

# BILS-Bubble in the lake

Saisonale Energiespeicherung  
Swiss Cleantech

# deesuisse

1. Nationaler Wärmekongress 2023

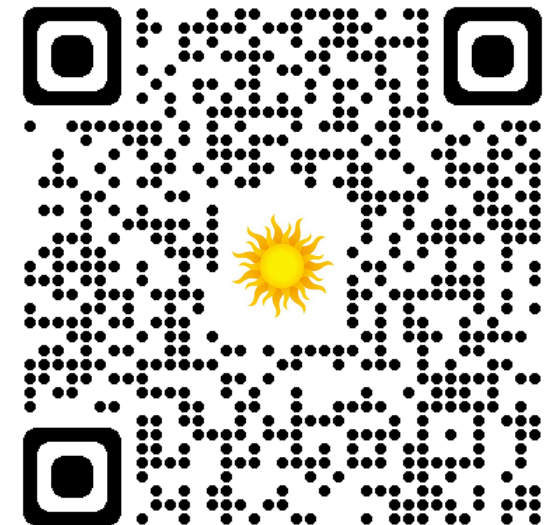
## 1. Nationaler Wärmekongress 2023

**23. Mai 2023**

<https://aee-kongress.ch/de/waermekongress/>

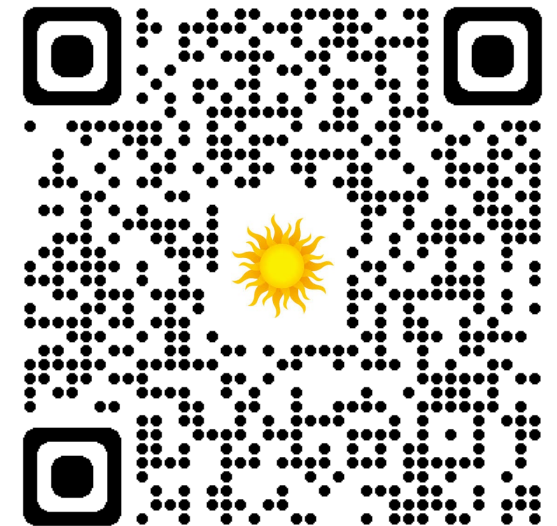
### Ort:

Haus der Wirtschaft  
Hardstrasse 1  
4133 Pratteln



# Roadmap Solarthermie

- Roadmap Solarwärme  
**Dr. Sabine Perch-Nielsen**, *Partnerin EBP und Teamleiterin Energieeffizienz und Erneuerbare*
- Marktsegment Wohngebäude am Beispiel Heizungssanierung Liegenschaft mit 100 Wohnungen  
**Ueli Frei**, *SOLTOP Energie AG, VR-Mitglied*
- Wärmeverbund Ludwigsburg – mit Solarwärme Holz im Sommer ersetzen  
**Christian Stadler**, *Head of large scale solar thermal projects, Viessmann*
- Hochleistungs-Solarthermie für den Genfer Wärmeverbund: Bilanz nach 2 Jahren  
**Florent Saunier**, *Country Manager Switzerland, TVP SOLAR SA*
- Grosse solarthermische Anlagen für die Industrie  
**Lucie Nebut**, *Senior Project Manager EU, Newheat*



# Bubble in the lake - The Crew

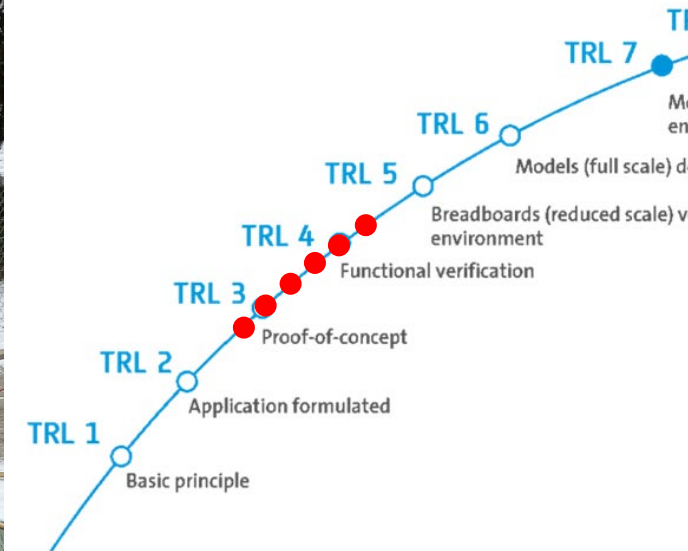


**Andreas Bohren**    **Alfred Brunner**  
[www.spf.ch](http://www.spf.ch)

**Urs Meier-Aegerter**  
[www.luftundlaune.ch](http://www.luftundlaune.ch)



**Rachel Anne Freeman**



# Wärmespeicherung in Gebäuden



# Freistehender Speicher für Wärmenetze



**Agro Energie Schweiz**

50 m hoch

28'000 m<sup>3</sup>

Agro Energie Schwyz AG, 6438 Ibach

<https://www.agroenergie-schwyz.ch>

# Pit storage für Wärmenetze

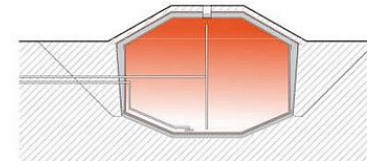


## Vojens district heating (7000 people)

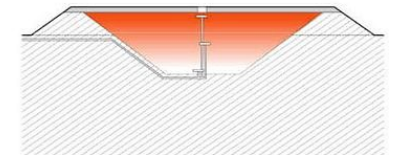
One of the largest thermal storage pit (200 000 m<sup>3</sup>).  
Inter seasonal heat storage with solar plant.

Delivers more than half of the annual heat demand of the network.

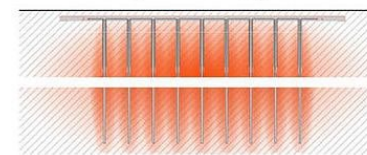
Tank thermal energy storage (TTES)  
(60 to 80 kWh/m<sup>3</sup>)



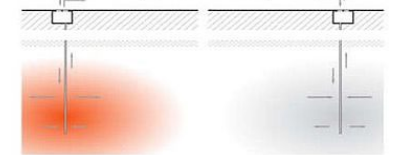
Pit thermal energy storage (PTES)  
(30 to 80 kWh/m<sup>3</sup>)



Borehole thermal energy storage (BTES)  
(15 to 30 kWh/m<sup>3</sup>)



Aquifer thermal energy storage (ATES)  
(30 to 40 kWh/m<sup>3</sup>)



<http://solarheateurope.eu/2020/05/19/vojens-district-heating/>  
<https://goo.gl/maps/vs3JbUvPbGhCsZM49>

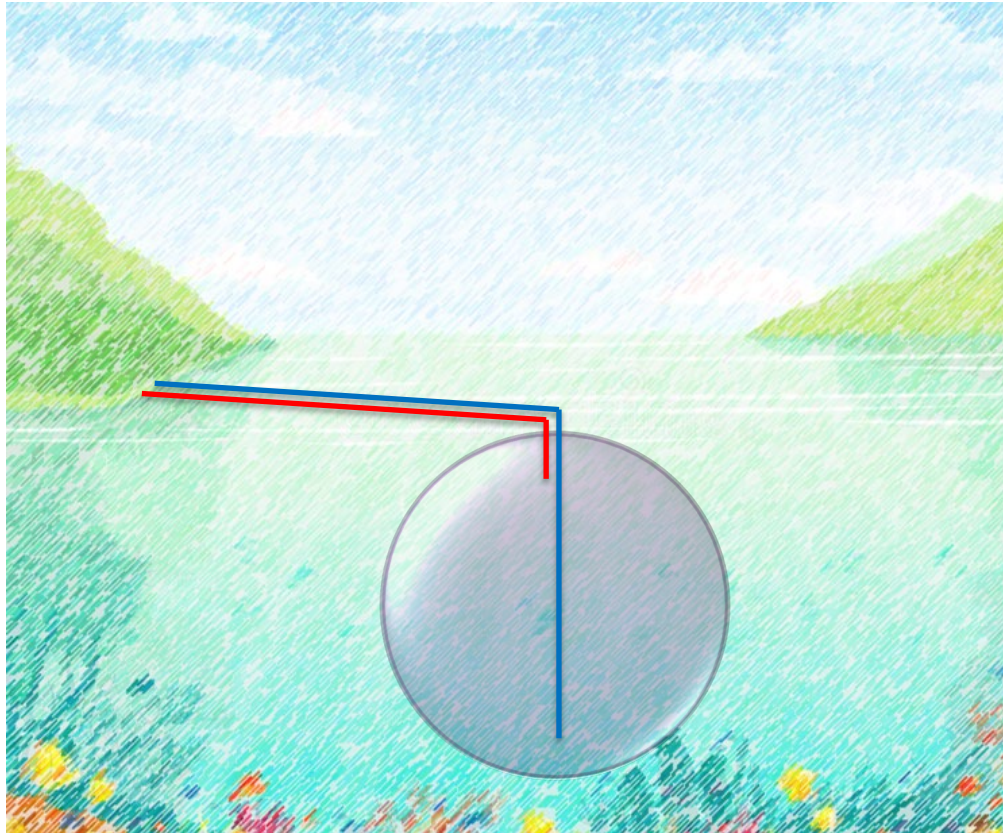
# BILS – Die Idee

- Speicher wird im See platziert
- Prinzip Qualle  
"Wasser im Wasser"  
Innendruck = Aussendruck  
-> leichte und flexible Hülle
- Platz ! Kein Landbedarf
- Schneller Aufbau?
- Kostengünstiger Aufbau?

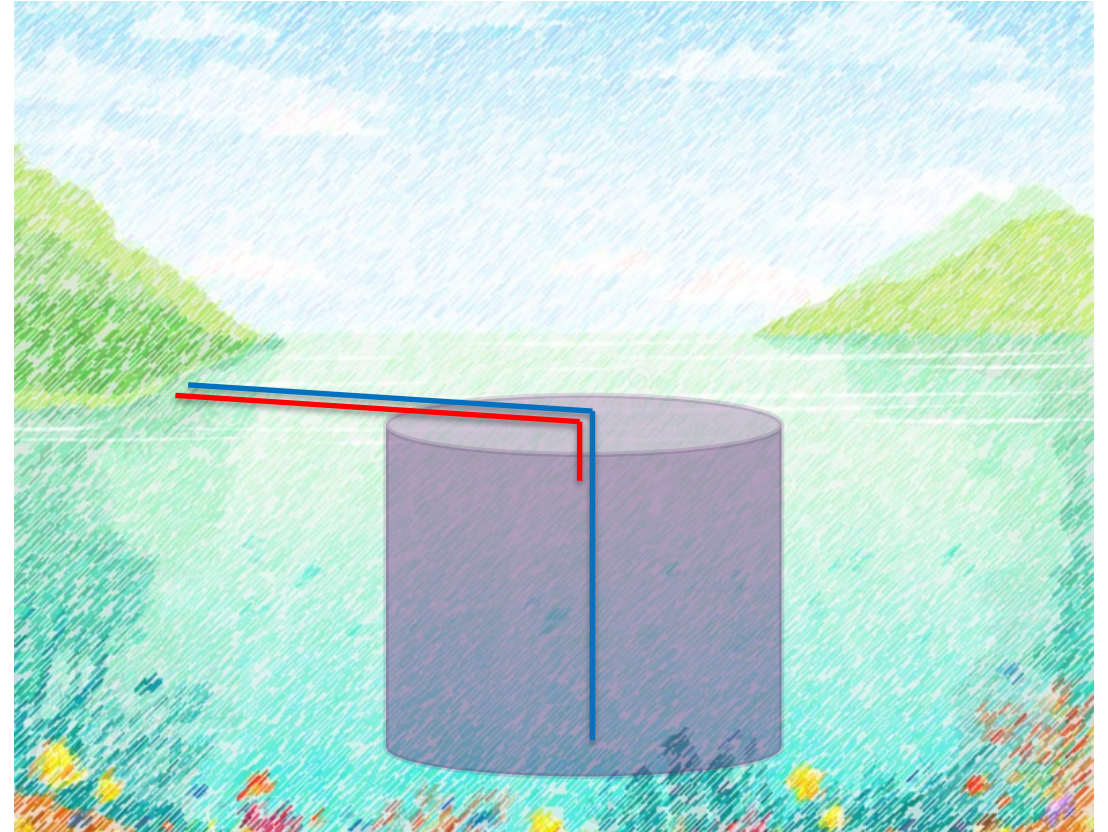
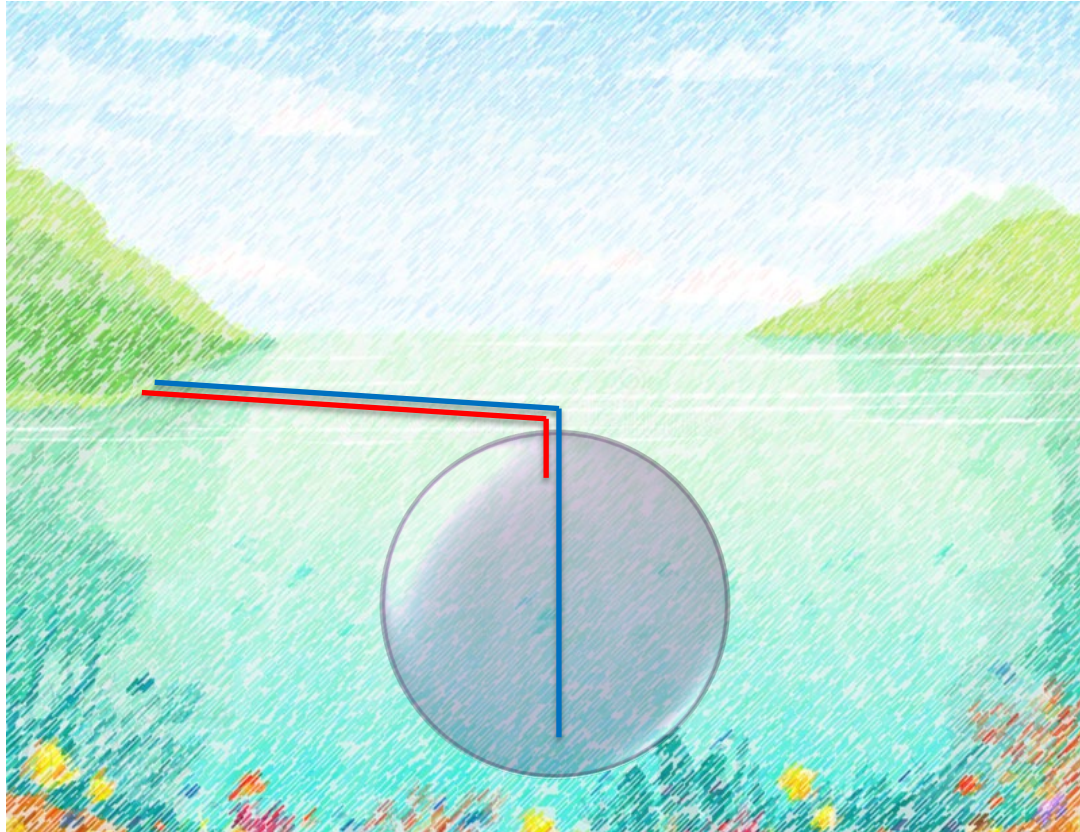




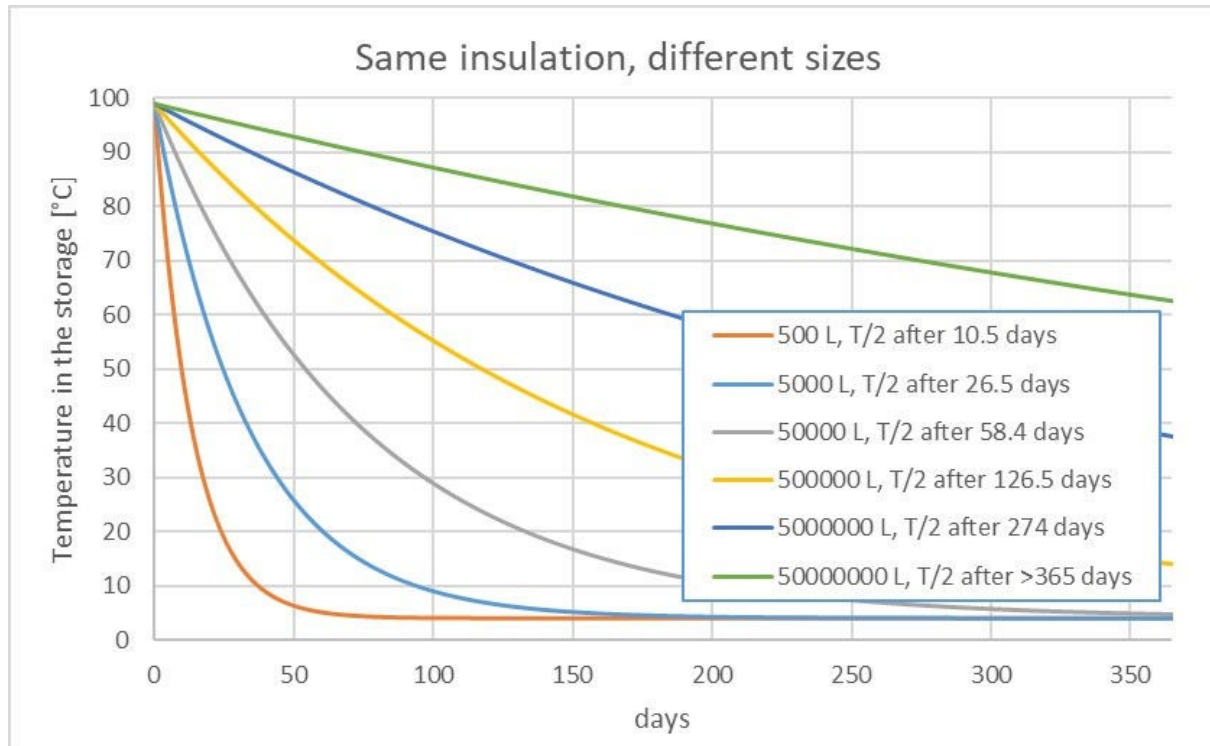
# BILS – Die Idee



# BILS – Die Idee



# Die Grösse spielt eine Rolle



Annahme:

"Klasse B" 500 l Speicher

Gleiche Isolierung (10 cm Mineralwolle),  
aber grössere Speicher



# Die Grösse spielt eine Rolle



# Die Grösse spielt eine Rolle



# Geschichte

## (1) Lake Storage

**A conceptual design study will be made of warm water storage in part of a natural lake or bay that is thermally insulated from the surrounding water and atmosphere. The volume would be on the order of 1 million m<sup>3</sup>, with maximum water temperatures of 80-95 °C.**

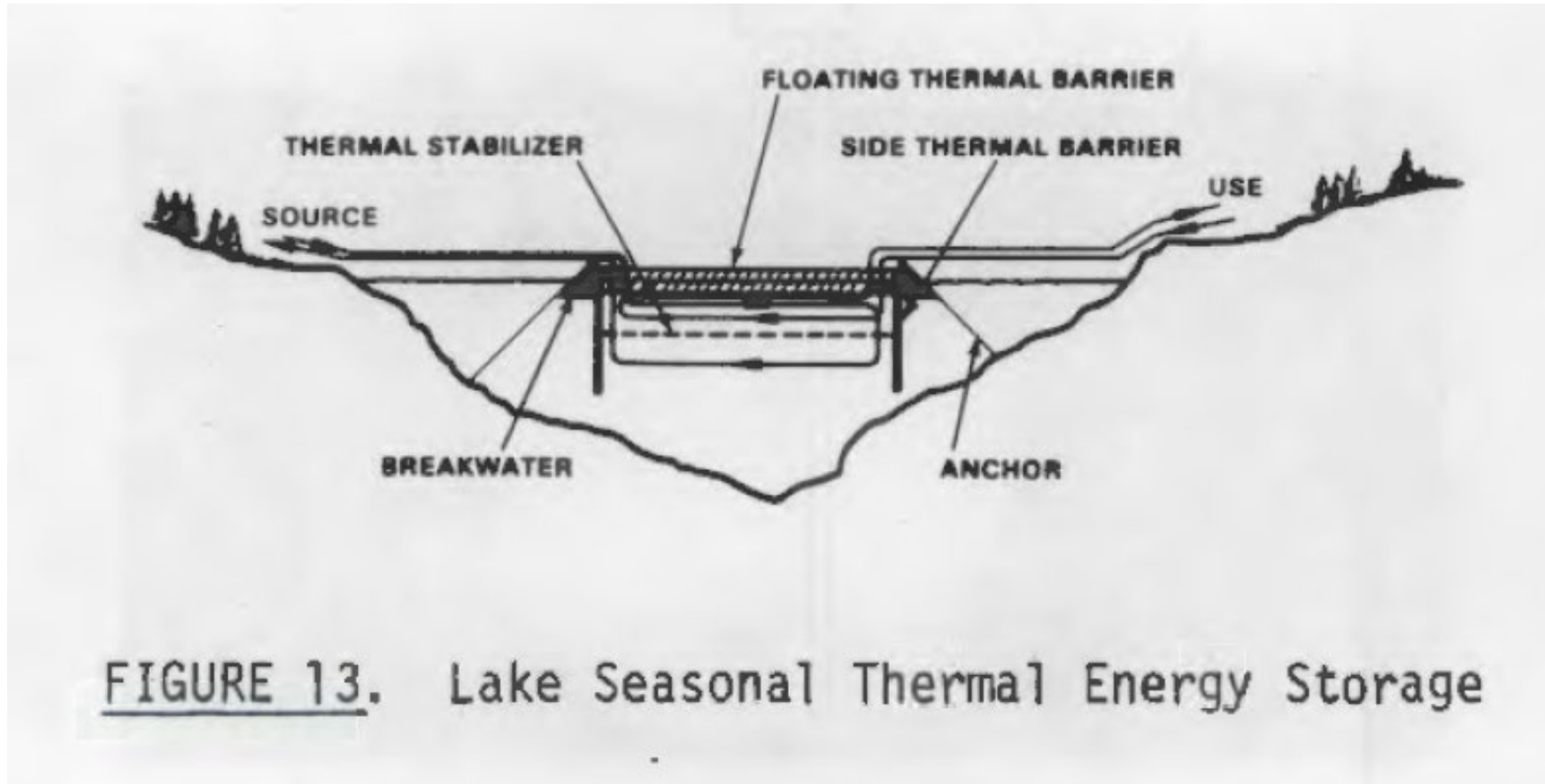
**Study Cost: SwKr 900,000.**

**Estimated Date of Completion: October 1978.**



*Source: United States Treaties and Other International Agreements, page 2343  
VOLUME 33, IN FOUR PARTS, Part 2, 1979-1981 (<http://books.google.com>)*

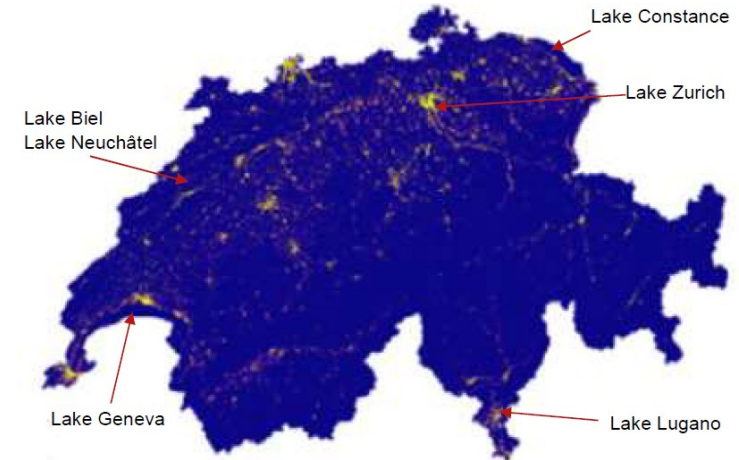
# Geschichte



Source: Preliminary Assessment of promising nonaquifer seasonal thermal energy storage, Donald E. Blahnik, Pacific Northwest Laboratory, Washington. Proceedings of International conference on seasonal thermal energy storage and compressed air energy storage Seattle – Washington, October 19-21, 1981 (found on Microfiche, ETHZ)

# Potential in der Schweiz – Gemeinden und Seen

- #1 Zürich: 421878 Einwohner / Zürichsee: 3.9 km<sup>3</sup>
  - #2 Genf: 203856 Einwohner / Genfersee: 89 km<sup>3</sup>
  - #4 Lausanne: 140202 Einwohner / Genfersee: 89 km<sup>3</sup>
  - #7 Luzern: 82620 Einwohner / Vierwaldstättersee: 11.9 km<sup>3</sup>
  - #9 Lugano: 62315 Einwohner / Lago di Lugano: 6.6 km<sup>3</sup>
  - #10 Biel/Bienne: 55206 Einwohner / Bielersee: 1.2 km<sup>3</sup>
  - #11 Thun: 43476 Einwohner / Thunersee: 6.5 km<sup>3</sup>
  - #16 La Chaux-de-Fonds: 36915 Einwohner / Neuenburgersee: 14 km<sup>3</sup>
  - #18 Uster: 35337 Einwohner / Greifensee: 0.161 km<sup>3</sup>
  - #20 Vernier: 34898 Einwohner / Genfersee: 89 km<sup>3</sup>
  - #21 Lancy: 33989 Einwohner / Genfersee: 89 km<sup>3</sup>
  - #22 Neuenburg: 33455 Einwohner / Neuenburgersee: 14 km<sup>3</sup>
  - #23 Emmen: 31039 Einwohner / Vierwaldstättersee: 11.9 km<sup>3</sup>
  - #24 Zug: 30934 Einwohner / Zugersee: 3.2 km<sup>3</sup>
  - #25 Yverdon-les-Bains: 29955 Einwohner / Neuenburgersee: 14 km<sup>3</sup>
  - #26 Dübendorf: 29907 Einwohner / Zürichsee: 3.9 km<sup>3</sup>
  - #27 Kriens: 28245 Einwohner / Vierwaldstättersee: 11.9 km<sup>3</sup>
  - #29 Rapperswil-Jona: 27483 Einwohner / Zürichsee: 3.9 km<sup>3</sup>
- 70 der 160 grössten Gemeinden der Schweiz sind nahe an einem stehenden Gewässern.  
Mehr als 2 Mio. Einwohner in diesen Gemeinden.



High heat demand per hectare is shown in yellow with 6 of the associated lakes pointed out.

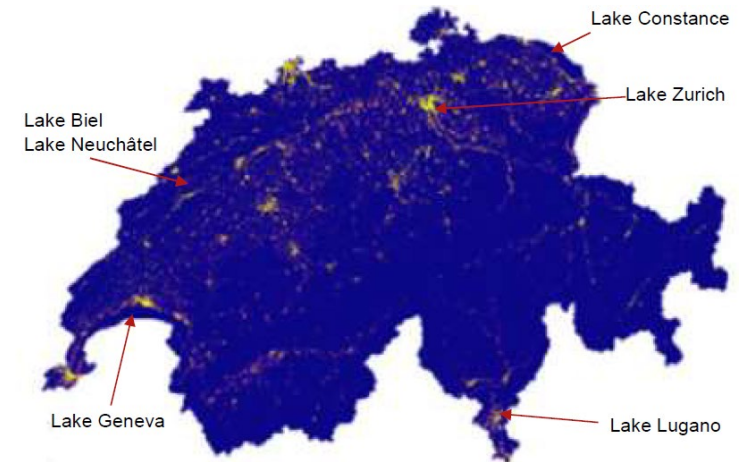
*J. Chambers, K. Narula, M. Sulzer, and M. K. Patel, "Mapping district heating potential under evolving thermal demand scenarios and technologies: A case study for Switzerland," Energy, vol. 176, pp. 682–692, Jun. 2019, doi: 10.1016/j.energy.2019.04.044.*



# Potential in der Schweiz – Gemeinden und Seen

Data taken from Wikipedia on 03.03.2022

- #1 Zürich: 421878 Einwohner / Zürichsee: 3.9 km<sup>3</sup>
- #2 Genf: 203856 Einwohner / Genfersee: 89 km<sup>3</sup>
- #4 Lausanne: 140202 Einwohner / Genfersee: 89 km<sup>3</sup>
- #7 Luzern: 82620 Einwohner / Vierwaldstättersee: 11.9 km<sup>3</sup>
- #9 Lugano: 62315 Einwohner / Lago di Lugano: 6.6 km<sup>3</sup>
- #10 Biel/Bienne: 55206 Einwohner / Bielersee: 1.2 km<sup>3</sup>
- #11 Thun: 43476 Einwohner / Thunersee: 6.5 km<sup>3</sup>
- #16 La Chaux-de-Fonds: 36915 Einwohner / Neuenburgersee: 14 km<sup>3</sup>
- #18 Uster: 35337 Einwohner / Greifensee: 0.161 km<sup>3</sup>
- #20 Vernier: 34898 Einwohner / Genfersee: 89 km<sup>3</sup>
- #21 Lancy: 33989 Einwohner / Genfersee: 89 km<sup>3</sup>
- #22 Neuenburg: 33455 Einwohner / Neuenburgersee: 14 km<sup>3</sup>
- #23 Emmen: 31039 Einwohner / Vierwaldstättersee: 11.9 km<sup>3</sup>
- #24 Zug: 30934 Einwohner / Zugersee: 3.2 km<sup>3</sup>
- #25 Yverdon-les-Bains: 29955 Einwohner / Neuenburgersee: 14 km<sup>3</sup>
- #26 Dübendorf: 29907 Einwohner / Zürichsee: 3.9 km<sup>3</sup>
- #27 Kriens: 28245 Einwohner / Vierwaldstättersee: 11.9 km<sup>3</sup>
- #29 Rapperswil-Jona: 27483 Einwohner / Zürichsee: 3.9 km<sup>3</sup>

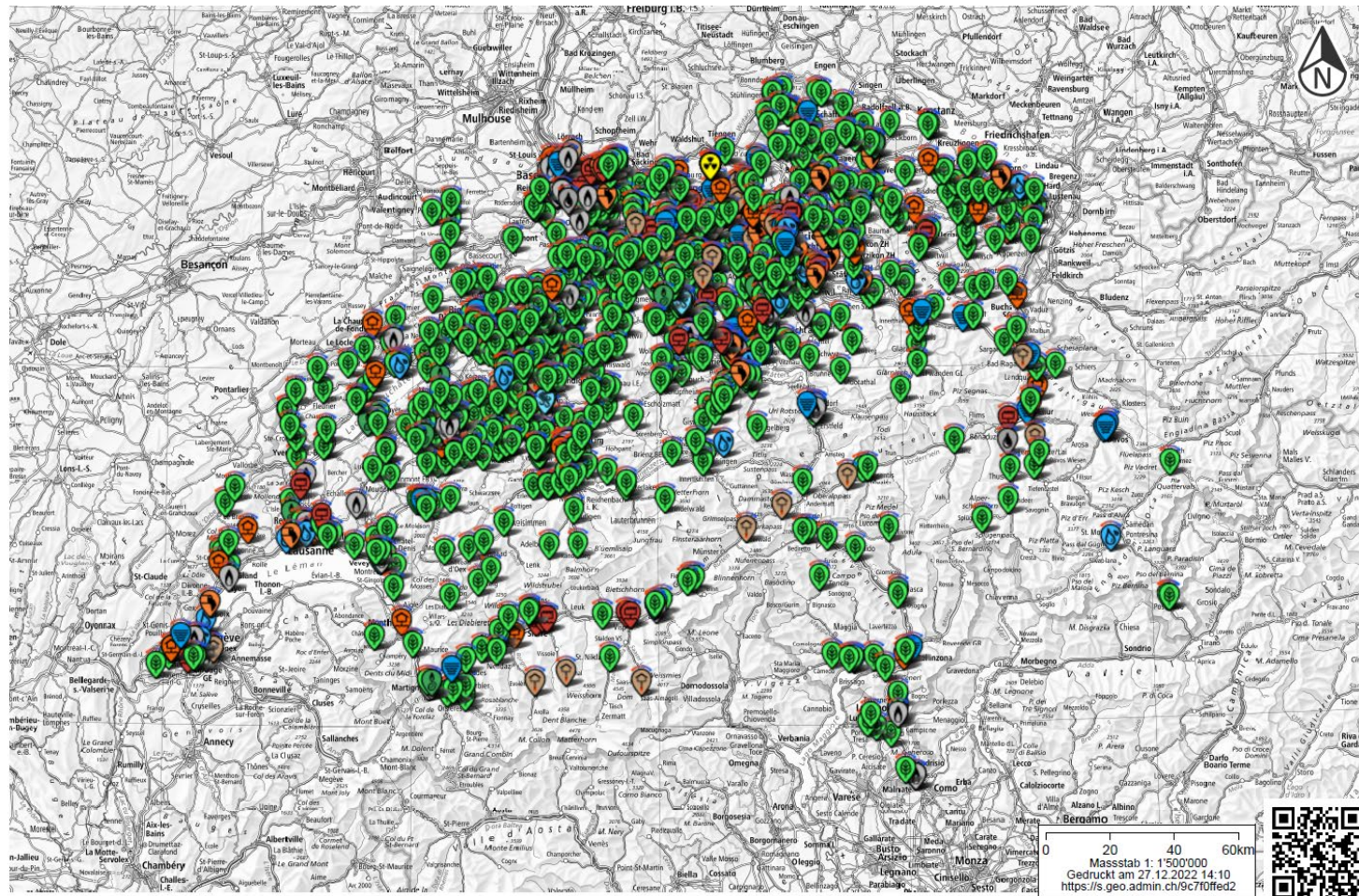


High heat demand per hectare is shown in yellow with 6 of the associated lakes pointed out.

*J. Chambers, K. Narula, M. Sulzer, and M. K. Patel, "Mapping district heating potential under evolving thermal demand scenarios and technologies: A case study for Switzerland," Energy, vol. 176, pp. 682–692, Jun. 2019, doi: 10.1016/j.energy.2019.04.044.*

- Viel mehr Städte und Gemeinden liegen nur ein paar km entfernt von einem grösseren Gewässer. Das Forschungsprojekt von 1980 hat bis zu 100km Entfernung als nutzbar eingeschätzt.

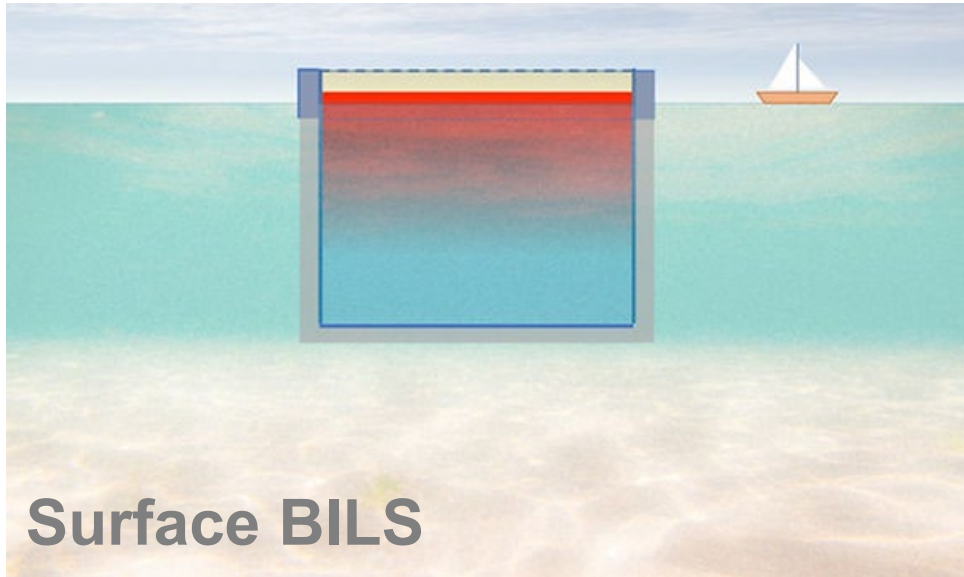
# Potential Schweiz – Wärmenetze



-  Surface water
-  Groundwater
-  Solar thermal
-  Air
-  Biomass
-  Biogas
-  Geothermal energy
-  Nuclear energy
-  Heating oil
-  Natural gas
-  Wastewater
-  Waste heat from municipal incinerator
-  Industrial and commercial waste heat

<https://s.geo.admin.ch/9c7f0ffed2>

# Konzept 1: Surface BILS

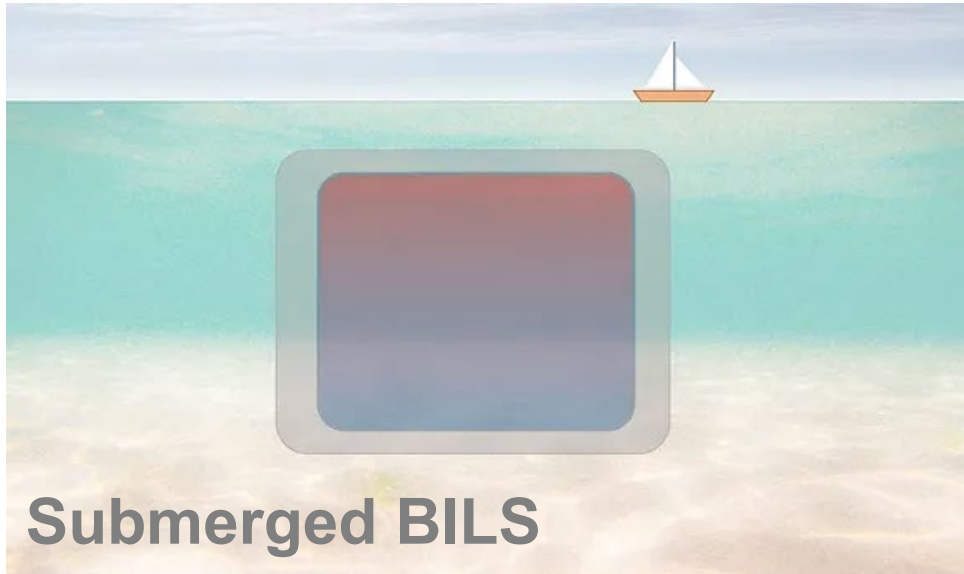


- + Einfacher Aufbau
- + Einfacher Zugang für Betrieb und Unterhalt.
- + Wasser als Speichermedium

Herausforderungen:

- Materialien sind durch UV und Klima stark belastet.
- Wärmeverluste durch Regen, Wind, Sturm, Schnee.
- Sichtbarkeit, Landschaftsbild
- Sicherheit
- Schiffsverkehr

## Konzept 2: Submerged BILS



Herausforderungen:

- Zugang für Wartung und Betrieb.
- Regulierung des Auftriebs.  
Auftrieb ist Temperaturabhängig und muss aktiv geregelt werden.

- + Unsichtbar
- + Keine Oberflächennutzung
- + Mechanisch stabile Verhältnisse
- + keine UV-Belastung der Materialien

# Forschungsthemen

- Statik, Auftrieb
- Materialien
- Verankerung
- Thermische Isolierung
  
- Finanzen Rechtliches
- Umwelt
- Betrieb
- etc

# Forschungsthemen

- **Statik, Auftrieb**
- Materialien
- Verankerung
- Thermische Isolierung
  
- Finanzen Rechtliches
- Umwelt
- Betrieb
- etc

# Die Experimente



$H = 2\text{m}$  ,  $r = 0.6\text{m}$

$V \approx 2250$  liter



<https://www.luftundlaune.ch>

# Die Experimente



Stadt Zürich  
Schul- und  
Sportdepartement

Schwimmbäder "Zwischen den Hölzern" der Stadt Zürich.



# Die Experimente



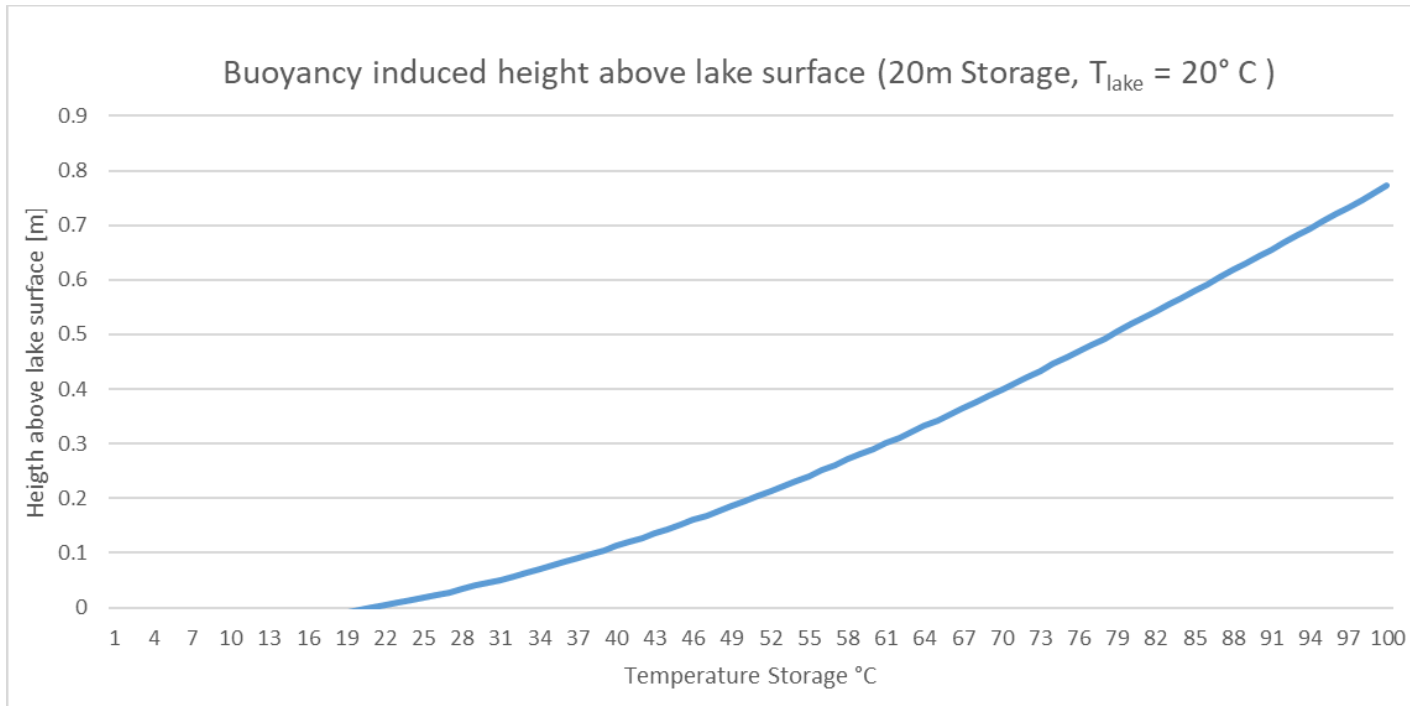
# Statik, Auftrieb



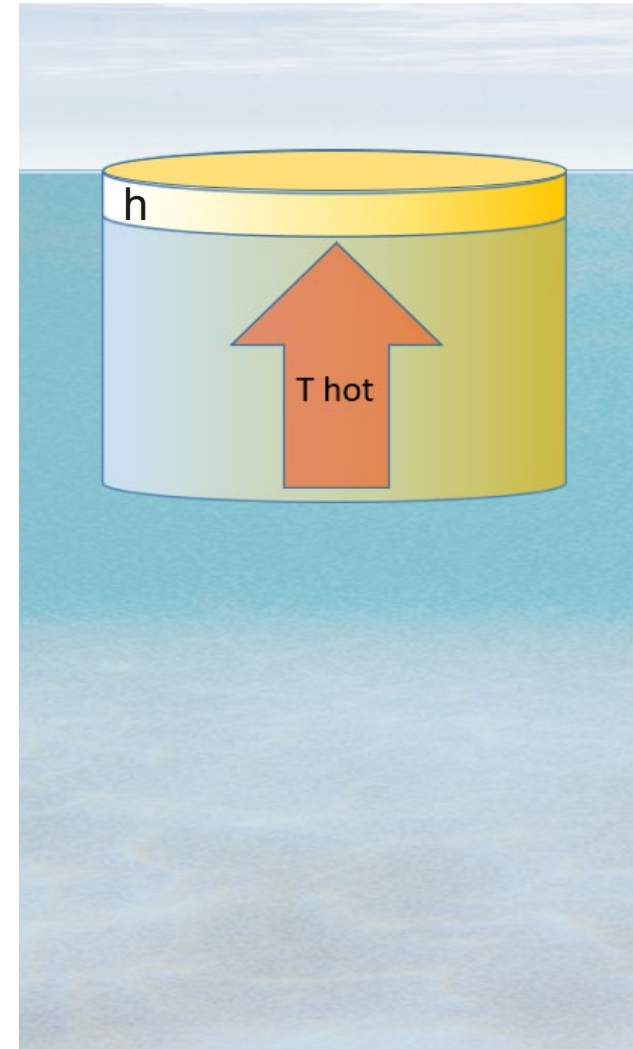
Ein kalter BILS bleibt  
unter Wasser

# Statik, Auftrieb

Aufheizen führt zu Auftrieb.

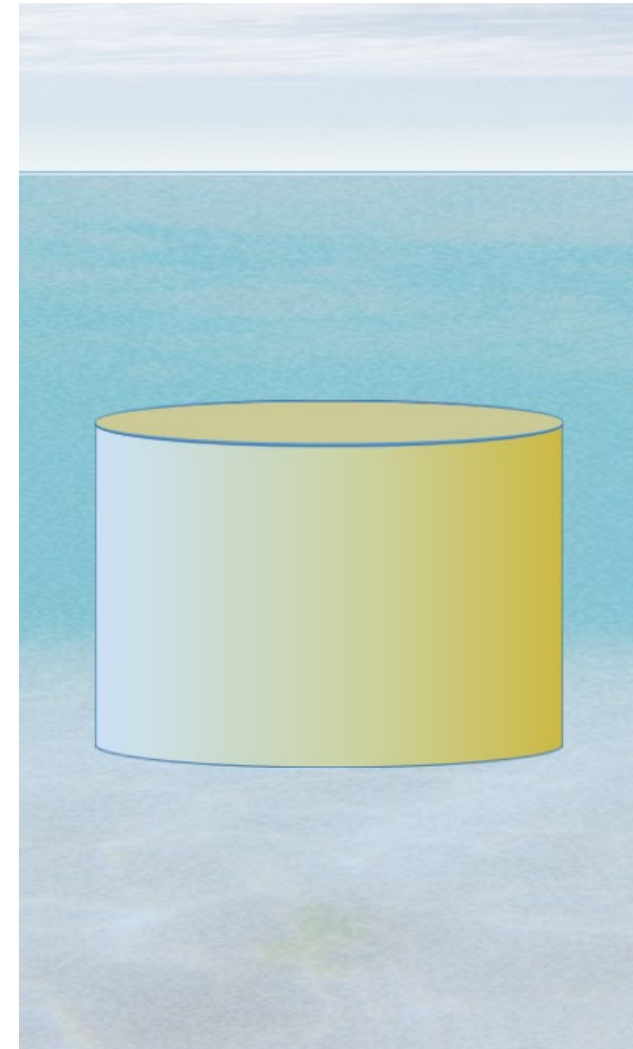
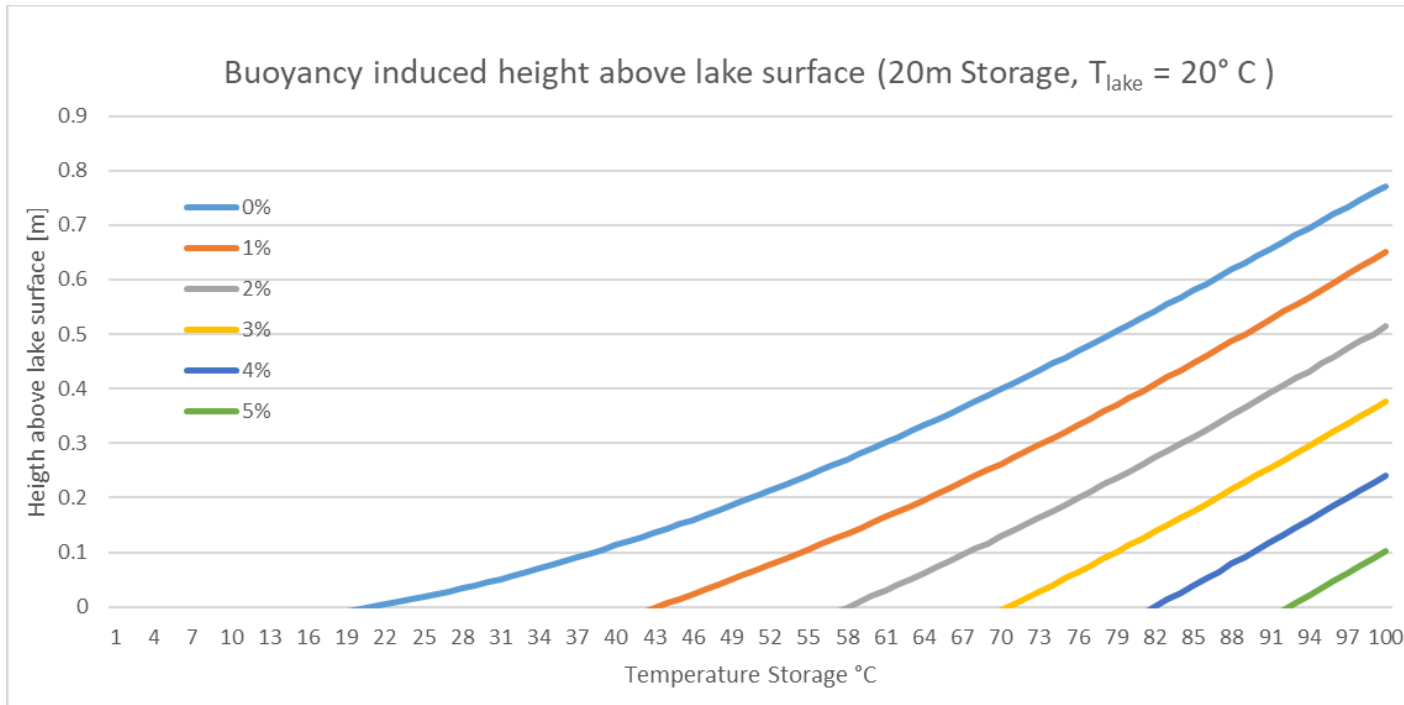


- Wie versteckt man einen heißen BILS unter Wasser? Anker?

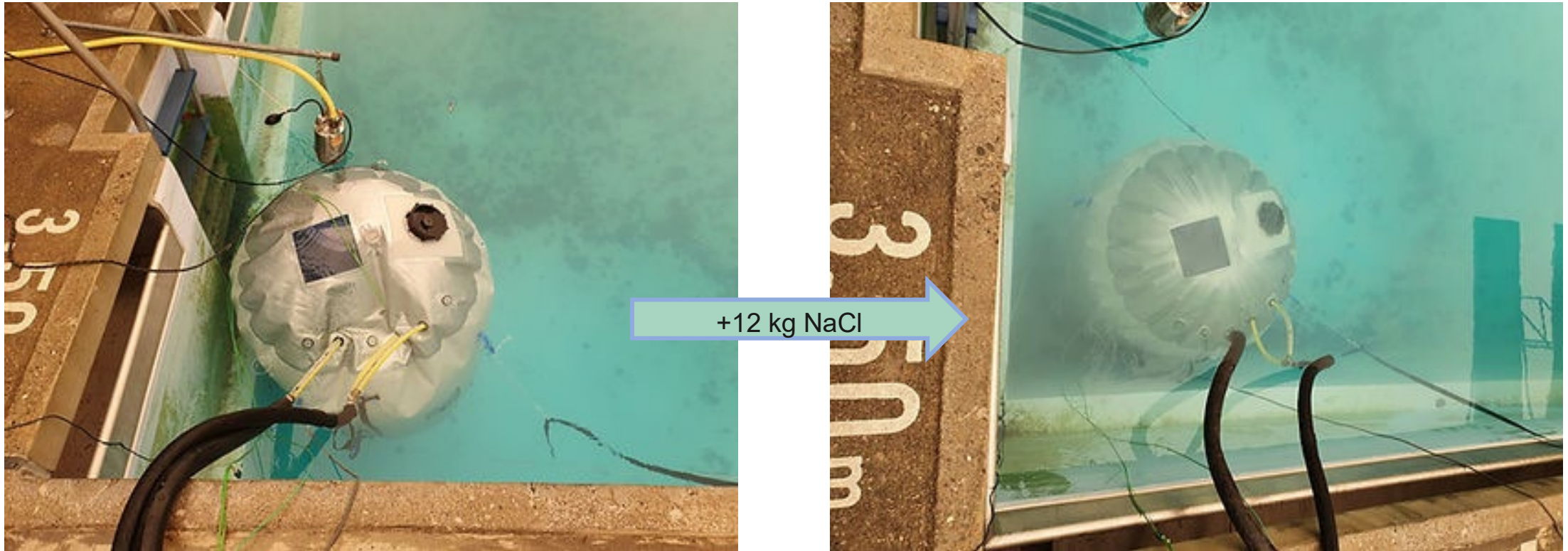


# Statik, Auftrieb

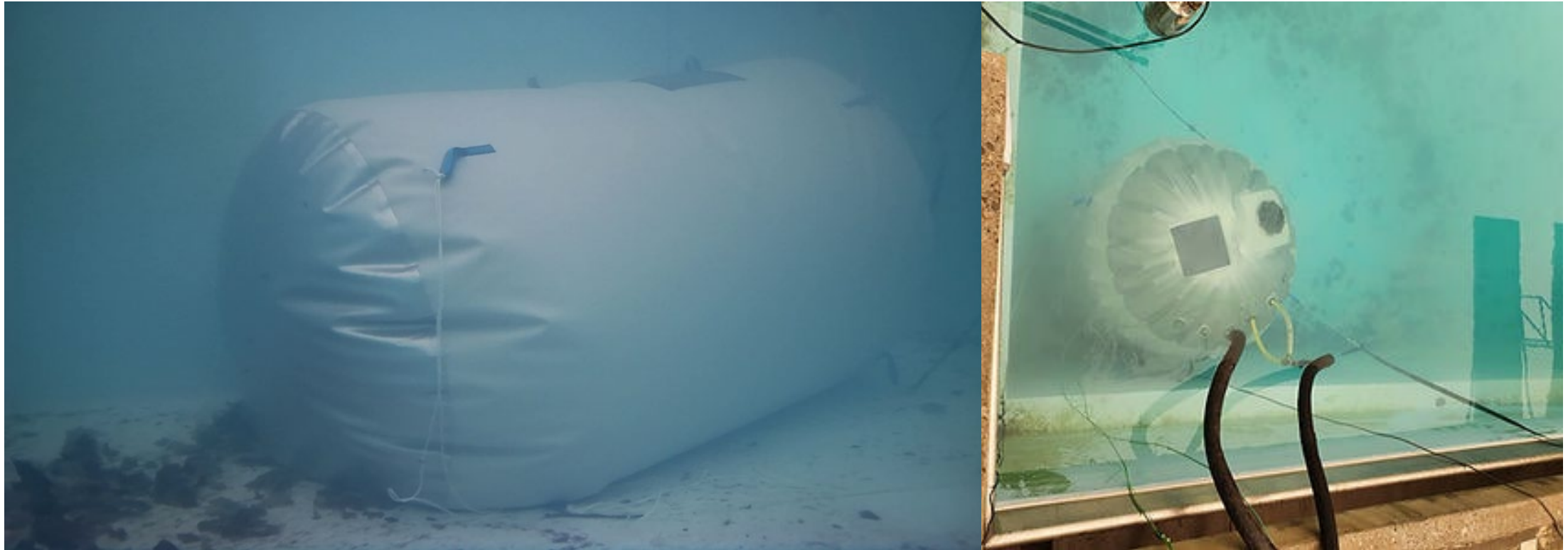
## Salzwasser zur Verringerung des Auftriebs



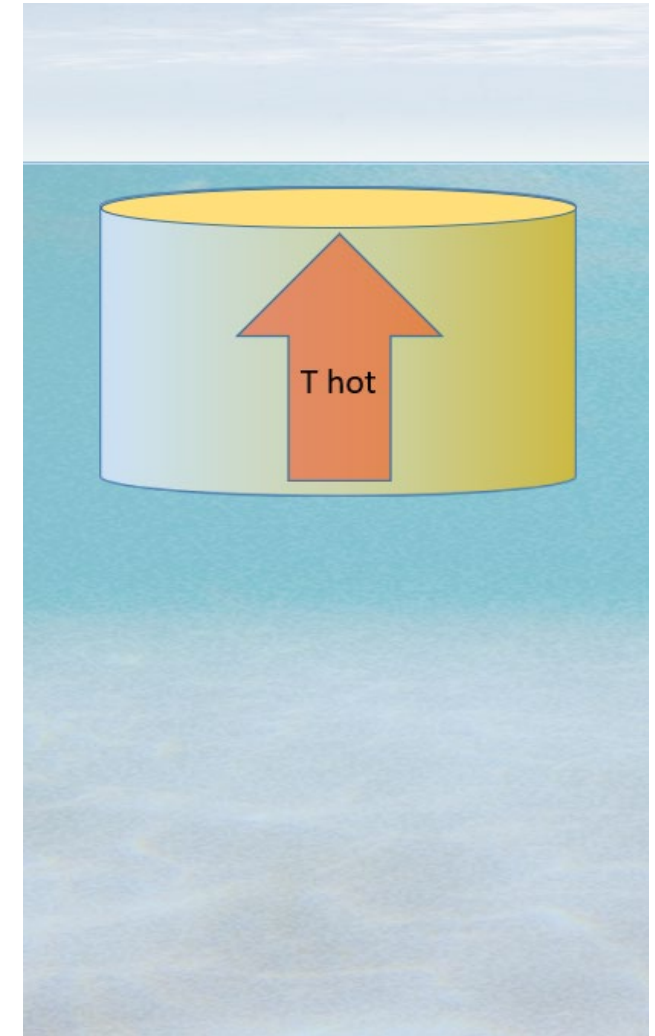
# Statik, Auftrieb



# Statik, Auftrieb



# Statik, Auftrieb

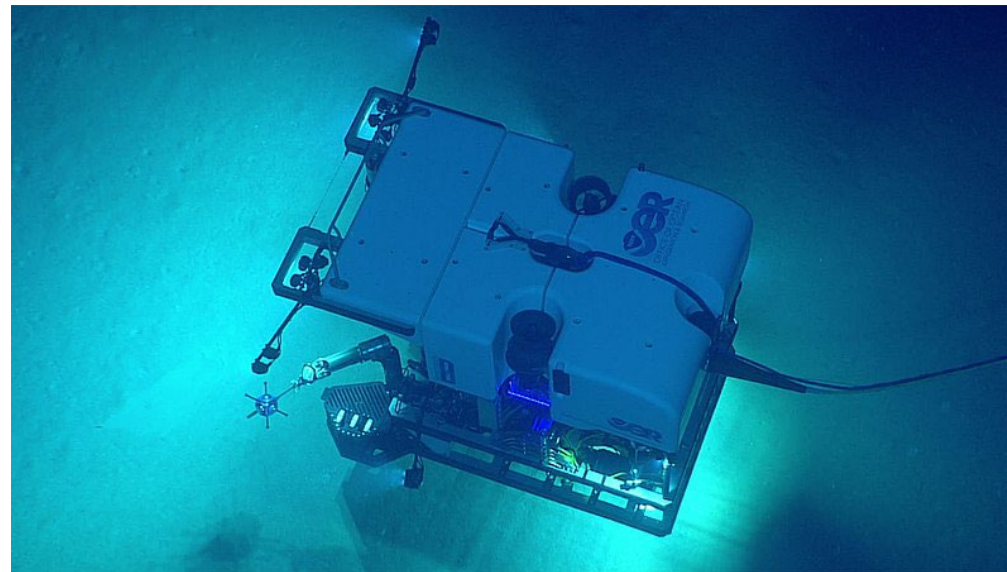


# Statik, Auftrieb

- BILS kann mit Salzwasser unter Wasser gehalten werden.
- Temperaturwechsel. Auftrieb und Absinken
- Analog bei U-Booten und Ballonen:

Ballast,  
Propeller, Düsen,  
Druckluft

...



<https://oceanexplorer.noaa.gov/multimedia/daily-image/welcome.html>

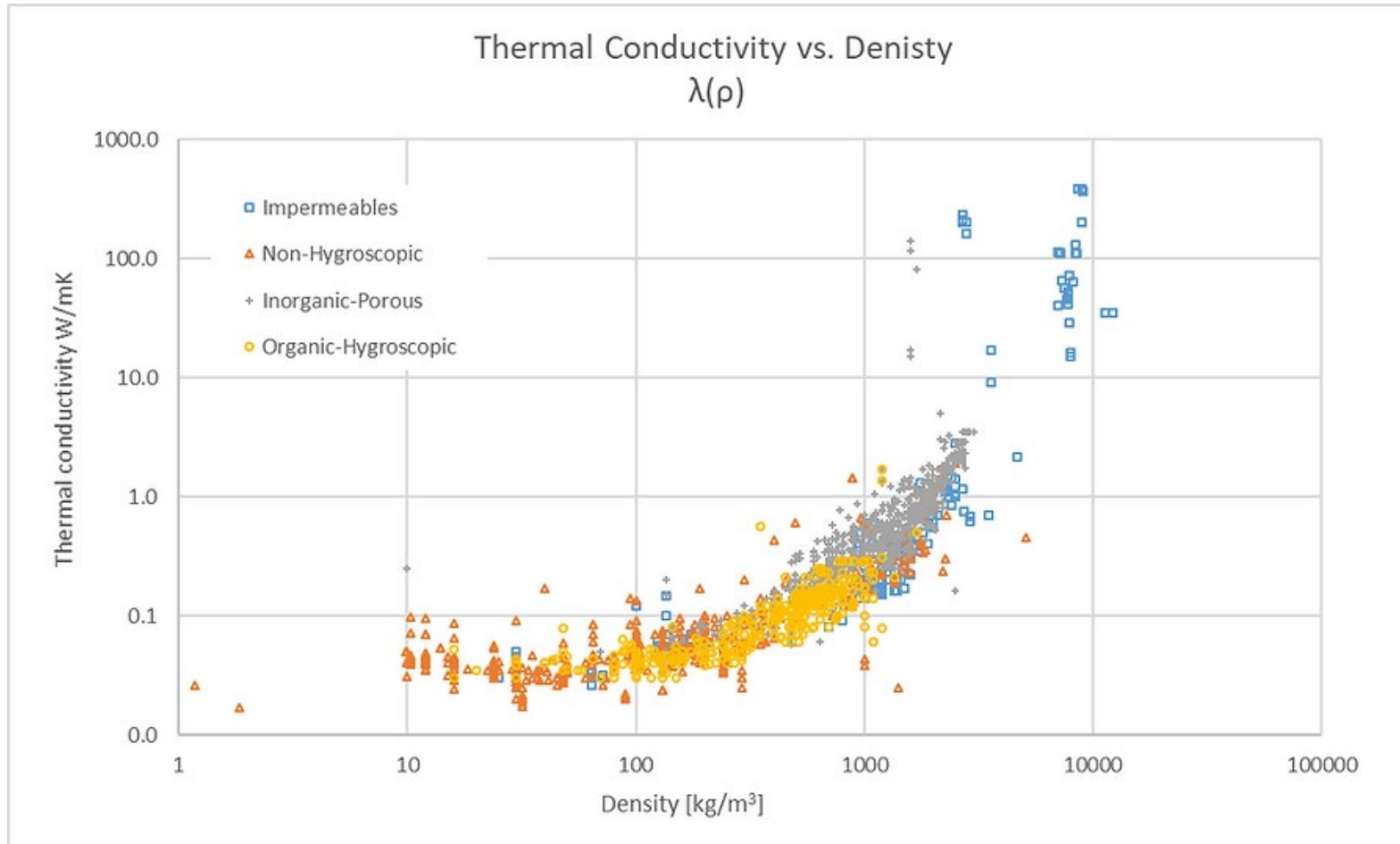




# Forschungsthemen

- Statik, Auftrieb
- Materialien
- Verankerung
- **Thermische Isolierung**
  
- Finanzen Rechtliches
- Umwelt
- Betrieb
- etc

# Materialien zur Wärmedämmung

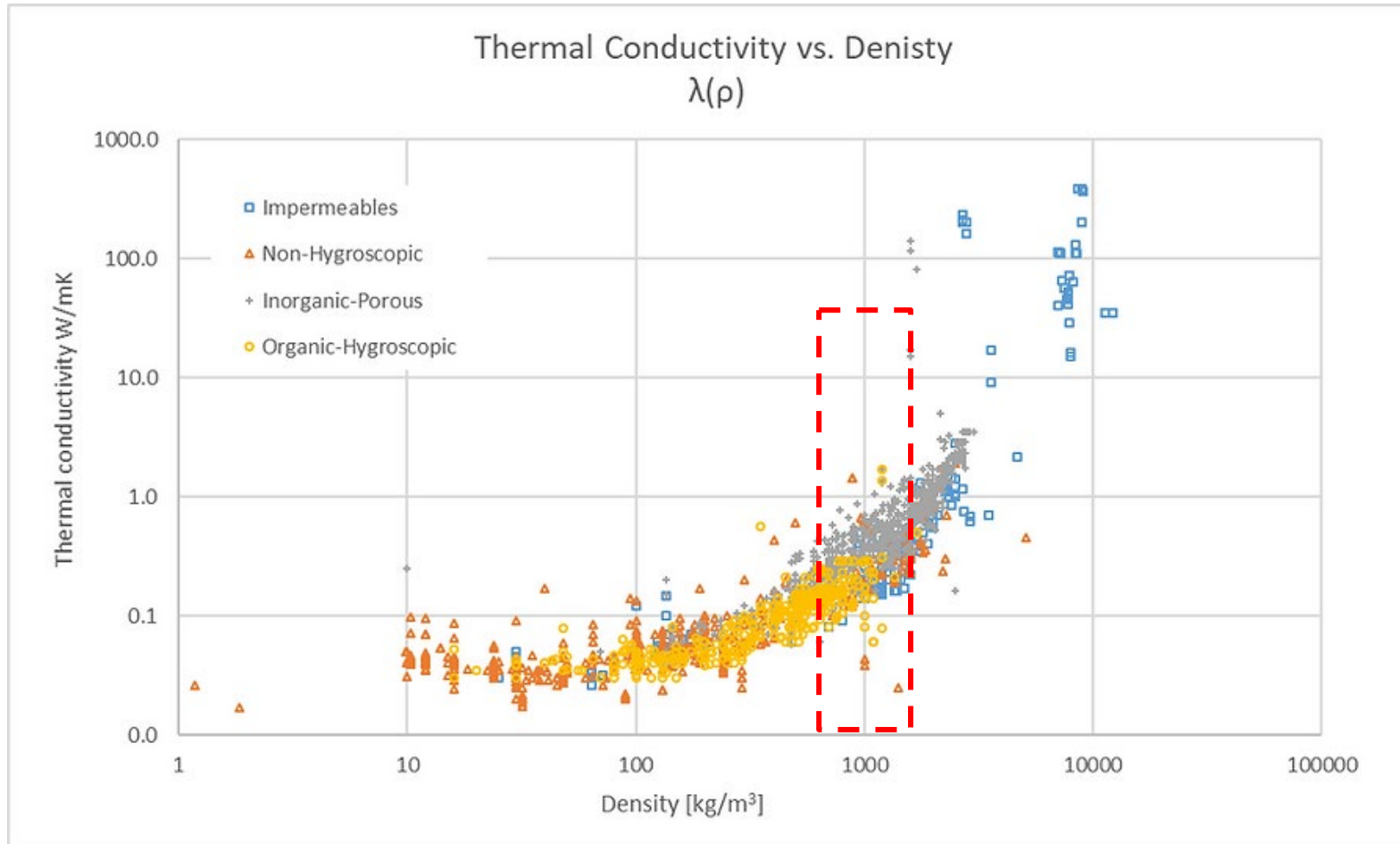


Auftriebsproblematik:

$$\rho_{\text{Dämmung}} \approx \rho_{\text{Wasser}}$$

*The Harmonisation of Thermal Properties of Building Materials  
BRE Publication BEPAC Research Report  
J A Clarke (1), P P Yaneske (1) & A A Pinney (2)  
(1) Energy Simulation Research Unit, Department of Architecture  
and Building Science, University of Strathclyde,  
(2) Building Research Establishment, Watford.*

# Materialien zur Wärmedämmung



Auftriebsproblematik:

$$\rho_{\text{Dämmung}} \approx \rho_{\text{Wasser}}$$

*The Harmonisation of Thermal Properties of Building Materials  
BRE Publication BEPAC Research Report  
J A Clarke (1), P P Yaneske (1) & A A Pinney (2)  
(1) Energy Simulation Research Unit, Department of Architecture  
and Building Science, University of Strathclyde,  
(2) Building Research Establishment, Watford.*

# Materialien zur Wärmedämmung

Anforderungen:

Dichte, Wärmeleitfähigkeit, Flexibilität, Langlebigkeit, Umweltfreundlichkeit, Hitzebeständigkeit bis 100°C, Kosten, etc. etc.

- Beton, Gips, Ziegel, Mauerwerk, Asbest: Dichte "angepasst" werden.
- Organische Materialien: Holz (Späne), Filz, Bienenwachs,...
- Bitumen, Fette usw.
- Kunststoffe wie Gummi, Silikon, Neopren, Nylon, Polyamide, Polycarbonate, etc....
- Wasser

# Materialien zur Wärmedämmung

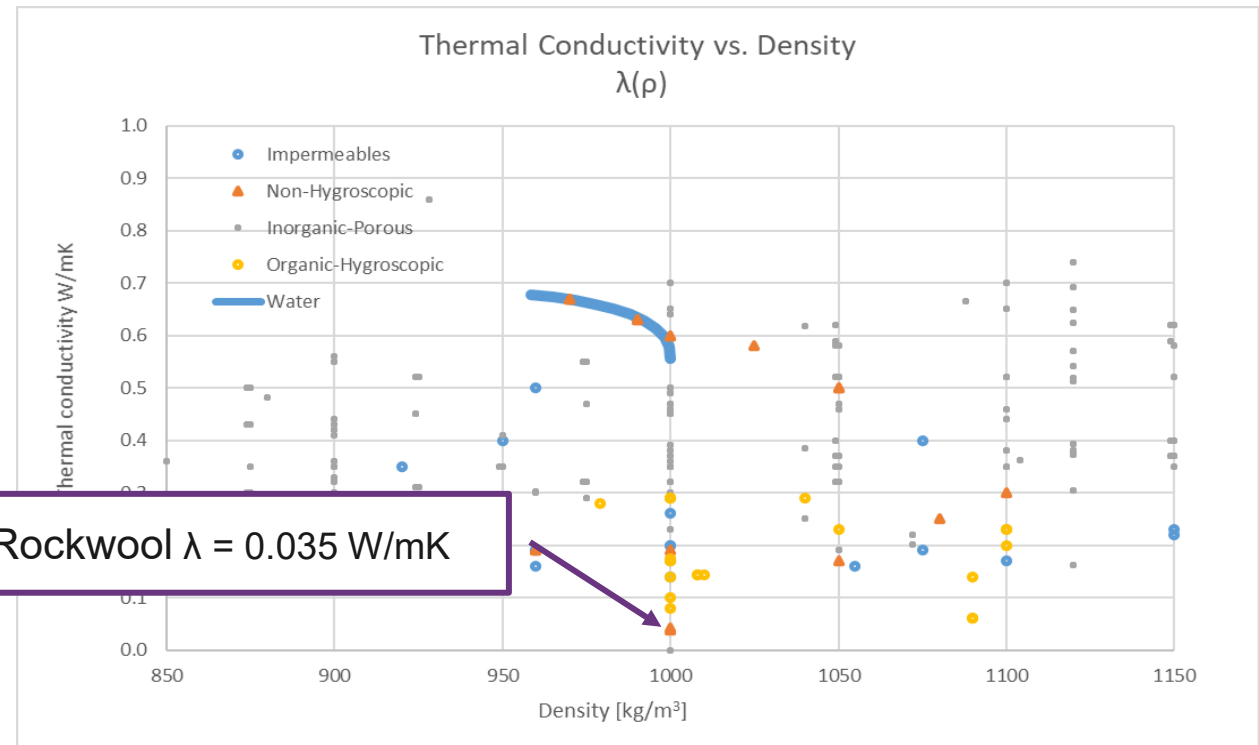
Anforderungen:

Dichte, Wärmeleitfähigkeit, Flexibilität, Langlebigkeit, Umweltfreundlichkeit, Hitzebeständigkeit bis 100°C, Kosten, etc. etc.

- Wasser als Dämmstoff?
- $\lambda = 0.6-0.7 \text{ W/mK}$
- Die Wärmeverluste sind in der Regel noch höher: Konvektionseffekte

## Ansatz

- Wasser unbeweglich machen
- Dicke Schicht
- 2m Wasser  $\Leftrightarrow$  10 cm Steinwolle



# Materialien zur Wärmedämmung

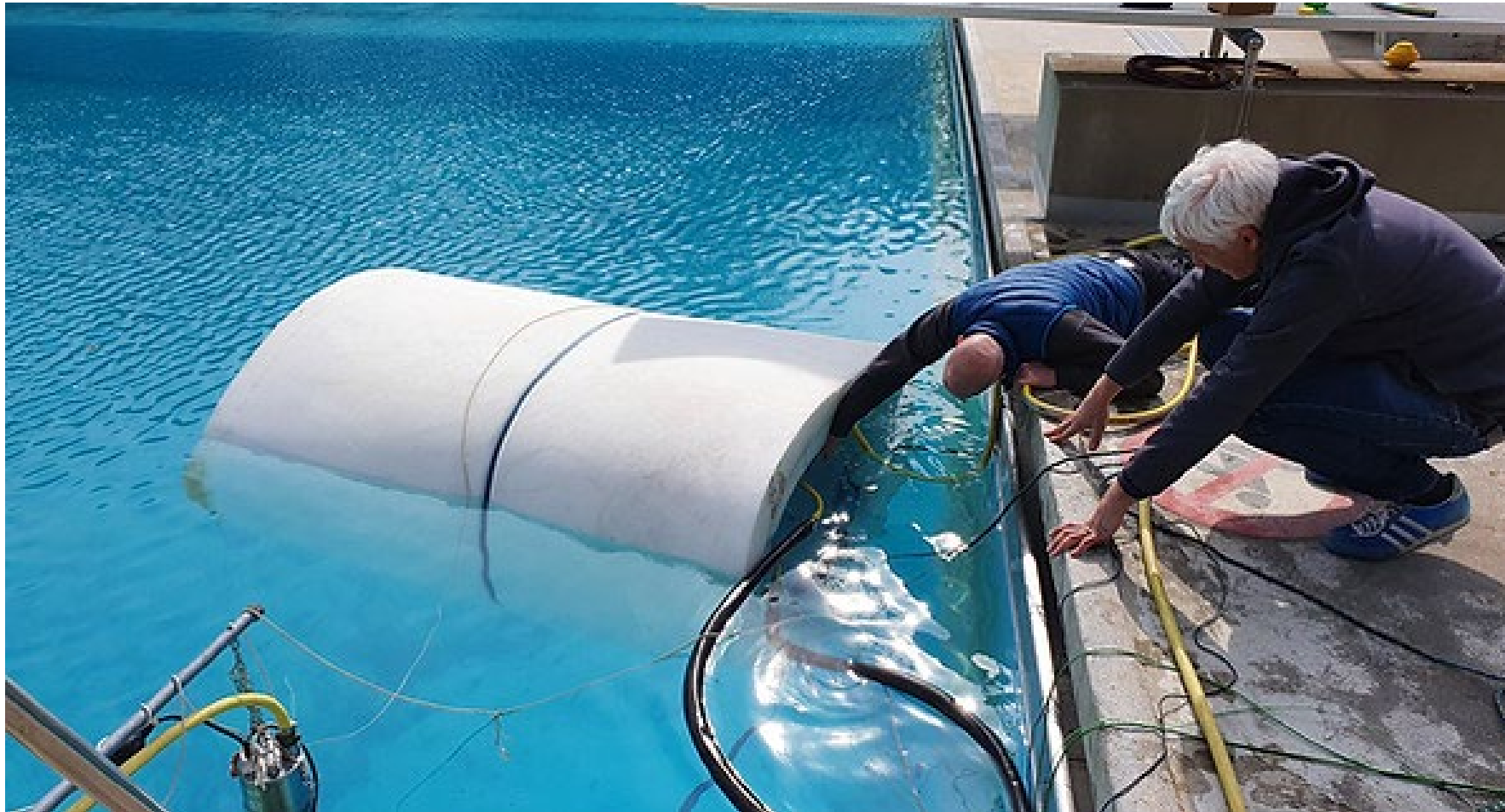


Erster Ansatz: Konventionelle Isolation

Isolierung der Energieklasse B (10 cm).  
Verdoppeln auf 20 cm -> Wasser aufsaugen lassen  
-> keine Konvektion



# Materialien zur Wärmedämmung



# Immobilisiertes Wasser – Superabsorbent polymers SAP



SAP Sodium polyacrylates

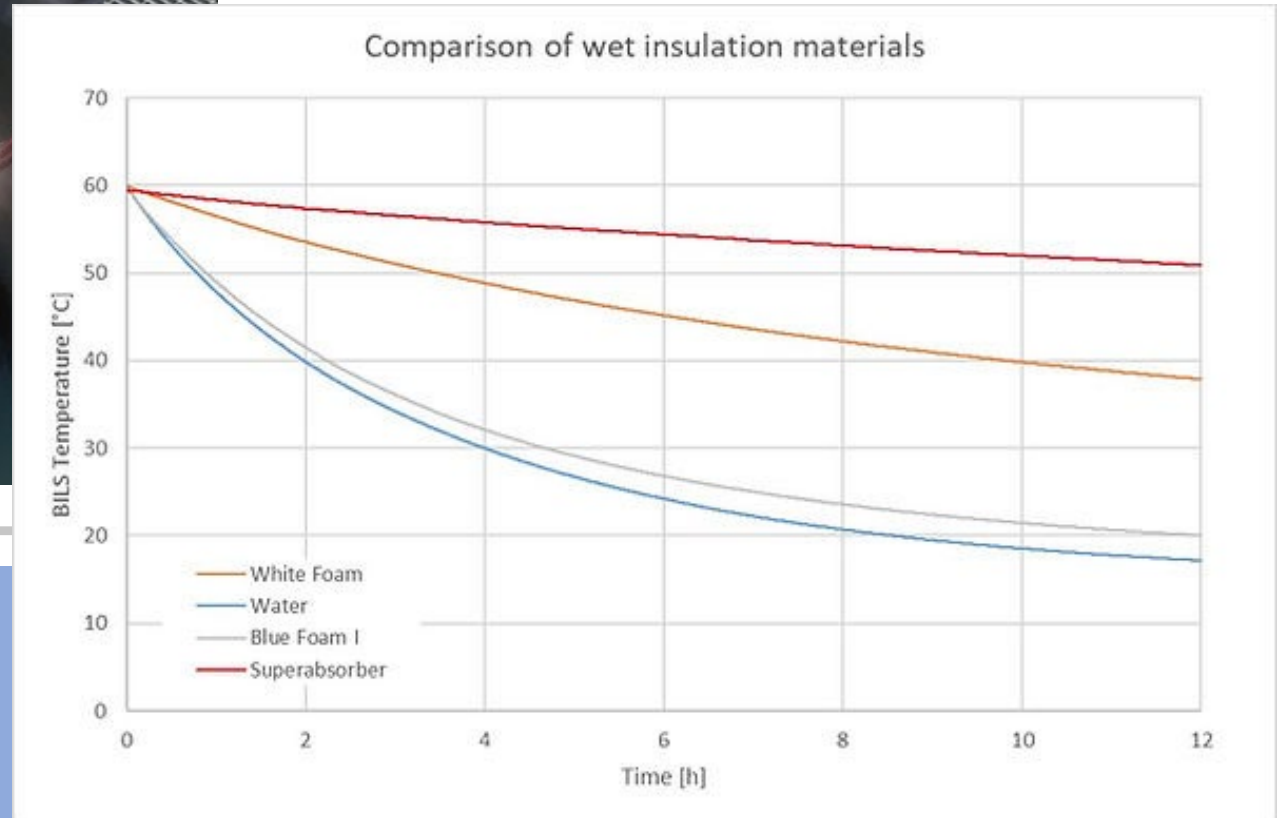
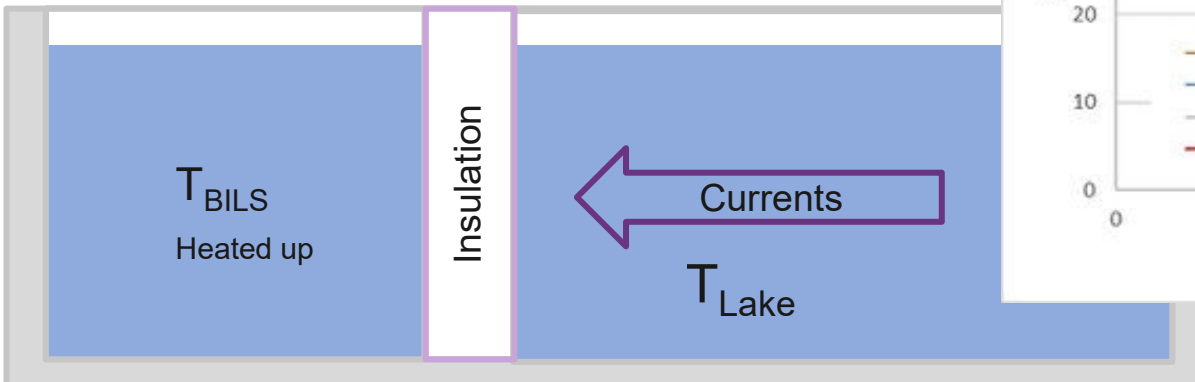
- Windeln, Sanitärprodukte
- Lebensmittelkühlung und -transport
- Kabelindustrie
- Medizin, Kosmetika
- Landwirtschaft
- Reinigung



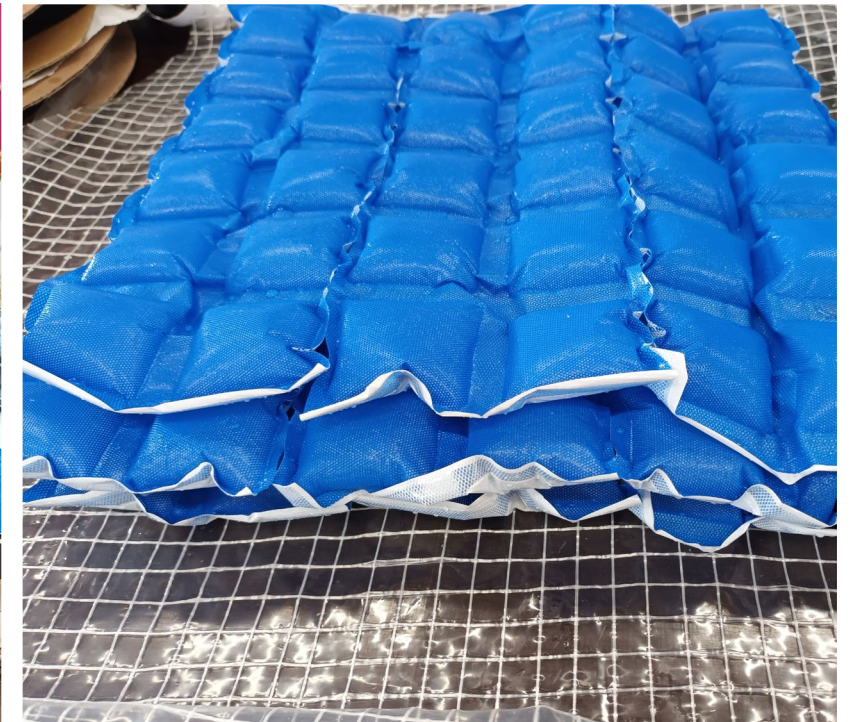
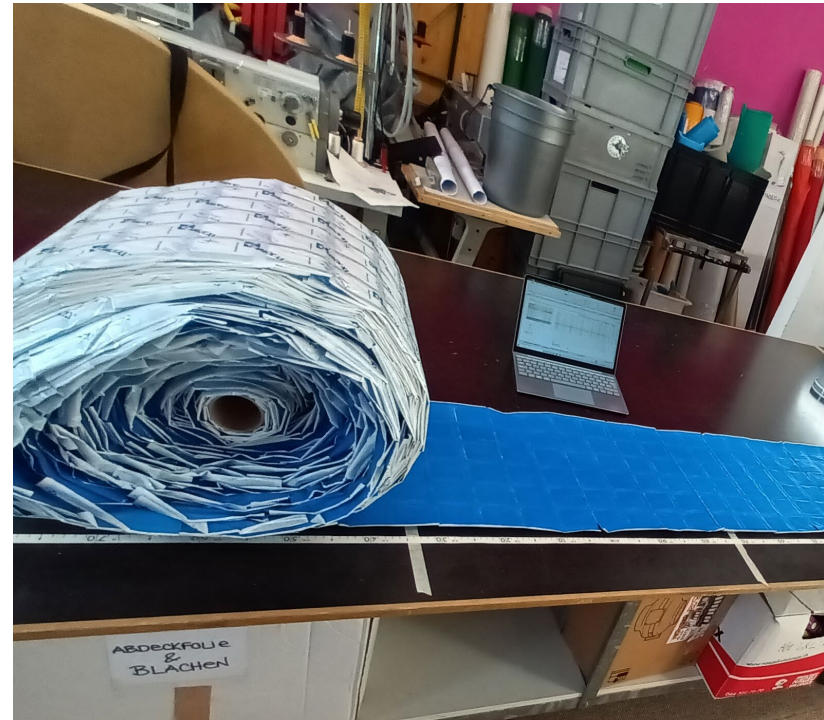
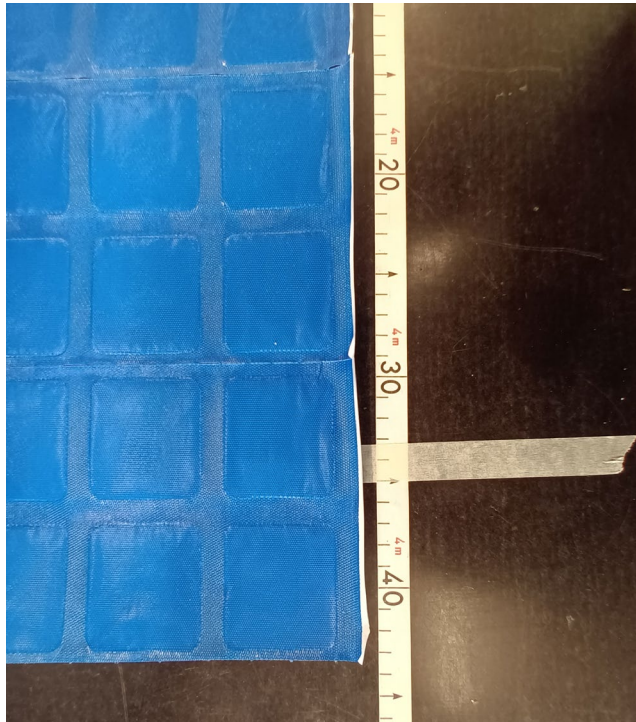
- Absorption von Wasser bis zu 1000x Volumen.
- Reversibel
- Druckbeständig
- Temperaturbeständig (-80°C / > 100°C)
- Günstig



# Prüfung von Isoliermaterialien - BILS-Simulator

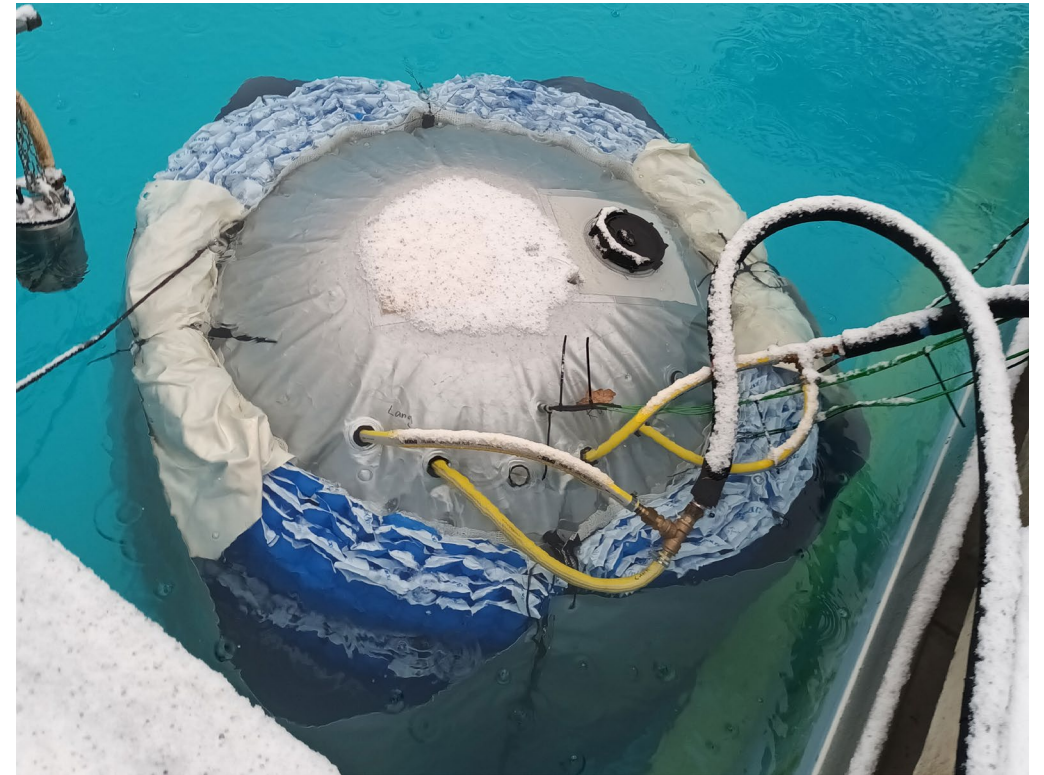
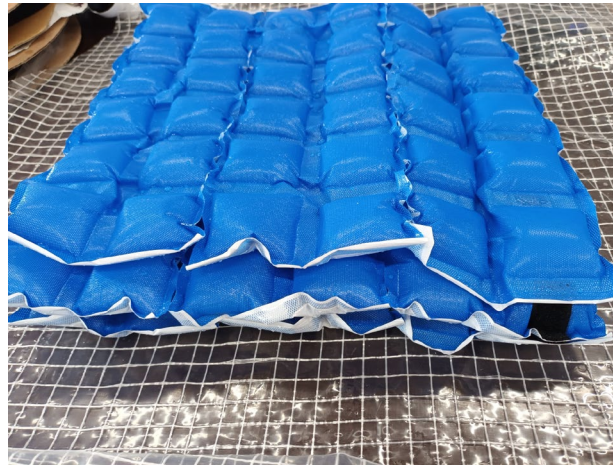
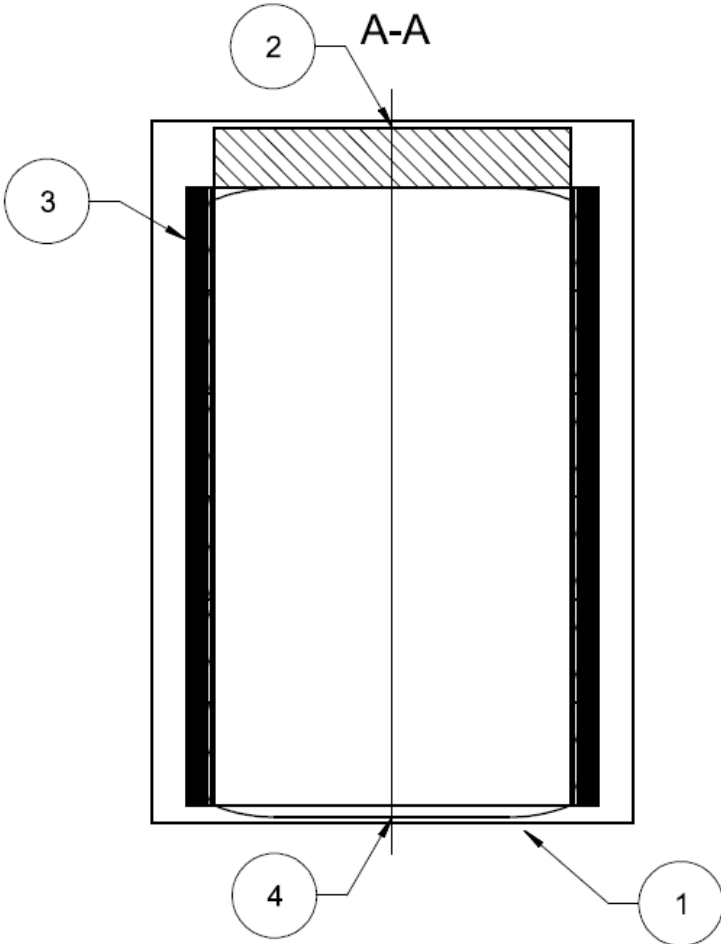


# SAP Kühltackus für den Transport von Lebensmitteln



Verwendung bestehender Massenprodukte

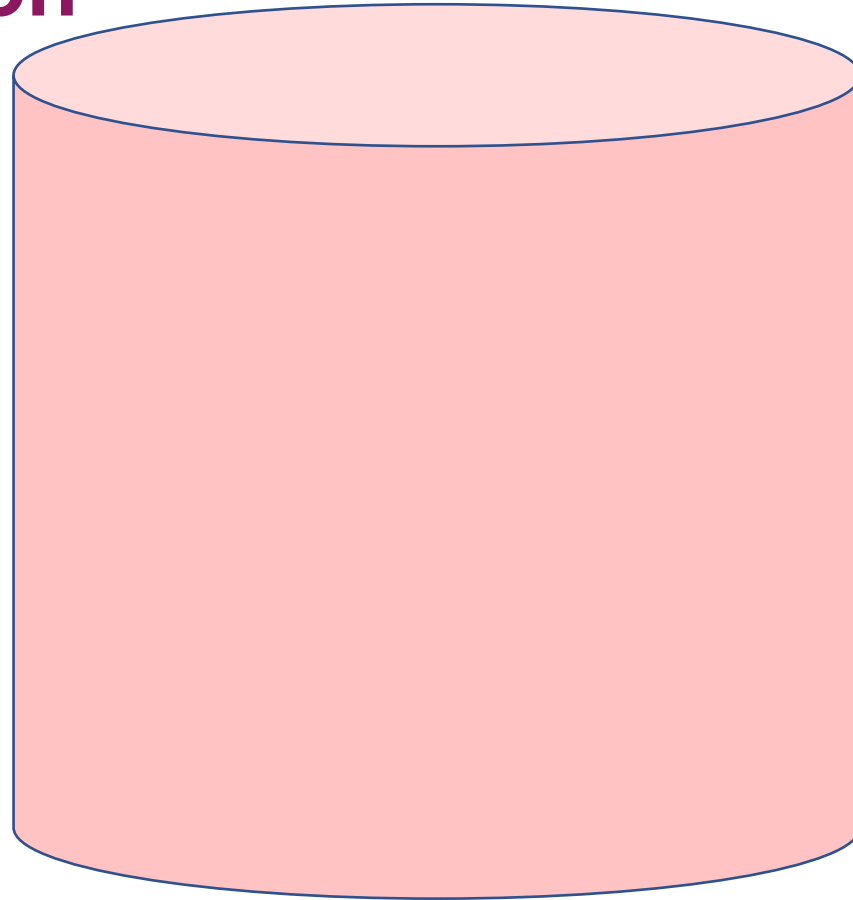
# Kühlakkus für den Transport von Lebensmitteln



# Nächste Schritte

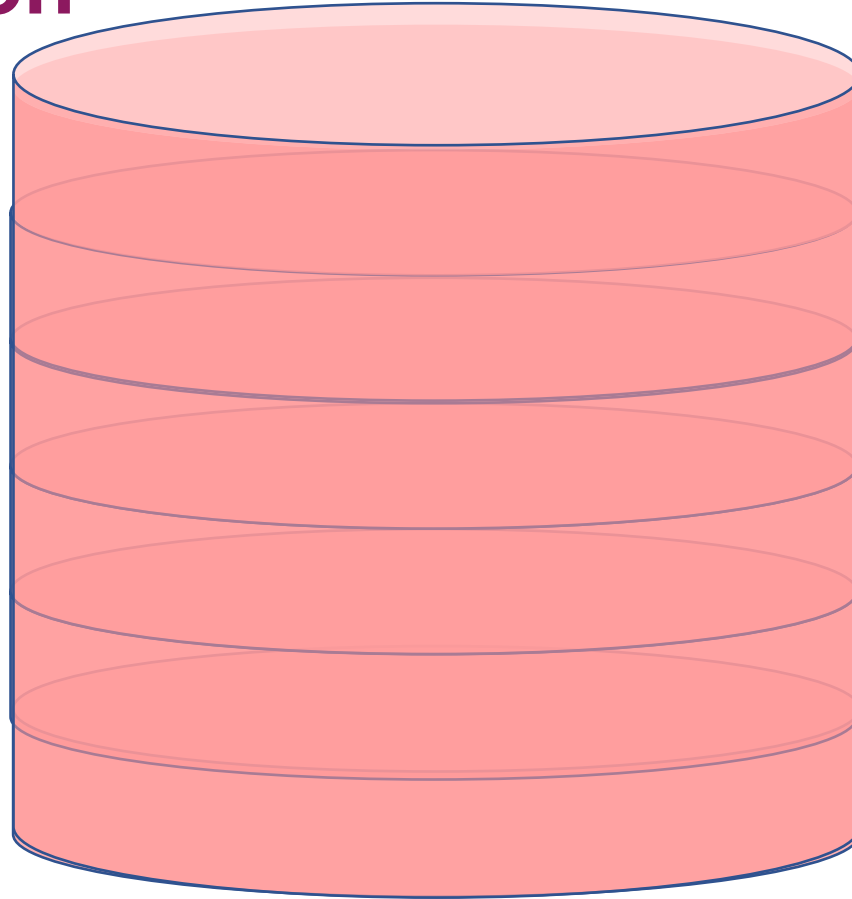
- Viele Herausforderungen wurden identifiziert, aber keine Killerargumente.  
Die Probleme scheinen lösbar zu sein. -> Machbar – eher Surface BILS
- Expertenbefragungen sind im Gange (Materialien, Recht, Umwelt, Verankerung, usw.)
- Übernahme von Technologien aus anderen Branchen (Aquakultur, chemische Industrie usw.)
- Neue Technologien müssen entwickelt werden. (Produktion, Installation, Wartung, usw.)
- Betriebstechnologien müssen entwickelt werden (Ladung/Entladung, Schichtung, innere Segmentierung, Auftriebskontrolle).
- Die Funktionsfähigkeit kann nicht mit einem kleinen Muster überprüft werden.  
Die Grösse ist ein wichtiger Teil des Konzepts.  
Funktionales Muster sollte  $>100 \text{ m}^3$  haben  
Angemessene Grösse für einen kleinen BILS  $> 5'000 \text{ m}^3$  ( $r=10\text{m}$ )

# Nächste Version



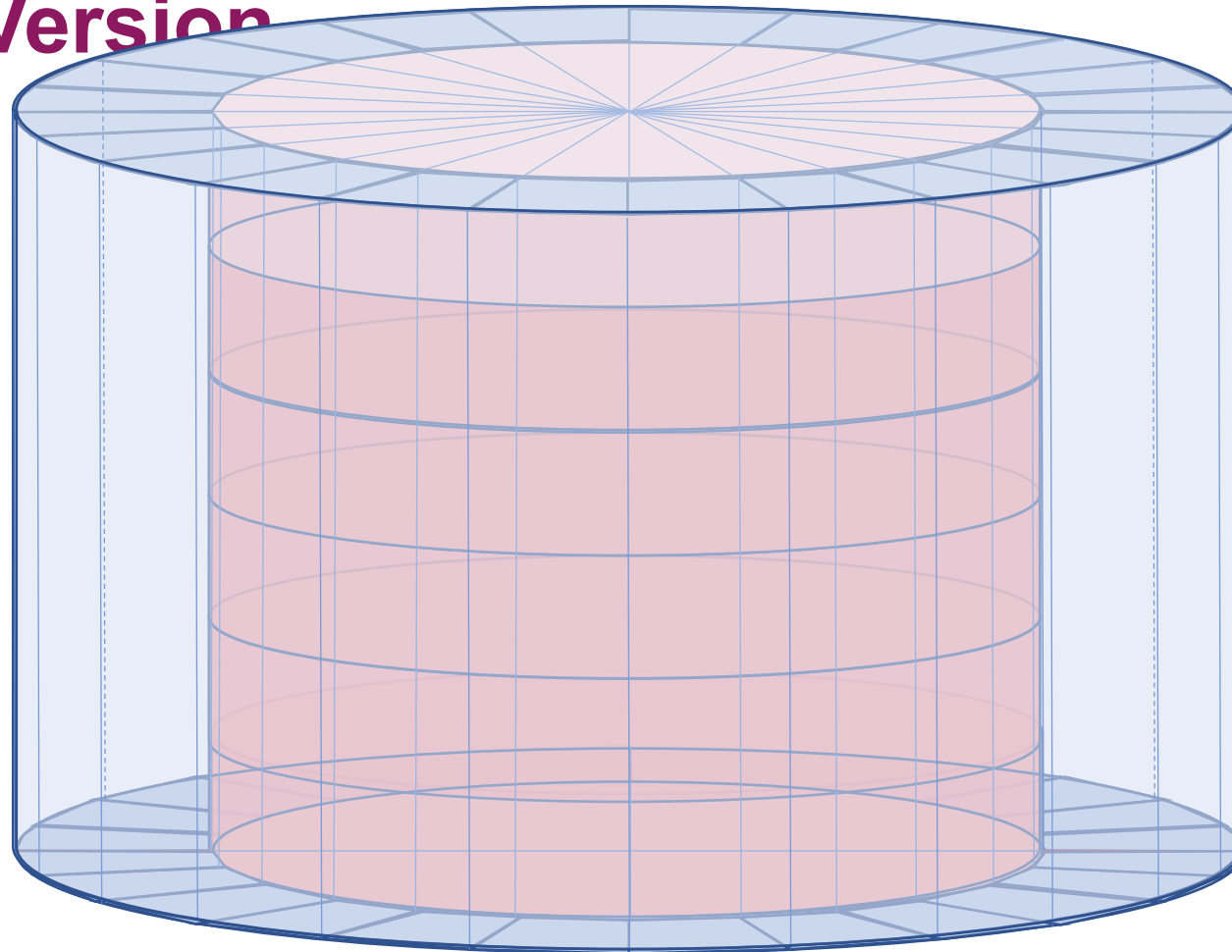
# Nächste Version

Vertikale Segmente:  
Schichtung  
Leicht salzhaltiges  
Wasser: Verringerung  
des Auftriebs

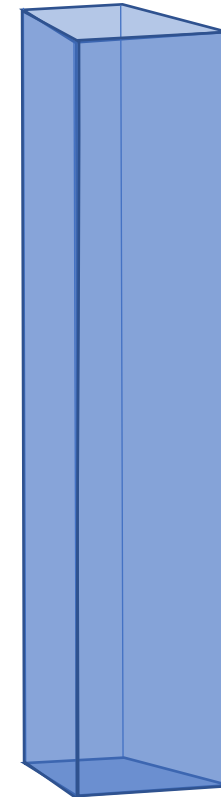


# Nächste Version

Vertikale  
Segmente:  
-> Schichtung  
Leicht  
salzhaltiges  
Wasser:  
-> Verringerung  
des Auftriebs

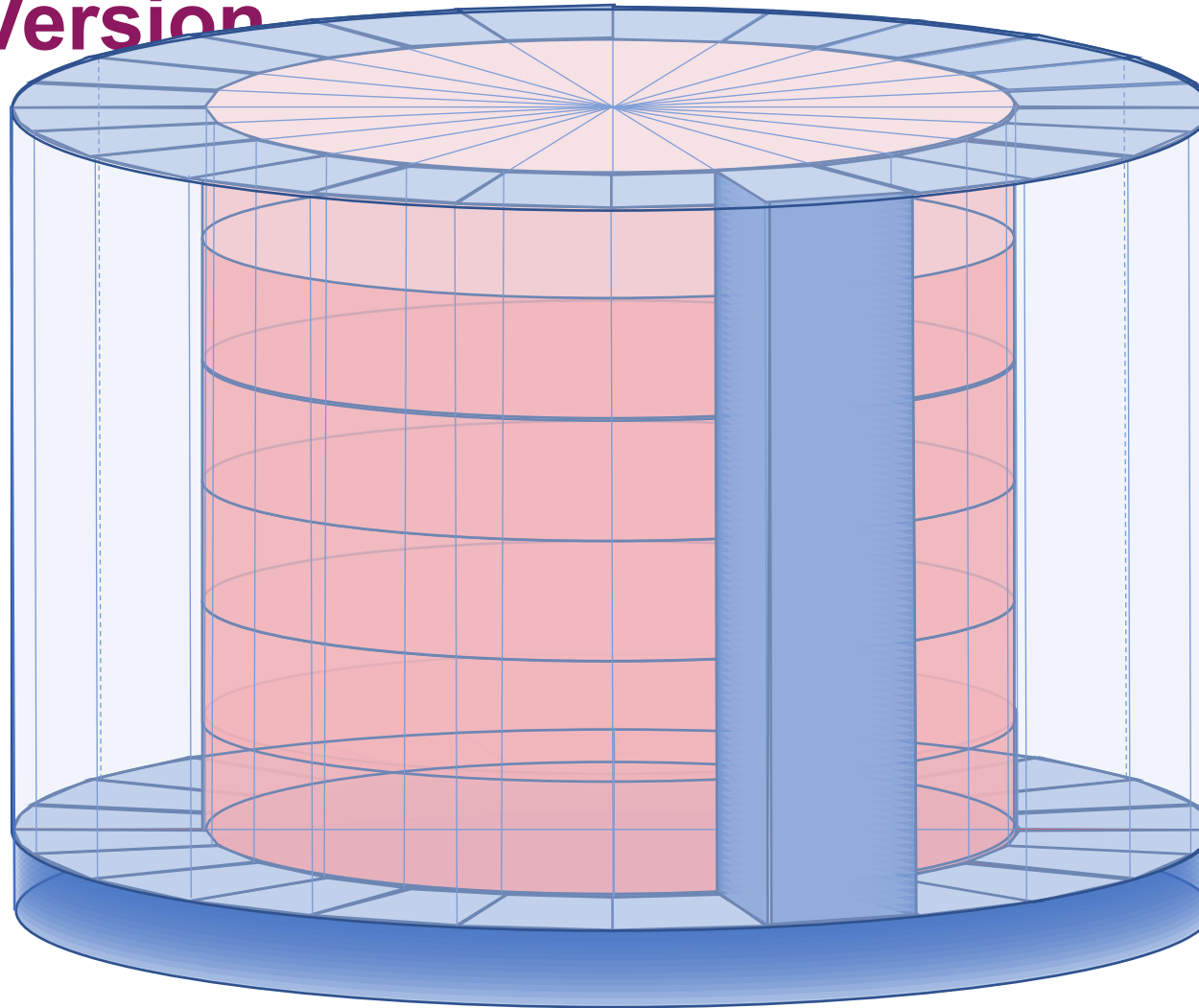


Radial segmentierte  
SAP-Isolierkammern,



# Nächste Version

Vertikale  
Segmente:  
-> Schichtung  
Leicht  
salzhaltiges  
Wasser:  
-> Verringerung  
des Auftriebs

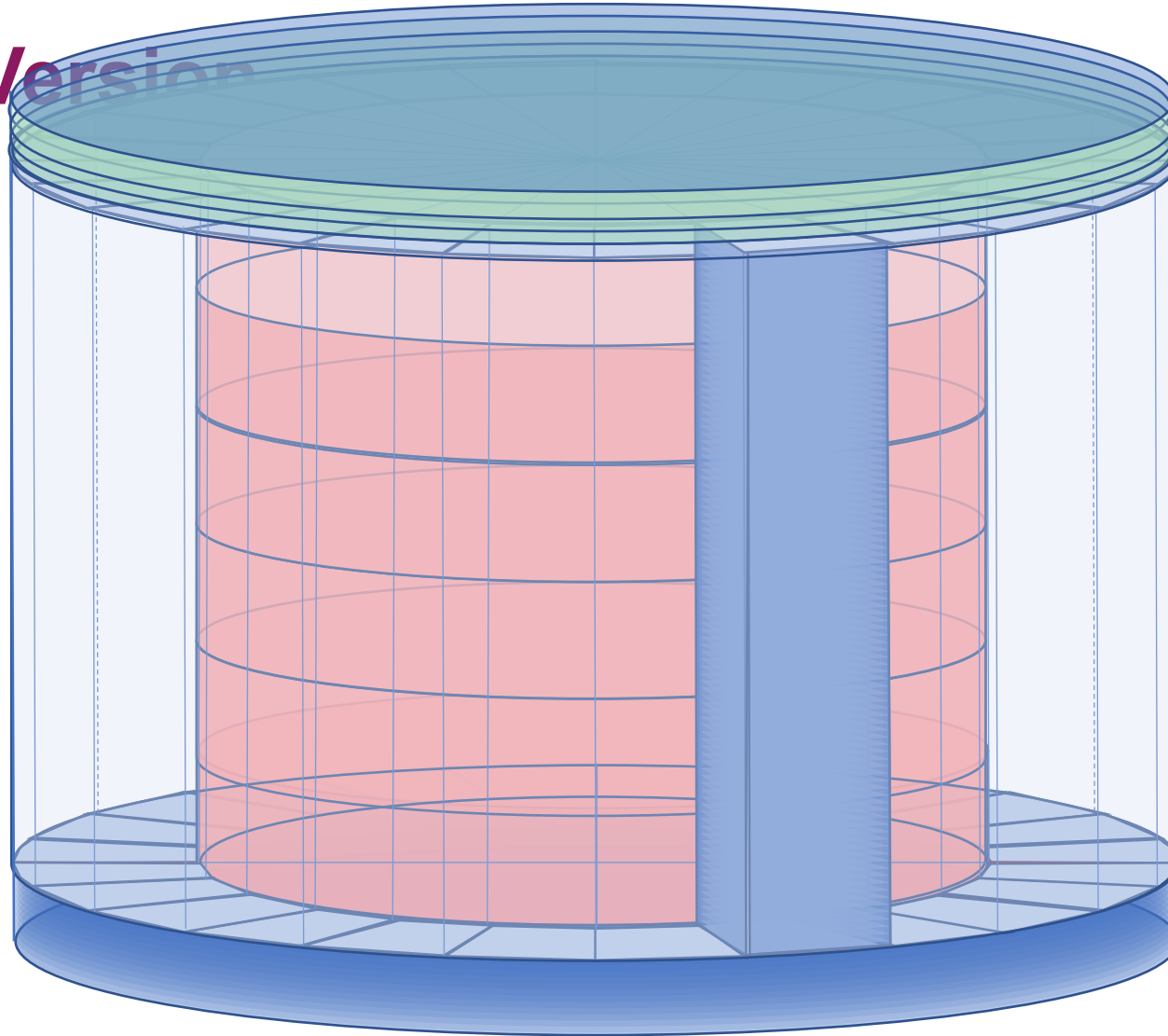


Radial segmentierte  
SAP-Isolierkammern,  
Boden: SAP-Container



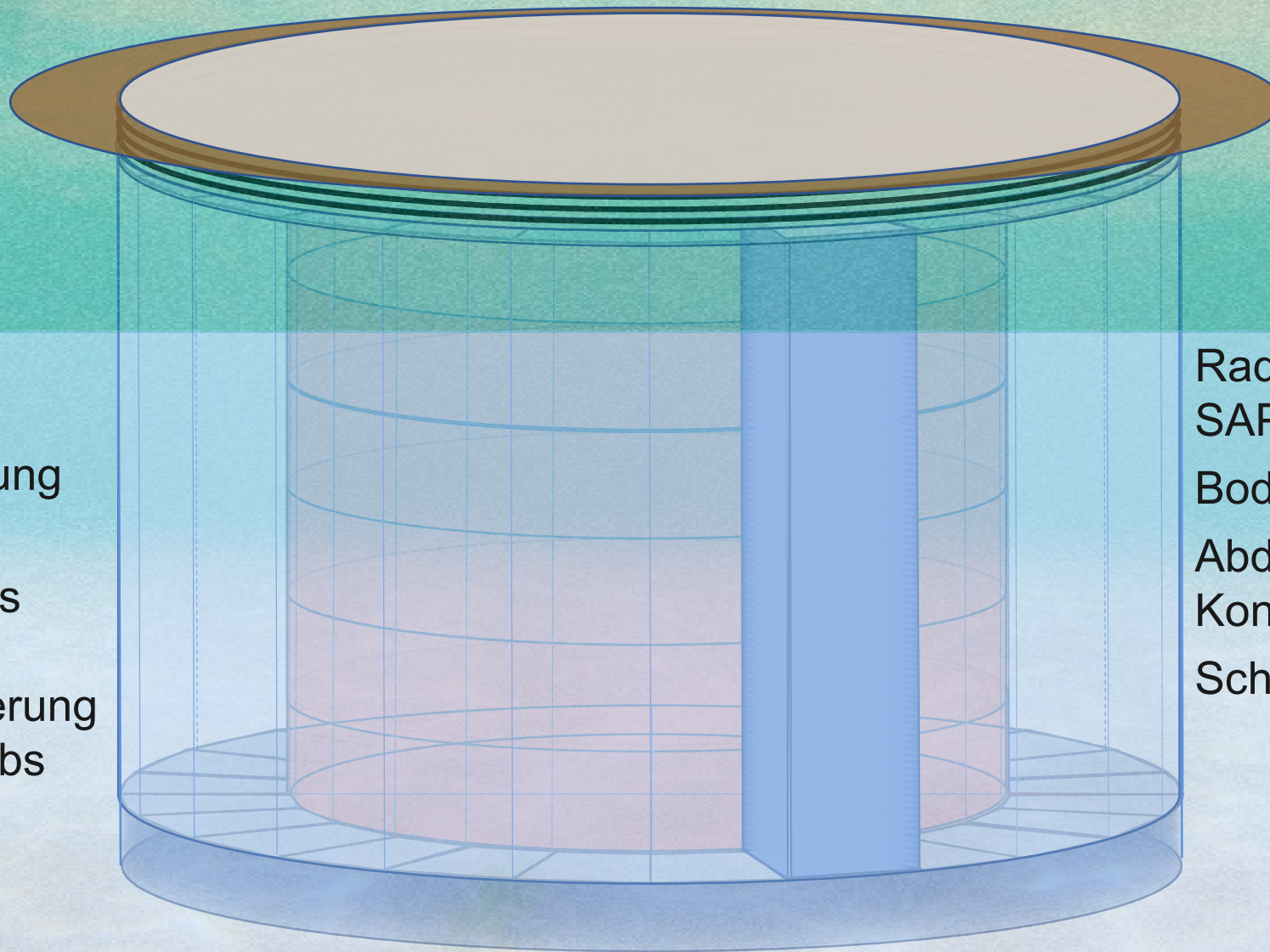
# Nächste Version

Vertikale  
Segmente:  
-> Schichtung  
Leicht  
salzhaltiges  
Wasser:  
-> Verringerung  
des Auftriebs

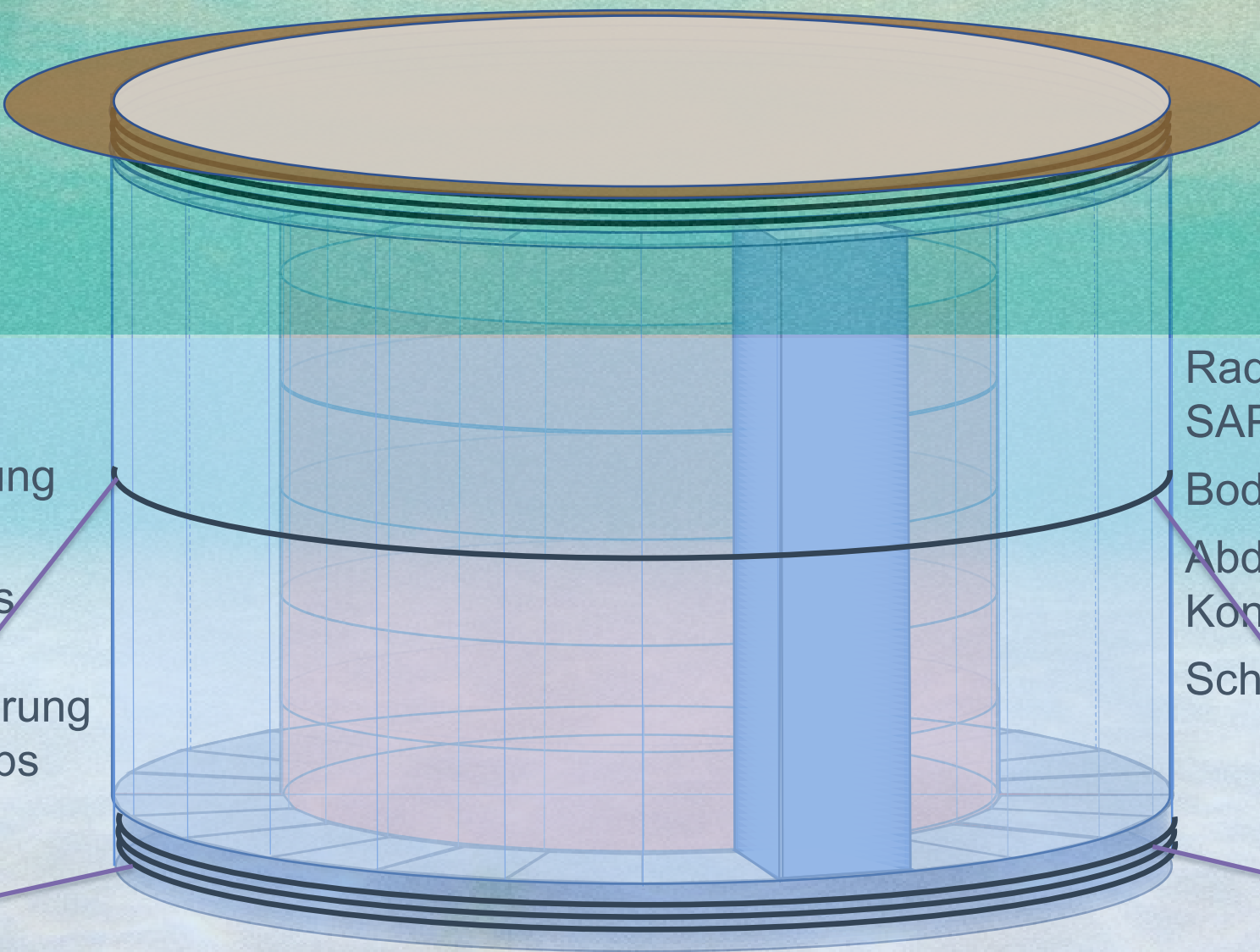


Radial segmentierte  
SAP-Isolierkammern,  
Boden: SAP-Container  
Abdeckung:  
Konventionelle PTES

Vertikale  
Segmente:  
-> Schichtung  
Leicht  
salzhaltiges  
Wasser:  
-> Verringerung  
des Auftriebs

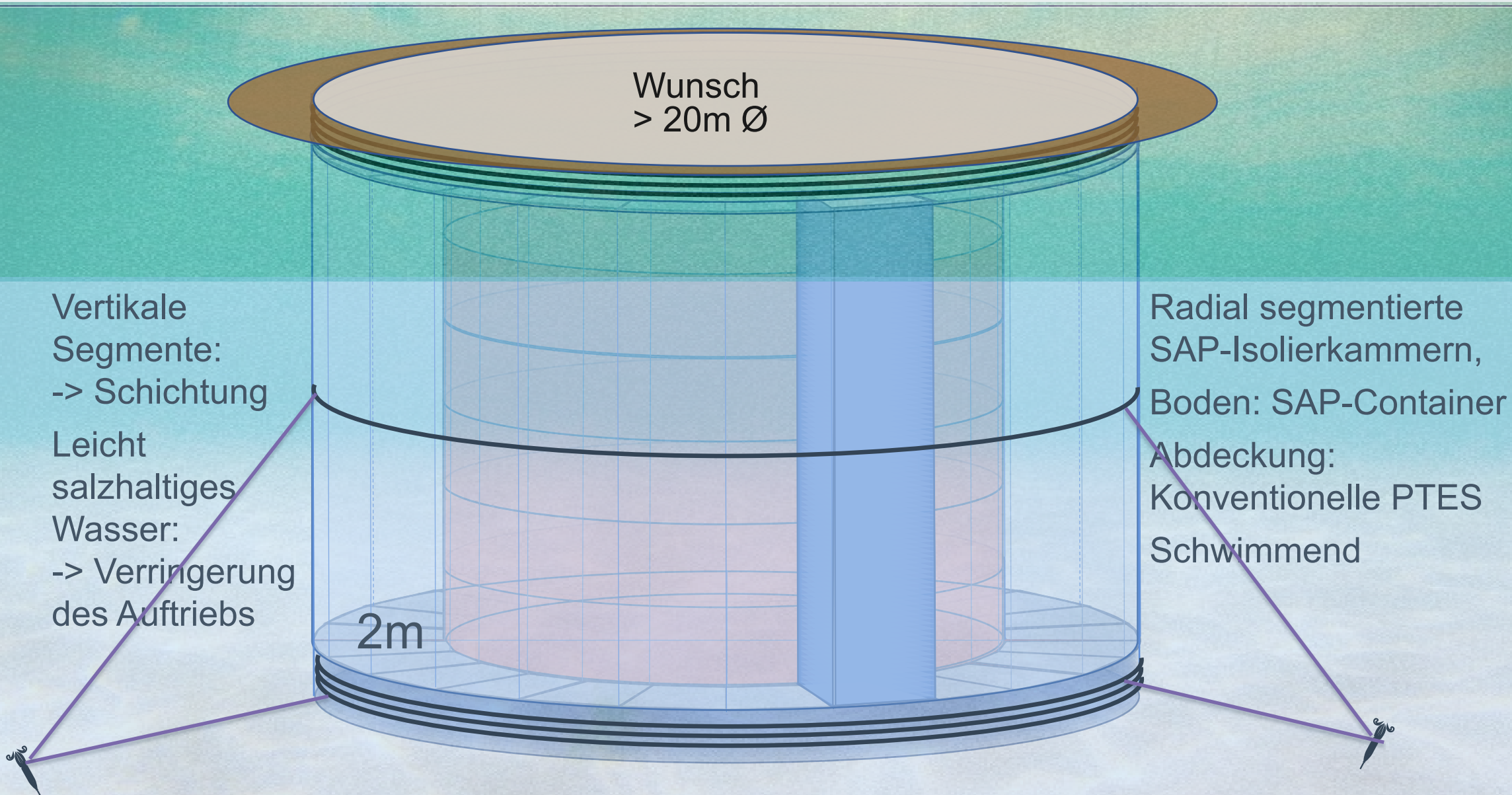


Radial segmentierte  
SAP-Isolierkammern,  
Boden: SAP-Container  
Abdeckung:  
Konventionelle PTES  
Schwimmend



Vertikale  
Segmente:  
-> Schichtung  
Leicht  
salzhaltiges  
Wasser:  
-> Verringerung  
des Auftriebs

Radial segmentierte  
SAP-Isolierkammern,  
Boden: SAP-Container  
Abdeckung:  
Konventionelle PTES  
Schwimmend



Herzlichen Dank



# BILS-Bubble in the lake

Saisonale Energiespeicherung  
Swiss Cleantech

[www.bils.tech](http://www.bils.tech)

