



**Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
GmbH & Co. KG**
Beratende Ingenieure VBI

Stuttgart, Köln



Energiekonzept - Ergebnisse

0413 – Lune Delta Bremerhaven

Zoom, 08.05.2023



Schritt 1

Schritt 1

Grundlagen

- Abschlusspräsentation Averdung 29.07.2020
- Nachtragspräsentation Averdung 08.06.2021

- Aufgabenstellung
 - Sichtung und Auswertung Konzept Averdung
 - Prüfung von alternativen Lösungsmöglichkeiten



Erstes Fazit und weiteres Vorgehen PKi



- Plausibilisierung
 - Wärmebedarf → abhängig von Nutzung und Fläche
 - Leistung → **plausibel** auf Basis Wärmebedarf
 - Dimensionierung Nahwärmnetz → **plausibel**
 - Invest Netz → **Kostenunterschied nicht plausibel**
 - Strombedarf Netz → **höherer Strombedarf kalte Nahwärme nicht plausibel**
 - Wärmeverlust Nahwärmnetz → **plausibel**



Wärmenetz – Temperaturniveau

	Variante A	Variante B	Variante C
Temperaturniveau	60/30	40/25	10 bis 20/5 bis 15
Wärmeversorgung	Raumheizung und TWW	Raumheizung	Hybrides, „kaltes“ Netz
DN	65 bis 150	✓ 80 bis 200	Voraussichtlich bis 300 / 400 ✓
Invest Netz	Ca. 2 Mio €	✓ Ca. 2,5 Mio €	Ca. 2,8 Mio. € ?
Strombedarf System	Ca. 2,6 GWh	✓ Ca. 4,0 GWh	Ca. 5,6 GWh X
Verteilungsverluste	Ca. 1,2 bis 1,5 %	✓ Ca. 0,8 bis 1 %	Niedrig ✓
Invest Wärmeerzeugung	Identisch für WP	Identisch für WP	Dezentrale Erzeuger und Balance Unit
Effizienz der Wärmebereitstellung	JAZ ca. 4,2	JAZ ca. 4,5	Individuell
Dezentrale TWW-Bereitung	-	Elektrisch oder alternativ	Dezentrale WP oder elektrisch X
Emissionen	Ca. 1.200 t CO2 p.a. ?	Ca. 1.800 t CO2	Ca. 2.000 t CO2 ?

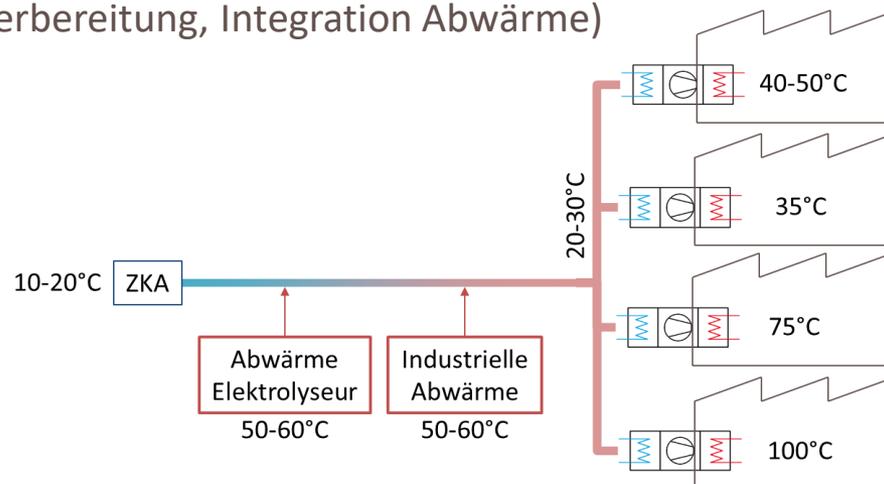
Erstes Fazit Schritt 1

- Vorteile kalte Nahwärme
 - Reduktion Verteilverluste
 - Hohe Effizienz durch individuellen Temperaturhub
 - Höhere Flexibilität Abnehmer



Weiteres Vorgehen – Schritt 2

- Benötigte Angaben
 - Nutzung
 - Fläche
 - Temperaturniveaus
- Weiteres Vorgehen
 - Plausibilisierung Wärmebedarf
 - Konkretisierung und Berechnung kalte Nahwärme (Temperaturniveaus, Strombedarf, Warmwasserbereitung, Integration Abwärme)





Schritt 2

Grundlagen

- Abschlusspräsentation Averdung 29.07.2020
- Nachtragspräsentation Averdung 08.06.2021
- **Neu: Energiekonzept Averdung, 04.08.2020**



Rahmenbedingungen

- Energiekennwert → 36 kWh/m²a
- Rechenzentrum
 - **Leistung Rechenzentrum → 25 - 75 MW**
 - Anteil nutzbare Abwärme → 50%
 - Temperaturniveau Abwärme → 30°C (luftgekühlt) - 50°C (wassergekühlt)
- Auflistung versch. Temperaturniveaus
- Zentrale Kläranlage
 - Massenstrom
 - Temperatur
- Konzept Averdung → Keine Berücksichtigung Abwärme Rechenzentrum oder industrielle Abwärme



Rahmenbedingungen

Wärmequellen



Wärmequelle	Kläranlage	Elektrolyseur	Rechenzentrum	Summe
Leistung Abwärme	4,6 MW	0,4 MW	25 MW	30 MW
Temperatur	15 °C	50°C	30°C / 50°C	-
Wärmemenge Jahr gesamt	41 GWh/a	3,6 GWh/a	219 GWh/a	263 GWh/a
Vollbenutzungs- stunden	3.000 h/a			-
Wärmemenge Vollben.	14 GWh/a	1,2 GWh/a	75 GWh/a	90 GWh/a

Rahmenbedingungen

Energiebedarf Kaltes Nahwärmenetz



Wärmebedarf	Wärmebedarf Raum + WW	Direktnutzung	Wärmebedarf WP (JAZ = 4)	Summe Wärme	Strombedarf
Raumwärme	12 GWh/a	0% 0 GWh/a	9,6 GWh/a	9,6 GWh/a	2,4 GWh/a
Warmwasser	2 GWh/a	0% 0 GWh/a	0 GWh/a	0 GWh/a	2,0 GWh/a
Summe	14 GWh/a	0 GWh/a	9,6 GWh/a	9,6 GWh/a	4,4 GWh/a

- Annahme Warmwasserbereitung
 - 100% direkt-elektrisch (Durchlauferhitzer)
 - Alternativ: dezentrale Wärmepumpen → hohes Temperaturniveau

Rahmenbedingungen

Energiebedarf Warmes Nahwärmenetz



Wärmebedarf	Wärmebedarf Raum + WW	Direktnutzung	Wärmebedarf WP (JAZ = 4)	Summe Wärme	Strombedarf
Raumwärme	12 GWh/a	50% 6 GWh/a	4,8 GWh/a	10,8 GWh/a	1,2 GWh/a
Warmwasser	2 GWh/a	50% 1 GWh/a	0,8 GWh/a	1,8 GWh/a	1,2 GWh/a
Summe	14 GWh/a	7 GWh/a	5,6 GWh/a	12,6 GWh/a	2,4 GWh/a

- Annahme Warmwasserbereitung
 - 50% direkt-elektrisch
 - 50% Direktnutzung (Frischwasserstation)

Rahmenbedingungen

Energiebedarf Warmes Nahwärmenetz

- verfügbare Wärmemenge: ca. 90 GWh/a
- notwendige Wärmemenge ca. 9,6 - 12,6 GWh/a
- → **erheblicher Abwärmeüberschuß!**





Variante 1

Kalte Nahwärme

Zentrale Kläranlage + Elektrolyseur

Variante 1

Kalte Nahwärme – ZKA + Elektrolyseur

- Wärmequelle:
 - Zentrale Kläranlage
 - Elektrolyseur (Zukunftsperspektive, Versorgungssicherheit?)
- kaltes Nahwärmenetz
 - Vorlauf: 15,9°C
 - Rücklauf: 7,5°C
- Wärmeerzeugung
 - dezentrale Wärmepumpen bei allen Abnehmern

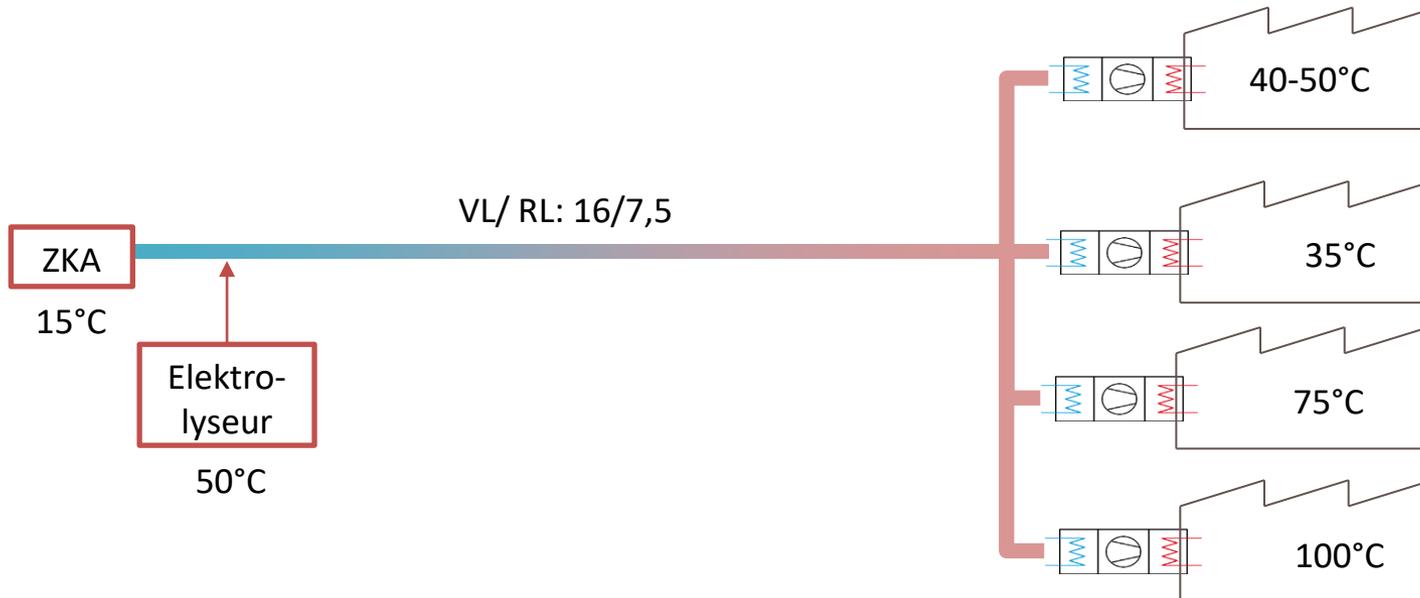


Variante 1

Kalte Nahwärme – ZKA + Elektrolyseur



Wärmequelle	Temp. vor WQ	Temp. WQ	maximale Wärme	nutzbare Wärme	Temp.-Hub	Temp. nach WQ
ZKA	7,5°C	15°C	14 GWh/a	10 GWh/a 72%	7,5K	15°C
Elektrolyseur	15°C	50°C	1,2 GWh/a	1,2 GWh/a 100%	0,9 K	15,9°C



Variante 1

Kalte Nahwärme – ZKA + Elektrolyseur

- Vorteile
 - Hauptwärmequelle: ZKA + Elektrolyseur
 - keine Abhängigkeit von vielen, ggf. wechselnden Wärmelieferanten (Rechenzentrum, Gewerbe)
 - Versorgungssicherheit
 - dezentrale Verantwortung für individuelles Temperaturniveau bei Nutzern
 - einfache Abrechnung
- Nachteile
 - minimale Abwärmenutzung (nur ZKA + Elektrolyseur)
 - Verschwendung von Wärme
 - erhöhter Strombedarf Nutzer
 - erhöhte Belastung Stromnetz





Variante 2

Kalte Nahwärme

Zentrale Kläranlage + Rechenzentrum luftgekühlt

Variante 2

Kalte Nahwärme – ZKA + Rechenzentrum luftgekühlt

- Wärmequelle:
 - Zentrale Kläranlage
 - Rechenzentrum luftgekühlt (30°C)
 - keine Nutzung Elektrolyseur → weniger Wärmequellen = einfachere Regelung
- kaltes Nahwärmenetz
 - Vorlauf: 18,4°C → gut für Standard-Wärmepumpe nutzbar
 - Rücklauf: 10,0°C → Abwärmenutzung ZKA möglich (15°C)
- Wärmeerzeugung
 - dezentrale Wärmepumpen bei allen Abnehmern

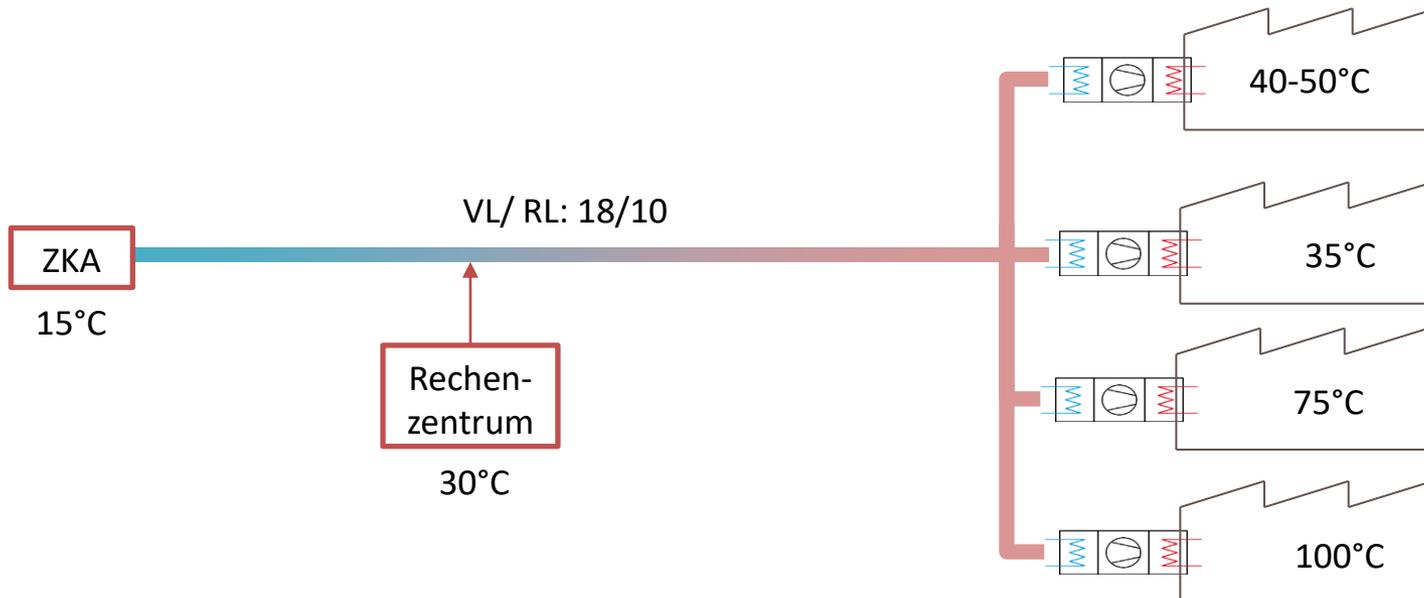


Variante 2

Kalte Nahwärme – ZKA + Rechenzentrum luftgekühlt



Wärmequelle	Temp. vor WQ	Temp. WQ	maximale Wärme	nutzbare Wärme	Temp.-Hub	Temp. nach WQ
ZKA	10°C	15°C	13,9 GWh/a	6,7 GWh/a 48%	5 K	15°C
Rechenzentrum	15°C	30°C	75 GWh/a	4,5 GWh/a 6,1%	3,4 K	18,4°C



Variante 2

Kalte Nahwärme – ZKA + Rechenzentrum luftgekühlt

- Vorteile
 - Hauptwärmequelle: ZKA + Rechenzentrum
 - keine Abhängigkeit von vielen, ggf. wechselnden Wärmelieferanten (Entfall Rechenzentrum unkritisch)
 - Versorgungssicherheit
 - dezentrale Verantwortung für individuelles Temperaturniveau bei Nutzern
 - einfache Abrechnung
 - **leicht erhöhtes Temperaturniveau → höhere Effizienz dezentrale WP**
- Nachteile
 - geringe Abwärmenutzung (nur ZKA + Rechenzentrum)
 - Verschwendung von Wärme
 - erhöhter Strombedarf Nutzer
 - erhöhte Belastung Stromnetz





Variante 3

Warme Nahwärme

Rechenzentrum wassergekühlt

ggf. weitere Wärmequellen Gewerbe

Variante 3

Warme Nahwärme – Rechenzentrum wassergekühlt + Gewerbe

- Wärmequelle:
 - Rechenzentrum wassergekühlt (50°C)
 - Risikoverteilung: weitere Abwärme Gewerbe ($\geq 50^\circ\text{C}$)
 - Backup: zentraler Wärmeerzeuger bei Wegfall aller Wärmequellen nachrüstbar (z. B. zentrale Wärmepumpe → Versorgungssicherheit)
- warmes Nahwärmenetz
 - Vorlauf: 50°C
 - Rücklauf: 40°C
- Wärmeerzeugung
 - direkte Wärmenutzung bis 50°C
 - bei Bedarf dezentrale Hochtemperaturwärmepumpen

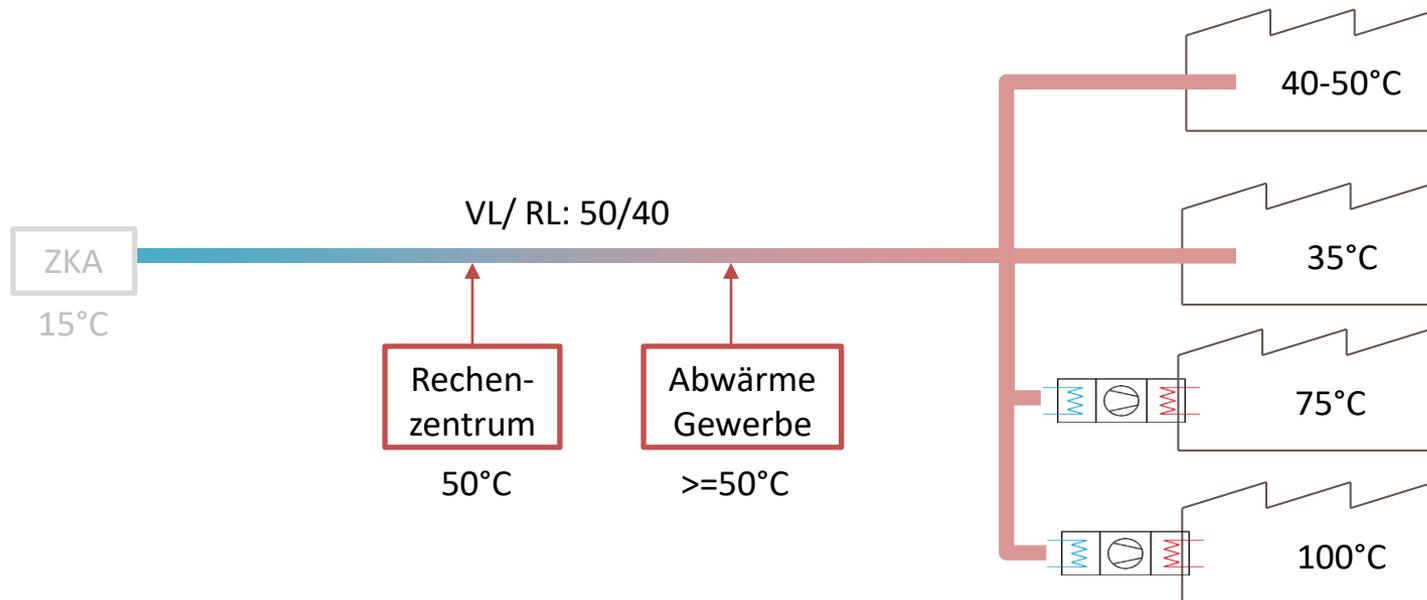


Variante 3

Warme Nahwärme – Rechenzentrum wassergekühlt + Gewerbe



Wärmequelle	Temp. vor WQ	Temp. WQ	maximale Wärme	nutzbare Wärme	Temp.-Hub	Temp. nach WQ
ZKA	40°C	15°C	13,9 GWh/a	0 GWh/a 0%	0°K	40°C
Rechenzentrum	40°C	50°C	75 GWh/a	12,6 GWh/a 16,8%	9,5 K	49,5°C



Variante 3

Warme Nahwärme – Rechenzentrum wassergekühlt + Gewerbe

- Vorteile
 - hohe Abwärmenutzung
 - Reduktion Strombedarf Nutzer
 - Entlastung Stromnetz
- Nachteile
 - Risiko: Nicht selbst betriebene Wärmequellen als Basis der Energieversorgung
 - Versorgungssicherheit zentrale Wärmequelle sicherstellen!
 - Bei Nutzung Abwärme Gewerbe Wärmeentzug und Abgabe Abwärme
 - Komplexes Temperaturmanagement
 - Komplexe Abrechnung





Fazit

Fazit

- Allgemein
 - Aktuell wesentlich mehr Abwärme im Gebiet vorhanden als Wärmebedarf Nutzer (Raumwärme und Warmwasser)
 - Zukünftige Entwicklung Abwärmequellen?
- Variante 1 – Kalte Nahwärme - ZKA + Elektrolyseur
 - Kalte Nahwärme als Grund-Wärmequelle
 - Verantwortung individuelle Temperaturerzeugung bei Nutzern
 - hohe Versorgungssicherheit
 - einfache Abrechnung
 - minimale Abwärmenutzung



Fazit

- Variante 2 – Kalte Nahwärme - ZKA + Rechenzentrum (30°C)
 - Kalte Nahwärme als Grund-Wärmequelle
 - Verantwortung individuelle Temperaturerzeugung bei Nutzern
 - hohe Versorgungssicherheit (Entfall Rechenzentrum nicht kritisch)
 - einfache Abrechnung
 - geringe Abwärmenutzung
 - etwas erhöhte Effizienz Wärmepumpen dezentral gegenüber V1



Fazit

- Variante 3 - Warme Nahwärme – Rechenzentrum (+ gewerbliche Abwärme)
 - hohe Abwärmenutzung
 - Reduktion Strombedarf Nutzer
 - Entlastung Stromnetz
- Bei Nutzung gewerbliche Abwärme
 - komplexes Temperaturmanagement
 - komplexe Abrechnung
- **Versorgungssicherheit Wärmequellen sicherstellen!**
- **Backup/ Nachrüstbarkeit zentraler Wärmeerzeuger notwendig.**





Pfeil & Koch ingenieurgesellschaft
Beratende Ingenieure VBI

Marienstraße 37
70178 Stuttgart
Tel.: 0711-674 474-0
Fax: 0711-674 474-10
energie@pk-i.de
www.pk-i.de

Niederlassung Köln
Agrippinawerft 26
Rheinauhafen
50678 Köln
Tel.: 0221-310 69 21-0
Fax: 0221-310 69 21-10
energie@pk-i.de
www.pk-i.de