Wirtschaftlichkeitsprognose von Aquiferspeichern

EIN BERECHNUNGSVERFAHREN ZUR KOSTENKALKULATION

VORTRAG VON JULIA HOPF

Potentialanalyse im Rahmen meiner Abschlussarbeit

„Potentialanalyse von Aquiferspeichern als Beitrag zur Umsetzung der Wärmewende in Thüringen“

in Zusammenarbeit mit der JENA-GEOS®-Ingenieurbüro GmbH

Geologisches Potential

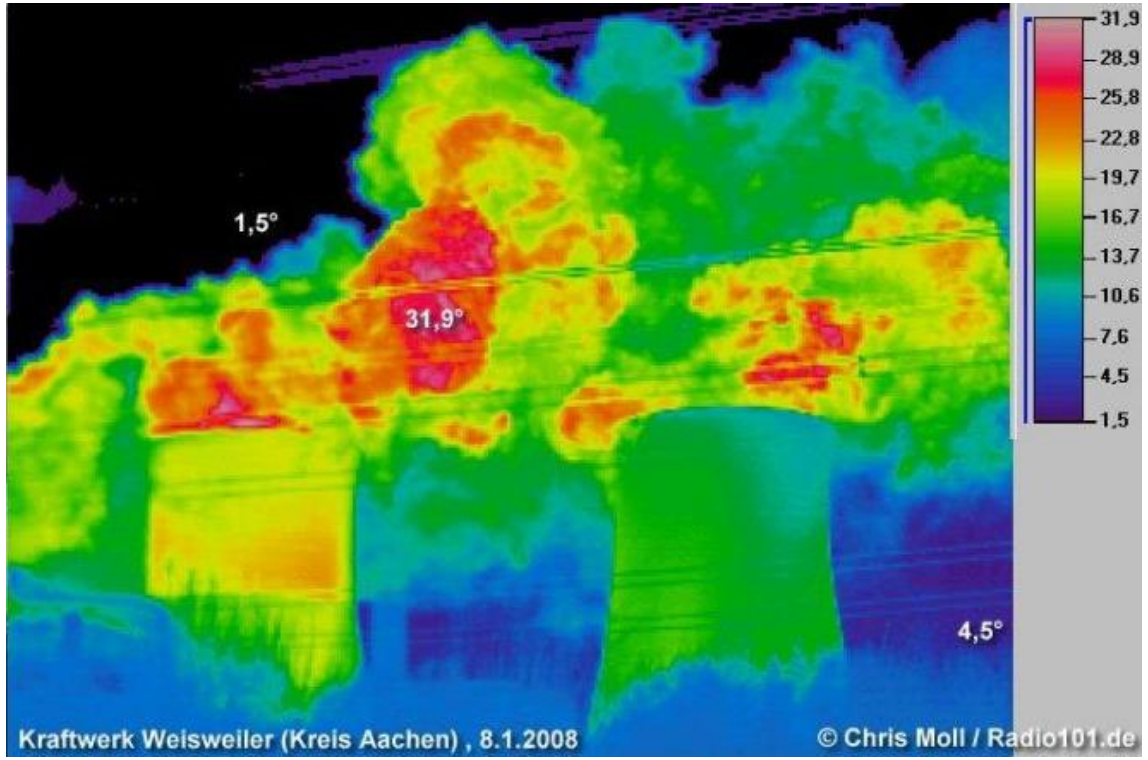
- Quartäre Potentialräume für Aquiferspeicher in Thüringen

Wirtschaftlichkeit

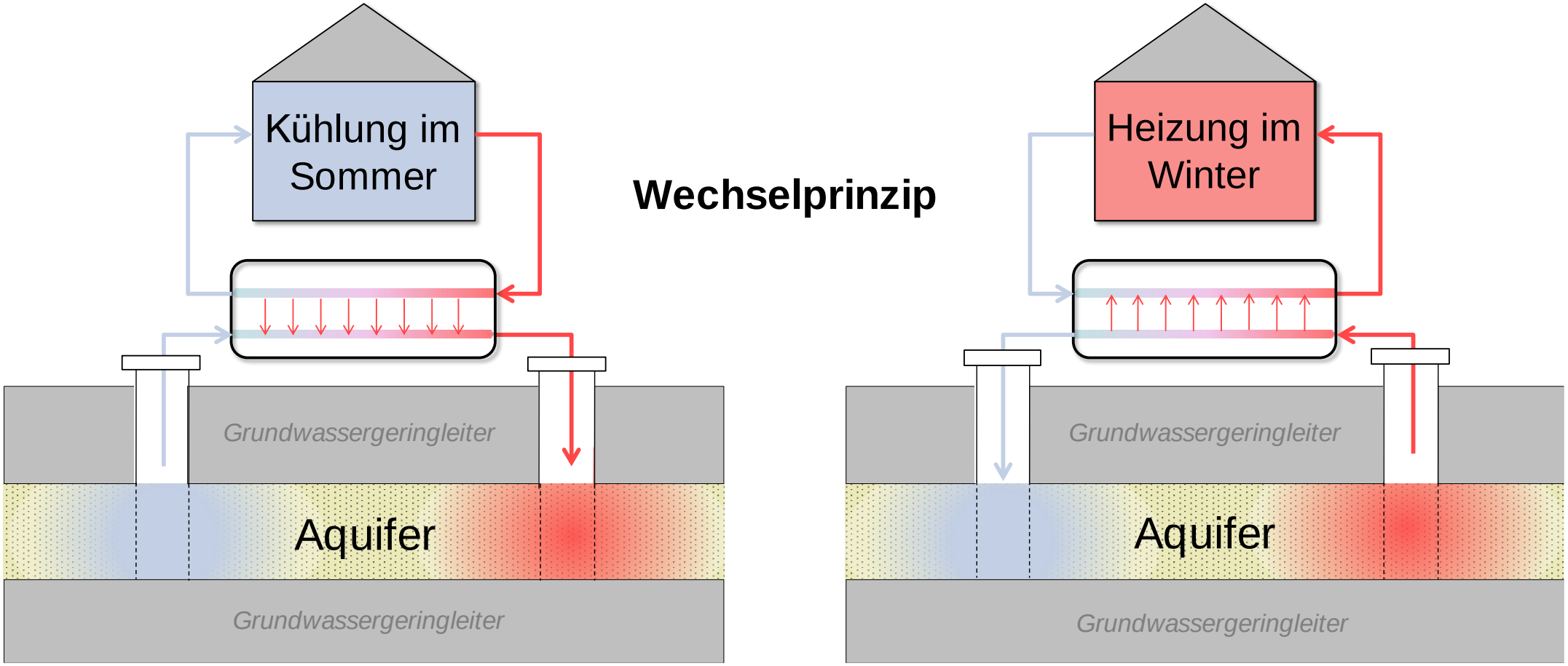
- Entwicklung eines Gestehungskostentools zur überschlägigen Berechnung der Wärmegestehungskosten von Aquiferspeichern

Aquiferspeicher – Ziele

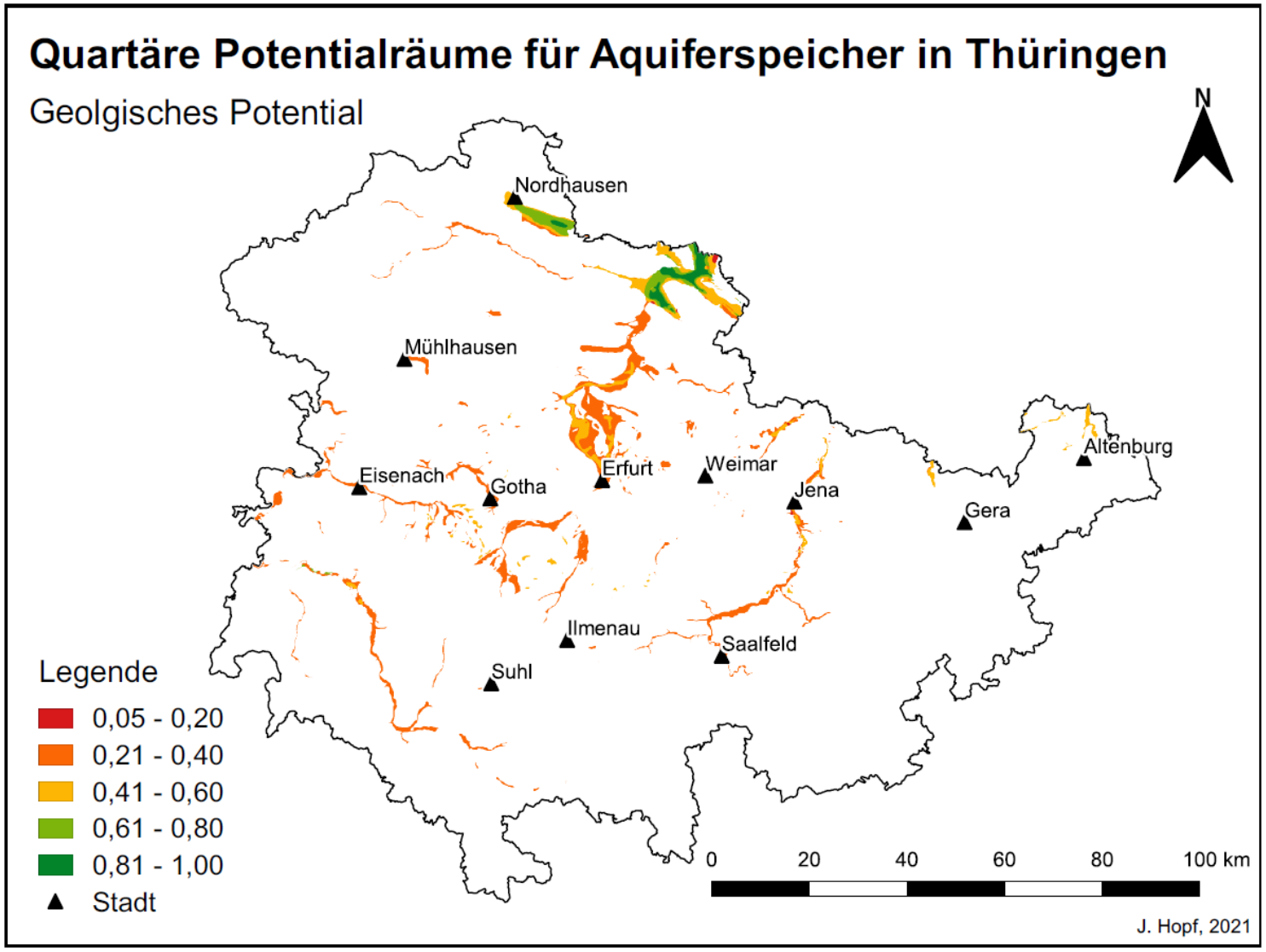
- Überbrückung saisonaler Lücke zwischen Angebot & Nachfrage nach thermischer Energie
- Einsparung (fossiler) Energieträger
- Nutzung von Ab-/ Überschusswärme
  - Industrieprozesse
  - Erneuerbare Energien
  - Fossile Energieerzeugung



Aquiferspeicher – Funktionsweise



Quartäre Potentialräume

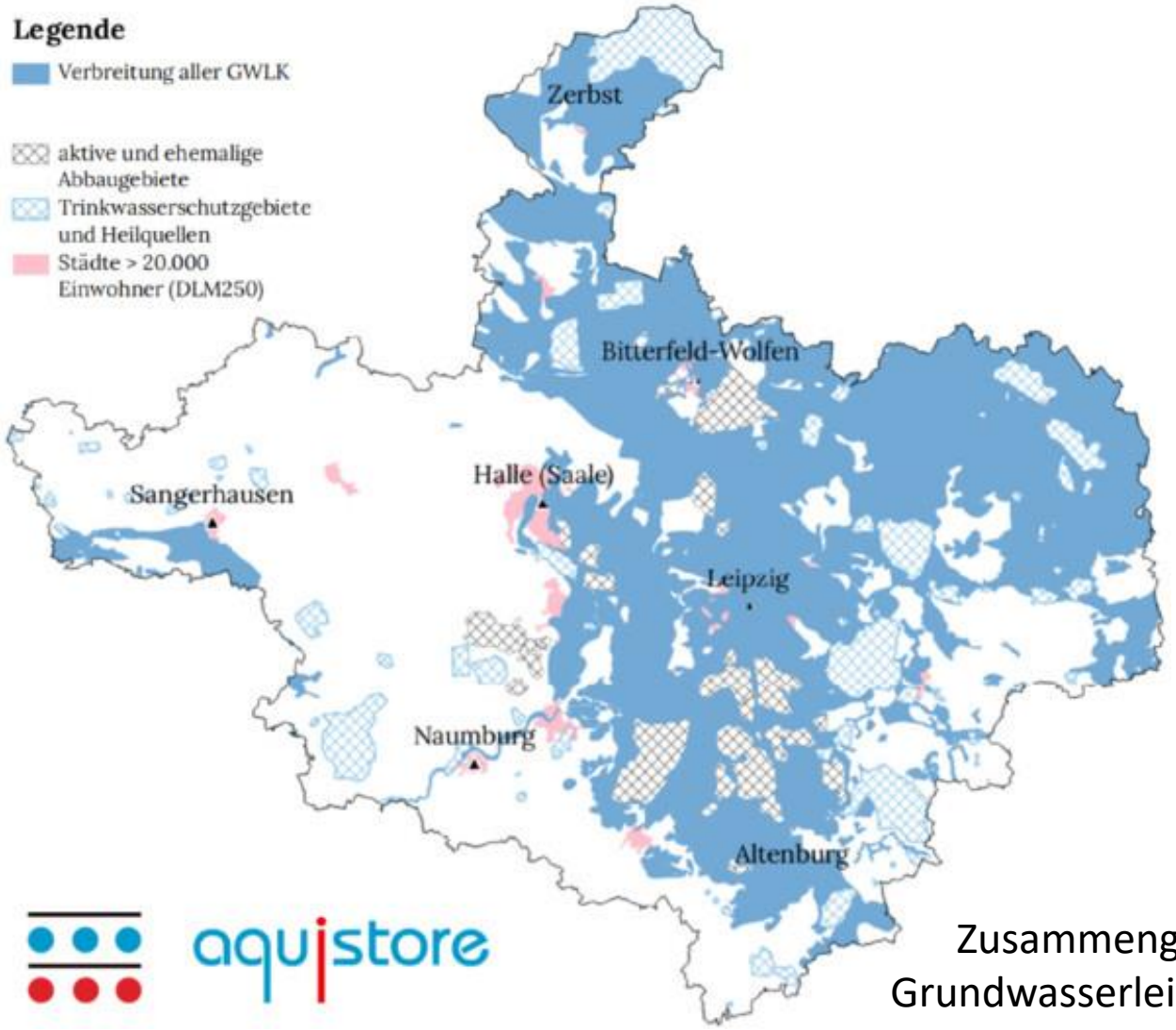


- rund 4,6 % der Fläche Thüringens
- hauptsächlich in Flusstälern von Saale & Werra u.a.
- sowie im Thüringer Becken, der Goldenen & Diamantenen Aue

Potential (dimensionslos):

Rot	(0,05 - 0,20): sehr gering
Orange	(0,21 - 0,40): gering
Gelb	(0,41 - 0,60): mittel
Hellgrün	(0,61 - 0,80): gut
Grün	(0,81 - 1,00): sehr gut

Grundwasserleiterkomplexe des Quartärs & Tertiärs in der Innovationsregion Mitteldeutschland



- 5 Grundwasserleiter-komplexe (GWLK), die sich teilweise überdecken
- 40 % der Fläche der IRMD

→ weit größere Potenziale in Sachsen

Zusammengefasstes Verbreitungsgebiet aller fünf Grundwasserleiterkomplexe in der Innovationsregion

Gestehungskostentool

- überschlägige Gestehungskostenberechnung
- Anwender*innen-freundlich
- wenige Eingabeparameter erforderlich

Speicherauslegung

T_u	Jahresdurchschnittstemp. GWL ungestört	15,5	°C
		Auslegung "Standard"-ATES	
DL	Durchläufe pro Halbjahr	1	
ΔT	**Temperaturspreizung**	**10,0**	**K**
T_{max}	Maximaltemperatur Betrieb	20,5	°C
	Tmax nach VDI 4640 überschritten! ΔT anpassen!		
T_{min}	Minimaltemperatur Betrieb	10,5	°C

k_f	Durchlässigkeitsbeiwert des ausgewählten Lockergesteins	1,750E-03	m/s
k_f	Laborwert k_f		m/s
n_p	Gesamtporenanteil	30,0	%
n_p	Laborwert n_p	25,0	%
c_s	volumetrische Wärmekapazität Lockergestein	2,40	MJ/m^3K

- Erfassung von Laborwerten möglich
- integrierte Hinweise & Warnungen bei unvollständigen Eingaben bzw. physikalisch nicht realisierbaren Ergebnissen

Gestehungskostenberechnung

Wärmegestehungskosten = Kosten pro Produkteinheit → €/kWh

1) Kapitalwertmethode: finanzmathematischer Mittelwert über die Lebensdauer der Anlage (n. Konstantin 2017, *Praxisbuch Energiewirtschaft*)

Investitionskosten

$$WGK = \frac{I_0 + \sum_{t=1}^{t=n} \frac{A_t}{q^t}}{\sum_{t=1}^{t=n} \frac{W_h}{q^t}}$$

Barwert aller Ausgaben

Barwert der jährlich produzierten Energiemenge

n - Lebensdauer der Anlage
t - jeweilige Betriebsjahr
q - Diskontierungsfaktor
A_t - Betriebsausgaben im jeweiligen Jahr
W_h - produzierte Wärmemenge im jeweiligen Jahr

Gestehungskostenberechnung

Wärmegestehungskosten = Kosten pro Produkteinheit → €/kWh

2) Annuitätenmethode (n. Konstantin 2017, *Praxisbuch Energiewirtschaft*):

Investitionskosten

Betriebsausgaben

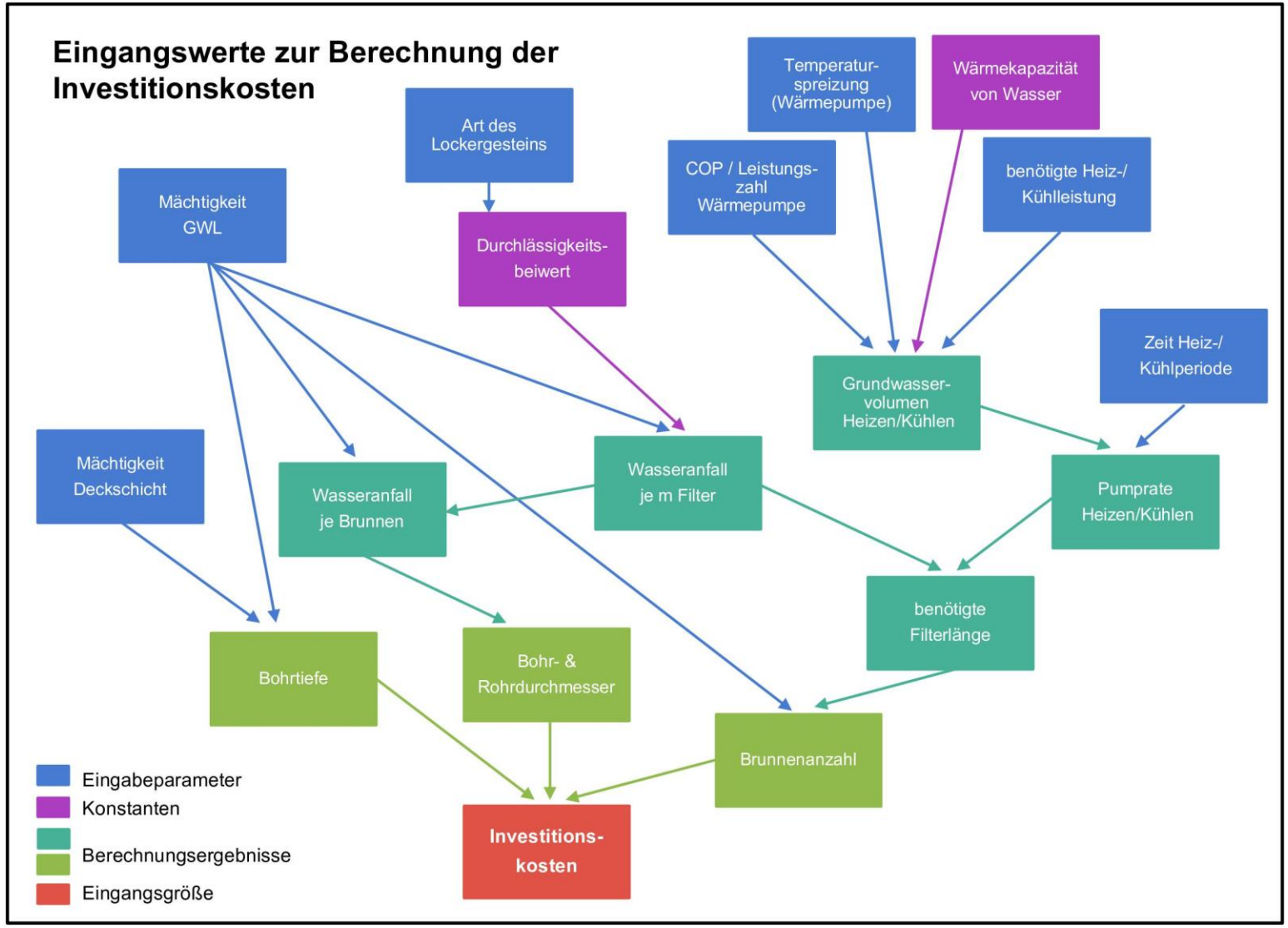
$$WGK = \frac{a_n \cdot CAPEX + OPEX_0}{W_0}$$

Wärmeerzeugung

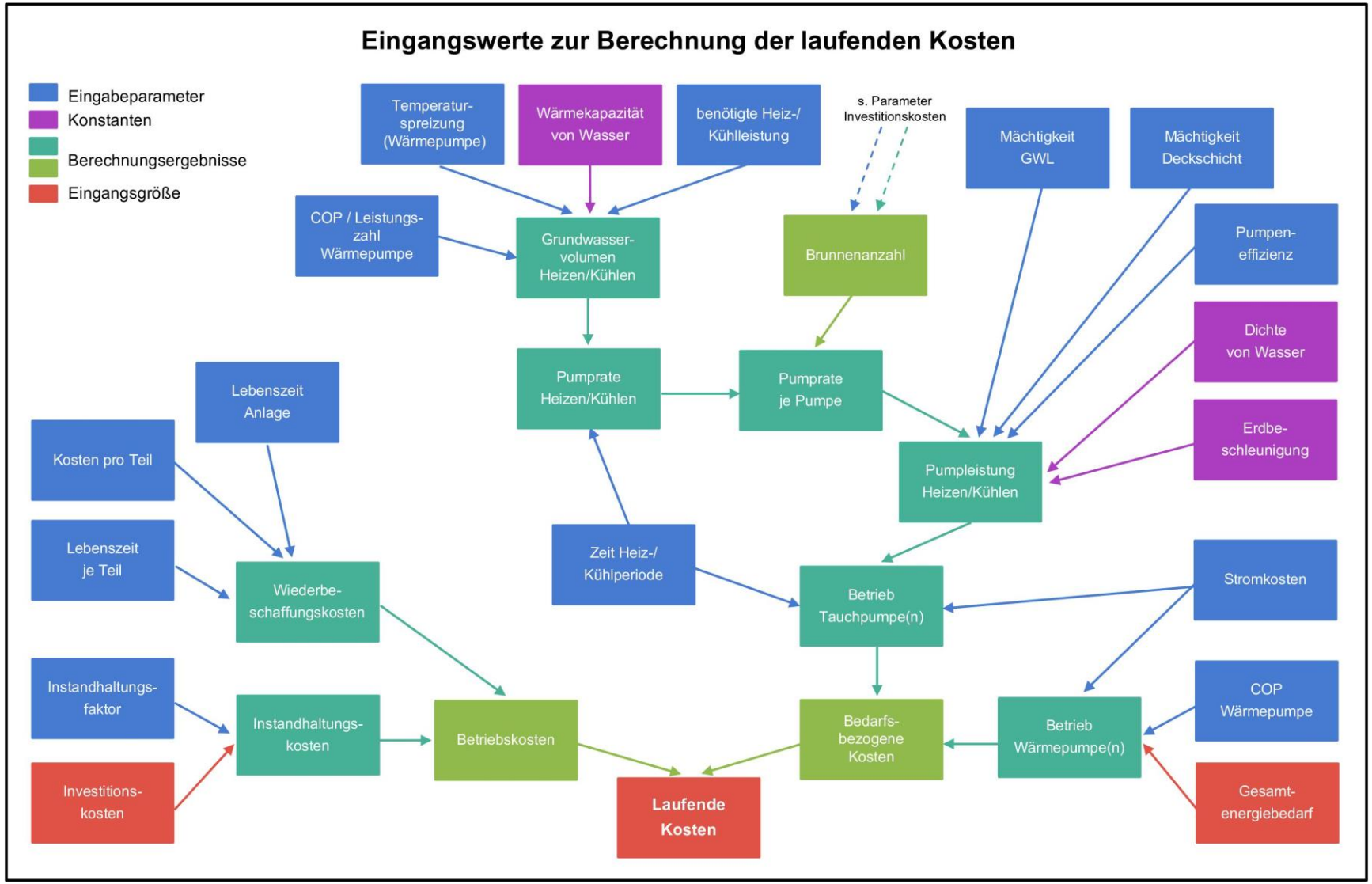
mit $a_n = \frac{q^n \cdot (q-1)}{q^n - 1}$

a_n - Annuitätsfaktor
q - Diskontierungsfaktor
n - Lebensdauer der Anlage

Aquiferspeicher - Investitionskosten



Aquiferspeicher - Laufende Kosten



Aquiferspeicher - Wirtschaftlichkeit

- Anzahl Bohrungen & Pumprate sind ungefähr proportional zur Heiz- & Kühlkapazität, damit zur Speichergröße
- Abnahme spezifischer Kapitalkosten (€/kWh) mit zunehmender Anlagengröße
- Enormes CO_2-Einsparpotential: ø 0,46 kg pro m^3 genutztem Grundwasser

  → 150 bis 1.500 t pro Jahr je Anlage[1]
- Konkurrenzfähig durch effizientere Wärmepumpentechnik, steigende Gaspreise, CO_2-Steuer usw.
- Hervorragend kombinierbar mit Kalten Nahwärmenetzen

[1] Fleuchaus *et al.*, 2018: durchschnittliche CO_2-Einsparung 74 niederländischer ATES-Systeme 0,46 kg pro m^3 genutztem Grundwasser

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Wirtschaftlichkeitsprognose von Aquiferspeichern

Ein Berechnungsverfahren zur Kostenkalkulation

Vortrag von Julia Hopf