
Theoretische Betrachtungen zur idealen Netztemperatur



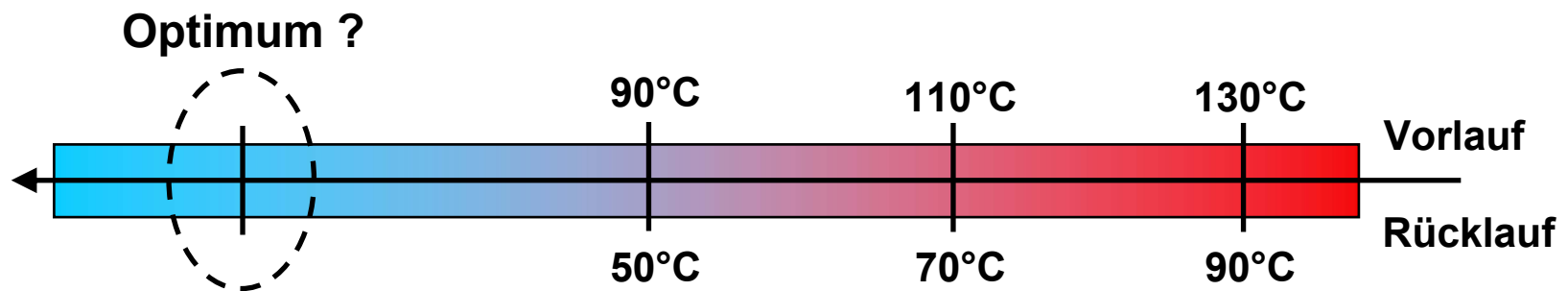
LowEx Symposium in Kassel
28-29 Oktober, 2009

Dr. Christian Doetsch
Dipl.-Phys. Stefan Bargel

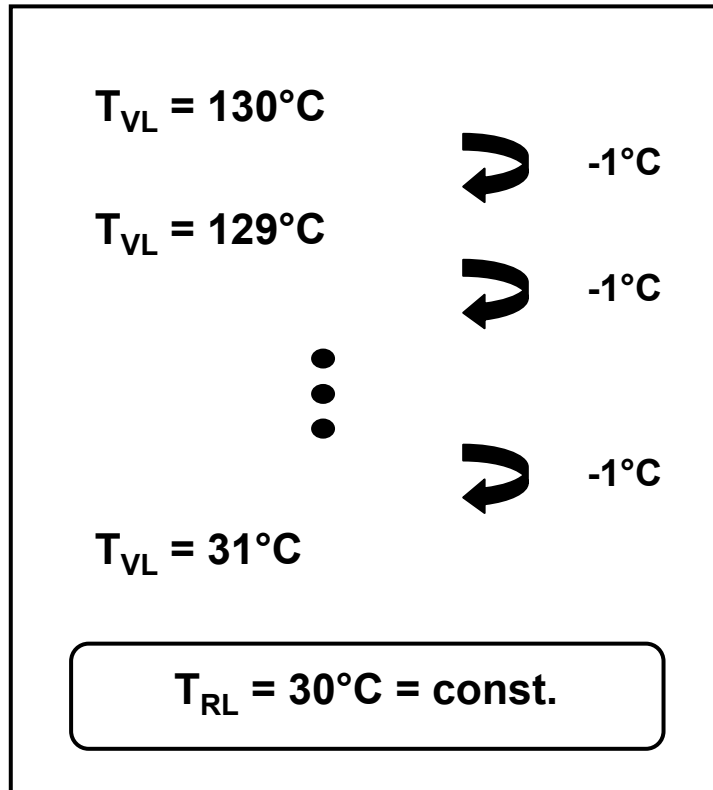
Fraunhofer UMSICHT
Geschäftsfeld Energiesysteme

Absenkung der Netztemperaturen – aber wohin?

- Rücklaufabsenkung zur besseren Ausnutzung von Erzeugerpotenzialen
- Einsatz von Niedertemperaturnetzen für höhere Systemeffizienz
- Optimum/Ziel dieser Entwicklung ist bisher nicht genau bestimmt



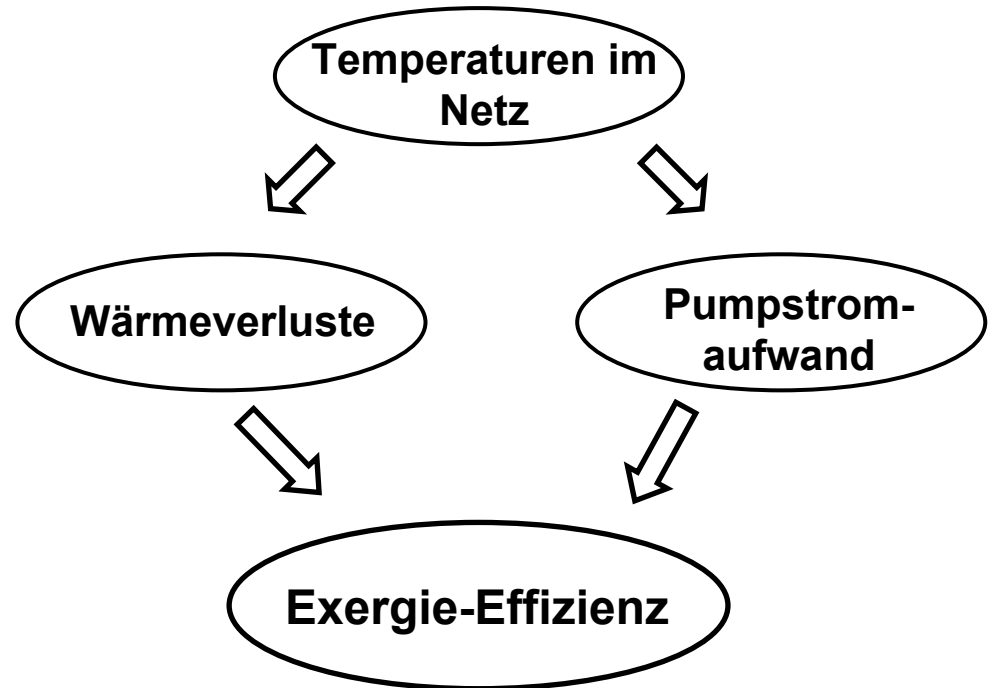
Methodik und Einflussgrößen



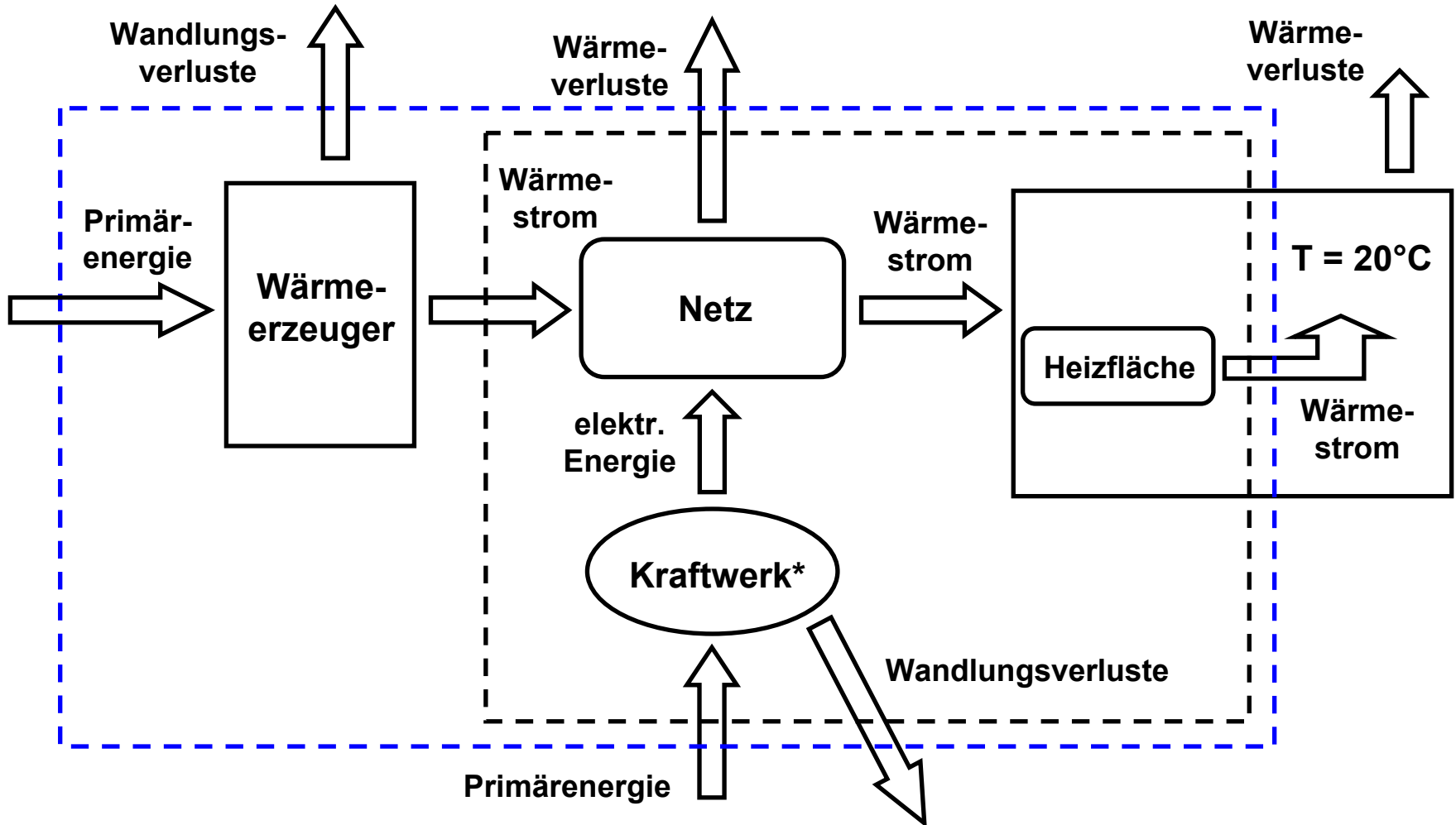
- Annahme: Netzneubau (keine Restriktionen durch vorhandene Leitungsdimensionen)
- Rücklauftemperatur ist durch TGA bestimmt
 - Annahme: Rücklauf bleibt konstant auf niedrigem Niveau
- Vorgehen bei der Suche nach der idealen Vorlauftemperatur
 - Schrittweise Absenkung der Vorlauftemperatur im Modell
 - Berechnung der exergetischen Effizienz
 - Auftragung der Ergebnisse in Diagrammen

Methodik und Einflussgrößen

- Veränderliche Parameter im Netz sind die Temperaturen
- Effizienz beeinflussende Größen des Netzes:
 - Leitungswärmeverluste
 - Pumpstromaufwand
- Bewertung erfolgt mittels Exergie-Effizienz für das Teilsystem „Netz“

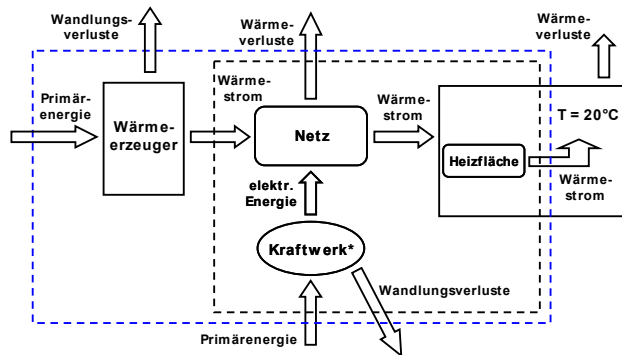


Bilanzgrenzen der Teilsystembewertung



*Mittelwert aus aktuellem Kraftwerkspark

Bilanzgrenzen der Teilsystembewertung



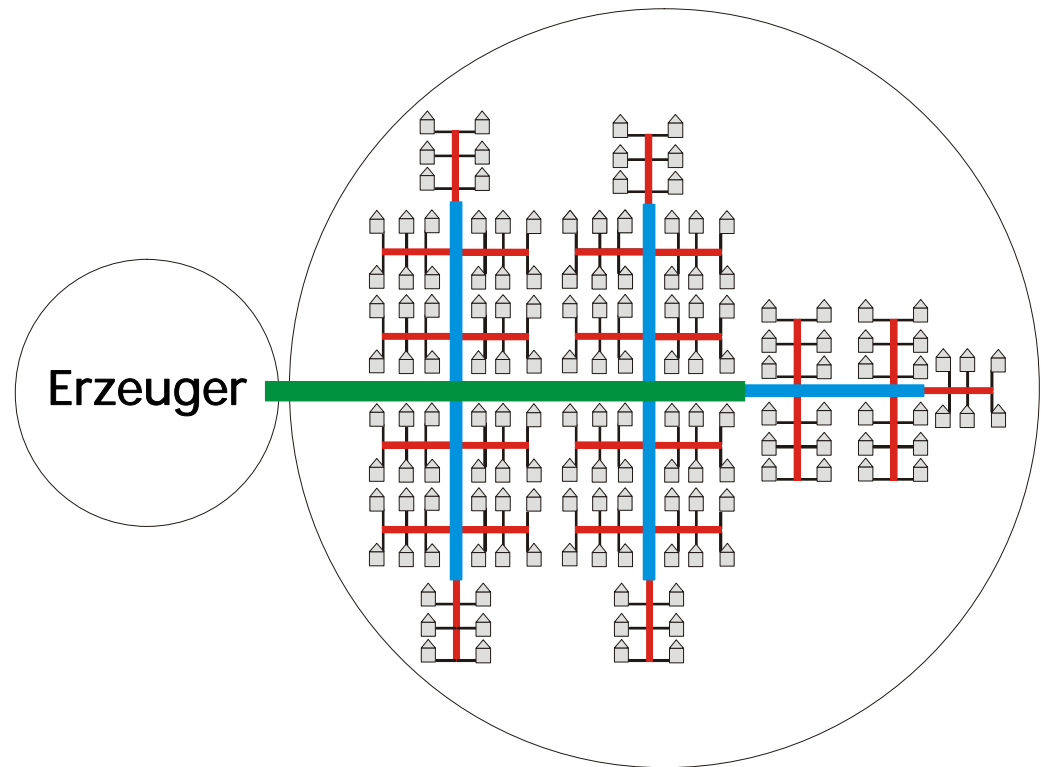
- Betrachtung des Teilsystems „Netz“
- Im Teilsystem Wärmestrom als Eingang → Idee: idealer Abwärmeerzeuger
- Pumpen müssen elektrisch betrieben werden → Bilanz bis zum Brennstoffeinsatz
- Kein spezielles Kraftwerk nur für den Pumpstrom → Bezug auf deutschen Kraftwerkspark (Mittelwert)
- Bezug auf Endbedarf Raumwärme → konstanter Bezugspunkt ($T = 20^\circ\text{C}$)

Modellierung des Beispielnetzes

■ 4-Stufen-Modell zur Abbildung der Netzstruktur:

- Haupttransportleitung (HTL)
- Hauptverteilung (HVL)
- Unterverteilung (UVL)
- Hausanschlussleitung (HAL)

Netz und Verbraucher



Designparameter des Beispielnetzes

- Versorgungsgebiet besteht aus 219* Hausanschlüssen
- Gesamtrassenlänge: 12,6 km*
- Anschlussleistung: jeweils 135 kW*
- Typischer Wärmebedarf: 60.000 MWh
- Für jede Stufe des Modellnetzes wird ein typischer Gleichzeitigkeitsfaktor (GZF) angenommen
- Maximale Strömungsgeschwindigkeiten sind vorgegeben → es findet keine Optimierung des Pumpenstromaufwandes statt !
 - Grund: Minimierung des Simulations- und Rechenaufwands

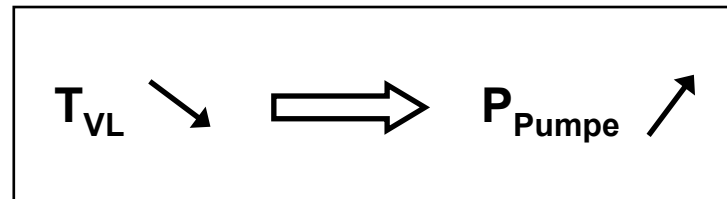
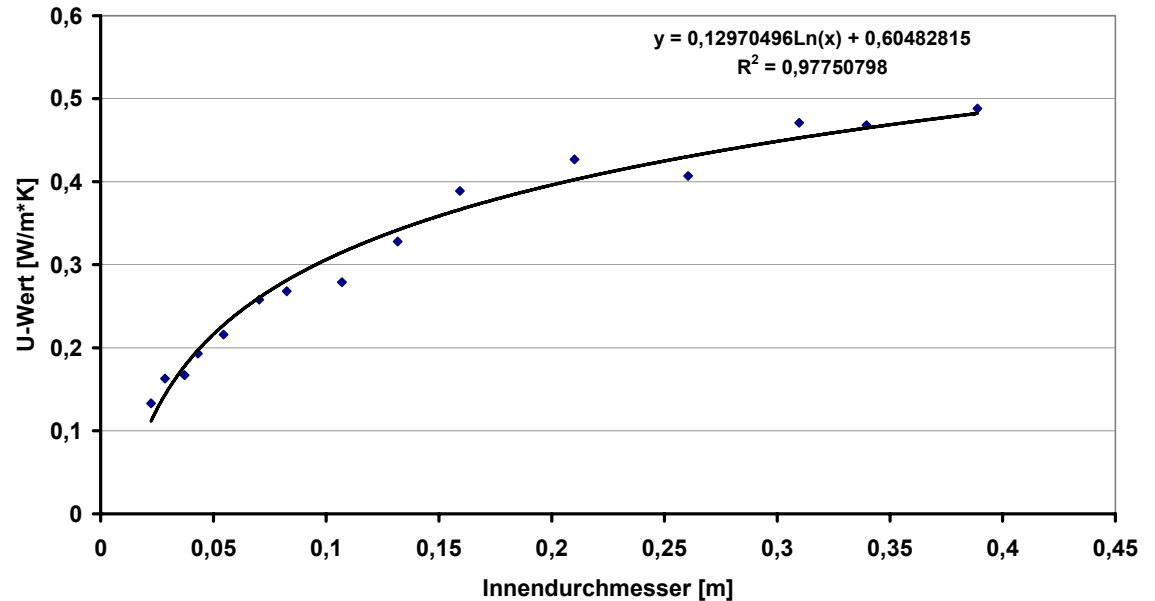
	GZF	v_{max} [m/s]	Anzahl
HTL	0,66	3,5	1
HVL	0,78	2,5	5
UVL	0,99	1,6	35
HAL	1	1	219

* typische Werte lt. AGFW Hauptbericht 2006 für bestehende Netze

Berechnung der Einflussgrößen - Pumpstromaufwand

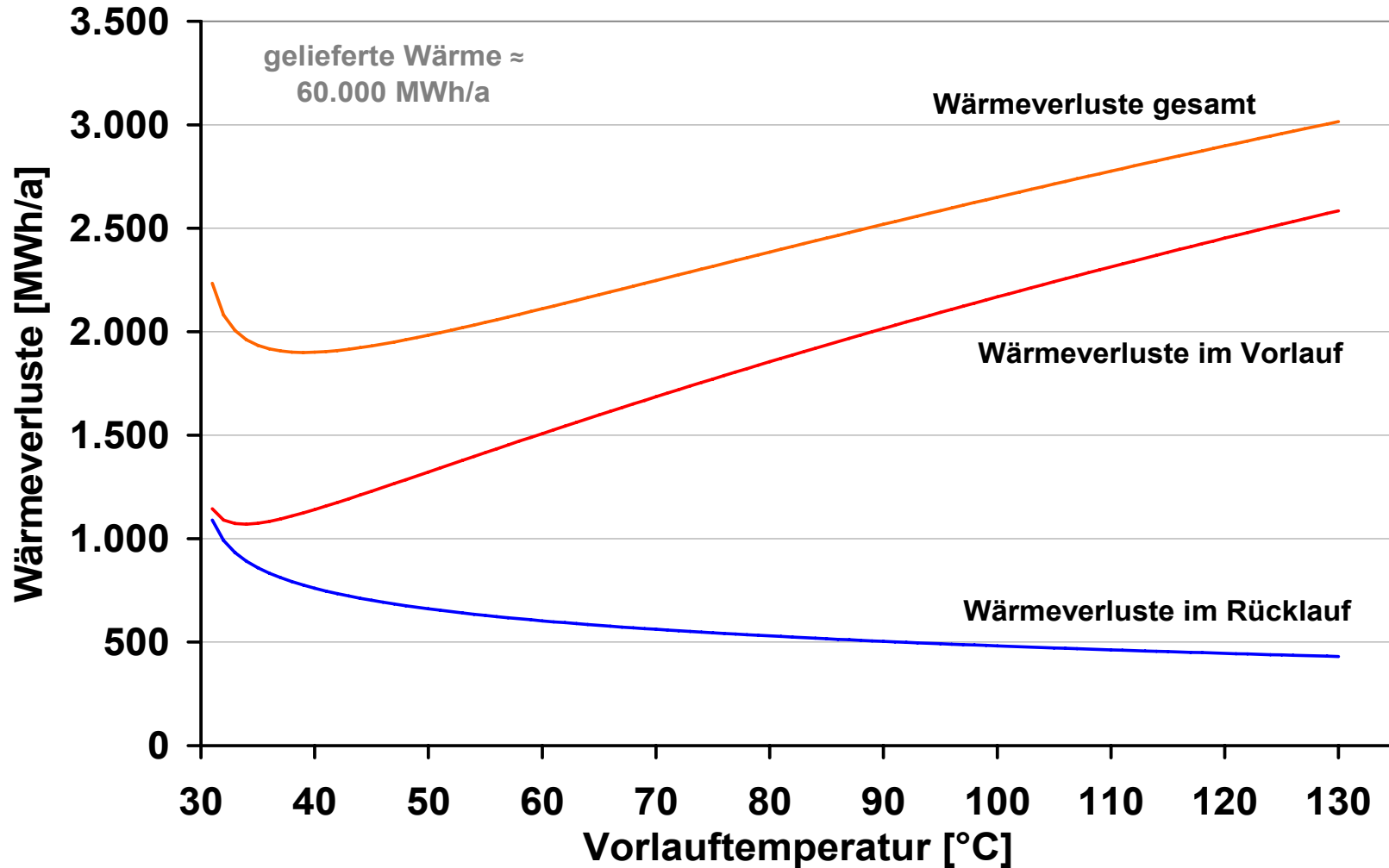
- Kontinuierliche Rohrdurchmesser
→ U-Werte aus Interpolation
→ Vermeidung von „Sprüngen“
- Pumpstromaufwand hängt von Druckverlusten und Volumenströmen ab
- Steigender Pumpstromaufwand bei sinkender Vorlauftemperatur

U-Wert in Abhängigkeit vom Innendurchmesser

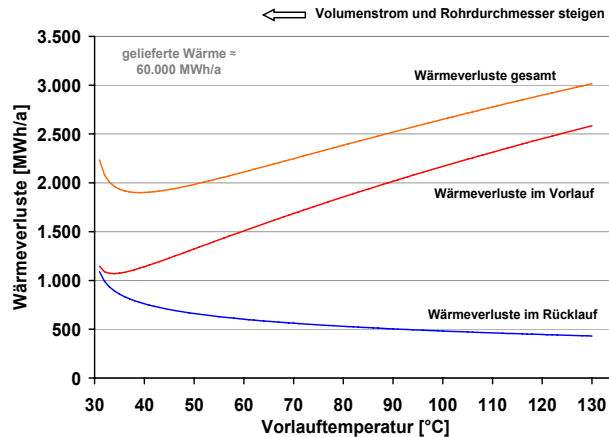


Berechnung der Einflussgrößen - Wärmeverluste

← Volumenstrom und Rohrdurchmesser steigen



Berechnung der Einflussgrößen - Wärmeverluste

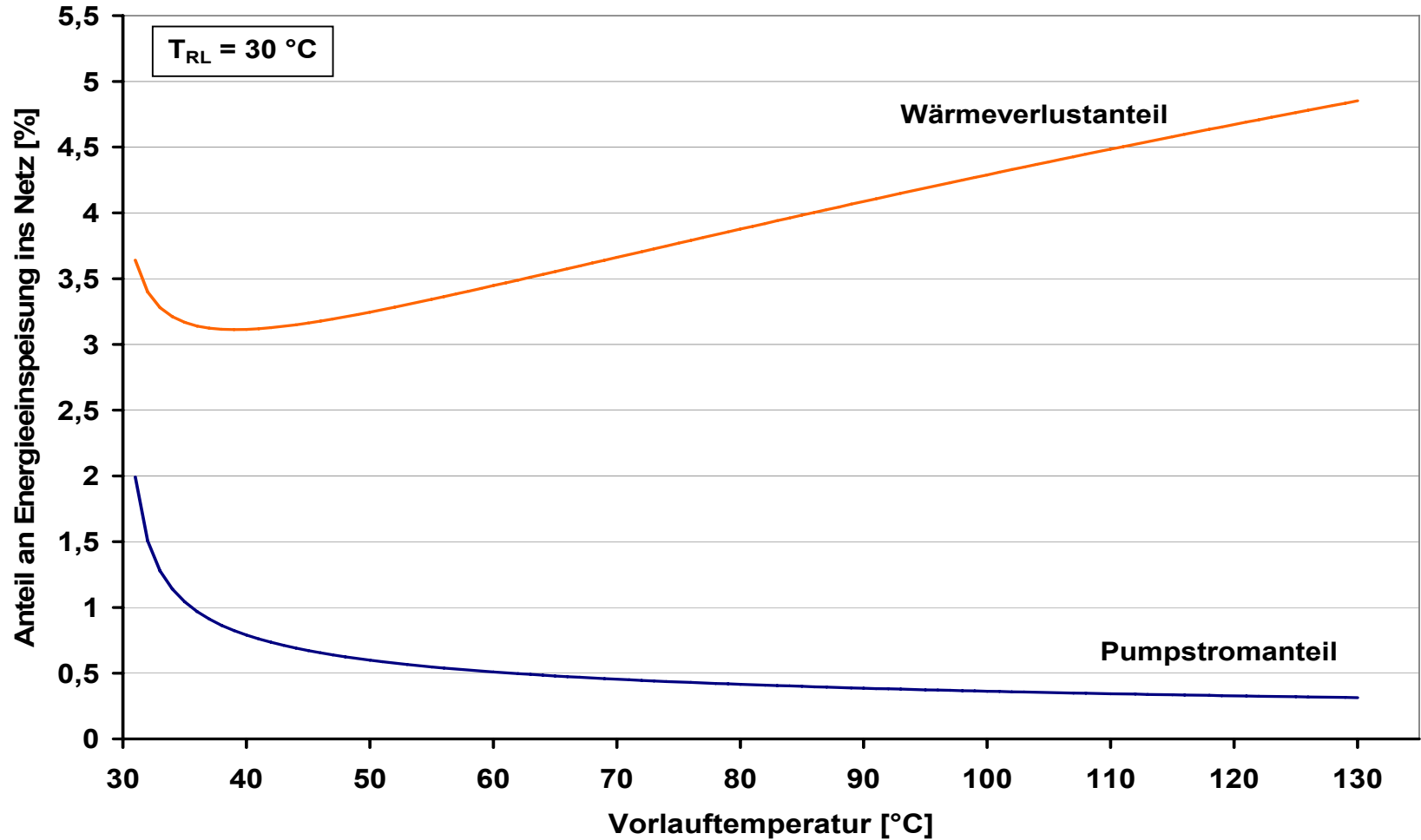


- Wärmeverluste im Rücklauf:
 - Verluste steigen mit Rohroberfläche an
- Wärmeverluste im Vorlauf:
 - Temperaturunterschied zum Erdboden sinkt
 - Rohroberfläche wächst
 - Minimum, da gegenläufige Einflüsse

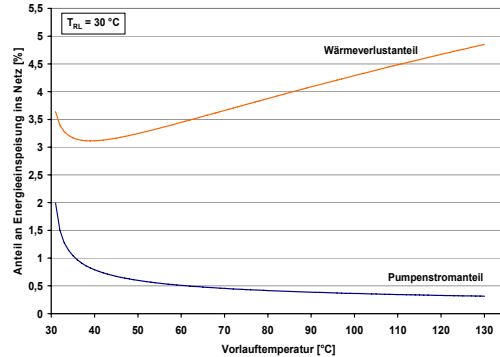


Ergebnisse - Energieströme

■ Wärmeverluste dominieren Pumpstromaufwand



Ergebnisse – Energieströme: Validierung

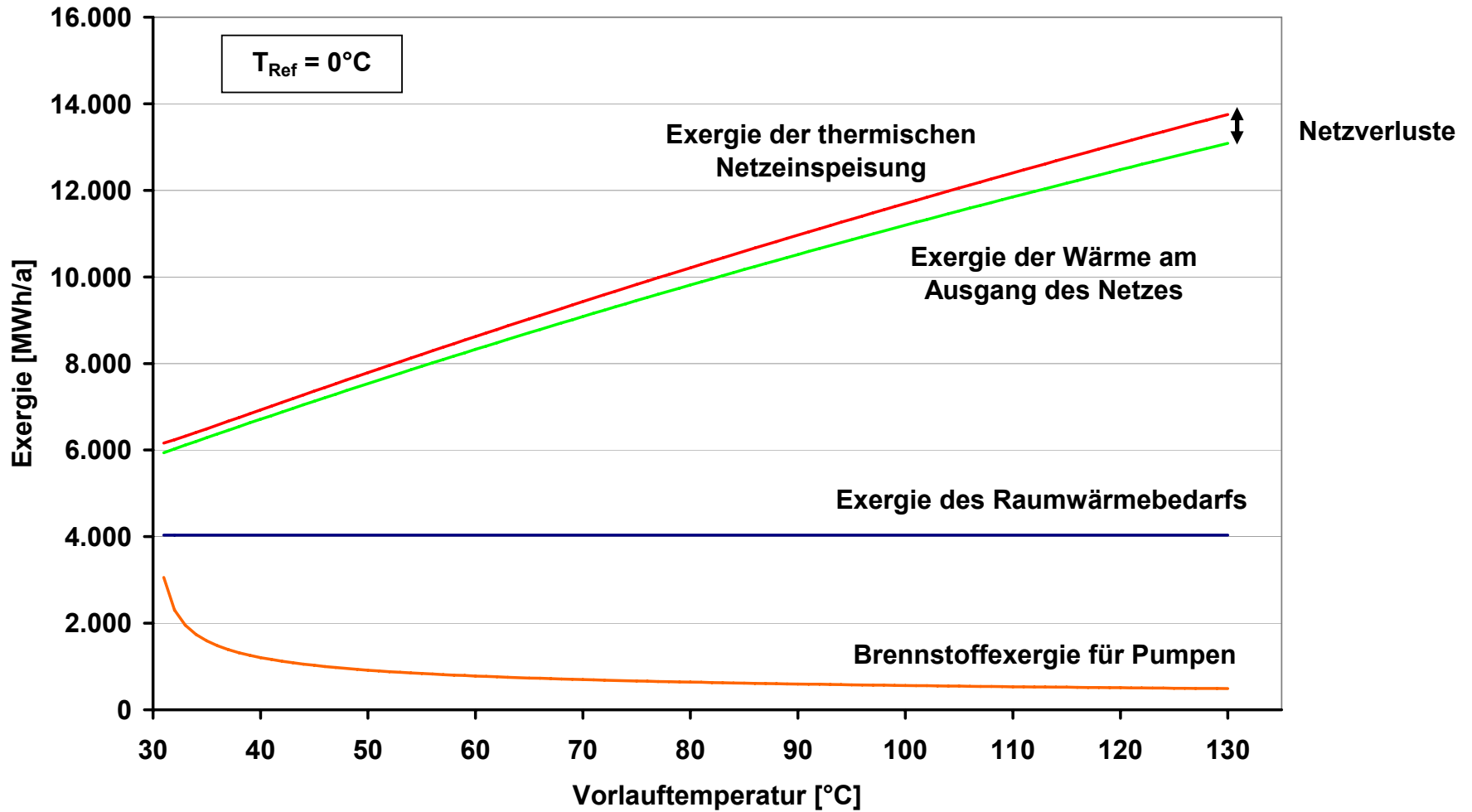


■ Bei Vorlauftemperaturen $> 100^{\circ}\text{C}$:

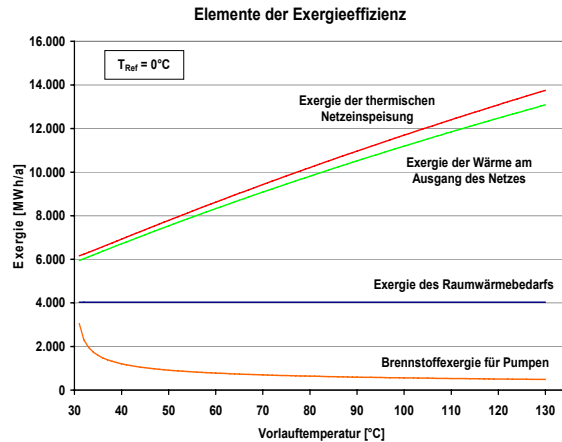
- Pumpstromaufwand ca. 0,3%
→ deckt sich mit Angaben von FW-Betreibern
- Gesamtwärmeverluste ca. 5%
→ im Vergleich mit AGFW-Daten etwas niedrig (11% - 13%)
- Diskrepanz durch Vereinfachungen im Modell:
 - Keine Alterung berücksichtigt
 - Größere Spreizungen
 - Weniger Verluste im Rücklauf
 - Insgesamt kleinere Rohroberflächen
 - Keine Wärmebrücken berücksichtigt

Ergebnisse - Exergieströme

Elemente der Exergieeffizienz

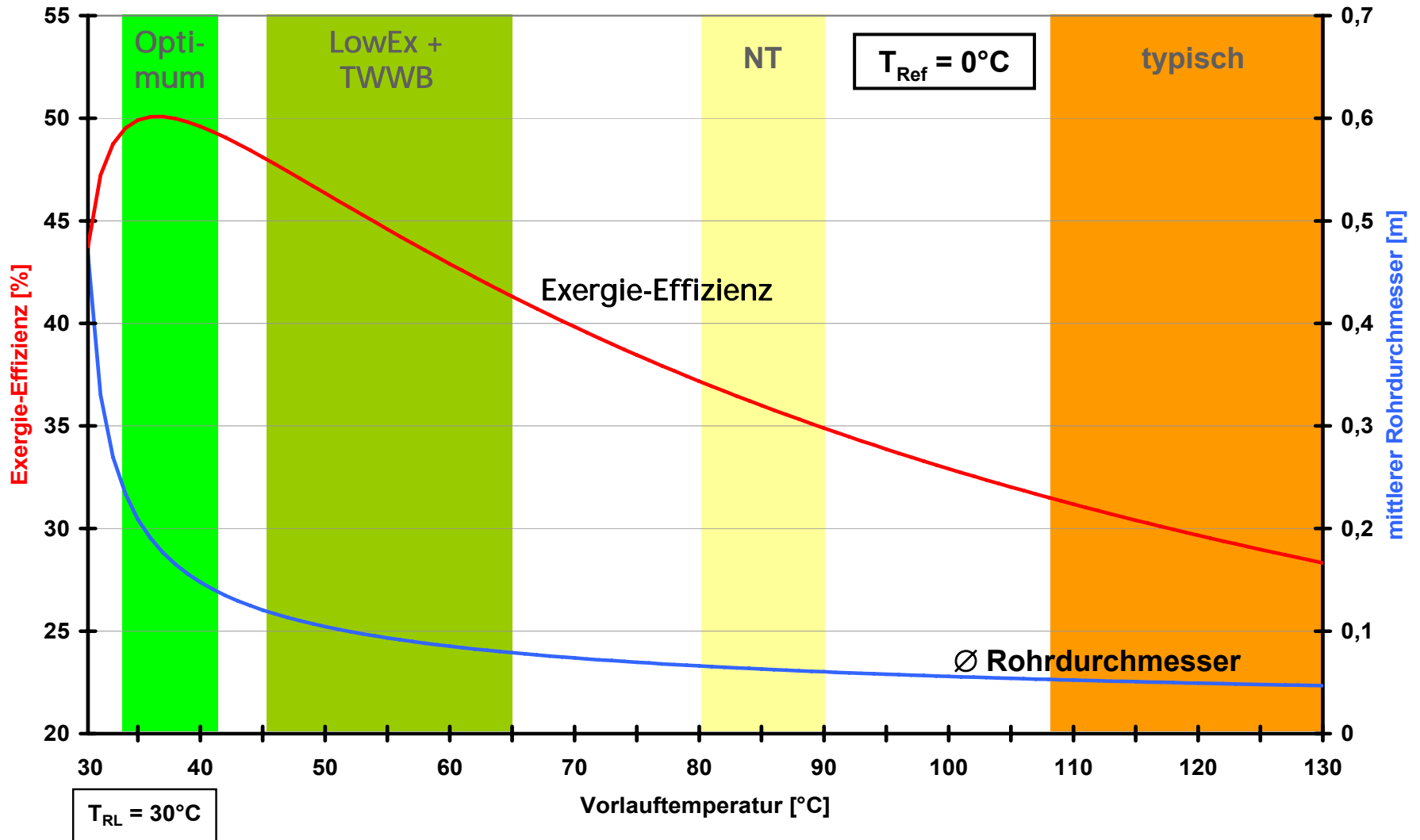


Ergebnisse - Exergieströme

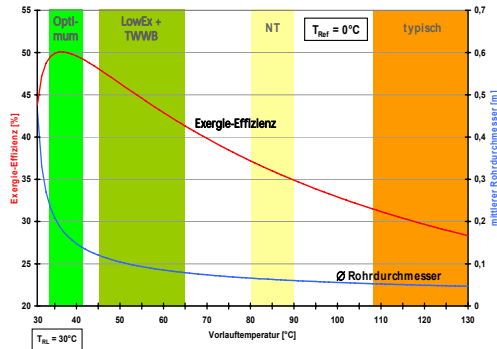


- Bezugspunkt MUSS konstanter Exergiestrom sein → Exergie des Raumwärmebedarfs
- Exergetisch dominiert der Wärmeeintrag ins Netz gegenüber dem Pumpstromaufwand
- Thermischer Exergiestrom sinkt mit sinkender Vorlauftemperatur
- Brennstoff-Exergiestrom (Brennstoffeinsatz zum Betreiben der Pumpen) wächst mit sinkender Vorlauftemperatur

Ergebnisse - Exergieeffizienz



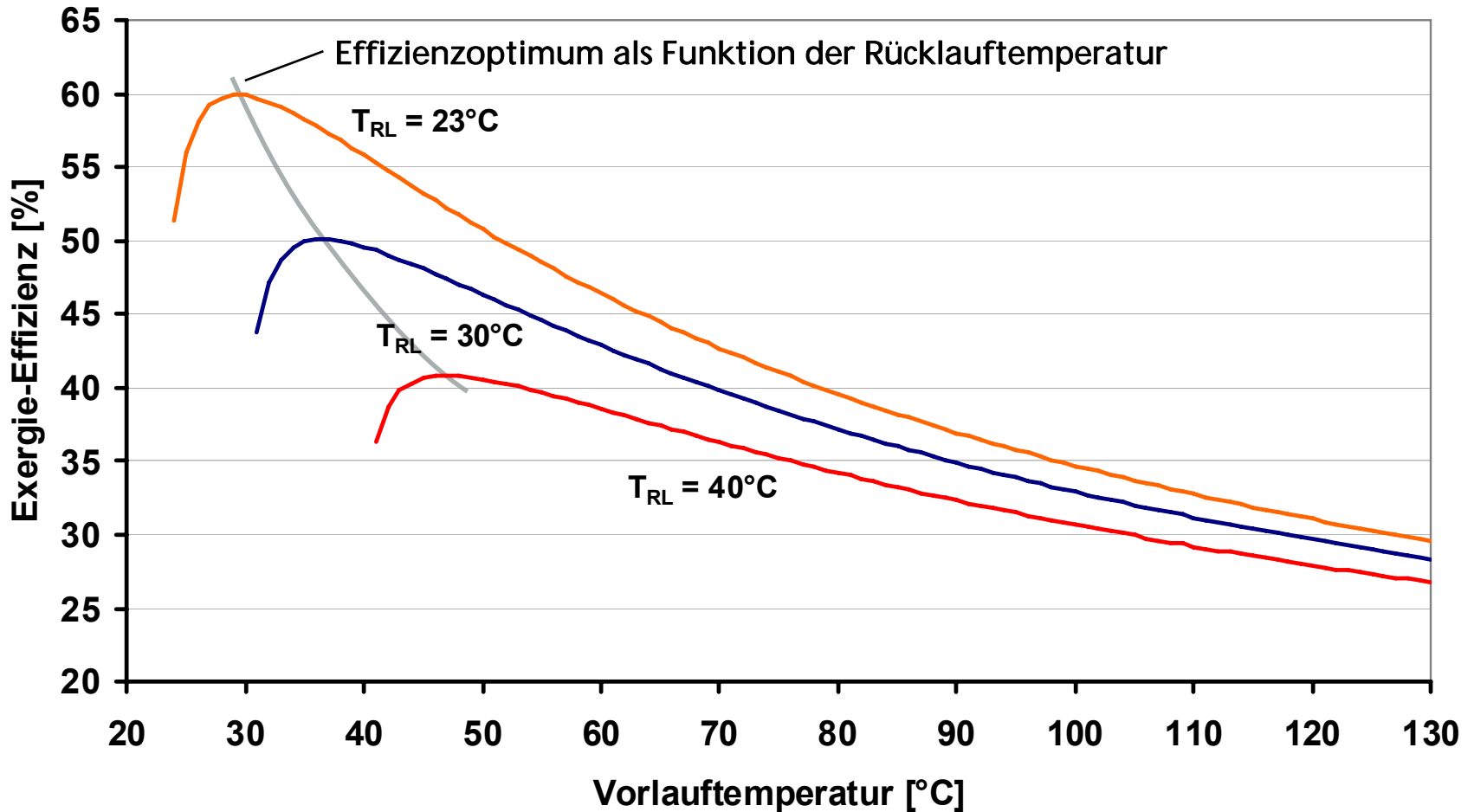
Ergebnisse - Exergieeffizienz



- Exergie-Effizienz → klares Optimum bei niedrigen Vorlauftemperaturen:
 - 40-45°C bei 30°C Rücklauftemperatur
- großes Einsparungspotenzial gegenüber momentan gängigen Vorlauftemperaturen
- Kompromiss bzgl. Realisierbarkeit und Wirtschaftlichkeit → LowEx+TWWB
 - auch hierbei immer noch deutliches Potenzial gegenüber momentanen Standards

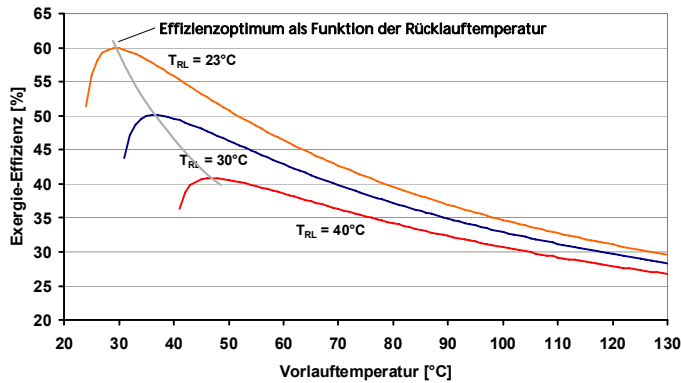
Sensitivitätsanalyse - Rücklauftemperatur

Einfluss der Wahl der Rücklauftemperatur



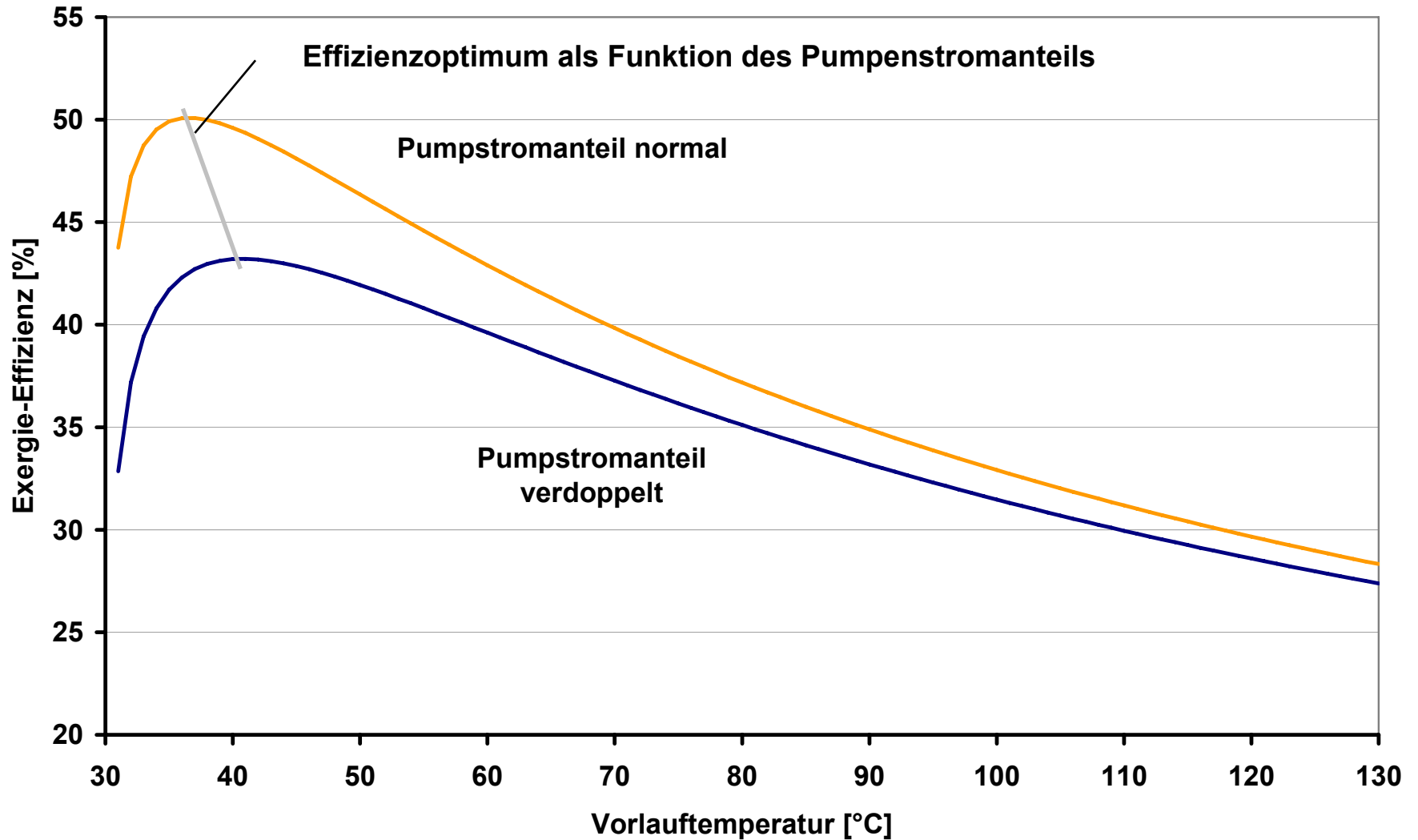
Sensitivitätsanalyse - Rücklauftemperatur

Einfluss der Wahl der Rücklauftemperatur

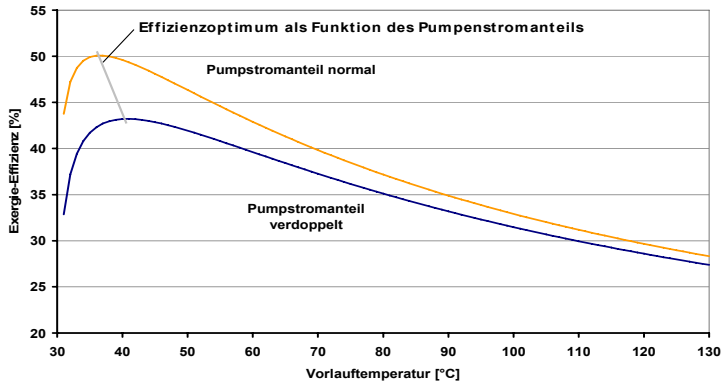


- Rücklauftemperatur beeinflusst direkt die Lage des Effizienz-Optimums
- Faustregel: Effizienzmaximum bei ca. 10°C – 15°C oberhalb der Rücklauftemperatur

Sensitivitätsanalyse – Pumpstrom und Sonstiges



Sensitivitätsanalyse – Pumpenstrom und Sonstiges



- Annahme: Verdopplung des Pumpenstromaufwands durch z.B.
 - Druckverluste in Hausstationen mit indirektem Anschluss
 - Drosselverluste
- Die Lage des Effizienzoptimums wird kaum beeinträchtigt

- Gilt auch für :
 - Wahl der Referenztemperatur
 - Trassenlängenverhältnisse im Netz
 - Wahl der maximalen Strömungsgeschwindigkeiten

Einordnung in Gesamtsystembetrachtung

- Bewusst nur Betrachtung des Teilsystems „Netz“
 - relevante Einflüsse können eindeutig identifiziert werden

- Netzoptimierung allein garantiert kein effizientes System
 - Gesamtsystembetrachtung ist erforderlich:

z.B. Abwärmenutzung aus BHKW oder Einsatz einer thermisch betriebenen Kältemaschine (extrem niedrige Netztemperaturen würden hier Potenziale vergeuden!)



Zusammenfassung und Fazit



- Identifikation der idealen Netztemperaturen aus **thermodynamischer** Sicht :
 - Minimale Rücklauftemperatur
 - Vorlauftemperatur **ca. 10 – 15 °C über der Rücklauftemperatur**
 - Aber bei zentraler TWWB nicht unter 65°C (Legionellen)
- Praxisnaher Vorschlag bei Einbezug der TWW-Bereitung und **vorhandener** Rohrleitungen/-dimensionen:
 - Vorlauftemperatur **65°C**
 - Rücklauftemperatur **30°C**
 - fast gleiche Spreizung wie bei 110°C/70°C-Netz → gleiche Netzleistung