

### Motivation

Durch die Integration von erneuerbaren Energiesystemen ist die Energiespeicherung für einen stabilen Betrieb der Stromnetze zur Notwendigkeit geworden. Pumpspeicherung ist aktuell die einzigste Technologie, die große Energiemengen effizient und mit geringen spezifischen Kosten speichern kann [1]. Laut der NHA [2] existieren weltweit 279 Pump Speicher Systeme (PSS) mit einer Gesamtleistung von 127 GW. Wie in Abb. 1 dargestellt fallen 15% der Installationen in einem Bereich <80MW die dabei eine Leistung von nur 1% der weltweit installierten Kapazität bereitstellen können.

Das Hauptproblem der Kleinkraftwerke ist, dass diese hinsichtlich der spezifischen Kosten pro installierten MW den Großkraftwerken deutlich unterlegen sind [3]. Um dieser Tendenz entgegen zu wirken ist es notwendig Lösungen zu finden welche in der Lage sind die Kosten einerseits durch standardisierte Komponenten und andererseits durch Verwendung von existierenden Speichermöglichkeiten zu senken.

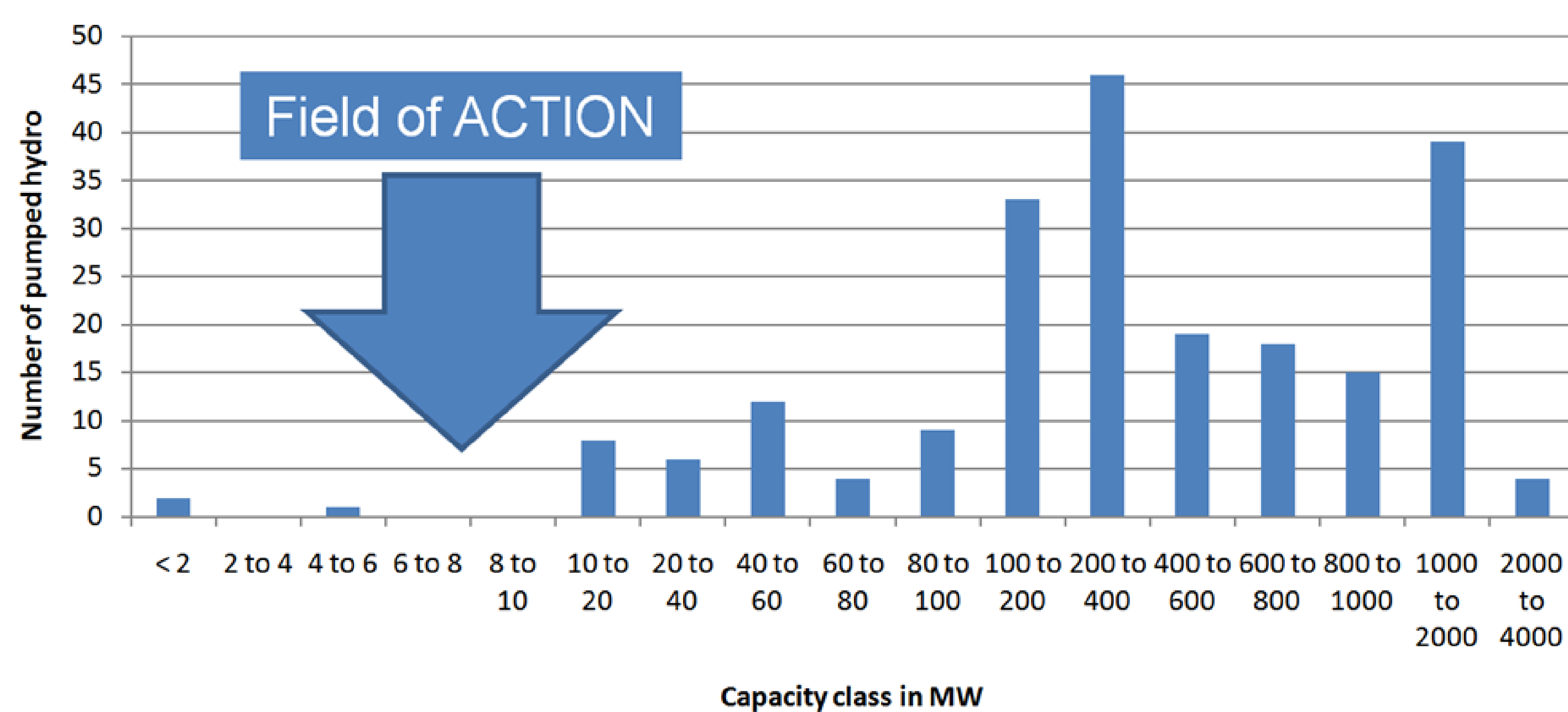


Abbildung 1: Installierte Pumpspeicheranlagen weltweit und Anwendungsgebiet des Projekts, Daten aus [4]

### Anwendungen

Das modulare Konzept wurde für die Verwendung von existierenden künstlichen Wasserspeichern entworfen. Im alpinen Raum werden solche Wasserspeicher für die Beschneidung und Bewässerung angelegt. Durch deren Verwendung fallen keine zusätzlichen Kosten für die Errichtung eines Oberwasserspeichers an, was einen großen ökonomischen Vorteil mit sich bringt. Eine interne Untersuchung zeigt das hohe Potential solcher Speicher die zu hunderten in Österreich vorhanden sind:

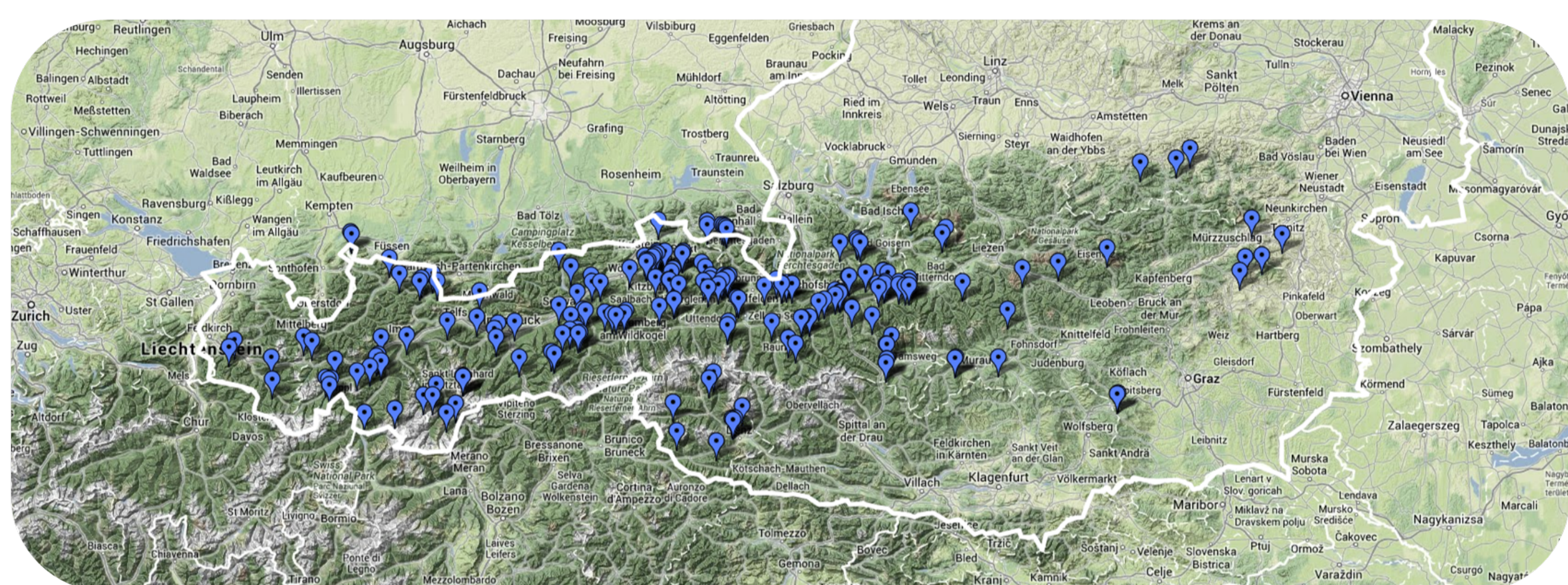


Abbildung 2: Künstliche Beschneidungsspeicher in Österreich

Durch die Kombination der individuellen Komponenten zu einer Maschine mit bis zu fünf Stufen ist eine Anpassung an die Randbedingungen möglich. In Kombination mit einem drehzahlvariablen Motor-Generator ergibt sich ein Anwendungsbereich von 200-1000 m Förderhöhe bei 1-2.5 m<sup>3</sup>/s Durchfluss (Abb.3). Abhängig von der gewählten Pump-Dauer führt dies zu einer Speichergröße von 10.000-100.000 m<sup>3</sup> für die Tagesspeicherung und noch größere für Wochenspeicher [5]. Solch kleine Lösungen werden für PSS noch nicht verwendet.

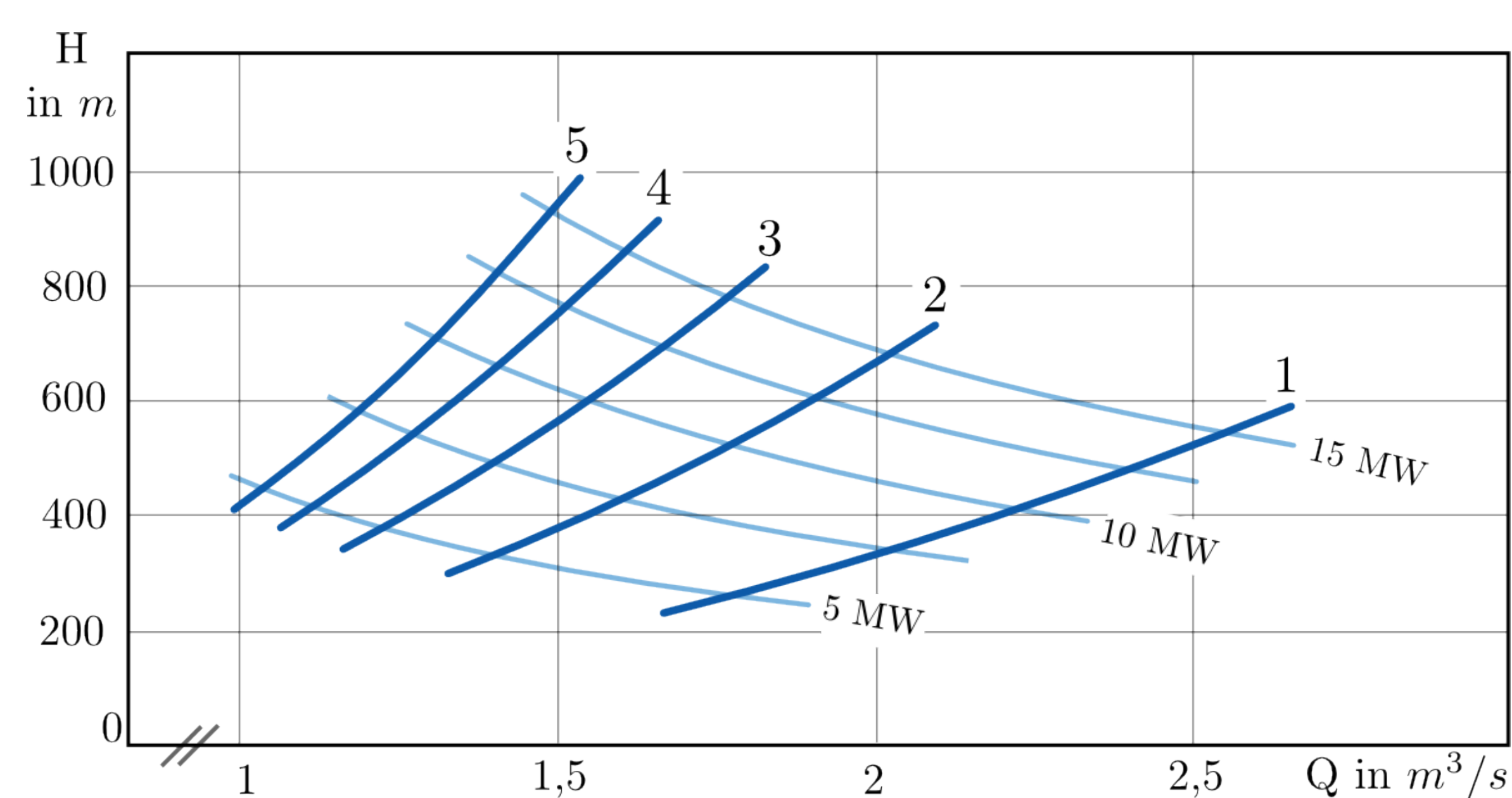


Abbildung 3: Analytische Kennlinien im Einsatzbereich

### Modularer Aufbau

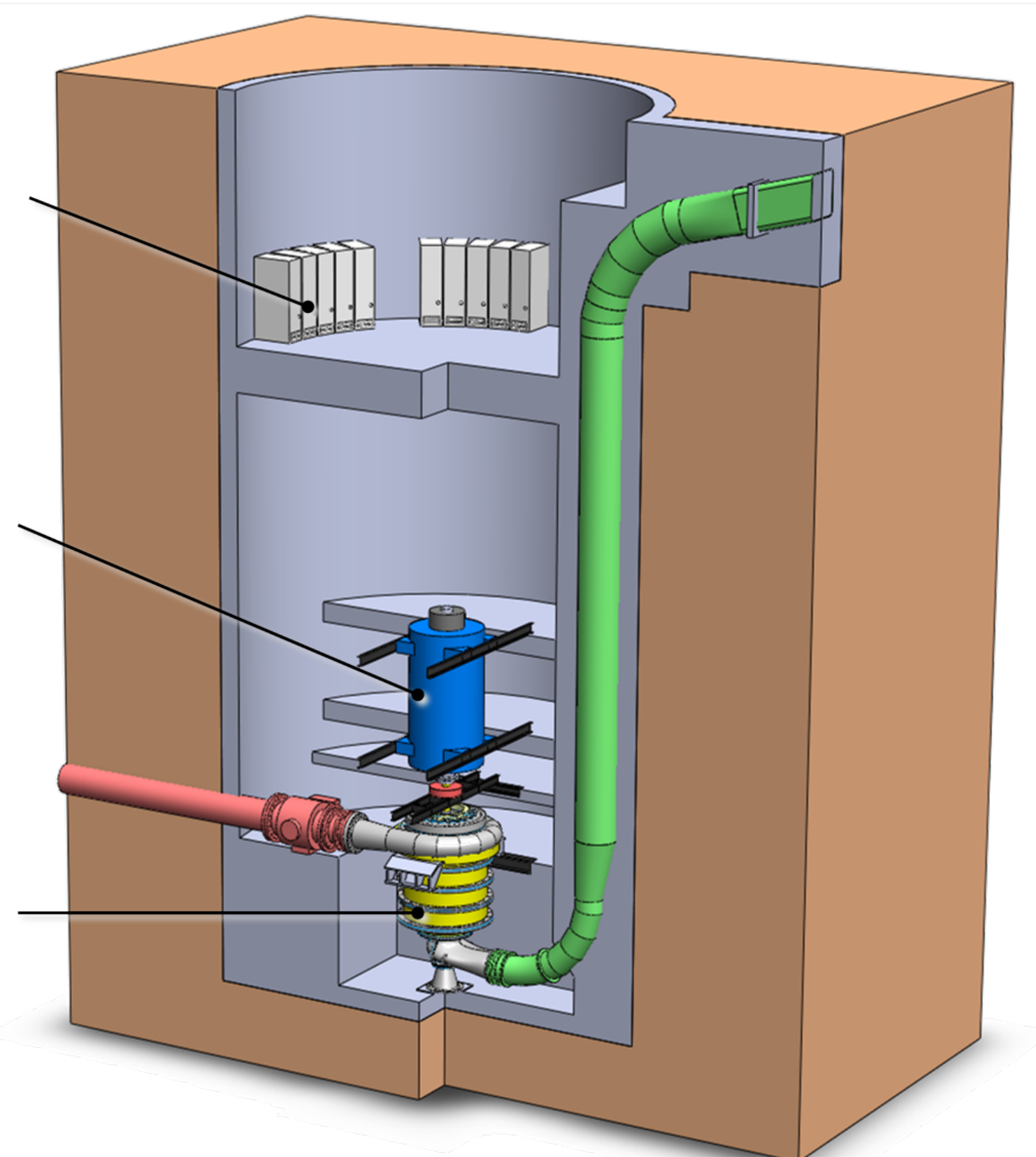
Eine ökonomischer Einsatz der Pumpspeicherung im kleinen Leistungsbereich ist heute noch nicht möglich. Die Reduktion der Anlagenkosten ist die Voraussetzung für ihre Anwendung. Ein modularer Ansatz könnte durch die Verwendung von standardisierten Komponenten die in Kleinserien produziert werden hierfür die Voraussetzung schaffen. Dabei sinken einerseits die Maschinenkosten und andererseits lassen sich verkürzte Planungsprozesse erreichen.

Das entwickelte modulare Konzept ist eine Kombination aus drei Maschinenkomponenten die jeweils in sich modular anpassbar sind.

**Stromversorgungsmodul:**  
Die Stromversorgungsmodul, speziell die Frequenzrichtermodul müssen an den Generator angepasst werden.

**Motor Generator Module:**  
Abhängig von der benötigten Eingangsleistung im Pumpenbetrieb kann der Motor - Generator durch die Anzahl der Stator und Rotorscheiben individuell angepasst werden.

**Pumpturbinenmodul:**  
Die Veränderung von Förderhöhe und Leistung ist durch Anpassung der Stufenanzahl der reversiblen mehrstufigen Pumpe möglich.



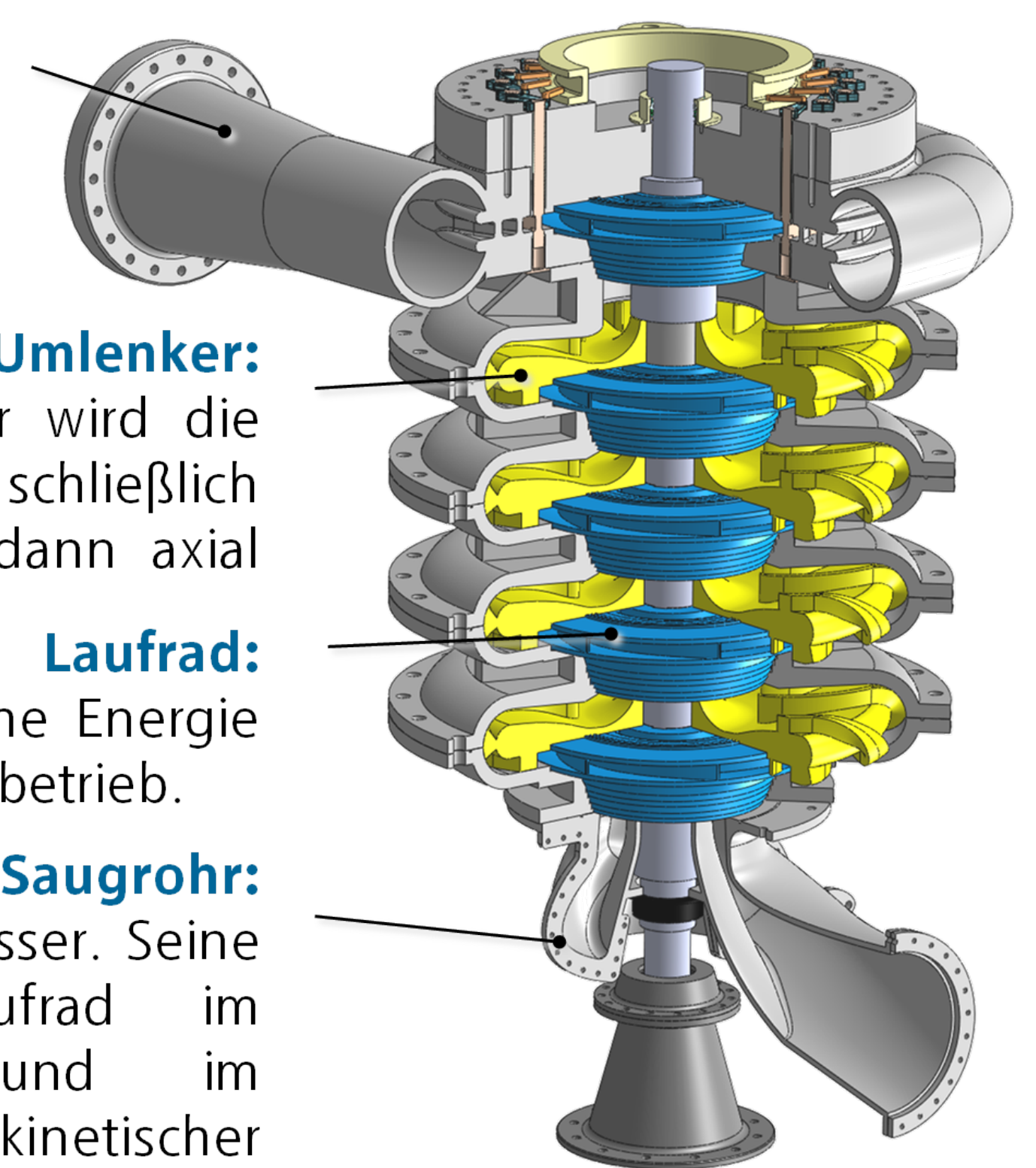
Für die Pump-Turbine wird ein reversibles, mehrstufiges und drehzahlvariables System eingesetzt. Dies ermöglicht einen sehr kompakten Aufbau der Maschine mit einem weiten Anwendungsgebiet. Der modulare Aufbau aus hydraulischer Sicht besteht aus vier Grundkomponenten:

**Spirale:**  
Verbindet das Druckrohr mit dem Laufrad der letzten Stufe und erhöht die statische Förderhöhe durch Umwandlung von kinetischer in Druckenergie.

**Umlenker:**  
Verbindet die Laufräder miteinander. Hierfür wird die Strömung radial um 180° umgelenkt und schließlich nochmals um 90° dem folgenden Laufrad dann axial zugeführt.

**Laufrad:**  
Wandelt die mechanische Energie in kinetische Energie im Pumpenbetrieb und umgekehrt im Turbinenbetrieb.

**Saugrohr:**  
Verbindet das erste Laufrad mit dem Unterwasser. Seine Hauptaufgabe besteht darin das Laufrad im Pumpenbetrieb gleichmäßig anzuströmen und im Turbinenbetrieb in der Umwandlung von kinetischer Energie in statischen Druck.



Als Basis-Module werden das Spiralgehäuse und das Saugrohr verwendet. Die Anpassung an die gegebenen Randbedingungen erfolgt durch die Wahl der Stufenzahl. Entsprechend sind die Laufräder und Umlenker vorzusehen. Um der Idee des modularen Aufbaus gerecht zu werden, ist das Design der Laufräder und Umlenker ident für jede Stufe. Die dadurch entstehenden standardisierten Komponenten senken die Kosten erheblich.

### References

- [1] E. Doujak, P. Unterberger, C. Bauer: Modular pump-turbine concept supporting the integration of renewable energy sources in a decentralized grid, VGB Powertech 9 (2012) pp 68-77.
- [2] NHA: Challenges and Opportunities for New Pumped Storage Development, 2012
- [3] P. Unterberger, E. Doujak, C. Bauer: Modulares Pumpe-turbinekonzept für Kleinwasserkraftanlagen, in 15. Internationales Anwenderforum Kleinwasserkraftwerke, OTTI, pp 110-115, 2012, 281 p.
- [4] S.-I. Inage: Prospects for Large-Scale Energy Storage in Decarbonised Power Grids, OECD/IEA, 2009
- [5] P. Unterberger, E. Doujak, C. Bauer: Development of Small Pump-Turbines - Benefits from a Modular Structure, WasserWirtschaft 7/8 (2013), pp 45-49.
- [6] P. Unterberger, E. Doujak, C. Bauer: Small Hydro approach for Pump-Turbines. Is a Modular Concept a possible Solution?, Proceedings of the 17th International Seminar on Hydropower Plants, Vienna, 2012