

Geothermische Energiegewinnung aus nicht verwahrten Tiefbohrungen und mit Zukunfts-Fractechnologie

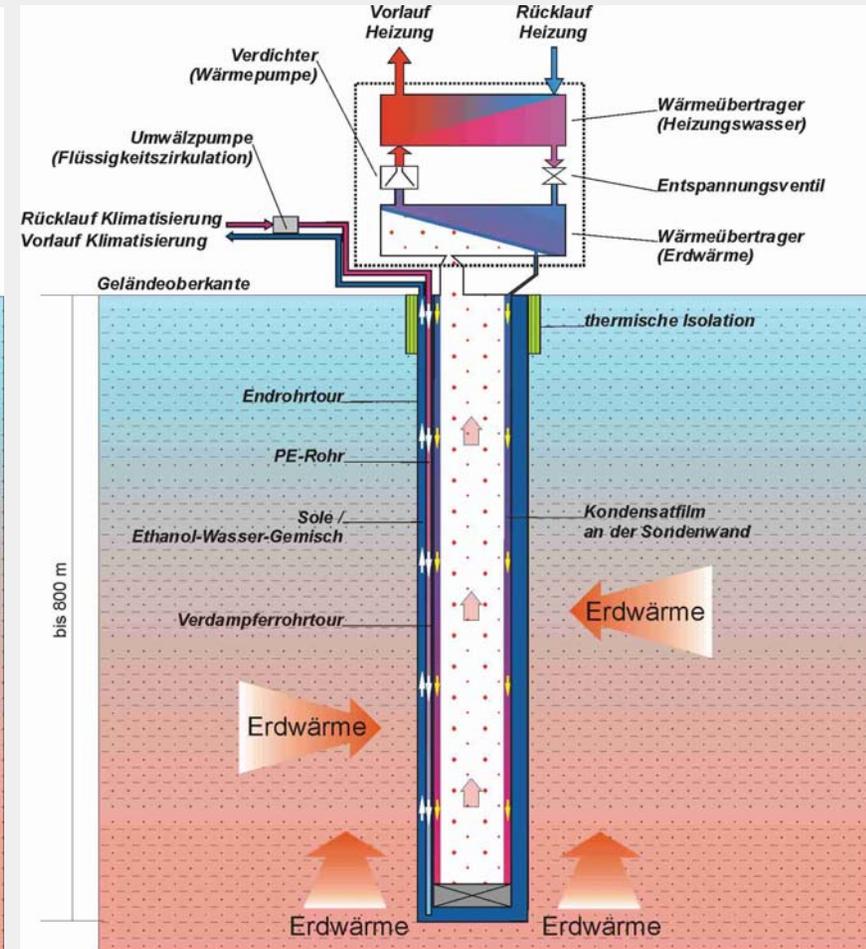
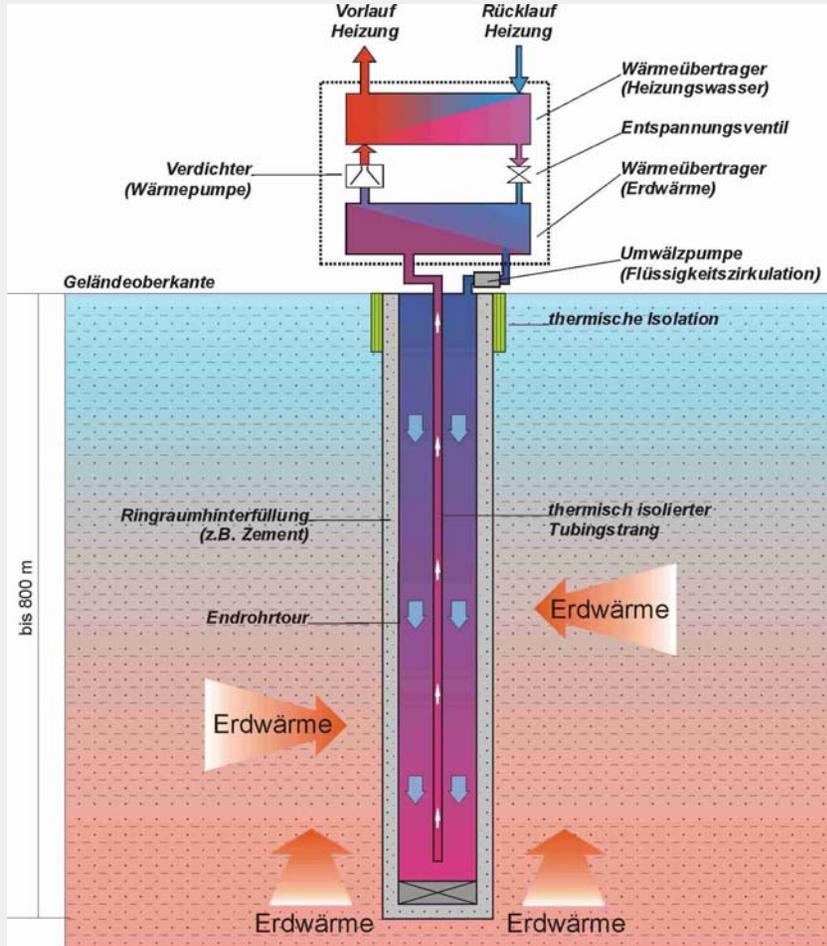
Frieder Häfner *, Friedemann Grafe,
IBeWa Ingenieurpartnerschaft Wilsnack & Partner, Freiberg

* auch Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau der
TU Bergakademie Freiberg

Schwerpunkte

- **Simulationsmodell – *ModellErdWärme (ModEW)***
- **Thermodynamik der Wärmetransportfluide**
- **Installation der geothermischen Tiefensonden**
- **Technologischer Vergleich von Wasserzirkulation und**
- **Direktverdampfung**
- **Genehmigungsverfahren**
- **CO₂-Speicherung und geothermische Energie**
- **Zukunftstechnologie für Frac**

Technologischer Vergleich zwischen Zirkulations- und Direktverdampfungsverfahren



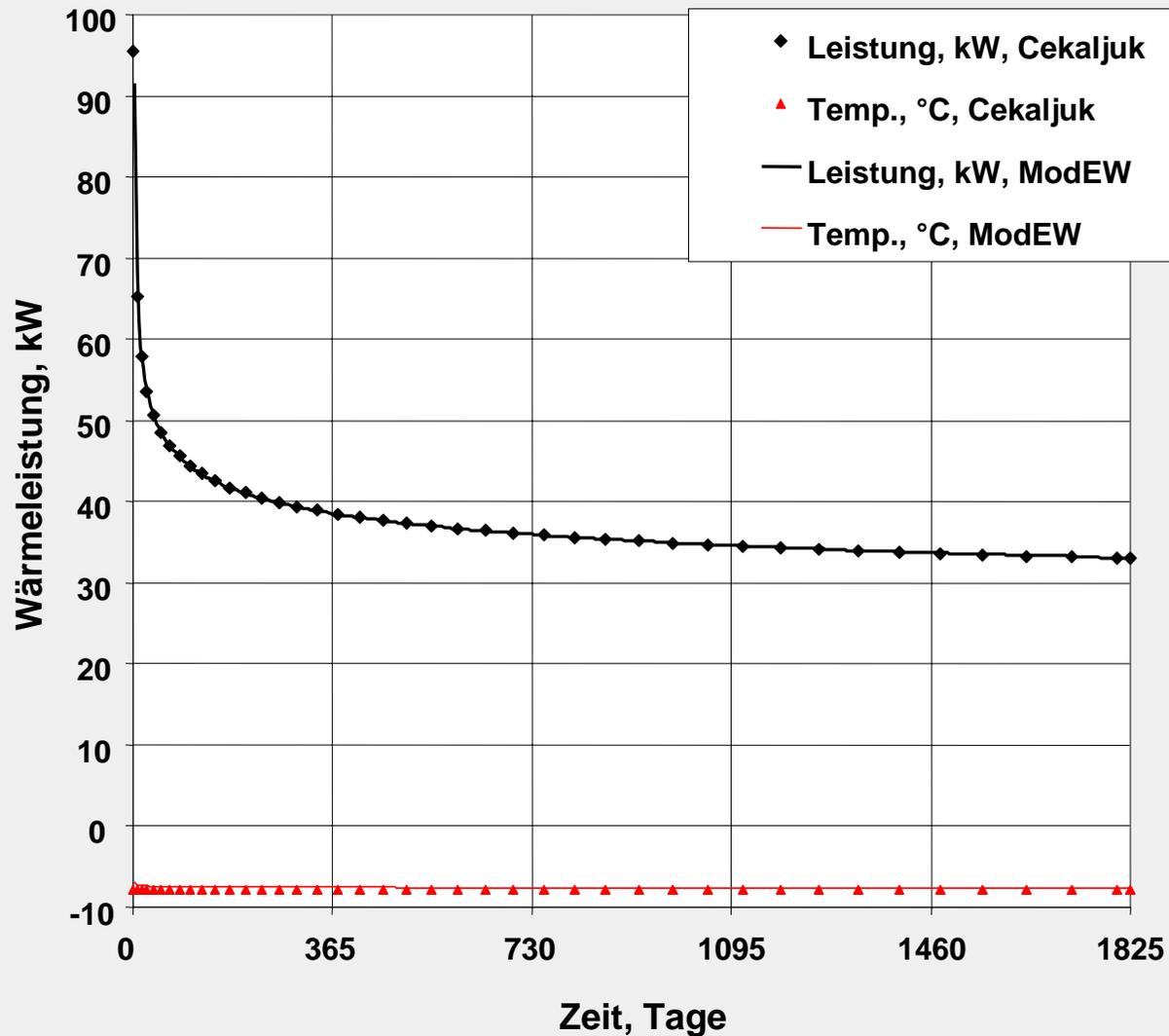
Modellierung der Erdwärmegewinnung nach:

- dem Zirkulationsverfahren mit Wasser und anderen Flüssigkeiten,
- dem Direktverdampferverfahren mit Ammoniak, Propan, Ethan und Kohlendioxid,
- Radialsymmetrische Geometrie (r-z), sowohl konzentrische als auch nicht konzentrische Rohranordnungen möglich,
- Mathematische Lösung nach Bilanzmethode (finite Volumenmethode).

Folgende Prozesse werden in *ModEW* berücksichtigt:

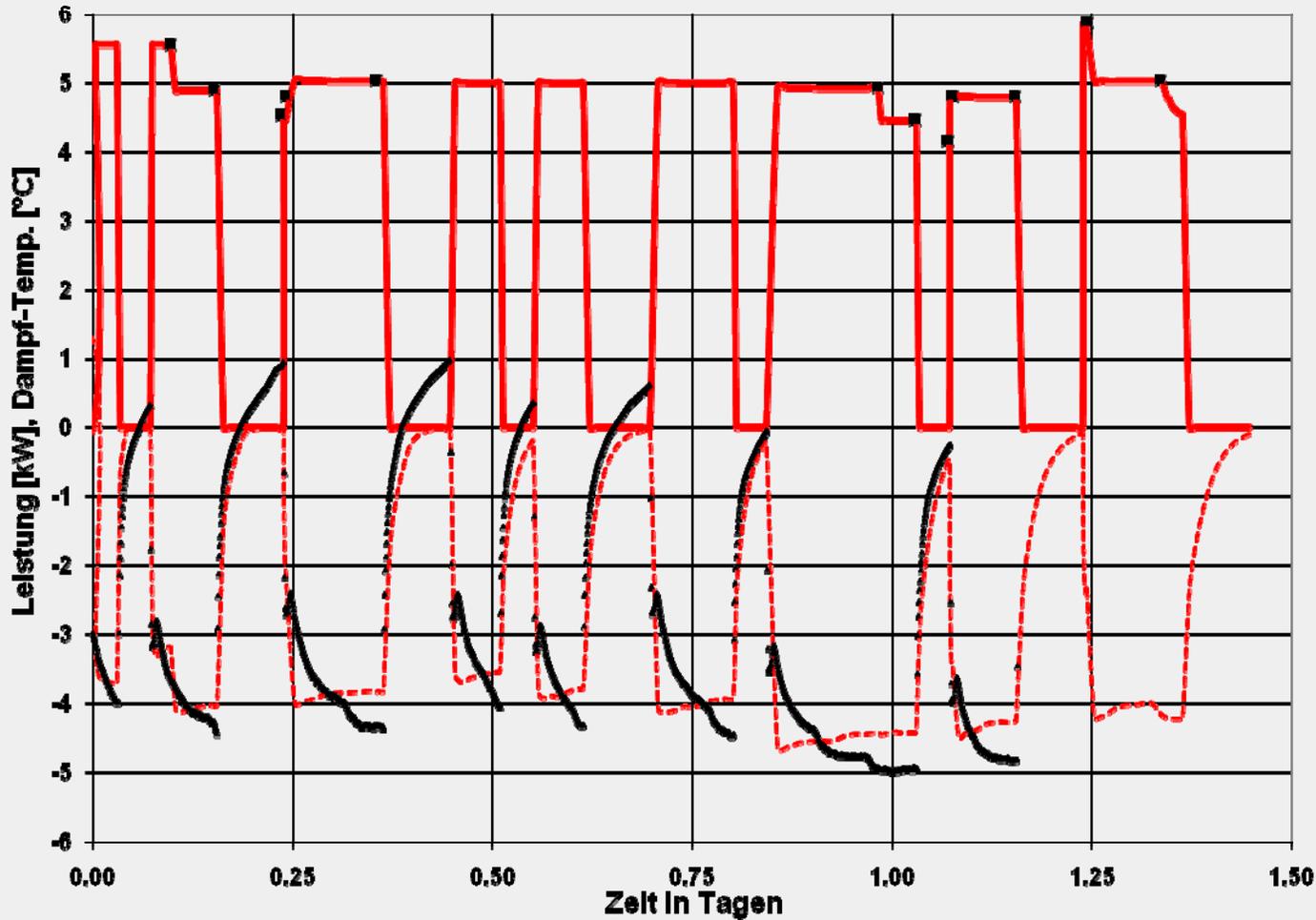
- stationäre/instationäre Wärmeleitung zur Sonde,
- Thermodynamik der Verdampfung/Kondensation in der Sonde, einschließlich Verdampfungsenthalpie,
- Gefrieren/Auftauen des Porenwassers einschl. Erstarrungsenthalpie,
- Konvektiver Wärmetransport und Wärmeleitung in der Sonde und Druckverluste in den Rohren der Sonde,
- zeitliche Steuerung der Anlage nach einer Jahresganglinie mit vorgegebenen Jahresbetriebsstunden und einer überlagerten Tagesganglinie bzw. vorgegebener zeitlicher Auslastung in Stressperioden,
- Steuerung/Optimierung der Wärmeleistung nach geforderter Entzugsleistung oder maximaler Dampf-Austrittstemperatur aus der Sonde.

ModEW - Vergleich zur analytischen Lösung n. Cekaljuk

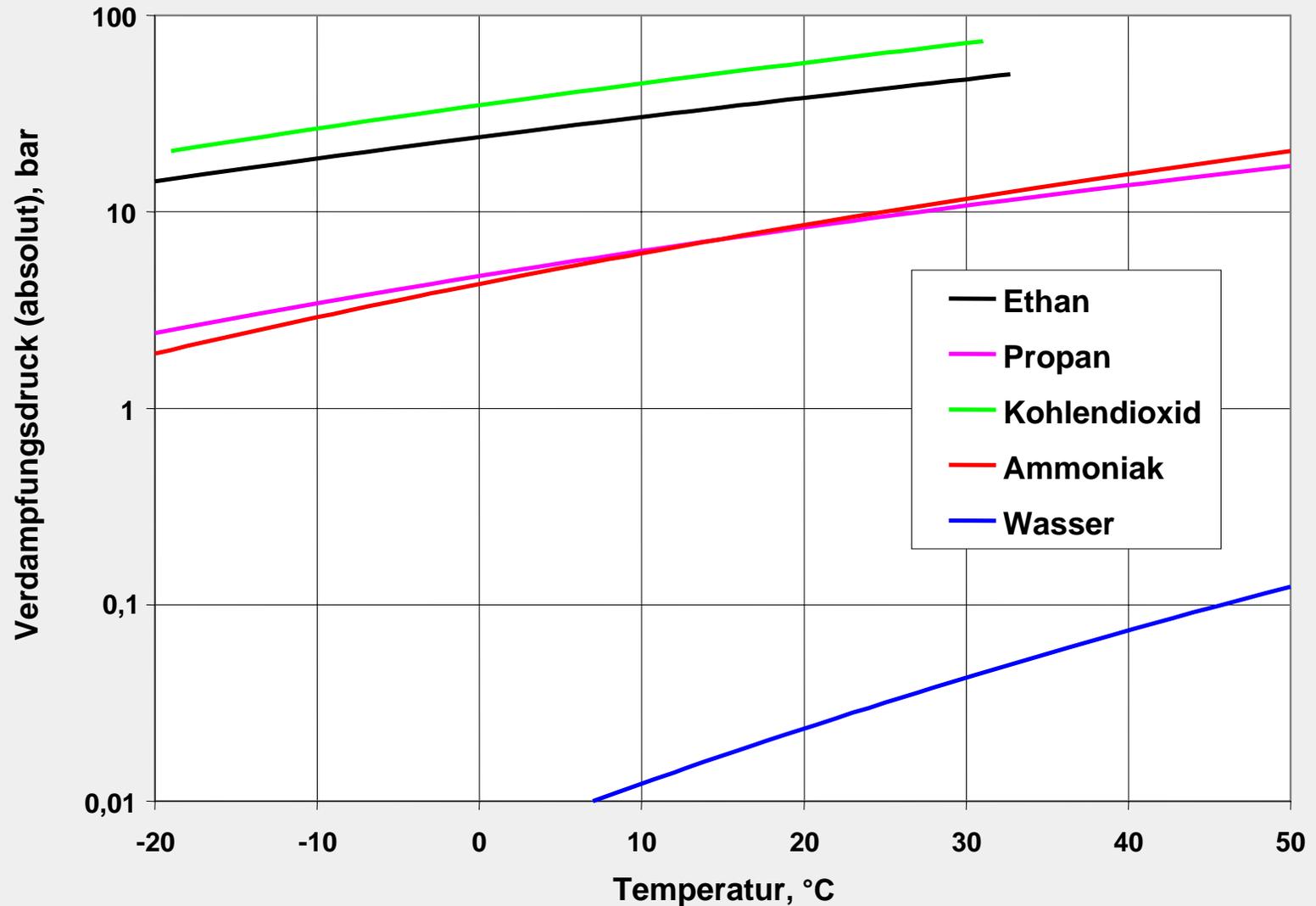


Verifikation an Feldversuchen

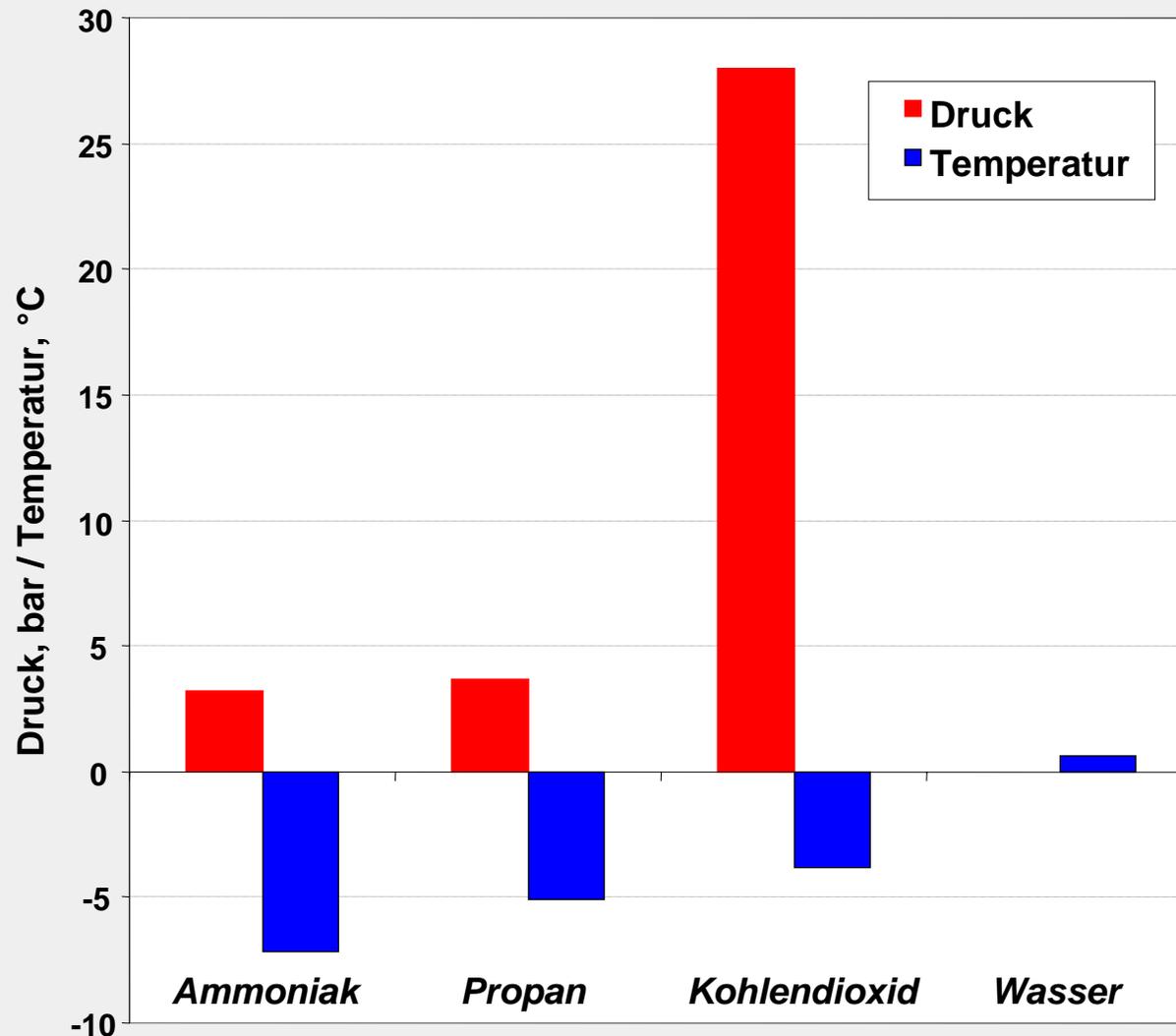
BLZ Geotechnik GmbH Gommern, Erdwärmerversuchsfeld
Sonde 1; Bohrung 3, Start: 16.05.2006, 7:17 Uhr
Normalbetrieb, 15 Lastetd. pro Tag



Verdampfungsdruck von Kältemitteln in Abhängigkeit von der Temperatur



Temperatur und Druck am Sondenkopf (Wintersituation nach 20 a Betrieb)



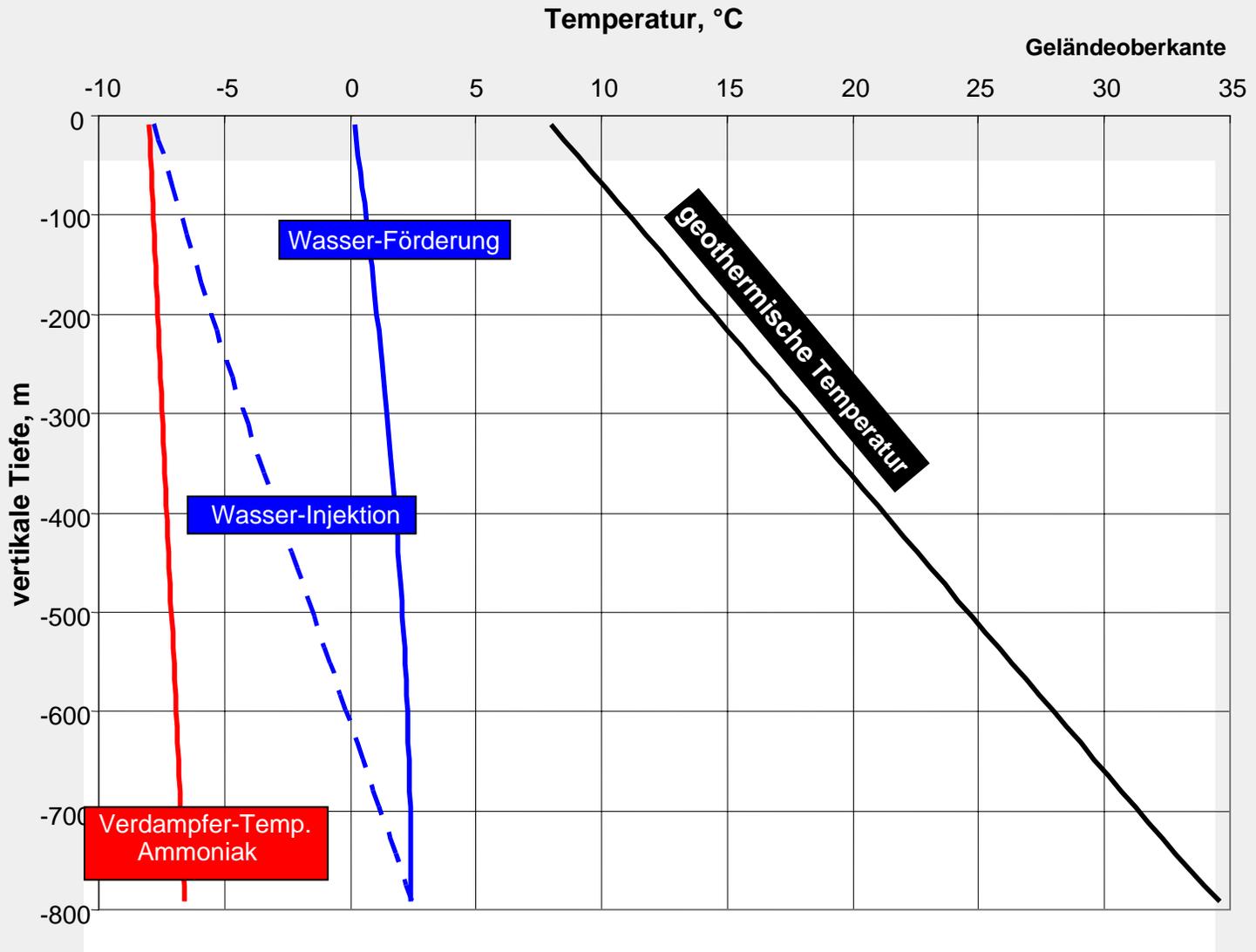
Vorteile der Direktverdampfung

- Etwa 20-40 % höherer Wärmeentzug
- Sondeninstallation ohne thermische Isolation
- Zirkulation des Fluides ohne Fremdenergie (Strom)
- Bei Kältegewinnung Nutzung gleicher Anlage

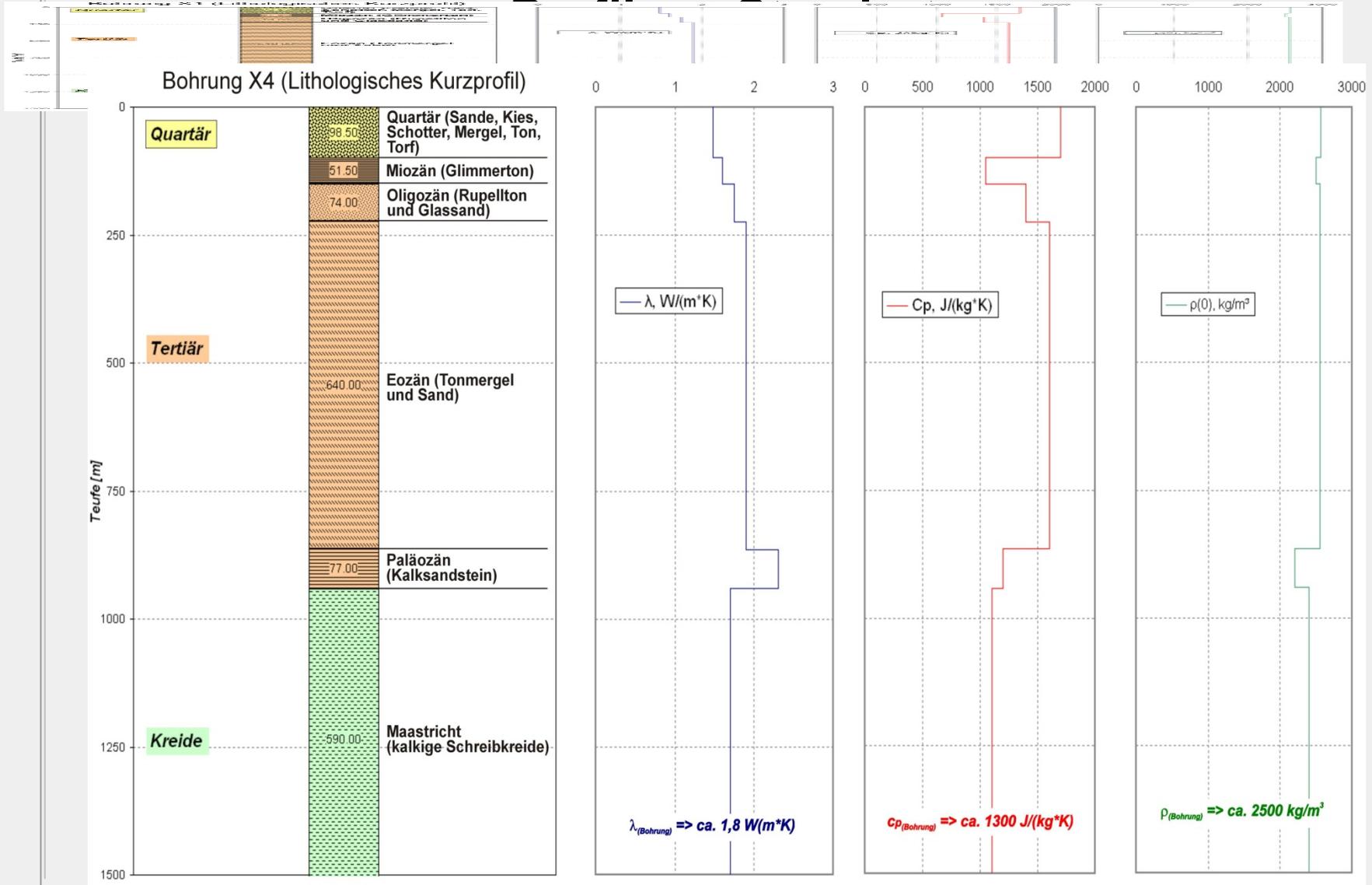
Nachteil der Direktverdampfung

- Gefahr der Hydratbildung bei Wasserzutritt (nicht bei Ammoniak)

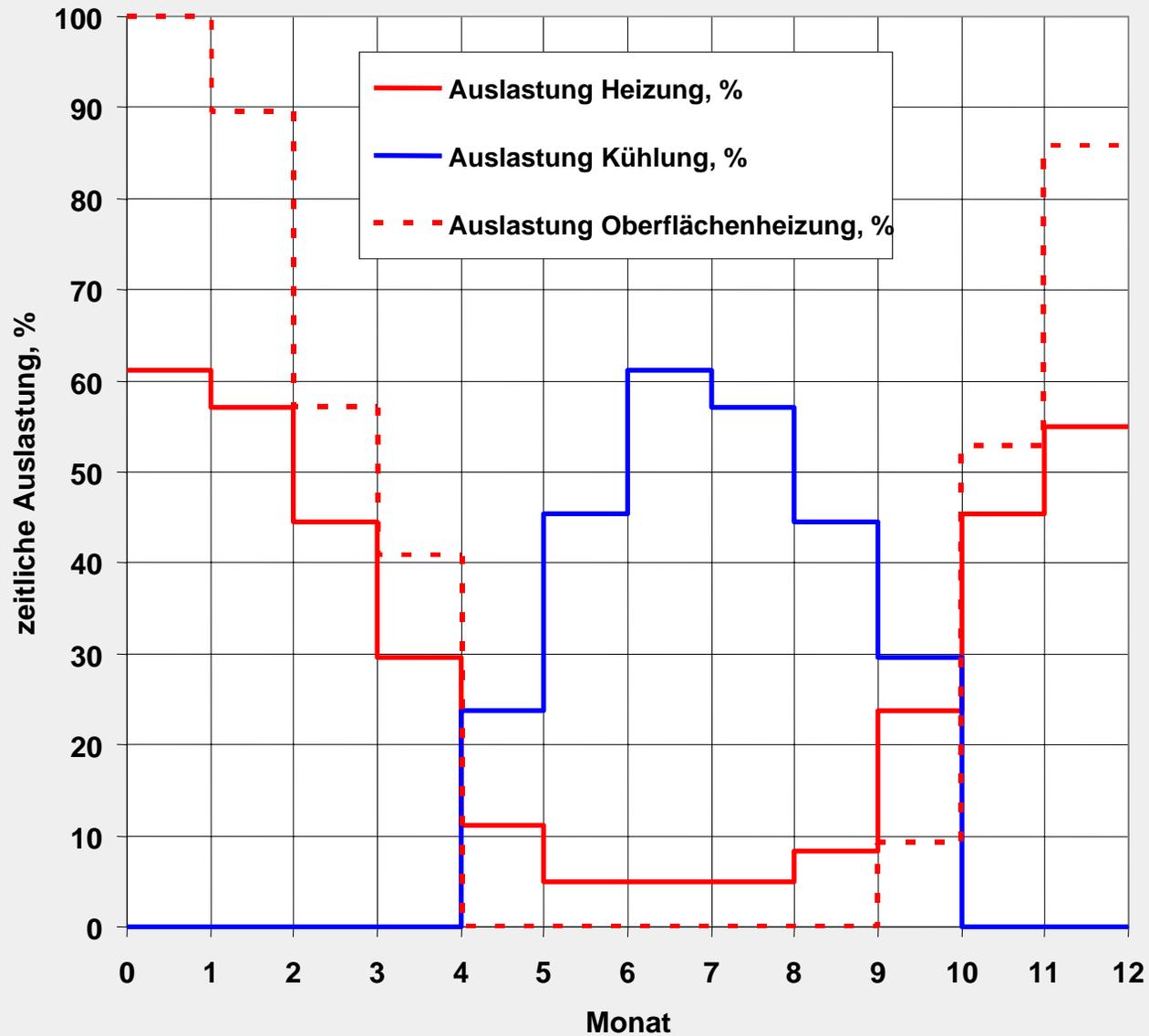
Temperatur (nach 20 Jahren Betrieb, Wintersituation)



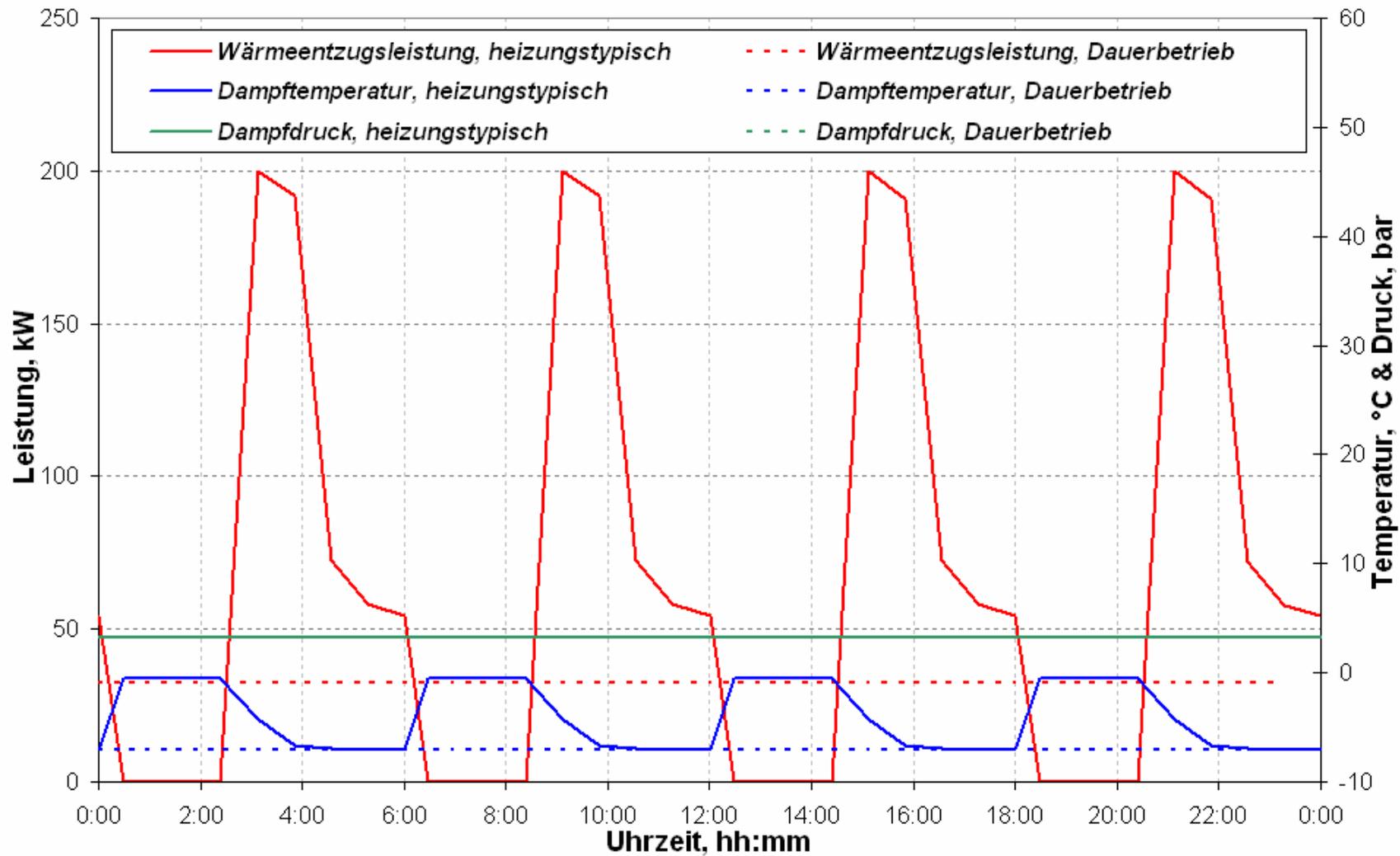
Simulationsgrundlage - geologisch-petrophysikalisches



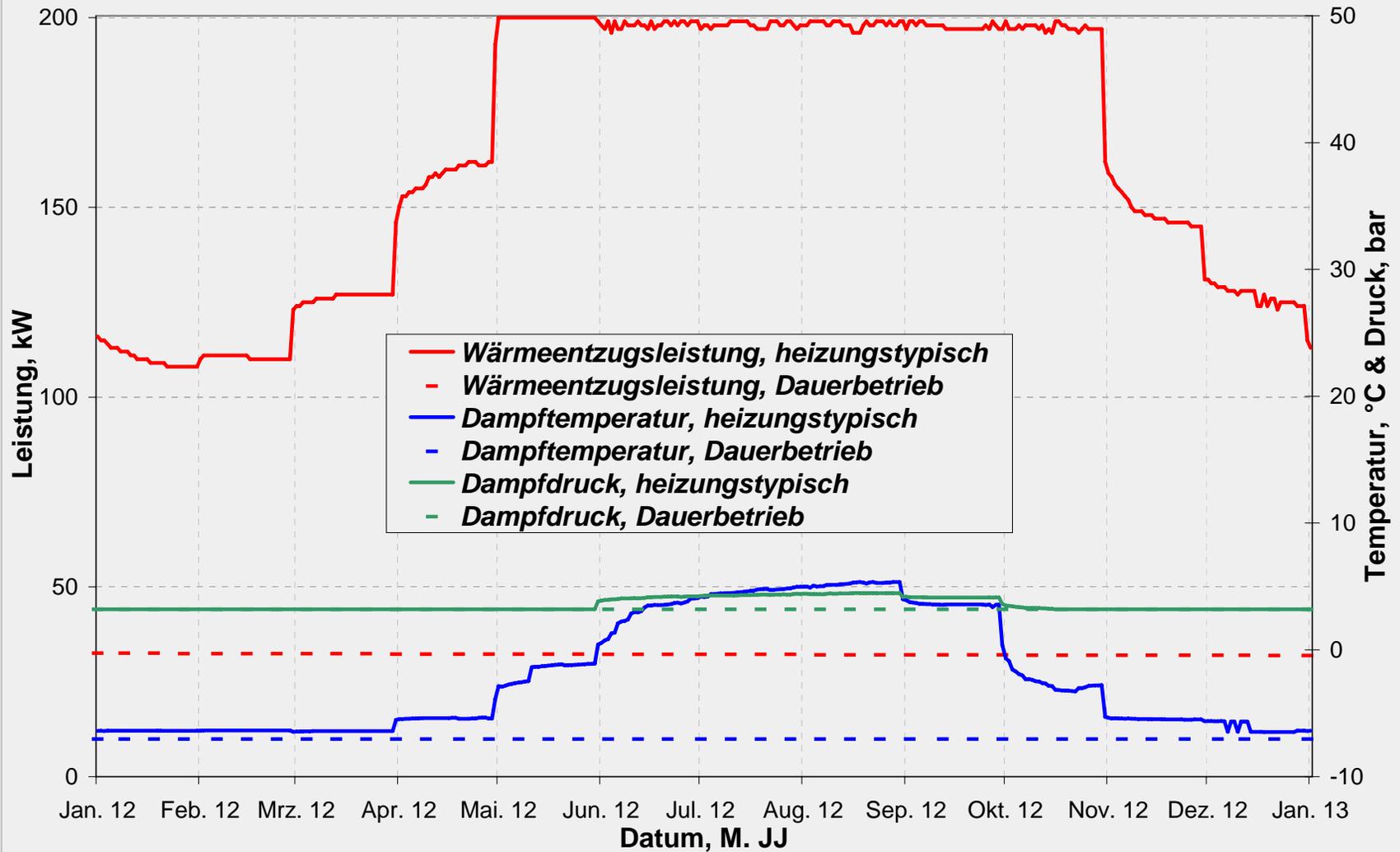
Ganglinie der Heizungs-/Kühlungsauslastung



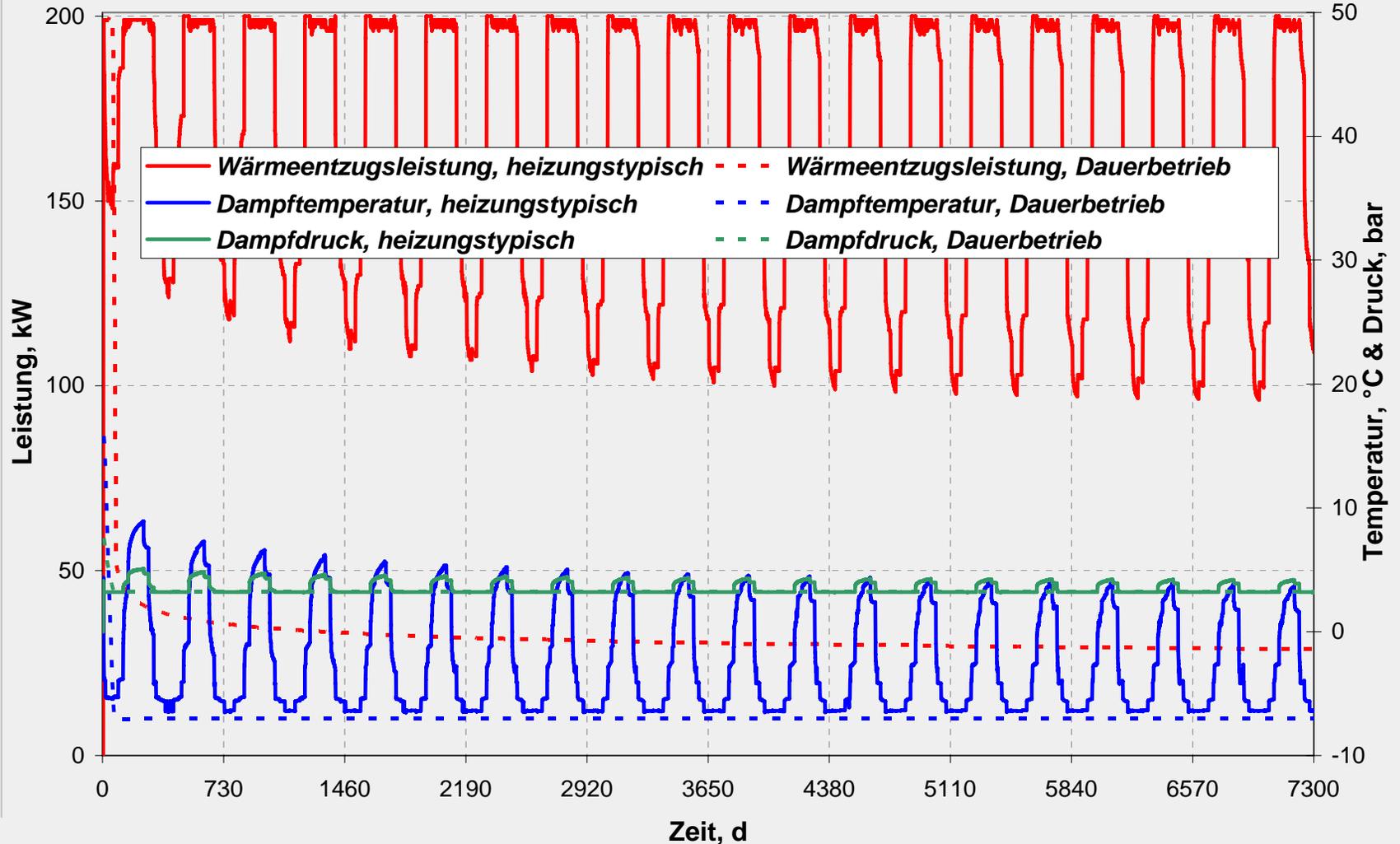
Leistungsprognose NH₃-Direktverdampfersonde EE Lindhoop Z1, 800m Sonde, Tagesgang am 1825. Bt.



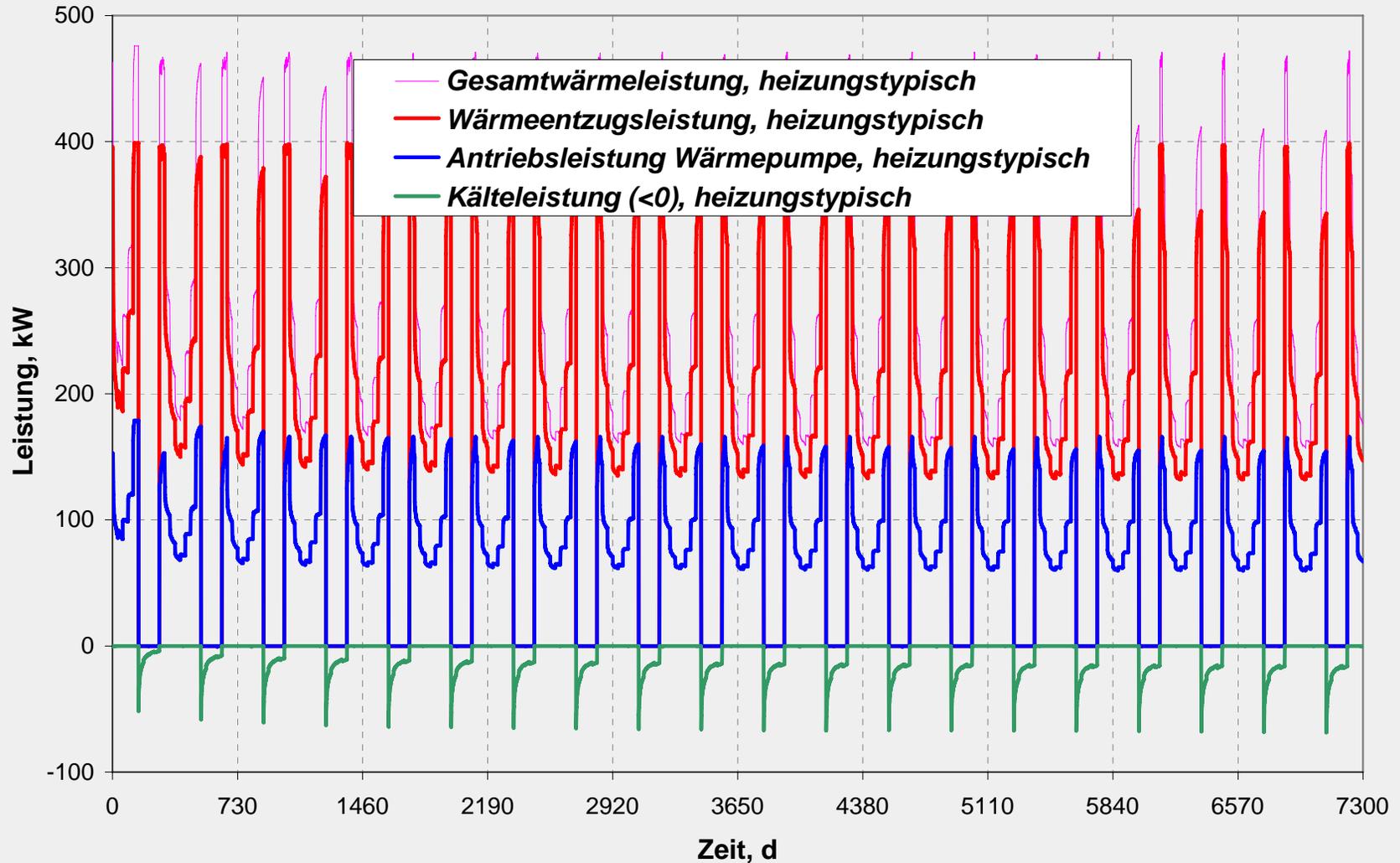
Leistungsprognose NH₃-Direktverdampfersonde EE Lindhoop Z1, 800m Sonde, Jahresgang im 5. Bj.



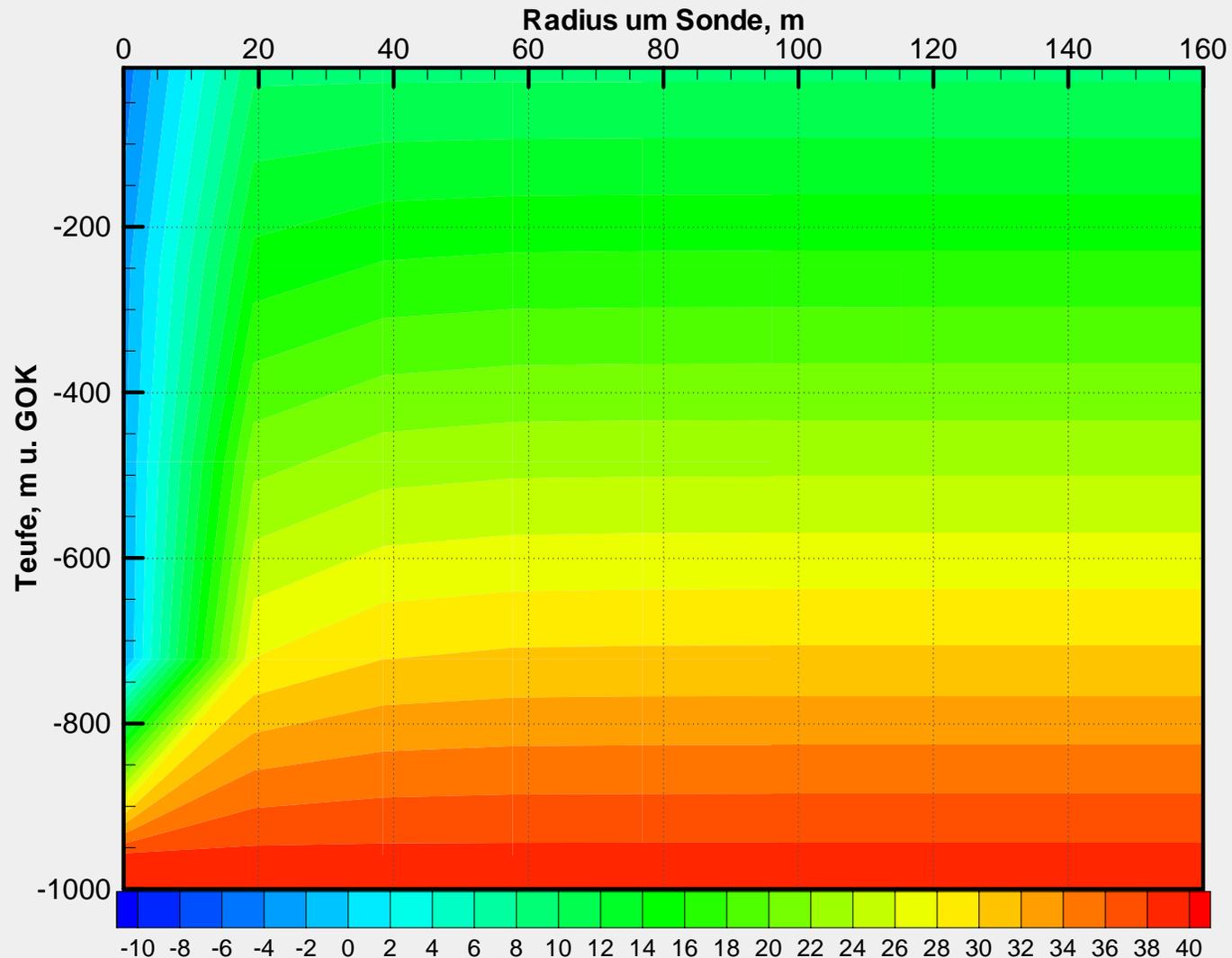
Leistungsprognose NH₃-Direktverdampfersonde EE Lindhoop Z1, 800m Sonde, 20 a



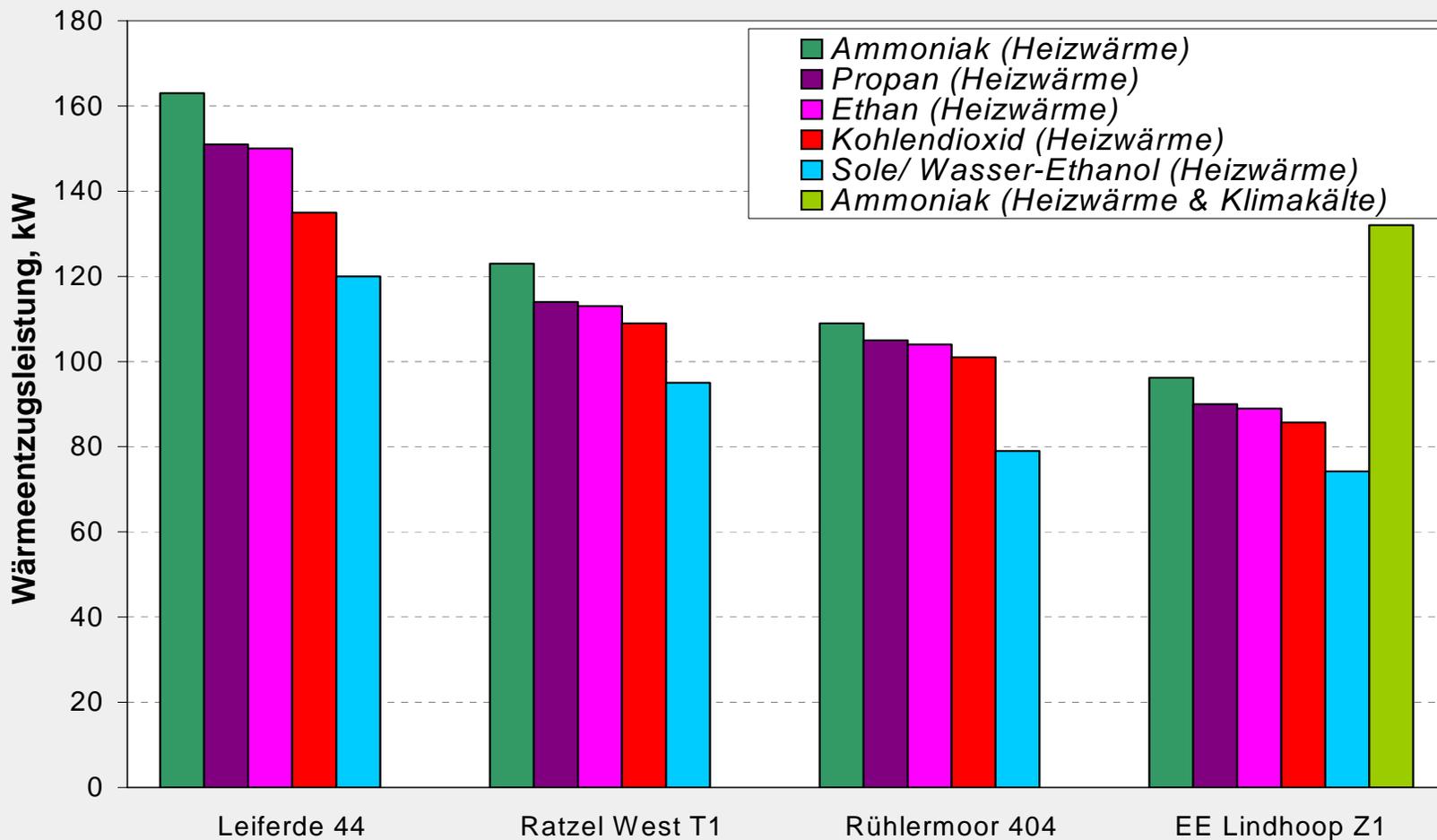
Leistungsprognose NH₃-Direktverdampfersonde EE Lindhoop Z1, Kältegewinnung, 800m Sonde, 20 a



Temperaturbeeinflussung durch NH₃-Direktverdampfersonde EE Lindhoop Z1, 800m Sonde, 20 a



Vergleich der Wärmeentzugsleistungen für alle Standorte Heizungstypischer Betriebsmodus, Winter, 20 a



Ursachen der Leistungsunterschiede:

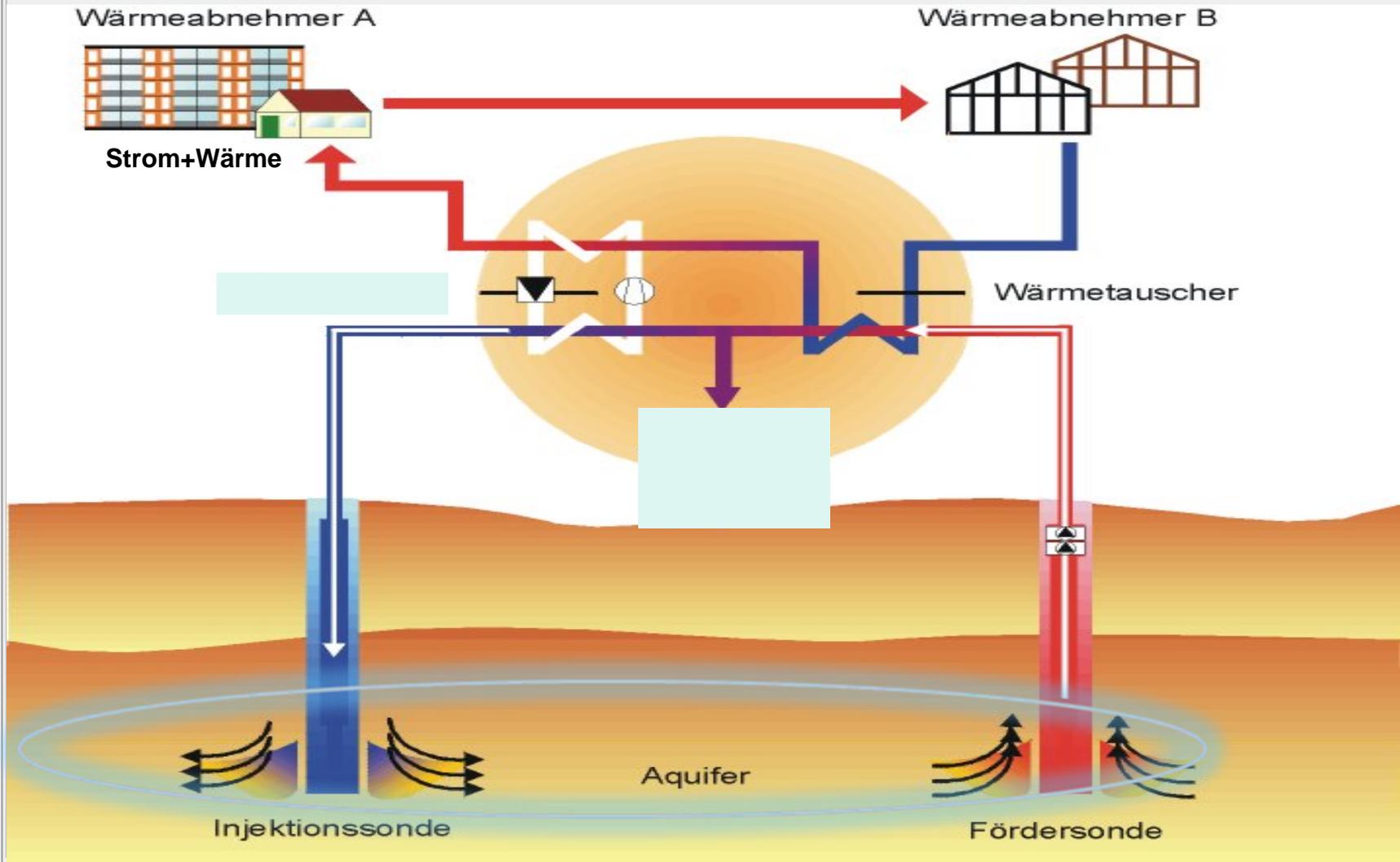
Wärmeleitfähigkeit: 2.1-2.5

2.1-2.3

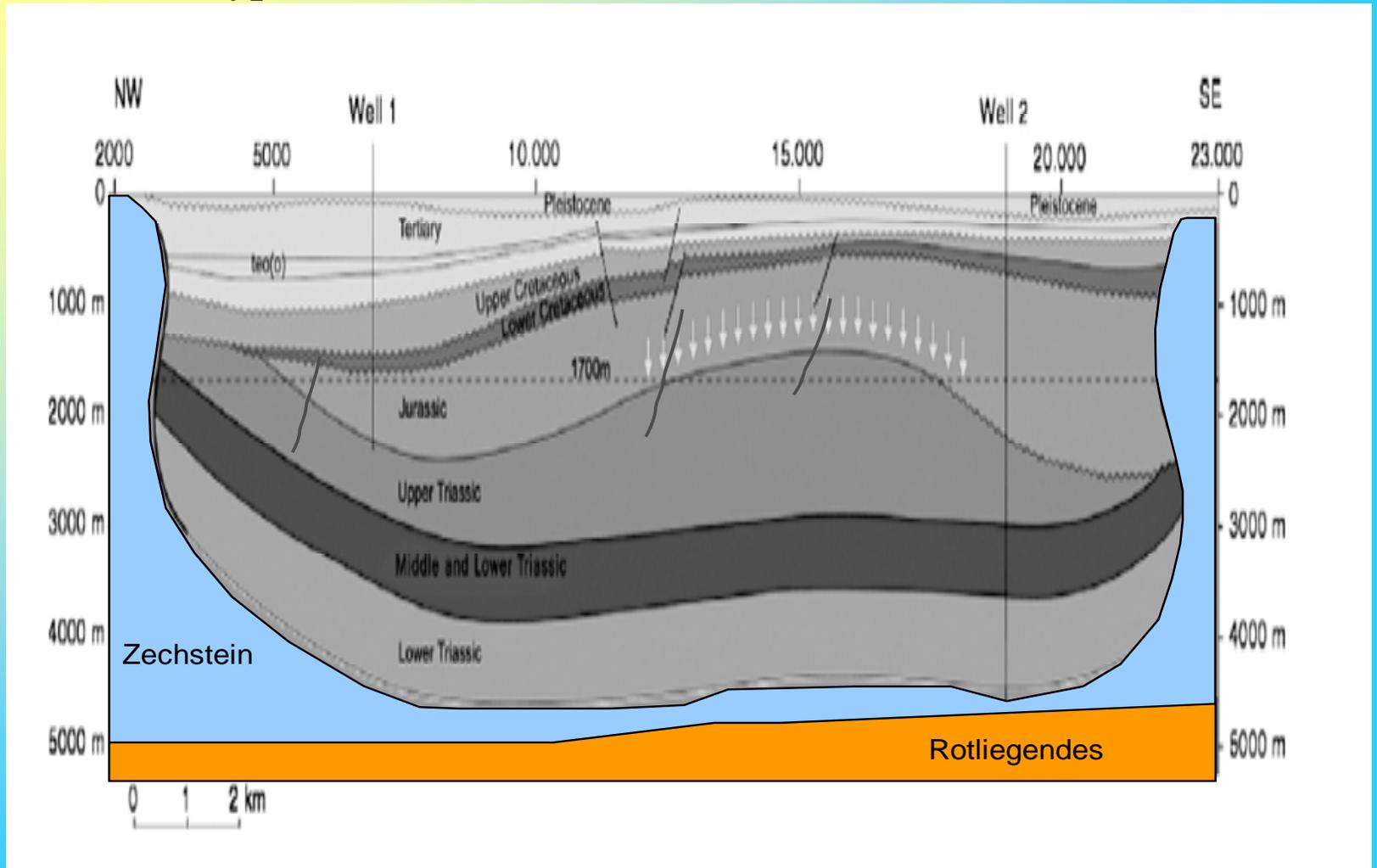
Endteufe 740 m

1.5-1.7 W/(mK)

CO₂ Injektion mit teilweiser Wiedergewinnung zur geothermischen Nutzung



Typische Struktur im Norddeutschen Becken



Ideen - Vorschläge:

- CCS in tiefen Formationen (Tiefe 2000-6000 m) **unterhalb des Zechsteinsalzes**
- Sedimentgesteine sind porös (Speicherraum), aber nur gering durchlässig (geringe Injektionsleistung), analog den „Tight Gas“- Erdgaslagerstätten
- **Idee 1:** Technische Klüftung (Frac) des Gesteins durch **gekoppelte Flüssiggas-, Kälte- und hydraulische Einwirkung („Gas-Kältefrac“)**
- **Idee 2:** **CO₂-Injektion als Flüssigkeit**, fortlaufende Klüftbildung durch Kälte-(Wärme)-Spannungsrisse infolge Verdampfung (Verdampfungsenthalpie >180 kJ/kg)
- **Idee 3:** **Strom- und Wärmeengewinnung** durch teilweise Gewinnung des heißen CO₂-Gases (im überkritischen Zustand), Rückinjektion als Flüssigkeit

Forschungsbedarf:

Prämisse: Technische Klüftung (Frac) des Gesteins hat erste Priorität, ohne dem ist alles nichts !

- **Labor- und Feldversuche zum Frac mit Flüssig-CO₂**
- **Einsatz von Nanomaterialien, schnelle Reaktionsprozesse mit Gasentwicklung im entstehenden Kluftsystem („Vakuumbombe der Russen“)**
- **Zusammenarbeit mit AIGR Baku (Azerbaidshan) bei Nanomaterial-Versuchen**
- **3D-Simulation des Stoff- und Energietransportes mit chemischer Reaktionskinetik und CO₂-Thermodynamik**



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!

www.ibewa.de