Die Rolle der Wasserkraft als Energiespeicher

14.12.2016

Dr. Gaudenz Koeppel, Head Models & Optimization, Axpo Trading AG

Unser Wasserkraftwerksportfolio in der Schweiz

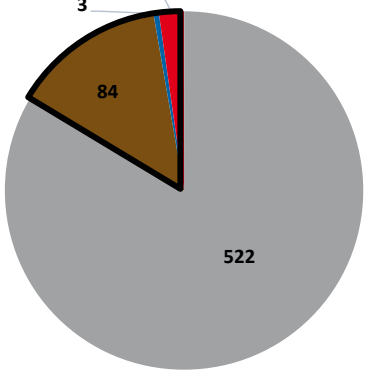
24 Reservoirs & 32 Ausgleichsbecken; 130 Turbinen, 6 Pumpen, 17 Pumpturbinen & 4 Var-speed Pumpturbinen

Agenda

- Lage und Kategorisierung der Wasserkraftwerke
- Bewirtschaftung eines (Pump-)Speicherkraftwerks
- Klassierung der Energiespeicherung in der Wasserkraft
- Heutige Nutzung der Speicherfähigkeit
- Künftige Nutzung

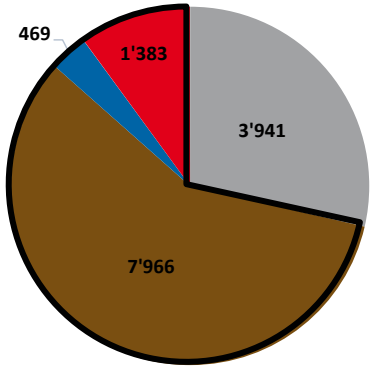
Lage der Wasserkraftwerke

Anzahl Zentralen (Σ=623)

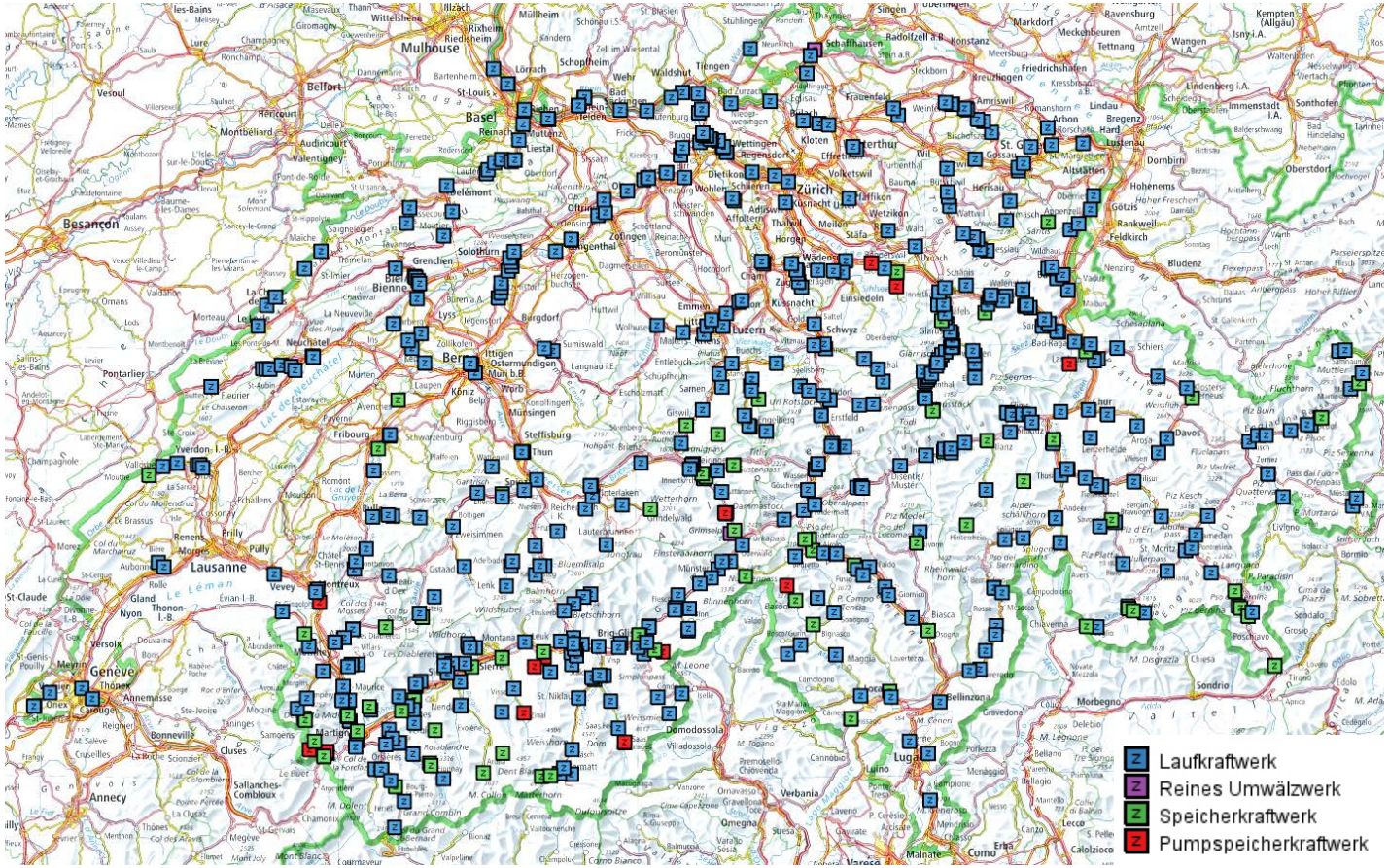


- Laufwasserkraft
- Speicherkraftwerke
- Reine Umwälzwerke
- Pumpspeicherkraftwerke

Anteil installierte Leistung (Σ=13'759 MW)



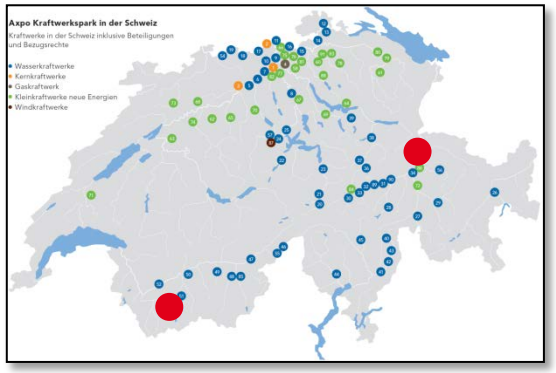
- Laufwasserkraft
- Speicherkraftwerke
- Reine Umwälzwerke
- Pumpspeicherkraftwerke



Quelle: WASTA, Stand Januar 2016; nur Zentralen >300kW

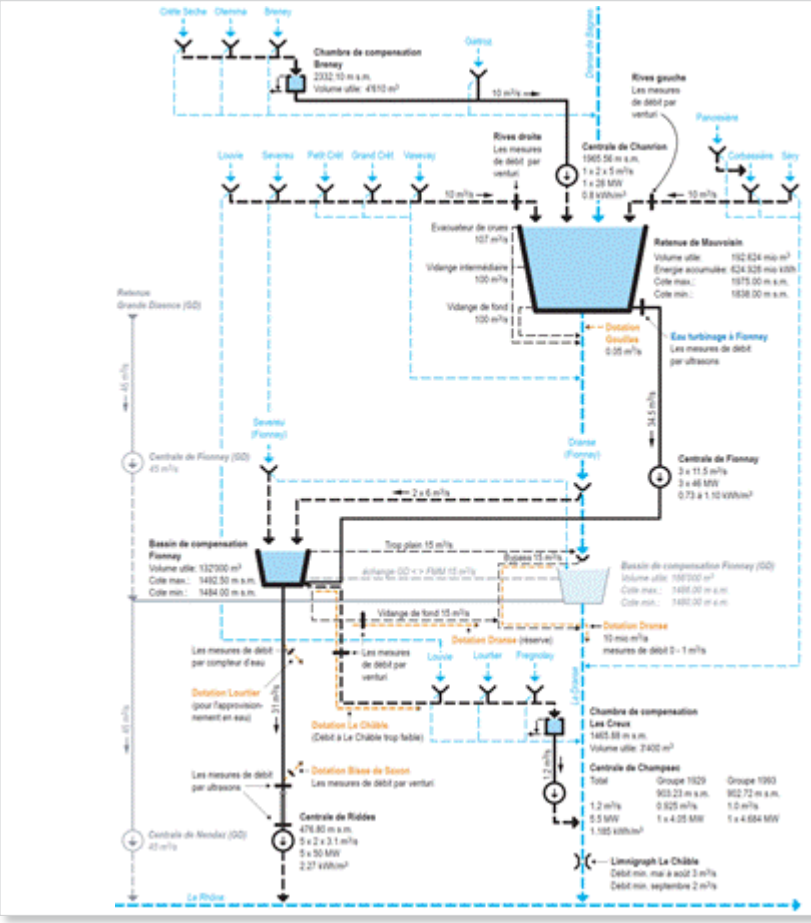
Kategorisierung der Wasserkraftwerke

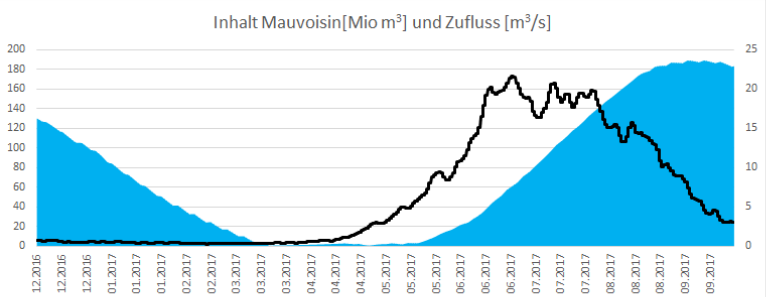
- Speicherkraftwerke
  - Grosses Reservoir, wird grundsätzlich im Sommerhalbjahr mit natürlichen Zuflüssen gefüllt
  - Flexibler Betrieb durch regelbare Turbinen
- Umwälzkraftwerke
  - Keine natürlichen Zuflüsse
  - Tägliche Wasserumlagerung mittels Pumpen und Turbinen
- Pumpspeicherkraftwerke
  - Kombination aus Speicher- und Umwälzkraftwerk
  - Grosses Reservoir, wird im Sommerhalbjahr mit natürlichen & verpumpten Zuflüssen gefüllt
  - Tägliche & saisonale Wasserumlagerung mittels Pumpen und Turbinen



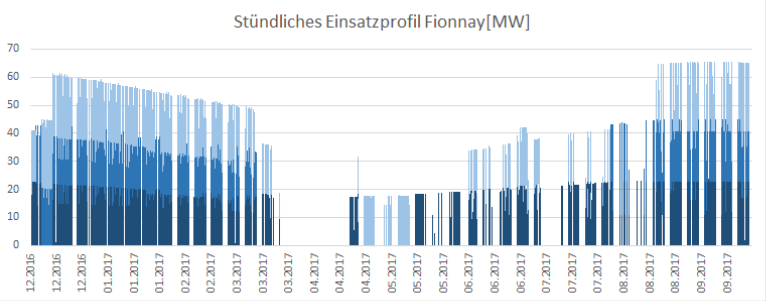
Bewirtschaftung eines Speicherkraftwerks (Mauvoisin)

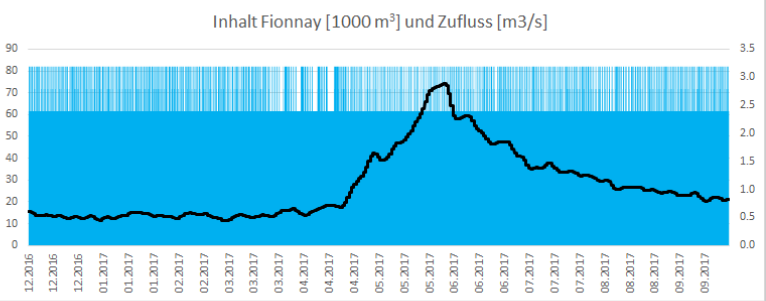
Speicherung: Fassung von Zuflüssen



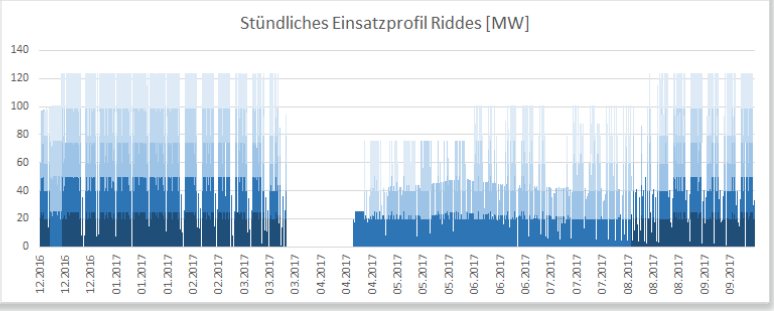


- Betrieb über ganze Kaskade während der Absenkphase
- Wenig Pufferung im Zwischenbecken



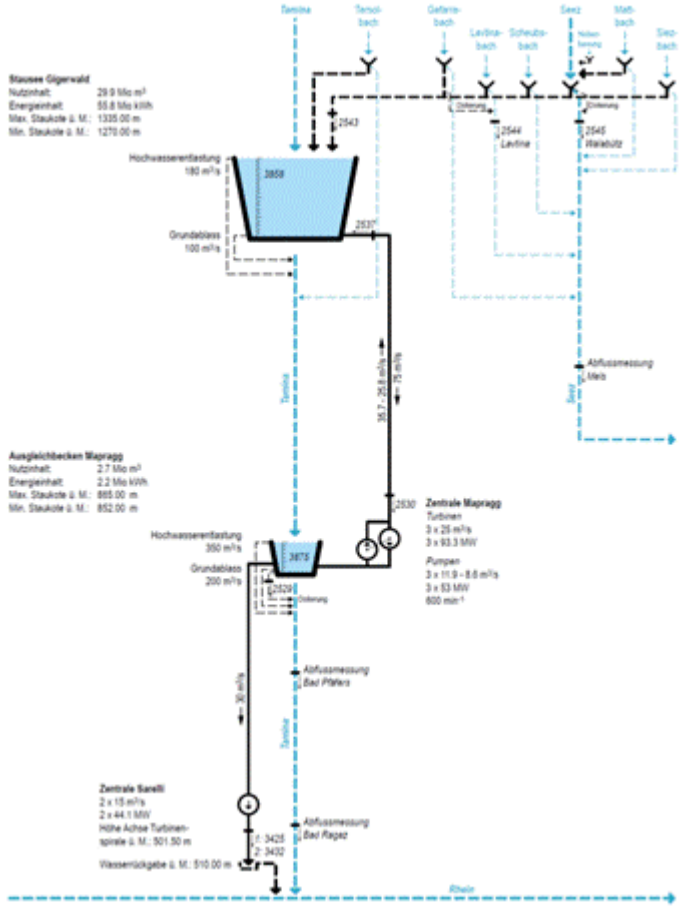


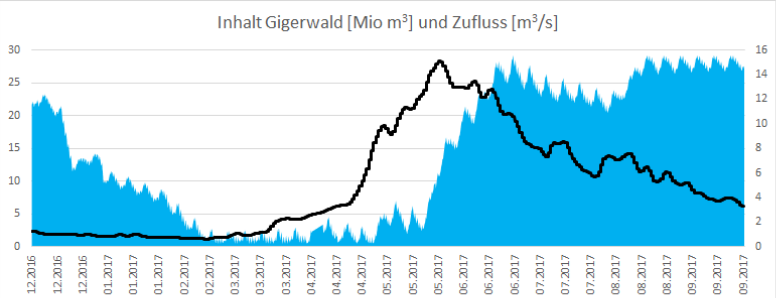
- Kaum Betrieb während der Aufstauphase



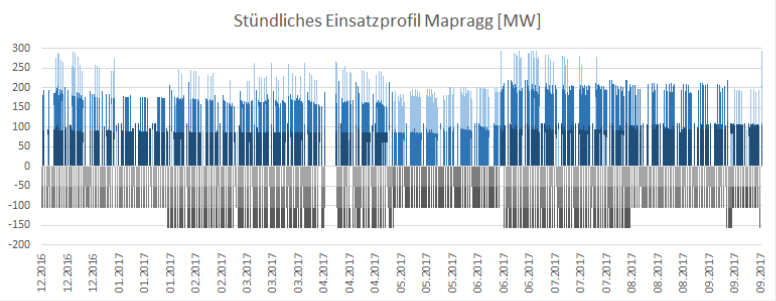
Bewirtschaftung eines Pumpspeicherkraftwerks (Sarganserland)

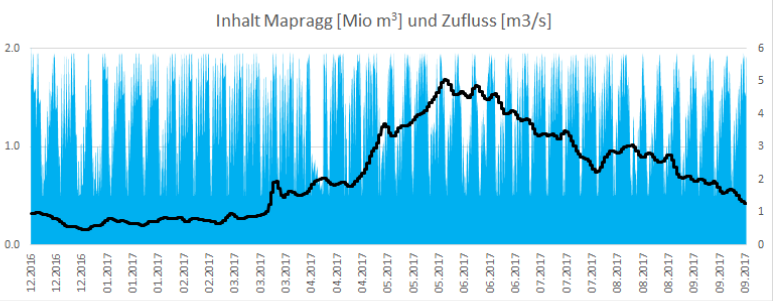
Speicherung: Saisonale Verlagerung von Zuflüssen und tägliche Umwälzung



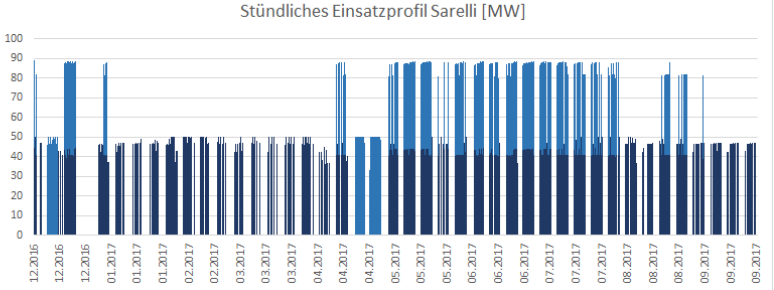


- Aufstau abgestimmt auf Zuflüsse
- Unsicherheit bzgl. Zufluss bedingt Bewirtschaftung, die Überfall möglichst vermeidet



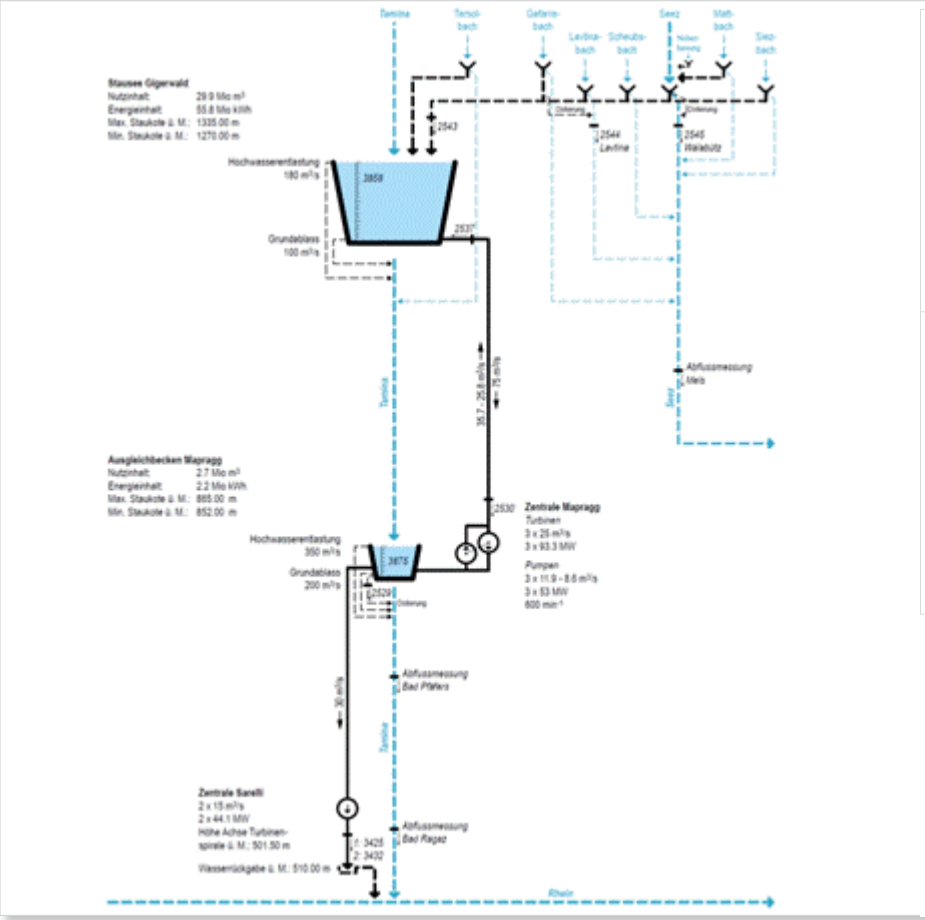


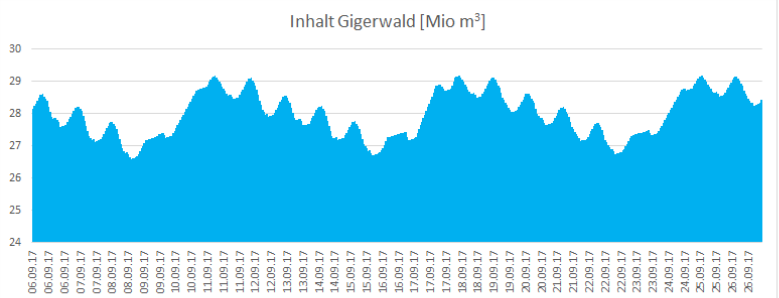
- Aufstau bereits ab April würde zu Zwangsbetrieb im Juni führen und Dauerbetrieb mit unterer Stufe
  → Konflikt mit Zuflüssen ins Zwischen-becken



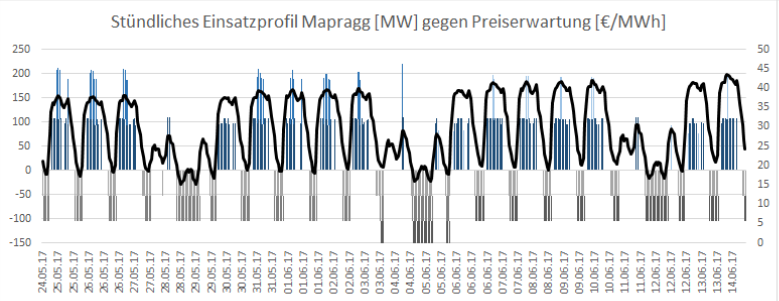
Bewirtschaftung eines Pumpspeicherkraftwerks (Sarganserland)

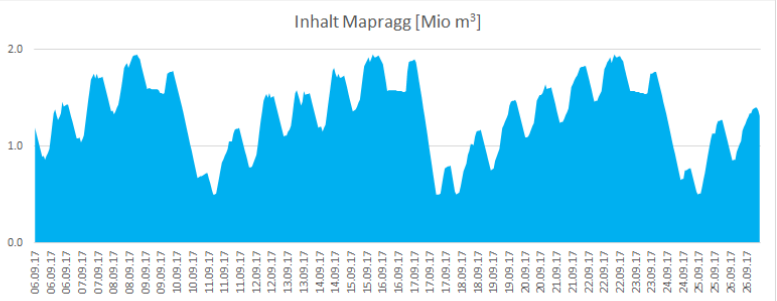
Fokus auf September: verstärkt Umwälzung, kaum noch saisonale Einlagerung



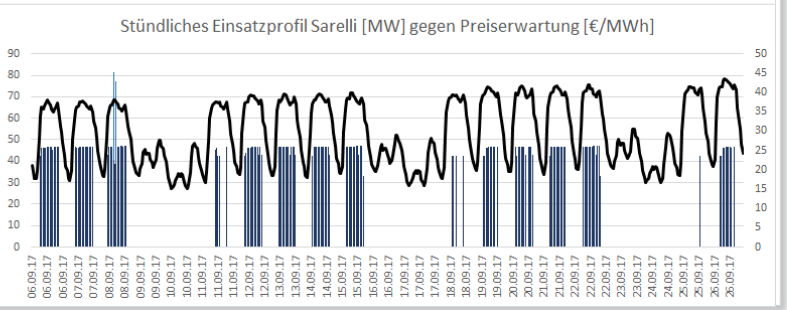


- Rückgang der Zuflüsse lässt verstärkte Umwälzung zu
- Tages- und Wochenmuster erkennbar





- Zwischenbecken muss so bewirtschaftet werden, dass Umwälzung möglich ist



Klassierung der Energiespeicherung in der Wasserkraft

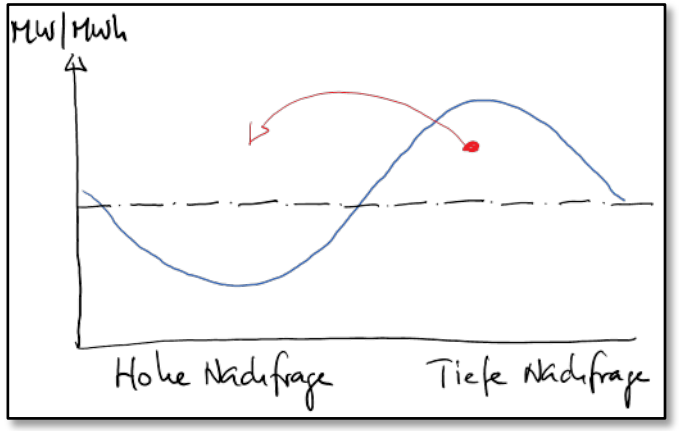
- *Passive* Speicherung
  - Fassen von Zuflüssen in grosse, saisonale Reservoirs (i.d.R. 1 Füllung pro Jahr)
  - Gefasstes Wasser wird durch Reduktion/Abschalten von Turbinen eingelagert
- *Aktive* Speicherung (≈ Laden einer Batterie)
  - Verpumpen von Zuflüssen zwecks saisonaler Verlagerung
  - Einlagern bei Überschüssen und Abgabe bei hoher Nachfrage: Tag-Nacht, Werktage-Wochenende

- Zuflüsse sind als Randbedingung letztendlich wichtiger als Marktpreise
  - Wasserverlust soll möglichst vermieden werden, da Wasserzinsen (10-15 €/MWh) auf zufliessendes Wasser geschuldet sind

Heutige Nutzung der Speicherfähigkeit

Heutige Nutzung der Speicherfähigkeit

- Energie
  - Aufnahme überschüssiger Energie in Tieflastperioden (=geringe Nachfrage, d.h. tiefe Kosten)
  - Abgabe nachgefragter Energie in Hochlastperioden (=hohe Nachfrage, d.h. hohe Kosten)
  - Verlagerung überschüssiger Sommer-Energie in den Winter

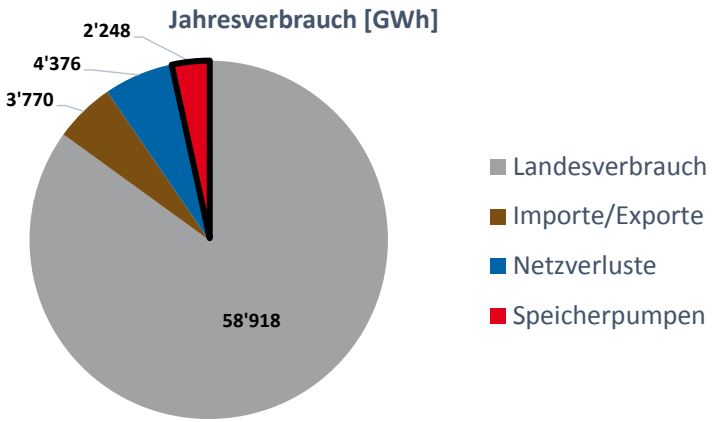


- Leistung
  - Regelleistungsmarkt der Netzbetreiberin Swissgrid für den kurzfristigen Ausgleich von Netzschwankungen
  - Zunehmend Flexibilitätsprodukte, d.h. sehr kurzfristig anpassbare Energielieferungen

Energie

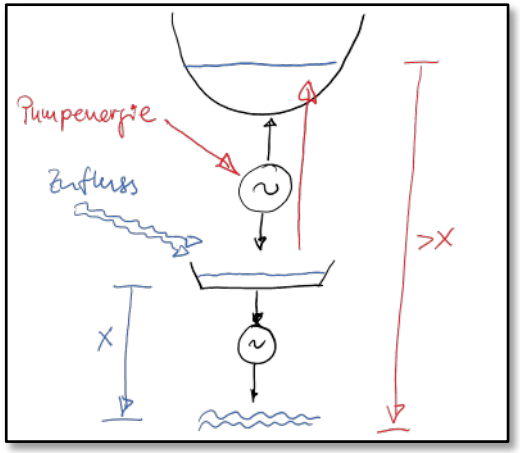
Ein Blick auf die Elektrizitätsstatistik des BFE für 2015

- Speicherpumpen verbrauchten 2’248 GWh (=3.3%): 1'598 GWh im Sommer, 650 GWh im Winter



- Speicher- und Pumpmöglichkeiten verlagern 7 TWh in den Winter → 21% der gesamten Wintererzeugung

Zufluss	**27'254 GWh**		**10'827 GWh**
Produktion	**22'439 GWh**		**17'829 GWh**
	Sommer	**7'002 GWh**	**Winter**

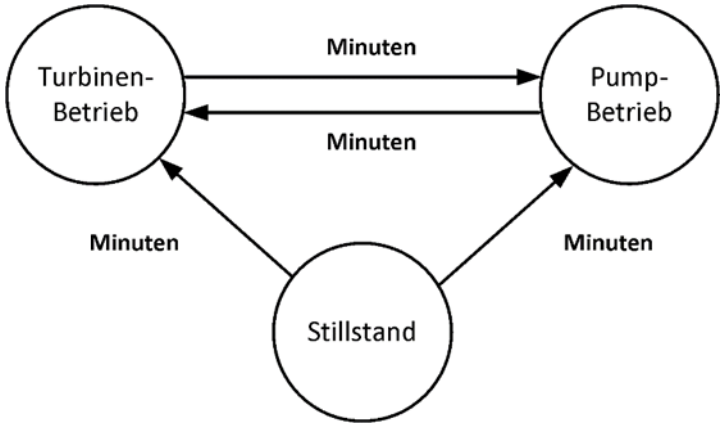


Quelle: BFE Elektrizitätsstatistik 2015

Leistung

Flexible Leistung gewinnt zunehmend an Wert

- 2 Dimensionen
  - Möglichkeit, kurzfristig ein- und auszuschalten
  - Im Betrieb Variation der Leistung
    - Turbinen: generell möglich, je nach Turbinentyp 30-90% Regelungshub
    - Pumpen: generell nur ein fixer Betriebspunkt
- Pumpspeicherwerk Limmern
  - Variable Pumpturbinen
    → regulierbar im Pump- und im Turbinenbetrieb
  - Optimierte Umschaltzeiten



Flexibilität am Beispiel PSW Limmern

Verschiebung enormer Wassermengen innert weniger Minuten

PSWL

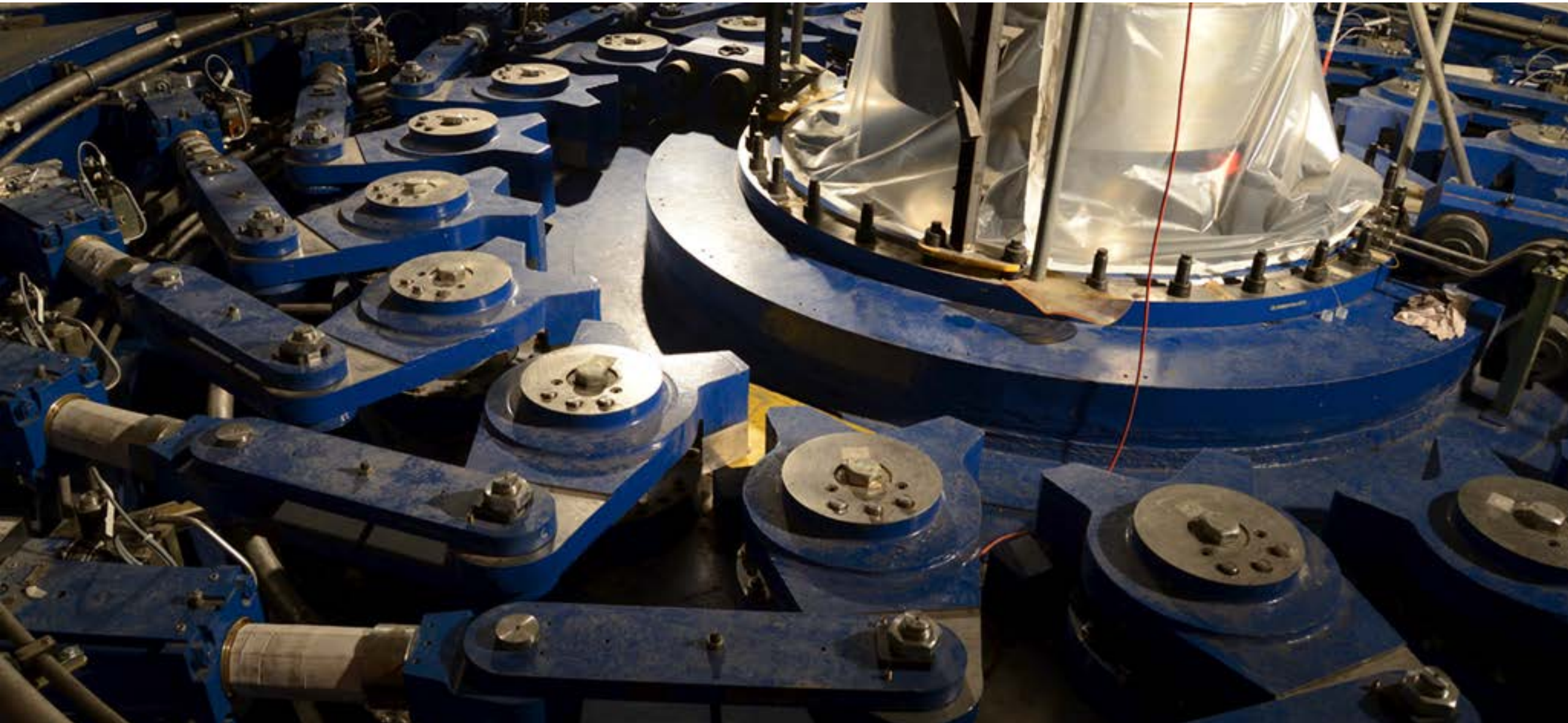
- 2 Druckrohre mit jeweils 4.2-4.4 m
- Maximaler Durchfluss 180 m^3/s

Limmat in Zürich

- Flussbett zwischen 50 und 100 m breit
- Ø Abfluss 2016 bei 103 m^3/s; aktuell ca. 50 m^3/s

Bildquelle Limmat: Homepage Rotary Club Zürich

Künftige Nutzung



(Pump-)Speicherkraftwerk oder Batterien?

PSWL: ±1000MW, 35'000 MWh Inhalt

- EKZ Batteriespeicher: 1MW@5[illegible]Wh (250 kWh)
  - 70'000 Einheiten notwendig[illegible]t PSWL energetisch zu ersetz[illegible]
  - 1'000 Einheiten notwendig[illegible]n damit [illegible]WL leistungsmässig zu ersetz[illegible]
- Tesla Power Wall 2: 5kW[illegible] 13.5 kWh
  - 2.6 Mio Einheiten notwe[illegible]g, um damit PSWL en[illegible]tisch zu ersetzen
  - 200'000 Einheiten notwe[illegible]g, um damit PSWL leistu[illegible]ässig zu erse[illegible]n

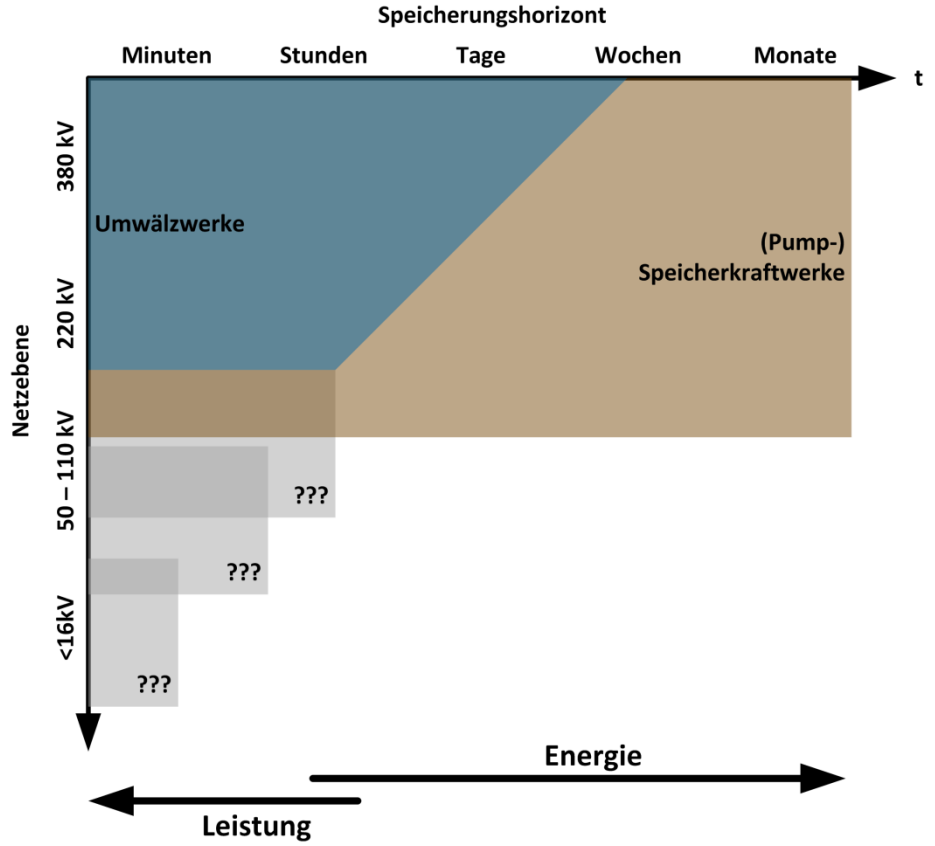
→ Speicherung grösserer Ene[illegible]emengen sehr begrenzt

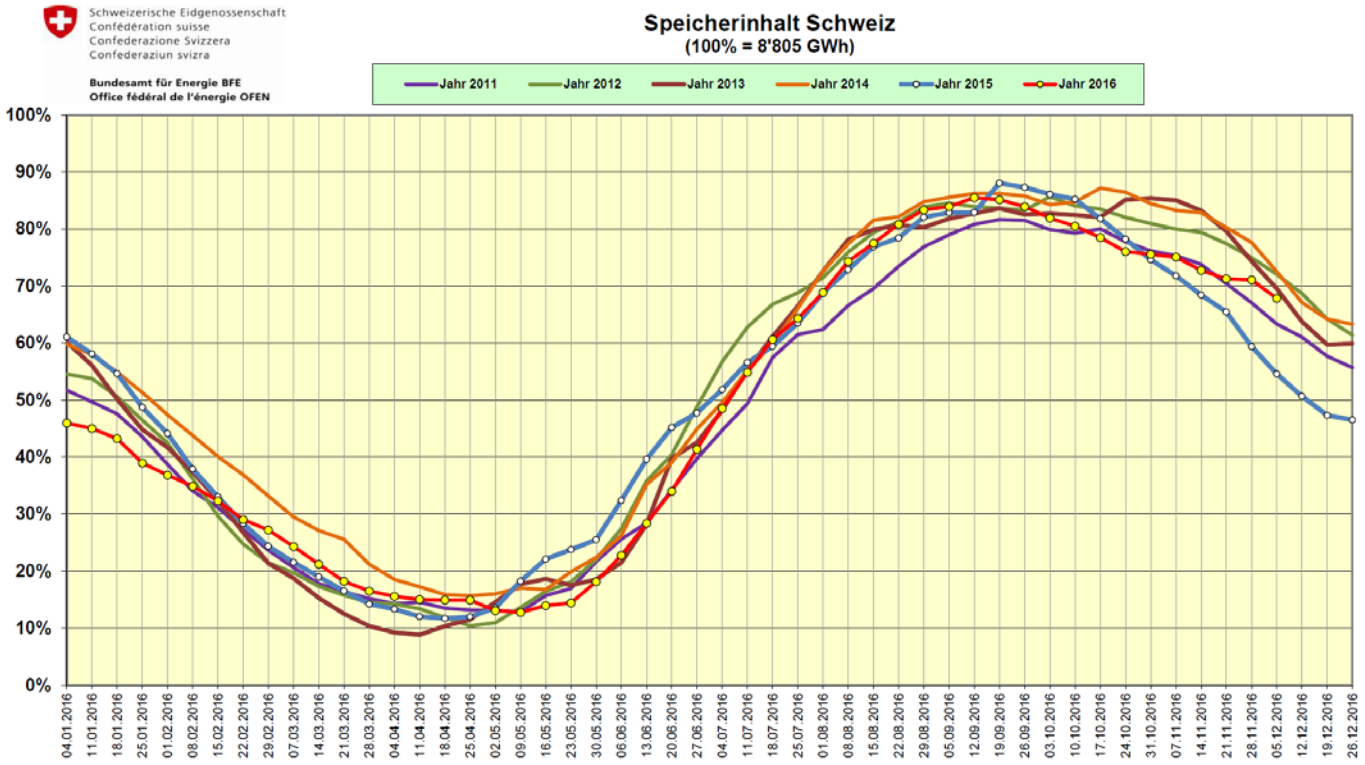
→ Kurzfristige(re) Pufferung

Quelle: EKZ, Tesla

(Pump-)Speicherkraftwerk ~~oder~~ und Batterien

Wie viel Speicherung braucht das künftige Energiesystem wo im Netz?





Quelle: BFE

Schlussfolgerungen

- Lokale Batterien
  - Reduzieren Residualverbrauch & machen gewisse Ausbauten im Verteilnetz redundant
  - Für deren Besitzer reduzieren sie **initial** die Netznutzungskosten aber **nicht** die Netzkosten
    → heutiges Netznutzungsmodell ist nicht zukunftsfähig
- Speicherung führt netto zu steigendem Energieverbrauch aufgrund der Ladeverluste
  - Braucht man Leistung oder Energie? Welche Zeitperioden sollen überbrückt werden?
  - Welche Gesamtanzahl an Speichern ist optimal?
  - Was ist die Rolle von Speichern? Autarkie? Steuerbare Erneuerbare? Ersatz Bandenergie?
- (Pump-)Speicherkraftwerke decken Zeithorizonte von mehreren Monaten bis hin zu Minuten ab
  - Sind nicht geeignet, um Probleme im Verteilnetz zu lösen
  - Sind komplementär zu Batterien und ergänzen deren begrenzte Energiespeicherfähigkeit optimal

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dr. Gaudenz Koeppel | Axpo Trading AG | Parkstrasse 23 | 5401 Baden