall zu erheben/zu berücksichtigen beziehungsweise zu klären. Insofern kann die nachfolgende Zusammenstellung in der Tabelle 6 auch eine Hilfe für die Umsetzung weiterer Projekte geben. Die Punkte stellen eine Übersicht dar und sind auf den jeweiligen Projektkontext abzustimmen. Die konkrete Erhebungstiefe ist in der Bearbeitung für einzelne Punkte zum Teil sehr umfangreich, was wegen der projektspezifischen Ausprägung hier nicht wiedergegeben ist. Den einzelnen Fachbeteiligten sollte aber im konkreten Fall aufgrund ihrer Expertise und Erfahrung klar sein, welche Informationen jeweils konkret erforderlich sind.

Tabelle 6: Übersicht zu technischen Rahmenbedingungen der Sektorenkopplung

Technische Rahmenbedingung	mögliche Ausprägung <sup>23</sup>
Transformationsumgebung	Bestand Bestand und Neubau Neubau
Strombezugsquellen	Netz PV-Anlagen Wind
Potenzial für erneuerbare Strombezugsquellen	Dachflächen für PV-Anlagen
Speicherlösung	Thermisch Batterie
Power-to-Heat-Anlagen	Wärmepumpe Elektrokessel
Anordnung von Speichern und Power-to-Heat-Anlagen	zentral dezentral
zusätzliche Möglichkeiten zur flexiblen Laststeuerung	Elektromobilität
mögliche Redispatch-Maßnahmen	Abschaltung von Windkraftanlagen
Bauliche Randbedingungen	Baujahr Gebäude Energiestandard Gebäude Anzahl der Gebäude Nutzung der Gebäude geplante/mögliche Erweiterungen des baulichen Bestandes

<sup>2</sup> Kombinationen innerhalb technischer Rahmenbedingungen möglich

<sup>3</sup> Beispiele ohne Anspruch auf Vollständigkeit

Tabelle 6: Übersicht zu technischen Rahmenbedingungen der Sektorenkopplung (Fortsetzung)

Technische Rahmenbedingung	mögliche Ausprägung <sup>45</sup>
Randbedingungen der Fernwärmeversorgung/des Wärmenetzes	Energiequellen/Energieerzeugung mit Auslegungs-/Betriebsdaten Fahrweise des Netzes Netzstruktur Trassenlänge Rohrnetzdaten (Rohrtyp, Durchmesser, Dämmung) Vorlauftemperatur Rücklauftemperatur Druckniveau Anzahl und Art der Wärmeübergabestationen
Randbedingungen des Stromnetzes	Netzebene Netzstruktur Art und Lage von Umspannwerken Lastprofile Einspeiseprofile
Grad der Digitalisierung der Strom- und Wärmenetze	vorhandene Informations- und Kommunikationstechnologie

<sup>4</sup> Kombinationen innerhalb technischer Rahmenbedingungen möglich

<sup>5</sup> Beispiele ohne Anspruch auf Vollständigkeit



## 5 Literaturverzeichnis

- [1] „HybridBOT\_FW: Dokument "Wichtige Definitionen im Projektkontext",“ [Online]. Available: <https://www.agfw.de/forschung/hybridbot>. [Zugriff am 31 08 2023].
- [2] „Wie kann eine Transformation der Fernwärme erreicht werden?,“ [Online]. Available: <https://www.ffe.de/veroeffentlichungen/wie-kann-eine-transformation-der-fernwaerme-erreicht-werden>. [Zugriff am 31 08 2023].
- [3] „OrPHEuS,“ [Online]. Available: <https://www.orpheus-project.eu/results/summary-of-results.html#A-hybrid>. [Zugriff am 29 06 2022].
- [4] „EcoGrid EU – A Prototype for European Smart Grids - Deliverable D6.7 - Overall evaluation and conclusion,“ [Online]. Available: <http://www.ecogrid.dk/src/EcoGridEU%20%20A%20prototype%20for%20european%20smart%20grids%20160121.pdf?dl=0>. [Zugriff am 29 06 2022].
- [5] „EcoGrid EU – A Prototype for European Smart Grids - Deliverable D7.4 - EcoGrid EU Replication Roadmap,“ [Online]. Available: <http://www.ecogrid.dk/src/EcoGridEU%20%20Roadmap160127final.pdf?dl=0>. [Zugriff am 29 06 2022].
- [6] „Netzreaktive Gebäude - Ganzheitliche Bewertung von Bauphysik und Gebäudeenergiesystemen einschliesslich ihrer Rolle in der Energiewirtschaft: Energie, Exergie, Leistungsbezug und -abgabe : Abschlussbericht 2017 (Deutsch),“ [Online]. Available: [https://www.tib.eu/de/suchen?tx\\_tibsearch\\_search%5Baction%5D=download&tx\\_tibsearch\\_search%5Bcontroller%5D=Download&tx\\_tibsearch\\_search%5Bdocid%5D=TIBKAT%3A1018163425&cHash=0b67dfe9cb02ef8d9fb2b8a58e3a9276#download-mark](https://www.tib.eu/de/suchen?tx_tibsearch_search%5Baction%5D=download&tx_tibsearch_search%5Bcontroller%5D=Download&tx_tibsearch_search%5Bdocid%5D=TIBKAT%3A1018163425&cHash=0b67dfe9cb02ef8d9fb2b8a58e3a9276#download-mark). [Zugriff am 29 06 2022].
- [7] „BINE Informationsdienst - Themeninfo I / 2018 Energieforschung kompakt - Netzdienliche Gebäude und Quartiere,“ [Online]. Available: <https://api.deutsche-digitale-bibliothek.de/binary/10513b87-0797-485d-8276-2cd9a9d93a13.pdf>. [Zugriff am 29 06 2022].
- [8] „International Energy Agency - Energy in Buildings and Communities Programme - Annex 67 Energy flexible buildings -Characterization of Energy Flexibility in Buildings,“ [Online].

Available: <https://www.annex67.org/media/1919/characterization-of-energy-flexibility-in-buildings.pdf>. [Zugriff am 01 09 2023].

- [9] Ventury GmbH Energieanlagen, DME Consult GmbH, Voß Wärmepumpen GmbH et al., EnEff.Gebäude.2050-InnoNEX: Innovative Versorgung von Wärmenetzen mit niederkalorischen Abwärmequellen und Matrixsteuerung für Wärmenetzmanagement (Heft 60), Frankfurt am Main: AGFW Projekt GmbH, Frankfurt am Main, 2021.
- [10] „Entflechtung,“ [Online]. Available: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Entflechtung/start.html>. [Zugriff am 01 09 2023].
- [11] „Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz - EnWG) § 3 Begriffsbestimmungen,“ [Online]. Available: [https://www.gesetze-im-internet.de/enwg\\_2005/\\_3.html](https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/_3.html). [Zugriff am 01 09 2023].
- [12] „Die Kundenanlage - Rechtswissenschaftliche Kurzstudie,“ [Online]. Available: [https://usercontent.one/wp/www.ikem.de/wp-content/uploads/2022/10/202210\\_HybridBOT\\_Kundenanlage\\_final.pdf?media=1693237388](https://usercontent.one/wp/www.ikem.de/wp-content/uploads/2022/10/202210_HybridBOT_Kundenanlage_final.pdf?media=1693237388). [Zugriff am 04 09 2023].

Forschung & Entwicklung



**EnEff:Wärme:  
HybridBOT\_FW - Transformation  
und Betriebsoptimierung von  
Wärmenetzen für die Entwicklung  
hybrider Netzstrukturen zur  
netzdienlichen Quartiersversorgung**

Wichtige Definitionen im Projektkontext

[www.agfw.de](http://www.agfw.de)

**Zum Download des Dokuments:**



Anforderungen Betriebsstrategie  
Hybride Energiesysteme Potenzi  
Sektorenkopplung Technische R  
Regulatorische Rahmenbedingun  
Wärmenetze Anforderungen Be  
Hemmnisse Hybride Energiesyst  
Betriebsstrategien Geschäftsmo  
Regulatorische Rahmenbedingun  
Wärmenetze Regulatorische Rah  
Technische Wärmenetze Anforde  
Hemmnisse Hybride Energiesyst  
Geschäftsmodelle Hemmnisse  
Anforderungen Betriebsstrategie  
Hybride Energie Regulatorische