ASUE
Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

Berliner 2018
ENERGIETAGE
Energiewende in Deutschland

Innovative Wärmenetze

ASUE-Vortragsreihe auf den Berliner Energietagen am 9. Mai 2018

www.asue.de

VERANSTALTER

ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e. V.

Robert-Koch-Platz 4

10115 Berlin

VERANSTALTUNGSORT

Ludwig Erhard Haus, IHK zu Berlin

Fasanenstraße 85

10623 Berlin

ASUE PRÄSENTIERT INNOVATIVE WÄRMENETZE

Mit fortschreitender Urbanisierung entstehen neue Herausforderungen der effizienten Energieversorgung, die eine intelligente Planung voraussetzen und innovative Lösungen erfordern. Insbesondere die Quartiersebene bietet für eine nachhaltige Stadtentwicklung ein breites Handlungsfeld, um wirtschaftliche, ökologische, soziale und kulturelle Aspekte zusammenzuführen.

Im Gegensatz zu anderen Veranstaltungen der Berliner Energietage, die Wärmenetze und Quartierslösungen thematisierten, konzentrierte sich die Veranstaltung der ASUE vor allem auf bereits umgesetzte, innovative technische Möglichkeiten bei der Quartiersversorgung mit unterschiedlichen Methoden zur sinnvollen und effizienten Nutzung von erneuerbaren Energien. In fünf interessanten Vorträgen wurden praktische Beispiele, technische Möglichkeiten und theoretische Berechnungsmethoden zur Optimierung der Energieversorgung im Quartiersmaßstab vorgeführt.

Durch die Verschaltung mehrerer Technologien wie z. B. kalten Nahwärmenetzen, die von KWK-Anlagen, Geothermie, Abwasser- und anderer Abwärme oder solarer Energie gespeist werden und dem Einsatz von Speichern und Wärmepumpen kann ein Zusammenschluss mehrerer Gebäude wesentlich effizienter versorgt werden als die entsprechende Anzahl von Einzelhaushalten. Es wurde z. B. ein systematischer Weg aufgezeigt, wie in kalten oder warmen Netzen durch BHKWs, Gaswärmepumpen und Eisspeichern die Anzahl der kostenintensiven Geothermiebohrungen reduziert werden und gleichzeitig Strom für z. B. Elektromobilität erzeugt werden kann. Kalte Netze mit laminarer Strömung haben das Potential auch als horizontale Wärmespeicher zu fungieren und im Abwasser liegt ein riesiges Potenzial für die Wärmeversorgung in Städten.

Durch die Gesetzgebung werden dem Einsatz der verschiedenen Technologien jedoch auch Grenzen gesetzt, die deren sinnvollen Einsatz bei ungenügender Planung limitieren können. Hier ist eine genaue Kenntnis und Berechnung z. B. des Primärenergiefaktors von großer Bedeutung, um die richtige und gesetzeskonforme Lösung und Technologiekombination für das jeweilige Wärmenetz zu finden.

Mit über 100 Anmeldungen war die Veranstaltung auch dieses Jahr wieder ausgebucht. Die besondere Aktualität und das große Interesse an besonders technischen Lösungswegen zeigten sich durch eine überdurchschnittliche Diskussionsbeteiligung des Publikums.

REFERENTEN UND VORTRÄGE

Moderation

Jürgen Kukuk, ASUE e. V.

Innovative Wärmeinfrastruktur als wichtiger Baustein der Energiewende **Seite 4**

Jürgen Kukuk, ASUE e. V.

Energetisches Konzept Neu-Tempelhof: Dekarbonisierung der Wärmeversorgung im Bestand **Seite 24**

Michael Viernickel, GASAG Solution Plus GmbH

Kalte Netze für warme Häuser **Seite 36**

Prof. Thomas Giel, Technik Hochschule Mainz

Wärmewende mit Energie aus Abwasser – Das unterschätzte Potenzial im Kanal **Seite 55**

Stephan von Bothmer, UHRIG Straßen- und Tiefbau GmbH

Wärmenetze mit BHKW und Wärmepumpen – Optimierung der Primärenergiefaktoren **Seite 73**

Heinz Ullrich Brosziewski, Ingenieurbüro Dipl.-Ing. Heinz Ullrich Brosziewski

ÜBER ASUE

Die ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e. V. (www.asue.de) wurde 1977 gegründet. Sie fördert vor allem die Weiterentwicklung und weitere Verbreitung sparsamer und umweltschonender Technologien auf Erdgasbasis. Dabei ist es vorrangiges Ziel, Energiespartechniken den Weg in die praktische Anwendung zu ebnen. Die ASUE richtet sich mit technisch-wissenschaftlichen Veröffentlichungen und Vortragsveranstaltungen an öffentliche Entscheidungsträger, Planer, Architekten und Fachunternehmen.

www.asue.de

ASUE
Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

Innovative Wärmeinfrastruktur als wichtiger Baustein der Energiewende

Jürgen Kukuk, ASUE e. V.

ASUE
Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und
umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

Innovative Wärmeinfrastrukturen als wichtiger Baustein der Energiewende

Berliner Energietage 2018

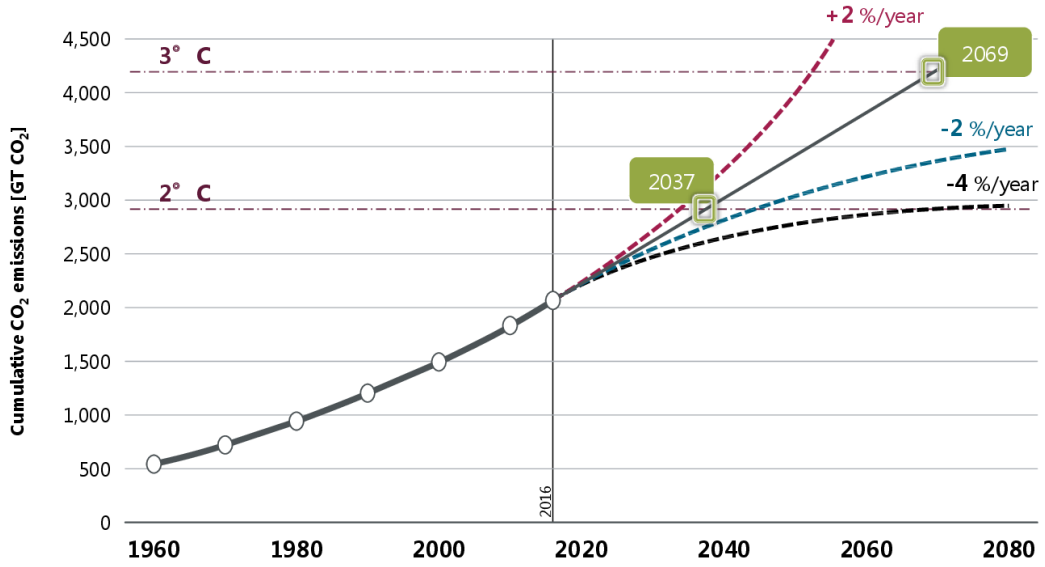
09. Mai 2018
Jürgen Stefan Kukuk

ASUE: Aufgaben und Zielsetzungen

- Broschüren und Fachinformationen
- Online-Informationen
- Arbeitskreise und Netzwerke
- Newsletter und Presseinformationen
- Energiepolitik und Kommunikation

2 Dipl.-Ing. Jürgen Stefan Kukuk, Innovative Wärmeinfrastrukturen – 9. Mai 2018

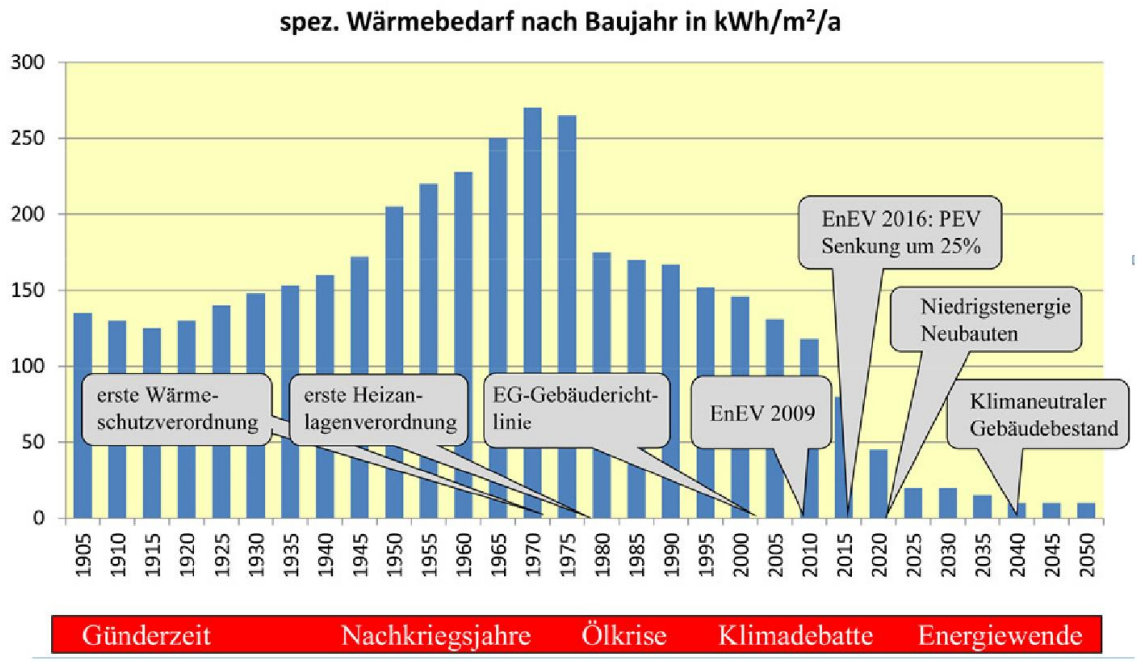
Pariser Klimaschutzabkommen und globales CO_2-Budget



Quelle: Jackson et al 2015b; Global Carbon Budget 2016
Data: CDIAC/GCP (Carbon Dioxide Information Analysis Center / Global Carbon Project)

3

Der spezifische Heizbedarf und Ziele bis 2050

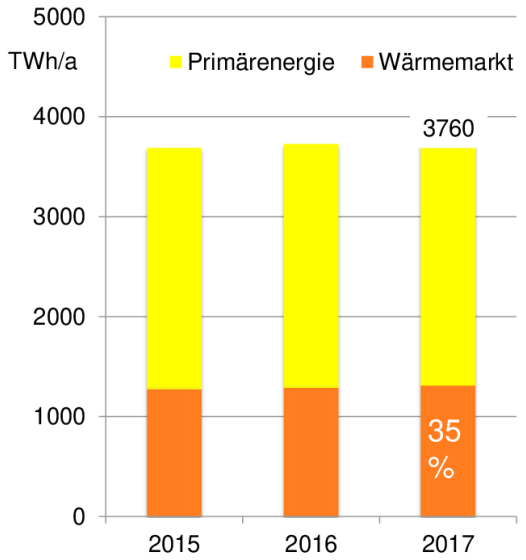


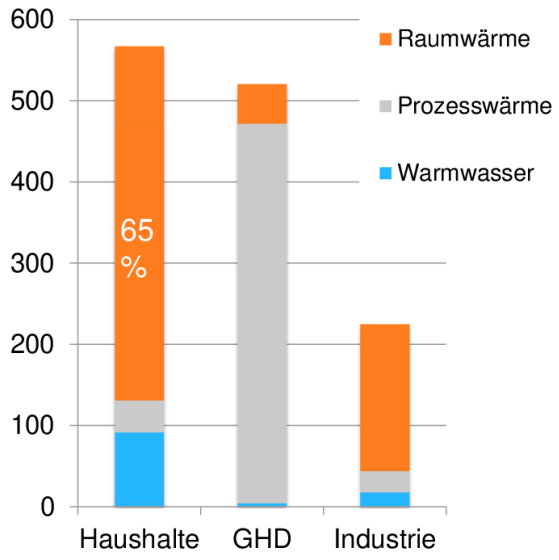
4

Quelle: ASUE

Bedeutung des Wärmemarkts

Anteil des Energieverbräuche am Primärenergieverbrauch

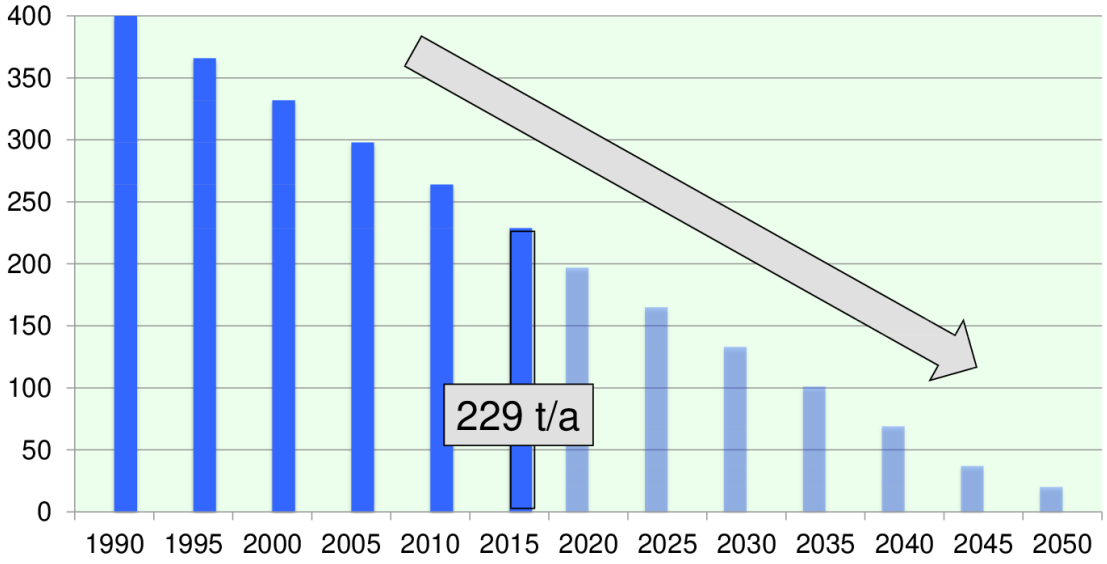




5

Ziele zur Dekarbonisierung des Wärmemarkts

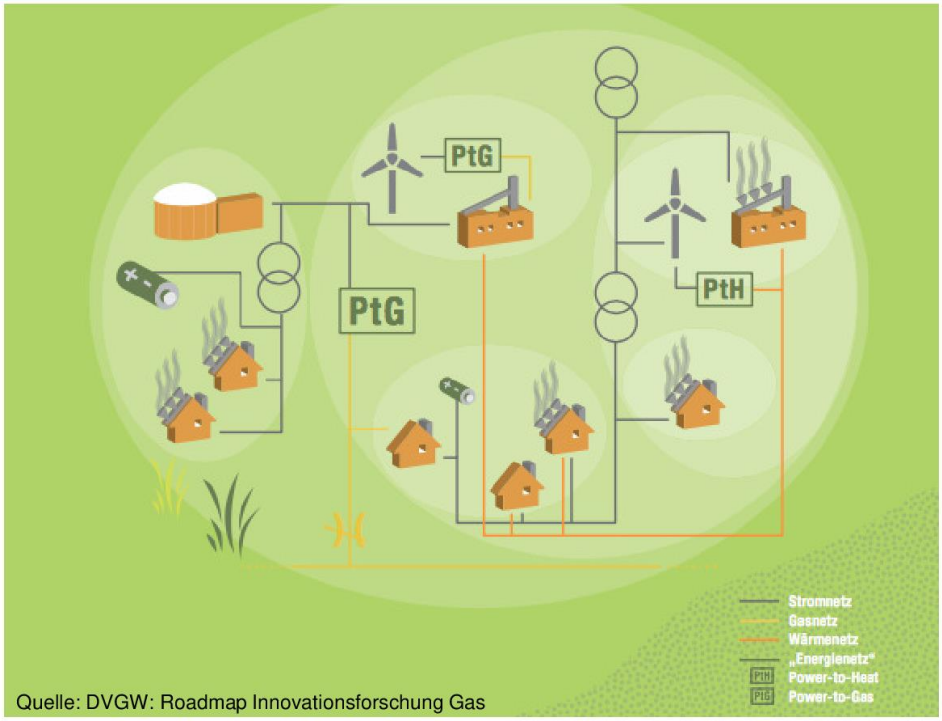
CO_2 Emission in Mio t/a im Wärmemarkt und Ziel 2050



6

Quelle: BDH

Wärmemarkt als Teil der Sektorenkopplung



Quelle: DVGW: Roadmap Innovationsforschung Gas

7

Innovative Energiekonzepte und Quartierslösungen

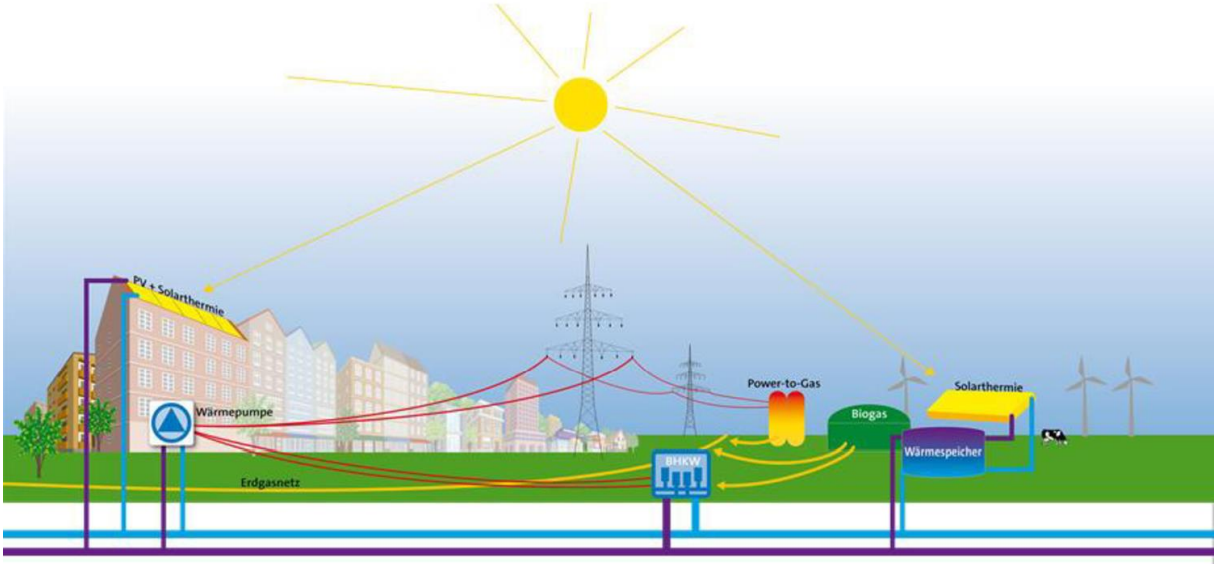
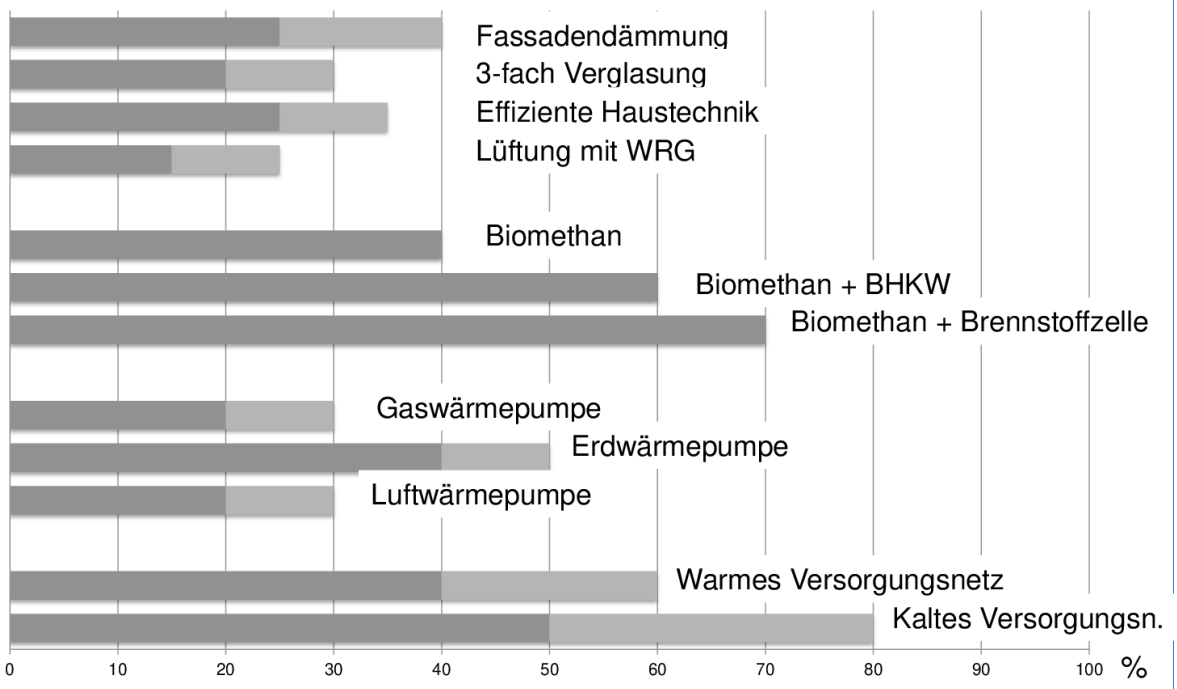


Bild: ASUE

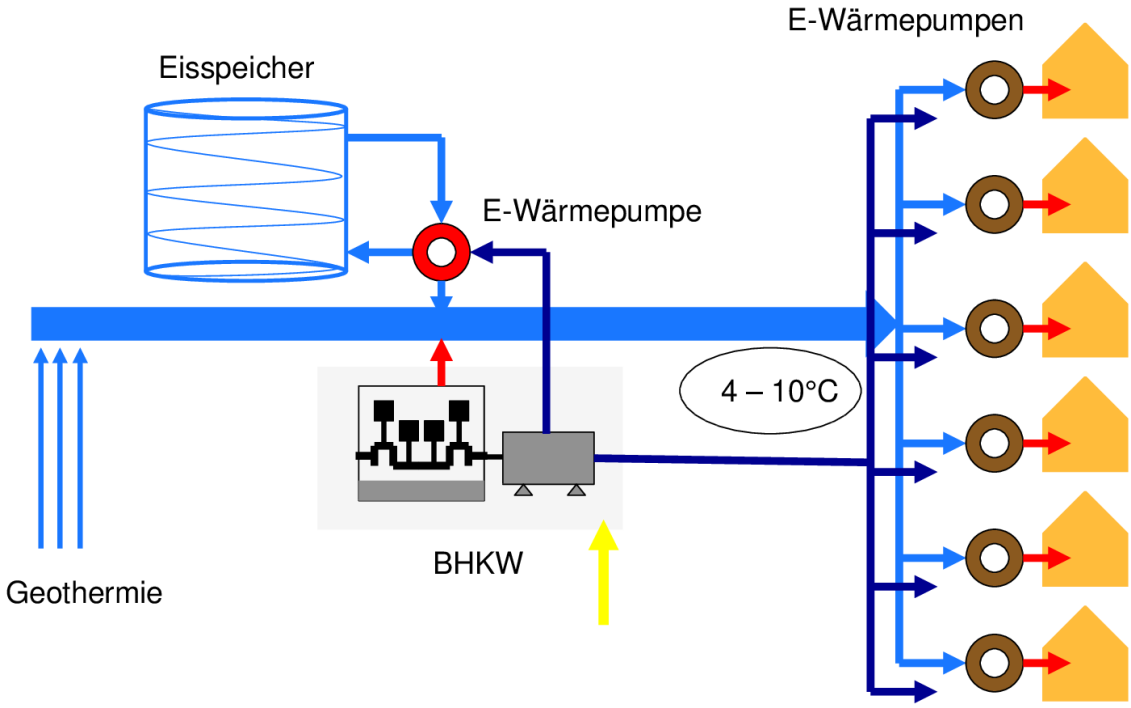
8

Wirksamkeit der Primärenergieeinsparung

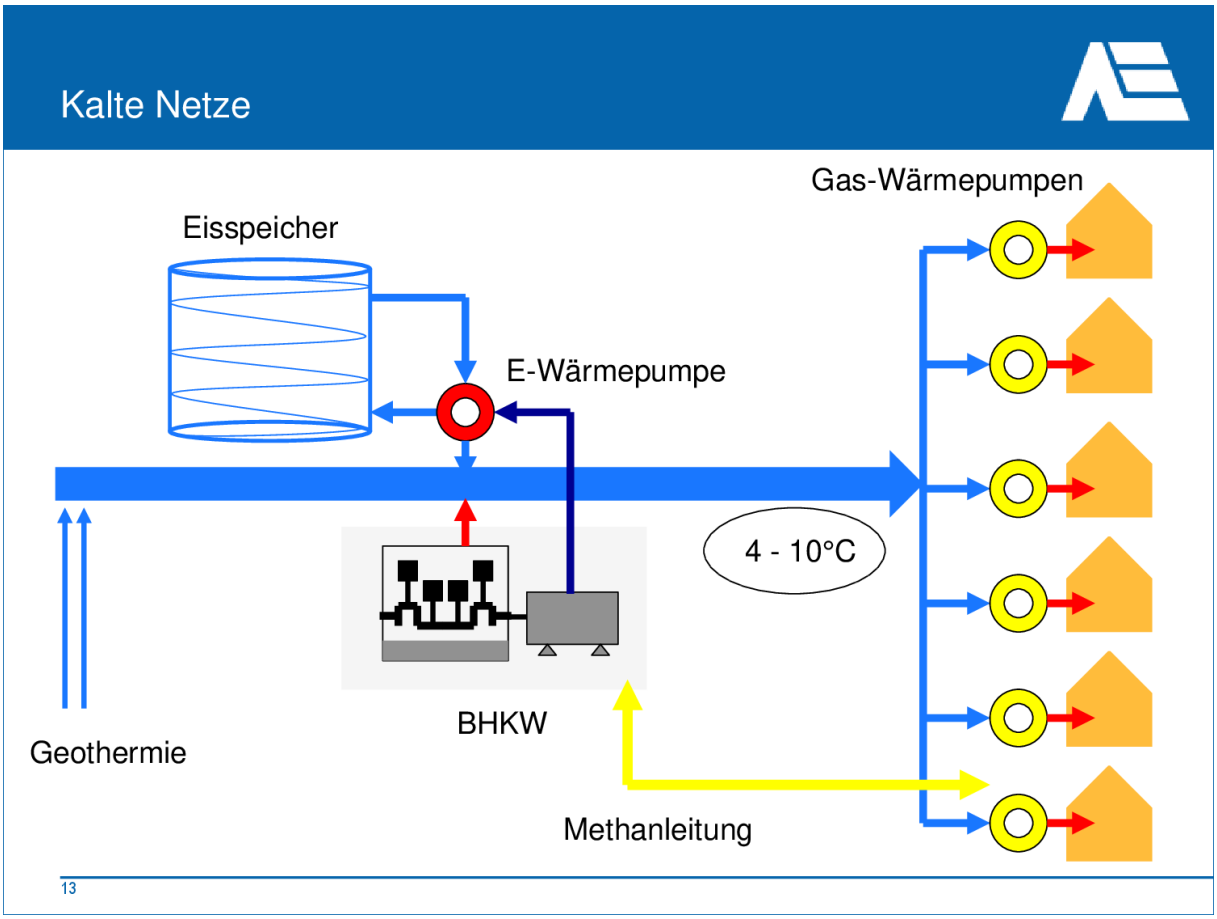


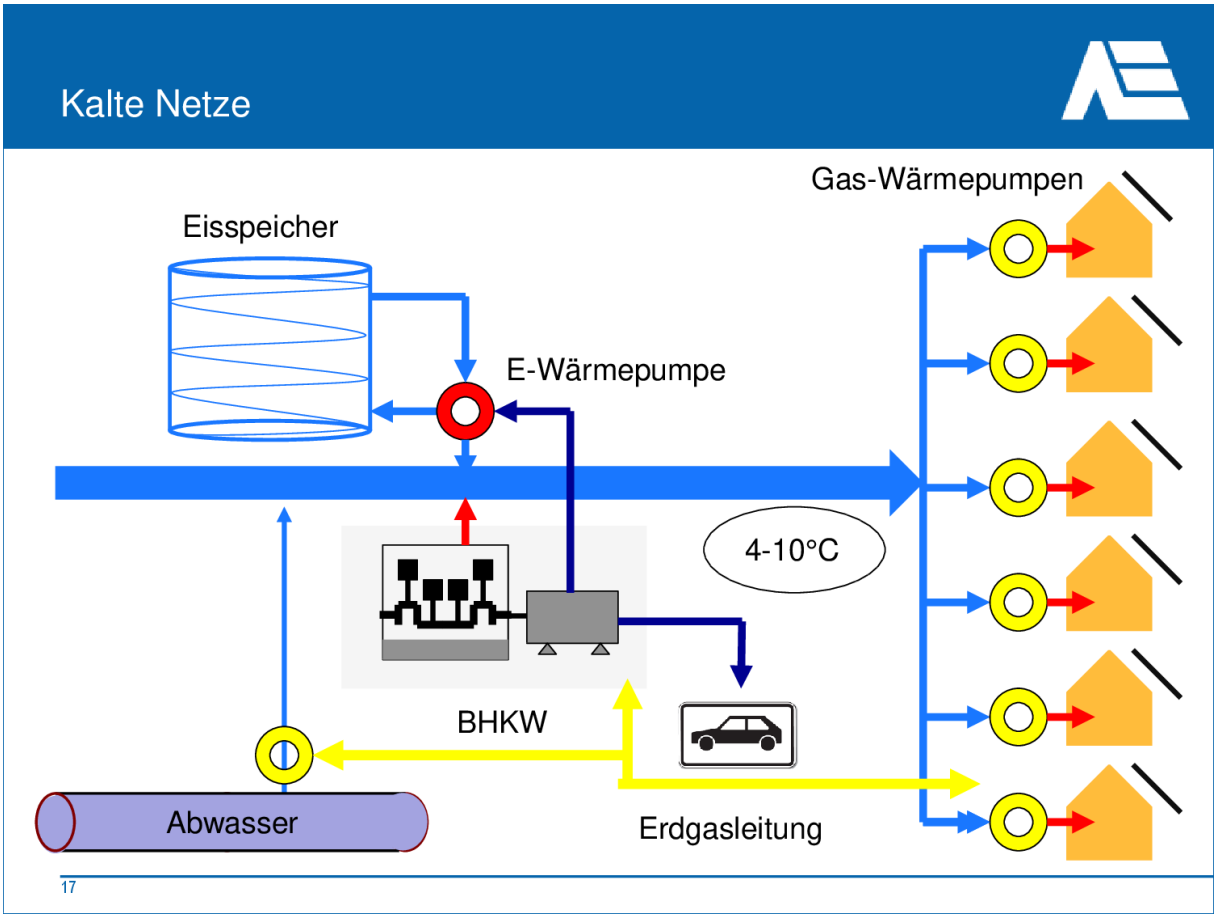
9

Kalte Netze



12


Kalte Netze
Gas-Wärmepumpen
Eisspeicher
E-Wärmepumpe
4 - 10°C
BHKW
Geothermie
Methanleitung
13


Kalte Netze
Gas-Wärmepumpen
Eisspeicher
E-Wärmepumpe
4-10°C
BHKW
Abwasser
Erdgasleitung
17

Kaltes Versorungssystem

Vorteile:

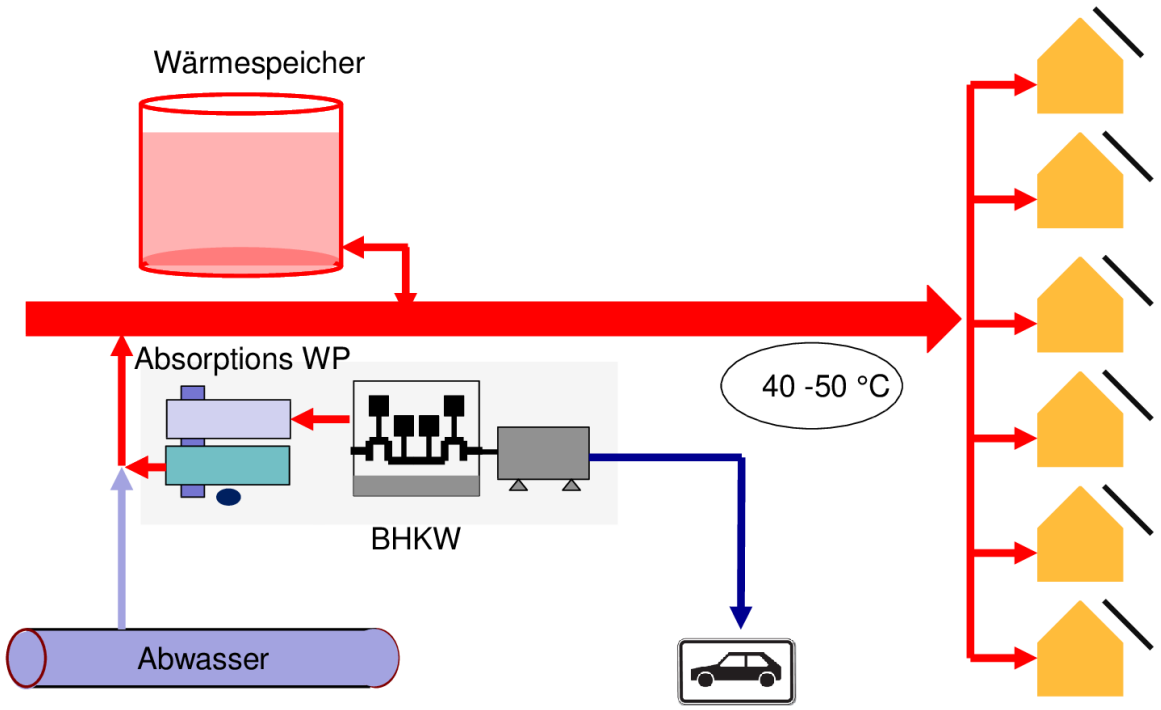
- Einfache Netzstruktur
- Keine Netzverluste
- Geothermie mit hoher Effizienz
- Brauchwassertauscher
- Weitere Abwärme integrierbar
- Flexibilitätsoption über BHKW und GWP

Nachteile:

- Individuelle Wärme-pumpen
- Trinkwasser gesondert zu behandeln
- Nur kleine KWK einsetzbar

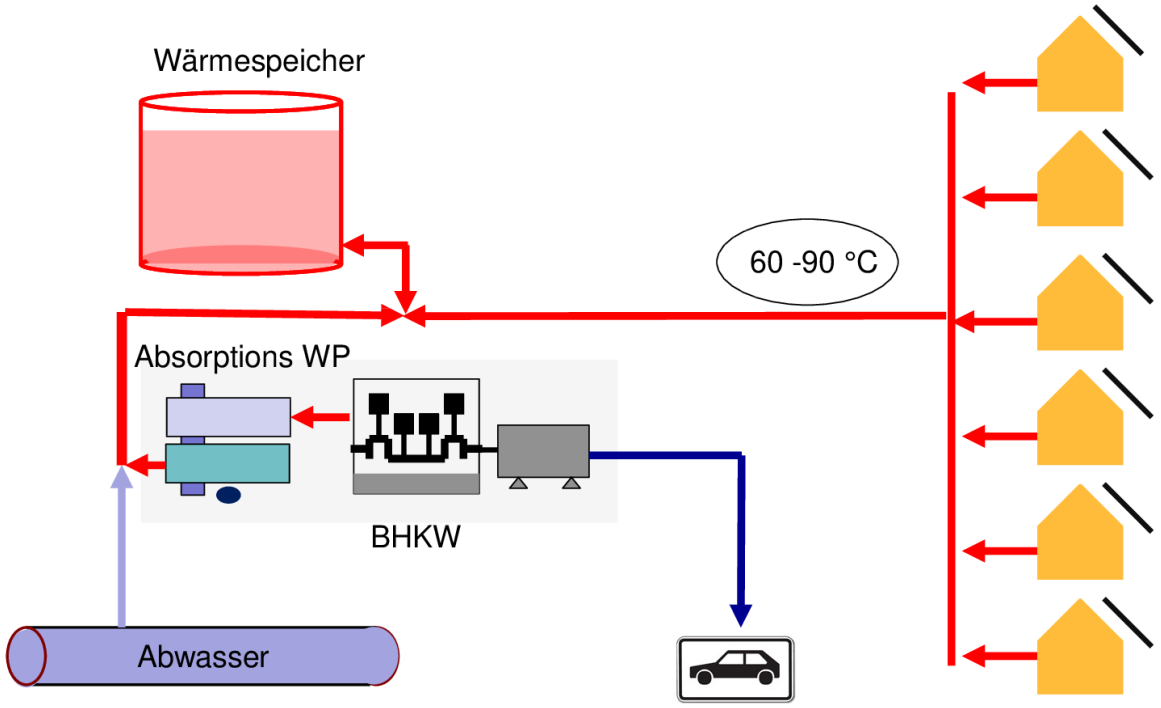
18

Warme Netze



23

Warme Netze



24

Warmes Versorungssystem

Vorteile:

- Klassische Netzstruktur
- KWK einsetzbar
- Flexibilitätsoption über BHKW und EWP
- PV und Solarthermie als Ergänzung
- KWKK-Absorptions-anlage integrierbar

Nachteile:

- Netzverluste
- Weniger Abwärme integrierbar
- Wärmespeicher verlustbehaftet

25

Bestandsbau in städtischen Verdichtungsgebieten

Mittlerer spezifischer Wärmebedarf = 185 kWh/m²*a

Mögliche Wärmequellen:

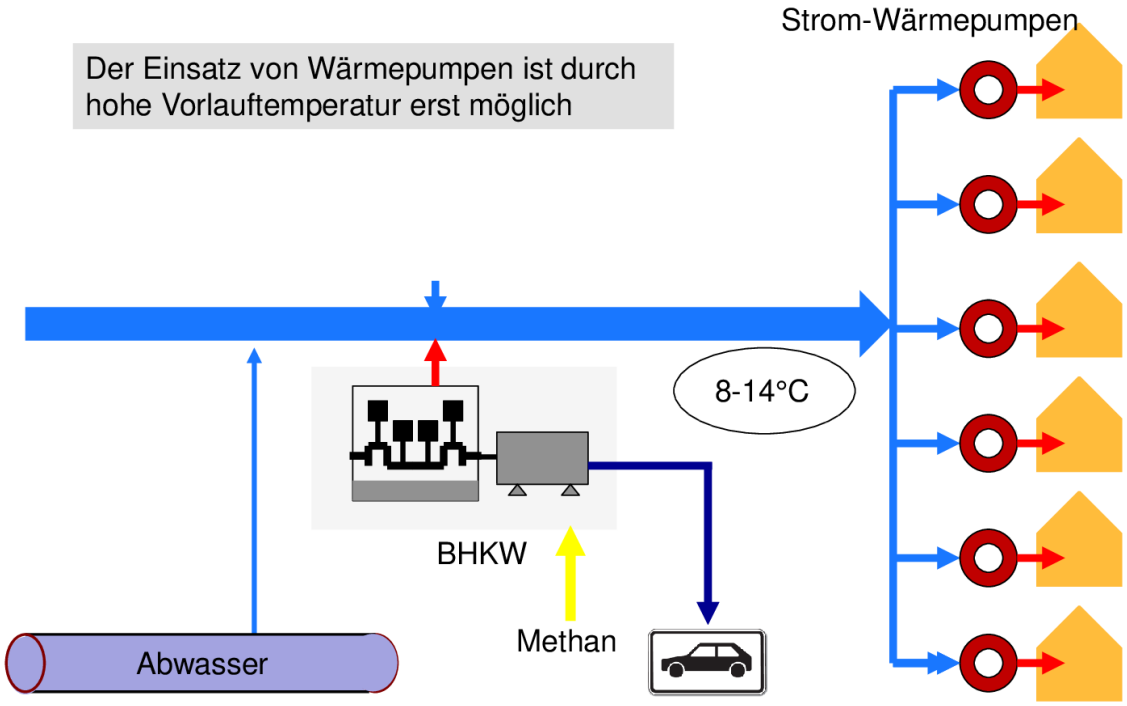
Abwasser
Abluft
Geothermie (?)

- Unzureichende Dämmmöglichkeit
- Kein Zugang zu Umweltenergien
- Kleine Keller

26

Städtischer Bestandsbau

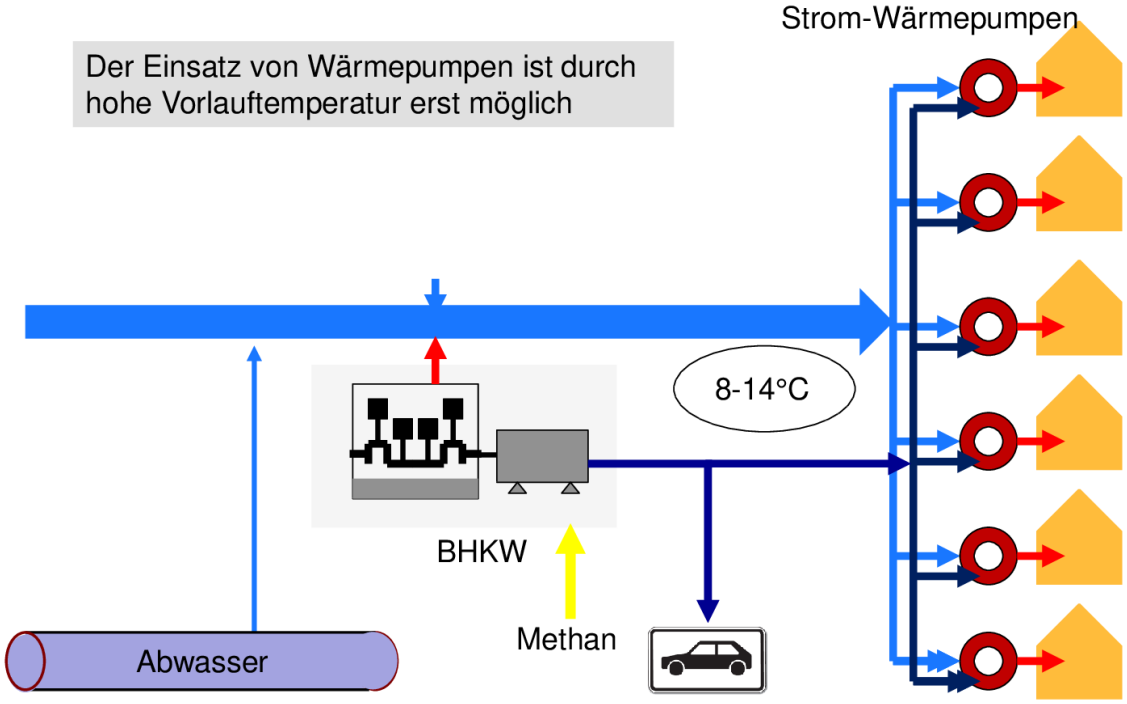
Der Einsatz von Wärmepumpen ist durch hohe Vorlauftemperatur erst möglich



27

Städtischer Bestandsbau

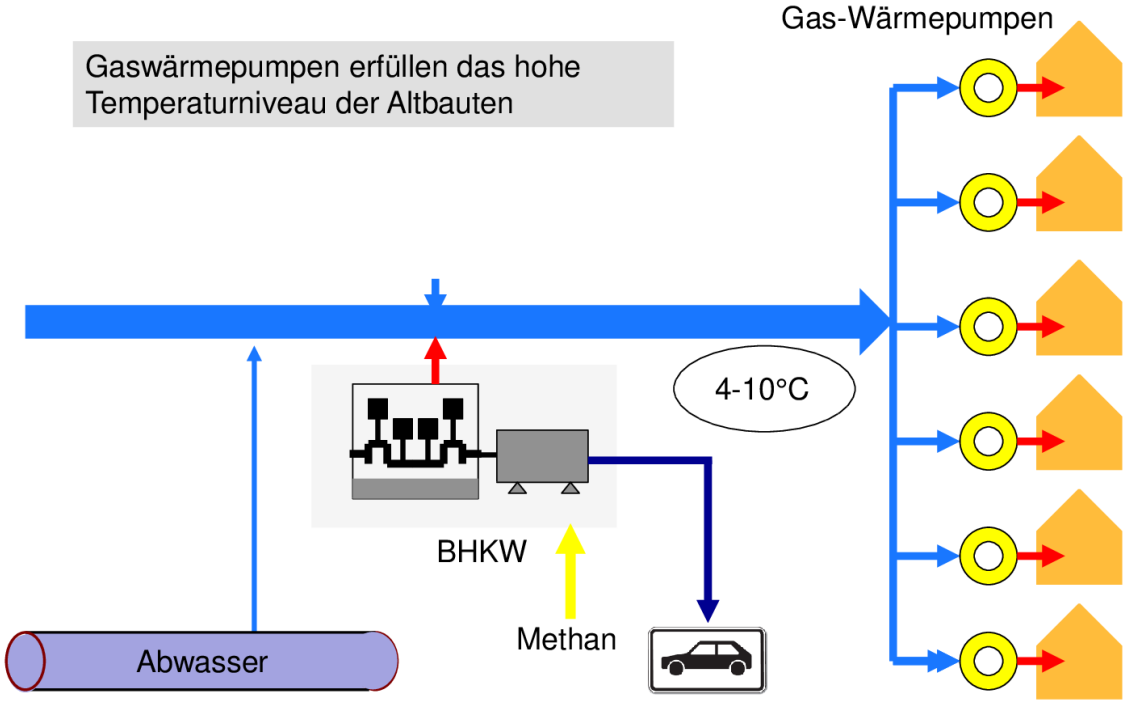
Der Einsatz von Wärmepumpen ist durch hohe Vorlauftemperatur erst möglich



28

Städtischer Bestandsbau

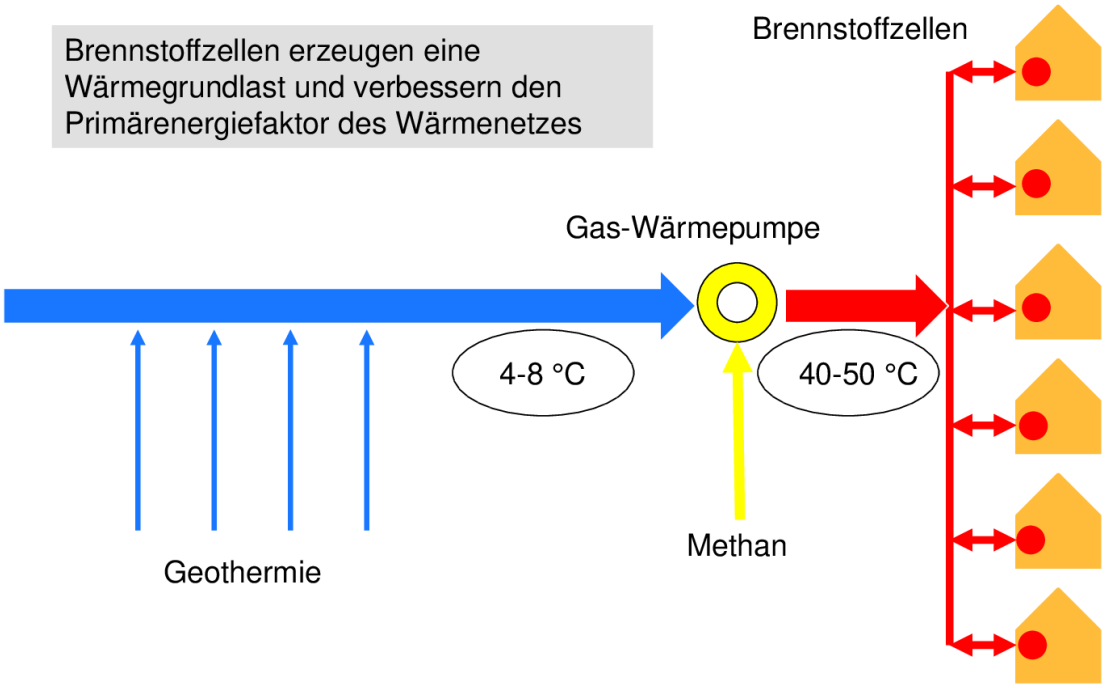
Gaswärmepumpen erfüllen das hohe Temperaturniveau der Altbauten



29

Kalte Netze mit Brennstoffzellen

Brennstoffzellen erzeugen eine Wärmegrundlast und verbessern den Primärenergiefaktor des Wärmenetzes



30

Kaltes Versorungssystem

Vorteile:

- Geringe investive Kosten
- Flexibilitätsoption über BHKW und EWP
- Bei Brennstoffzellen mit geringem Platzbedarf
- Stromeinspeisung als Effizienzmaßnahme

Nachteile:

- Nur kleine KWK einsetzbar
- Kein Wärmespeicher in beengter Stadtstruktur

31

Biomethan & Brennstoffzellen: Negativer Primärenergiefaktor

Teure Energie sparsam und effizient verwenden

- Kontinuierliche Erzeugung
- CO_2-neutraler Energieträger
- Kostendegression möglich

- Kontinuierliche Funktion
- Hoher elektr. Wirkungsgrad
- Kostendegression möglich

32

Speichertechnologie

Betonkernspeicher

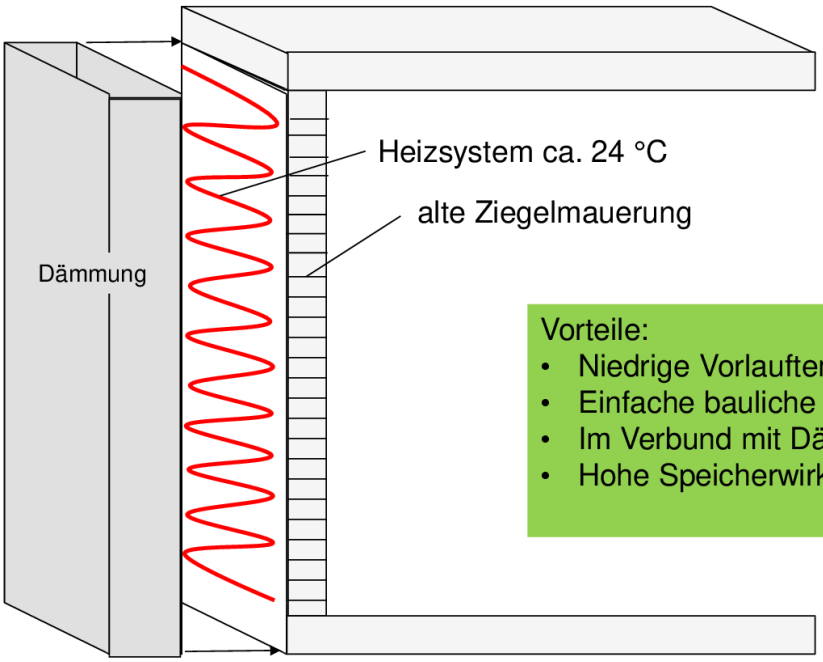
Stromspeicher

Wasserstoffspeicher

Zukunftslösungen oder Experimentalprojekte ?

33

Außenmauer-Aktivierung als Speicher



Vorteile:
- Niedrige Vorlauftemperatur
- Einfache bauliche Ausführung
- Im Verbund mit Dämmung
- Hohe Speicherwirkung

34

Herausforderung an die Meß- und Regeltechnik

- Verbrauchserfassung
- Erfassung der jeweiligen Speicherstände
- Temperatursteuerung und Verlustbegrenzung
- Wetterprognose und Speicherbeladung
- Auswahl der Energiequelle nach Preis, Emission und erneuerbarem Angebot
- Flexibilisierung der Stromerzeugung
- Vorgaben der Sektorkopplung
- E-Mobilität

35

Veröffentlichungen und Arbeitsergebnisse

36

ASUE Engagement

Innovation und Energieeffizienz – werden Sie Mitglied bei der ASUE

ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e. V.

Jürgen Stefan Kukuk
Geschäftsführer

Robert-Koch-Platz 4 in 10115 Berlin
Tel: +49 30 2219 13 49-0
Fax: +49 30 2219 13 49-9
Email: kukuk@asue.de I www.asue.de

37

ASUE
Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

TECHNIK
EFFIZIENZ
INNOVATION

Vielen Dank!

ASUE
Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

www.asue.de kukuk@asue.de

ASUE
Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

Energetisches Konzept Neu-Tempelhof: Dekarbonisierung der Wärmeversorgung im Bestand

Michael Viernickel, GASAG Solution Plus GmbH

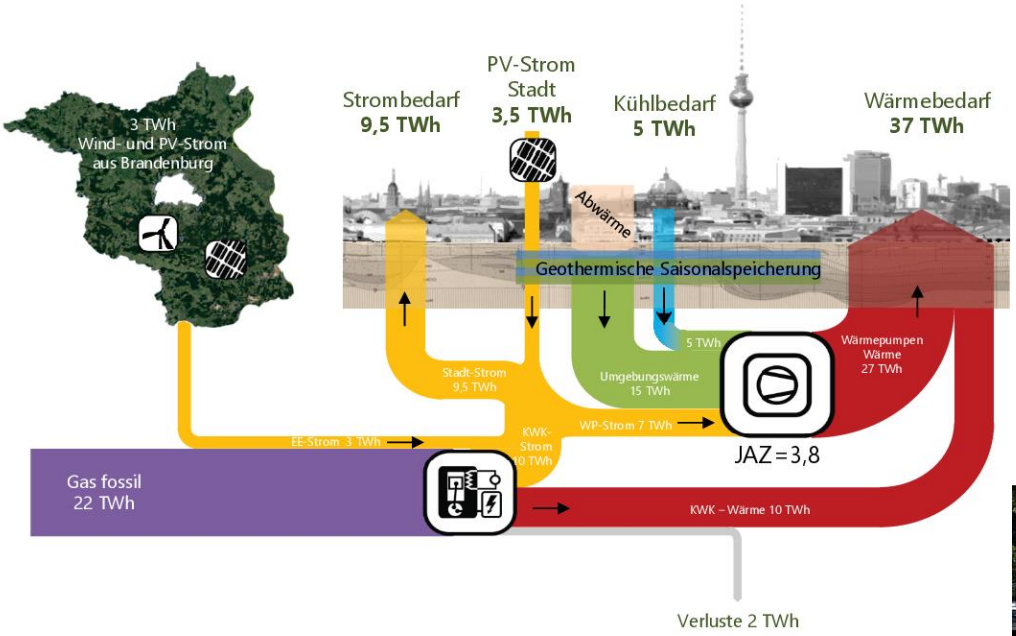
Energetisches Konzept Neu-Tempelhof:

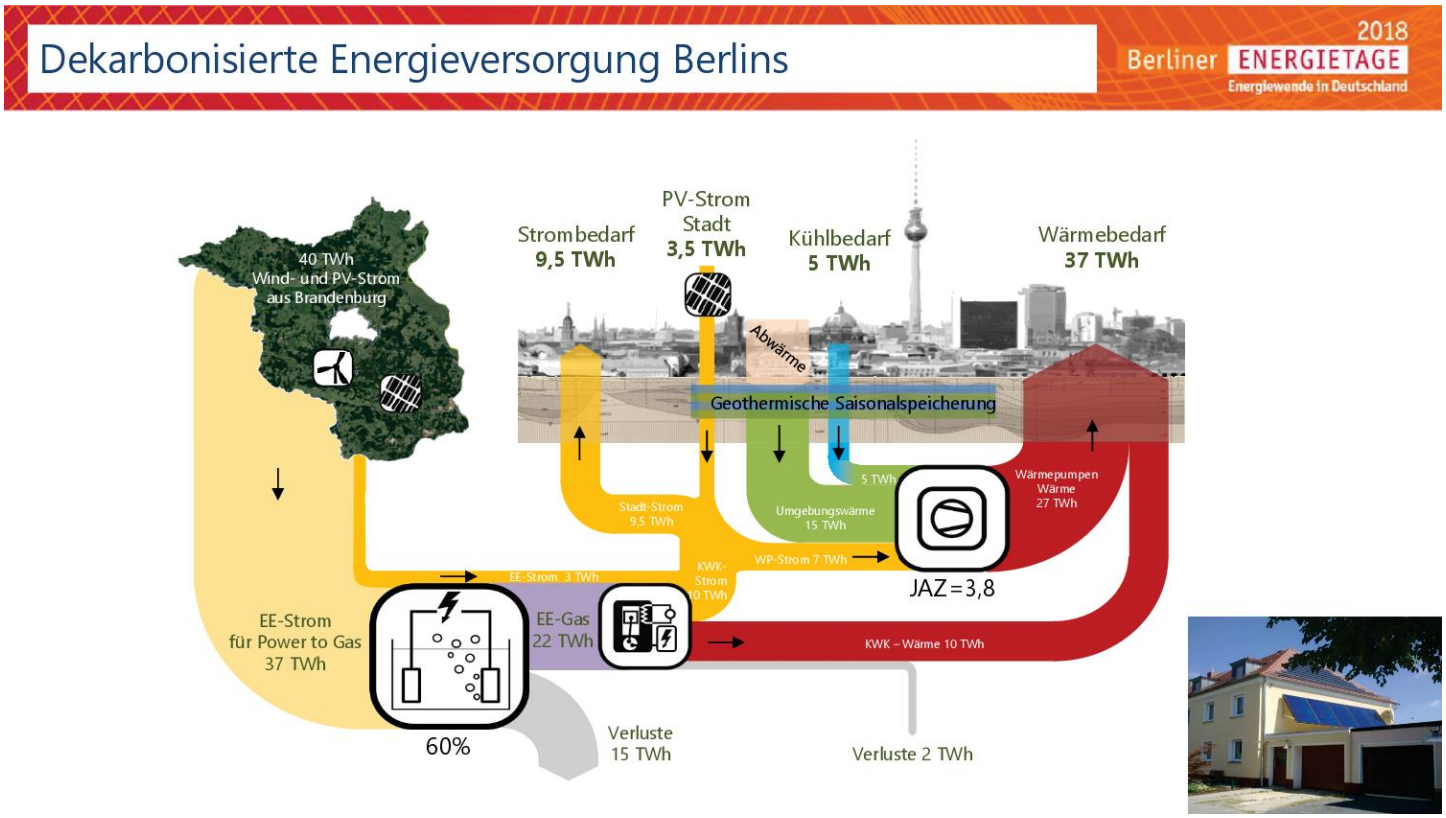
Dekarbonisierung der Wärmeversorgung im Bestand

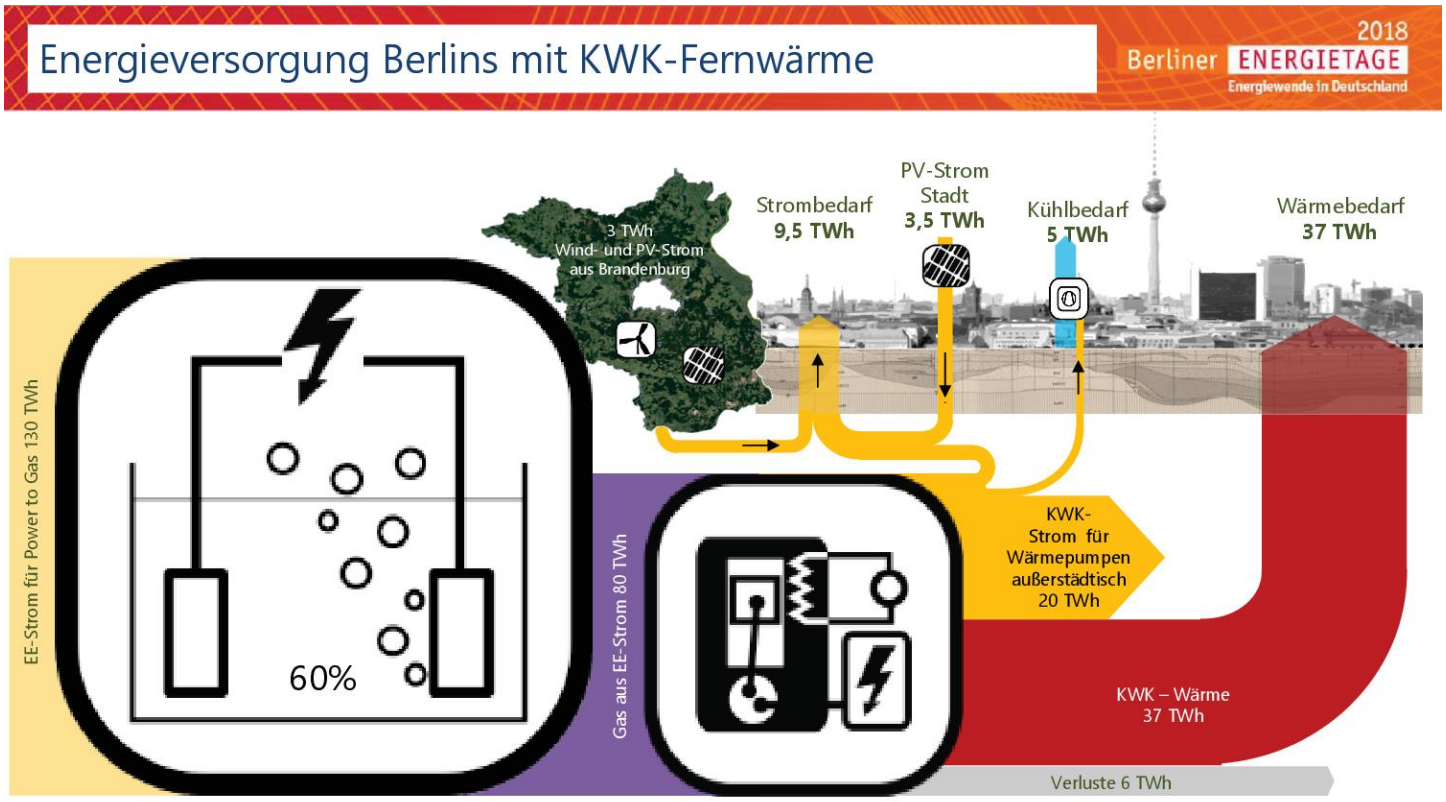
www.asue.de
GASAG SOLUTION +
IB Schindler
KLIMA, DAS SICH RECHNET. geo^en
michael.viernickel@geo-en.de

Energieversorgung Berlins mit Synergienutzung

2018 Berliner ENERGIETAGE Energiewende in Deutschland




Dekarbonisierte Energieversorgung Berlins
2018
Berliner ENERGIETAGE
Energiewende in Deutschland
40 TWh
Wind- und PV-Strom
aus Brandenburg
Strombedarf
9,5 TWh
PV-Strom
Stadt
3,5 TWh
Kühlbedarf
5 TWh
Wärmebedarf
37 TWh
Abwärme
Geothermische Saisonalspeicherung
5 TWh
Wärmepumpen
Wärme
27 TWh
Stadt-Strom
9,5 TWh
Umgebungswärme
15 TWh
WP-Strom 7 TWh
KWK-
Strom
10 TWh
EE-Strom 3 TWh
JAZ=3,8
EE-Strom
für Power to Gas
37 TWh
EE-Gas
22 TWh
KWK – Wärme 10 TWh
60%
Verluste
15 TWh
Verluste 2 TWh


Energieversorgung Berlins mit KWK-Fernwärme
2018
Berliner ENERGIETAGE
Energiewende in Deutschland
3 TWh
Wind- und PV-Strom
aus Brandenburg
Strombedarf
9,5 TWh
PV-Strom
Stadt
3,5 TWh
Kühlbedarf
5 TWh
Wärmebedarf
37 TWh
EE-Strom für Power to Gas 130 TWh
60%
Gas aus EE-Strom 80 TWh
KWK-
Strom für
Wärmepumpen
außerstädtisch
20 TWh
KWK – Wärme
37 TWh
Verluste 6 TWh

Zentrale konzeptuelle Ansätze

2018 Berliner ENERGIETAGE Energiewende in Deutschland

Energieeinsparung - unter Berücksichtigung der Kosten-Nutzen-Abwägung

(Fenster, Lüftung, Regelung, Pumpentausch, Anlagenhydraulik, TWW-Zirkulation versus FriWaS, Nutzerverhalten, ggfs. Dämmmaßnahmen)

Umstellung auf Niedertemperatur - durch kostenoptimierte Eingriffe beim Nutzer

(Heizkörpertausch, Lüftungskonditionierung, Anlagenhydraulik, dynamische Regelung, TWW-Konzepte)

Errichtung von Energiezentralen - mit maximaler Umgebungswärmenutzung

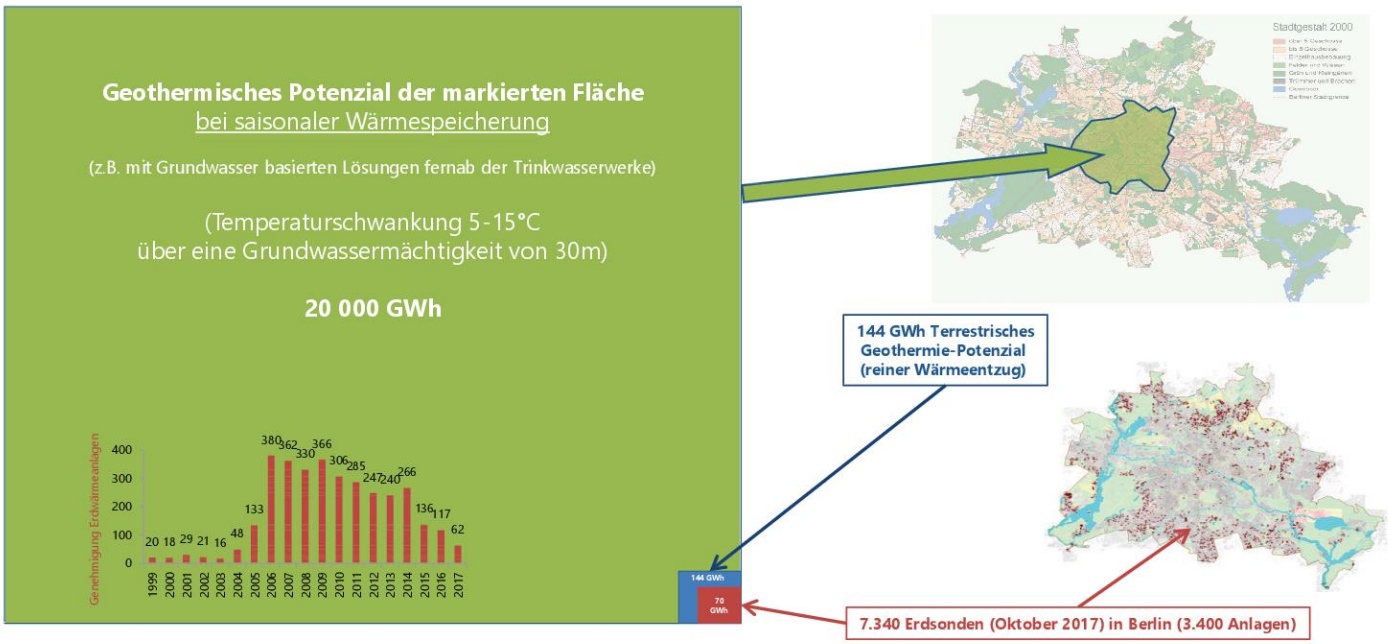
(Wärmepumpen, Solarenergie, KWK, Speicherkaskaden)

Erschließung von nachhaltigen Energiequellen - Erneuerbare Energien, Abwärme und Synergien

(Abluftwärme, Kühlungsabwärme, Abwasserwärme, aktivierte Bauteile, Hinterlüftung von Photovoltaik, Geothermie)

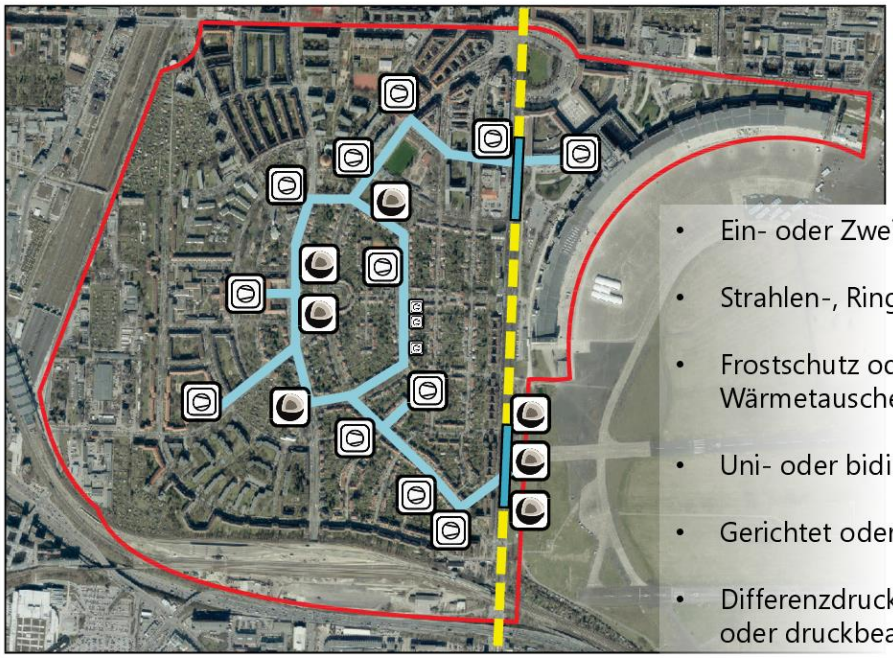
Geothermisches Potenzial und Nutzung in Berlin

2018 Berliner ENERGIETAGE Energiewende in Deutschland



Kaltnetzkonfiguration mit Abwasserdruckleitung

2018 Berliner ENERGIETAGE Energiewende in Deutschland

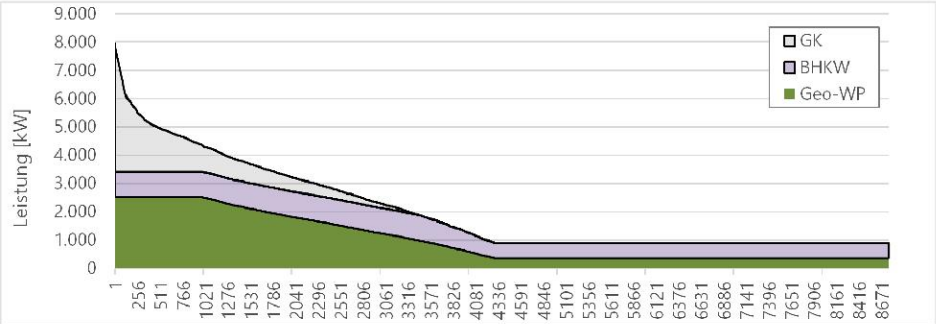


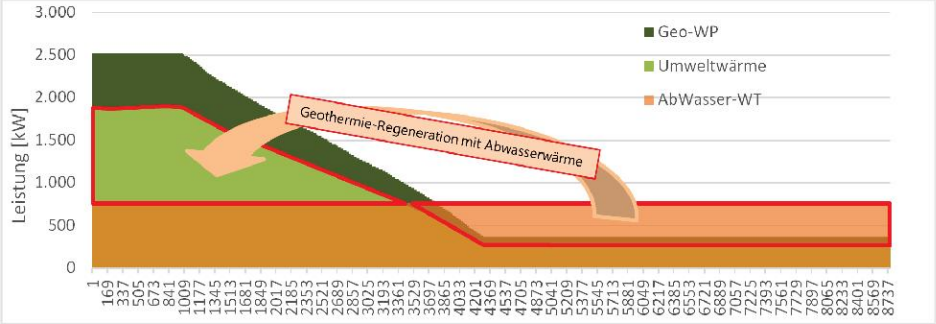
- Ein- oder Zweileiternetz
- Strahlen-, Ring- oder Maschennetz
- Frostschutz oder Wasser - Wärmetauscherkonfiguration
- Uni- oder bidirektional
- Gerichtet oder ungerichtet
- Differenzdrucklos oder druckbeaufschlagt

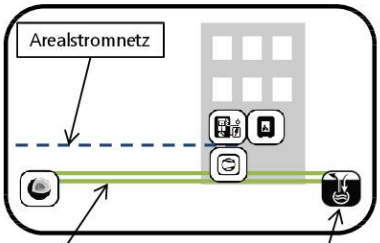
mit aktiven Nutzern
mit passiven Nutzern

Geothermie – Abwasser – Wärmepumpe – BHKW - Kessel

2018 Berliner ENERGIETAGE Energiewende in Deutschland



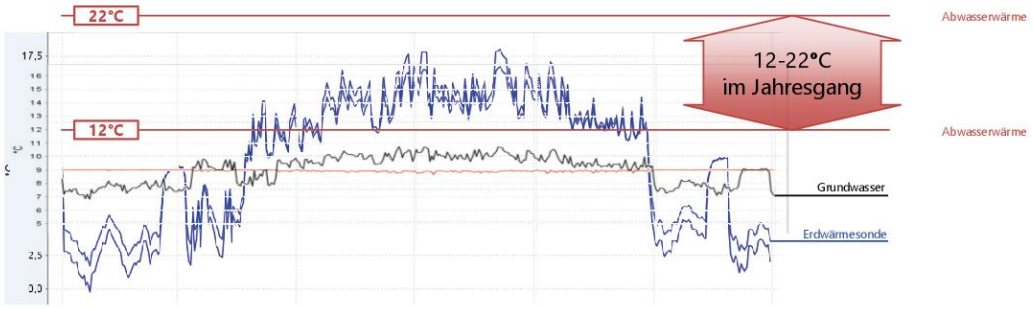


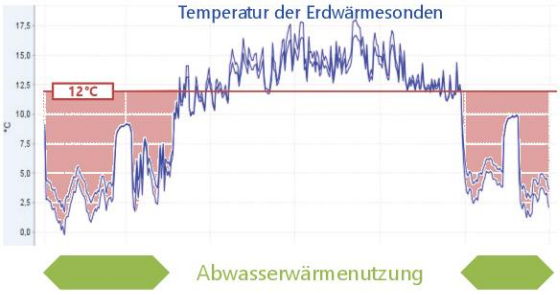


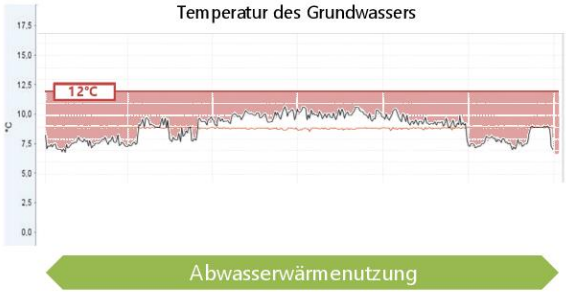
Abwasserwärmetauscher

- Wärmetauscherlänge 150 m/MW (bei 11.300 m³/Tag)
- meist ganzjährig 12 °C (zulässig: 14 → 12°C und 22 → 23°C)
- ca. 670 T€/MW (Baumaßnahme und Mantelwärmetauscher)
- Jahresnutzungsgebühr 7-14T€ / MW

Abwasser- und Geothermie-/ Netztemperaturen







Zentrale konzeptuelle Ansätze

2018 Berliner ENERGIETAGE Energiewende in Deutschland

Energieeinsparung - unter Berücksichtigung der Kosten-Nutzen-Abwägung
(Fenster, Lüftung, Regelung, Pumpentausch, Anlagenhydraulik, TWW-Zirkulation versus FriWaS, Nutzerverhalten, ggfs. Dämmmaßnahmen)

Umstellung auf Niedertemperatur - durch kostenoptimierte Eingriffe beim Nutzer
(Heizkörpertausch, Lüftungskonditionierung, Anlagenhydraulik, dynamische Regelung, TWW-Konzepte)

Errichtung von Energiezentralen - mit maximaler Umgebungswärmenutzung
(Wärmepumpen, Solarenergie, KWK, Speicherkaskaden)

Erschließung von nachhaltigen Energiequellen - Erneuerbare Energien, Abwärme und Synergien
(Abluftwärme, Kühlungsabwärme, Abwasserwärme, aktivierte Bauteile, Hinterlüftung von Photovoltaik, Geothermie)

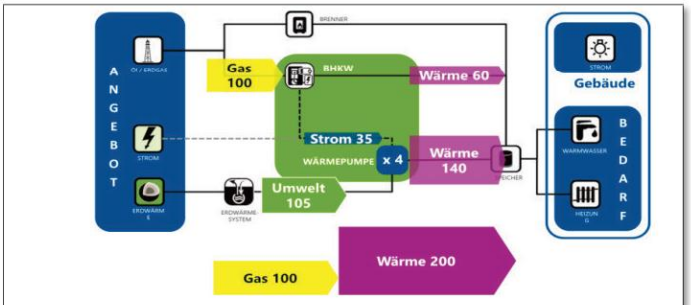
Speicherung - von Niedertemperaturwärme und Elektroenergie
(Geothermische Saisonal-Wärmespeicher im Grundwasser (50-100m) und Sandstein (300 -600m), Batterie-Stromspeicherung / P2G)

Netzfreundlichkeit und Sektorkopplung durch Hybride - durch Steuerung von Quellen und Senken
(Übergeordnete Steuerung und Betriebsfahrpläne in Abhängigkeit von Strombörse, Bedarfs- und Wetterprognose)

Netzfreundlichkeit von Hybridanlagen

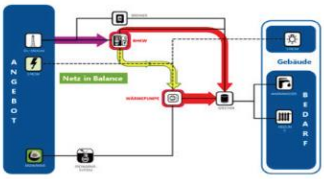
2018 Berliner ENERGIETAGE Energiewende in Deutschland

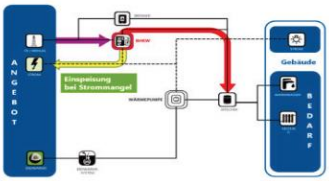
Netzstabilisierung durch variable Wärmeerzeugung je nach Spannung im Stromnetz:

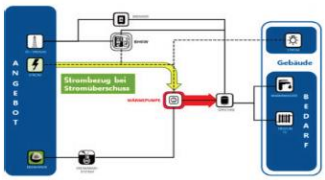


200% Nutzungsgrad: 2 kW Wärme aus 1 kW Gas mit BHKW-Wärmepumpenhybrid

Netzspannung:	**= 230 V**	**< 230 V**	**> 230 V**
Wärmebedarfsdeckung :	BHKW + Wärmepumpenbetrieb	BHKW-Betrieb	Wärmepumpenbetrieb

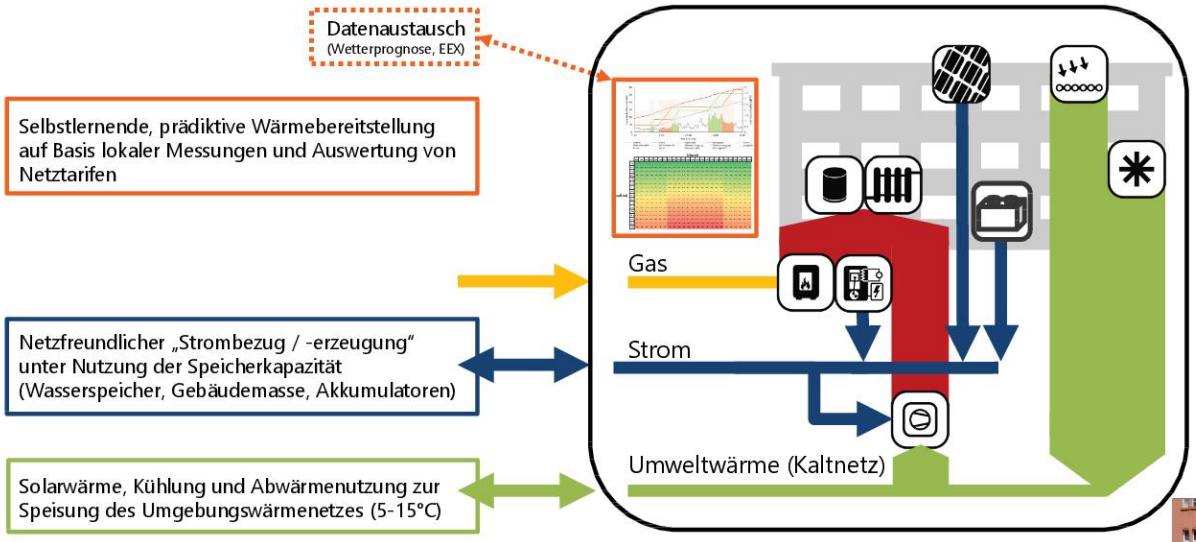






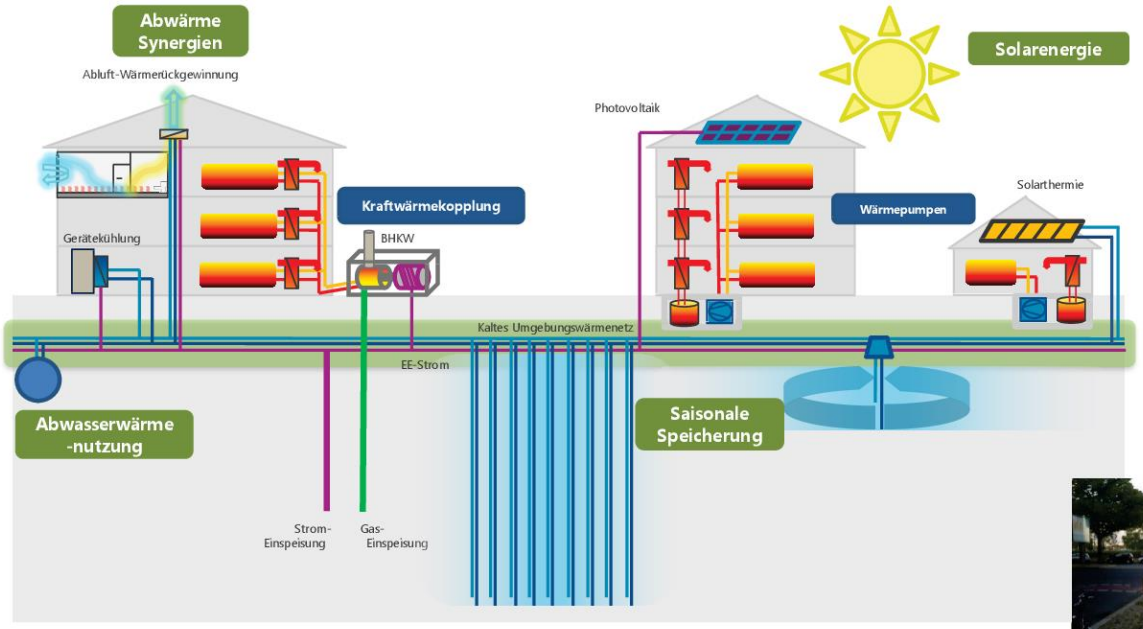
„Intelligente" Prosumer / Zellulare Hybride

2018 Berliner ENERGIETAGE Energiewende in Deutschland



Umgebungswärmenutzung und Sektorkopplung

2018 Berliner ENERGIETAGE Energiewende in Deutschland



Zentrale konzeptuelle Ansätze

2018 Berliner ENERGIETAGE Energiewende in Deutschland

Energieeinsparung - unter Berücksichtigung der Kosten-Nutzen-Abwägung
(Fenster, Lüftung, Regelung, Pumpentausch, Anlagenhydraulik, TWW-Zirkulation versus FriWaS, Nutzerverhalten, ggfs. Dämmmaßnahmen)

Umstellung auf Niedertemperatur - durch kostenoptimierte Eingriffe beim Nutzer
(Heizkörpertausch, Lüftungskonditionierung, Anlagenhydraulik, dynamische Regelung, TWW-Konzepte)

Errichtung von Energiezentralen - mit maximaler Umgebungswärmenutzung
(Wärmepumpen, Solarenergie, KWK, Speicherkaskaden)

Erschließung von nachhaltigen Energiequellen - Erneuerbare Energien, Abwärme und Synergien
(Abluftwärme, Kühlungsabwärme, Abwasserwärme, aktivierte Bauteile, Hinterlüftung von Photovoltaik, Geothermie)

Speicherung - von Niedertemperaturwärme und Elektroenergie
(Geothermische Saisonal-Wärmespeicher im Grundwasser (50-100m) und Sandstein (300 -600m), Batterie-Stromspeicherung / P2G)

Netzfreundlichkeit und Sektorkopplung durch Hybride - durch Steuerung von Quellen und Senken
(Übergeordnete Steuerung und Betriebsfahrpläne in Abhängigkeit von Strombörse, Bedarfs- und Wetterprognose)

Verteilung von Umweltwärme und EE-Strom - über eine „Umweltenergieplattform"
(Kaltnetz, Arealstromnetz)

Akzeptanz und Partizipation zur Bildung von Energiezellen - Aufklärung und Beteiligung
(Beratung und „best-practise"-Lösungen, Beteiligungsmodelle z.B. an einer „Bürgerumweltenergieplattform")

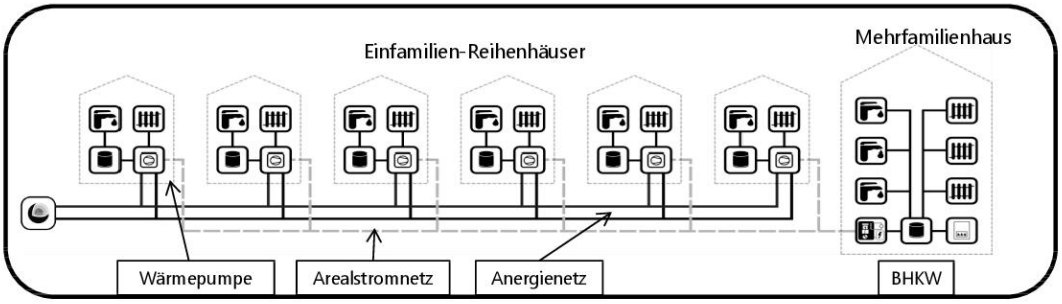
„Geo-Hybrid-Zelle“

2018 Berliner ENERGIETAGE Energiewende in Deutschland

Kombination

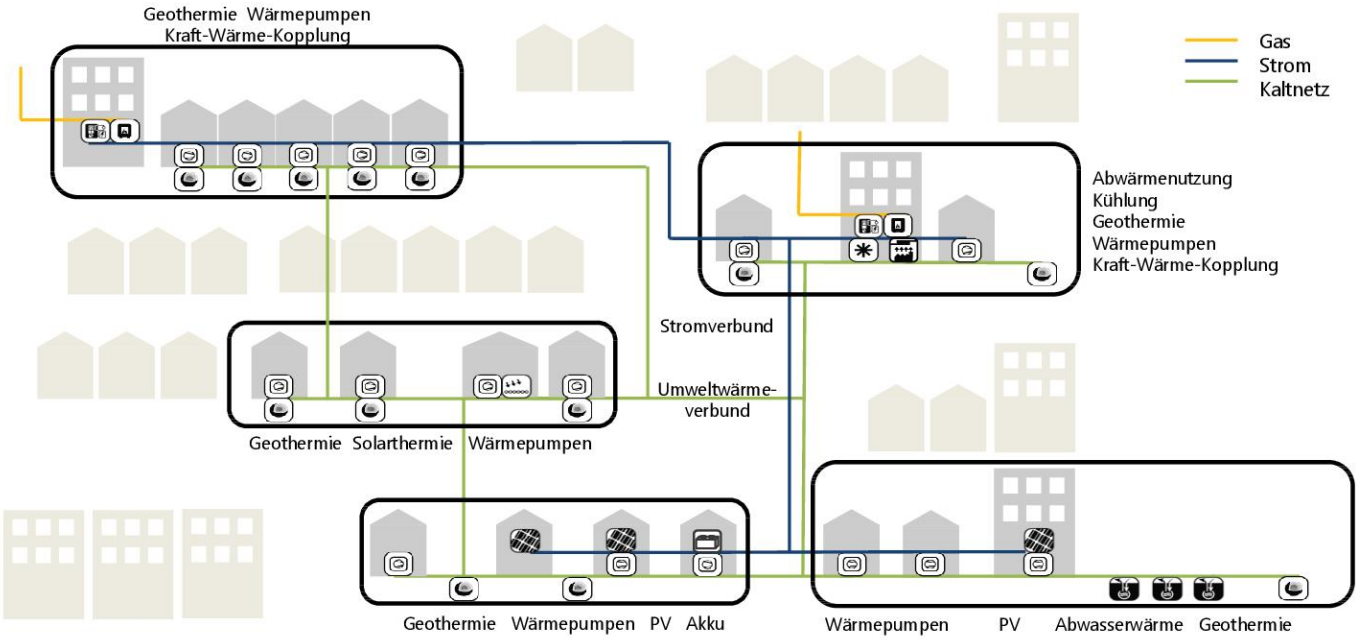
BHKW mit Wärmepumpe

⇨ Gesamtwärmepreis nach 20 Betriebsjahren: 10-11 ct/kWh



Zellularer Ausbau mit Hybriden und bidirektionalem Netz

2018 Berliner ENERGIETAGE Energiewende in Deutschland



Zentrale konzeptuelle Ansätze

Energieeinsparung - unter Berücksichtigung der Kosten-Nutzen-Abwägung
(Fenster, Lüftung, Regelung, Pumpentausch, Anlagenhydraulik, TWW-Zirkulation versus FriWaS, Nutzerverhalten, ggfs. Dämmmaßnahmen)

Umstellung auf Niedertemperatur - durch kostenoptimierte Eingriffe beim Nutzer
(Heizkörpertausch, Lüftungskonditionierung, Anlagenhydraulik, dynamische Regelung, TWW-Konzepte)

Errichtung von Energiezentralen - mit maximaler Umgebungswärmenutzung
(Wärmepumpen, Solarenergie, KWK, Speicherkaskaden)

Erschließung von nachhaltigen Energiequellen - Erneuerbare Energien, Abwärme und Synergien
(Abluftwärme, Kühlungsabwärme, Abwasserwärme, aktivierte Bauteile, Hinterlüftung von Photovoltaik, Geothermie)

Speicherung - von Niedertemperaturwärme und Elektroenergie
(Geothermische Saisonal-Wärmespeicher im Grundwasser (50-100m) und Sandstein (300 -600m), Batterie-Stromspeicherung / P2G)

Netzfreundlichkeit und Sektorkopplung durch Hybride - durch Steuerung von Quellen und Senken
(Übergeordnete Steuerung und Betriebsfahrpläne in Abhängigkeit von Strombörse, Bedarfs- und Wetterprognose)

Verteilung von Umweltwärme und EE-Strom - über eine „Umweltenergieplattform"
(Kaltnetz, Arealstromnetz)

Akzeptanz und Partizipation zur Bildung von Energiezellen - Aufklärung und Beteiligung
(Beratung und „best-practise"-Lösungen, Beteiligungsmodelle z.B. an einer „Bürgerumweltenergieplattform")

Prosumer-Abrechnungssystematik - mit Selbstregulationsfunktion der Netze
(variable Tarifierung in Abhängigkeit von der lokalen elektrischen und hydraulischen Situation)

Netzregelung

2018 Berliner ENERGIETAGE Energiewende in Deutschland

Jede „Zelle" sorgt für (optimierte) Bedarfsdeckung von Strom, Wärme und Kälte

Geothermiespeicher Temperaturzielkorridor im Jahresgang

Anergienetzregelung Differenzdruckhaltung (deltaP = 0)
Temperatur 5-20°C

Stromnetz: Spannungskonstanz

Strom, Wärme, Kälte und „Netzstabilisierungsdienstleistung" werden bewertet und zwischen den Prosumern gehandelt

Themen der Digitalisierung:

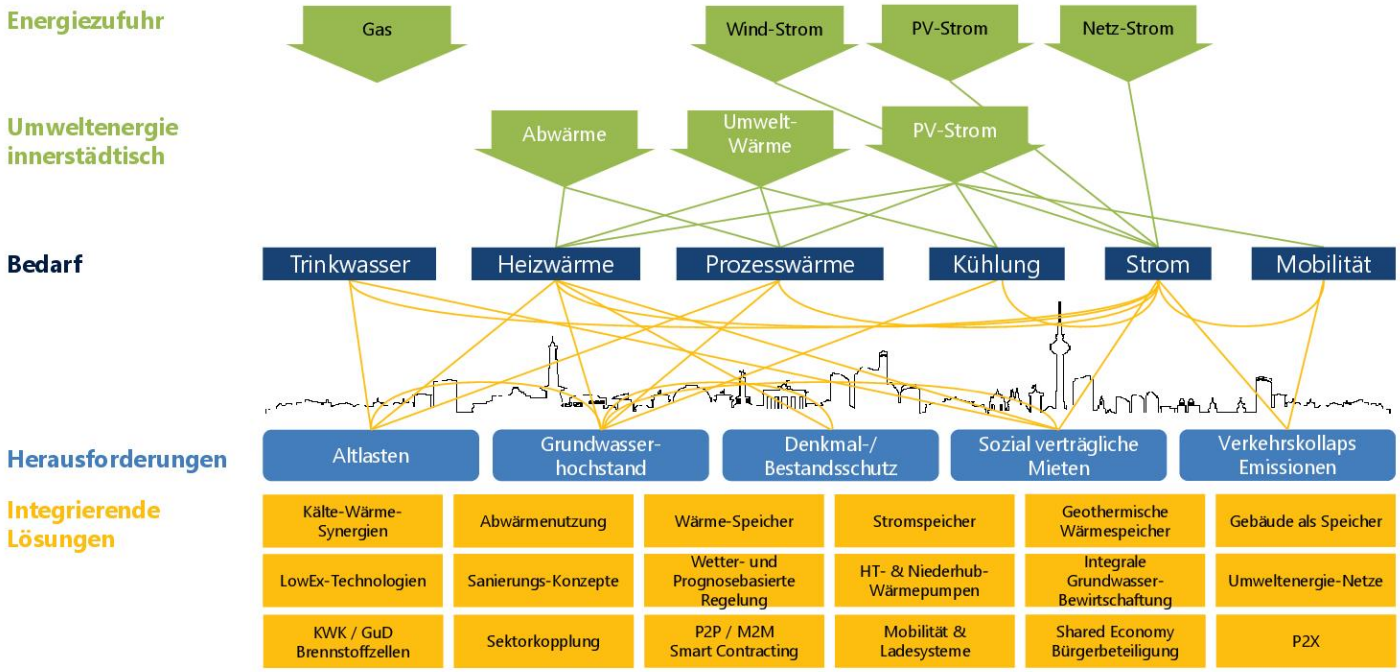
- Anlagenregelung mit Fahrplanoptimierung
- Regelung der Übertragernetze (Stromnetze, Wärme- und Kaltnetze)
- Abrechnungssystematik (zentral oder P2P)

Daten & KI - Ist der Geist schon aus der Flasche ?

2018 Berliner ENERGIETAGE Energiewende in Deutschland

Weitere Nutzen Integrierter Energiewirtschaft

2018 Berliner ENERGIETAGE Energiewende in Deutschland



2018
Berliner ENERGIETAGE
Energiewende in Deutschland

Michael Viernickel - Geo-En GmbH
Schwedter Str. 9b, 10119 Berlin

+49 152 5354 3576 michael.viernickel@geo-en.de

Ing.-Büro Friedrich Schindler
Stadt-, Dorfplanung, Regionalentwicklung -
Willibald-Alexis-Str. 15, 10965 Berlin

+49 151 61 4711 89 F.Schindler@snafu.de

Kalte Netze für warme Häuser

Prof. Thomas Giel, Technik Hochschule Mainz

TSB | TECHNIK HOCHSCHULE MAINZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES | TGA-GM Professor Dipl. Ing. Thomas Giel Consulting

KALTE NETZE für WARME HÄUSER

Thomas Giel

Die Wissenschaft ist erst erwachsen, wenn sie die Verantwortung für ihre Folgen übernimmt.

Carl Friedrich von Weizsäcker

Wir brauchen Gebäude, die mit der Zukunft gehen !

Berliner ENERGIETAGE 2018 Energiewende in Deutschland

TSB | TECHNIK HOCHSCHULE MAINZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES | TGA-GM Professor Dipl. Ing. Thomas Giel Consulting

Vita:

Prof. Dipl. Ing. Giel, Thomas

Professor für Technisches Gebäudemanagement und Technische Gebäudeausrüstung an der Hochschule Mainz

Wissenschaftliche Projektleitung Transferstelle für Rationelle Regenerative Energienutzung Bingen

Wichtige Station:

1997
Wissenschaftliche Begleitung des Forschungsvorhabens „Energetische Modernisierung von Altbauten" für das Wirtschaftsministerium in Baden-Württemberg mit der Forschungsgemeinschaft Fachhochschulen.
Ziel: Entwicklung von Energiesparmaßnahmen für den Altbau.

2007 - 2010
Leitung des Pro Inno Forschungsvorhabens „Entwicklung eines optimal abgestimmten, kalten Nahwärmenetzes zur Versorgung von Wohngebäuden mit Wärme und Kälte für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie.
Ziel: Auslegungskriterien für Kalten Nahwärmenetze

2010
Entwicklung einer geo- solarthermischen Heizung und Kühlung zur Wärme und Heizungsversorgung von Bürogebäuden zusammen mit der Fachhochschule für Technik in Esslingen.
Ziel: Auslegungskriterien für geo- solarthermische Kühlungen

2010
Energiekonzept Bürogebäude Werner und Mertz
Umweltpreis RLP / Platin Label nach LEED Greenbuilding

2011
Energie Master Award 2011 in der Kategorie „Einsatz erneuerbare Energien"
Mit der Produktionshalle Junker in Sinsheim

2013
Entwicklung „Hauses der Zukunft" zusammen mit der Hochschule Esslingen und Fernhochschule Hamburg.
Ziel: Entwicklung eines Plus Energiegebäudes als aktiver Baustein zur Energiewende

2013
Entwicklung eines Messverfahrens zur Ermittlung des Jahresnutzungsgrades einer Heizungsanlage durch eine Kurzzeitmessung

2015
Entwicklung von Smart TOM zur Energieeffizienzsteigerung von Liegenschaften im ländlichen Raum.

Wir brauchen Gebäude, die mit der Zukunft gehen !

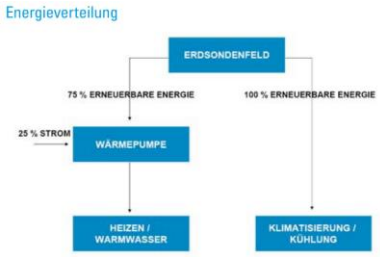
Berliner ENERGIETAGE 2018 Energiewende in Deutschland

TSB | TECHNIK HOCHSCHULE MAINZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES | TGA-GM Professor Dipl. Ing. Thomas Giel Consulting

KALTES NAHWÄRMENETZ
Erdwärme Versorgungskonzept für komplette Bau- und Sanierungsgebiete - ökologisch, ökonomisch, nachhaltig !

Pro Inno Forschungsvorhabens „Entwicklung eines optimal abgestimmten, kalten Nahwärmenetzes zur Versorgung von Wohngebäuden mit Wärme und Kälte für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie.
Ziel: Auslegungskriterien für Kalten Nahwärmenetze.

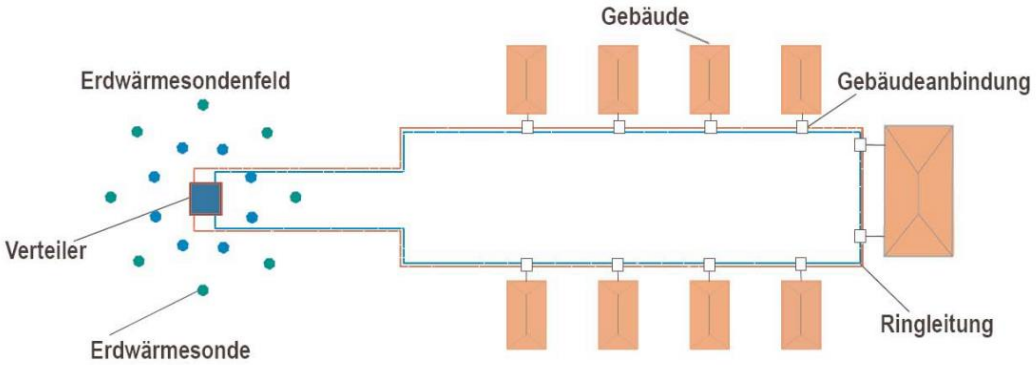
2007 bis 2010



Wir brauchen Gebäude, die mit der Zukunft gehen !

TSB | TECHNIK HOCHSCHULE MAINZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES | TGA-GM Professor Dipl. Ing. Thomas Giel Consulting

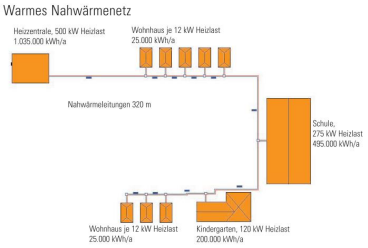
Kalte Nahwärme DIE IDEE:

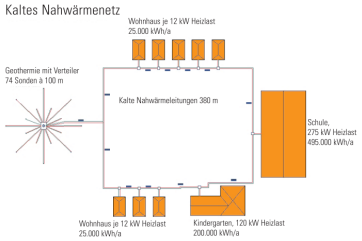


Wir brauchen Gebäude, die mit der Zukunft gehen !

Funktionsprinzip Kaltes Nahwärmenetz

Ein Kaltes Nahwärmenetz verfügt über ein zentrales Erdsondenfeld. In den Sonden nimmt ein Wärmeträgermedium, ein Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel, die Wärme des Erdreichs mit seinen ganzjährig konstanten Temperaturen von zehn bis zwölf Grad Celsius auf. Durch eine Ringleitung gelangt das erwärmte Trägermedium zu den Abnehmern, den Gebäuden. Dort heben Wärmepumpen die bereitgestellte Energie auf das individuell gewünschte Temperaturniveau. Neben der Heizung im Winter bietet das Netz auch die Möglichkeit, die Häuser im Sommer ökologisch und wirtschaftlich zu kühlen ("Freecooling"). Die in den sommerlich-heißen Innenräumen aufgenommene Wärme führen die Leitungen zurück ins Erdreich und ermöglichen damit gleichzeitig eine Regeneration des Erdsondenfeldes.



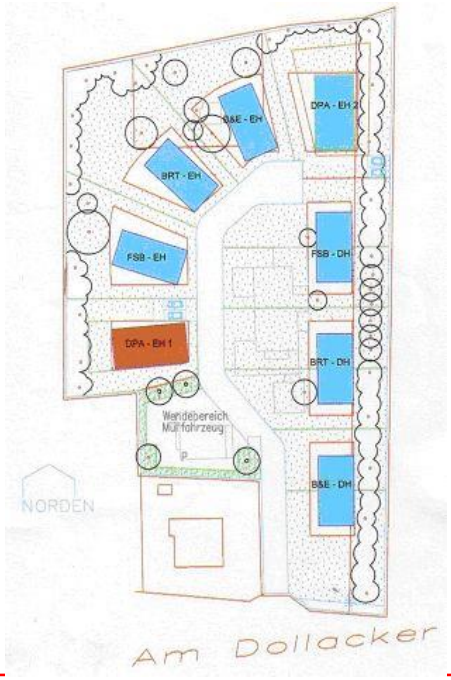


TSB | TECHNIK HOCHSCHULE MAINZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES | TGA-GM Professor Dipl. Ing. Thomas Giel Consulting

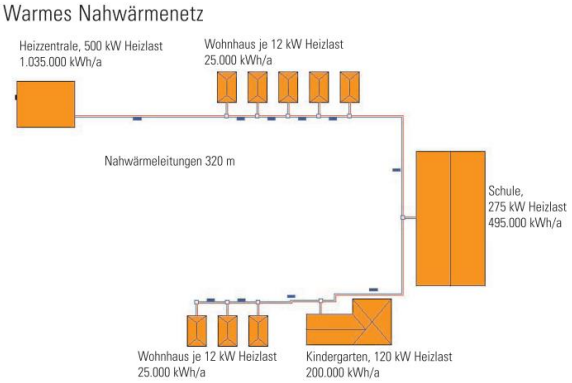
Grundlagen / Forschungsprojekt

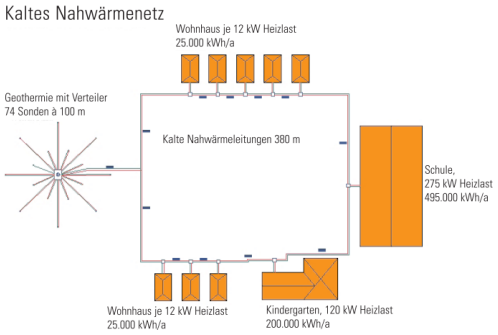
Das Siedlungsprojekt wird südlich von Darmstadt am Rande des Ortes Malchen errichtet und steht unter dem Titel „Leben im 21. Jahrhundert“.

Das Bauvorhaben besteht aus drei Doppelhäusern und fünf Einzelhäusern, welche von international bekannten Stararchitekten entworfen wurden.



Wir brauchen Gebäude, die mit der Zukunft gehen !
2018 Berliner ENERGIETAGE Energiewende in Deutschland





TSB
TECHNIK HOCHSCHULE MAINZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
TGA-GM Professor Dipl. Ing. Thomas Giel Consulting

Vorteile der kalten Nahwärme:

Ein Vorteil des kalten Nahwärmenetzes sind die sehr geringen Leitungsverluste aufgrund des niedrigen Temperaturniveaus des zirkulierenden Wärmemediums. Eine Dämmung der Ringleitungen ist daher nicht notwendig. *Das spart Kosten.*

Aufgrund der geringen Wärmeverluste sind außerdem große Leitungsdistanzen von bis zu zwei Kilometern möglich.

Die dezentrale Energieerzeugung erlaubt es zudem, auf die Anforderungen und Bedürfnisse der einzelnen Verbraucher einzugehen, was sich bei herkömmlichen Nahwärmenetzen schwierig gestaltet.

Wir brauchen Gebäude, die mit der Zukunft gehen !
Berliner ENERGIETAGE 2018

TSB | TECHNIK HOCHSCHULE MAINZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES | TGA-GM Professor Dipl. Ing. Thomas Giel Consulting

Vorteile der kalten Nahwärme:

Ein Ausbau des Netzes in Etappen ist problemlos umsetzbar. Damit ist ein Kaltes Nahwärmenetz ideal für Neubaugebiete oder andere Areale, die in mehreren Bauabschnitten erschlossen werden.
Auch Erweiterungen zu späteren Zeitpunkten sind denkbar, wenn beispielsweise Vertragsbindungen abgelaufen sind oder weitere Sanierungen anstehen.

Die Kosten für Netz und Quellensystem werden auf den Grundstückspreis (Erschließungskosten) umgeschlagen oder können durch Nutzungsgebühren abgegolten werden. (Kein Zählsystem notwendig)

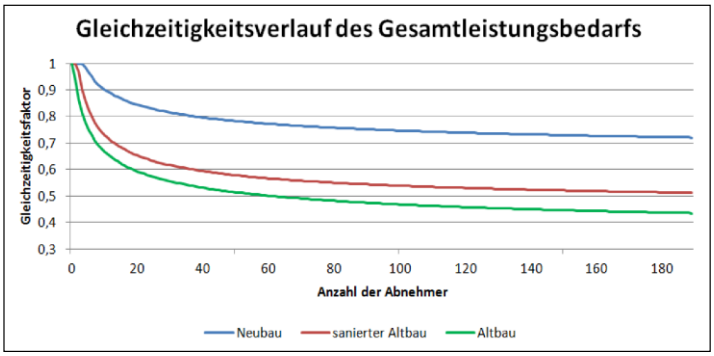
Wir brauchen Gebäude, die mit der Zukunft gehen !

Berliner ENERGIETAGE 2018 Energiewende in Deutschland

TSB | TECHNIK HOCHSCHULE MAINZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES | TGA-GM Professor Dipl. Ing. Thomas Giel Consulting

Auslegung der Erdwärmesonden

Die Auslegung der Erdwärmesonden basiert im wesentlichen auf dem geothermischen Nutzungspotential des Standortes. Dieses wird durch die spezifische Entzugsleistung der Erdwärmesonden und der Ringleitung (Flächenkollektor) bestimmt.
Die spezifische Entzugsleistung muss auf den Bedarf bei einem Kalten Nahwärmenetz angepasst (Stichwort GLEICHZEITIGKEIT) werden!



Wir brauchen Gebäude, die mit der Zukunft gehen !

Berliner ENERGIETAGE 2018 Energiewende in Deutschland

Im Fall von Abbildung 2-5 kann bei einer Neubausiedlung schon ab etwa 20 Teilnehmern der Gesamtleistungsbedarf auf wenigstens 85 % reduziert wer
Im Fall von Abbildung 2-5 kann bei einer Neubausiedlung schon ab etwa 20 Teilnehmern der Gesamtleistungsbedarf auf wenigstens 85 % reduziert w

Zur Ermittlung eines Gleichzeitigkeitsfaktors müssen also mehrere Faktoren berücksichtigt werden:

- **Anzahl der Anschlussnehmer**
- **Nennleistung der einzelnen Anschlussnehmer**
- **Gebäudetyp der Anschlussnehmer**
- **Pufferspeicherkonzept / Horizontale Leitungen werden als Puffer genutzt**

Fazit:

Bei kalter Nahwärme kann bei einer Neubausiedlung schon ab etwa 20 Teilnehmern der Gesamtleistungsbedarf auf der Soleseite bei Heizen und Kühlen mindestens auf 75 % reduziert werden.

TSB
TECHNIK HOCHSCHULE MAINZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
TGA-GM Professor Dipl. Ing. Thomas Giel Consulting

Berechnung der Gebäudedaten

Zunächst wurden für alle Gebäude die Heiz- und Kühllasten ermittelt.

Anhand dieser Daten werden die benötigten Wärme-pumpen ausgewählt und die Kälteleistungen bestimmt.

	Heizlast	Kälteleistung	Kühllast
	Φ_{HL}	$\Phi_{Kälte}$	Φ_{KL}
	[W]	[W]	[W]
B&E DH Nord	18,50	13,78	8,68
B&E DH Süd	16,87	13,32	8,60
B&E EH	26,76	20,05	12,88
BRT DH Nord	15,88	12,53	10,75
BRT DH Süd	14,15	11,06	10,84
BRT EH	20,96	15,70	10,47
DPA EH1	25,46	19,07	10,23
DPA EH2	25,55	19,14	10,90
FSB DH Nord	19,78	14,82	12,29
FSB DH Süd	17,78	13,80	11,58
FSB EH	27,76	20,82	14,57
Summe:	229,44	174,07	122,15

Wir brauchen Gebäude, die mit der Zukunft gehen !
Berliner ENERGIETAGE 2018

TSB | TECHNIK HOCHSCHULE MAINZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES | TGA-GM Professor Dipl. Ing. Thomas Giel Consulting

Auslegung der Erdwärmesonden der Einzelanlagen

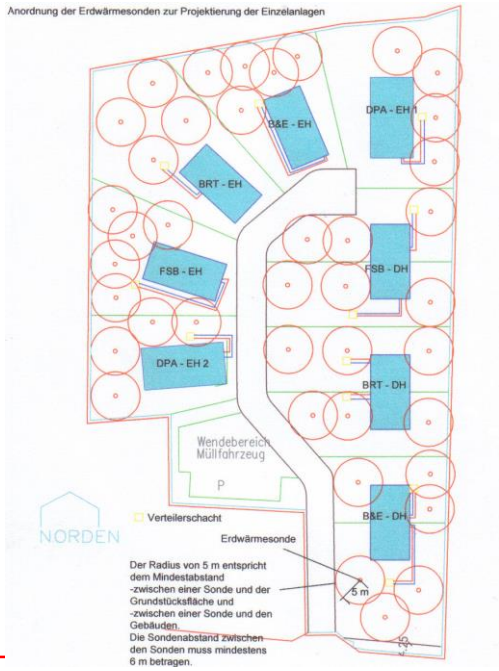
	Heizlast	Kälte-Leistung	Gesamt - EWS - Länge	Anzahl EWS	Sondenlänge pro EWS
	[W]	[kW]	[m]	[-]	[m]
B&E DH Nord	18,50	13,78	275,57	3	91,86
B&E DH Süd	16,87	13,32	266,32	3	88,77
B&E EH	26,76	20,05	400,91	5	80,18
BRT DH Nord	15,88	12,53	250,67	3	83,56
BRT DH Süd	14,15	11,06	221,14	3	73,71
BRT EH	20,96	15,70	314,01	4	78,50
DPA EH1	25,46	19,07	381,43	4	95,36
DPA EH2	25,55	19,14	382,84	4	95,71
FSB DH Nord	19,78	14,82	296,32	3	98,77
FSB DH Süd	17,78	13,80	275,93	3	91,98
FSB EH	27,76	20,82	416,34	5	83,27
Summe:	**229.443**	**174,07**	**3.481,49**	**40**	

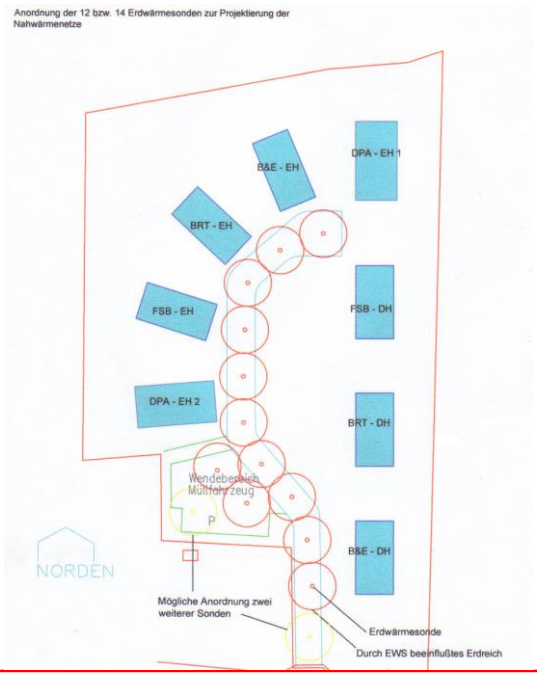
Wir brauchen Gebäude, die mit der Zukunft gehen !

Berliner ENERGIETAGE 2018 Energiewende in Deutschland

Anordnung der Erdwärmesonden

TSB | TECHNIK HOCHSCHULE MAINZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES | TGA-GM Professor Dipl. Ing. Thomas Giel Consulting



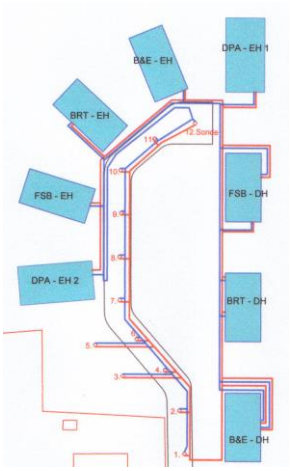


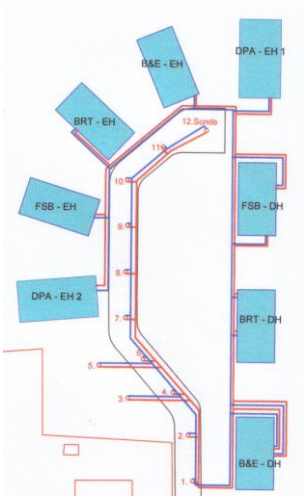
Wir brauchen Gebäude, die mit der Zukunft gehen !

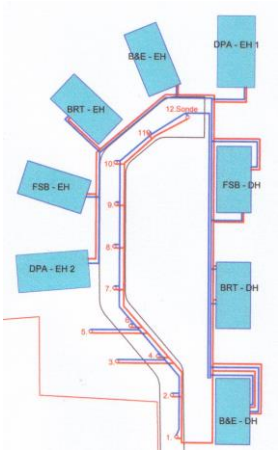
Berliner ENERGIETAGE 2018 Energiewende in Deutschland

Die Konzepte der Netze

TSB | TECHNIK HOCHSCHULE MAINZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES | TGA-GM Professor Dipl. Ing. Thomas Giel Consulting







Wir brauchen Gebäude, die mit der Zukunft gehen !

Berliner ENERGIETAGE 2018

TSB | TECHNIK HOCHSCHULE MAINZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES | TGA-GM Professor Dipl. Ing. Thomas Giel Consulting

Wirtschaftlichkeit des Pilotprojektes:

	FW	TS	TD	Ring
Versorgungsnetz	49.507,30 €	55.640,38 €	53.073,48 €	23.036,97 €
Hausanb. u. Übergabest.	32.288,02 €	32.288,02 €	32.714,02 €	31.547,17 €
Sonden	128.150,44 €	128.200,91 €	128.200,91 €	128.485,60 €
Wärmeträgerflüssigkeit	8.696,89 €	9.008,69 €	8.900,23 €	7.715,47 €
Dokumentation	500,00 €	500,00 €	500,00 €	500,00 €
Wärmepumpenanlage	140.092,20 €	140.092,20 €	140.092,20 €	140.092,20 €
Arbeitskosten	19.311,25 €	19.392,59 €	19.422,84 €	19.195,83 €
Summe Netto	**378.546,10 €**	**385.122,78 €**	**382.903,67 €**	**350.573,23 €**

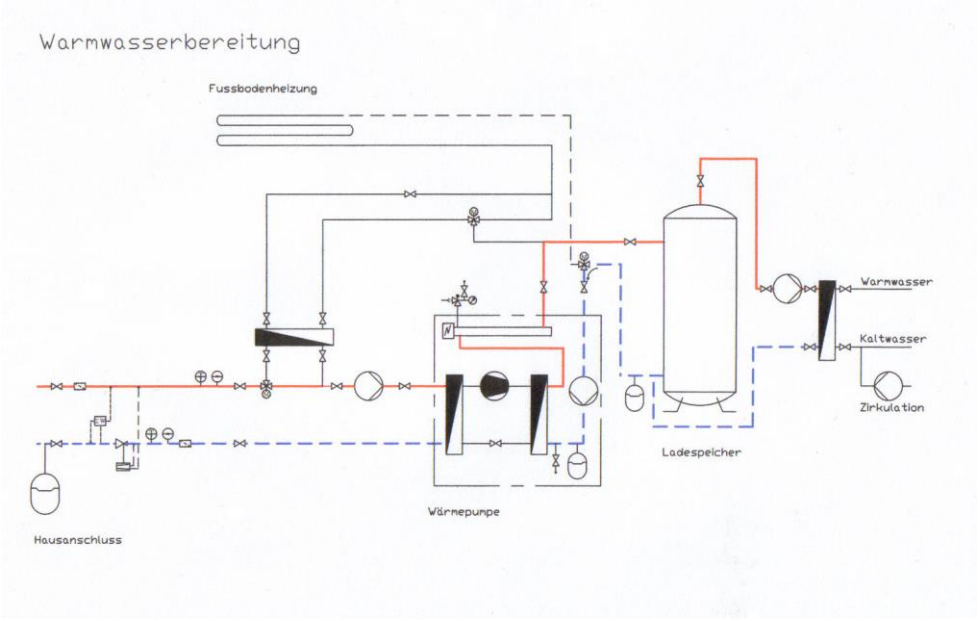
	14 EWS	Δt = 10 K	Einzelanlagen
Versorgungsnetz	26.493,96 €	20.032,76 €	--
Hausanb. u. Übergabest.	31.546,17 €	29.666,17 €	27.635,95 €
Sonden	132.224,50 €	128.485,60 €	184.569,88 €
Wärmeträgerflüssigkeit	7.859,39 €	7.569,72 €	5.321,07 €
Dokumentation	500,00 €	500,00 €	3.850,00 €
Wärmepumpenanlage	140.092,20 €	140.092,20 €	140.092,20 €
Arbeitskosten	19.242,45 €	19.189,68 €	15.342,32 €
Summe Netto	**357.958,66 €**	**345.536,11 €**	**376.811,42 €**

Wir brauchen Gebäude, die mit der Zukunft gehen !

Berliner ENERGIETAGE 2018

TSB
TECHNIK HOCHSCHULE MAINZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
TGA-GM
Professor Dipl. Ing. Thomas Giel Consulting

Hydraulik:

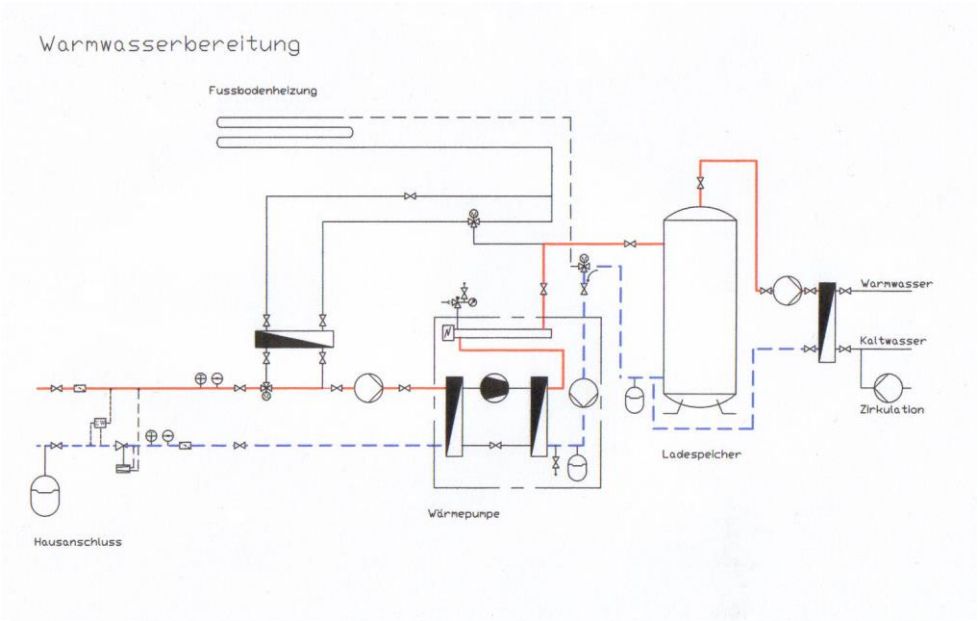


Wir brauchen Gebäude, die mit der Zukunft gehen !

Berliner ENERGIETAGE 2018

TSB
TECHNIK HOCHSCHULE MAINZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
TGA-GM
Professor Dipl. Ing. Thomas Giel Consulting

Hydraulik:



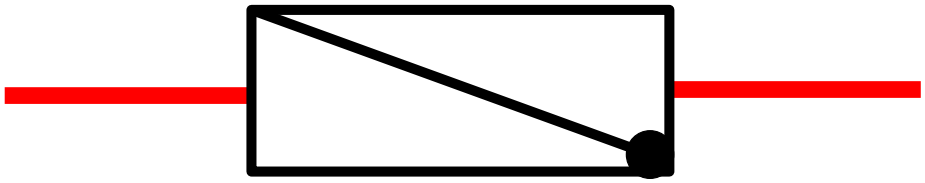
Wir brauchen Gebäude, die mit der Zukunft gehen !

Berliner ENERGIETAGE 2018

TSB | TECHNIK HOCHSCHULE MAINZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES | TGA-GM Professor Dipl. Ing. Thomas Giel Consulting

Hydraulik:

Rückschlagklappe !



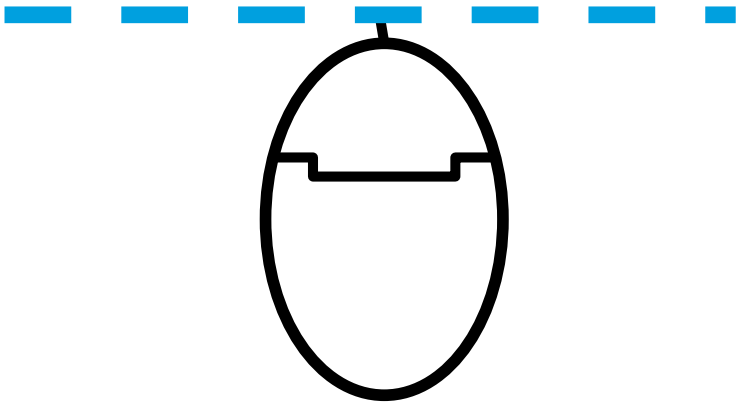
Wir brauchen Gebäude, die mit der Zukunft gehen !

Berliner ENERGIETAGE 2018

TSB | TECHNIK HOCHSCHULE MAINZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES | TGA-GM Professor Dipl. Ing. Thomas Giel Consulting

Hydraulik:

Entlüftung / Druckhaltung !



Wir brauchen Gebäude, die mit der Zukunft gehen !

Berliner ENERGIETAGE 2018

TSB | TECHNIK HOCHSCHULE MAINZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES | TGA-GM Professor Dipl. Ing. Thomas Giel Consulting

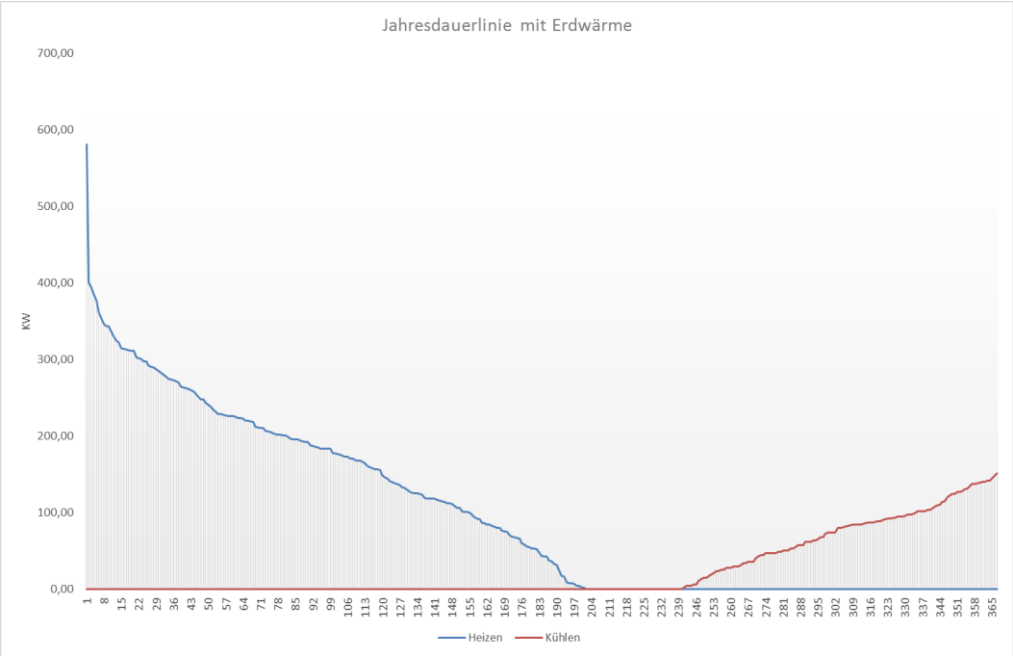
Untersuchtes Gebiet:

Wir brauchen Gebäude, die mit der Zukunft gehen !

21

2018 Berliner ENERGIETAGE Energiewende in Deutschland

TSB | TECHNIK HOCHSCHULE MAINZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES | TGA-GM Professor Dipl. Ing. Thomas Giel Consulting



Wir brauchen Gebäude, die mit der Zukunft gehen !

22

2018 Berliner ENERGIETAGE Energiewende in Deutschland

Für das Energiekonzept werden drei Varianten gegenübergestellt:

Variante 1:

Kalte Nahwärme mit einem Erdwärmesondenfeld und Gaswärmepumpe dezentral in den jeweiligen Häusern

Variante 2:

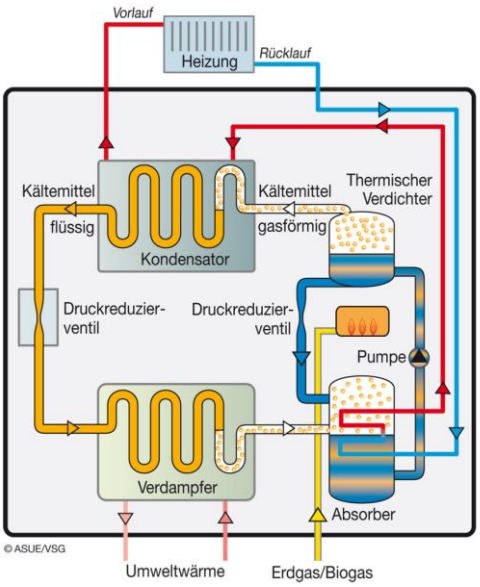
Blockheizkraftwerk mit Gasspitzenlastkessel in als Nahwärmeheizzentrale mit Fernwärmeleitung und Übergabestation in jedem Gebäude.

Variante 3:
Wie Variante jedoch zur Wärmeerzeugung wird eine Pelletkesselanlage gebaut.

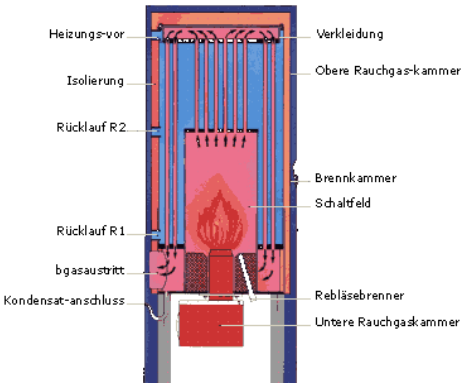
TSB | TECHNIK HOCHSCHULE MAINZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES | TGA-GM Professor Dipl. Ing. Thomas Giel Consulting

Gas- Absorptions-Wärmepumpe

Bei der Gas- Absorptions-Wärmepumpe wird die Umgebungswärme mittels eines Arbeitsmedium-Kreislaufs vom tieferen zum höheren Temperaturniveau gepumpt. Das Arbeitsmedium ist in diesem Fall Ammoniak, das innerhalb der Maschine abwechselnd gasförmig und in Wasser gelöst ist. Den Antrieb des Kreislaufes besorgt ein Gasbrenner, der die Ammoniak-Wasser-Lösung erhitzt und so das Ammoniak wieder als Gas aus dem Wasser austreibt. Das heisse Ammoniakgas gelangt in den Kondensator, gibt seine Wärme als Heizenergie ab und wird wieder flüssig. Danach gelangt das flüssige Ammoniak in den Verdampfer, wo es Umgebungswärme aufnimmt und wieder gasförmig wird. Im danach folgenden Absorber löst sich das Ammoniakgas in Wasser und gibt dadurch die aufgenommene Wärme ab. Vom Absorber wird das Wasser-Ammoniak-Gemisch wieder in den Austreiber gepumpt, und der Kreislauf beginnt erneut.



Gasbrennwertkessel als Spitzenlastkessel



Gaskessel

Ein Brennwertkessel ist ein Heizkessel für Warmwasserheizungen, der den Energieinhalt (Brennwert) des eingesetzten Brennstoffes nahezu vollständig nutzt. Mit Brennwertkesseln wird das Abgas weitestgehend abgekühlt und dadurch auch die Kondensationswärme (= latente Wärme) des im Rauchgas enthaltenen Wasserdampfes (und in geringerem Maße sonstiger Dämpfe) zur Wärmebereitstellung genutzt.

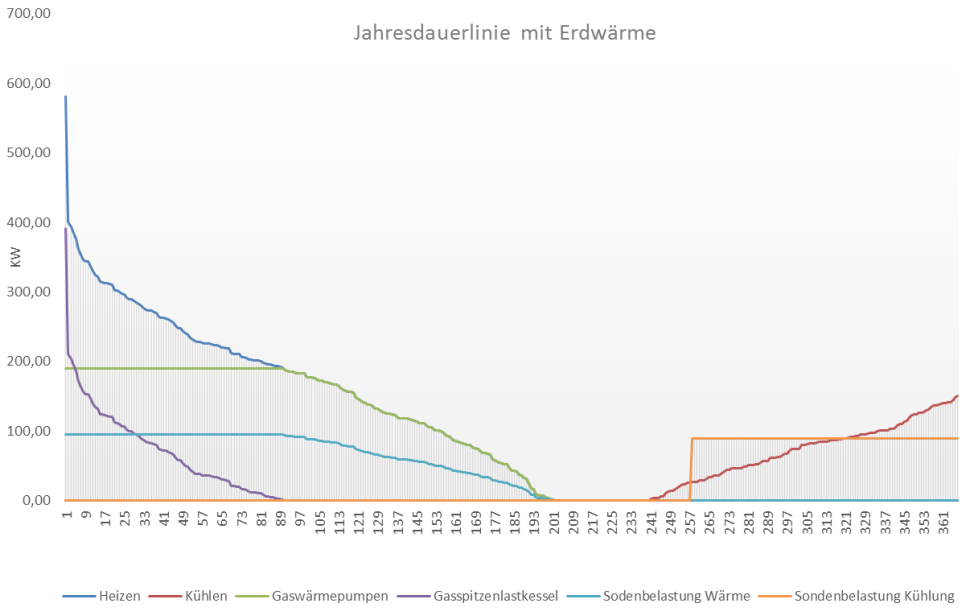
Je nach Brennstoffart, Verbrennungstemperaturen, Sauerstoffanteil und sonstiger Faktoren entstehen bei einer Verbrennung unterschiedliche Substanzen[1]. Wird das Abgas unter den Abgastaupunkt abgekühlt beginnen dessen kondensierbare Stoffe zu kondensieren.

Das Abgas bleibt aber weiterhin wasserdampfhältig, nur eine tiefere Abkühlung führt zu weiterer Abscheidung und besserer Nutzung der Kondensationsenergie (mehr dazu bei Rauchgaskondensation). (Auszug aus Wikipedia)

TSB | TECHNIK HOCHSCHULE MAINZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES | TGA-GM Professor Dipl. Ing. Thomas Giel Consulting

Heizungsanlagen bestehend aus Gaswärmepumpen auf dem Dach

=



Ausgangsdaten					
Wärmeverbrauch Heizung	853.863	kWh/a			
Wärmeverbrauch Warmwasser	0	kWh/a			
Jahresnutzwärme	853.863	kWh/a			
Netzverluste	0	kWh/a		Netzverluste	
Summe Wärmeerzeugung	853.863	kWh/a			
max. Wärmeleistungsbedarf	0	kW			
Auslegungsdaten					
Gasverbaruch WP	462.544	kWh/a	1,5		9
Gasverbrauch Spitzenlastkessel	188.291	kWh/a	0,85		
Wärmeerzeugung	853.863	kWh/a			
Stromproduktion	0	kWh/a			
Stromverbrauch Solepumpen	6.480	kWh/a	0,15 kW		
Stromverbrauch Heizanlage, allg.	8.539	kWh/a	1,0%	Anteil Hilfsenergie	

Investitionskosten aus Kostenschätzung							
kalkulatorischer Zinssatz		4,00%					
Sektor	Inv. €	Nutz/a	Annuität	Kosten €/a	Faktor Inst.	Inst. €/a	
WP	115.000	15	8,99%	10.343	2,00%	2.300	
Armaturen + Rohrleitungen + Installation	10.000	15	8,99%	899	0,25%	25	
Spitzenlastkessel	14.000	15	8,99%	1.259	2,00%	280	
Warmwasserbereitung	12.500	15	8,99%	1.124	0,50%	63	
MSR	12.500	15	8,99%	1.124	0,50%	63	
Pumpen	3.000	15	8,99%	270	2,00%	60	
Druckhaltung Heiz.	2.500	15	8,99%	225	1,50%	38	
Geothermie	133.333	15	8,99%	11.992	0,10%	133	
Elektroarbeiten	2.500	15	8,99%	225	0,50%	13	
Unvorhersehbares	5.000	15	8,99%	450	0,50%	25	
	310.333	Inv. €		27.912	Kosten €/a	2.998	Inst. €/a

TSB | TECHNIK HOCHSCHULE MAINZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES | TGA-GM Professor Dipl. Ing. Thomas Giel Consulting

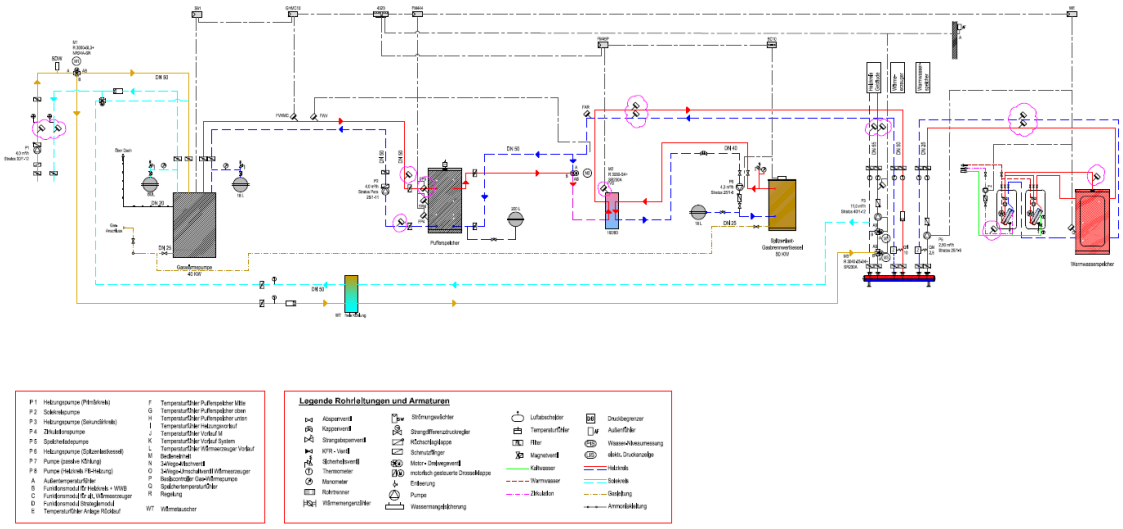
Verbrauchsgebundene Kosten					
Bereich	spez. Kosten	Einheit	Kosten €/a		
Gaskosten	0,0571	€/kWh	37.190,56		
Stromverbrauch bzw Gewinn	0,1800	€/kWh	2.703,35		
		Summe	39.893,92	€/a	
Betriebsgebundene Kosten					
Bereich	Ansatz	Einheit	Kosten €/a		
Grundpreis Gas	1500,00	€/a	1.500,00		
Instandhaltung plus Verwaltung	1000,00	€/a	3.998,33		
		Summe	5.498,33	€/a	
Zusammenstellung			Kosten €/a		
Kapitalgebunden			27.911,72		
Verbrauchsgebunden			39.893,92		
Betriebsgebunden			5.498,33		
		Summe	73.303,97	€/a	
spez. Wärmepreis			0,0858	€/kWh	zzgl. UmSt.

Kalte Nahwärme Gartenquartier

TSB

TECHNIK HOCHSCHULE MAINZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

TGA-GM
Professor Dipl. Ing. Thomas Giel Consulting



Wir brauchen Gebäude, die mit der Zukunft gehen !

Berliner ENERGIETAGE 2018 Energiewende in Deutschland

Kalte Nahwärme Bordinghaus Quartier

Berliner ENERGIETAGE 2018 Energiewende in Deutschland

Vergleich:

Die durchschnittlichen Heizkosten für ein Ölheizungen weisen derzeit 9.2 Cent pro kWh durchschnittliche Heizkosten auf.
Brennwertheizungen, die mit Erdgas betrieben werden, haben im Vergleich der fossilen Brennstoffe die geringsten durchschnittlichen Heizkosten mit 7,8 Cent pro kWh. Dieser Verglich ist ohne Investitionskosten und Wartungskosten. Die Idee die Anlage mit einem kalten Nahwärmenetz mit Gaswärmepumpen (Primärenergiefaktor 0,6) zu betreiben würde derzeit folgende vergleichbare Kosten erzeugen:

Bei einem Contracting des kalten Nahwärmenetzes liegen die projektbezogen Kosten bei 8,6 Cent/kWh Wärme. Die Kühlung mit 20 W/m² kostet nur Pumpenstrom.

(Alle Preise sind Nettopreise)

Wir brauchen Gebäude, die mit der Zukunft gehen !

Beispiele

Geothermische Siedlung "Alte Gärtnerei" Darmstadt Bessungen - Wohnanlage mit 26 drei-geschossigen Einfamilienhäusern. Energetische Versorgung über Erdwärmesonden.

Kalte Nahwärme Gau-Algesheim Mehre Wohnanlagen wurden über ein kaltes Nahwärmnetz mit ca. 60 KW Endzugsleistung versorgt.

Mehrfamilienhaus "Grüne Höfe" für 25 Familien in Esslingen - Energetische Versorgung über Kaltes Nahwärmenetz. Erdsonden-feld mit 40 über 100 Meter tiefen Bohrungen. Im Sommer mutiert das Heiz- zu einem Kühlsystem.

„Kaltes Nahwärmenetz Park De Roock“ Ingelheim Hier werden über ein kaltes Nahwärmenetz 10 RH und 4 Doppelhäuser sowie ein MFH über eine kaltes Nahwärmnetz versorgt. Wohnfläche ca. 28.000 m²

Doppelhaussiedlung Wiesbaden - Wohnanlage mit 18 Doppelhaushälften. Energe-tische Versorgung über Kaltes Nahwärmenetz, Regenwasser-zisternen.

„Kaltes Nahwärmnetz Küferweg Mainz“ Versorgung von 13 RH in Mainz.

Wir brauchen Gebäude, die mit der Zukunft gehen !

Beispiele

TSB | TECHNIK HOCHSCHULE MAINZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES | TGA-GM Professor Dipl. Ing. Thomas Giel Consulting

Gartenquartier Mainz-Weisenau
9 MFH / 193 Wohneinheiten /
3750 Bohrmeter
Gaswärmepumpen mit
freier Kühlung

Schifferstadt / Max-Ernst-Str.
27 EFH / 11 RH
2500 Bohrmeter
Elektrowärmepumpen mit
Flatratemodell
Freie Kühlung

Aparthotel Parkallee
3 MFH / 1 Clubhaus / 1 Restaurant
2500 Bohrmeter
Gaswärmepumpen mit
freier Kühlung

Darmstätter Echo
Holzhof Park
9 MFH / Arealversorgung
8400 Bohrmeter
Gaswärmepumpen mit
freier Kühlung

Jugenddorf Sickingen
7 Gebäude (Jugendhäuser)
2000 Bohrmeter
Elektrowärmepumpen
teilweise freie Kühlung

Gänsberg Ingelheim
4 MFH und 45 DH/RH
4400 Bohrmeter
Gas- und Elektro WP
Freie Kühlung

Wir brauchen Gebäude, die mit der Zukunft gehen !

Berliner ENERGIETAGE 2018 Energiewende in Deutschland

TSB | TECHNIK HOCHSCHULE MAINZ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES | TGA-GM Professor Dipl. Ing. Thomas Giel Consulting

Wir brauchen Gebäude, die mit der Zukunft gehen !

Berliner ENERGIETAGE 2018 Energiewende in Deutschland

ASUE
Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

Wärmewende mit Energie aus Abwasser – Das unterschätzte Potenzial im Kanal

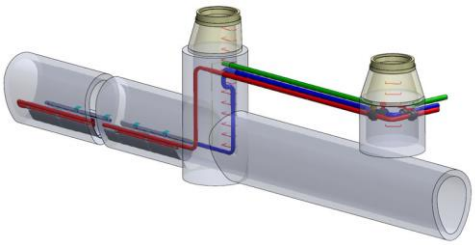
Stephan von Bothmer, UHRIG Straßen- und Tiefbau GmbH

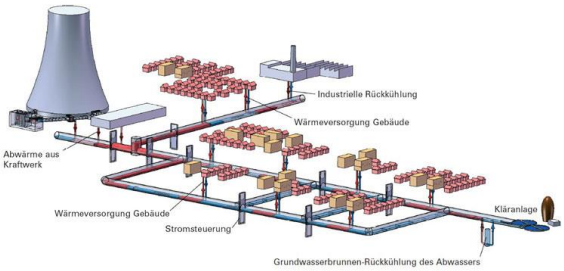
UHRIG

Wärmewende mit Energie aus Abwasser, Stand: Mai 2018

Wärmewende mit Energie aus Abwasser

Das unterschätzte Potenzial im Kanal





THERM-LINER
Made by Uhrig

UHRIG

Wärmewende mit Energie aus Abwasser, Stand: Mai 2018

UHRIG Straßen- und Tiefbau GmbH

UHRIG

- Kleines, mittelständisches Unternehmen
- Hauptsitz: Geisingen an der Donau, Baden-Württemberg
- Tiefbau, Kanalnetzbewirtschaftung & -sanierung, Energie aus Abwasser
- Marktführer: Fertigung & Einbau von Abwasser-Wärmetauschern

Seite 2 Wir über uns

THERM-LINER
Made by Uhrig

Inhalt

I. Stand der Technik

II. Energie aus Abwasser: Markt- und Klimaschutzpotential

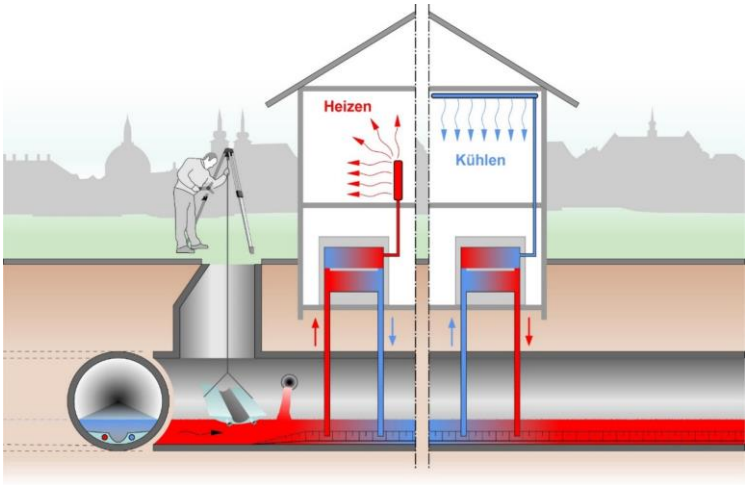
III. Auswertungen Wirtschaftlichkeit und CO_2-Emissionen

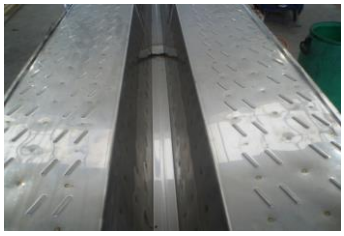
IV. Was Politik tun kann

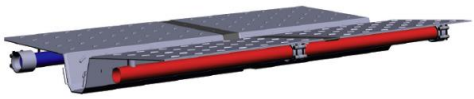
V. Der „Business-Case“

I. Stand der Technik

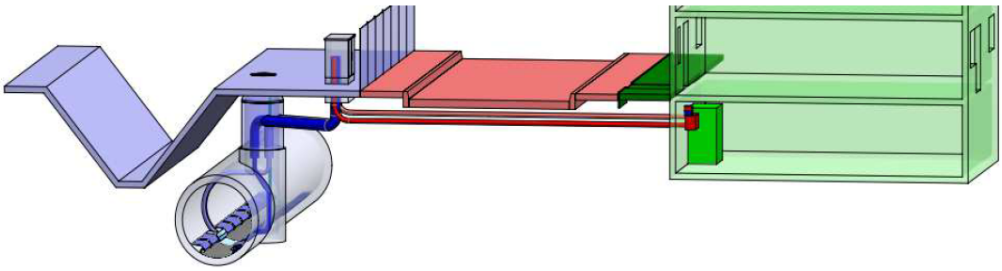
Funktionsprinzip: Wärmetauscher + Wärmepumpe







Komponenten und Begriffe



Schnittstelle 1 Schnittstelle 2

Wärmetauscher	Erschließung	Heizung mit Wärmepumpe
liefert **thermische Leistung** (Wärme/Kälte) aus dem Kanal	fördert warmes und kaltes Wasser von Kanal zu Heizzentrale und zurück	reguliert Temperaturniveau mit zusätzlicher **elektrischer Leistung**

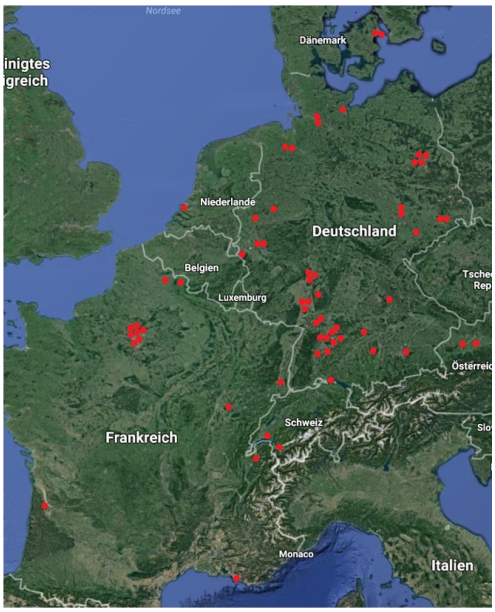
Heizleistung/ Kühlleistung = Energieausbeute aus thermischer Leistung + elektrischer Leistung, die für das Heizen/ Kühlen verwendet werden kann (i. d. R. im Verhältnis 3:1)

Mein Projekt

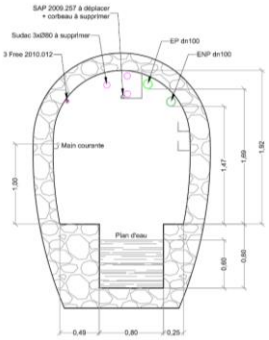
- Wo befindet sich aus Sicht meines Gebäudes der nächste öffentliche Kanal?
- Wie groß ist der Kanal und wieviel Abwasser führt er?
- Welche Temperatur hat das Abwasser?

Anlagen bis 2016 - Leistung und CO_2-Einsparung

Anzahl Anlagen	87 St
min. Entzugsleistung	20 kW
max. Entzugsleistung	1000 kW = 1,0 MW
mittlere Entzugsleistung	165 kW
gesamte thermische Entzugsleistung	14.025 kW = 14 MW
= Heizleistung von (COP 4)	14 x 4 / 3 = 18,6 MW
Heizbedarf Wohn-/ Gewerbefläche	1 kW / 10m²
entspricht Versorgung von	186.000m²
und einer CO2-Einsparung von	7663 t/a

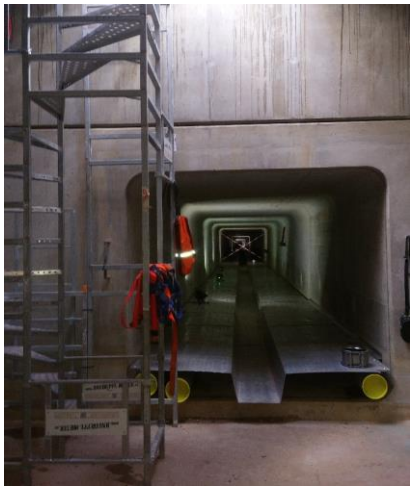


Prominenteste Anlage Europas



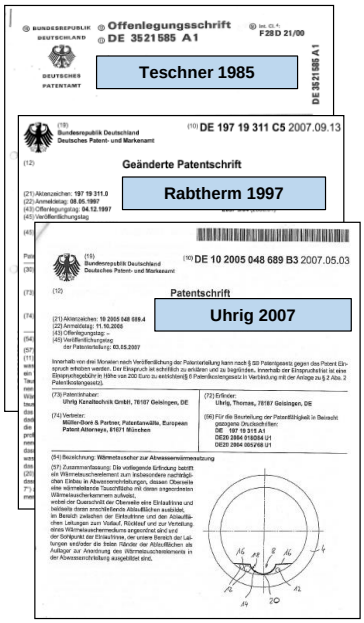
… Élysée-Palast in Paris, seit 2009

Die bislang größte Anlage: Stuttgart Neckarpark

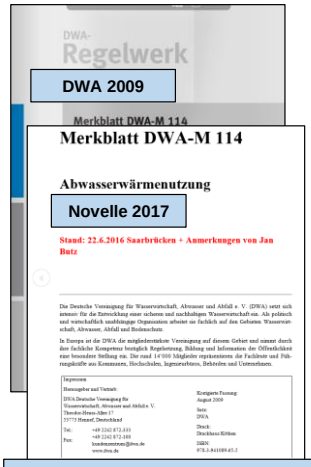


- Standort: Stuttgart Neckarpark
- Realisierung: März 2018
- Entzugsleistung: 2,1 MW
- Versorgung: 450 Wohneinheiten und Gewerbe

Patente



Normen



Studien

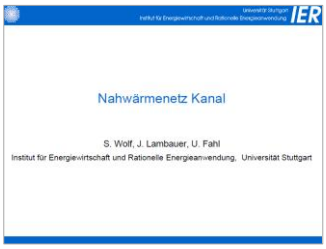
→ 9% des deutschen Raumwärme- und Warmwasserbedarfs sind mit Energie aus Abwasser abdeckbar!

→ 28% könnten bei zusätzlicher Einspeisung industrieller Abwärme abgedeckt werden!

II. Energie aus Abwasser: Markt- und Klimaschutzpotenzial

Potenzial der Energie aus Abwasser (Quelle: Studie IER 2011)

- Autoren der Studie: IER, Universität Stuttgart im Jahr 2011
- Untersuchungsgegenstand: Potenzial EaA für den deutschen Heizmarkt
- Ergebnis: EaA kann 79 TWh des Wärmebedarfs in Gebäuden decken. Die entspricht etwa 9% des Gesamtmarktes
- Durch Einspeisung industrieller Abwärme erhöht sich das Potenzial auf 249 TWh. Die entspricht einem Marktanteil von 28%

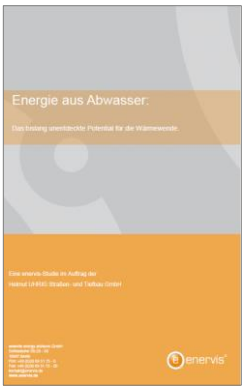


Potenzial der Energie aus Abwasser (Quelle: enervis 2017)

- Autoren der Studie: Enervis Energy Consultants, im Jahr 2017

Neu!

- Untersuchungsgegenstand: Potenzial EaA für die Wärmewende
- Ergebnis: EaA kann gut 100 TWh des Wärmebedarfs in Gebäuden decken. Dies entspricht ca. 14% des Gesamtbedarfs
- Das Kühlpotenzial von EaA bei ca. 14 TWh. Die Zuleitung von industrieller Abwärme erhöht das Potenzial von EaA auf ca. 190 TWh, das sind ca. 27% des Marktes
- Realistisch erschließbar bis 2030: ca. 35 TWh. Das würde bedeuten, Reduktion der CO_2 Emissionen von ca. 4 Mio. t. Die wäre ein signifikanter Beitrag zum Klimaschutzplan 2050



CO_2-Emissionen Wärmemarkt*

Heizöl	**319 g/kWh**
Fernwärme	**295 g/kWh**
Erdgas	**247 g/kWh**
Nahwärme	**216 g/kWh**
Energie aus Abwasser (mit aktuellem Strom-Mix)	**117 g/kWh**
Energie aus Abwasser (mit EE-Strom)	**0 g/kWh**

➢ **Energie aus Abwasser: Ein Riesenhebel für die Wärmewende!**

* Quelle: Umweltbundesamt und co2online

III. Auswertungen Wirtschaftlichkeit und CO_2-Emissionen

Monitoring und Auswertung der UHRIG-Anlagen

- Über 90 Anlagen zur Energiegewinnung aus Abwasser bislang im Markt.
- Etwa 75 dieser Anlagen stammen von UHRIG. Zeitraum: 2009 bis 2017.
- Kosten & CO_2-Ausstoß der UHRIG-Anlagen wurden erfasst und ausgewertet.
- Die **Anlagen-Qualität** von Beginn an **hoch**, dennoch klassische Lern- und Entwicklungssprünge seit dem Jahr 2009 vorhanden und realisiert.
- An guten Standorten liegen die **Gestehungskosten bei gut 7 Cent/kWh** für die Heizleistung (Vollkostenbetrachtung) → Konkurrenzfähig ohne Förderung.
- Abwasser **erneuerbare Energiequelle**. CO_2-Ausstoß nur durch den für die Wärmepumpe eingesetzten Strom. Bei Einsatz von Ökostrom **CO_2-frei.**

Auswertung €/kWh und kg CO_2/kWh ohne Überschüsse:

Anlagen-Kennzahlen (Eingabewerte)	realisiert i. M.	
COP Wärmepumpe	4,5	
Lebensdauer	20	a
Heizstunden + Kühlstunden pro Jahr	2.000	h/a
Thermische Leistung	**118**	**kW**
Elektrische Leistung	**34**	**kW**
Heizleistung/ Kühlleistung	**152**	**kW**
Wärmetauscher		
Gesamtkosten Wärmetauscher pro kWh (thermische Leistung)	**0,025**	€/kWh
Erlös pro kWh (Verkaufspreis thermische Leistung)	0,025	€/kWh
Überschuss pro kWh	0,000	€/kWh
Amortisation (Investition/ Jahresüberschuss)	#DIV/0!	a
Erschließung		
Gesamtkosten Erschließung pro kWh (thermische Leistung)	**0,004 €**	**€/kWh**
Zukaufpreis thermische Leistung pro kWh	0,025 €	€/kWh
Gesamtkosten thermische Leistung pro kWh (thermische Leistung)	**0,028 €**	€/kWh
Erlös pro kWh (Wieder-Verkaufspreis thermische Leistung)	0,028 €	€/kWh
Überschuss pro kWh	0,000 €	€/kWh
Amortisation (Investition/ Jahresüberschuss)	#DIV/0!	a
Wärmepumpe		
Gesamtkosten Wärmepumpe pro kWh	0,011 €	€/kWh
Gesamtkosten Primärenergie pro kWh	0,160 €	€/kWh
Zukaufpreis thermische Leistung pro kWh	0,028 €	€/kWh
Gesamtkosten Heizwärme pro kWh (Heizleistung)	**0,072 €**	€/kWh
Kosten alternativer Wärme (Fernwärme) als fiktiver Erlös pro kWh	0,120 €	€/kWh
Überschuss aus Wärmekauf pro kWh	0,048 €	€/kWh
Amortisation (Investition/ Jahresüberschuss)	2,64	a
CO-2 Einsparungen		
CO2-Emmission Elektrische Leistung pro kWh (entspricht Heizleistung)	0,535	kg/kWh
CO2-Emmission Abwasserenergie pro kWh (Heizleistung)	0,119	kg/kWh
CO2-Emmission Zentralheizung Gas/Öl-Mix pro kWh (Heizleistung)	0,274	kg/kWh

© Uhrig Straßen- und Tiefbau GmbH

Auswertung €/a und kg CO_2/a:

Anlagen-Kennzahlen (Eingabewerte)	realisiert i. M.		EaA		EaA+ Ind. Abwärme	
COP Wärmepumpe	4,5		4,5		4,5	
Lebensdauer	20	a	20	a	20	a
Heizstunden + Kühlstunden pro Jahr	2.000	h/a	2.000	h/a	2.000	h/a
Heizleistung/ Kühlleistung	**152**	**kW**	**40**	**GW**	**125**	**GW**
Heizleistung/ Kühlleistung pro Jahr	304.671	kWh/a	79.000	GWh/a	249.000	GWh/a
Wärmetauscher						
Gesamtkosten Wärmetauscher pro Jahr	5.848	€/a	1.516	Mio. €/a	4.780	Mio. €/a
Erlös pro Jahr	**14.853**	**€/a**	**3.851**	**Mio. €/a**	**12.139**	**Mio. €/a**
Überschuss pro Jahr	9.005	€/a	2.335	€/a	7.359	€/a
Amortisation (Investition/ Jahresüberschuss)	10,19	a	10,19	a	10,19	a
Erschließung						
Gesamtkosten Erschließung pro Jahr	834	€/a	216	Mio. €/a	682	Mio. €/a
Zukaufpreis thermische Leistung pro Jahr	14.853	€/a	3.851	Mio. €/a	12.139	Mio. €/a
Gesamtkosten thermische Leistung pro Jahr	15.687	€/a	4.068	Mio. €/a	12.821	Mio. €/a
Erlös pro Jahr	**16.872**	**€/a**	**4.375**	**Mio. €/a**	**13.789**	**Mio. €/a**
Überschuss pro Jahr	1.185	€/a	307	Mio. €/a	968	Mio. €/a
Amortisation (Investition/ Jahresüberschuss)	10,13	a	10,13	a	10,13	a
Wärmepumpe						
Gesamtkosten Wärmepumpe pro Jahr	3.355	€/a	870	Mio. €/a	2.742	Mio. €/a
Gesamtkosten Primärenergie pro Jahr	11.916	€/a	3.090	Mio. €/a	9.739	Mio. €/a
Zukaufpreis thermische Leistung pro Jahr	16.872	€/a	4.375	Mio. €/a	13.789	Mio. €/a
Gesamtkosten Heizwärme pro Jahr	32.143	€/a	8.334	Mio. €/a	26.269	Mio. €/a
Kosten alternativer Wärme (Fernwärme) als fiktiver Erlös pro Jahr	**36.560**	**€/a**	**9.480**	**Mio. €/a**	**29.880**	**Mio. €/a**
Überschuss aus Wärmekauf pro Jahr	4.418	€/a	1.146	Mio. €/a	3.611	Mio. €/a
Amortisation (Investition/ Jahresüberschuss)	8,72	a	8,72	Mio. €	8,72	Mio. €
CO-2 Einsparungen						
CO2-Emmission Energie aus Abwasser pro Jahr	36	t/a	9	Mio. t/a	30	Mio. t/a
CO2-Emmission Zentralheizung Gas/Öl-Mix pro Jahr	83	t/a	22	Mio. t/a	68	Mio. t/a
Einsparung EaA gegenüber Gas/Öl-Mix pro Jahr	47	t/a	12	Mio. t/a	39	Mio. t/a

© Uhrig Straßen- und Tiefbau GmbH

Auswertung € und kg CO_2 für gesamte Lebensdauer:

Anlagen-Kennzahlen (Eingabewerte)	realisiert i. M.		EaA		EaA+ Ind. Abwärme	
COP Wärmepumpe	4,5		4,5		4,5	
Lebensdauer	20	a	20	a	20	a
Heizstunden + Kühlstunden pro Jahr	2.000	h/a	2.000	h/a	2.000	h/a
Heizleistung/ Kühlleistung	**152**	**kW**	**40**	**GW**	**125**	**GW**
Heizleistung/ Kühlleistung pro Lebensdauer	6.093.414	kWh	1.580.000	GWh	4.980.000	GWh
Wärmetauscher						
Investition Wärmetauscher	91.754	€	23.791	Mio. €	74.988	Mio. €
Gesamtkosten Wärmetauscher pro Lebensdauer	116.967	€	30.329	Mio. €	95.594	Mio. €
Erlös pro Lebensdauer	**297.061**	**€**	**77.027**	**Mio. €**	**242.781**	**Mio. €**
Überschuss pro Lebensdauer	180.094	€	46.698	Mio. €	147.187	Mio. €
Erschließung						
Investition Erschließung + Zähler	12.000	€	3.112	Mio. €	9.807	Mio. €
Gesamtkosten Erschließung pro Lebensdauer	16.678	€	4.324	Mio. €	13.630	Mio. €
Zukaufpreis thermische Leistung pro Lebensdauer	297.061	€	77.027	Mio. €	242.781	Mio. €
Gesamtkosten thermische Leistung pro Lebensdauer	313.739	€	81.351	Mio. €	256.411	Mio. €
Erlös pro Lebensdauer	**337.435**	**€**	**87.496**	**Mio. €**	**275.778**	**Mio. €**
Überschuss pro Lebensdauer	23.697	€	6.144	Mio. €	19.367	Mio. €
Amortisation (Investition/ Jahresüberschuss)	10,13	a	10,13	a	10,13	a
Wärmepumpe						
Investition Wärmepumpe	38.507	€	9.985	Mio. €	31.471	Mio. €
Gesamtkosten Wärmepumpe pro Lebensdauer	67.099	€	17.399	Mio. €	54.839	Mio. €
Gesamtkosten Primärenergie auf Lebensdauer	238.320	€	61.796	Mio. €	194.773	Mio. €
Gesamtkosten Heizwärme auf Lebensdauer	642.855	€	166.690	Mio. €	525.390	Mio. €
Kosten alternativer Wärme (Fernwärme) als fiktiver Erlös pro Lebensda	**731.210**	**€**	**189.600**	**Mio. €**	**597.600**	**Mio. €**
Überschuss aus Wärmekauf pro Lebensdauer	88.355	€	22.910	Mio. €	72.210	Mio. €
Amortisation (Investition/ Jahresüberschuss)	8,72	a	8,72	Mio. €	8,72	Mio. €
CO-2 Einsparungen						
CO2-Emmission Abwasser-Energie pro Lebensdauer	724	t	188	Mio. t	592	Mio. t
CO2-Emmission Zentralheizung Gas/Öl-Mix pro Lebensdauer	**1.670**	**t**	**433**	**Mio. t**	**1.365**	**Mio. t**
Einsparung EaA gegenüber Gas/Öl-Mix pro Lebensdauer	**945**	**t**	**245**	**Mio. t**	**772**	**Mio. t**

© Uhrig Straßen- und Tiefbau GmbH

Die Wirtschaftlichkeitsanalyse zeigt:

	Herstell-kosten	Einkaufspreis	Investition Heizkessel	Wirkungs-grad	Verbraucher-Preis
	ct€/kWh	ct€/kWh	ct€/kWh	%	ct€/kWh
Gas		6,8	0,5	85	8,6
Öl		7,2	0,8	85	9,4
Fernwärme		12,0		100	12,0
Energie aus Abwasser	7,2	7,2 + X		100	7,2 + X

Energie aus Abwasser ist:
→ bereits nahezu wettbewerbsfähig
→ bei steigenden Gas- / Ölpreisen (z.B. EEG-Beteiligung) immer wirtschaftlicher
→ bei sinkenden Strompreisen (z.B. Umlagen-Entlastung) immer wirtschaftlicher
→ durch sich entwickelnde Wärmepumpentechnik immer effektiver und günstiger

V. Was Politik tun kann

1.) NEUBAU: Berücksichtigung von Energie aus Abwasser als EE und Wärmepumpen-Technologie im geplanten Gebäude-Energie-Gesetz (GEG)

- **Definition der Energie aus Abwasser als erneuerbare Energie in § 3 GEG „Begriffsbestimmungen“. Neu zu ergänzen: „Energie aus Abwasser: die Wärme oder Kälte, die aus Abwasserkanälen entnommen wird.“** Bisher fällt Energie aus Abwasser unter den Begriff „Abwärme“, die lediglich als Ersatzmaßnahme für den Einsatz von EE gilt, siehe §43 GEG

- **Klare gleichberechtigte Nennung der Energie aus Abwasser als „Maßnahme“ in § 38 GEG: „Nutzung von Geothermie, Umweltwärme und Energie aus Abwasser“** anstelle bisheriger Formulierung „Nutzung von Geothermie und Umweltwärme“. Anerkennung und Gleichstellung als erneuerbare Energie und Wärmepumpentechnologie

2.) BESTAND: Berücksichtigung der Energie aus Abwasser als EE und Wärmepumpentechnologie analog zu Geothermie und Umweltwärme, z.B. in MAP und APEE

- **Definition von Energie aus Abwasser als erneuerbare Energie** und **Gleichstellung mit Geothermie und Umweltwärme** als Quelle für Wärmepumpenanwendungen. Bisher fällt Energie aus Abwasser diffus unter den Begriff Abwärme und bleibt dadurch als Option unsichtbar und unbekannt

- **Berücksichtigung von Energie aus Abwasser in allen Anreizprogrammen von Bund und Ländern, die Klimaschutz und Energieeffizienz in Gebäuden betreffen. Gleichstellung mit Geothermie und Umweltwärme,** so z.B. im Marktanreizprogramm (MAP) und im Anreizprogramm Energieeffizienz (APEE)

3.) Erstellung von Potenzialkarten für Energie aus Abwasser

- **Analog zu Windatlanten, landes- oder bundesweite Potenzialerhebung, um Ergebnisse transparent online für Planer bereitzustellen.** Standorterschließung immer noch herausfordernd. Potenzialkarten notwendig, um Quelle bekannter zu machen. So können Planer Energie aus Abwasser im Wettbewerb zu anderen Optionen prüfen

- **Mögliche Autoren/Initiatoren: Umweltbundesamt, Agentur für Erneuerbare Energien, Fraunhofer Gesellschaft…** Bsp. für hilfreiche Potenzialkarten:

  Emschergenossenschaft:
  www.eglv.de/wasserportal/ueber-uns/kooperationen-und-projekte/aktuelle-projekte/
  Stadtentwässerung Stuttgart:
  www.stuttgart-stadtentwaesserung.de/de/unternehmen/kanalbetrieb/abwasserwaermenutzung/

4.) Informationskampagne zu Energie aus Abwasser

- **Bessere bzw. gleichberechtigte Integration in einschlägige Online- und Offline-Kommunikation von BMUB, BMWi und nachgelagerten Behörden.** Bislang kaum Erwähnung bzw. Untersuchungsgegenstand bei Studien, Publikationen, Forschungsvorhaben, Internetauftritten von Ministerien und Behörden

  Bsp.: Homepage BMWi: „Heizen mit Erneuerbaren Energien“
  www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/energiewende-im-gebaeudebereich.html

- **Sensibilisierung für Energie aus Abwasser über Wahlprogramme, Strategie- und Positionspapiere von Parteien bzw. Fraktionen.** Die Nutzung von Energie aus Abwasser kann den Wettbewerb im Wärmemarkt deutlich verstärken

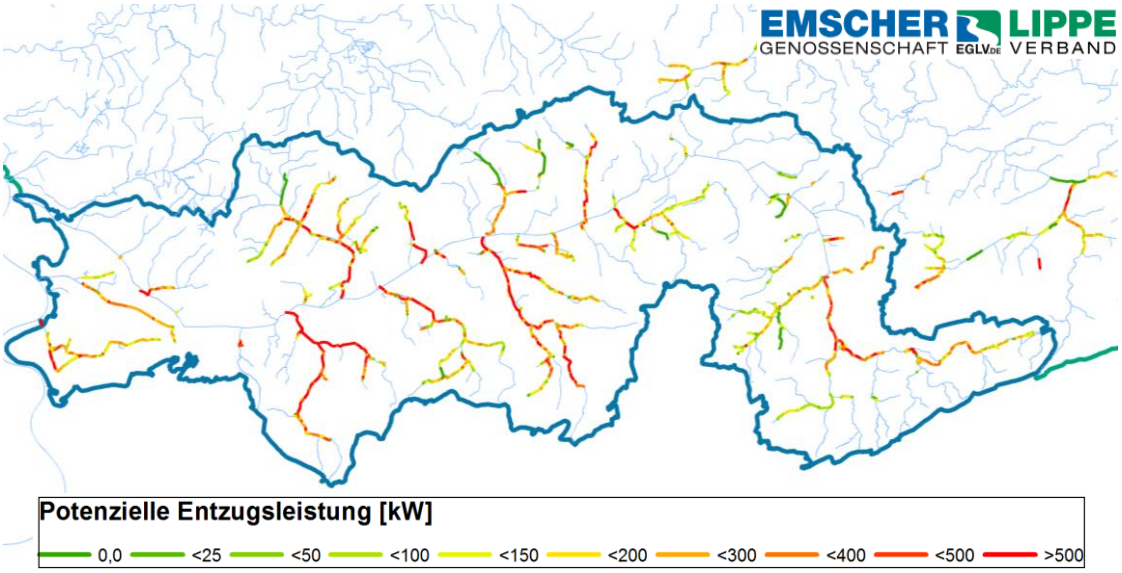
5.) Ausweitung EEG-Umlage / Entlastung der Strompreise

- **Ausweitung der EEG-Umlage auf fossile Energieträger im Wärmemarkt** und ggfs. auch im Verkehrssektor. Bislang sind die Kosten der Energiewende nur vom Strommarkt zu tragen, wodurch eine **Wettbewerbsverzerrung** im Wärmemarkt entsteht, **zulasten von strombasierten Anwendungen**

- **Ein Ausweitung der EEG-Umlage muss soziale Implikationen berücksichtigen,** d.h. sie darf keine zu starke Belastung für private Haushalte verursachen und könnte daher ggfs. mit einem Fonds-Modell kombiniert werden

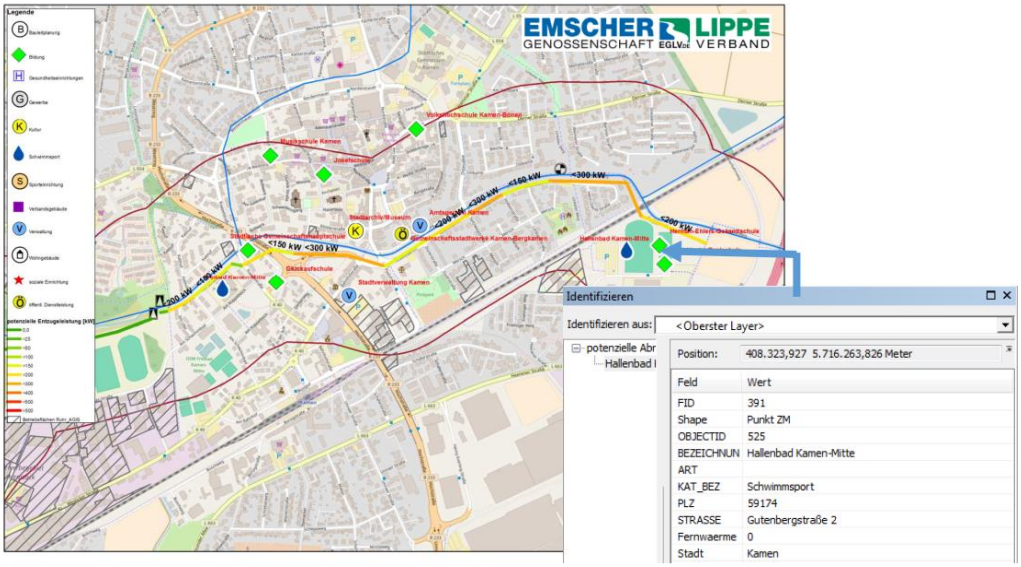
IV. Energie aus Abwasser: Der „Business-Case“

Die Auswertung der Kanalnetz-Daten…



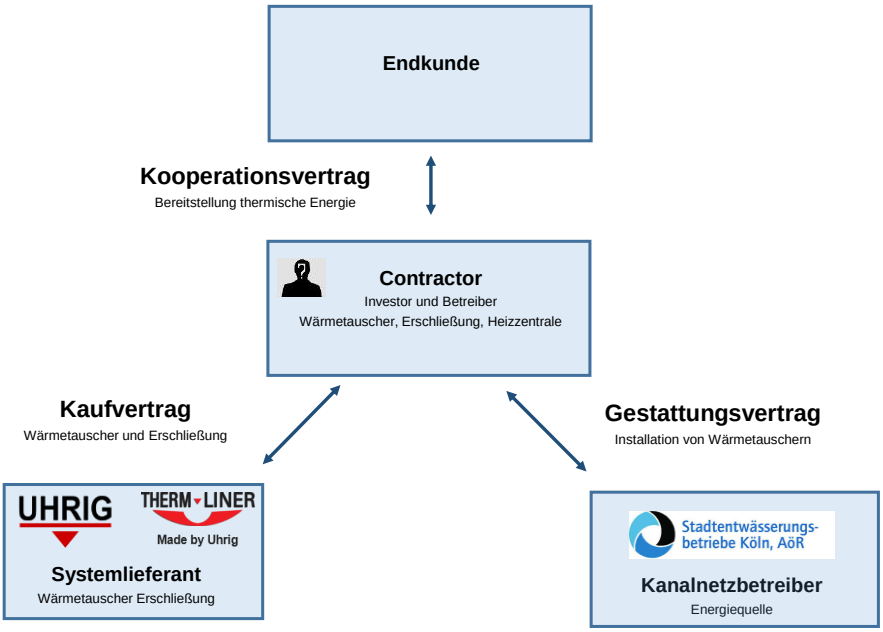
… liefert das Energie-Potenzial der Kanäle…

Die Überlagerung mit städtebaulichen Daten…



… liefert alle geeigneten Gebäude gebündelt in einer Energiekarte

Beteiligte und Vertragsmodell



Fazit zur Energie aus Abwasser (1)

- **Enormes Potenzial:** Energie aus Abwasser kann 14 bis 28% des deutschen Gebäudewärmebedarfs decken.

- **Klimaschutz pur:** Energie aus Abwasser bedeutet Klimaschutz pur und trägt zur Erreichung der deutschen Klimaschutzziele im Gebäudesektor bei. Energie aus Abwasser ist nahezu CO_2-frei. Einzig der Strom für die Wärmepumpe verursacht noch CO_2. Mit dem wachsenden EE-Anteil bei der Stromerzeugung wird Energie aus Abwasser sukzessive CO_2-frei.

- **Hohe Verfügbarkeit:** Energie aus Abwasser ist in der Nähe jedes größeren Kanals verfügbar, d.h. insbesondere in Städten und Ballungsgebieten. Für die Verteilung der Wärme kann ein bereits vorhandenes Netz genutzt werden.

Fazit zur Energie aus Abwasser (2)

- **Wirtschaftlich ohne Förderung:** Energie aus Abwasser ist bereits heute wirtschaftlich konkurrenzfähig. Es braucht keine Förderung, sondern einen höheren Bekanntheitsgrad der Energiequelle. Abwasser dient als weitere Quelle für die Wärmepumpe, es intensiviert den Wettbewerb der Klimaschutzoptionen.

- **Hohe Akzeptanz:** Energie aus Abwasser bietet kein Konfliktpotenzial. Sie fällt unsichtbar an und wird mit bestehender Infrastruktur genutzt. Das ist volkswirtschaftlich sinnvoll und bedeutet keinen Eingriff in das Landschafts- oder Stadtbild.

- **Keine Importabhängigkeit:** Die Nutzung von Energie aus Abwasser reduziert die Importabhängigkeit Deutschlands von fossilen Energieträgern wie Erdgas und Erdöl. Gleichzeitig besteht Exportpotenzial „Made in Germany“.

Ansprechpartner

Stephan von Bothmer
Geschäftsentwicklung – Helmut UHRIG Straßen- und Tiefbau GmbH
Am Roten Kreuz 2 – 78187 Geisingen – +49 7704 806-48 – s.bothmer@uhrig-bau.de

ASUE
Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

Wärmenetze mit BHKW und Wärmepumpen – Optimierung der Primärenergiefaktoren

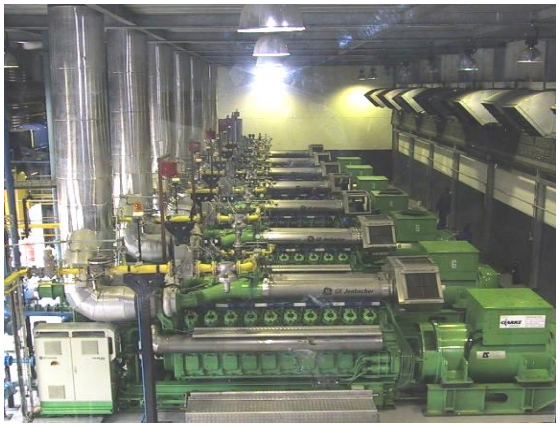
Heinz Ullrich Brosziewski, Ingenieurbüro Dipl.-Ing. Heinz Ullrich Brosziewski

Wärmenetze mit BHKW und Wärmepumpen

Optimierung der Primärenergiefaktoren

Dipl.-Ing. Heinz Ullrich Brosziewski
Kraft-Wärme-Kopplung Beratung · Projektierung · Gutachten
Leinaustr. 13 · 30451 Hannover · 0511 215 04 98
post@brosziewski.de

Mein Büro: Projektierung und Projektbegleitung



- Wirtschaftlichkeitsanalysen für BHKW mit Strom-, Wärme- und Kältelieferung
- Energierechtliche und energiewirtschaftliche Optimierung der Betreiberkonzepte
- Projektprüfung für Finanzierungsgesellschaften
- “klassische” Anlagenplanung nach HOAI
- Projektentwicklung, Projektsteuerung
- BImSch- und TEhG-Verfahren, FW308-/FW309-Gutachten

Dipl.-Ing.
HEINZ ULLRICH BROSZIEWSKI

Kraft-Wärme-Kopplung
Beratung · Projektierung · Gutachten

Die Bandbreite der dezentralen KWK

Mein Büro betreut von der
Mini-KWK-Anlage im
Wohnungsbau
(5,5 kW_{el} / 14,5 kW_{th})

Dipl.-Ing.
HEINZ ULLRICH BROSZIEWSKI

Kraft-Wärme-Kopplung
Beratung · Projektierung · Gutachten

Die Bandbreite der dezentralen KWK

bis zum Industrie-BHKW
(11.075 kW_{el} / 11.125 kW_{th})

die ganze Palette der dezentralen
KWK-Anlagen

Dipl.-Ing.
HEINZ ULLRICH BROSZIEWSKI

Kraft-Wärme-Kopplung
Beratung · Projektierung · Gutachten

Arealstrommodell bei der Städtischen Wohnungsgesellschaft Bremerhaven (Stäwog)

- 2007/2008: Wohnanlage Feldstraße – Auf der Bult – Meisenstraße 78 WE
  BHKW 20 kW_{el}, 47 kW_{th}
  Zusammenlegung der Hausanschlüsse zu einer Kundenanlage
- 2009: Wohnanlage Scharnhorststraße – Hardenbergstraße – Fichtestraße – Waldemar-Becké-Platz 98 WE
  BHKW 34 kW_{el}, 78 kW_{th}
  Zusammenlegung der Hausanschlüsse zu einer Kundenanlage
- bis 2014: 8 weitere Standorte
- Gefördert nach dem REN-Programm des Landes Bremen
- Ab 2017: weiterer Ausbau der Arealstromversorgung

Biomassse-BHKW mit Fernwärme zum Flughafen Münster/Osnabrück

Quelle: ME Münsterland GmbH

- Standort: Goldene Mühle, Ladbergen
  Sonnenblumenkernverarbeitung
- Biomasse-BHKW: 4,3 MW_{el}
  Ausbau auf 5,7 MW_{el}
- Ursprünglich Pflanzenöl umgerüstet auf Holzvergasung
- Versorgung des Mühlenbetriebs mit Heizwärme und Absorberkälte, Fernwärme im Gewerbegebiet, Fernwärme und Absorberkälte im Flughafen Münster/Osnabrück
- Trassenlänge: rund 6 km mit Kanalunterquerung

Dipl.-Ing.
HEINZ ULLRICH BROSZIEWSKI

Kraft-Wärme-Kopplung
Beratung · Projektierung · Gutachten

BHKW und Wärmepumpe: Ein Gegensatz?

In zahlreichen Untersuchungen und Diskursen wird die elektrisch betriebene Wärmepumpe oft als Alternative zur Kraft-Wärme-Kopplung dargestellt.

Jedoch zeigen zahlreiche Konzepte im Rahmen der Sektorkopplung, dass BHKW und WP sich sehr gut ergänzen.

BHKW und Wärmepumpe im Stromsystem

Die „Kurzstudie zur Rolle der KWK in der Energiewende“, durchgeführt von Fraunhofer IFAM, Bremen 2018, im Auftrag des Bundesverbandes Kraft-Wärme-Kopplung e.V. zeigt:

- Die zunehmend flexibilisierte KWK stellt die Residuallast in den Zeiten, in denen das Angebot aus PV und Windstrom nicht ausreicht.
- In den zahlreicher werdenden Zeiten mit „Stromüberschuss“ übernehmen WP in den Wärmenetzen die Wärmelieferung, die KWK-Anlagen fahren zurück.
- Die Brennstoffversorgung wird sich stetig zu erneuerbaren Gasen hin entwickeln, die fossile KWK „konvertiert“.

BHKW und Wärmepumpe vor Ort

Es gibt zahlreiche Anwendungskonzepte, die die Kombination BHKW / WP zur optimierten Bereitstellung von Wärme und Kälte nutzen:

- BHKW zur Wärmebereitstellung im Winter und in der Übergangszeit / WP im Sommer zur Kühlung und zur Lieferung der Brauchwasserwärme
- WP kühlt die Zuluft zum BHKW bei heißen Außentemperaturen ab, das BHKW läuft effizienter (insbesondere die Gemischkühlung arbeitet optimal). Als HT-WP wird evtl. Zusatzwärme aus Brennern reduziert.
- u.v.a. mehr

Legalmotiv: EEWärmeG

§ 3 Abs. 1 EEWärmeG:

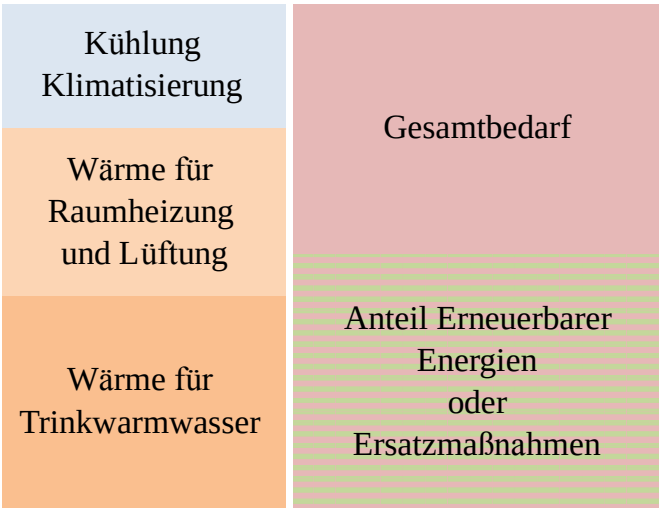
Die Eigentümer von Gebäuden ..., die neu errichtet werden..., müssen den Wärme- und Kälteenergiebedarf durch die anteilige Nutzung von Erneuerbaren Energien ... decken.

⇒ Das Gesetz definiert eine **Nutzungpflicht** erneuerbarer Energien für fast alle neuen Gebäude mit nur wenigen Ausnahmen.

⇒ Betreiber vorhandener Wärmenetze mit im Schwerpunkt Bestandskunden stehen vor der Herausforderung, für den Anschluss von Neubauten die Vorgaben des Gesetzes erfüllen zu müssen.
Die nur anteilige Erfüllung im Wärmenetz ist nicht zulässig.

⇒ **Es gilt der Grundsatz: Ein Netz – ein Faktor und Erfüllungsgrad!**

EEWärmeG: Anteilige Nutzung von EE



Mindestanteile zur Erfüllung

Maßnahme	Mindest-anteil EE	Bemerkung
Solarthermie	15%	0,04/0,03 m^2 Aperturfläche je m^2 beheizter Nutzfläche, "Solar Keymark"-Siegel gefordert
gasförmige Biomasse	30%	Nur in KWK zulässig, Biogas oder Biomethan i.S. EEG
flüssige Biomasse	50%	Beste verfügbare Heiztechnik, Biomassestrom-NachhaltigkeitsVO
feste Biomasse	50%	Mindestanforderungen an Heizkessel (z.B eta >= 88% und weitere)
Geothermie / Umweltwärme	50%	Mindestanforderung an JAZ der WP 3,5 (Luft/Luft) bzw. 4,0 (alle anderen)
Abwärme	50%	Mindestanforderung an JAZ wie oben, bei WRG aber mind. 10 !
"Übererfüllung" EnEV		Unterschreitung des Jahresprimärenergiebedarfs gegenüber dem Sollwert um mindestens 15%
Ersatzmaßnahme nach §7: hocheffiziente KWK (fossil)	50%	Hocheffiziente KWK i.S. 2004/8/EG jetzt: 2012/27/EU

Kombinationen sind zulässig, Anforderungen im Detail im Gesetz tiefer ausgeführt.

Übersicht zu f_p

Energieträger[a]		Primärenergiefaktoren f_P insgesamt A	Primärenergiefaktoren f_P nicht erneuerbarer Anteil B
Brennstoffe	Heizöl EL	1,1	1,1
	Erdgas H	1,1	1,1
	Flüssiggas	1,1	1,1
	Steinkohle	1,1	1,1
	Braunkohle	1,2	1,2
Nah-/Fernwärme aus KWK[b]	fossiler Brennstoff	0,7	0,7
	erneuerbarer Brennstoff	0,7	0,0
Nah-/Fernwärme aus Heizwerken	fossiler Brennstoff	1,3	1,3
	erneuerbarer Brennstoff	1,3	0,1
Strom	allgemeiner Strommix	2,8	1,8 ab 1.1.2016
	Verdrängungsstrommix	2,8	2,8
Biogene Brennstoffe	Biogas, Bioöl	1,5	0,5
	Holz	1,2	0,2
Umweltenergie	Solarenergie, Geothermie,Umgebungswärme, Umgebungskälte	1,0	0,0

a Bezugsgröße Endenergie: Heizwert H_i
b Angaben sind typisch für durchschnittliche Nah-/Fernwärme mit einem Anteil der KWK von 70 %

Tabelle 1: Primärenergiefaktoren für Deutschland nach EnEV 2014

Energieträger		Primärenergiefaktoren f_P
Brennstoffe	Grubengas, Gichtgas, Kokereigas	0,0
	Abfall	0,0
	Deponiegas	0,0
	Klärschlamm	0,0

Tabelle 2: Ergänzende Primärenergiefaktoren für Deutschland in Anlehnung an DIBt-Auslegung Staffel 11

Quelle: AGFW, FW 309-1:2014

KWK-Ausschreibung: Quadratur des Kreises

Die wesentlichen Kritikpunkte am Ausschreibungsverfahren

- Einordnung der KWK als reine Stromerzeugungsanlage (analog zu Wind und PV).
  Real bilden KWK-Anlage und Wärmenetz aber ein einheitliches System, sie sind in ihrer Wirtschaftlichkeit und und in ihren Lastgängen stark aufeinander angewiesen.
- Wegfall des KWK-Zuschlags in Zeiten negativer Strompreise widerspricht den Hocheffizienzvorschriften der Wärmeversorgung, weil KWK-Anlagenbetreiber in den Zeiten möglicherweise die KWK-Anlage abschalten und statt dessen Frischwärme erzeugen.

KWK-Ausschreibung: Quadratur des Kreises

Weitere Kritikpunkte am Ausschreibungsverfahren

- KWK-Anlagen mit Wärmenetzen benötigen Planungs- und Realisierungszeiten von durchschnittlich 24 bis zu 48 Monaten.
  Wärmenetze stellen eine nicht unerhebliche Vorlaufinvestition dar, die im Ausschreibungsverfahren nach bisherigem Kenntnisstand nicht berücksichtigt werden kann.
- „Die“ KWK-Anlage muss innerhalb von 24 Monaten nach Aufnahme des Wärmenetzbetriebs mindestens 75% des Wärmebedarfs des Netzes abdecken.
  →Widerspruch zum Primat der strommarktorientierten Fahrweise.

Dipl.-Ing.
HEINZ ULLRICH BROSZIEWSKI

Kraft-Wärme-Kopplung
Beratung · Projektierung · Gutachten

KWK-Ausschreibung: Quadratur des Kreises

Offensichtlicher Widerspruch der Ziele

- KWK-Anlagen, deren Zuschlag im Ausschreibungsverfahren ermittelt wird, erhalten den Zuschlag nur für max. 3.500 VBh im Jahr.
- Die Wärmelieferung erfolgt aber gerade in der Wärme-Teillast oft ganzjährig aus KWK.
- Das Ziel, den Erfüllungsgrad nach EEWärmeG und den f_P zu erreichen, kann der Wärmenetzbeteiber oft nur mit relativ hohen KWK-Wärmeanteilen erreichen.
- Er wird also entweder eine „zu große“ KWK-Anlage errichten oder eine Anzahl von Stunden ohne Zuschlag fahren müssen.

Dipl.-Ing.
HEINZ ULLRICH BROSZIEWSKI

Kraft-Wärme-Kopplung
Beratung · Projektierung · Gutachten

Pfiffige Lösungen sind gefragt

Um die genannten Widersprüche aufzulösen, bedarf es pfiffiger Lösungen.

Eine davon ist, die KWK-Anlage nicht allein zu denken, sondern auch weitere Lösungen wie

- Power-to-Heat-Anlagen (Herkunft des Strom wg. f_p beachten !)
- Solarthermie
- Wärmepumpen

in Betracht zu ziehen.

Die Kosten der Wärme werden dadurch natürlich nicht gerade günstiger....

Beispiel Quartierslösung

<u>Ausgangslage</u>

Ein FW-Unternehmen betreibt ein Quartierswärmenetz und versorgt Bestandsgebäude unterschiedlicher Nutzung.

Netzlänge: 1.000 Meter Systemtemperaturen 85/50 ° C

Gesamte Wärmeabgabe: 1.150.000 kWh_{th}

Wärmeerzeugung: BHKW 49 kW_{el}/80 kW_{th} Kessel 520 kW_{th}

f_P 0,91 EG 0,97

Es soll im Rahmen einer Verdichtung ein kleines Neubauquartier an das FW-Netz angeschlossen werden.

Dipl.-Ing.
HEINZ ULLRICH BROSZIEWSKI
Kraft-Wärme-Kopplung
Beratung · Projektierung · Gutachten

Beispiel Quartierslösung

Technische Anbindung

Da das Neubauquartier mit niedrigeren Systemtemperaturen versorgt werden kann, entschließt sich der Netzbetreiber zur Installation einer „kleinen“ Zwischenstation, in der die Systemtemperaturen aus dem vorgelagerten Netz auf 70/40 ° C abgesenkt werden.

Dadurch werden im neuen Netzteil die Verluste gemindert.

Beispiel Quartierslösung

Lösung 1

Die bestehende Heizzentrale wird um ein weiteres BHKW-Modul gleicher Leistung erweitert.

→ keine Verklammerung mit dem Bestands-BHKW

Netzlänge: 1.430 Meter Systemtemperaturen 85/50 ° C ¦ 70/40 ° C

Gesamte Wärmeabgabe: 1.400.000 kWh_{th}

Wärmeerzeugung: BHKW 98 kW_{el}/160 kW_{th} Kessel 520 kW_{th}

neu:	f_P 0,68	EG 1,39
alt:	f_P 0,91	EG 0,97

Beispiel Quartierslösung

Folge von Lösung 1

Die KWK-Stromerzeugung ist nicht mehr durchgehend strommarktkompatibel.

Die Kosten der zusätzlichen BHKW-Investition können in den Wärmepreis für Bestandskunden nicht eingerechnet werden, denn diese haben nichts von dem verbesserten f_P.

Beispiel Quartierslösung

Lösung 2

In der Zwischenstation wird eine Wärmepumpe eingebaut, das neue Teilnetz wird eigenständig betrachtet. Die nicht von der WP gelieferte Wärme wird aus dem vorgelagerten Bestandsnetz bezogen.

Netzlänge: 430 Meter Systemtemperaturen 70/40 ° C

Gesamte Wärmeabgabe: 250.000 kWh_{th}

Wärmeerzeugung: WP 75 kW_{th} JAZ 4,0

neu:	f_P 0,58	EG 1,88
alt:	f_P 0,91	EG 0,97

Beispiel Quartierslösung

Folge von Lösung 2

Der nach EEWärmeG erforderliche Erfüllungsgrad wird von der Kombination leicht erfüllt.

Die Lösung ist deutlich kompatibler mit dem Strommarkt als die Lösung 1.

Aufgrund des $f_P > 0{,}5$ ist es für die Bauherren aufwändiger, KfW-Fördermittel zu bekommen.

Ideal dazu ist ein $f_P < 0{,}5$.

f_P-Herausforderung für BHKW und WP

Es sind jeweils die Bilanzgrenzen sorgfältig zu beachten:

Jeglicher Stromverbrauch, der der Wärmeerzeugung anzulasten ist, muss von der KWK-Stromerzeugung abgezogen werden.

Erst der verbleibende Überschuss darf als Stromgutschrift mit dem Verdrängungsmixfaktor 2,8 bewertet werden.

Nicht zulässig ist es, die KWK-Stromerzeugung mit 2,8 gut zu schreiben und den Strombezug der WP mit dem allgemeinen Strommixfaktor 1,8 dagegen zu rechnen!

f_P-Herausforderung für BHKW und WP

Analog gilt für die Ermittlung des Erfüllungsgrades EG, dass die Wärmequelle Rücklauftemperatur nicht als Umweltwärme angerechnet werden darf!

Umweltwärme i.S. des Gesetzes ist Wärme, für die kein zusätzlicher Brennstoffaufwand entsteht.

Kühlt die WP den Rücklauf ab, muss in der Zentrale mit zusätzlichem Brennstoff „nachgeheizt“ werden. Die Kondensationswärme im Brennwerttauscher reicht i.d.R. nicht aus, der Nachweis ist kaum zu führen.

Fazit

Die Kombination von KWK-Anlagen mit WP bietet gute Chancen, muss jedoch mit Rücksicht auf die Berechnungsvorschriften der EnEV und des EEWärmeG in der Konfiguration sorgfältig geplant werden.

Die Anforderungen an den BHKW-Betrieb durch den Strommarkt sprechen für die sinnvolle Kombination mit der WP.

Die Bestimmungen des EEWärmeG und der EnEV sind dagegen im teilweisen Widerspruch dazu.

→ Der Gesetzgeber und die Normungsgremien sind gefordert.

→ Bis dahin sind pfiffige Einzellösungen gefragt.

Dipl.-Ing.
HEINZ ULLRICH BROSZIEWSKI

Kraft-Wärme-Kopplung
Beratung · Projektierung · Gutachten

Leinaustr. 13
30451 Hannover

0511 / 215 04 98
post@brosziewski.de
www.brosziewski.de

Herausgeber

ASUE Arbeitsgemeinschaft für
sparsamen und umweltfreundlichen
Energieverbrauch e. V.
Robert-Koch-Platz 4
10115 Berlin

Telefon 030 / 22 19 13 49-0
info@asue.de
www.asue.de

ASUE-Vortragsreihe auf den Berliner Energietagen am
9. Mai 2018: Innovative Wärmenetze