

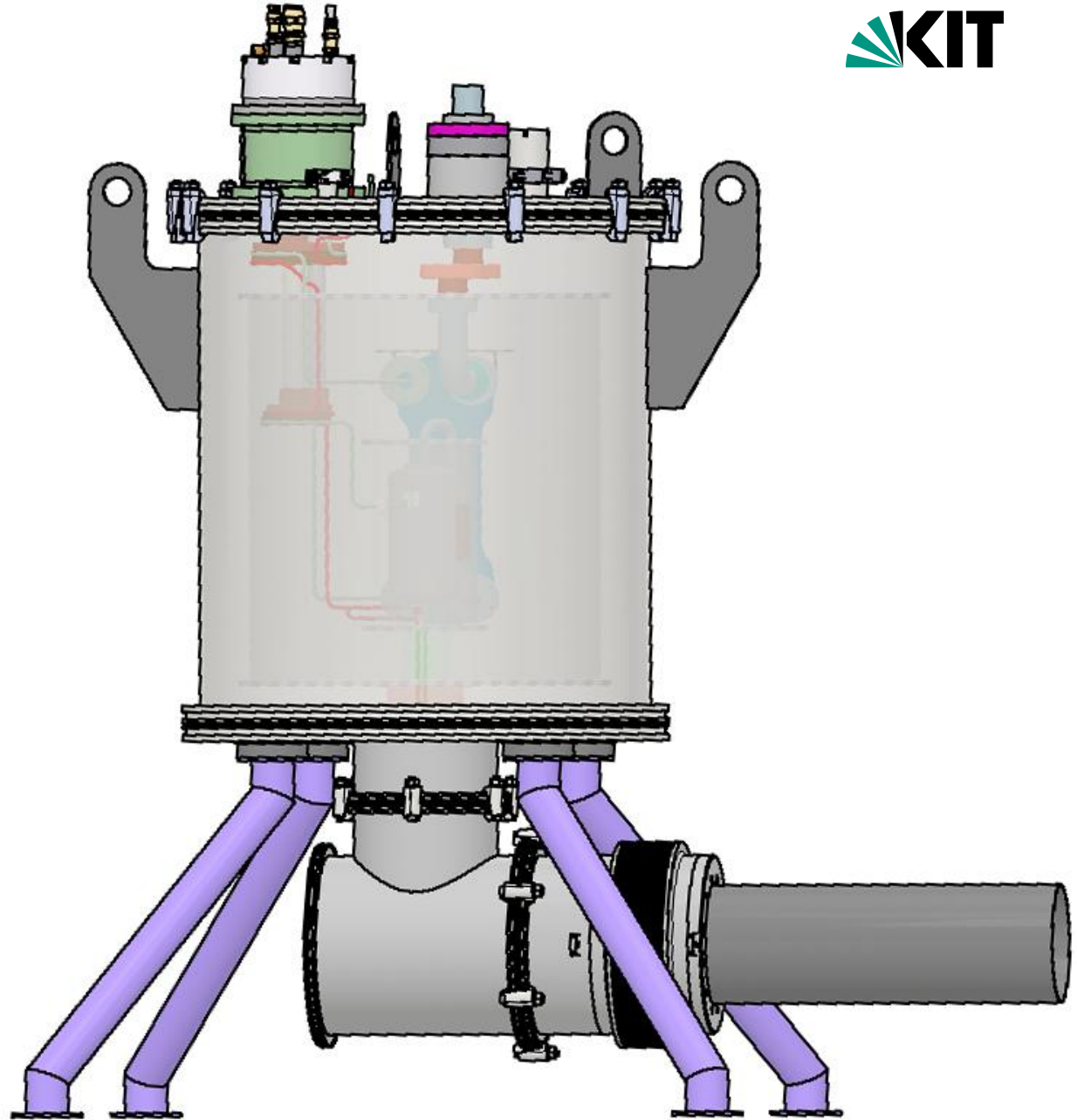
Konzeptionelles Design eines He-II Versorgungskryostaten für die experimentelle Untersuchung kryogener Spiegelaufhängungen in Gravitationswellendetektoren

Timo Weckerle, Steffen Grohmann

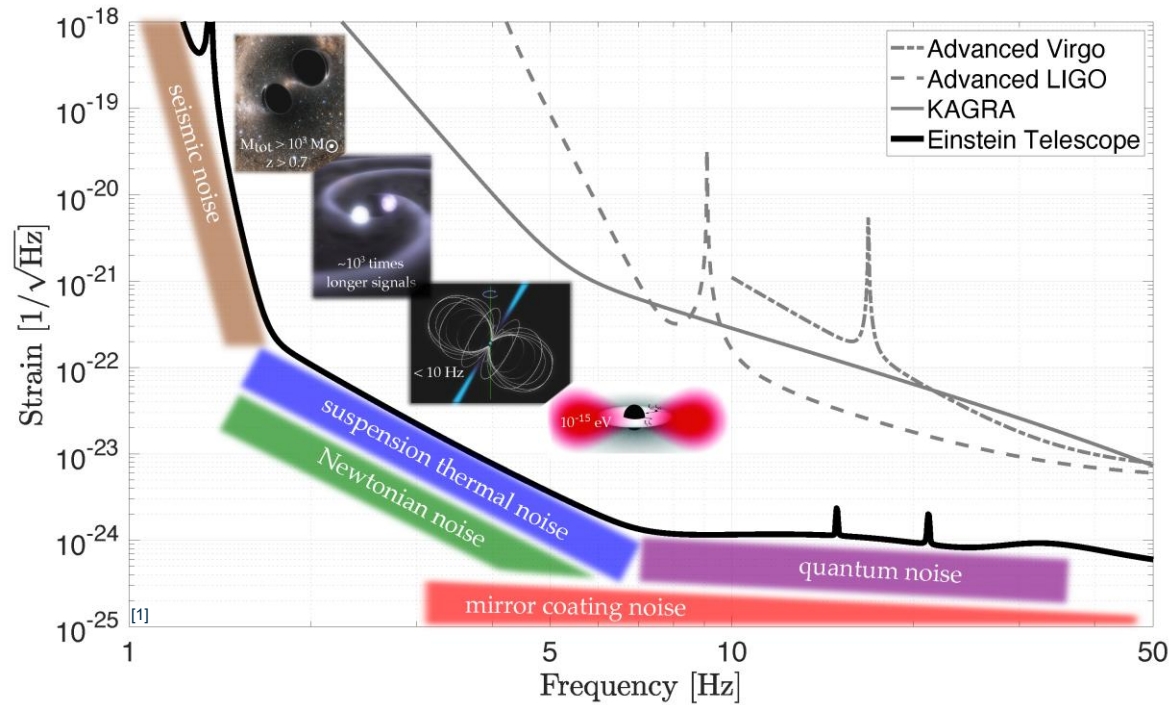
Karlsruher Institut für Technologie

Institut für Beschleunigerphysik und Technologie

Institut für Technische Thermodynamik und Kältetechnik

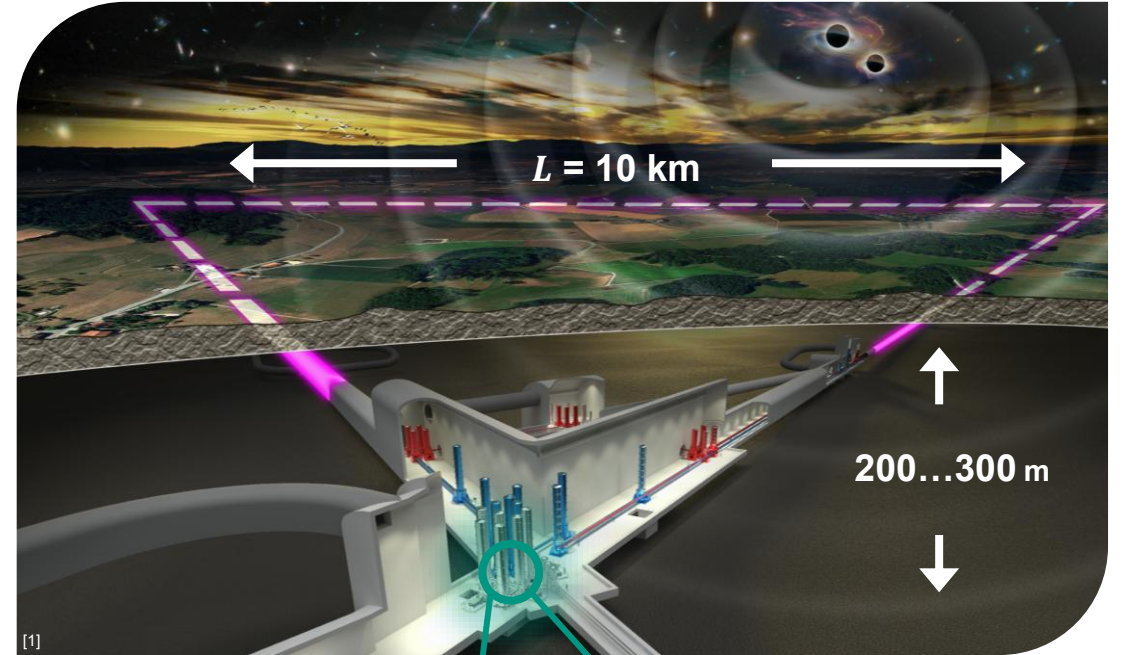


Das Einstein Teleskop

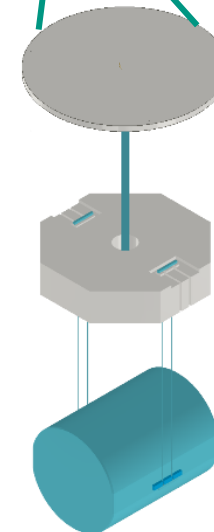


- Gravitationswellendetektor der 3. Generation
- Bei $f < 10$ Hz dominiert die Suspension Thermal Noise

$$STN \sim \frac{T}{Q_{Faktor}}$$



Möglichst
ruhige Kühlung

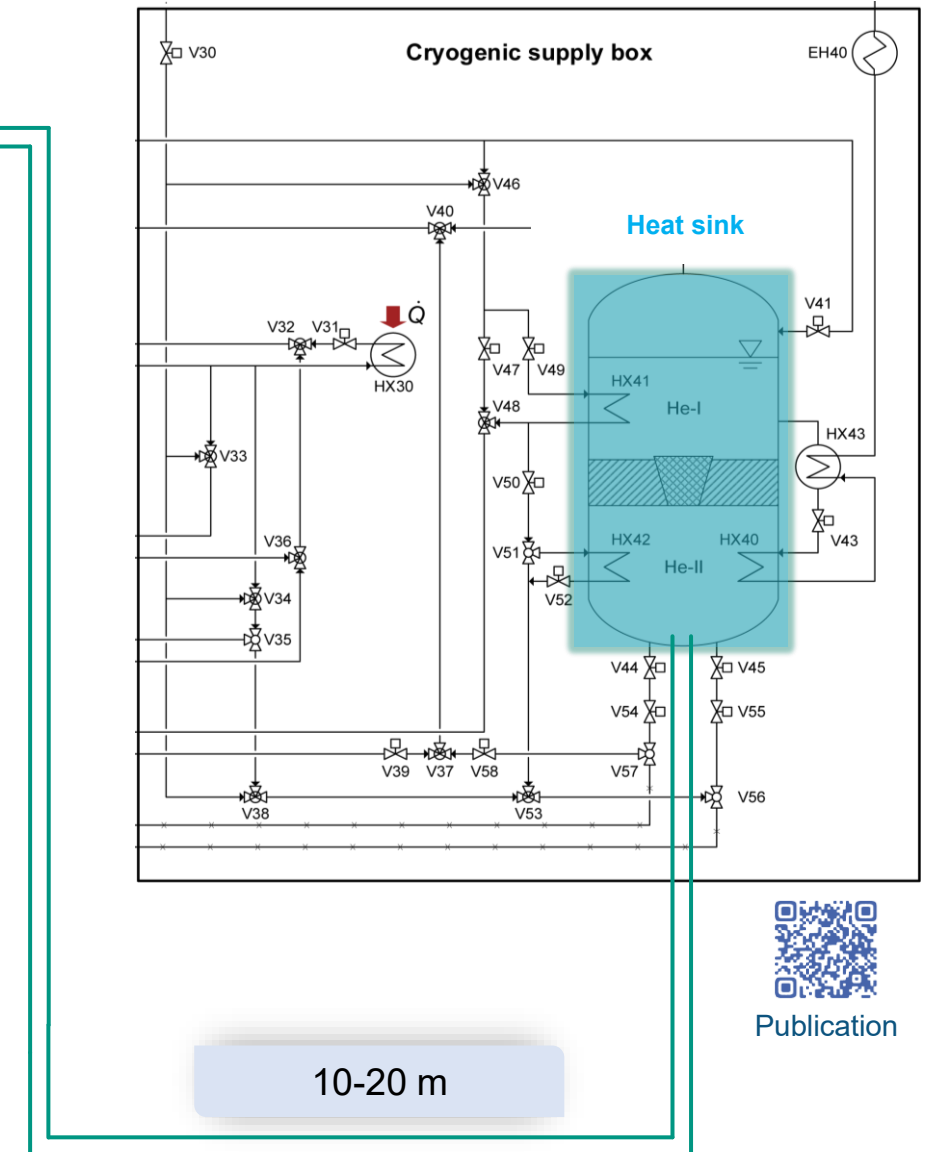
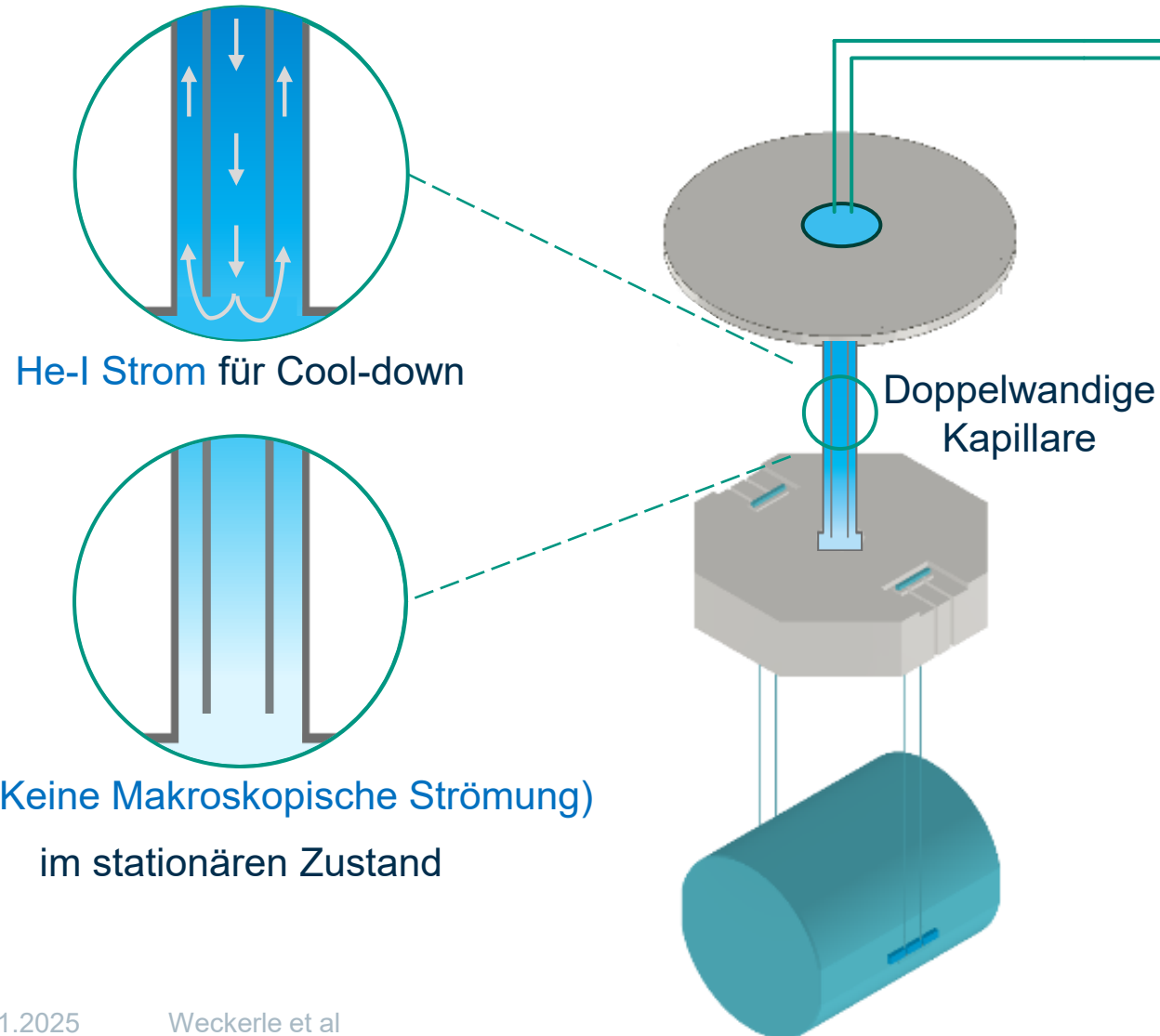


Ein Kühlsystem basierend auf He-II

Publication



Presentation

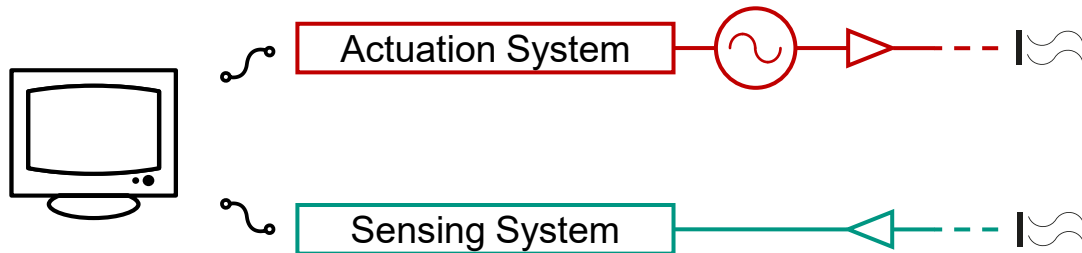


Publication

$$STN \sim \frac{T}{Q_{Factor}} = T \phi_{susp}$$

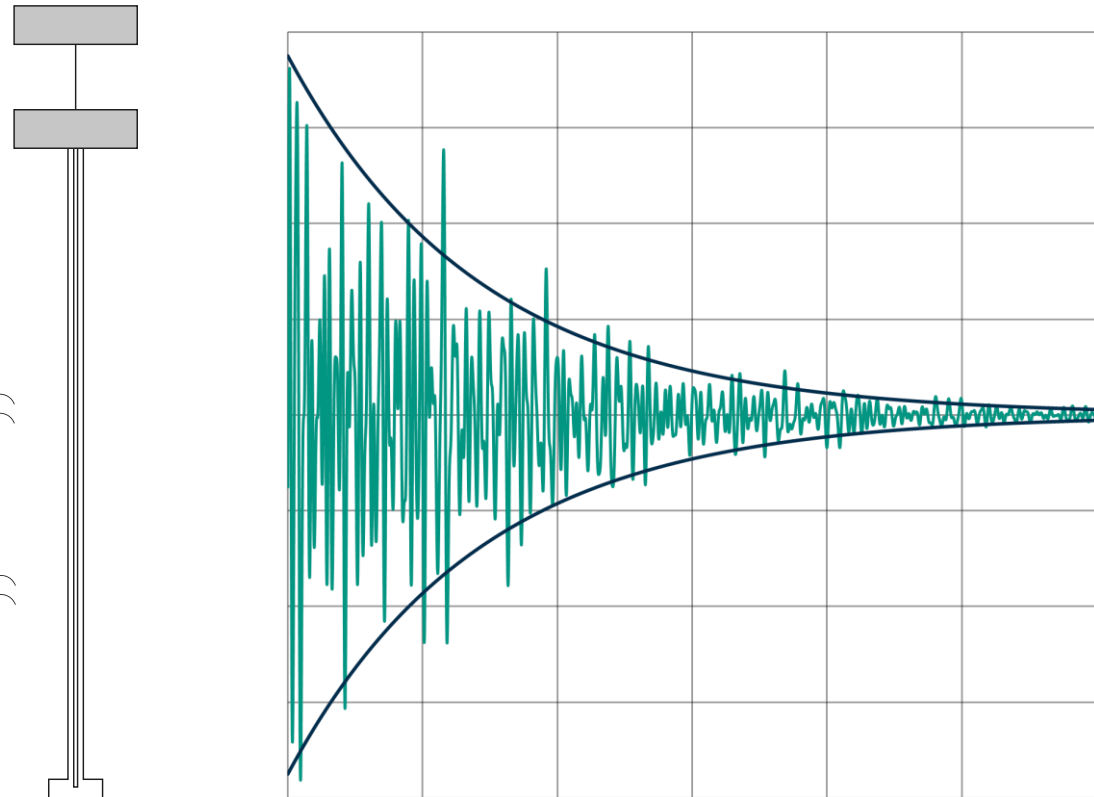
$$Q\text{-Faktor} = \frac{1}{\phi_{susp}}$$

Maß für das mechanische
Abklingverhalten



Q-Faktor wird über Abklingkurven gemessen

$$\phi_{susp} = \underbrace{\phi_{bulk} + \phi_{thermoelastic} + \phi_{surface}}_{\phi_{intrinsic}} + \phi_{extrinsic}$$

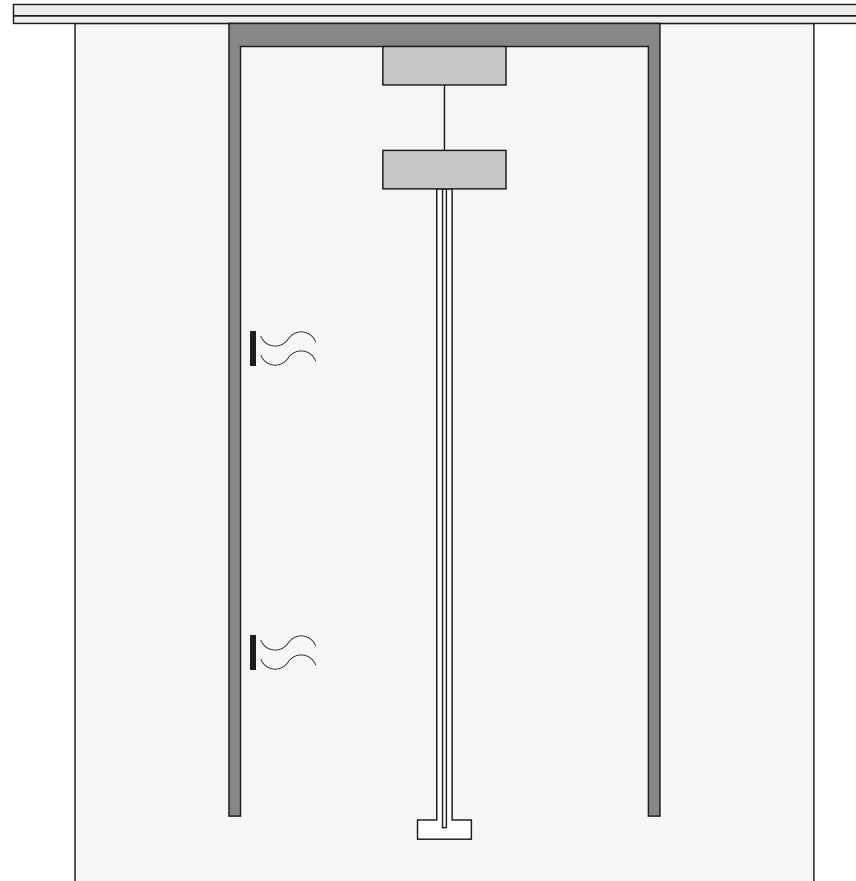
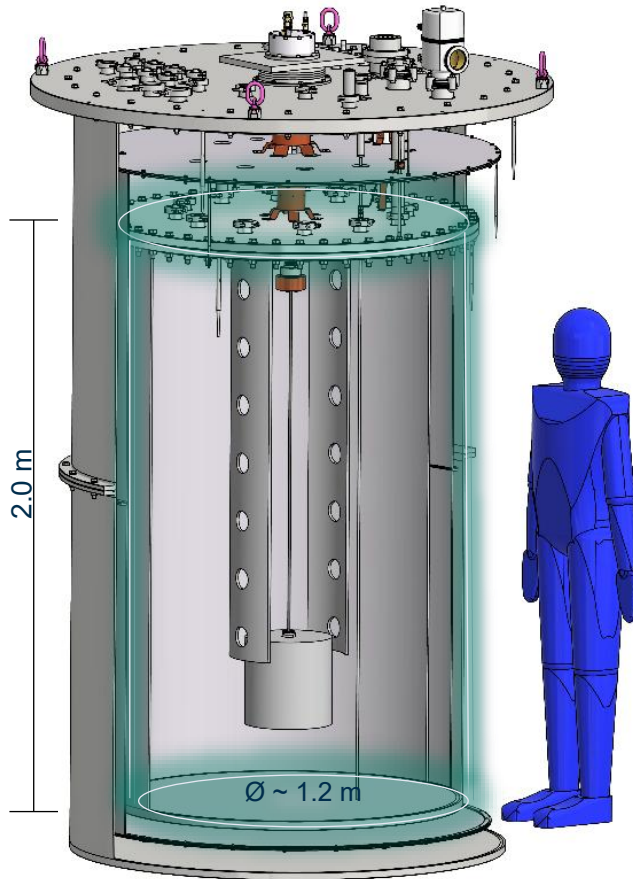


GRAVITHELIUM Phase I



GRAVITHELIUM

Gravitational wave detectors
cooled with superfluid helium



- Validierung der Messungen durch Vergleiche mit Literatur
- Untersuchung der Temperaturabhängigkeit
- Untersuchung der Spannungsabhängigkeit

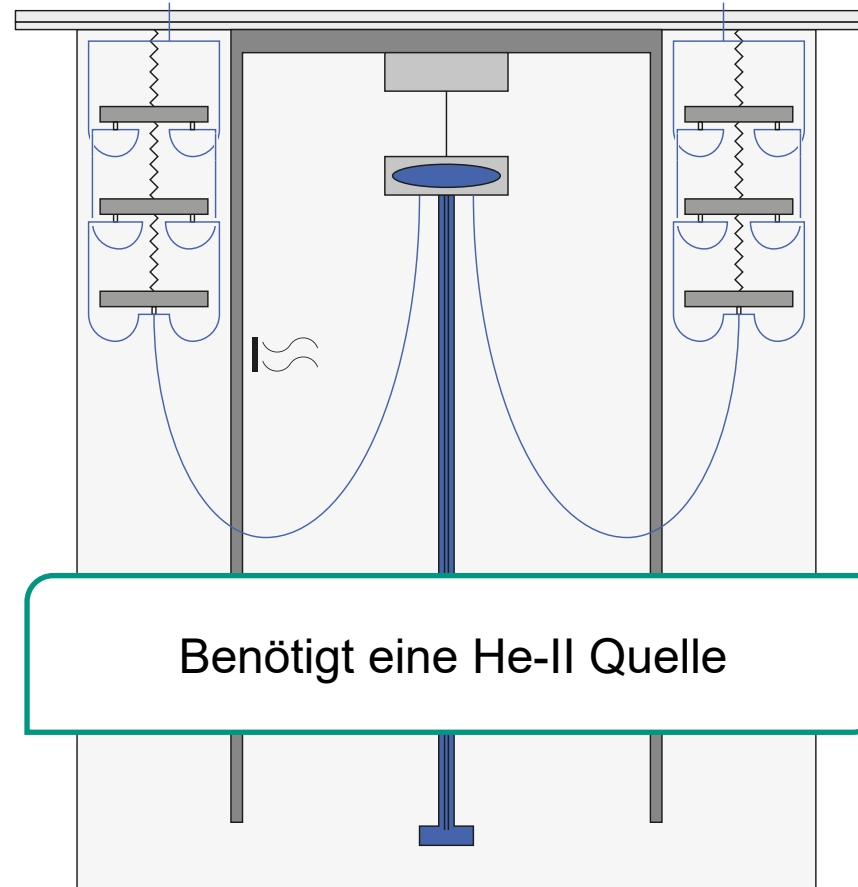
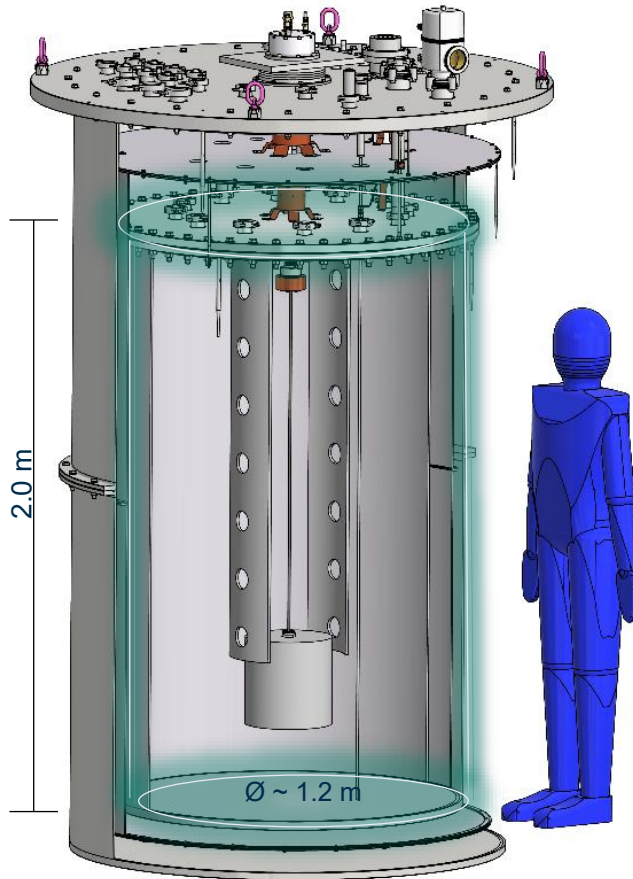
Weltweit erster 1:1-
Versuchsstand für kryogene
Spiegelaufhängungen

GRAVITHELIUM

Phase II



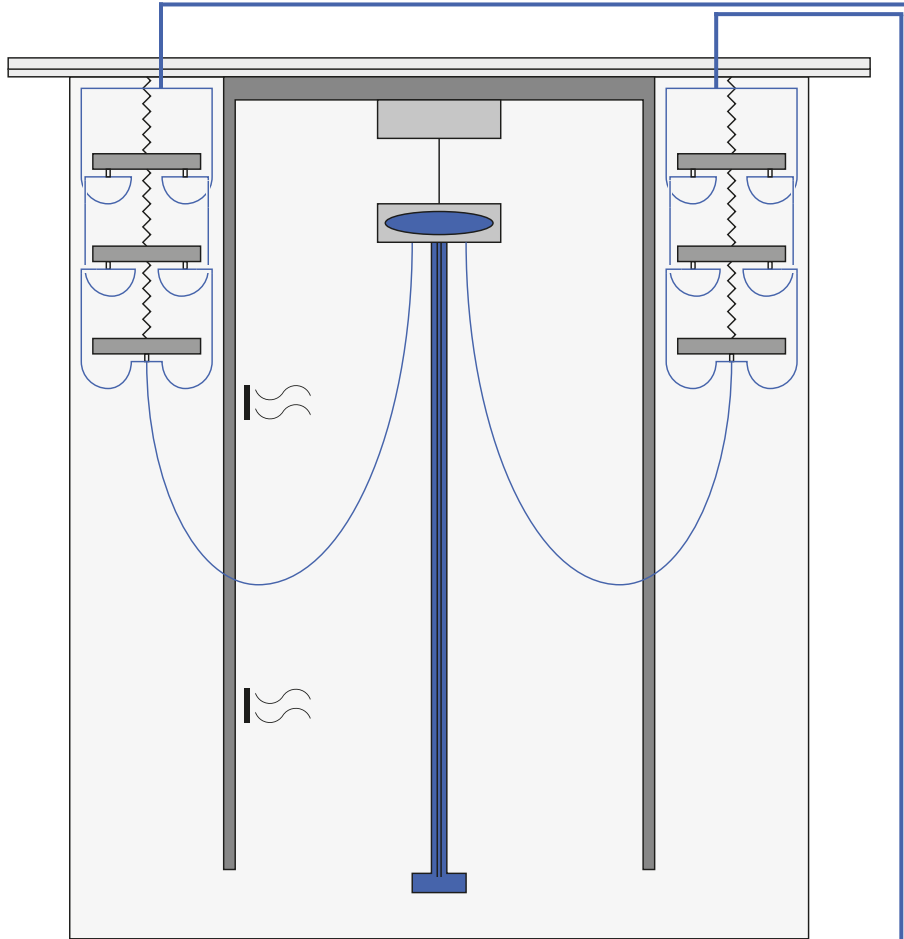
GRAVITHELIUM
Gravitational wave detectors
cooled with superfluid helium



- Untersuchung des Q-Faktors einer He-II Kapillare
- Validierung unseres Vorschlages für ET
- Untersuchung der Dissipationsmechanismen in He-II
- Proof of Concept für ein Attenuation System

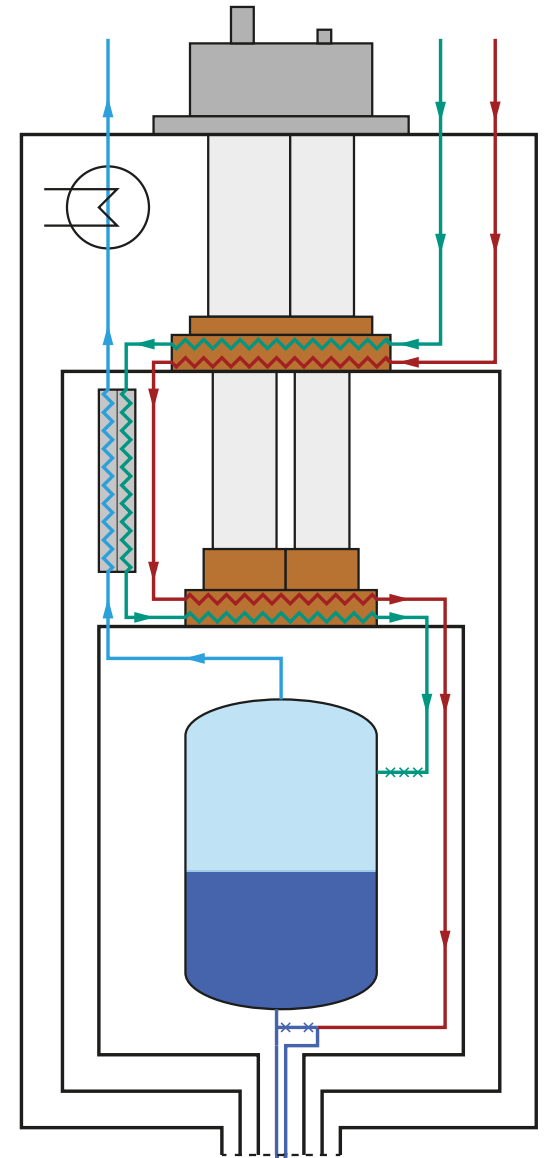
GRAVITHELIUM

Helium Versorger

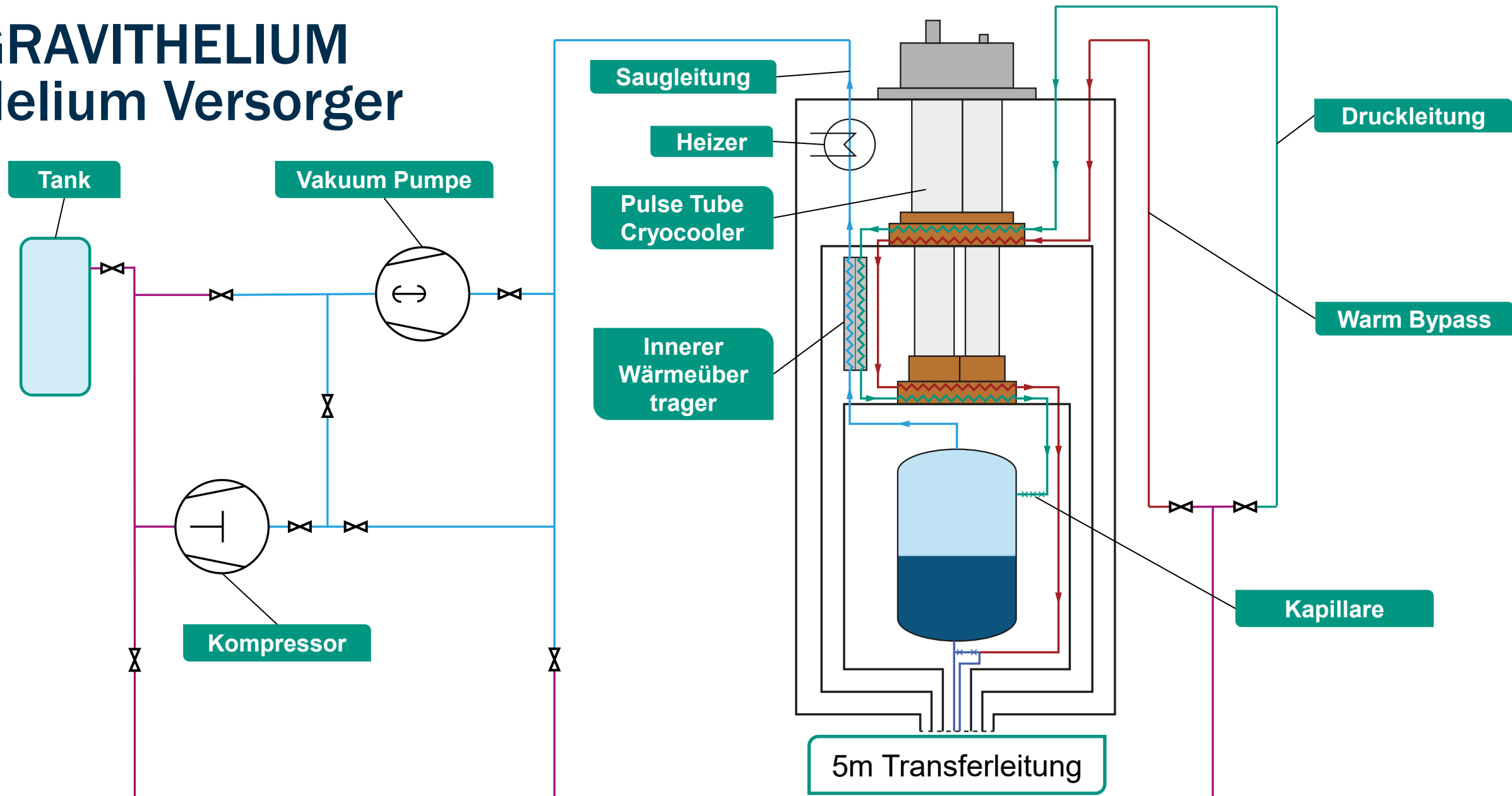


- 400 mW @ 1.8 K
- Nach unten anpassbare He-II Temperatur
- Vollständig geschlossener He-Kreislauf
- He-II wird über eine Transferleitung bereitgestellt

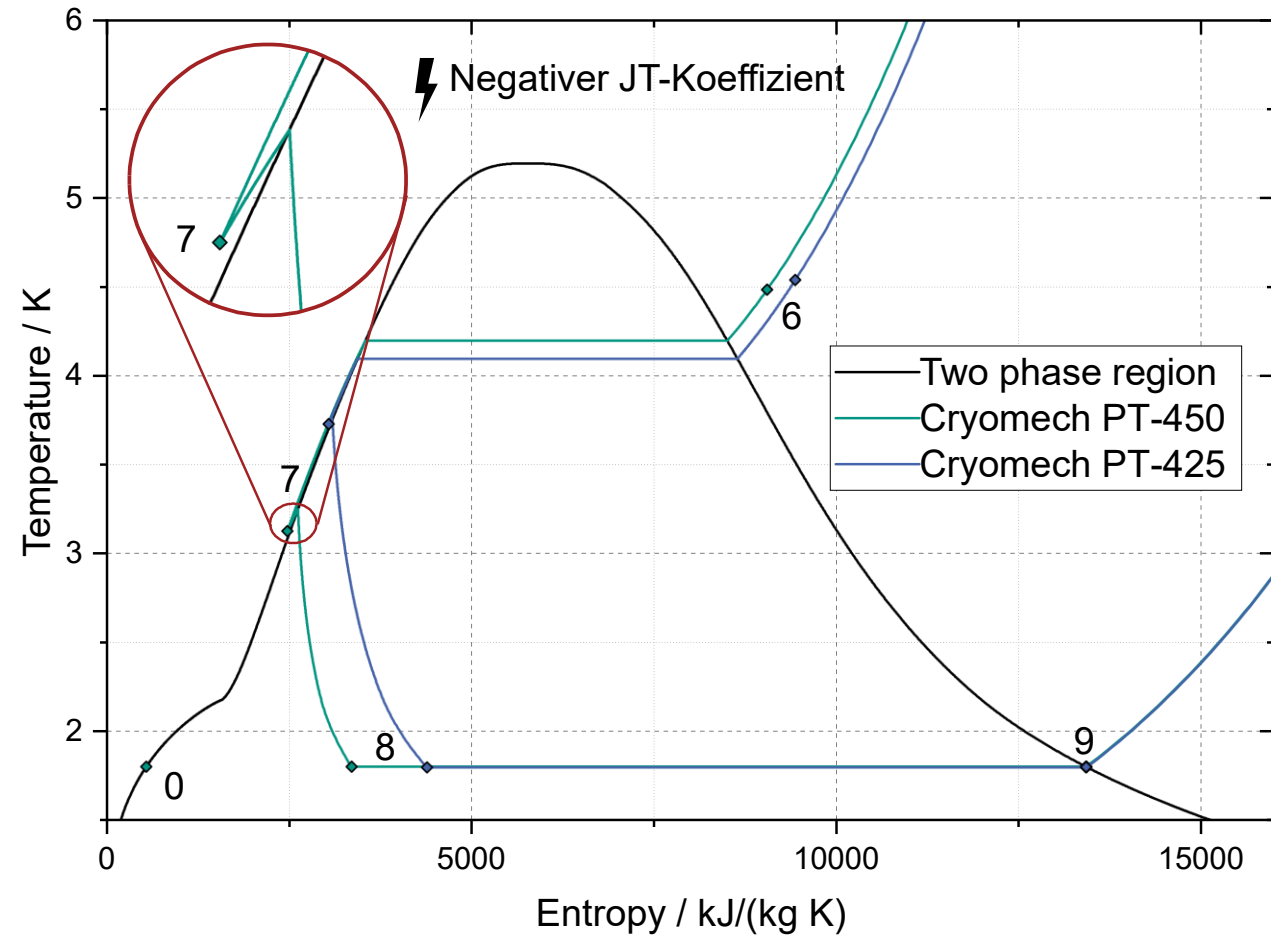
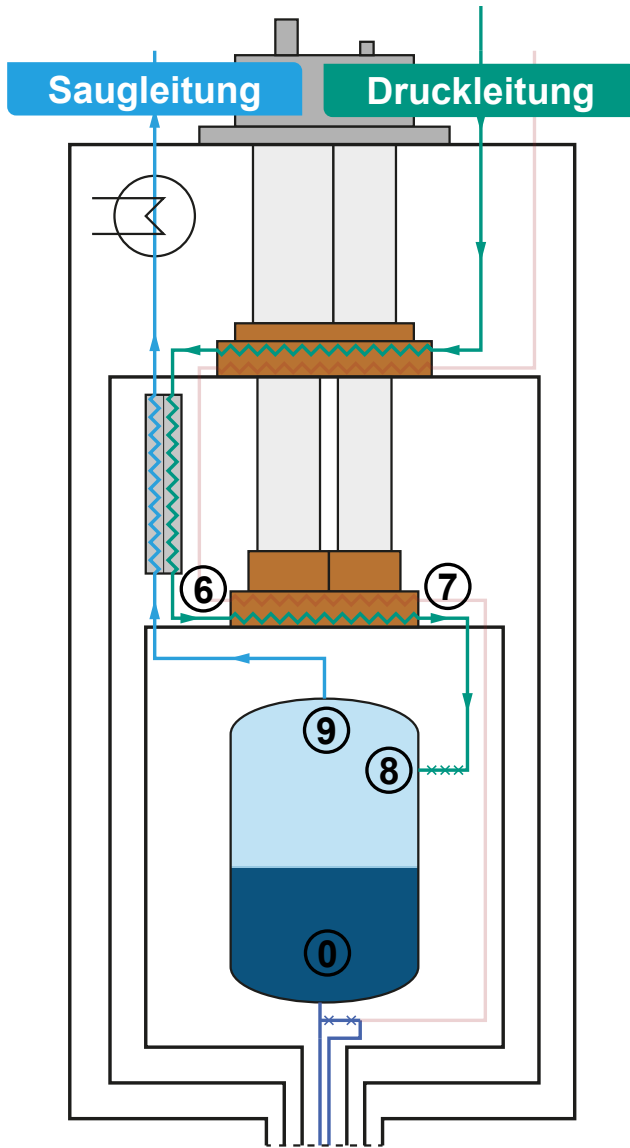
5m Transferleitung



GRAVITHELIUM Helium Versorger

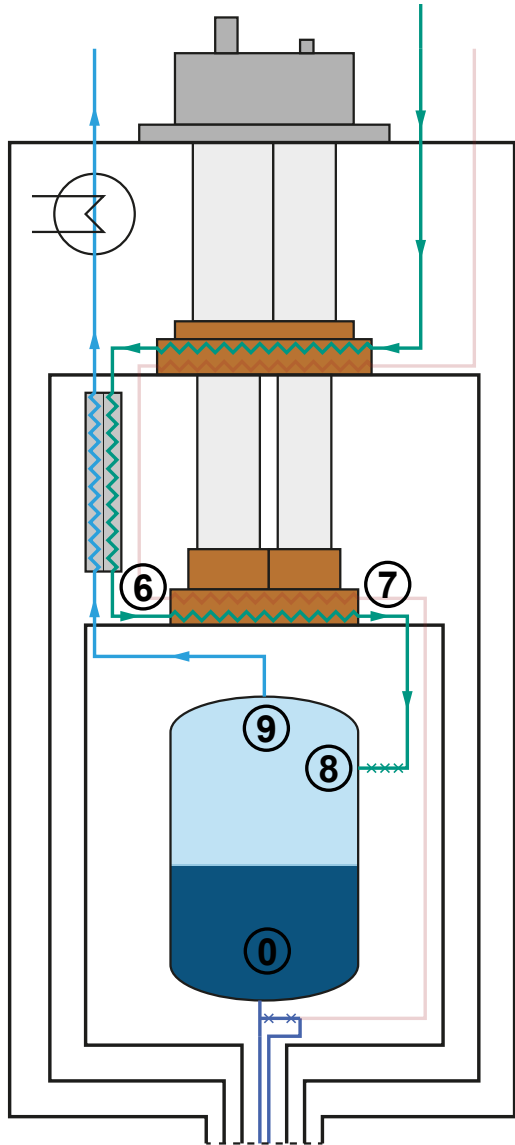


Stationärer Betrieb



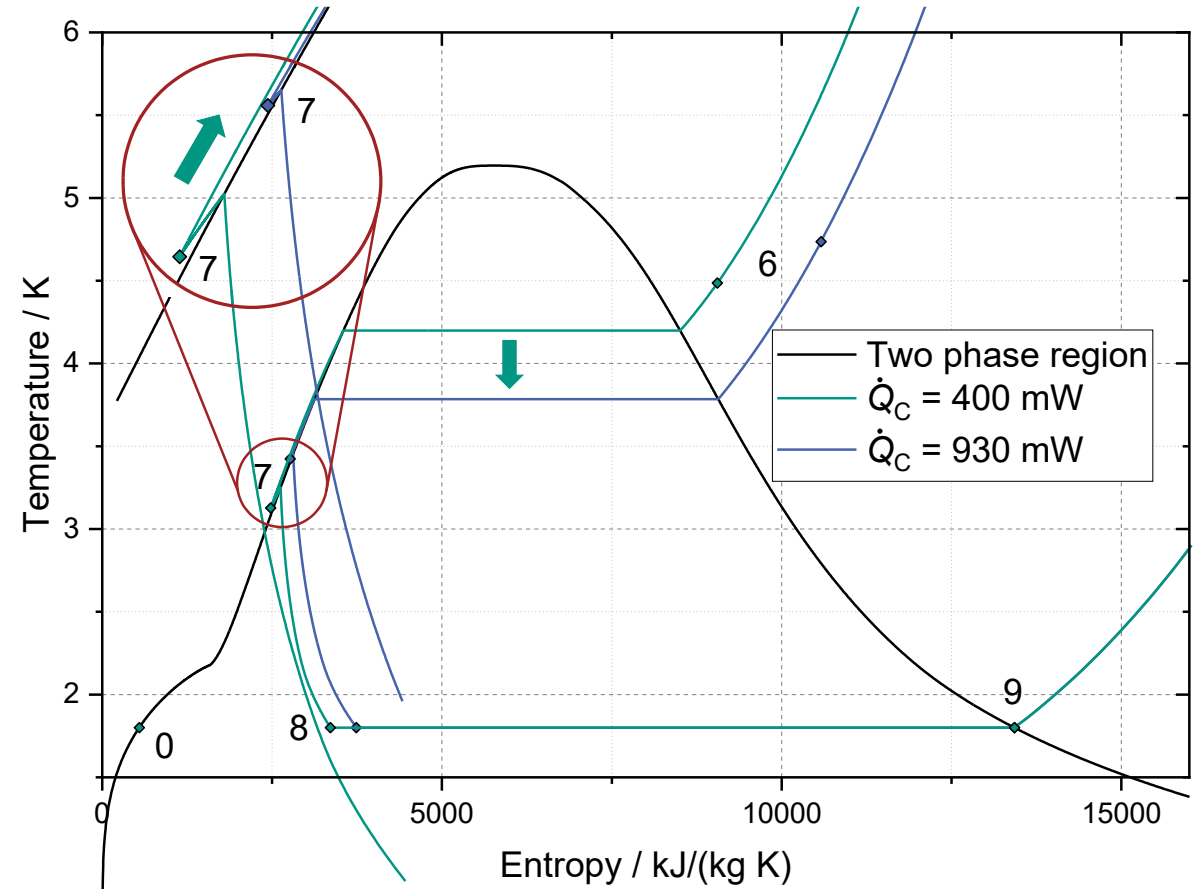
Source	T_{He} in K	\dot{Q}_c in mW	$\dot{Q}_{c,max}$ in mW	x_8 in %	P_{el} in kW
PT-425	1.8	400	640	70	14
PT-450	1.8	400	1000	78	25
Bluefors [2]	1.8	440	-	-	>12
Jahromi [3]	1.76	250	-	-	8.8

Stationärer Betrieb



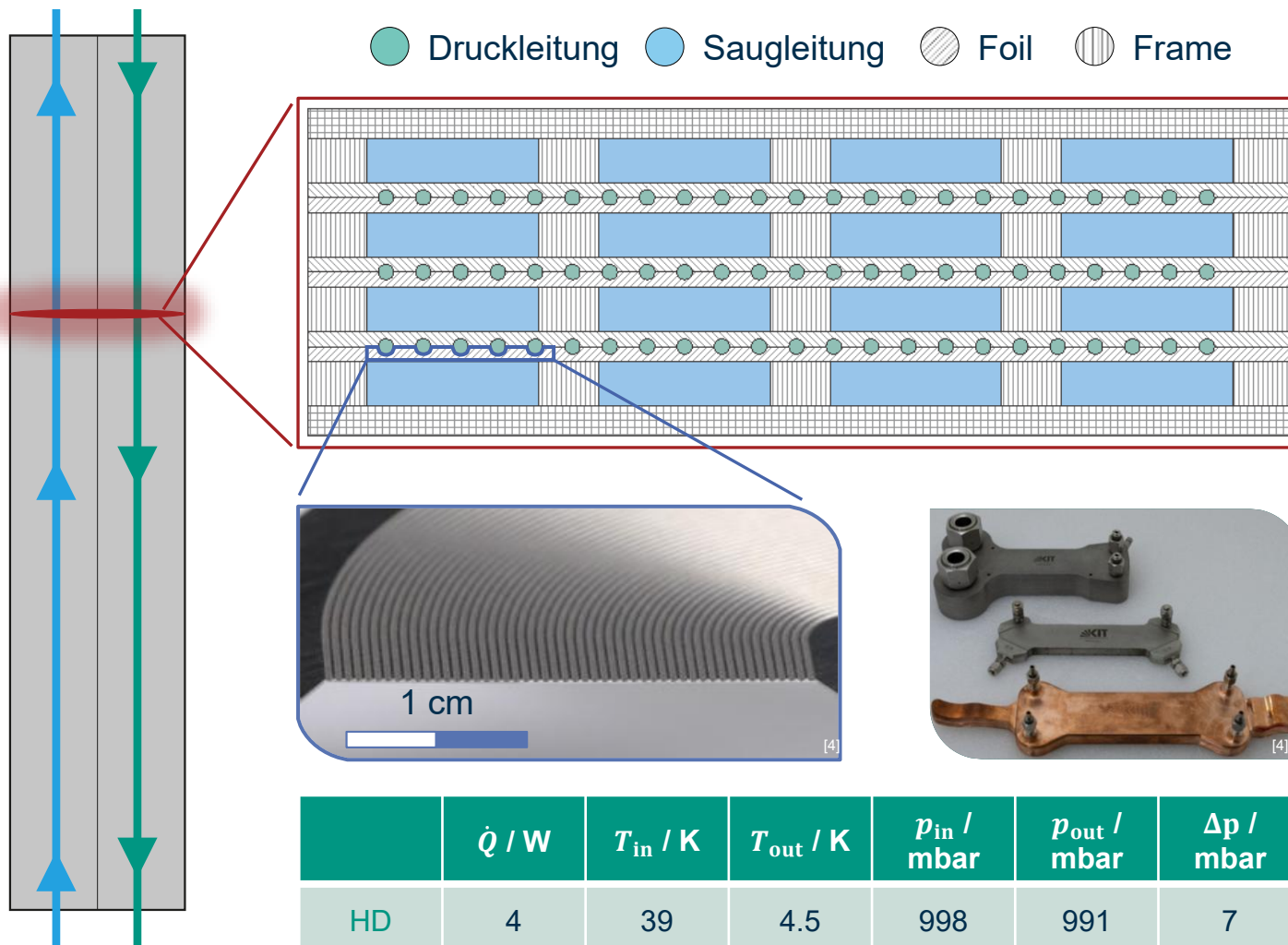
- Mehr Kälteleistung führt zu:
 - Höheren Massenströmen
 - Höheren Druckverlusten
- Höhere Massenströme
 - T_7 steigt
- Höhere Druckverluste
 - Siedetemperatur sinkt

Maximal mögliche
Kälteleistung erreicht wenn
Punkt 7 auf der Siedelinie
liegt

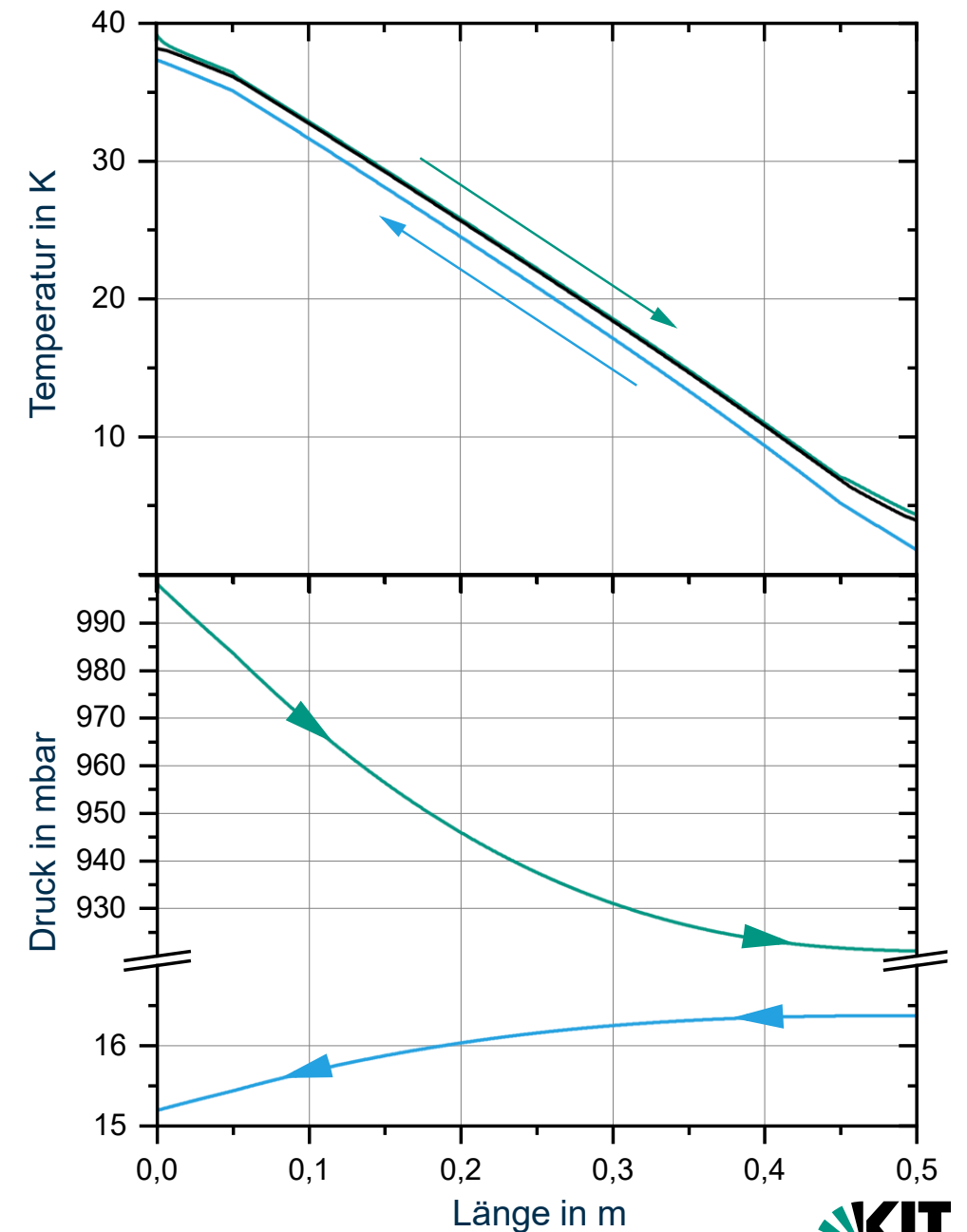


Kälteleistungen von >1W @ 1.8 K mit PT-450

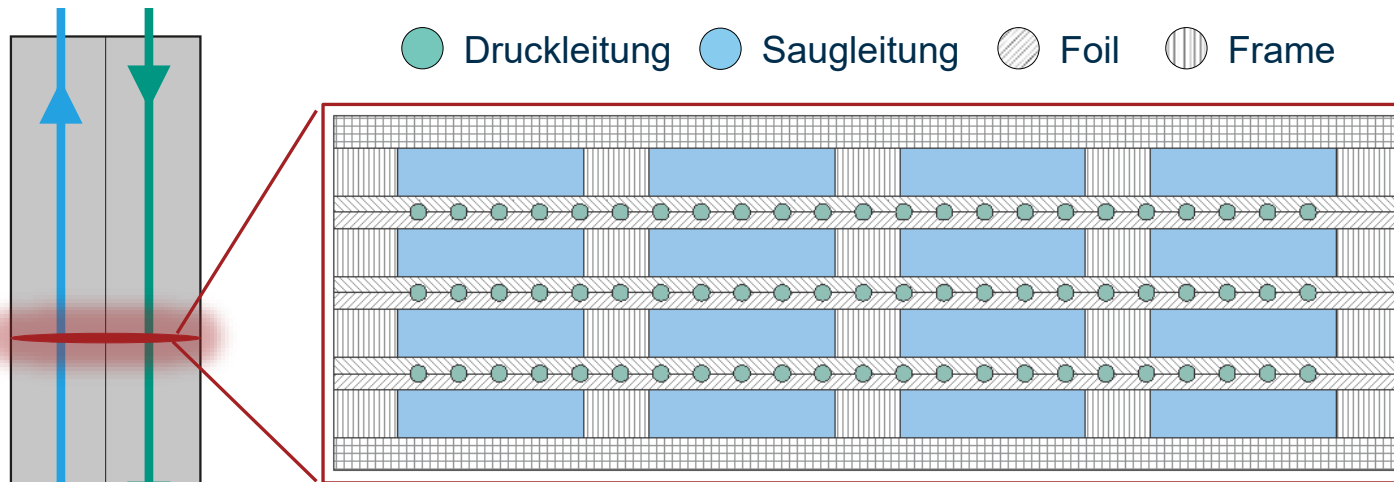
Foil-Frame Wärmeübertrager



	\dot{Q} / W	T_{in} / K	$T_{\text{out}} / \text{K}$	$p_{\text{in}} / \text{mbar}$	$p_{\text{out}} / \text{mbar}$	$\Delta p / \text{mbar}$
HD	4	39	4.5	998	991	7
ND	4	1.8	37	16.38	15.15	1.23

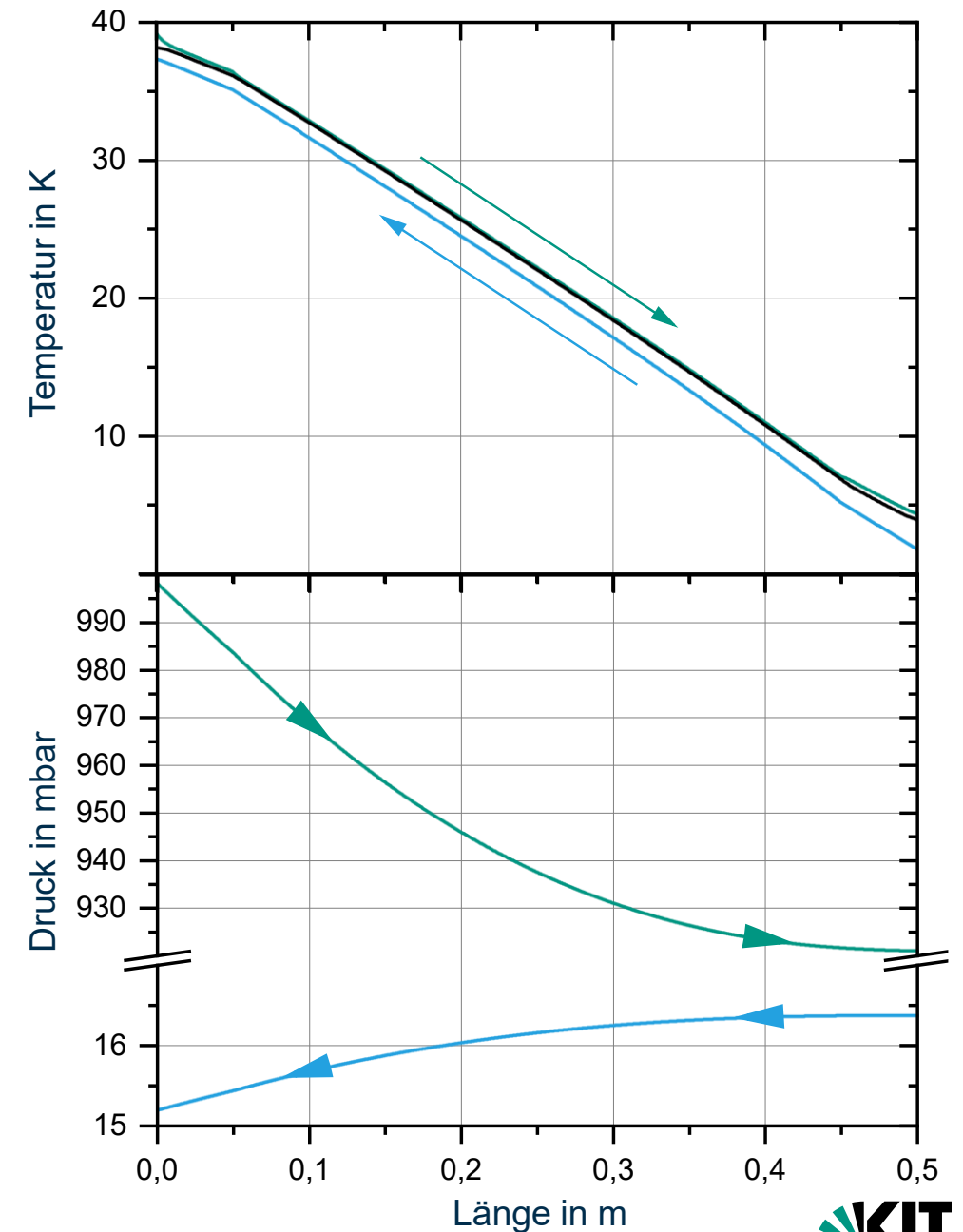


Foil-Frame Wärmeübertrager

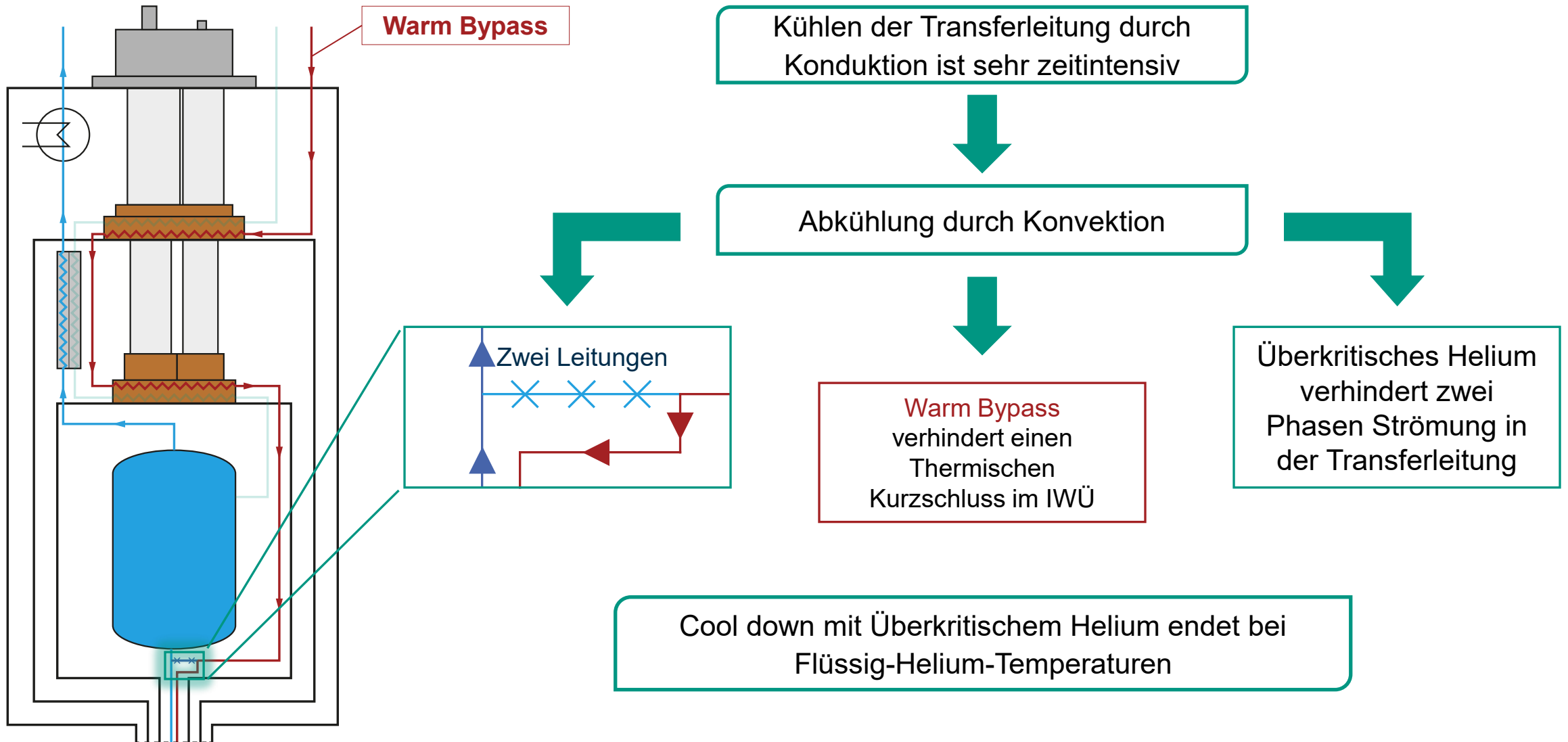


- Max. Kälteleistung durch Saugvermögen der Vakuumpumpe begrenzt
- Niedrige Viskosität aber große Dichtegradienten

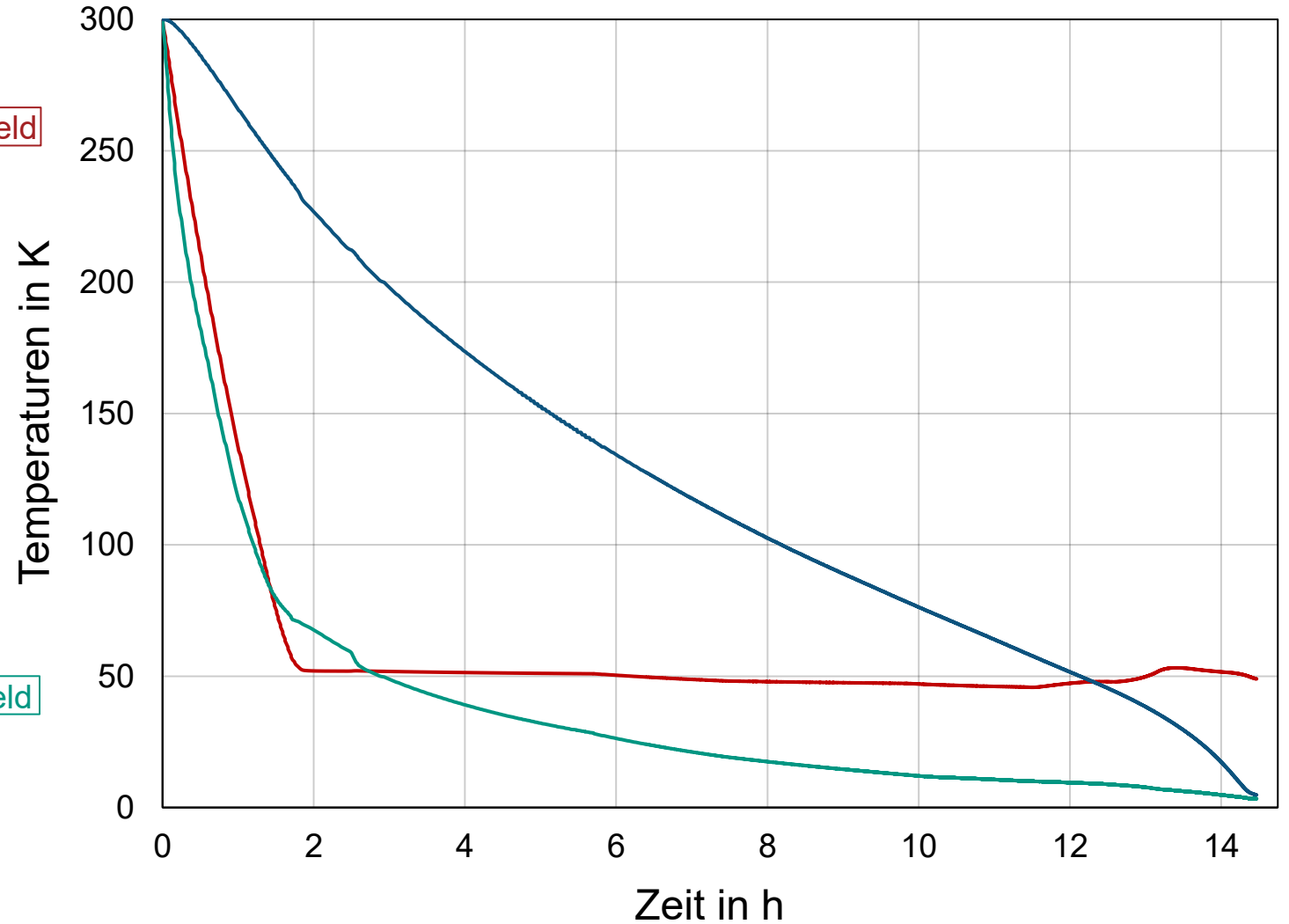
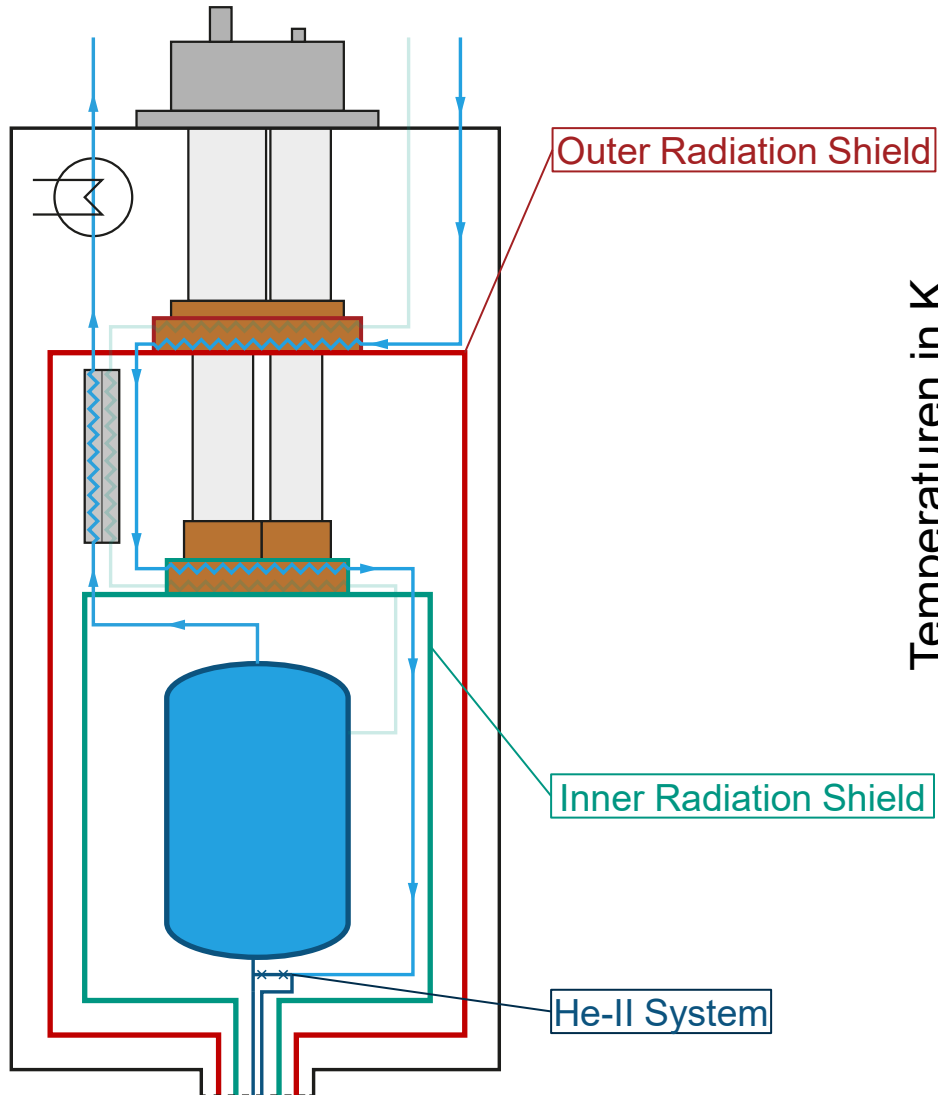
$$\left(\frac{dp}{dz}\right)_a = u^2 \left(\frac{d\rho}{dz}\right)$$



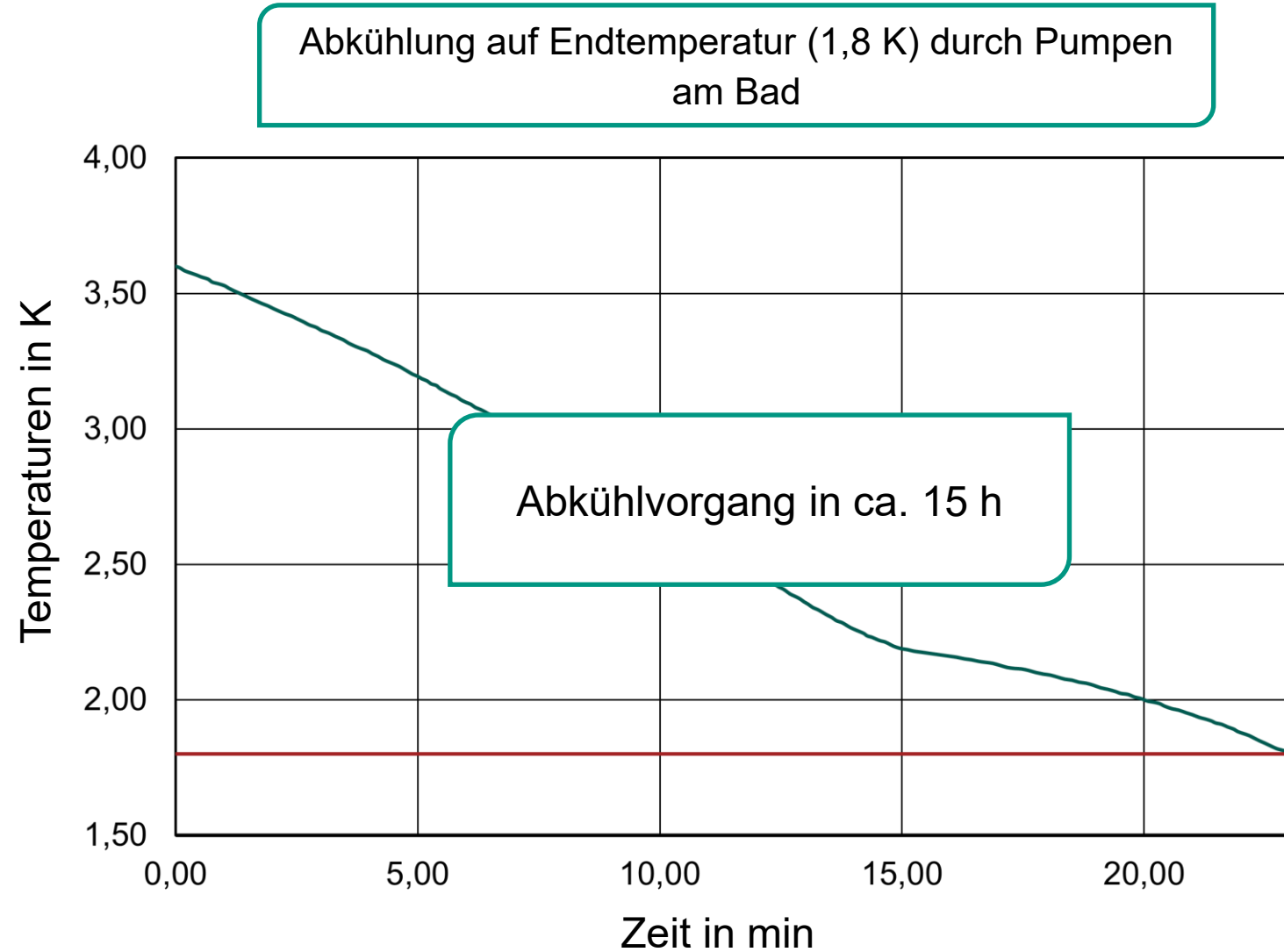
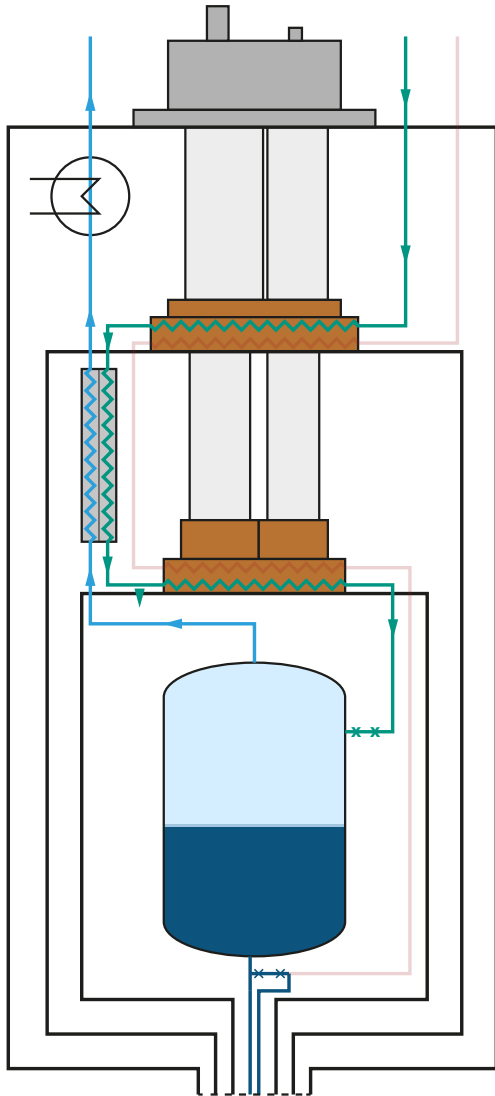
Cooldown



Cooldown - Phase I



Cooldown - Phase II



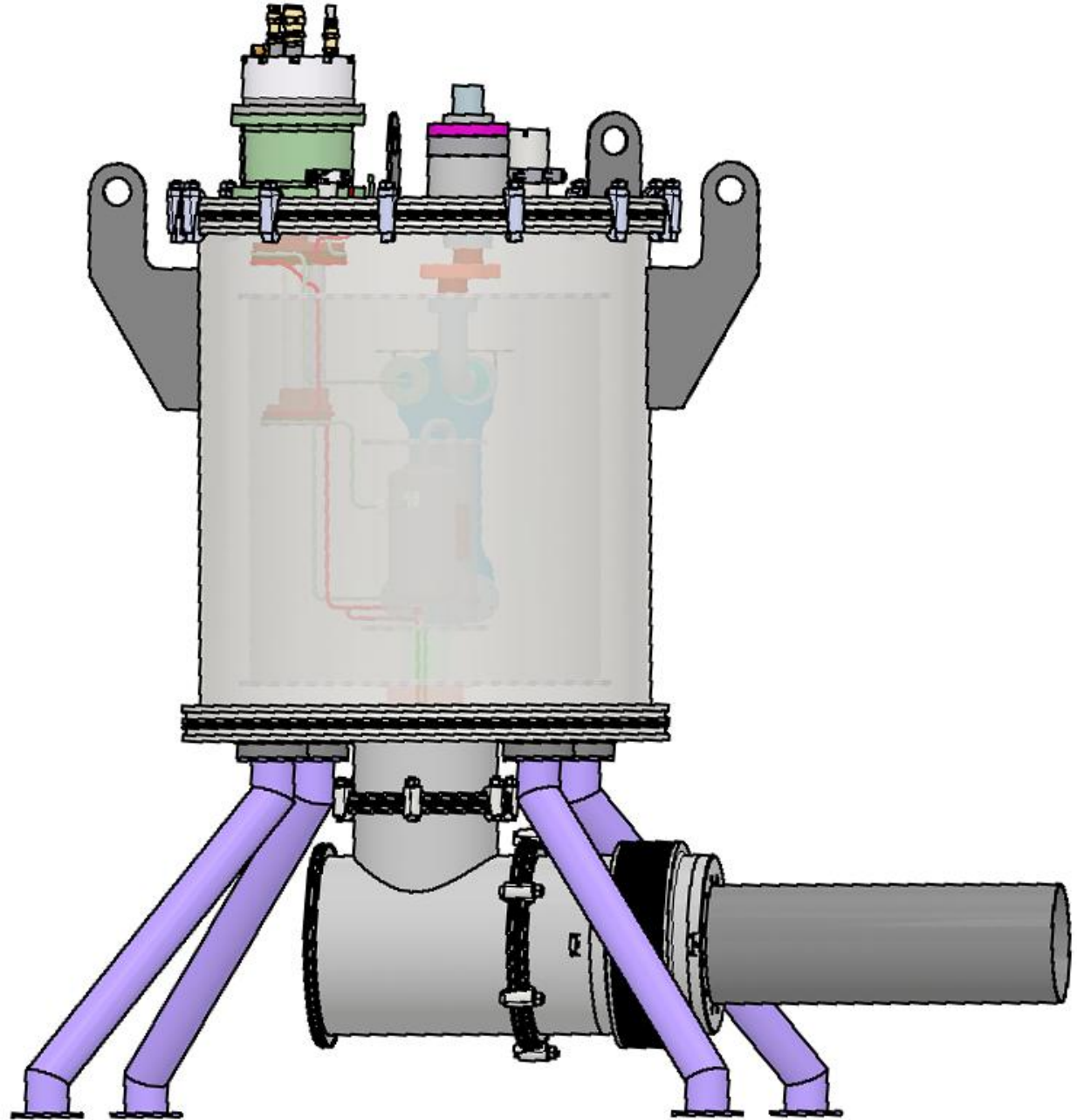
Quellen

[1] - S. D. Pace et al. (2022), DOI: [10.3390/galaxies10030065](https://doi.org/10.3390/galaxies10030065)

[2] - PT425 1K Pulse Tube Cryocooler. Bluefors.com. Feb. 22, 2019. <https://bluefors.com/products/pulse-tube-cryocoolers/pt425-1k/>

[3] - Amir E. Jahromi et al., Modeling, development, and experimental validation of a Joule–Thompson superfluid refrigerator using a pulse tube cryocooler

[4] - D. Gomse et al. „Entwicklung eines Wärmeübertragers für kryogene Gemischkältekreisläufe“, 2016. DKV Tagung Kassel



GRAVITHELIUM

Gravitational wave detectors
cooled with superfluid helium

