



Dominic Häuslein, M.Sc.



Geotechnischer Wärme- und Stromspeicher

Work in Progress
Stand der Technik und Forschungsbedarf





Einleitung

- Motivation
- Objektbeschreibung



Stand der Forschung und Technik



Forschungsbedarf

- Systemverhalten



Entwicklungsbedarf

- Stülpmembran-Dichtung
- Bauverfahren und Maschine



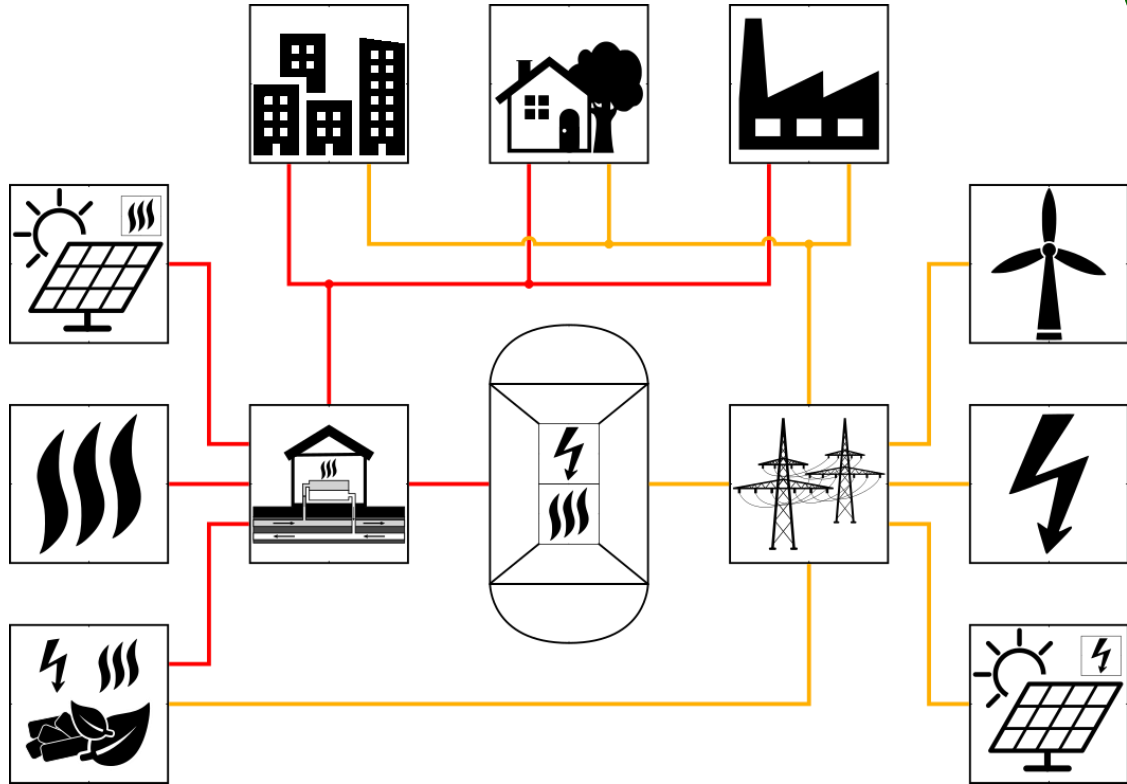
Aussicht



Einleitung – Motivation: Das Energienetz der Zukunft?!



Teilnehmer:
Consumer, Prosumer, Producer



- Wärmeumwandlungsanlagen:**
- Solarthermie
 - Biomasse
 - Industrielle Abwärme
 - Geothermie
 - ...
 - *Andere EE-Technologien*

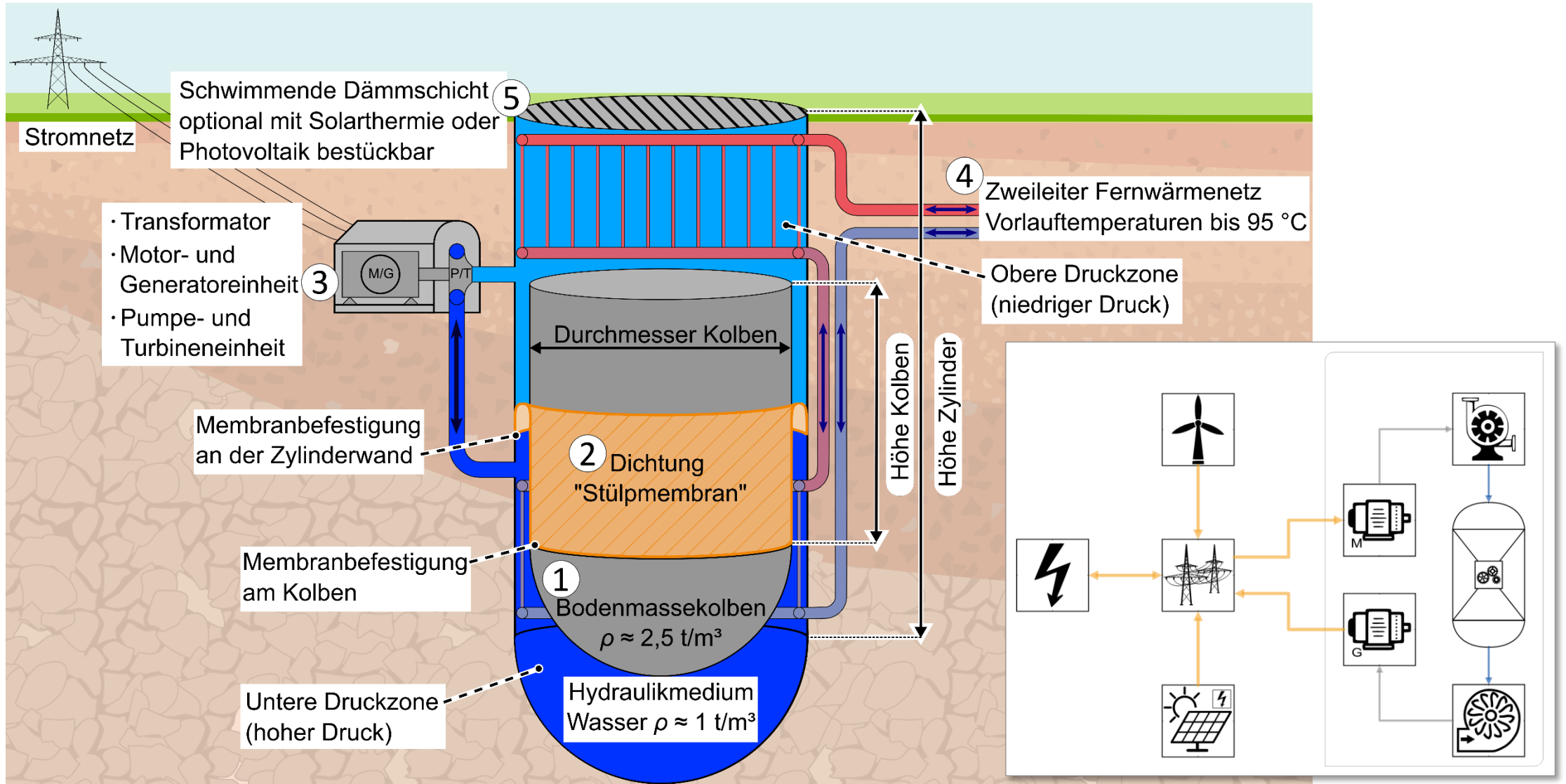
- Stromumwandlungsanlagen:**
- Windkraft
 - Photovoltaik
 - Biomasse
 - Laufwasser
 - ...
 - *Andere EE-Technologien*

Versorgungsnetz:
Wärmenetz, Energiespeichersystem, Stromnetz



Einleitung – Objektbeschreibung

Geotechnischer Lageenergiespeicher: Stülpmembranspeicher





Stand der Technik – SMS-Geometrie und Energiespeicherkapazitäten

Potentielle Kapazität

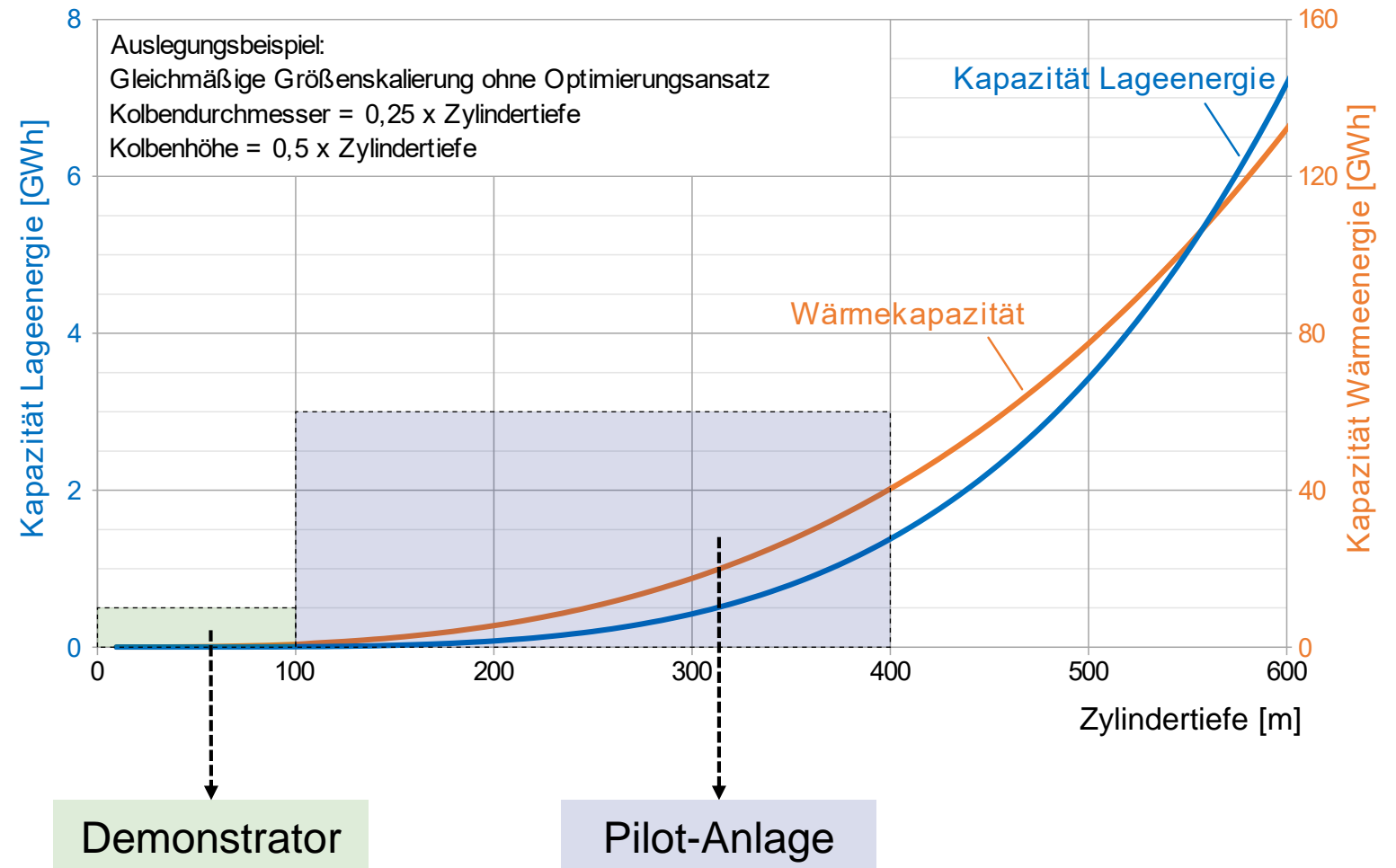
skaliert mit der **4. Potenz** der Systemgröße:

$$E_{pot} \sim d^2 h^2$$

Wärmekapazität

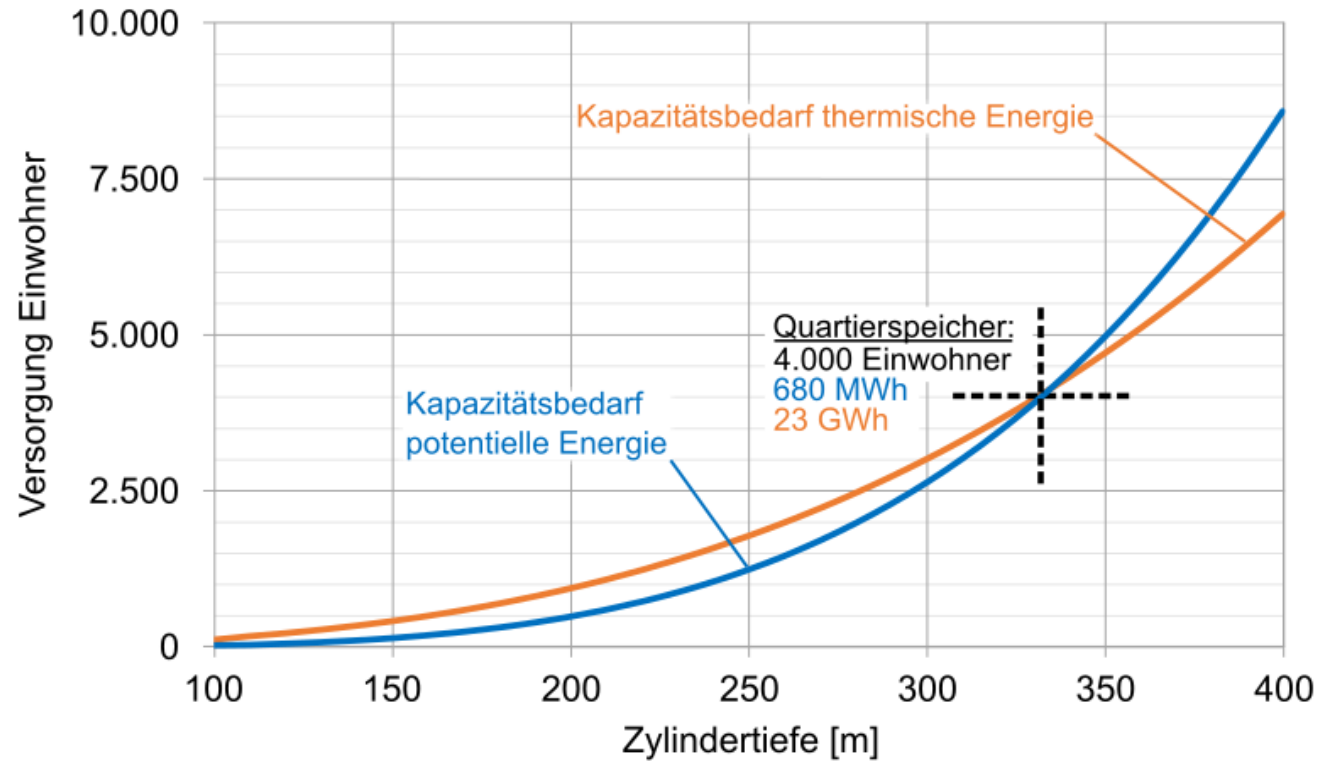
Skaliert mit der **3. Potenz** (kubisch) der Systemgröße:

$$E_{th} \sim d^2 h$$





Stand der Technik – SMS-Geometrie und Energiespeicherkapazitäten – Detailausschnitt: Größe einer Pilot-Anlage



■ Speicher < Schnittpunkt

→ Wärmespeicher mit Stromspeicherfunktion

■ Speicher > Schnittpunkt

→ Stromspeicher mit Wärmespeicherfunktion

Werte für Beispiel:

Kolbenhöhe = 0,5 Zylindertiefe

Durchmesser = 0,25 Zylindertiefe

Durchschnittsbedarf pro Einwohner DE:

- Strom: 16,9 kWh am Tag Speicherbedarf für 10 Tagesladungen [1]
- Wärme: 5.800 kWh im Jahr [2]

Anpassung Schnittpunkt für Quartierspeicher durch:

- Verhältnis zwischen Durchmesser und Zylindertiefe
- Wärmespeicher-Temperatur



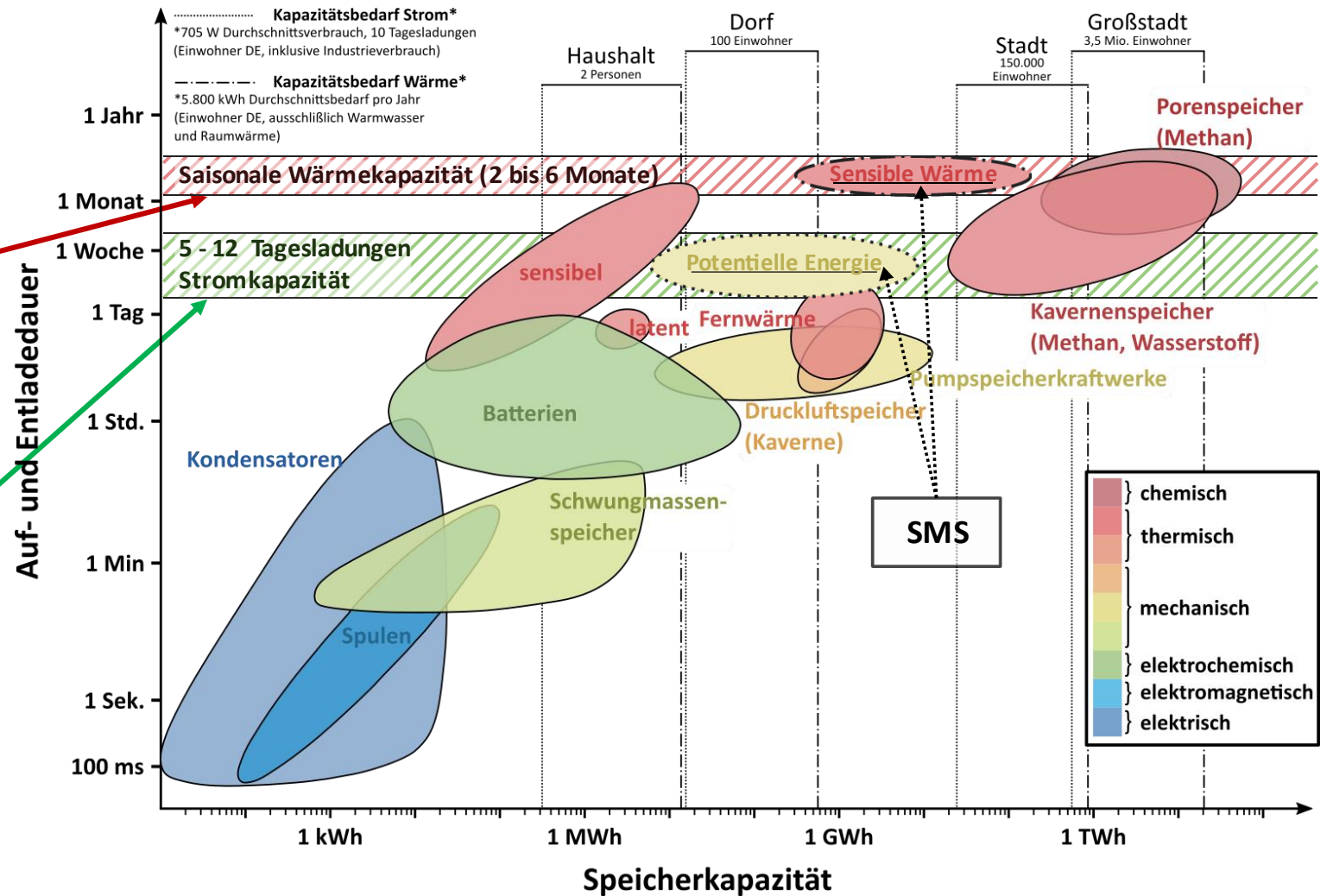
Stand der Technik – Der SMS als Ergänzung zu bestehenden Speichertechnologien

Speichertechnologien in Deutschland 2016 [3]

Eine systemverantwortliche Versorgungsstruktur aus regenerativen Energiewandlern benötigt:

Wärmekapazitäten für die **saisonalen Unterschiede** (2 bis 6 Monate) der Wärmeangeboten und -nachfragen.

Stromspeicherkapazitäten von **5 bis 12 Tagesladungen** (Abhängig der Vernetzung)





Forschungsbedarf – Wärmeschichtung im Lageenergiespeicher

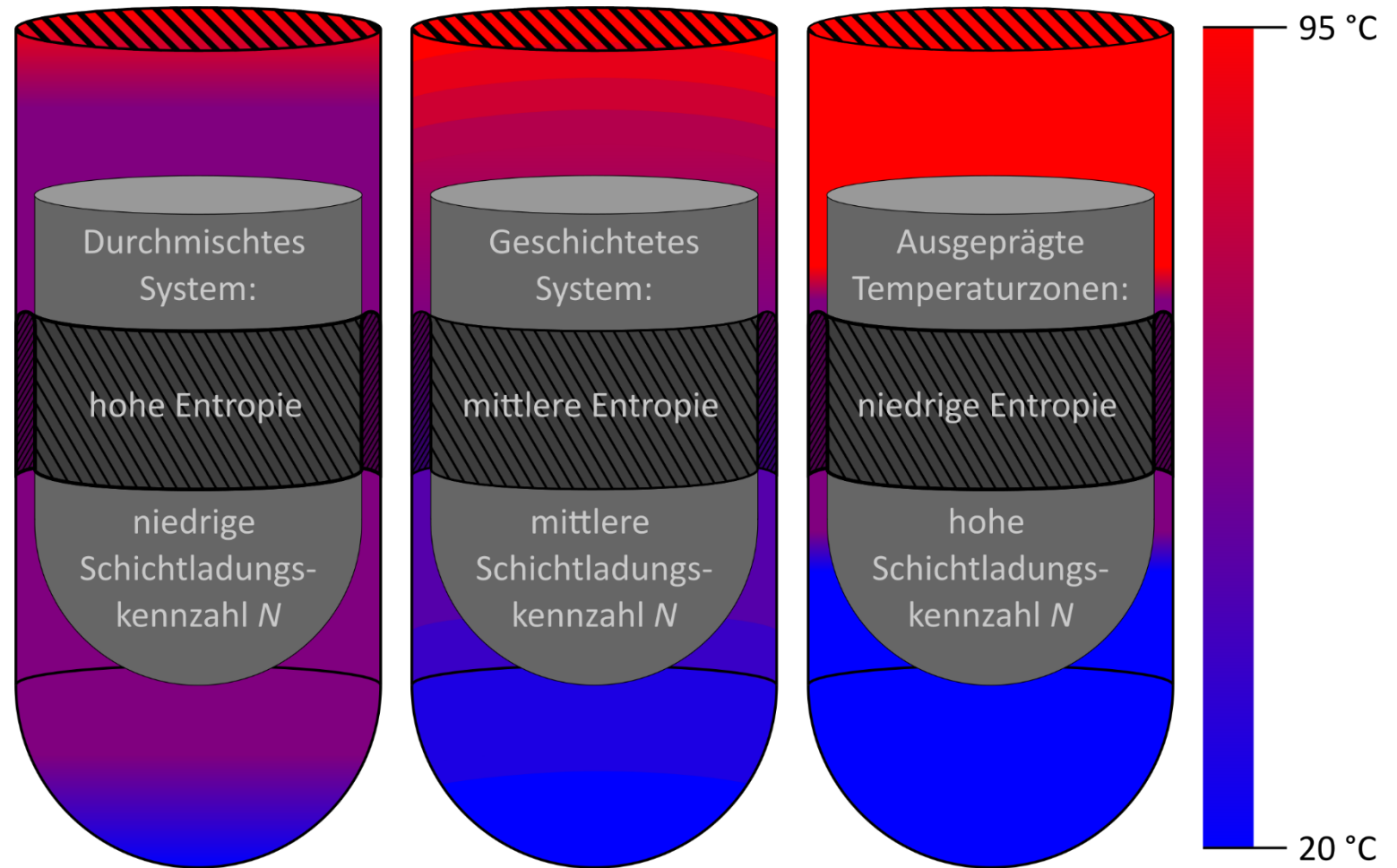
Methode: Schichtladungskennzahl Qualität der Schichtung

$$N = 1 - \frac{\Delta S_{irr,exp}}{\Delta S_{irr,ref}} \quad [4]$$

N –
Schichtladungskennzahl

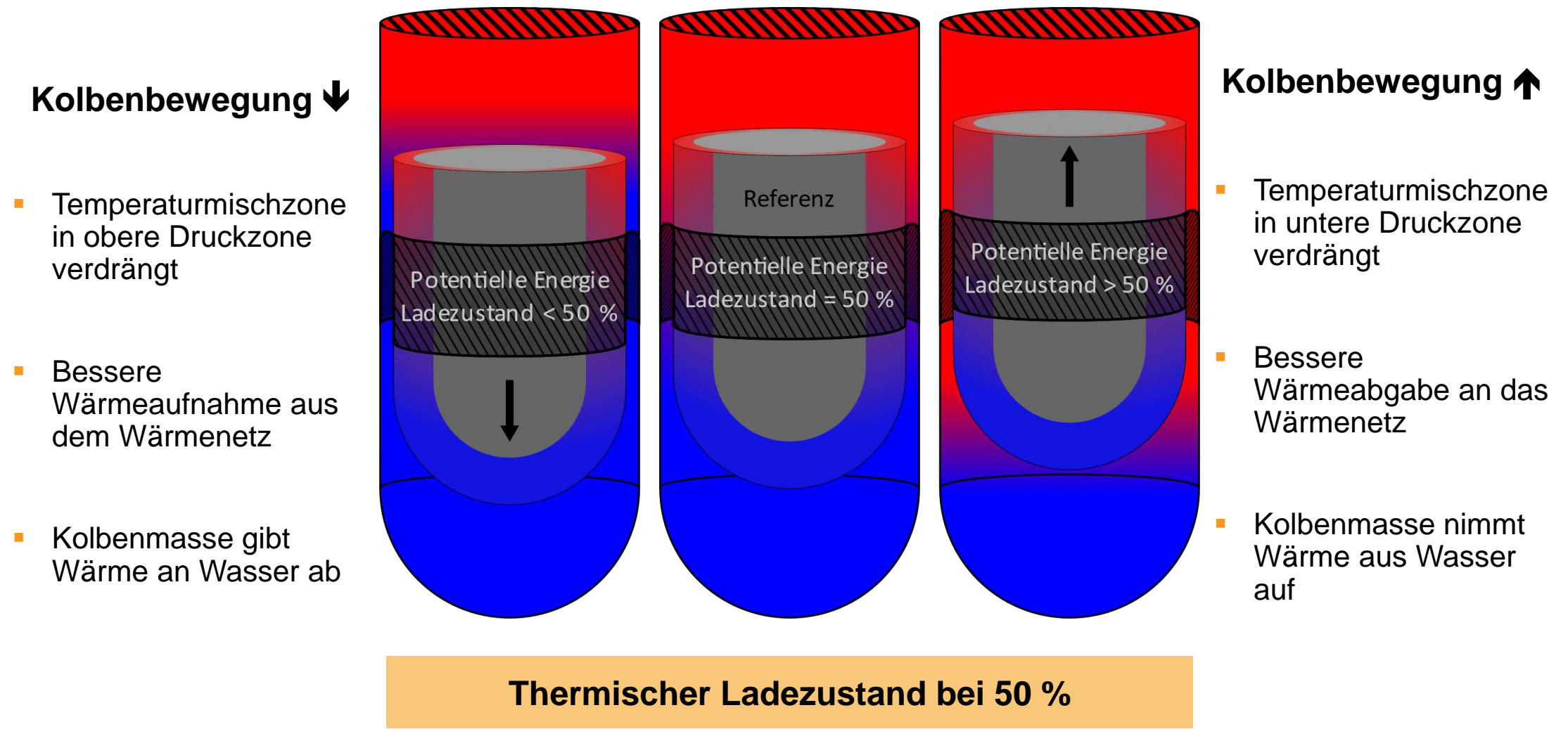
$\Delta S_{irr,exp}$ –
Entropieproduktion im
Experiment

$\Delta S_{irr,ref}$ –
Entropieproduktion im vollständig
durchmischten Referenzsystem





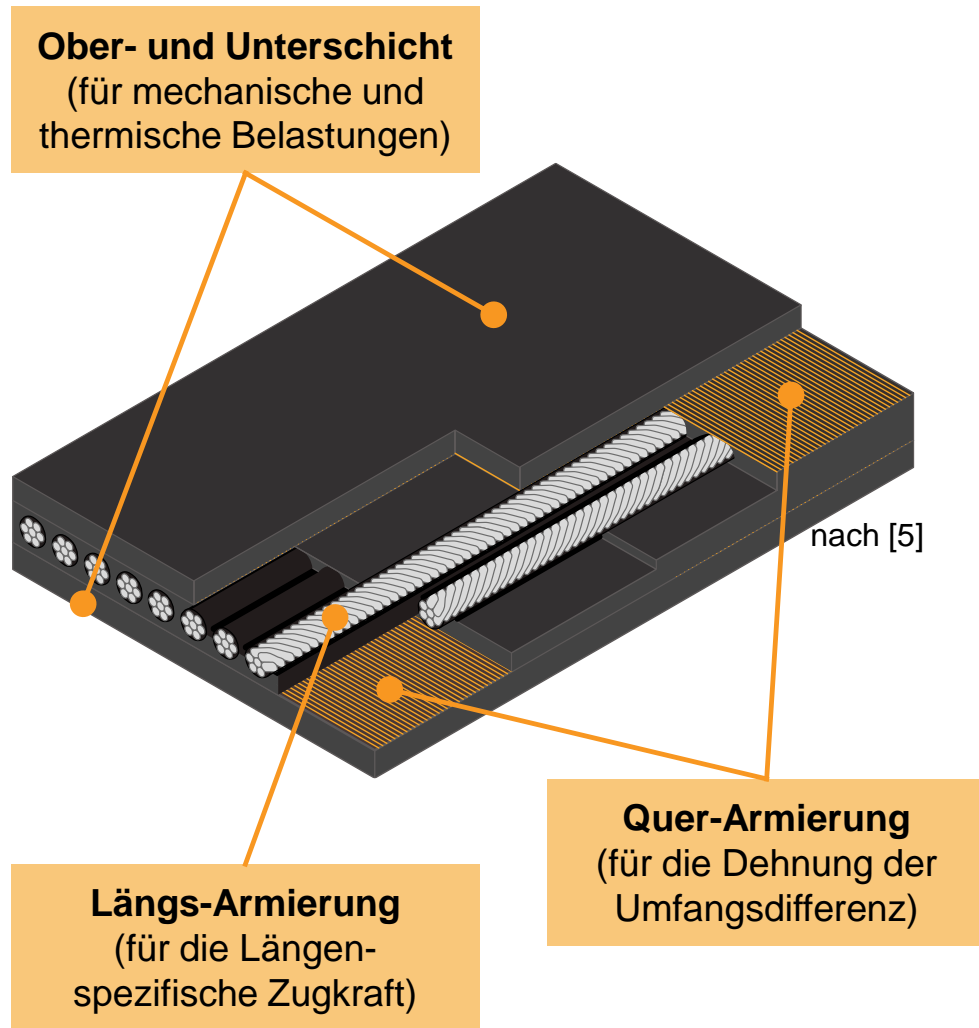
Forschungsbedarf – Systemkombination Strom- und Wärmespeicher Synergien und Risiken





Entwicklungsbedarf – Membrandichtung

Aufbau eines Gurtförderbandes



Parameter für die Membrandichtung

	Versuchsstand	Demonstrator	Pilotanlage	Einheit
Kolbendurchmesser	2,3	25,0	94,0	m
Zylindertiefe	6,0	100,0	380,0	m
Ringspalt	0,1	2,0	2,0	m
Druckdifferenz	0,5	6,4	30,0	bar
Längenspezifische Zugkraft Membran*	2,3	637,9	2.998,5	kN/m
Umfangsdehnung	8,7	16,0	4,3	%

*Stärkster Gurtförderband bei 10.000 kN/m längenspezifische Zugkraft [6]

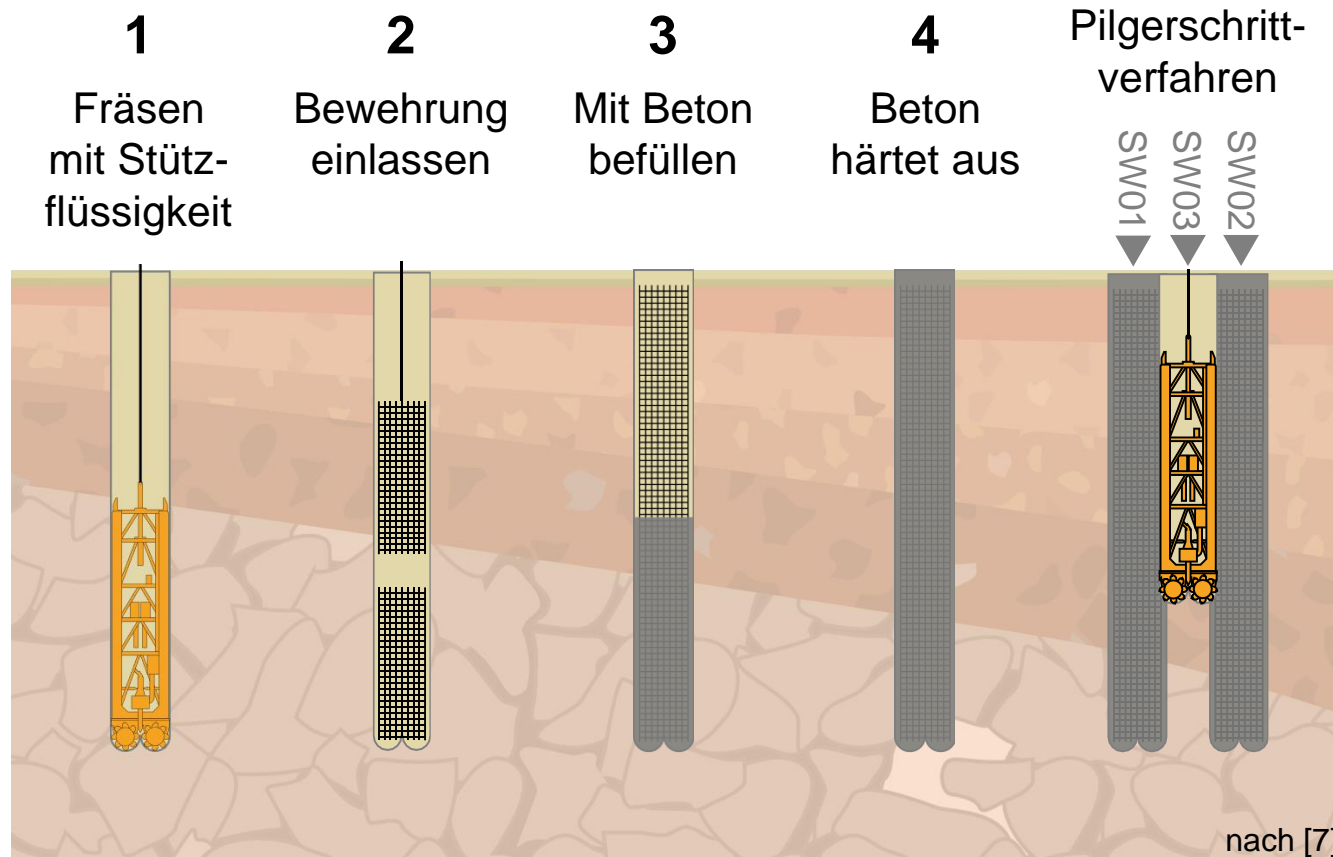
Entwicklungsbedarf:

- **Längenunabhängiges Verbindungsverfahren** für Förderbandsegmente, angepasst an die Bauumgebung eines Stülpmembranspeichers
- Optimale **Konfiguration der Materialkomponenten** für mechanische und thermische Belastungen einer langlebigen Membrandichtung

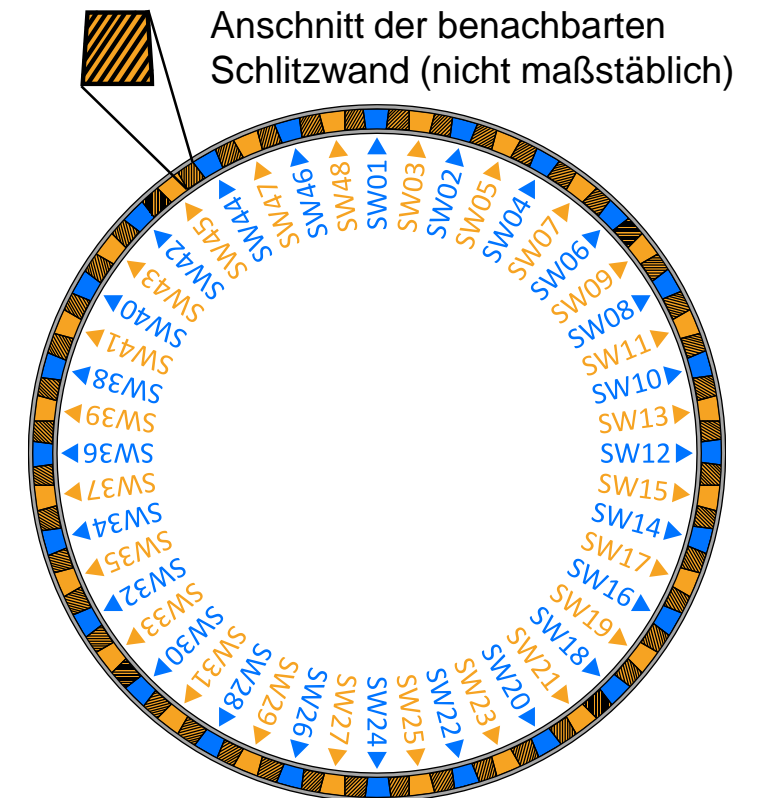


Entwicklungsbedarf – Bauverfahren- und Maschinenentwicklung

Spezialtiefbauverfahren: Schlitz- und Dichtwandtechnik



Beispiel mit 48 radial angeordneten Schlitzwänden* im Pilgerschrittverfahren:

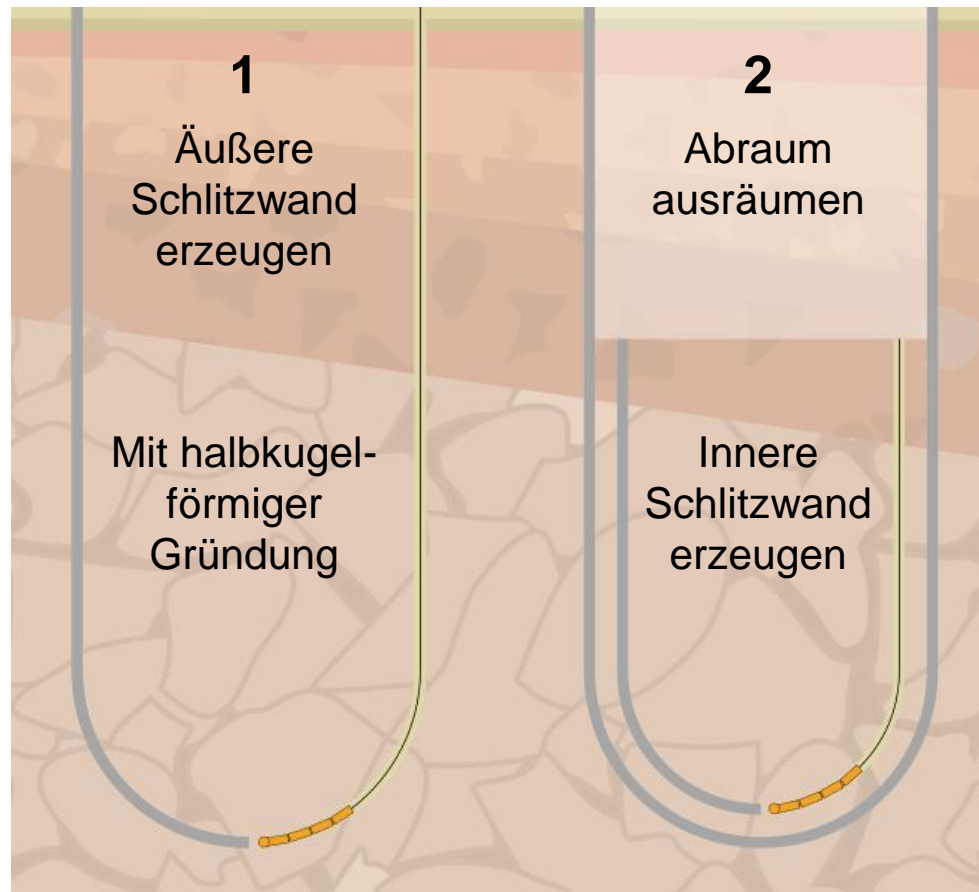


*Referenzprojekt bei 30 m Durchmesser und 60 m Tiefe [8]



Entwicklungsbedarf – Bauverfahren- und Maschinenentwicklung

Konzeptidee zur Baustrategie eines SMS mittels Schlitzwandverfahren:



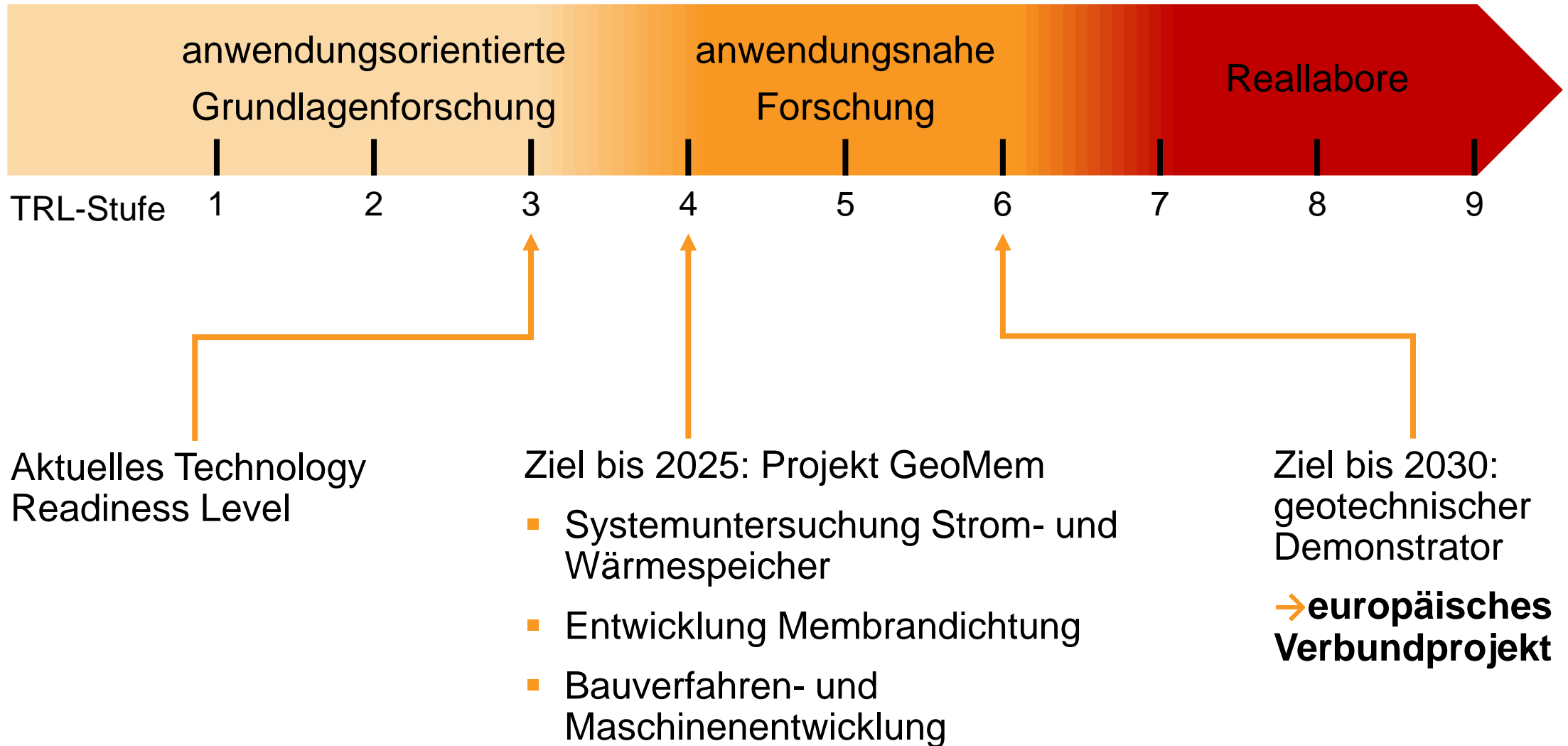
Entwicklungsbedarf:

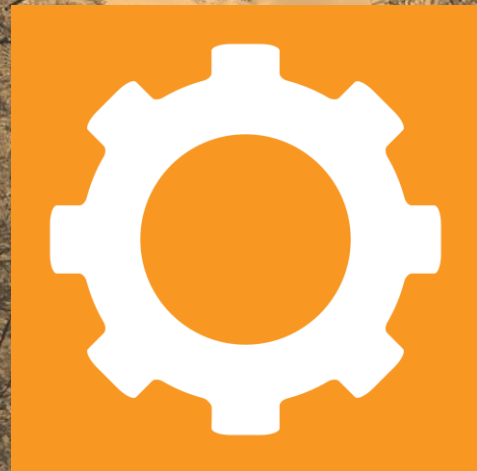
- **Tiefbauverfahren**, welches in Tiefen **> 400 m*** eine Schlitzwand mit hoher Genauigkeit erzeugt
- **Tiefbaumaschine**, welche in einem Arbeitszyklus flexibel zwischen der **vertikalen** und **horizontalen** Achse eine **Schlitzwand** erzeugen kann
- Die minimale **Breite** einer Schlitzwand (aktuell rund 1,2 m) **halbieren**
- **Automatisierungsstrategie** für radial angeordnete Schlitzwände erarbeiten

*Aktueller Weltrekord bei 228 m [9]



Aussicht





TECHNISCHE HOCHSCHULE NÜRNBERG
GEORG SIMON OHM



**Nuremberg
Campus of
Technology**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dominic Häuslein, M.Sc.

Nuremberg Campus of Technology

+49 911 5880 3171

dominic.haeuslein@th-nuernberg.de

www.ncatec.de



Referenzen der Präsentation

- [1] M. Popp, “Regionale Selbstversorgung kontra Gleichstromtrassen: Vortrag des Monats Dezember, Neue Materialien Bayreuth”, Bayreuth, 2017.
http://www.poppware.de/Veranstaltungen/Matthias_Popp_Regionale_Selbstversorgung_kontra_Gleichstromtrassen.pdf
- [2] T. Nussbauer, S. Thalmann, A. Jenni, and J. Ködel, “Planungshandbuch Fernwärme (V1.2)“, Bundesamt für Energie (BFE), 2018. http://www.verenum.ch/Dokumente/PLH-FW_V1.2.pdf
- [3] M. Sterner und I. Stadler, “Energiespeicher - Bedarf, Technologien, Integration“, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2017.
- [4] Michel Y. Haller, Robert Haberl, Patrick Persdorf, Andreas Reber, “Storex: Theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Schichtungseffizienz von Wärmespeichern“, Rapperswil, 2015.
<https://www.aramis.admin.ch/Default?DocumentID=61162&Load=true>
- [5] CÔNG TY TNHH CHUYỂN ĐỘNG TOÀN CẦU, “Băng tải cao su lõi thép – băng tải cao su bố thép”, Ho-Chi-Minh-Stadt.
<https://bangtai-vn.vn/bang-tai-cao-su/loi-bo-thep/>
- [6] Continental AG, “ContiTech Presents Highly Accurate Measurement Technology and the Strongest Steel Cord Conveyor Belt in the World”, 2017.
<https://www.continental.com/en/press/press-releases/hannovermesse-70594>
- [7] BAUER Maschinen GmbH, „BAUER Schlitz- und Dichtwände“, 2020
https://www.bauer.de/export/shared/documents/pdf/bst/print/905_027_1_BAUER_Schlitz_und_Dichtwaende.pdf
- [8] BAUER Maschinen GmbH, “Woodsmith Mine”, 2020.
<https://www.bauer.de/bst/references/bauer-projectreference/Woodsmith-Mine-00001/>
- [9] BAUER Maschinen GmbH, “Weltrekord: Bauer-Fräsenttechnologie erreicht 228 m”, 2019.
<https://www.bauer.de/bma/bauer-news/Weltrekord-Bauer-Fraesenttechnologie-erreicht-228-m-00002/>
- Alle Grafiken selbst erstellt, mit Unterstützung von Dennis Roth