

# Shapes of Hydro Cavern Energy Storage Systems

H. Schmidt-Böcking, G. Luther, M. Düren, T. Bender and A. Garg

**Main Objectives: 1. Sustain very high water pressure,, 2. Maintenance of turbines from surface of lake or ocean, 3. Long Life Time and 4. Low costs**

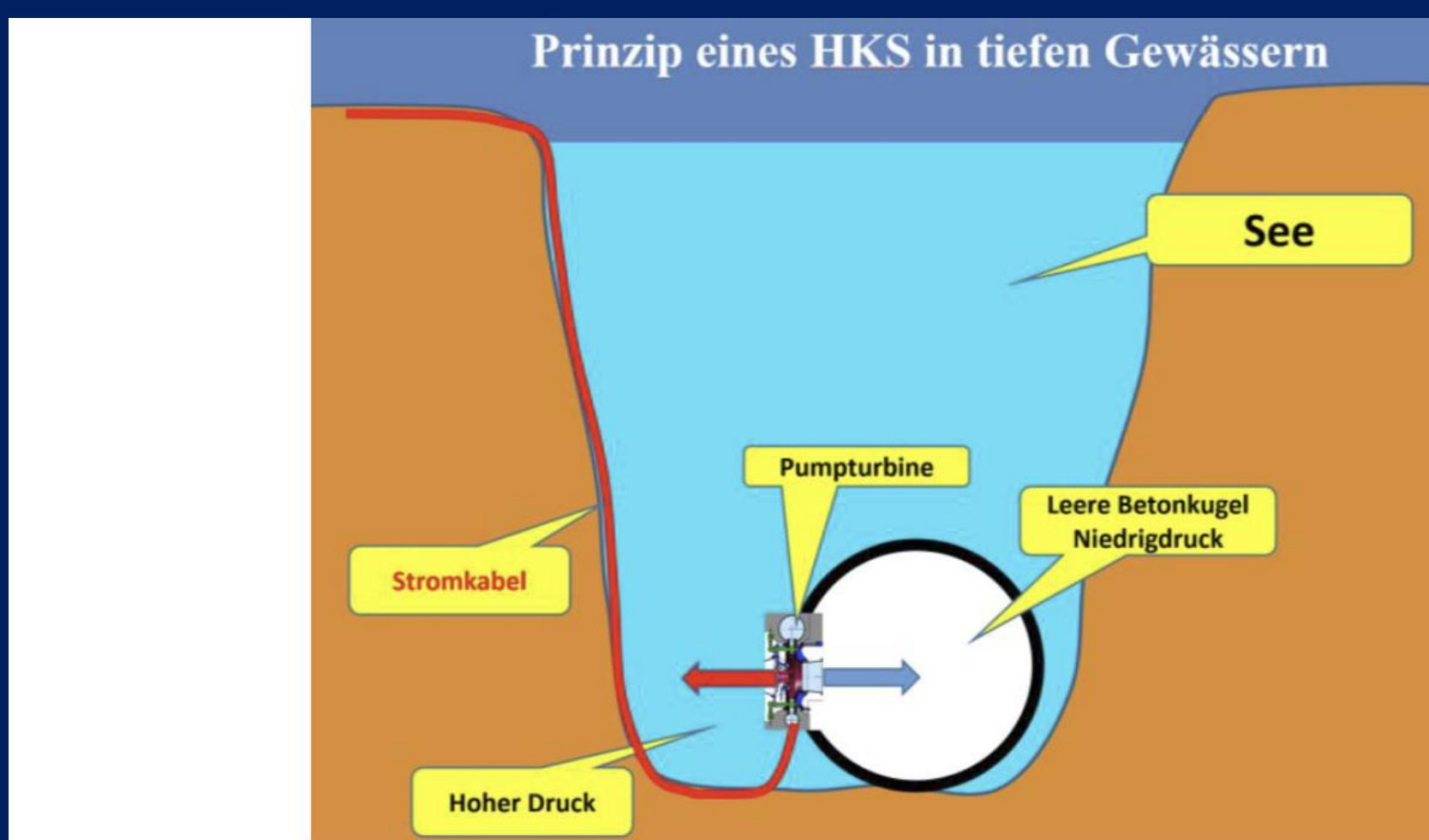
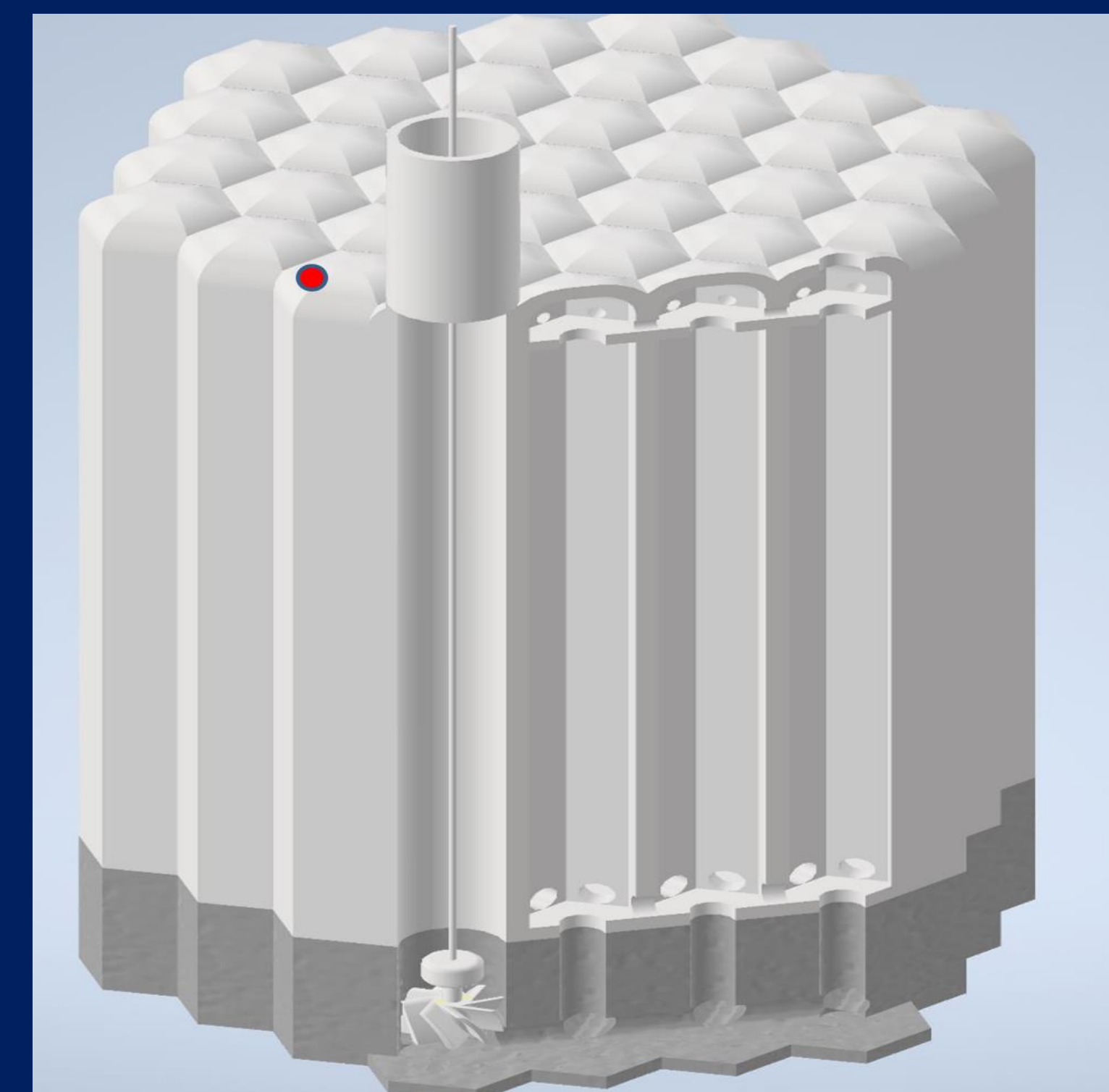
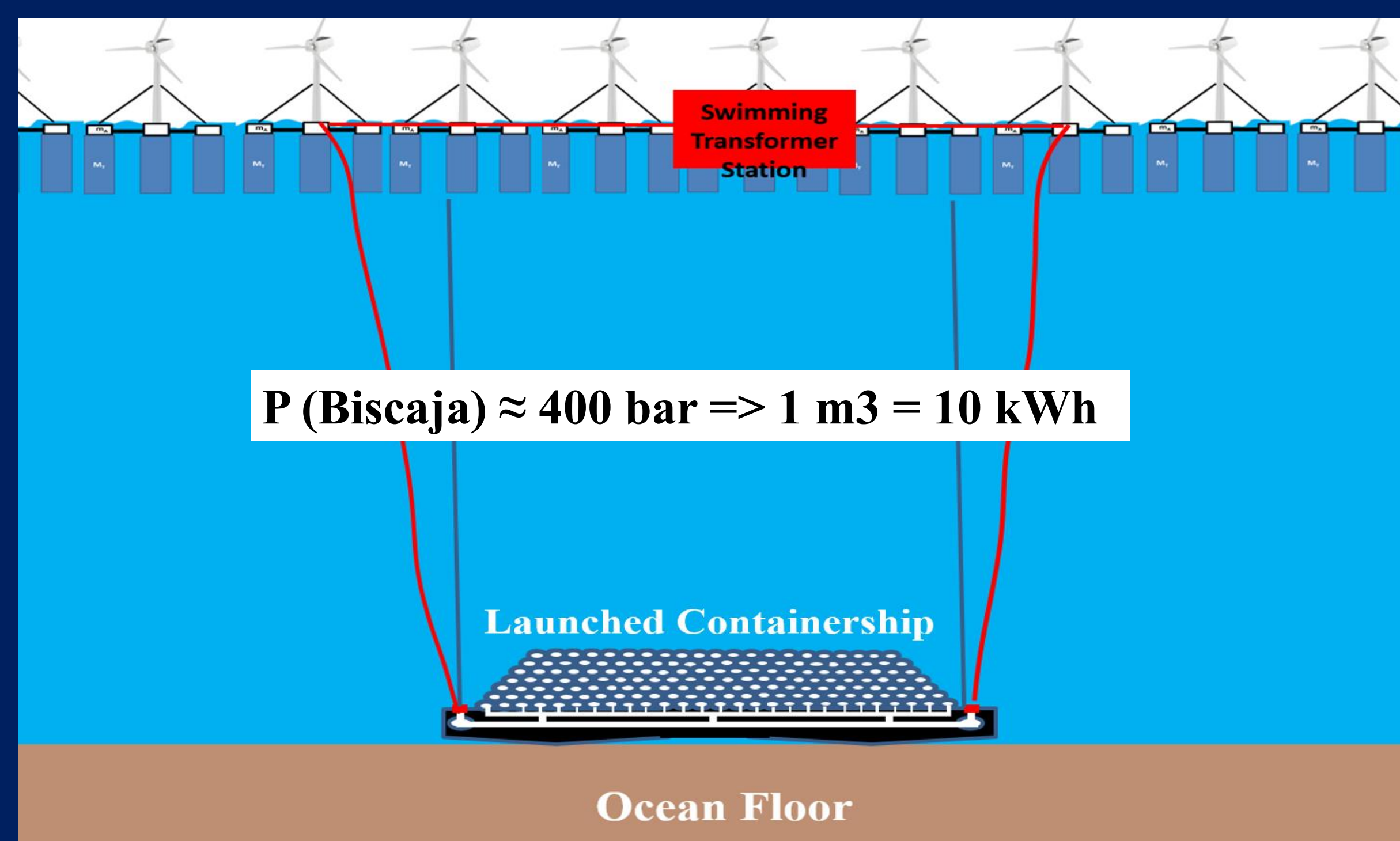
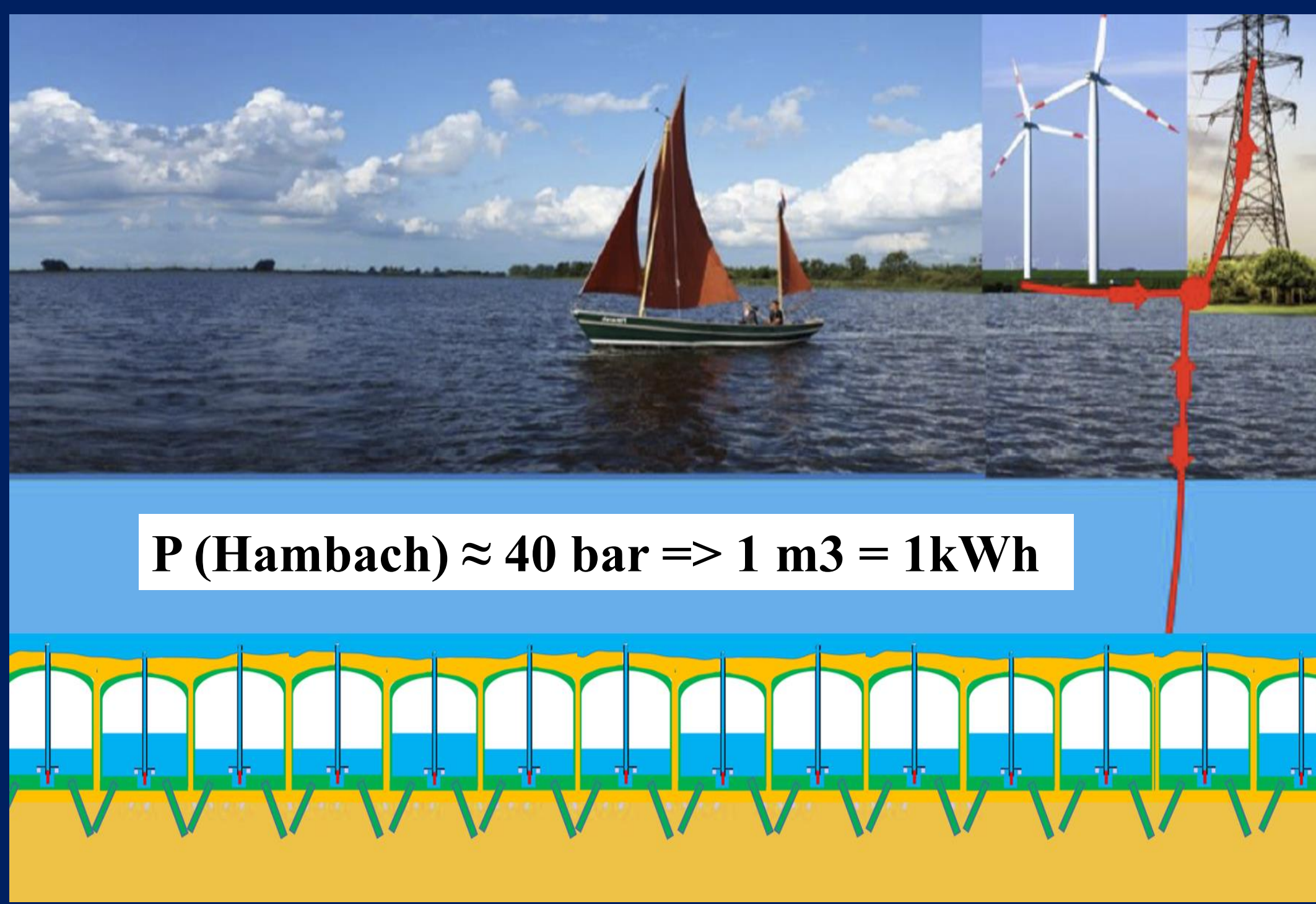


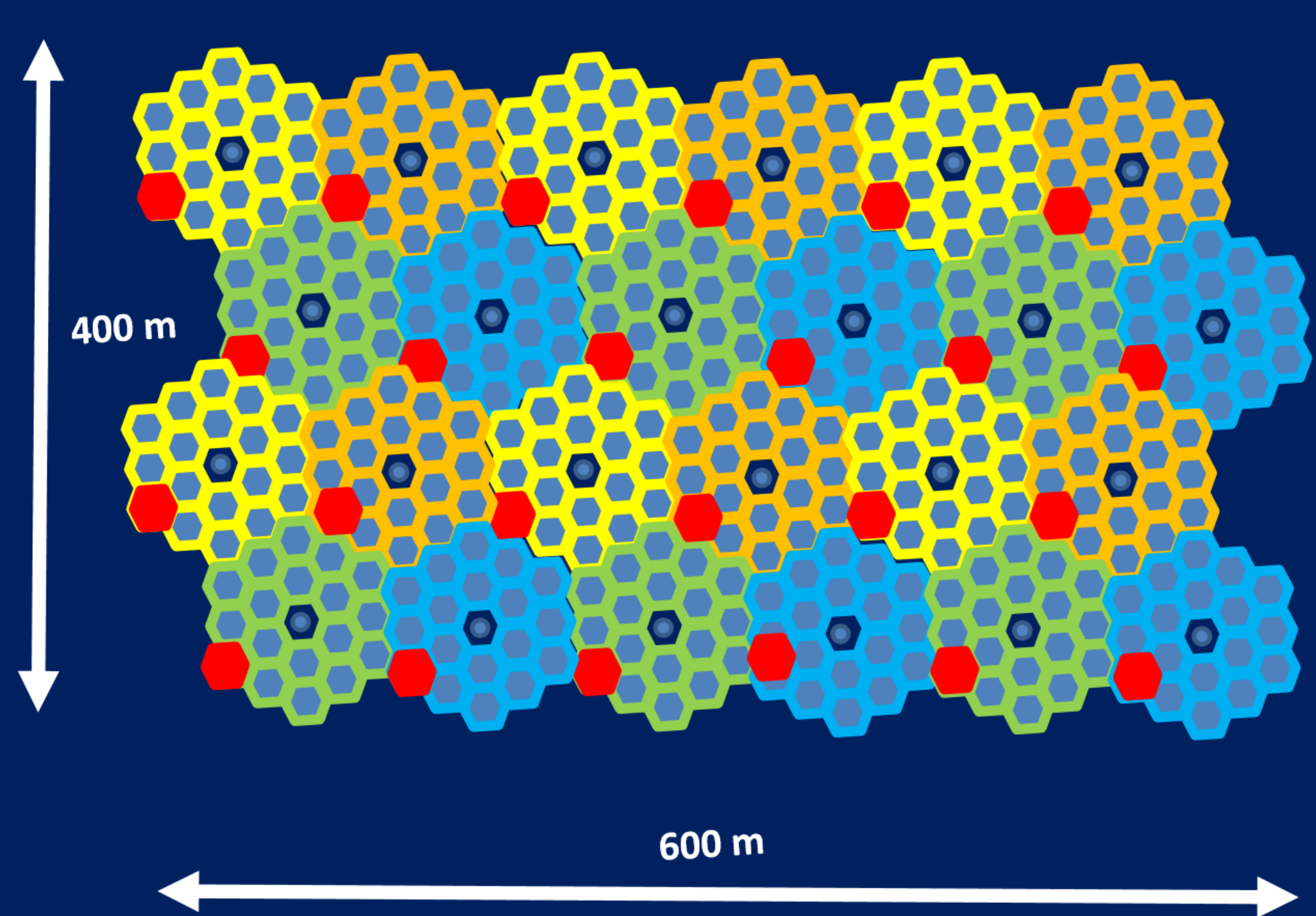
Abb.9: Prinzip des HKV. Auf der Sohle des Sees montiert befindet sich ein von Menschen gemachter Hohlkörper (Kaverne), in deren Wandung eine Pumpturbine montiert ist. Diese Pumpturbine wird über ein Stromkabel mit einem Strom- Erzeuger und Verbraucher verbunden. Stömt das Wasser in die Kaverne, so wird Strom erzeugt, pumpt man mit Wind- oder PV-Strom das Wasser wieder zurück in den See, wird dieser Strom als potentielle Schwerkraftenergie des Wassers gespeichert.



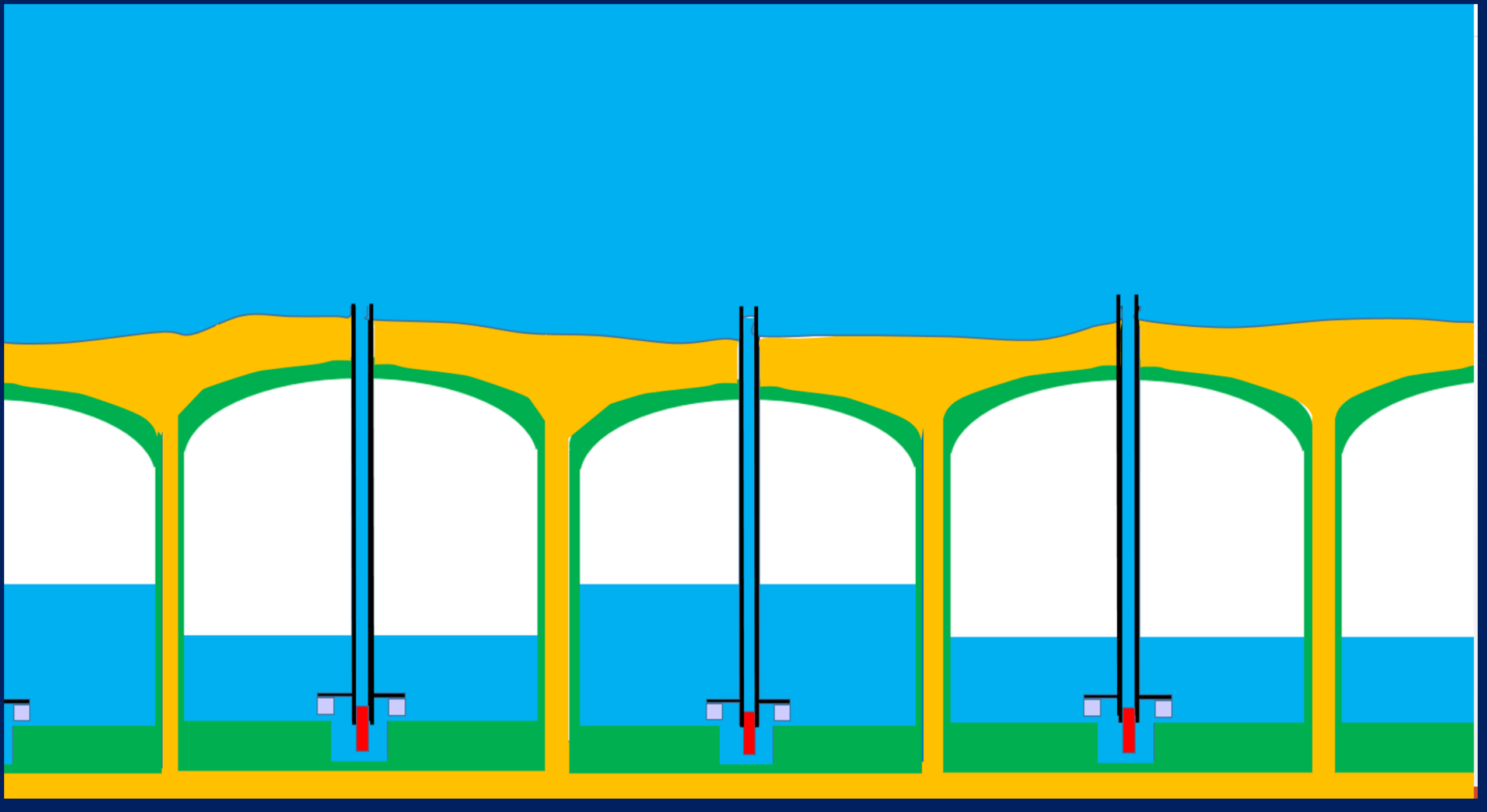
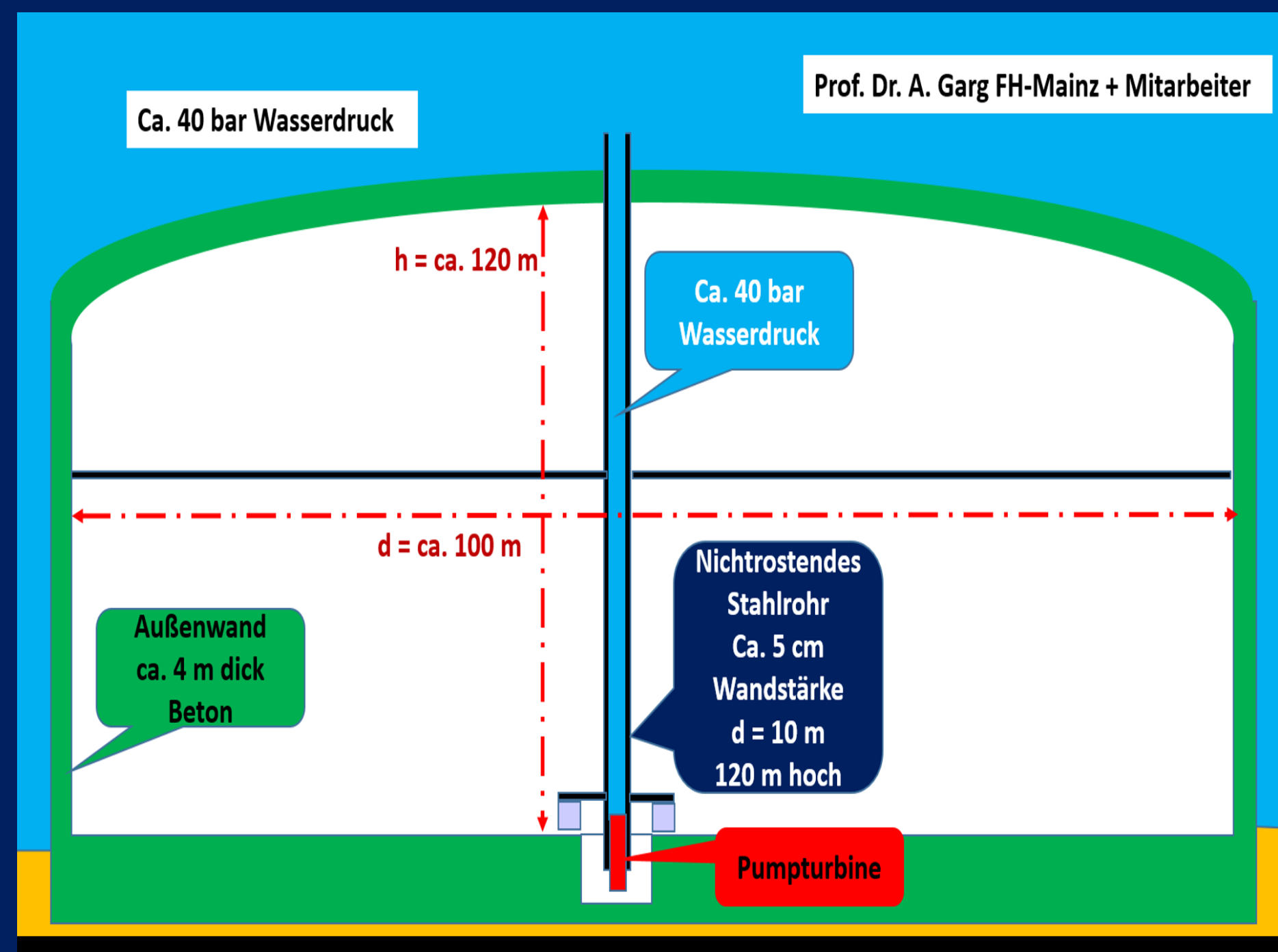
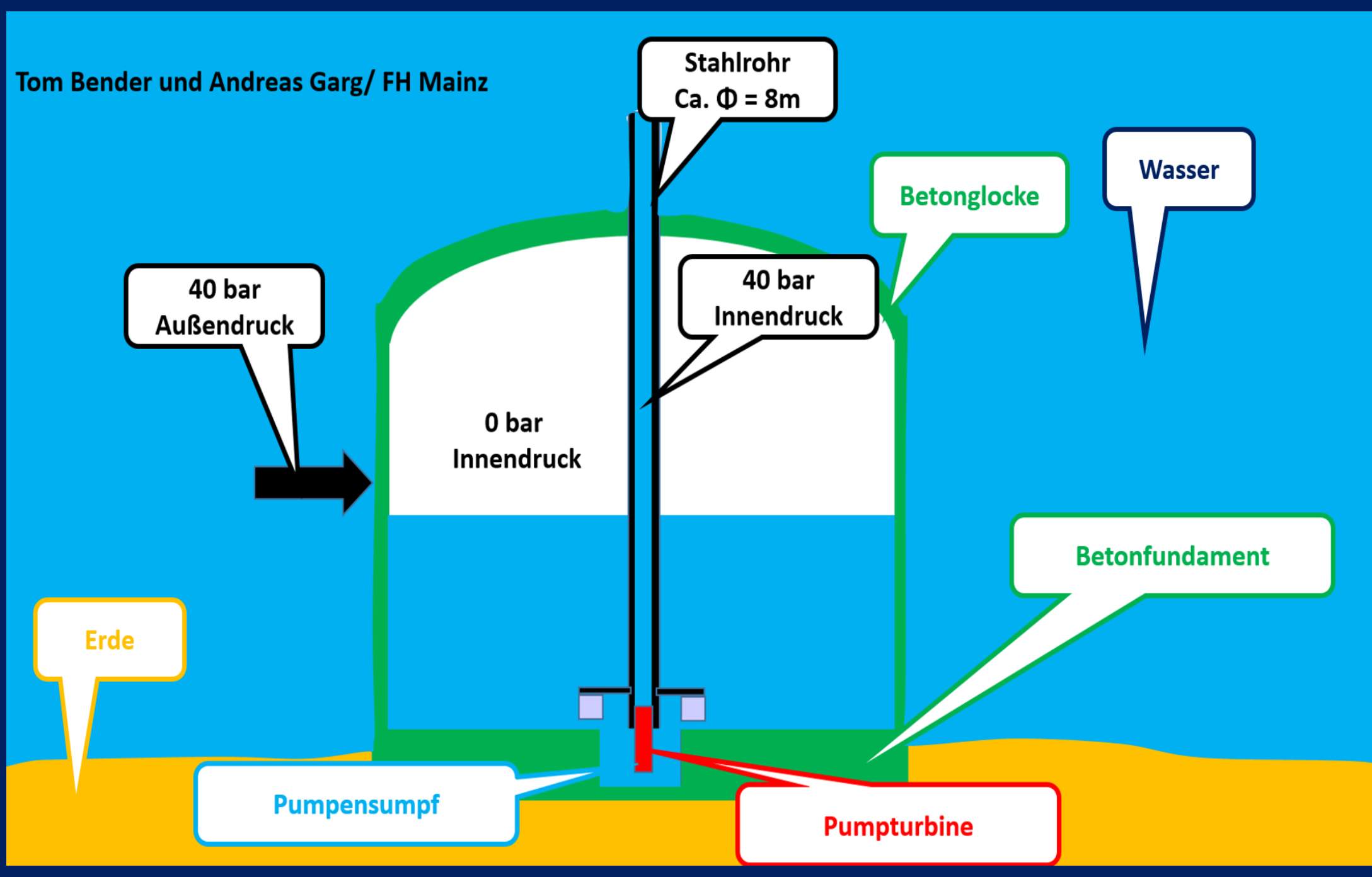
In diesem Segment sind 37 Hexagonalröhren zu einer in einem gegossenen Einheit verbunden.  
 $V_{seg} = 900.000$   
 Oben ca. 10 m unterhalb des Deckels ist eine Arbeitsplattform eingefügt, damit bei notwendiger Inspektion (Einstieg durch eine Schleuse (roter Punkt) ) evtl Reinigungs- oder Inspektionsarbeiten durchgeführt werden können.  
 In einer Röhre wird die Turbine montiert, die unten montiert. Am unteren Ende sorgen Wasserverbindungen zwischen den Röhren für ein sehr schnelles Fließen der Wassermengen.



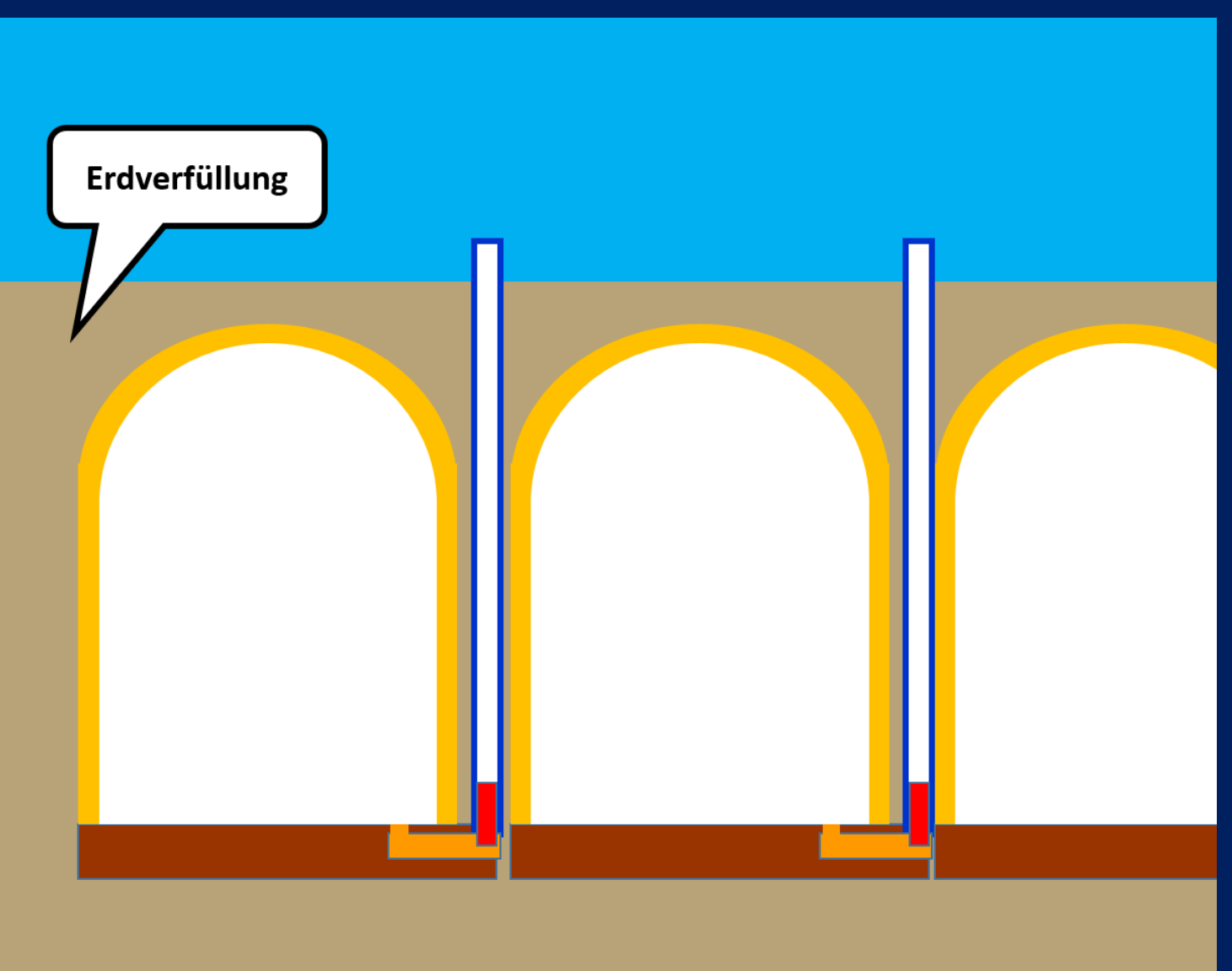
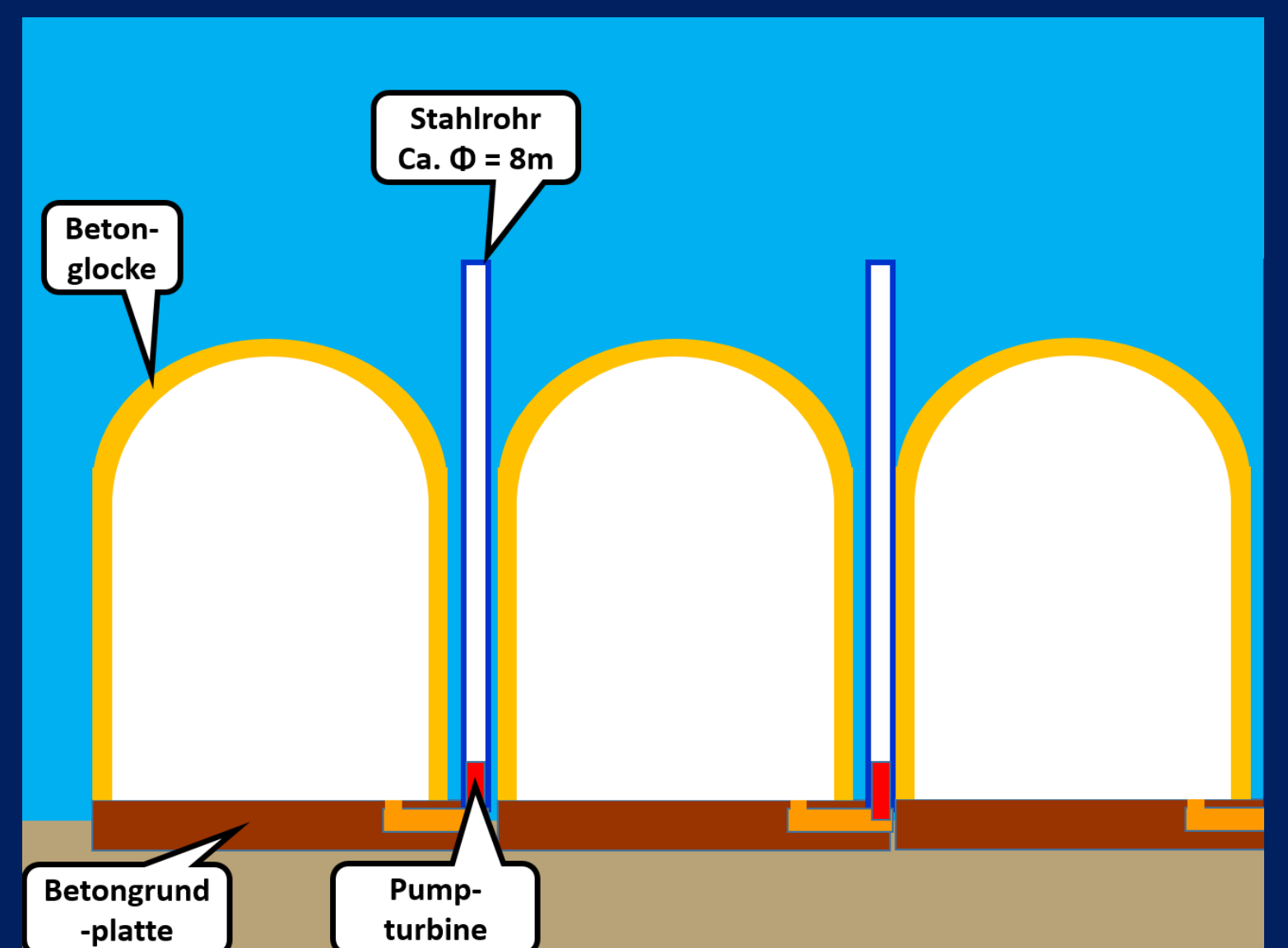
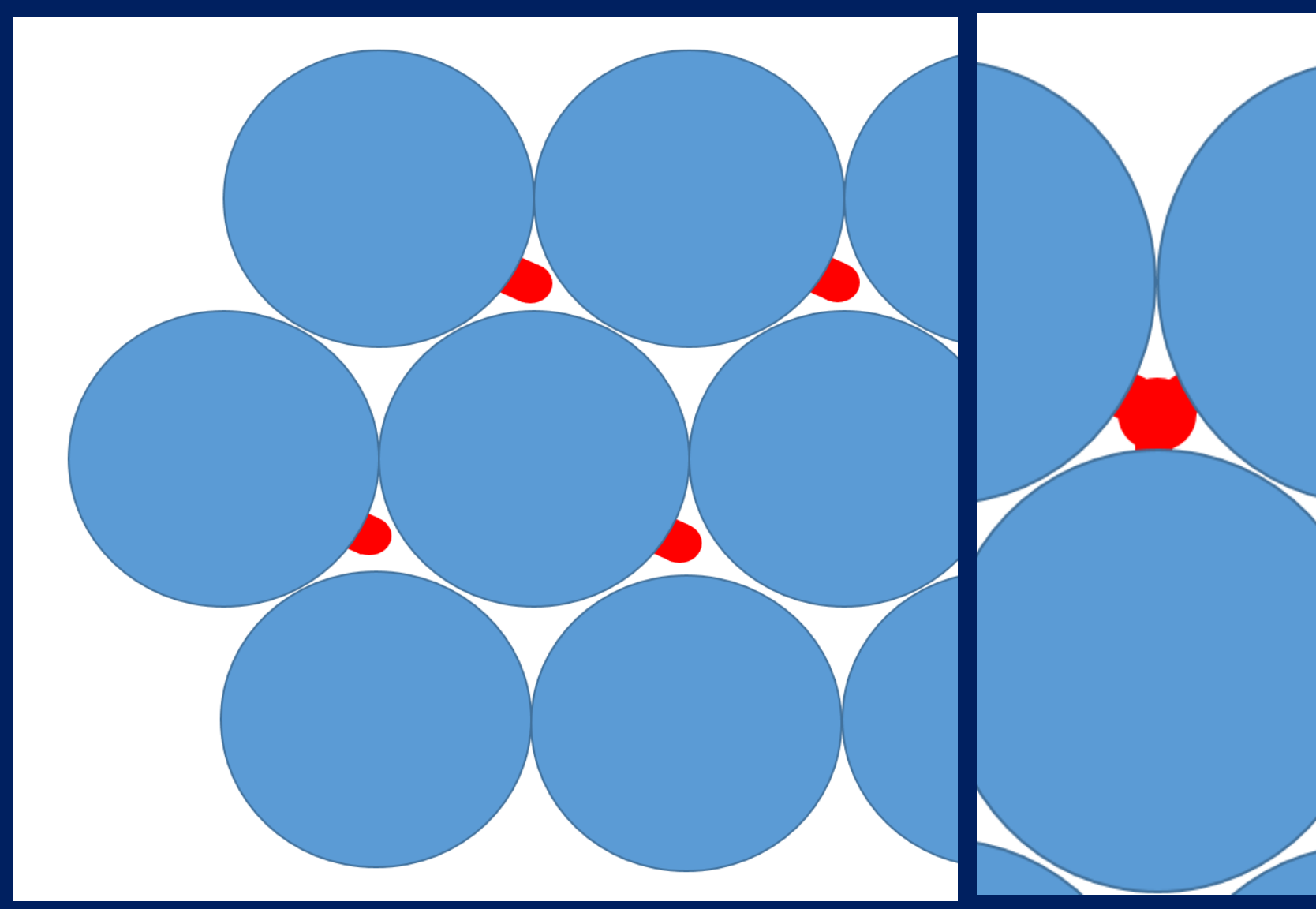
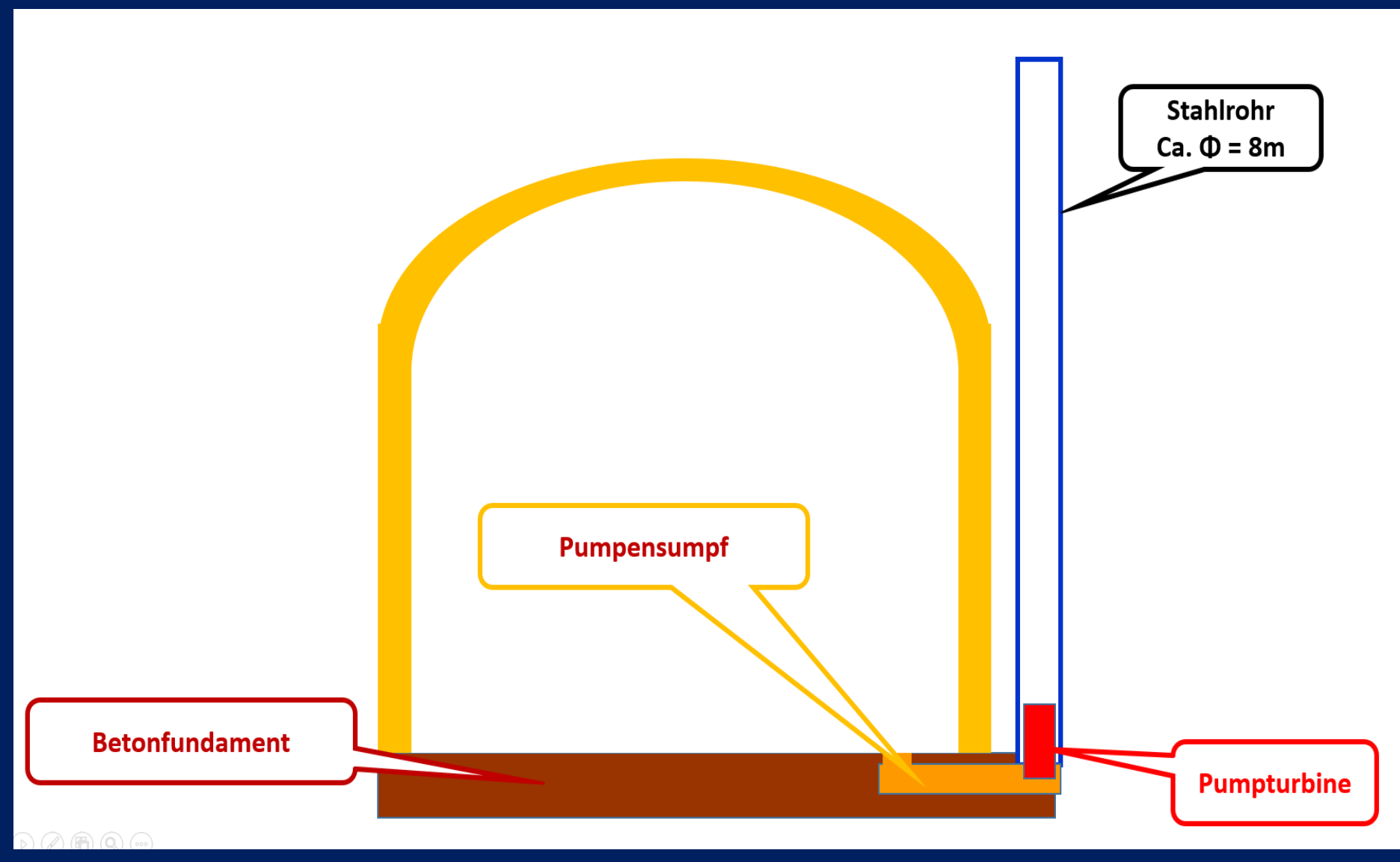
Horizontaler Querschnitt durch integriertes Röhrensystem



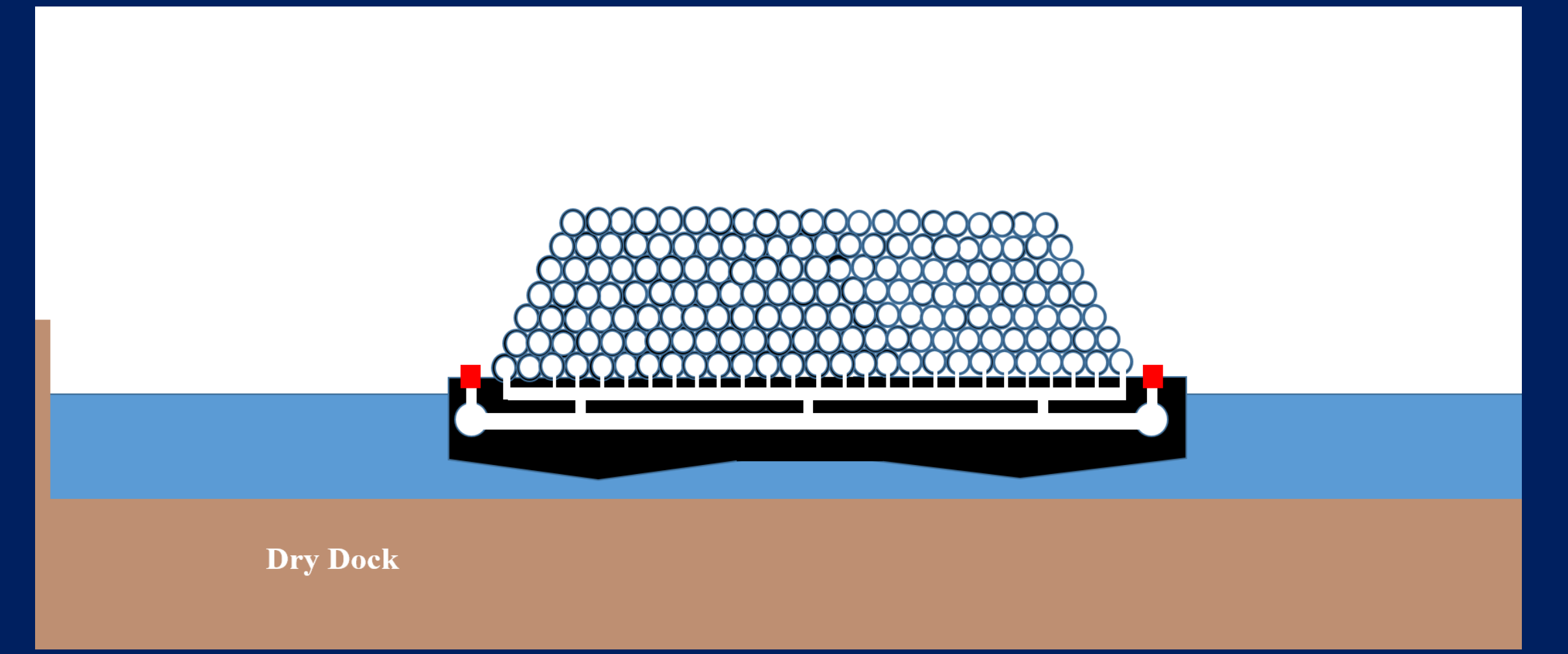
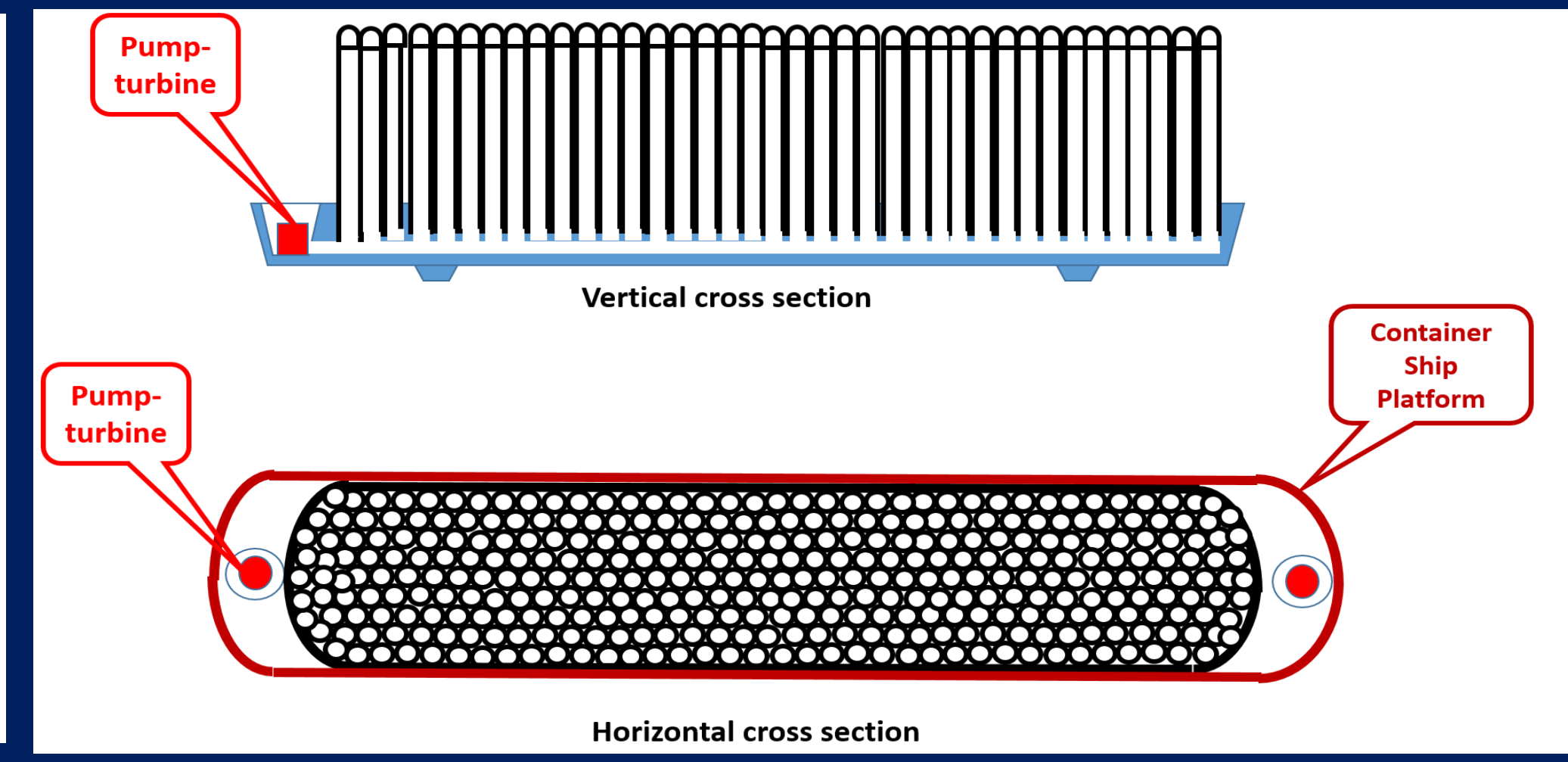
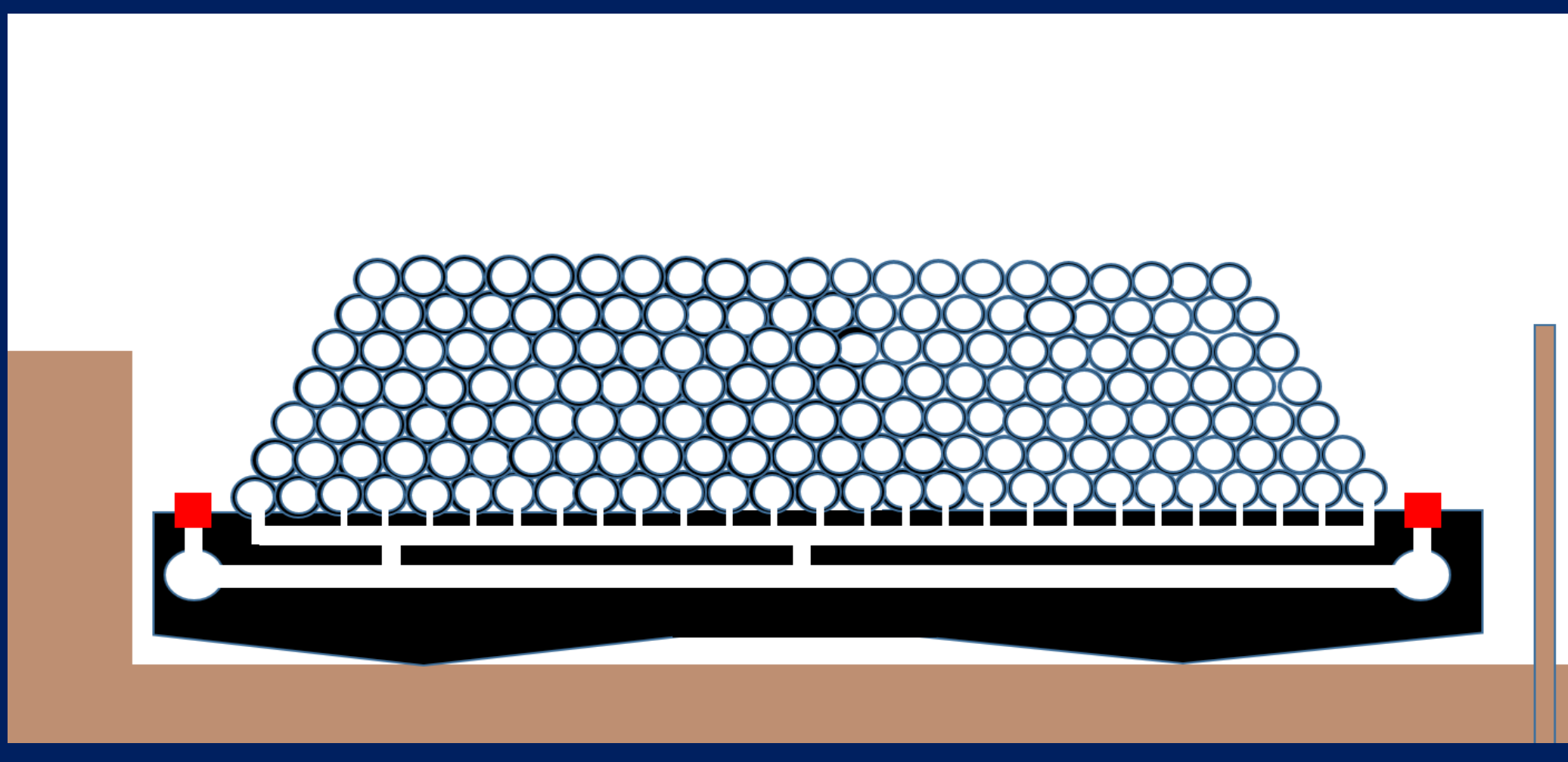
Advantage: Sliding formwork, large usable volume, ... drawback: Pressure on flat exterior...



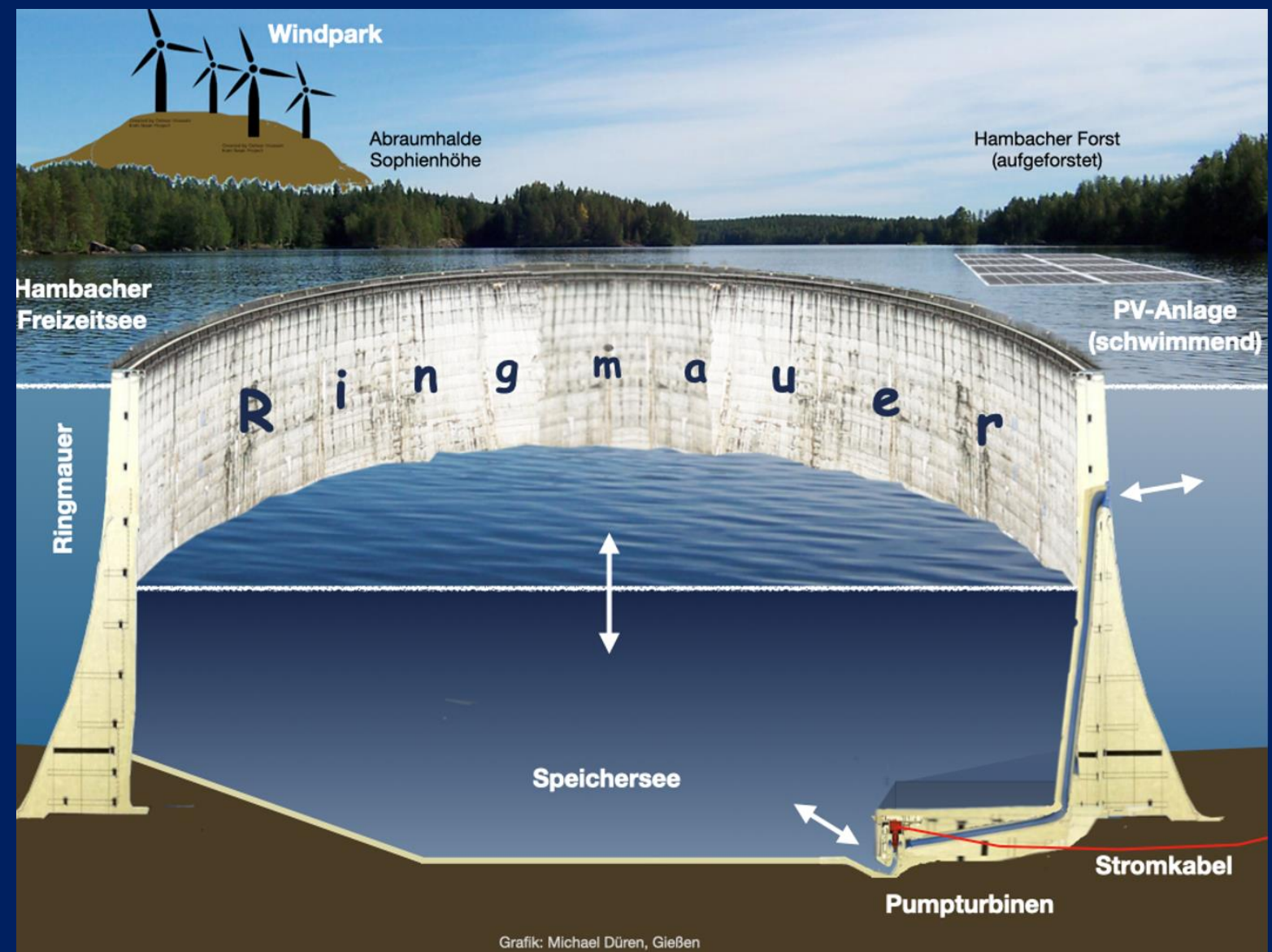
Advantage: Sliding formwork, large useable volume, no pressure problems on exterior sides... drawback need large steel tube, expensive and costly to mount



Advantage: inner steel tube replaced by outer tube, where outer and inner pressure are identic. Thus the tube can be fabricated as concrete tube (less costly). One turbine (300 MW) can supply three adjacent segments (cost reduction).  
 Cost (400 depth) : Single segment (1 GigaWh) ca. 250.000 m³ concrete (30 Million Euro) + 100 MW turbine (40 Million Euro) => total ca. 70 Million Euro. In 50 years and ca. 200 storage cycles per year => 10 Billion kWh => **0,7 Cent/kWh**  
 Three segment (3 GigaWh) ca. 700.000 m³ concrete (85 Million Euro) + 300 MW turbine (80 Million Euro) => total ca. 150 Million Euro. In 50 years and ca. 200 storage cycles per year => 30 Billion kWh => **0,5 Cent/kWh**



Cost (4000 depth) : Concrete container ship (500.000 m³ usable volume => 5 GigaWh) ca. 320.000 m³ concrete (50 Million Euro) + two 300 MW turbine (80 Million Euro) => total ca. 130 Million Euro. In 50 years and ca. 200 storage cycles per year => 50 Billion kWh => **0,3 Cent/kWh**



# Verlustfreie Überbrückung von Kurzzeitschwankungen in Energieerzeugung und Verbrauch- Gigantisch große Hydrokavernenspeicher in Braunkohleabbaustätten

H. Schmidt-Böcking, J. Schwister, C. Büchner, Sophie Schmeißner und G. Luther

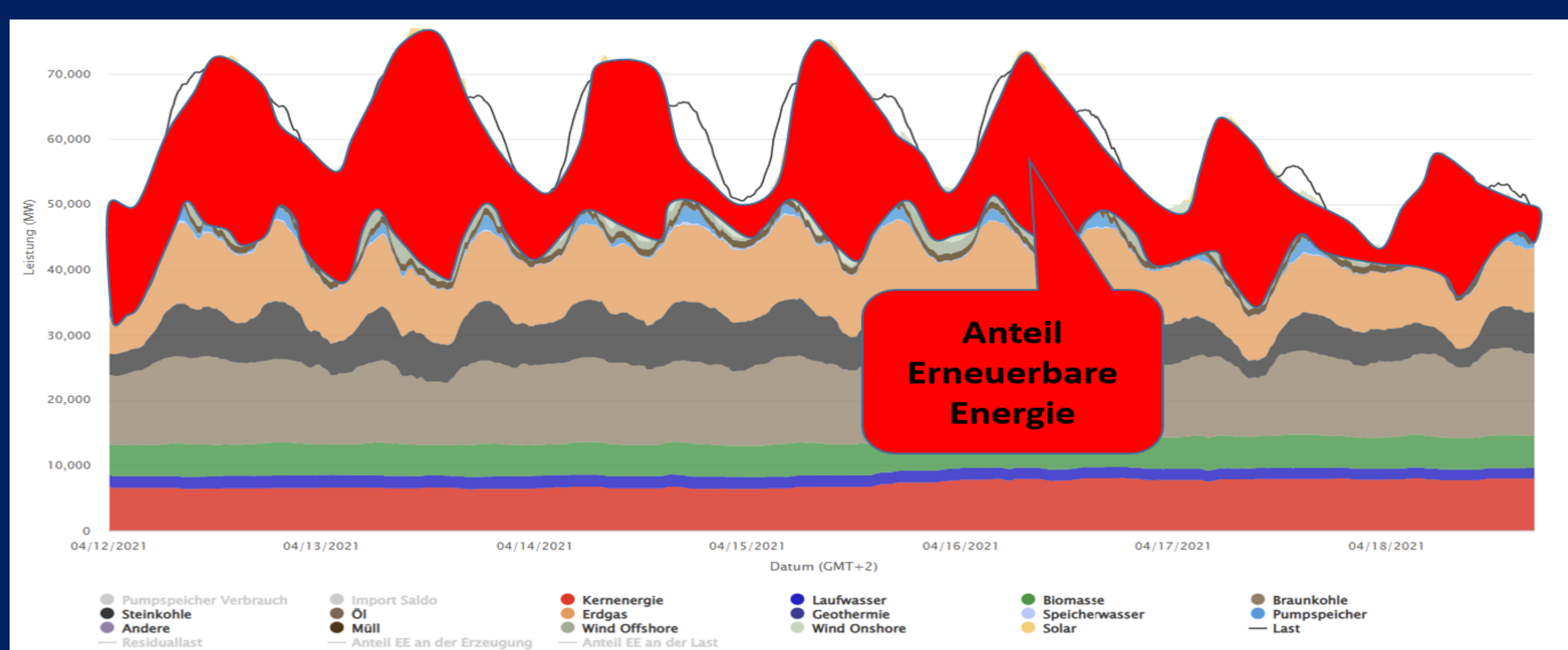
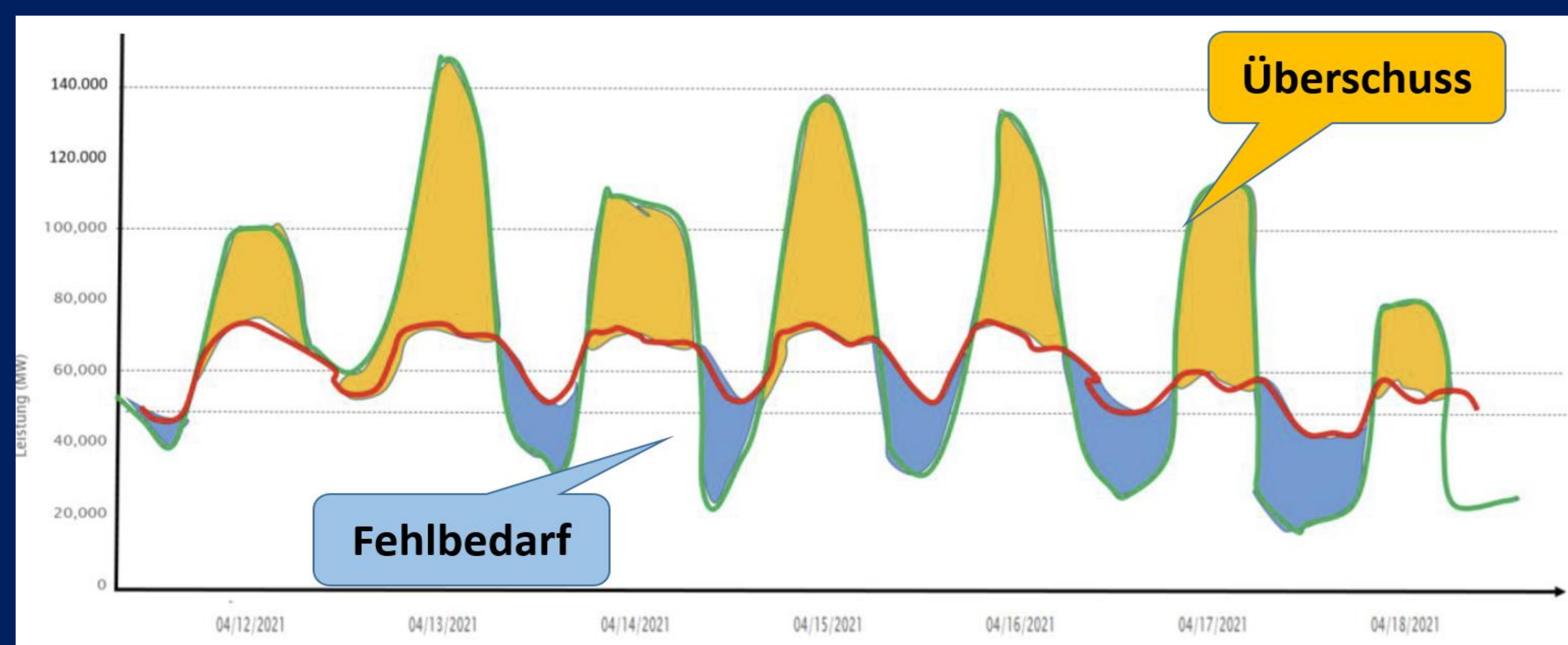
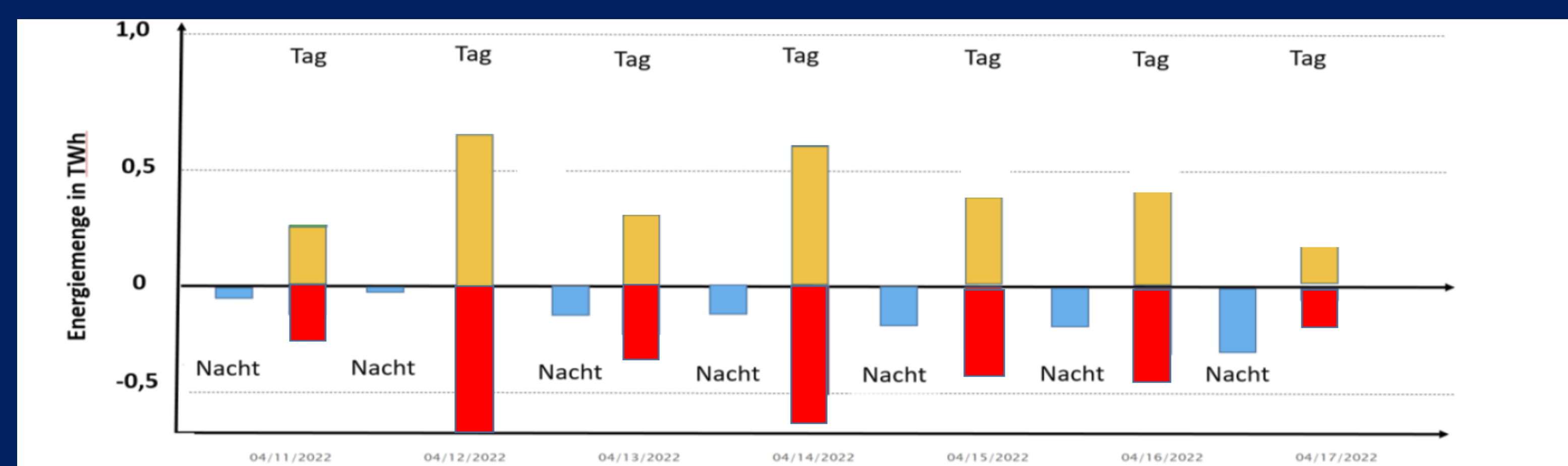


Abb. 1: Öffentliche Nettostromerzeugung in Deutschland in Woche 15 2021. []



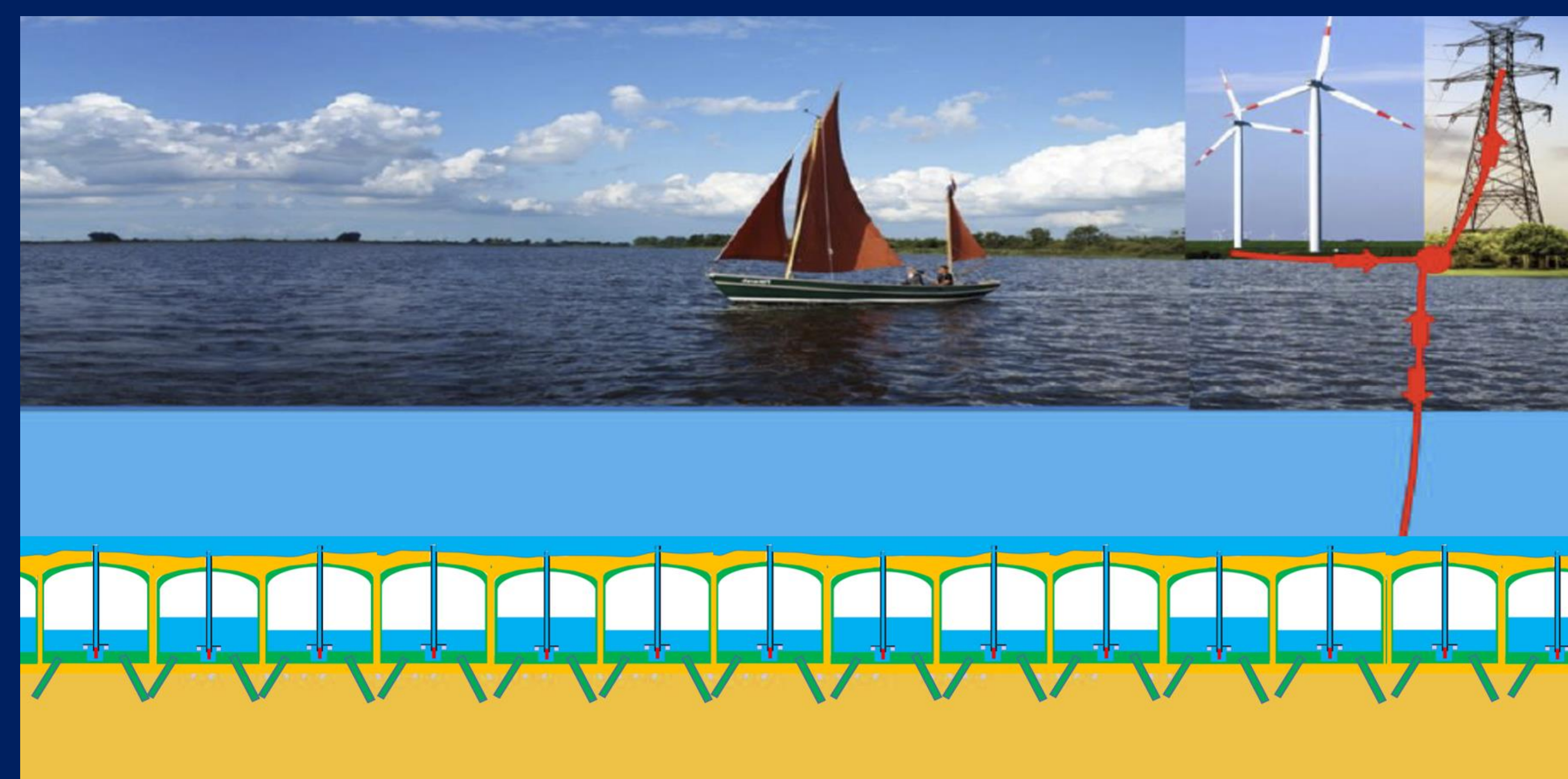
Stromkurven im Falle „vollzogener“ Energiewende PV- und Windradleistung um Faktor 4,8 ausgebaut



Energiermengen in TWh für die Woche 15 in 2040 im Fall ohne Speicher. Die ockerfarbenen Balken geben die Überschussmengen am Tage an. Die blauen Balken stellen die fehlende Energiemenge in den Nachtflauten dar, und die roten Balkenlängen geben die Verluste wegen Überschussenergie am Tage an.

**Überschussenergie in dieser Woche: ca. 3 Milliarden kWh => 600 Mill Euro**

**Fehlbedarf (Nachtflauten): ca. 1 Milliarde kWh**



Um diese Verluste zu vermeiden => braucht man **Kurzzeitspeicher** für elektrische Energie?  
Welche Anforderungen?

Verluste an Energie müssen klein sein (< 50%).

Muss sehr große Leistungen (ca. 100 – 200 GW) in Sekundenschnelle speichern können.

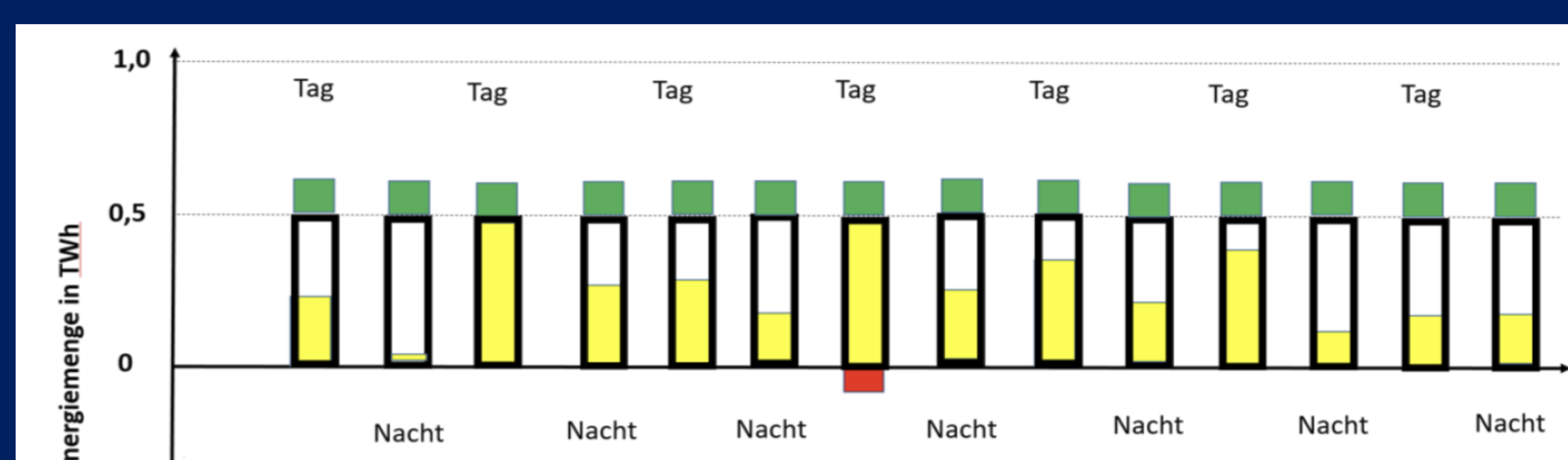
Muss sehr große Leistungen (ca. 100 GW) in Sekundenschnelle an Strom liefern können.

Speicherprozess muss umweltfreundlich sein (keine chemischen Gefahren).

**Speicherprozess muss bezahlbar sein.**

Speicher müssen lange Lebensdauer haben.

Etc.



Energiermengen in TWh für die Woche 15 in 2040 **im Fall mit Speicher**. Die Speicherkapazität beträgt 0,5 TWh und wird durch die schwarzen Rechtecke dargestellt. Die gelben Flächen geben den jeweiligen Speicherfüllstand am Ende des Tages- bzw. Nachtzyklus an.

Die grünen Flächen zeigen die Umwandlungsmengen in GRÜNEN Wasserstoff.

Die roten Balkenlängen geben die Verluste wegen Überschussenergie am Tage an.

| PV und Wind hochskaliert mit Faktor 4,8 auf den Fall einer realisierten Energiewende in ca. 2040 (alle Werte in TWh Einheiten) |                        |                    |                |                  |                 |      |                 |                  |            |
|--|------------------------|--------------------|----------------|------------------|-----------------|------|-----------------|------------------|------------|
| Speicher   | Strom beim Verbraucher | Primäre Strommenge | Überschuss Tag | Fehlbedarf Nacht | Rückverstromung | GrWa | Genutzter Strom | Verlorener Strom | Verluste % |
| nein   | 10,5                   | 15,6               | -2,0           | -0,8             | -2,4            | 0,7  | 10,2            | -4,4             | 43         |
| ja   | 10,5                   | 12,0               | -0,5           | 0,0              | 0,0             | 1,0  | 11,5            | -0,5             | 6          |

Tabelle 1: Strommengen in TWh integriert über die 15. Woche und hochskaliert auf das Jahr 2040. In der 2. Spalte wird die vom Verbraucher genutzte Strommenge, in der 3. Spalte die primär erforderliche Strommenge angegeben. Spalte 4 zeigt die Überschussenergiemengen (meist am Tage durch PV), Spalte 5 den Fehlbedarf in den Nachtflauten, Spalte 6 die notwendige Energiemenge, um nachts in den Flauten den Fehlbedarf beim Verbraucher durch Verbrennung von GRÜWA zu decken, Spalte 7 die in dieser Woche parallel mit 10 GigaW-Leistung erzeugten GRÜWA-Energiemengen, Spalte 8 die gesamte genutzte Energiemenge (Summe aus Spalte 2 und 7), Spalte 9 den totalen Verluststrom und Spalte 10 den Verlustanteil bezogen auf die in Spalte 2 der beim Verbraucher ankommenden Energiemenge.

Welche Speichertechnologien kann man verwenden?

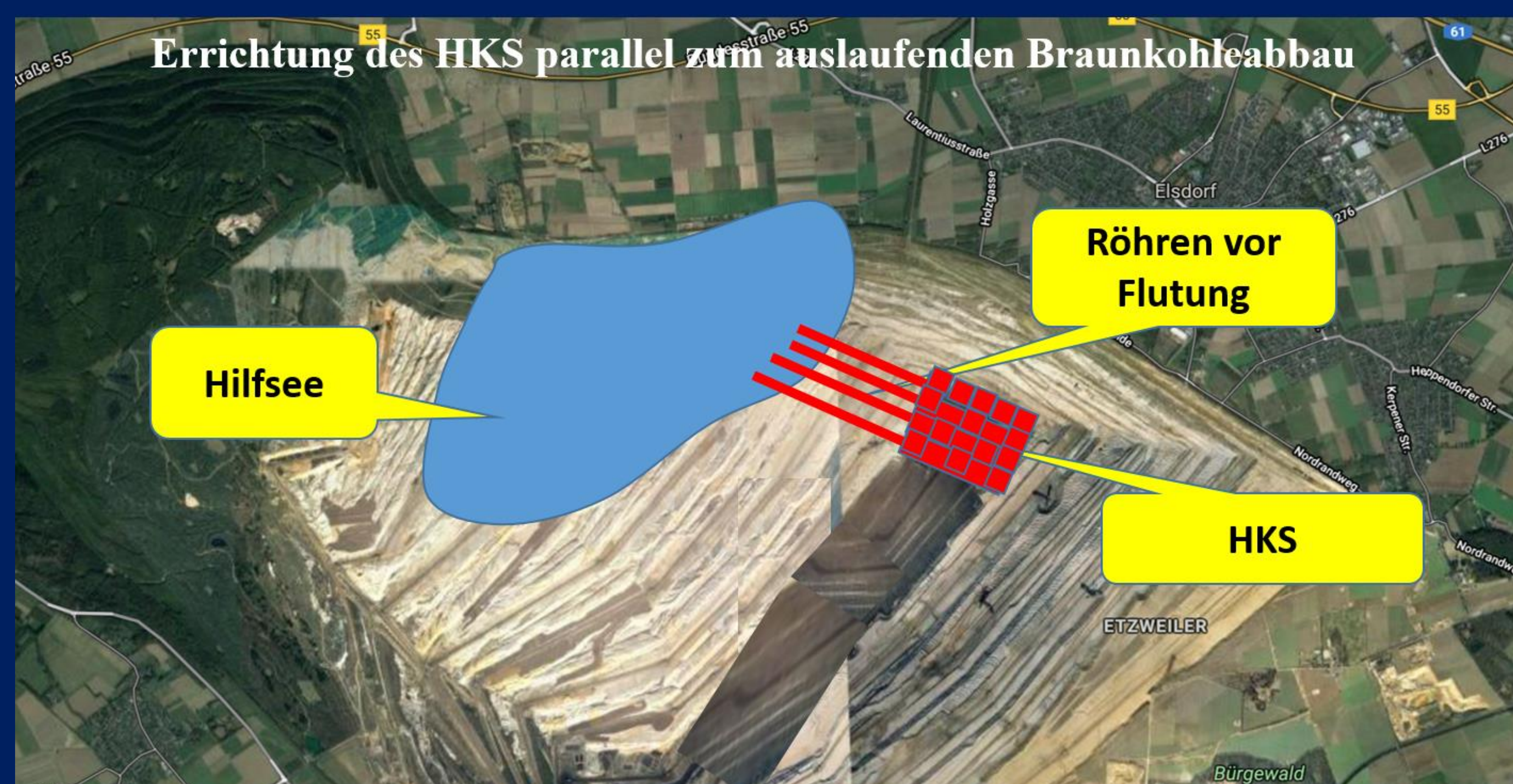
1. Chemische Batterien CB  
z.B. Li-Ionenbatterie oder Eisen-Luft-Batterie (Rostbildung)

2. Elektrolyse von Wasser zu „GRÜNEM WASSERSTOFF“ GW und O2.

3. Umwandlung in potentielle Energie im Gravitationsfeld der Erde  
z.B. Wasserpumpspeicherkraftwerke PSKW

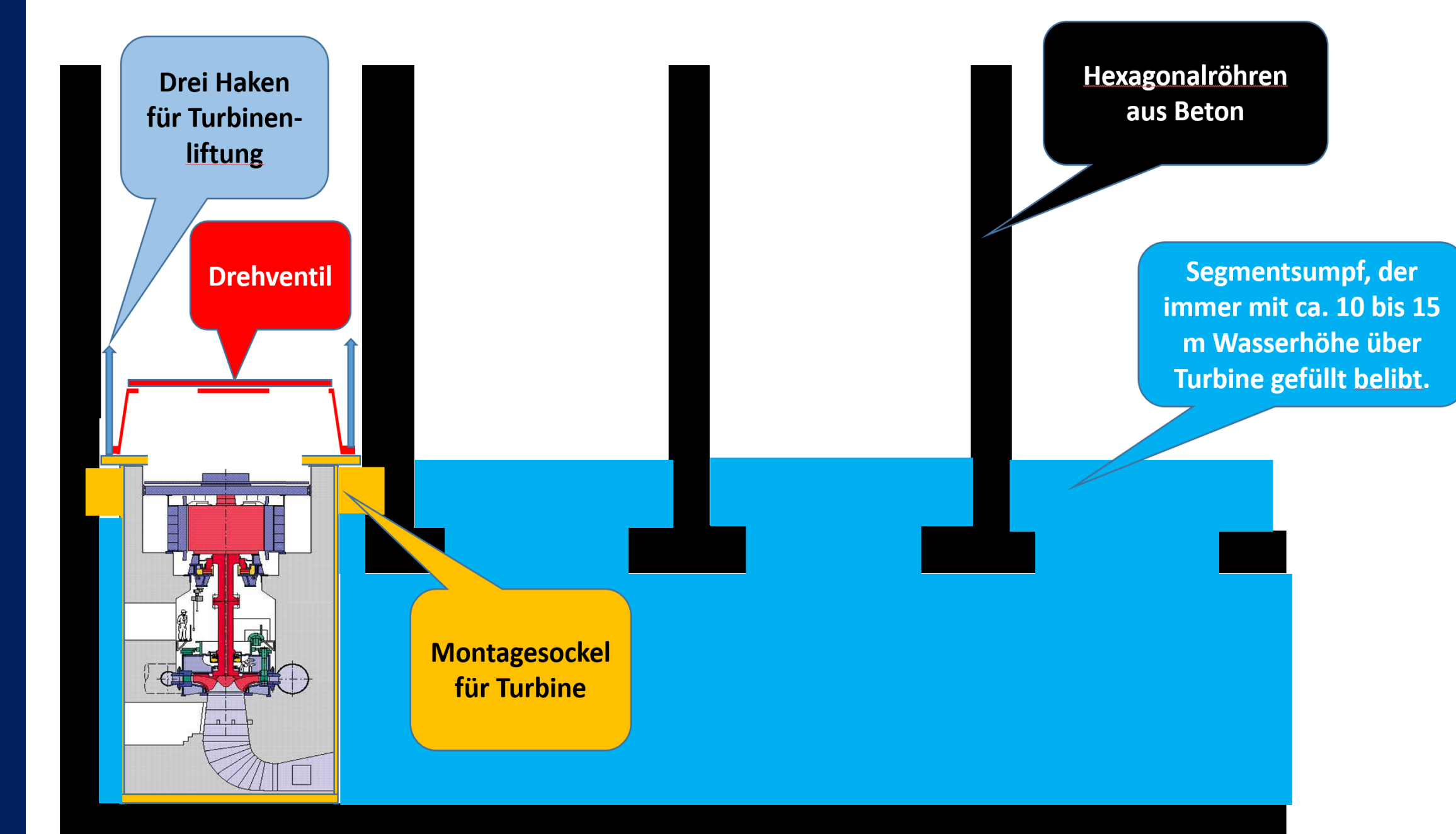
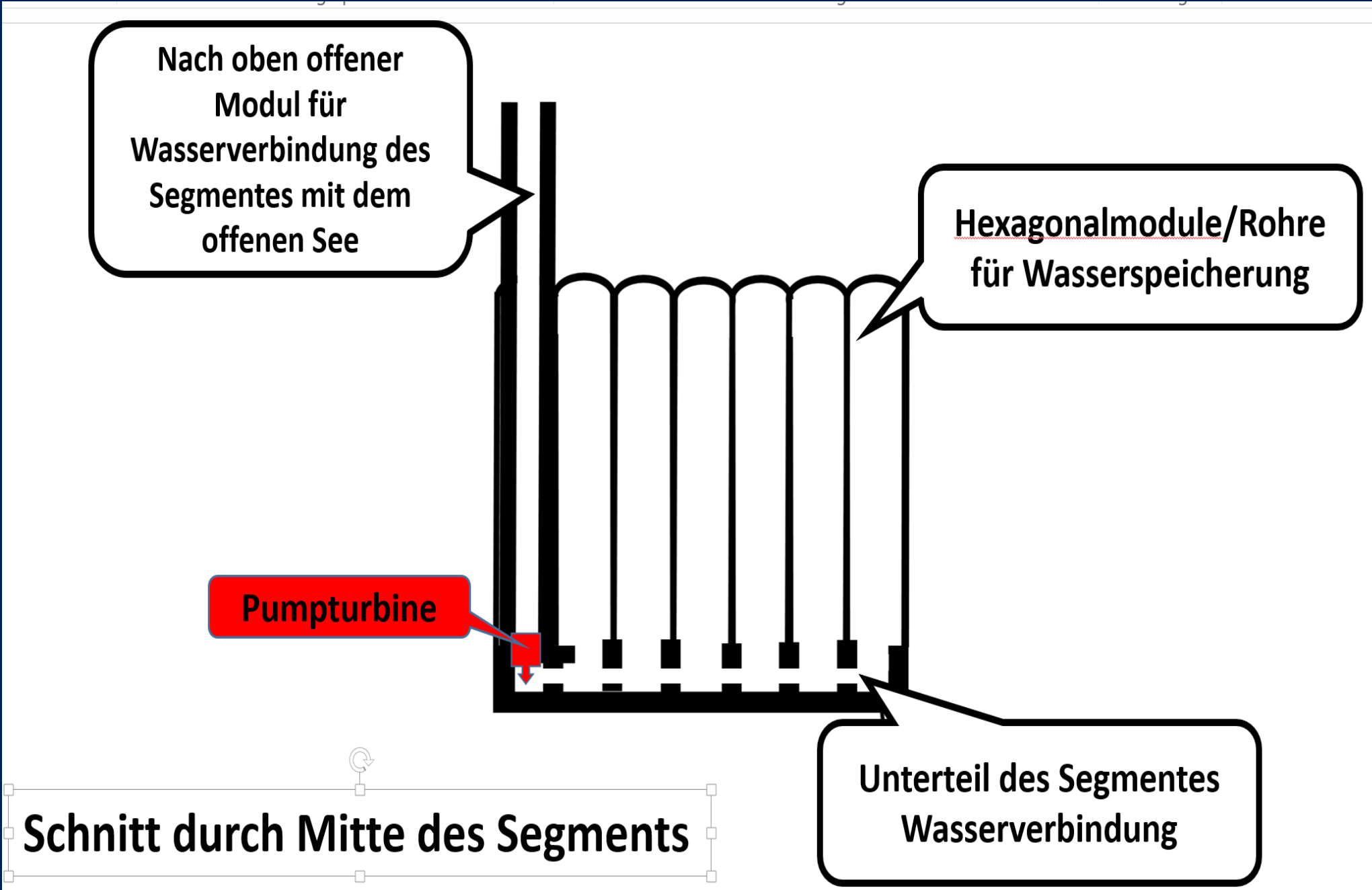
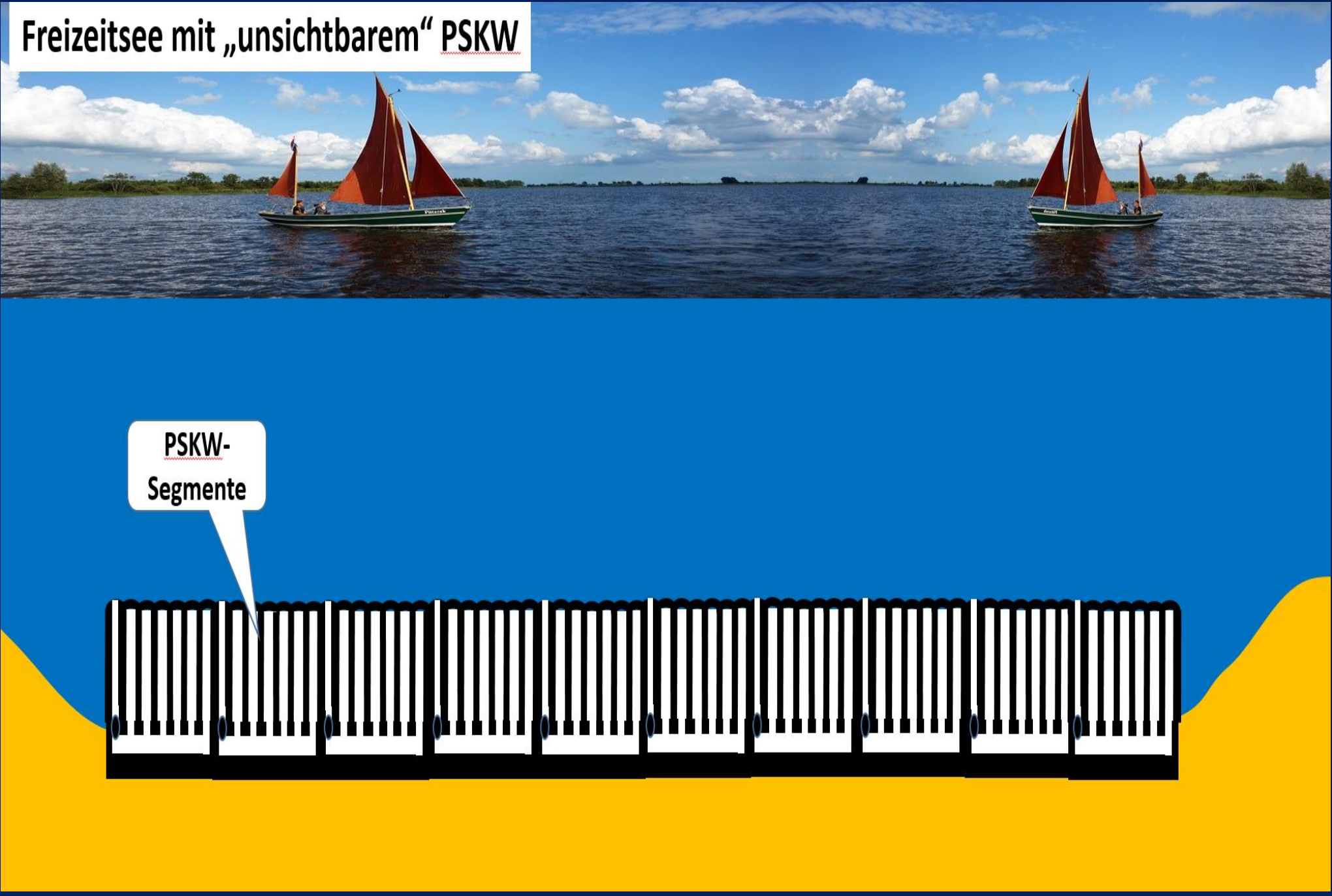
Umwandlung in potentielle Energie im Gravitationsfeld der Erde  
z.B. Wasserpumpspeicherkraftwerke PSKW

| Vorteile                                 | Vorteile  |
|--|---|
| Bewährte Technologie                     | Extrem lange Lebensdauer<br>Turbinen ca. 50 Jahre,<br>Betonteile ca. 500 bis 1000 Jahre |
| Geringe Verluste im Stromkreislauf < 20% | Liefert zuverlässige Stromversorgung  |
| Keine Wärmeverluste                      | Ideal als Kurzzeitspeicher bis ca. 1 Woche  |
| Sehr kurze Einschaltzeit (Minute)        |   |
| Sehr umweltfreundlich                    |   |
| Ohne seltene Rohstoffe                   |   |
| Niedrige Kosten => 130 Euro/kWh          |   |
| Gigantische Speicherkapazität            |   |

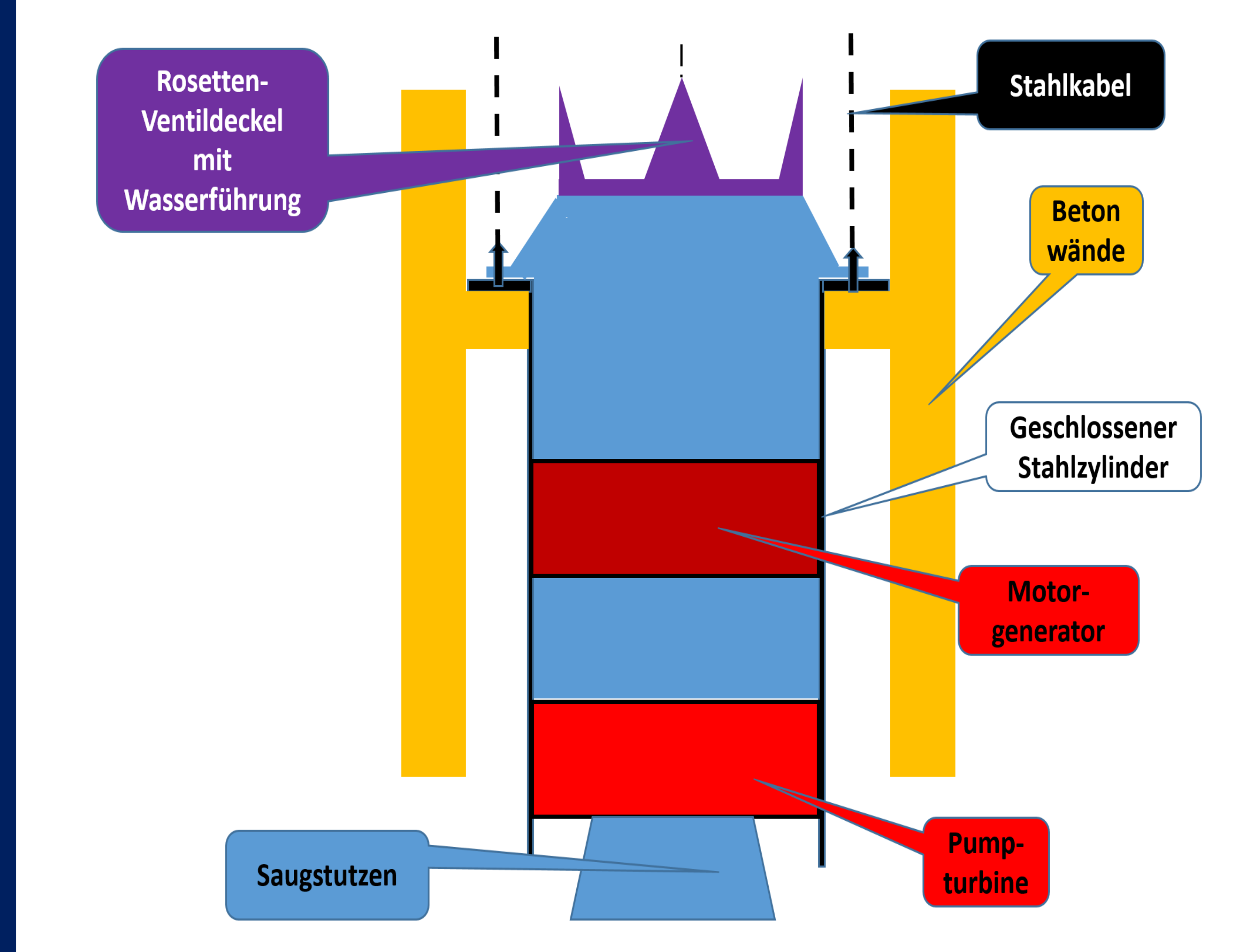
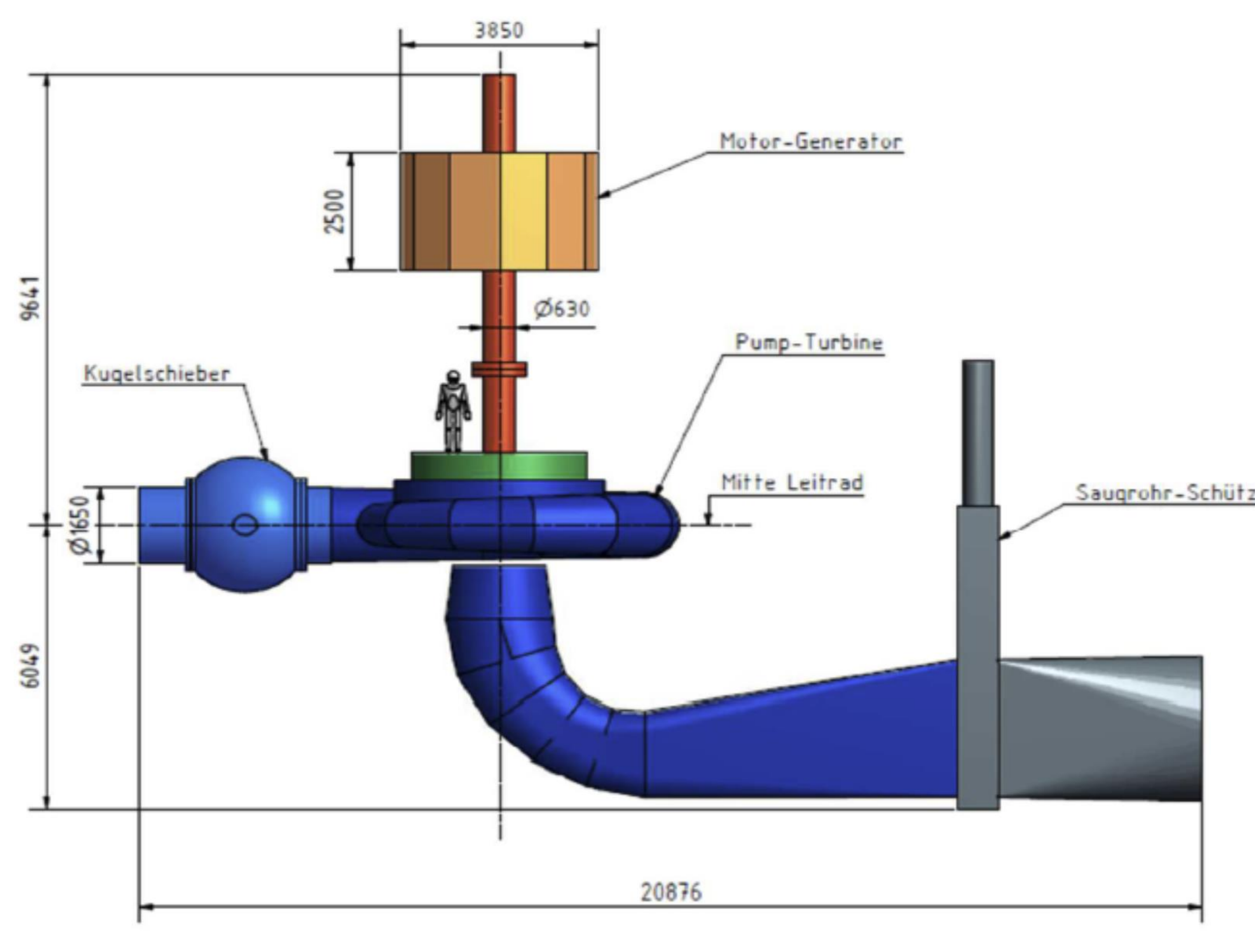


# Unterwasserpumpturbine

Horst Schmidt-Böcking + Gerhard Luther



A Hydro-Cavern power station mounted on the floor of deep lakes or in the ocean needs for maintenance of the turbine system including the shut-off valve a cylindrical shape to be easily brought to the surface of the lake. To manage this the whole system must have a very compact cylindrical shape and must not be too heavy in order to bring it to the surface of the water without difficulty. Since such a compact turbine-pump-valve system has not been available so far, such a compact system based on a new shut-off valve design is presented here.



Traditional turbine design (according to Voith/Heidenheim Dipl. Ing. Froben) for a PSKW.

New compact turbine + valve design

