



(Quelle: Hochparterre Themenheft: Im Untergrund Januar 19)

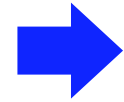
Thermische Netze – Kennzahlen zur optimalen Dimensionierung

Stefan Thalmann, Verenum AG

Rottenburg a.N., 11. April 2024

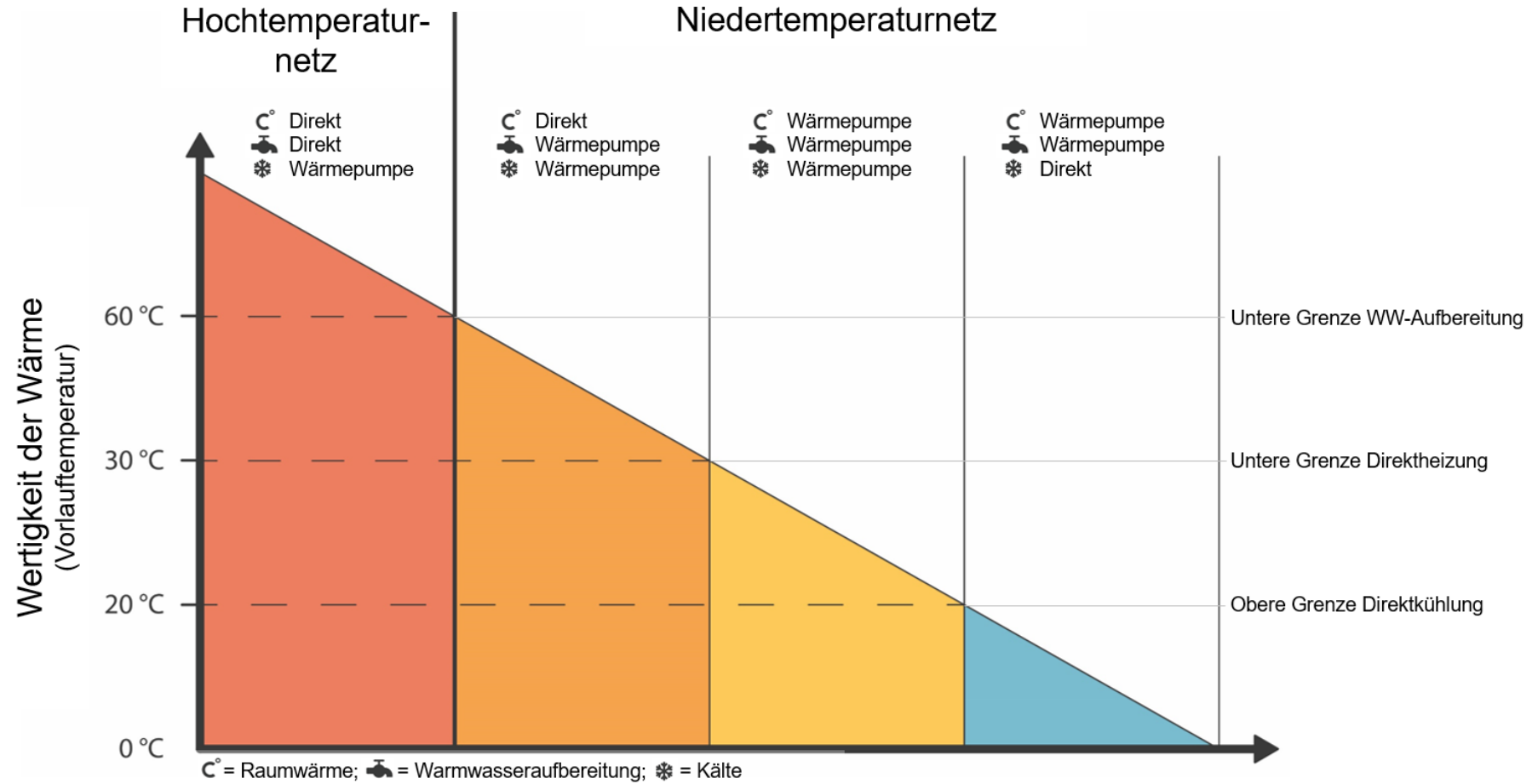


(Quelle: Hochparterre Themenheft: Im Untergrund Januar 19)

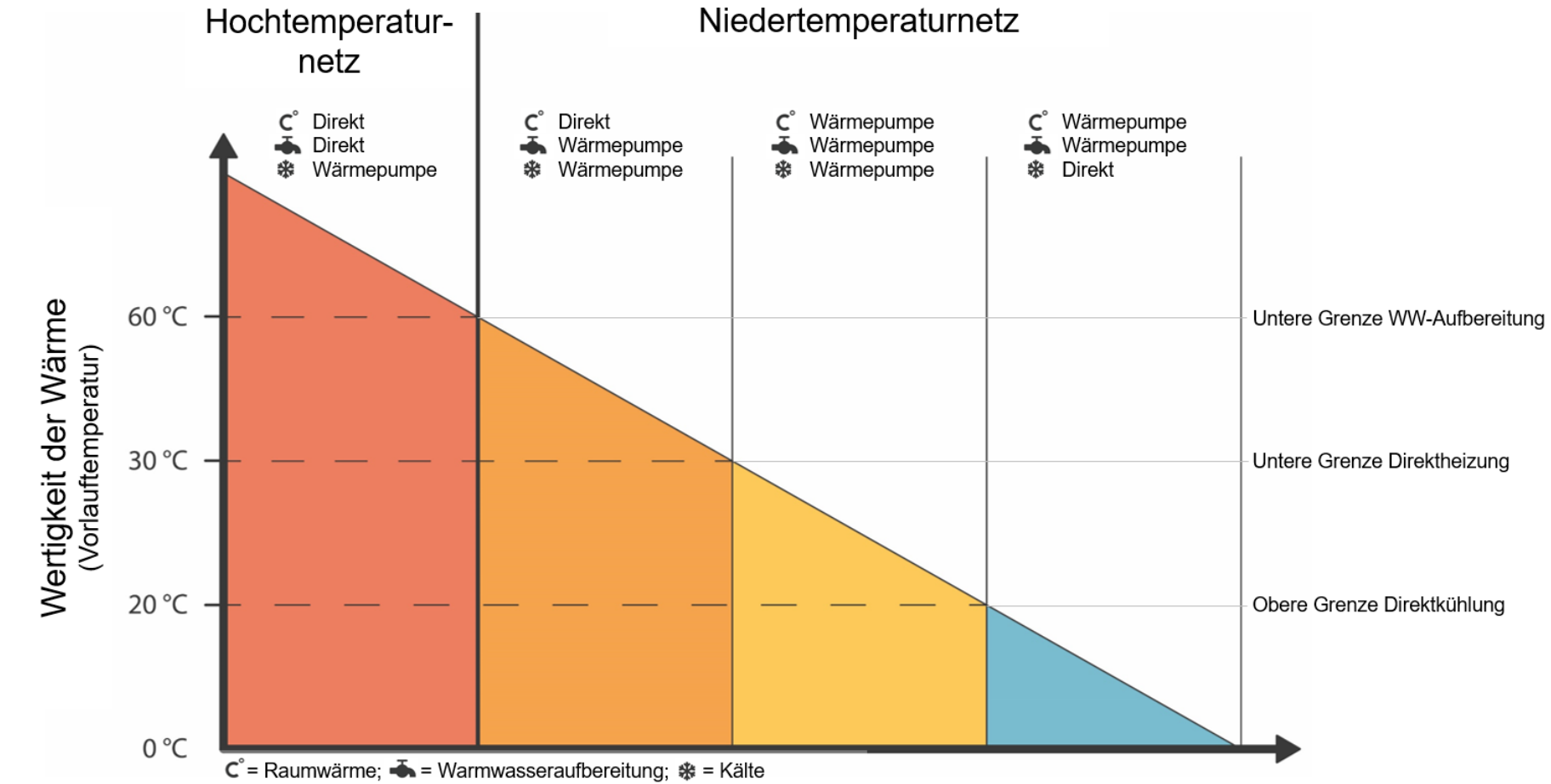


1. Einteilung, Topologie und Betriebsweise thermischer Netze
2. Wichtige Begriffe und Kennzahlen
3. Übersicht und Empfehlungen zur Auslegung und Dimensionierung der Leitungen
4. Abschliessende Bemerkungen

Einteilung thermischer Netze



Energieträger zur Versorgung thermischer Netze



Siedlungsabfall



Biomasse



Umweltwärme



Abwärme

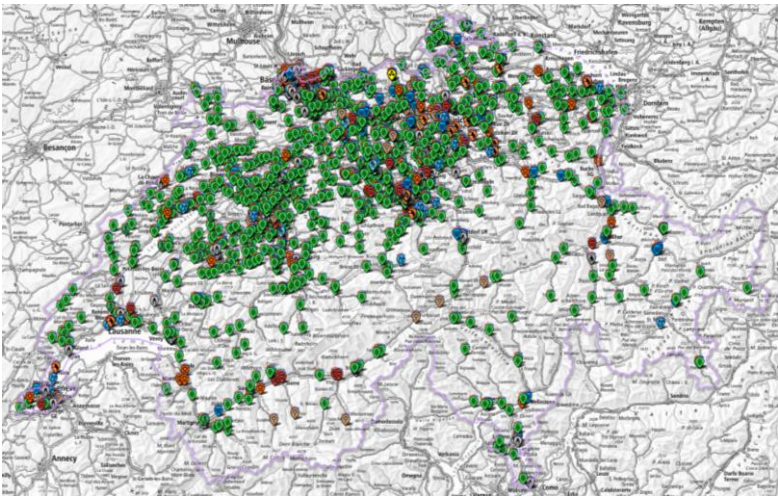


Fossil



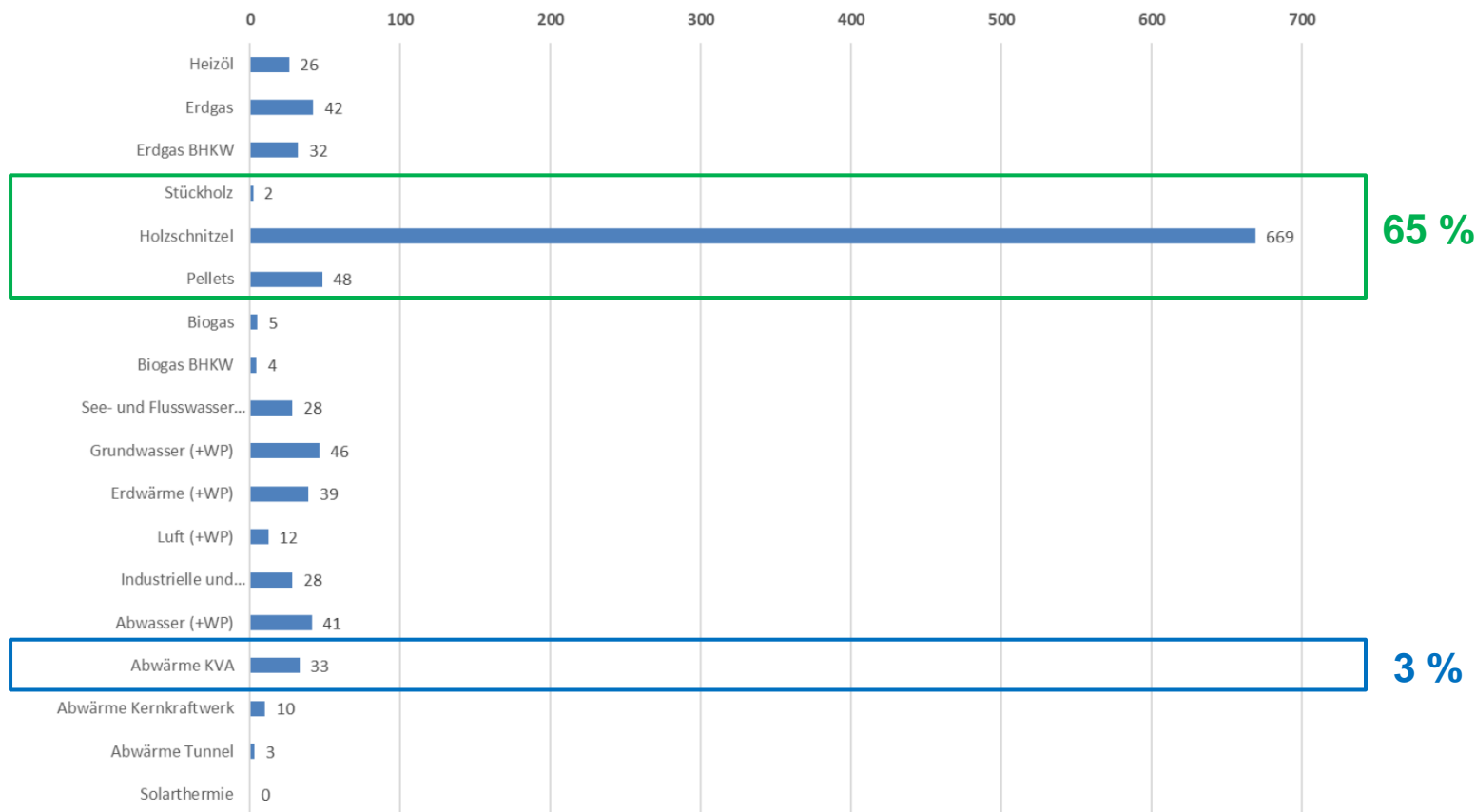
Karte thermischer Netze in der Schweiz

Auswertung von 2022 zeigt Interessantes



Energieträger	Energie [GWh/a]	Anteil
Heizöl	28	0%
Erdgas	199	2%
Erdgas BHKW	380	4%
Stückholz	30	
Holzsplitzel	2'543	31 %
Pellets	59	
Biogas	2	0%
Biogas BHKW	9	0%
Seewasser (+WP)	339	4%
Grundwasser (+WP)	147	2%
Erdwärme (+WP)	149	2%
Luft (+WP)	0	0%
Industrielle Abwärme	281	3%
Abwärme ARA (+WP)	380	4%
Abwärme KVA	3'833	45 %
Abwärme Kernkraftwerk	112	1%
Abwärme Tunnel	6	0%
Solar	0	0%
Total	8'498	100%

Anzahl Netze nach Hauptenergieträger

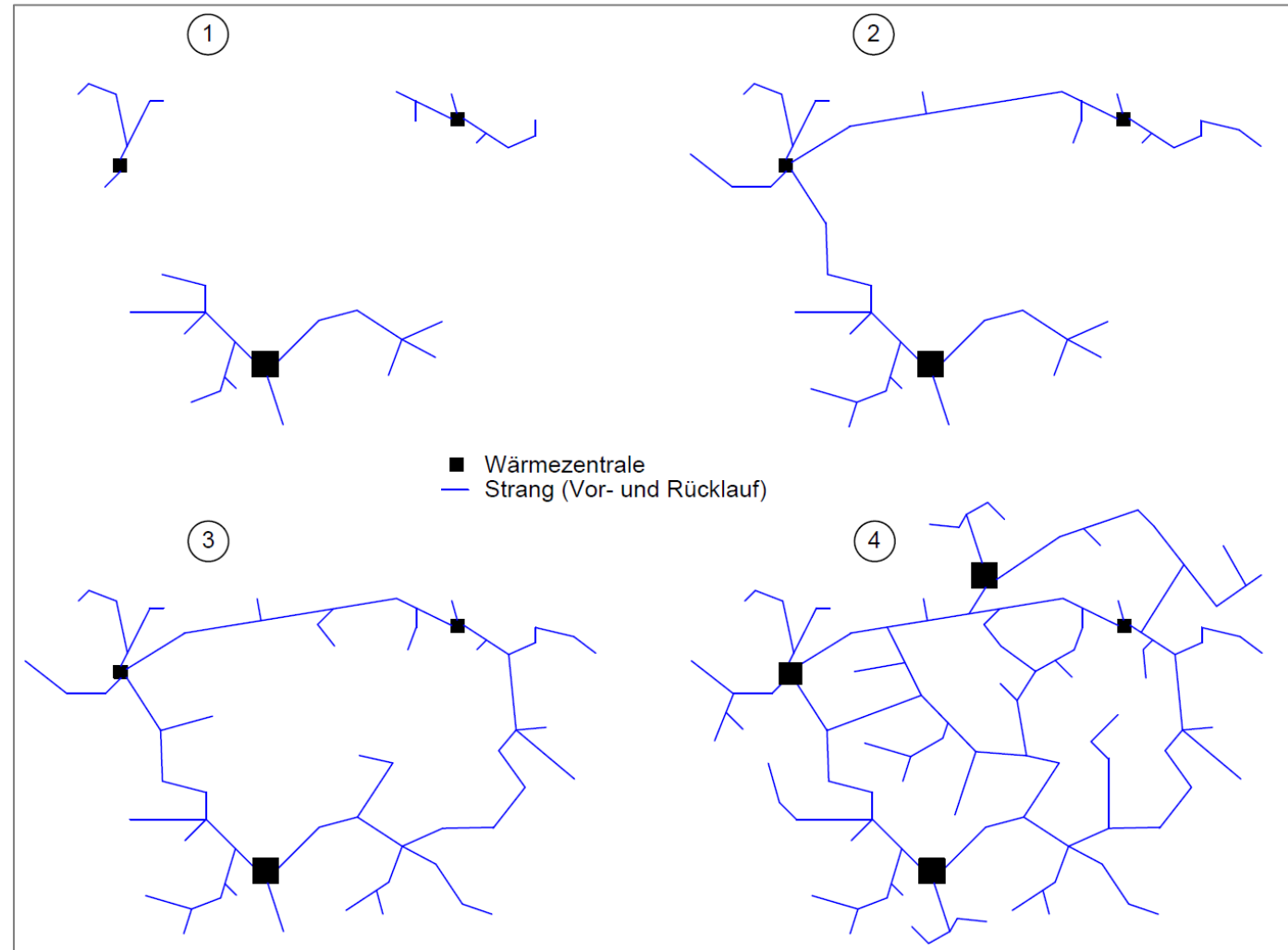
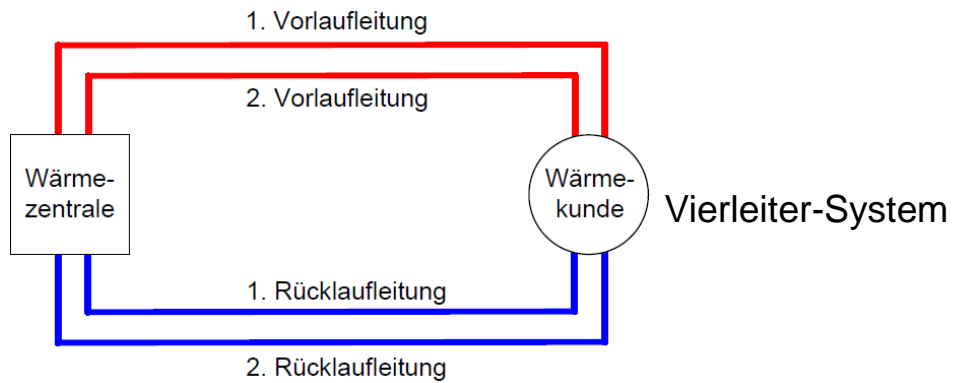
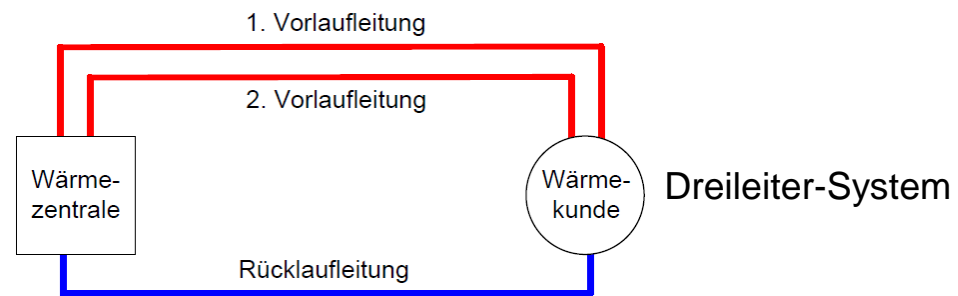
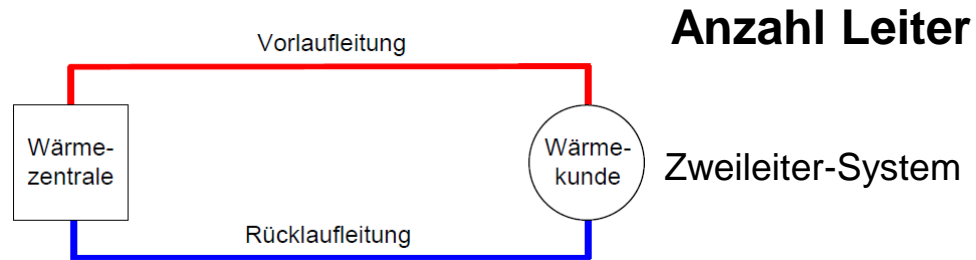


Umwelt- und Abwärme 17 %
Gas 7 %

Topologie

und

Entwicklung thermischer Netze



Betriebsweise thermischer Netze

		Energiefluss	
		Unidirektional (eindeutige Richtung des Energieflusses)	Bidirektional (beide Richtungen des Energieflusses möglich)
Fließ- richtung	Gerichtet (eindeutige Fließrichtung)	Heizen oder Kühlen Zentrale Pumpe z. B. Fernwärme Zürich Wärmeverbund Riehen	
	Ungerichtet (keine eindeutige Fließrichtung)		Heizen und Kühlen Dezentrale Pumpen z. B. Anergienetz ETH Höggerberg Anergienetz Friesenberg Zürich Suhrstoffi-Areal Rotkreuz

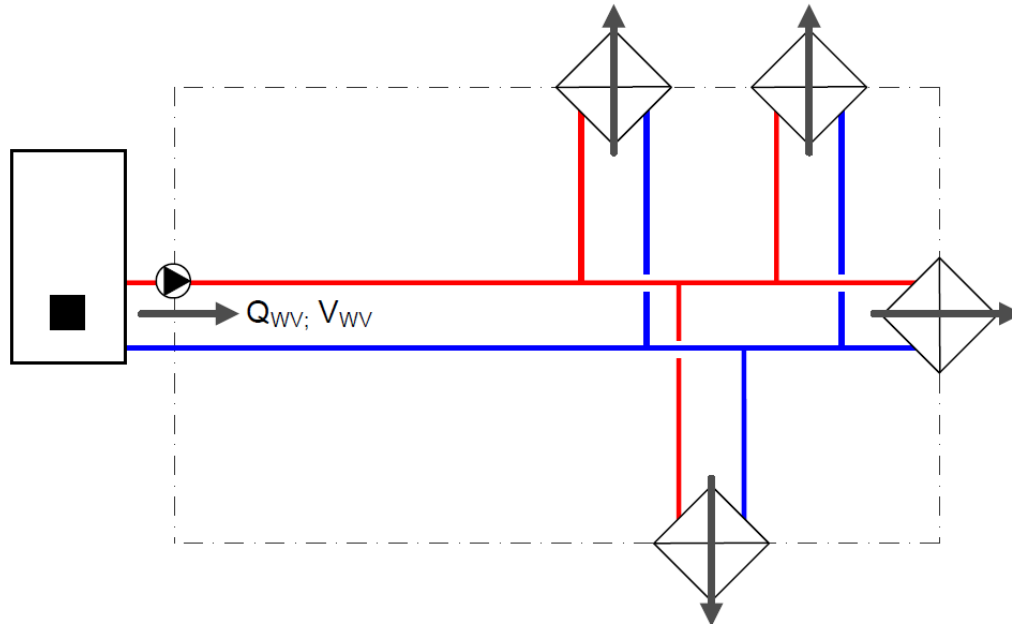
Betriebsweise thermischer Netze

Energiefluss

Fliess- richtung

	Unidirektional (eindeutige Richtung des Energieflusses)	Bidirektional (beide Richtungen des Energieflusses möglich)
Gerichtet (eindeutige Fließrichtung)	<p> Lieferant: Heizzentrale: Bereitstellung der Wärmeenergie Bezüge: Gebäude: Bezug der nötigen Wärme aus dem heissen Vorlauf </p>	<p> Heizen und Kühlen Zentrale Pumpe </p> <p> z. B. Anergienetz Visp Geneve-Lac-Nations (GLN) </p>
Ungerichtet (keine eindeutige Fließrichtung)	<p> Heizen oder Kühlen Dezentrale Pumpen </p> <p> Keine Anwendungsbeispiele bekannt </p>	<p> Lieferant: Erneuerbare Energien Bezüge: Gebäude (Kühlen), Gebäude (Heizen), Industrie (Kühlen, Abwärme), Saisonaler Erdwärmespeicher </p>

Netztemperaturen



Vorlauftemperatur:

- Energiequelle
- Anforderung Kunde
- Grösse Netz

Rücklauftemperatur:

- Abnehmerstruktur
- Warmwasser Ja/Nein
- hydraulische Einbindung
- max. RL-Temperatur

Hochtemperatur (z.B. Abwärme KVA, Prozesse)
 Hochtemperatur (z.B. Biomasse)
 Niedertemperatur (z.B. zentrale Wärmepumpe)
 Kalte Fernwärme (z.B. dezentrale Wärmepumpe)

Vorlauf

$\geq 120^{\circ} \text{ C}$
 $\geq 70^{\circ} \text{ C}$
 $\geq 40^{\circ} \text{ C}$
 $8^{\circ} \text{ C} - 18^{\circ} \text{ C}$

Rücklauf

$55^{\circ} \text{ C} - 65^{\circ} \text{ C}$
 $> 45^{\circ} \text{ C}$
 $> 35^{\circ} \text{ C}$
 $6^{\circ} \text{ C} - 20^{\circ} \text{ C}$

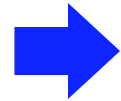
Spreizung

$> 60 \text{ K}$
 $20 \text{ bis } 30 \text{ K}$
 $< 20 \text{ K}$
 $2 \text{ bis } 5 \text{ K}$



(Quelle: Hochparterre Themenheft: Im Untergrund Januar 19)

1. Einteilung, Topologie und Betriebsweise thermischer Netze



2. Wichtige Begriffe und Kennzahlen

3. Übersicht und Empfehlungen zur Auslegung und Dimensionierung der Leitungen

4. Abschliessende Bemerkungen

Wichtige Begriffe und Kennzahlen

Begriff	Bedeutung	Einheit, Ziel- und Erfahrungswerte für Wirtschaftlichkeit
Wärmebezugsdichte	frühe Beurteilung Versorgungsgebiet	> 70 kWh/(a m ² Grundstücksfläche)
Anschlussgrad	Anteil der angeschlossenen Einheiten	50 % bis 90 %
Gleichzeitigkeit	max. Abnahmeleistung / Summe abonn. Leistung	50 % bis 90 %
Netzleistung	realer Leistungsbedarf Netz (z. B. Auslegepunkt)	MW oder kW
Anschlussleistung	abonnierte Anschlussleistung	MW oder kW
Jahresvolllaststunden	Energiemenge p.a. / nom. oder max. Leistungsbedarf	h/a
Anschlussdichte	Energiebedarf auf Trassenlänge bezogen	> 2.0 MWh/(a m)
Wärmeverteilverluste	jährliche Verteilverluste Netz	< 10 %/a
Jahresdauerlinie	geordnete Aufzeichnung des Leistungsbedarfs über ein Jahr	
Lastkennlinie	Leistungsbedarf in Abhängigkeit der Aussentemperatur	
Tages- oder Wochenverlauf	Leistungsbedarf in Abhängigkeit der Zeit	



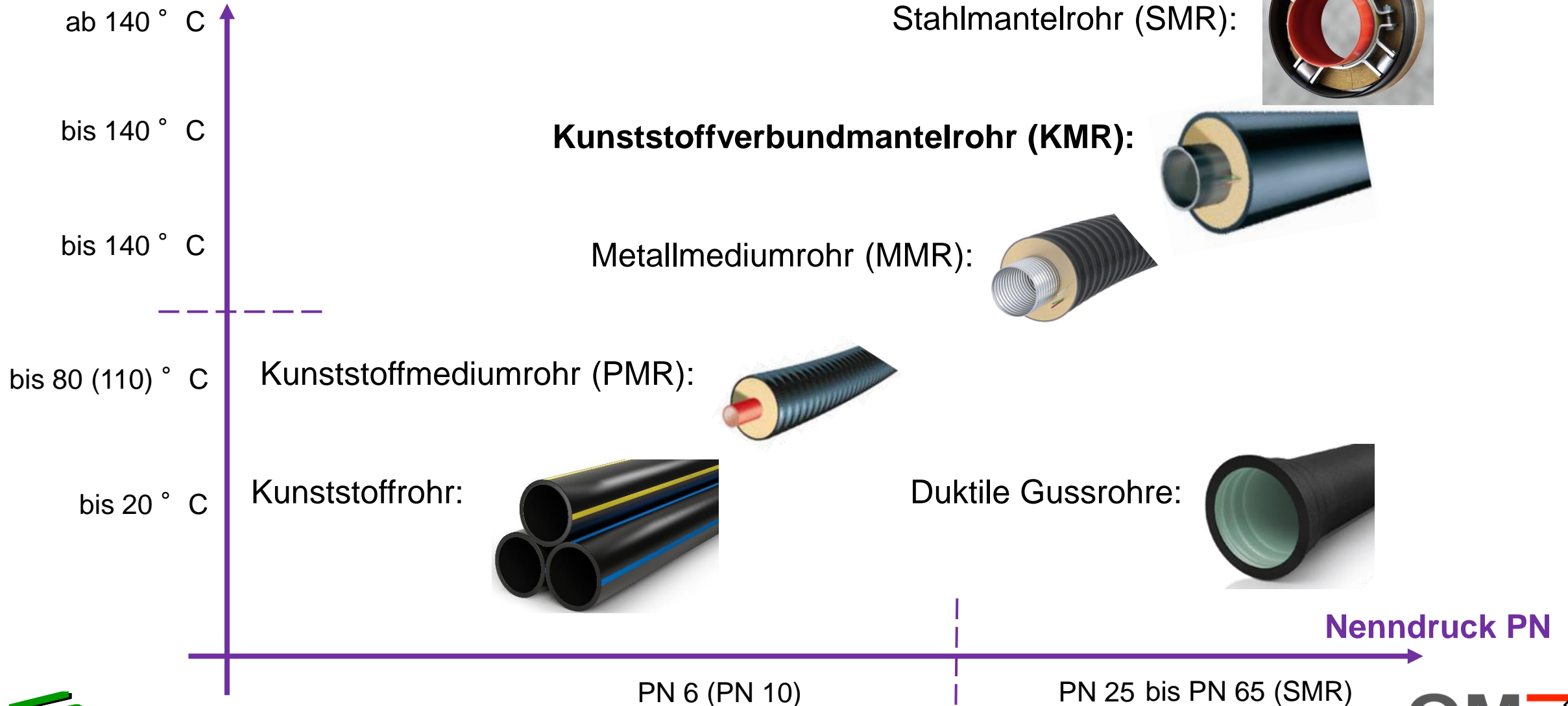
(Quelle: Hochparterre Themenheft: Im Untergrund Januar 19)

1. Einteilung, Topologie und Betriebsweise thermischer Netze
2. Wichtige Begriffe und Kennzahlen
- ➔ 3. Übersicht und Empfehlungen zur Auslegung und Dimensionierung der Leitungen
4. Abschliessende Bemerkungen

Übersicht und Einordnung Rohrsysteme

Bildquellen:
Brugg Pipe Systems für KMR, MMR, PMR
Springer Verlag für SMR
VonRoll Hydro für Duktile Gussrohre
Jansen für Kunststoffrohr

Dauerbetriebstemperatur



Empfehlungen zur Dimensionierung von Leitungen in thermischen Netzen

Auslegungsgrösse:

spezifischer Druckverlust von **300 Pa/m** für die einzelnen **Teilstränge**

Kontrollgrösse:

spezifischer Druckverlust von **150-200 Pa/m** für den **Schlechtpunkt**

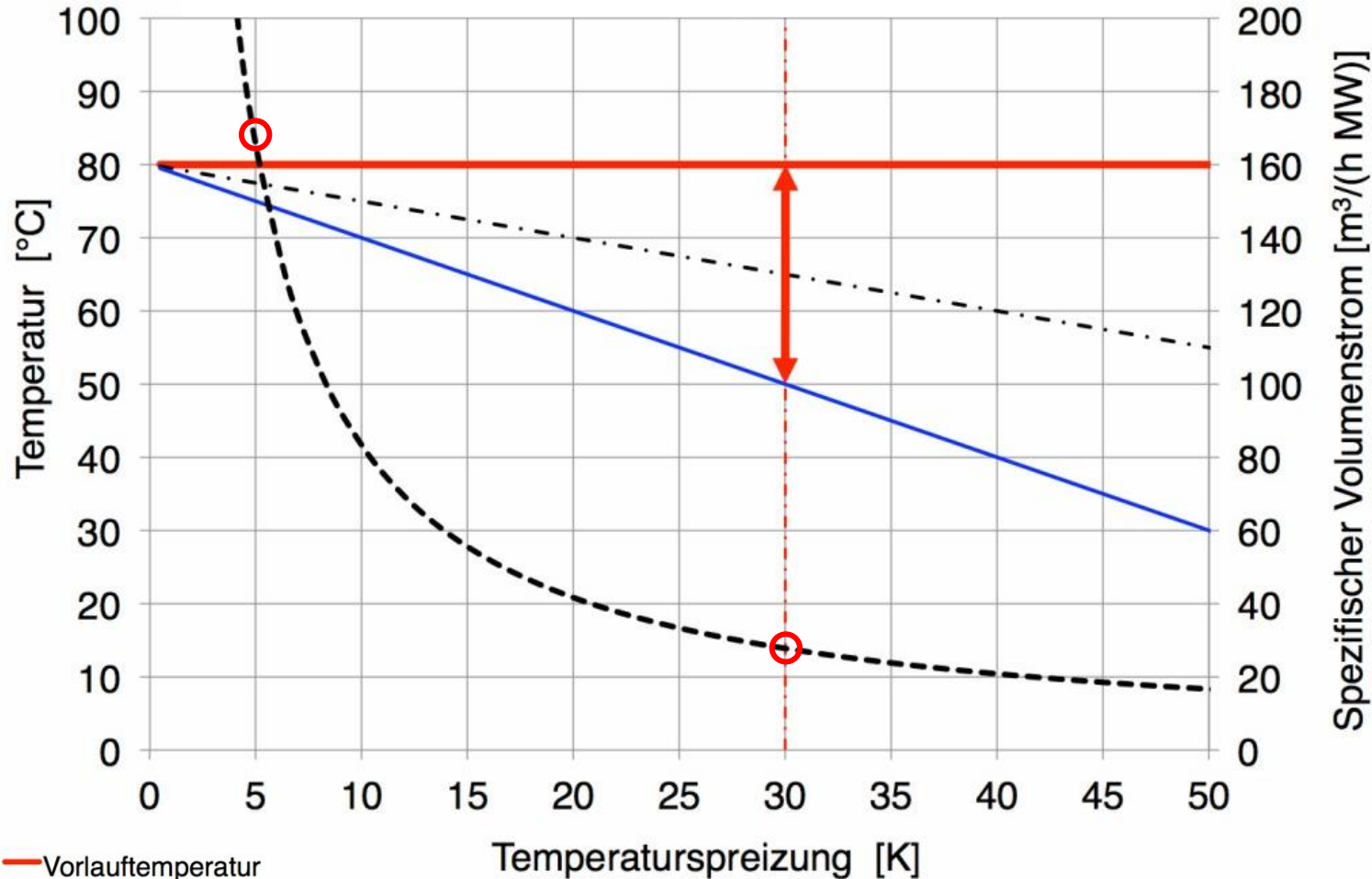
Auslegung gilt für:

- Auslegetemperatur und geplanten Endausbau
- Rohrrauigkeit von 0.01 mm (Stahlrohre und Kunststoffrohre)

Achtung:

Gebäudetechnik (gebäudeintern) typisch 50 Pa/m

Temperatur und Volumenstrom



Spezifischer Volumenstrom in Funktion der Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf.

Beispielhaft für eine Übertragungsleistung von 1'000 kW

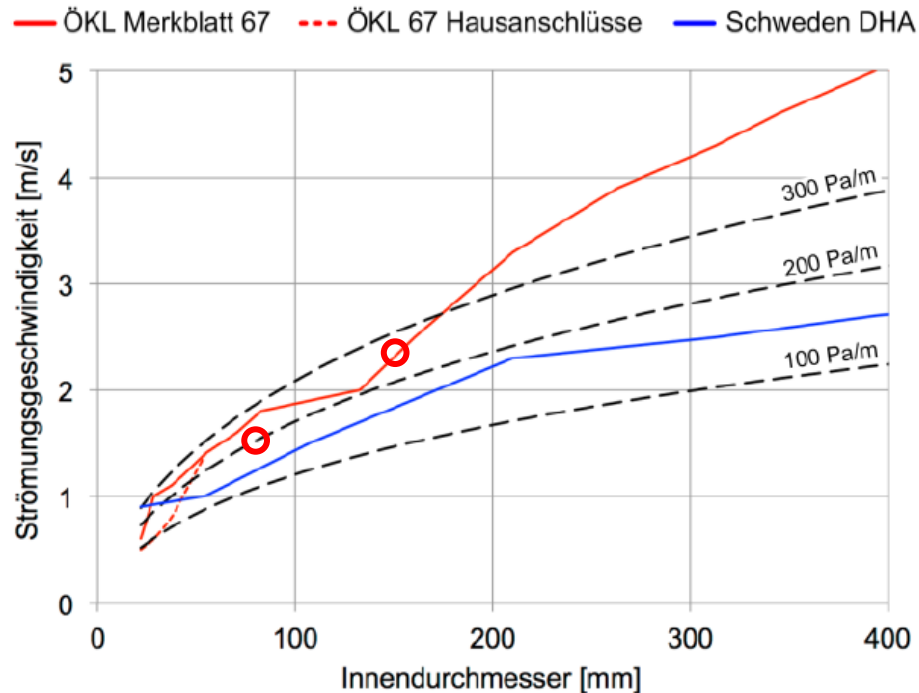
5 K = 170 m³/h → Niedertemperatur
30 K = 30 m³/h → Konventionell

- Vorlauftemperatur
- · - Betriebsmitteltemperatur
- Rücklauftemperatur
- · - Referenzfall
- · - Spezifischer Volumenstrom



Auslegebeispiel Leistungsbedarf 1 MW

	Konventionell	Niedertemperatur
Vorlauftemperatur	80 °C	18 °C
Rücklauftemperatur	50 °C	13 °C
Temperaturspreizung	30 K	5 K
Volumenstrom	29.3 m ³ /h	172 m ³ /h
Optimaler Nenndurchmesser	DN 80	DN 150
Spezifischer Druckverlust Leitung	209 Pa/m	256 Pa/m



[Planungshandbuch Fernwärme, Bild 1.4, Seite 13
www.qmfernwaeirme.ch]

Auslegebeispiel Leistungsbedarf 1 MW

	Konventionell	Niedertemperatur
Vorlauftemperatur	80 °C	18 °C
Rücklauftemperatur	50 °C	13 °C
Temperaturspreizung	30 K	5 K
Volumenstrom	29.3 m³/h	172 m³/h
Optimaler Nenndurchmesser	DN 80	DN 150
Spezifischer Druckverlust Leitung	209 Pa/m	256 Pa/m
Rohrquerschnitt	100 %	380 %

Nennweite	Medium-Innenrohr			
	Aussendurchmesser	Wandstärke	Innendurchmesser	Volumen Innenrohr
DN	mm	mm	mm	l/m
20	26.9	2.65	21.60	0.37
25	33.7	2.60	28.50	0.64
32	42.4	2.60	37.20	1.09
40	48.3	2.60	43.10	1.46
50	60.3	2.90	54.50	2.33
65	76.1	2.90	70.30	3.88
80	88.9	3.20	82.50	5.35
100	114.3	3.60	107.10	9.01
125	139.7	3.60	132.50	13.79
150	168.3	4.00	160.30	20.18

[Planungshandbuch Fernwärme, Tabelle 13.1, Seite 197
www.qmfernwaerme.ch]

Auslegebeispiel Leistungsbedarf 1 MW

	Konventionell	Niedertemperatur
Vorlauftemperatur	80 °C	18 °C
Rücklauftemperatur	50 °C	13 °C
Temperaturspreizung	30 K	5 K
Volumenstrom	29.3 m ³ /h	172 m ³ /h
Optimaler Nenndurchmesser	DN 80	DN 150
Spezifischer Druckverlust Leitung	209 Pa/m	256 Pa/m
Rohrquerschnitt	100 %	380 %
Thermische Verteilverluste in % der jährlich transportierten Wärme	10 %	0 %
Pumpenergie (Strom) in % der jährlich transportierten Wärme	1 %	3 %

Perspektive Anergienetze:

- + Sehr geringe Wärmeverteilverluste
- + Nutzen von Niedertemperaturquellen
- + Heizen und Kühlen

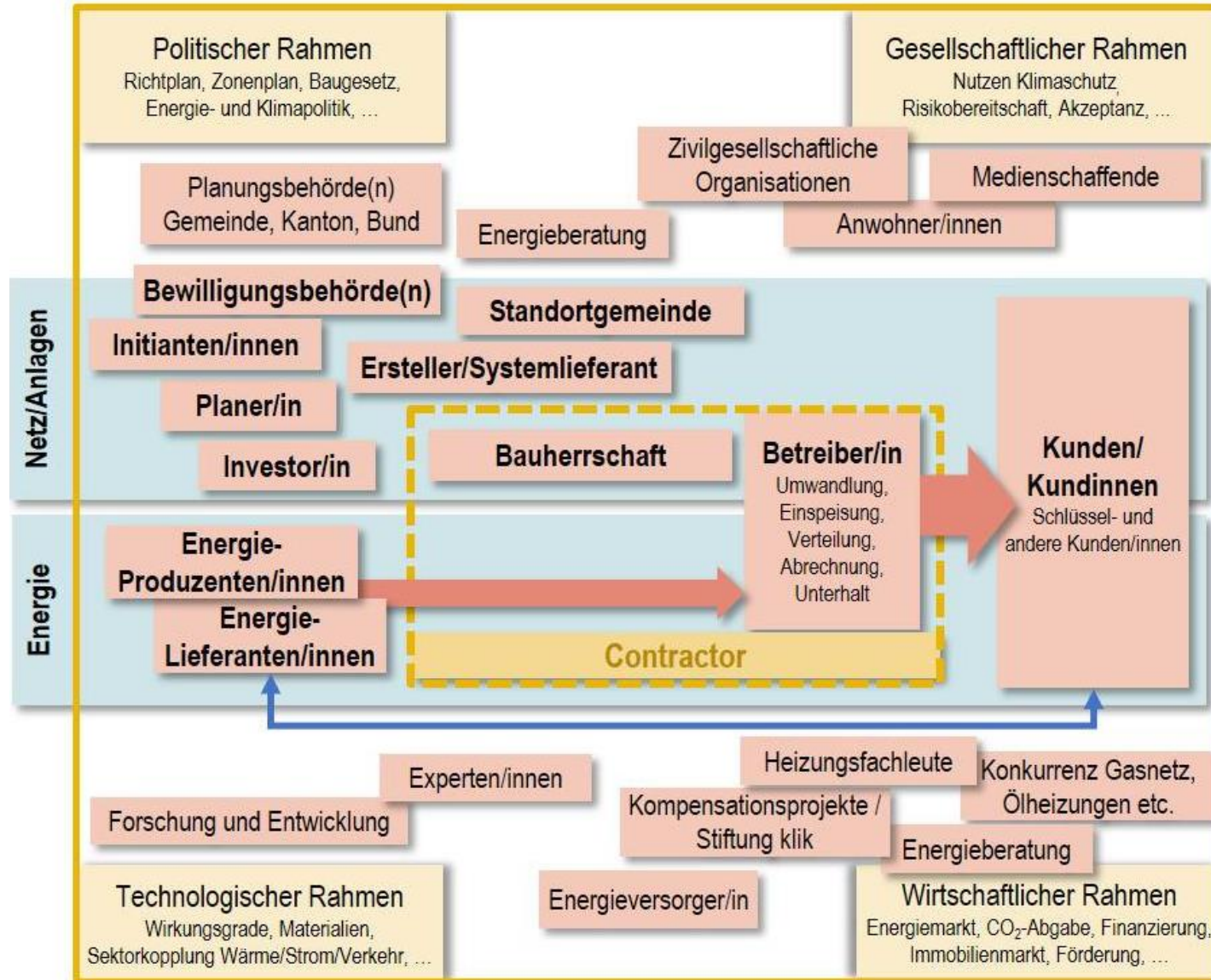
- Benötigen grosse Rohrquerschnitte (mehr Platz)
- Erhöhter Strombedarf (Pumpen und WP)



(Quelle: Hochparterre Themenheft: Im Untergrund Januar 19)

1. Einteilung, Topologie und Betriebsweise thermischer Netze
2. Wichtige Begriffe und Kennzahlen
3. Übersicht und Empfehlungen zur Auslegung und Dimensionierung der Leitungen
- ➔ 4. Abschliessende Bemerkungen

Umfeld thermischer Netze



Werkzeuge für eine zukunftstaugliche Wärme- und Kälteversorgung

Bibliothek «Planung thermische Netze» → [Link](#)

Thermische Netze sind ein wichtiges Element für die Umsetzung der Energiestrategie 2050 und die Erreichung des Netto-Null-Ziels. Diese Bibliothek enthält eine Zusammenstellung etablierter Hilfsmittel, Literatur und Lösungsansätze für die Planung thermischer Netze. Sie richtet sich an Personen aus Städten, Gemeinden oder Beratungsbüros.

Energieplanung und Machbarkeitsstudien	+
Projektierung und Finanzierung	+
Rechtsfragen	+
Koordination mit Gasnetzen	+
Übergangslösungen und Dekarbonisierung	+
Hintergrundwissen	+



- Weiterbildung
- Planungshandbuch Fernwärme
- Leitfaden Fernwärme-Übergabestationen
- Fragebogen und Checklisten
- diverse Excel-Tools:
 - THENA (Thermal Network Analysis)
 - Sensitivität und Wirtschaftlichkeit
 - Mehrverbrauch

Werkzeugkoffer Räumliche Energieplanung

Modul 1: Zweck und Bedeutung

Modul 2: Vorgehen

Modul 3: Energienachfrage

Modul 4: Energiepotenziale

Modul 5: Wärmeerzeugung

Modul 6: Thermische Netze

Modul 7: Umsetzung, Energievorschriften

Modul 8: Erfolgskontrolle

Modul 9: Konzession EDL

Modul 10: Gasstrategie

100 % erneuerbare Gebäudewärme mit 25 % Holz und 75 % PV-Wärmepumpen

PV-Wärmepumpen und Holz für Gebäudewärme



Bildquelle: Schmid AG

- **Konzept** zur erneuerbaren Wärmeversorgung der Gebäude
- **Solarstrom betriebene Wärmepumpen im Sommer und Übergangszeit**
- **Ergänzt durch Holzheizungen für Winterbetrieb**
- Holz übernimmt die Funktion des Saisonspeichers und entlastet gleichzeitig den Strombedarf im Winter.
- 100 % erneuerbare Wärmeversorgung der Gebäude bis 2050 möglich

Beitrag in Fachzeitschrift [HK-Gebäudetechnik \(1-23\)](#)



stefan.thalmann@verenum.ch
www.qmfernwaerme.ch



verenum

steht für **V**erfahrens-, **E**nergie- und **U**mwelttechnik.

Wir setzen uns seit über 30 Jahren für die Nutzung erneuerbarer Energien und einen nachhaltigen Umgang mit den Ressourcen ein.

Unsere Tätigkeit umfasst Forschung und Entwicklung, Aus- und Weiterbildung, Qualitätsmanagement, Anlagenüberwachung, Betriebsoptimierung, techno-ökonomische Bewertungen, Konzepterarbeitung sowie Gutachten und Due Dilligence.

Wir sind ein Team von qualifizierten Ingenieuren mit Erfahrung in der Konzeption, Planung, Erfolgskontrolle und Optimierung von Energieanlagen mit folgenden Schwerpunkten:

- Fernwärme und Thermische Netze
- Holzenergie zur Wärme- und Stromerzeugung
- Wärme-Kraft-Kopplung (WKK)
- Betriebsoptimierung
- Verbrennungstechnik, Abgasreinigung und Emissionsminderung
- Luftreinhaltung
- Integration von Wärmepumpen und Solarenergie
- Technische und ökonomische Auslegung von Energieanlagen.

QM Fernwärme ist eine Plattform zu technischen und wirtschaftlichen Belangen im Zusammenhang mit thermischen Netzen.

QM Fernwärme bietet Aus- und Weiterbildung, Dokumente und Tools für die Entwicklung, Implementierung und den Betrieb von thermischen Netzen an.

- Planungshandbuch Fernwärme
- Leitfaden Fernwärme-Übergabestationen
- Fragebogen und Checklisten
- Excel-Tools:
 - THENA (Thermal Network Analysis; kostenpflichtig)
 - Sensitivität und Wirtschaftlichkeit
 - Mehrverbrauch
 - Bewertungstool für offerierte Leistungen von Fernwärme-Übergabestationen