



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Vienna University of Technology

Speicherbedarf für eine Vollversorgung Österreichs mit regenerativem Strom

EnergieInnovationen 2012 – Session A3,
15.-17.02.2012, Graz

Martin BOXLEITNER, Christoph GROISS

TU Wien, Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe

- Einleitung
 - Motivation und Fragestellung von Super-4-Micro-Grid
 - Zentrale Fragestellung des Beitrags
- Methodik
 - Annahmen
 - Datengrundlage
 - Szenarien
 - Speicher-Optimierung
- Ergebnisse
- Zusammenfassung und Empfehlungen

- Motivation
 - Kontinuierlich steigender Bedarf an elektrischer Energie weltweit
 - Fossil befeuerte Anlagen zur Deckung der Nachfrage
 - Endlichkeit fossiler Energieträger
 - Politisch instabile Situation in Lieferländern
 - Steigende Nachfrage
 - Steigende Preise
 - Auswirkungen auf den Klimawandel
 - Importabhängigkeit bei fossilen Primärenergieträgern (auch Österreich)

- Veränderung der Aufbringungsstruktur
 - Strom aus erneuerbaren Quellen
 - Viele Vor- und Nachteile: keine Emissionen, kostenlose Primärenergie; Volatilität, geringe Volllaststunden, etc.
- Fragestellung aus „Super-4-Micro-Grid“:

Ist eine regenerative Vollversorgung Österreichs mit Strom aus Wasserkraft, Windkraft und Photovoltaik auf Basis der inländischen Potenziale möglich, und wenn ja, wie?

Ja!

Quelle: Groß, Chr. et al.: 100% regeneratives Österreich – Energie & Leistung, Graz 2012

- Weiterführende Fragestellungen:
 - Auswirkungen auf das Übertragungsnetz
(siehe Chochole, M.: Dimensionierung eines Super-Grids für eine Vollversorgung Österreichs mit regenerativem Strom, Graz 2012, Session C2)
 - Notwendiger Speicher für eine regenerative Strom-Vollversorgung Österreichs
 - Minimale Speicherkapazitäten (Energieinhalt)
 - Minimale Speicherleistungen (Pumpen, Turbinen)

- Annahmen
 - Österreich = „Insel“ → keine Transite, kein Import/Export
 - Energieautarkie
 - Leistungsautarkie

- Regenerative Quellen
 - Wasserkraft (keine Stauräume @ Laufwasserkraft:
Dargebot = Erzeugung)
 - Windkraft
 - Photovoltaik

- Datengrundlage
 - Zeitreihen
 - Meteorologische Daten
 - 15 Jahre (1994 – 2008), stündliche Auflösung, Stationsbasis
 - Konversionsmodelle → Elektrische Erzeugung
 - Regionalisierung → 8 homogene Regionen
 - Last
 - E-Control, 2007 & 2008, stündliche Auflösung
 - Potenzialflächen für regenerative Energien
 - Regionale Potenzialflächen und Erzeugungszeitreihen
 - (Pump-)Speicher-Potenziale

- Szenarien

		Jährlicher Stromverbrauch		
		69 TWh („Low“)	86 TWh („Medium“)	137 TWh („High“)
Jährliche Wasserkrafterzeugung	41 TWh („Bestand“)	Szenario LB	Szenario MB	Szenario HB
	51 TWh („Zubau“)	Szenario LZ	Szenario MZ	Szenario HZ

- Grün: Potenzialfläche ausreichend
- Gelb: Erhöhung der Potenzialfläche um Faktor 1,5
- Rot: Erhöhung der Potenzialfläche um Faktor 4,3

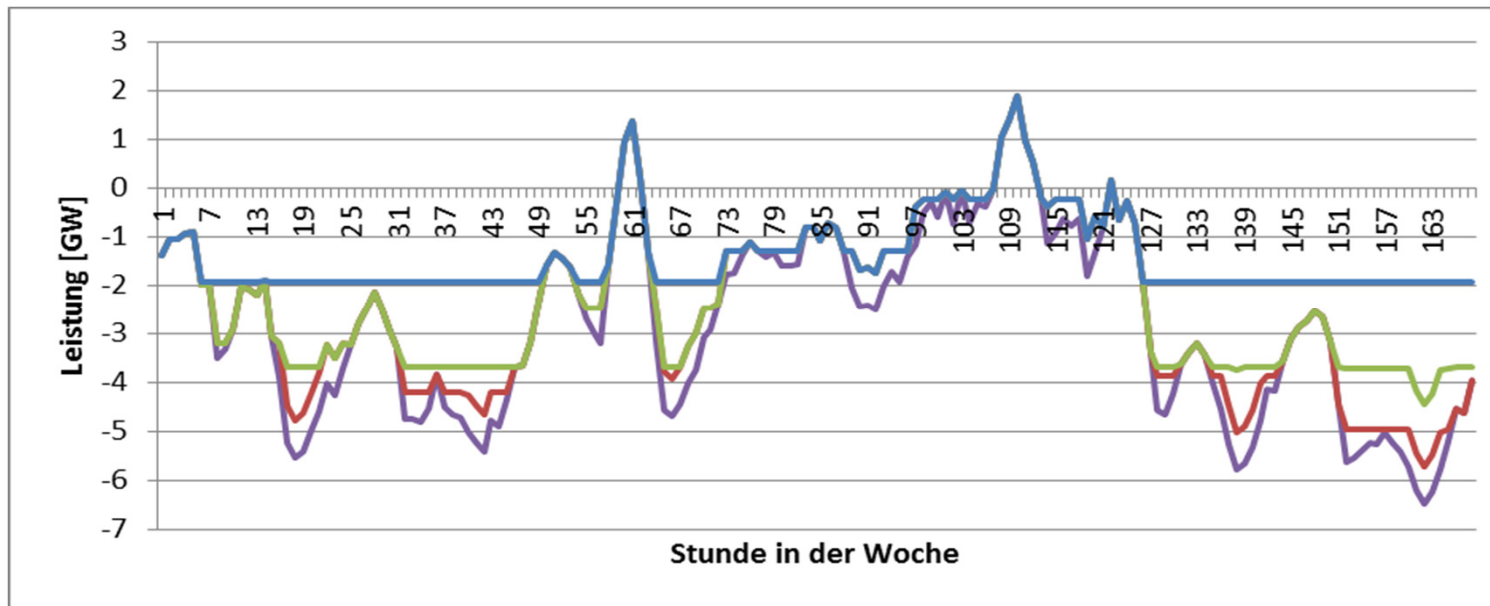
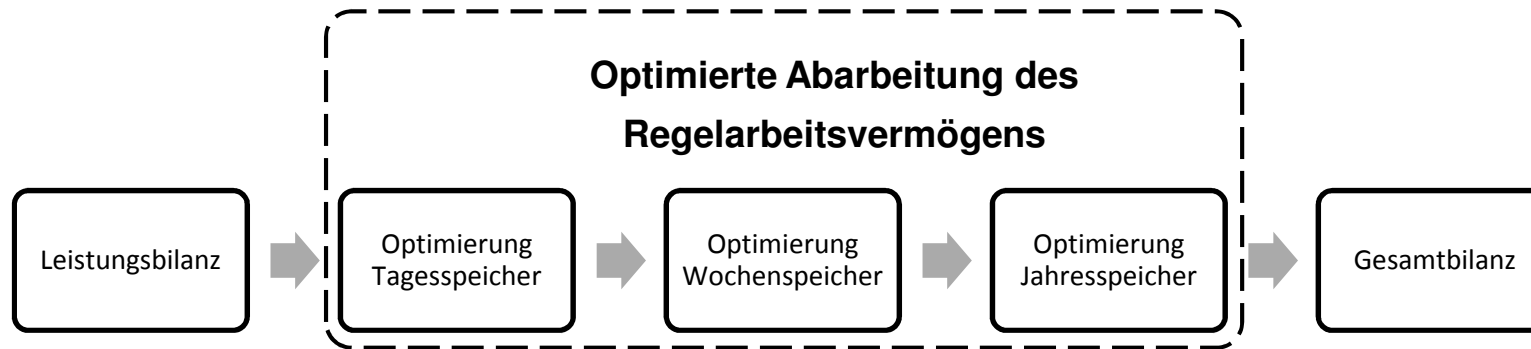
- Optimierungsziele
 - Minimale Speicherkapazität („-1“) oder
 - Minimale Pumpleistung („-2“)
- Nebenbedingungen
 - Energetische Bedarfsdeckung inkl. Verluste über den Betrachtungszeitraum (15 Jahre)
 - Keine regionalen Potenzialüberschreitungen bei Windkraft und Photovoltaik
- Variablen
 - Regionale Erzeugungsanteile von Windkraft und PV
 ➔ Suche des optimalen Erzeugungsmix

- Implementierung:
 - Matlab: Solver *fmincon*, Algorithmus *active-set*, Multi-Start
 - Schema der mehrstufigen Optimierung



- Implementierung:
 1. Erzeugungsmix/Gesamterzeugung
 - Alle regionalen Erzeugungsanteile der verschiedenen Technologien gewichtet (=Mixanteil) aufsummieren für alle Zeitschritte
 2. Leistungsbilanzbildung
 - Last in jedem Zeitschritt von Erzeugung subtrahieren
 3. Optimierung des Regelarbeitsvermögens (RAV)
 - Tages-, Wochen- und Jahresspeicher
 - Annahme: Erforderlicher Speicherinhalt zum Zeitpunkt des Bedarfs vorhanden → Zufluss nicht modelliert

■ Implementierung:



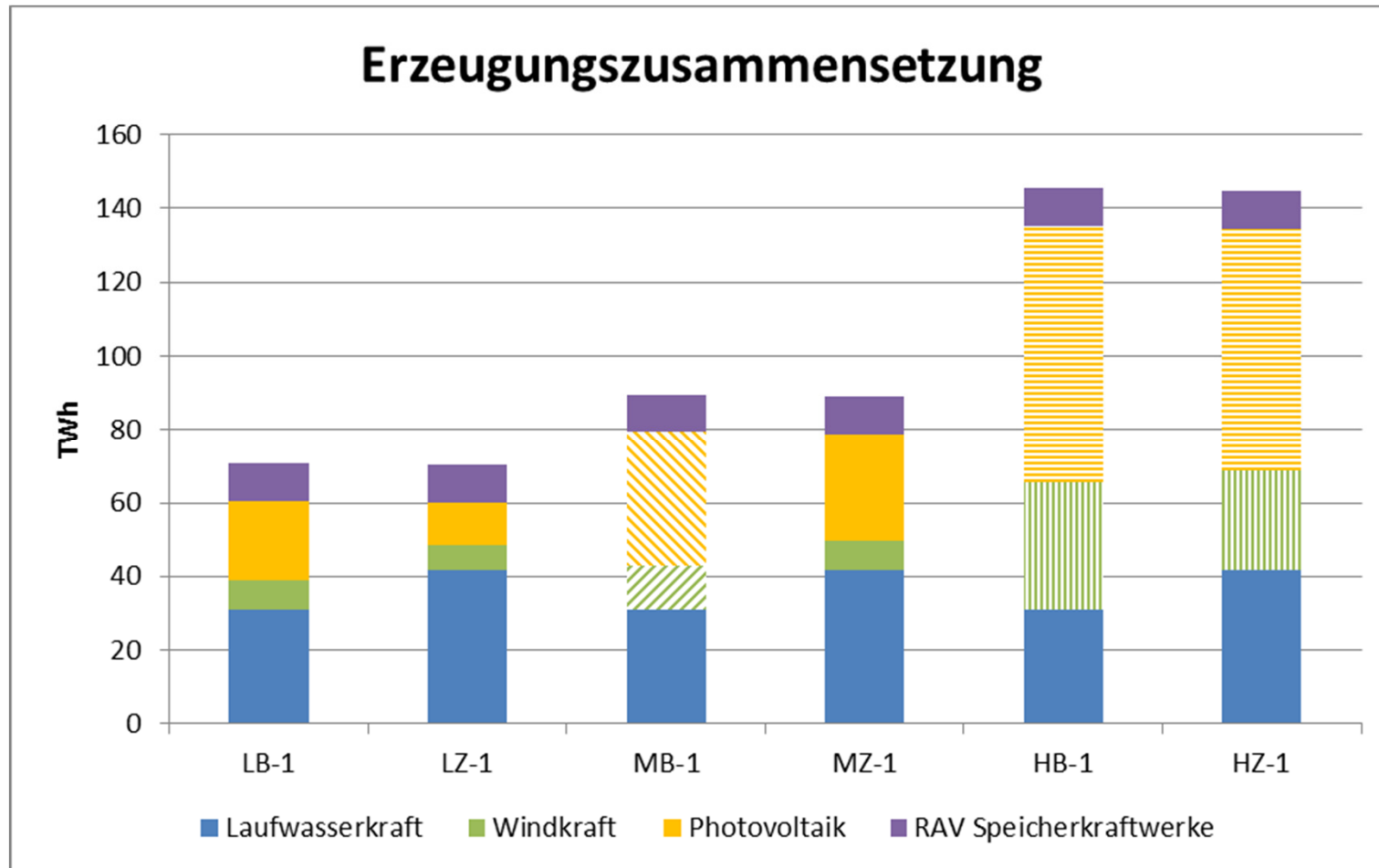
Violett: ursprüngliche Leistungsbilanz

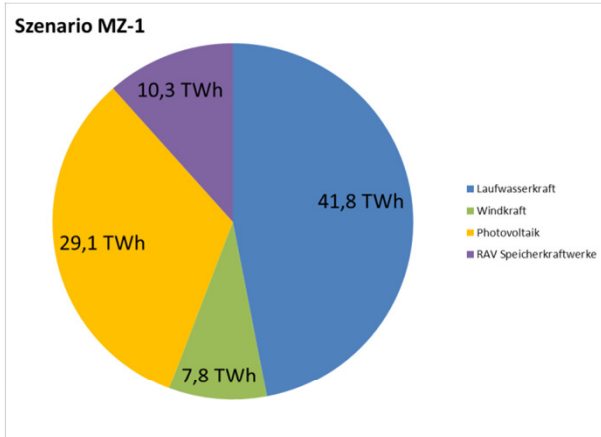
Rot: Leistungsbilanz + Tagesspeicher

Grün: Leistungsbilanz + Tages- und Wochenspeicher

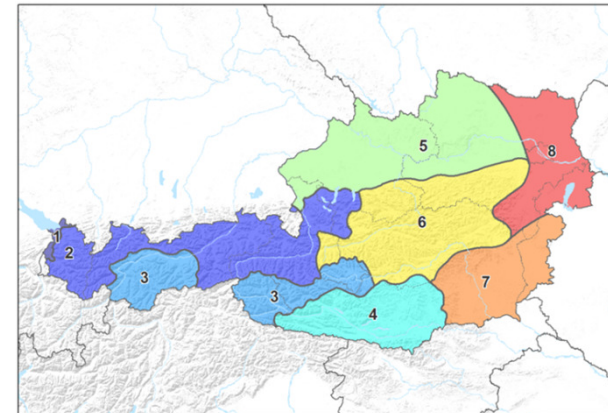
Blau: Gesamtbilanz = Leistungsbilanz + Tages-, Wochen- und Jahresspeicher

- Implementierung:
 - 4. Zusätzliche Speicher
 - Wälzwirkungsgrad
 - $\eta_{\text{ges}} = 80\%$
 - zwei gleiche Teilwirkungsgrade für Pumpen bzw. Turbinieren
 - Speicherzu- und -abflüsse berechnen
 - Berechnung der notwendigen Speicherkapazität für den Betrachtungszeitraum von 15 Jahren

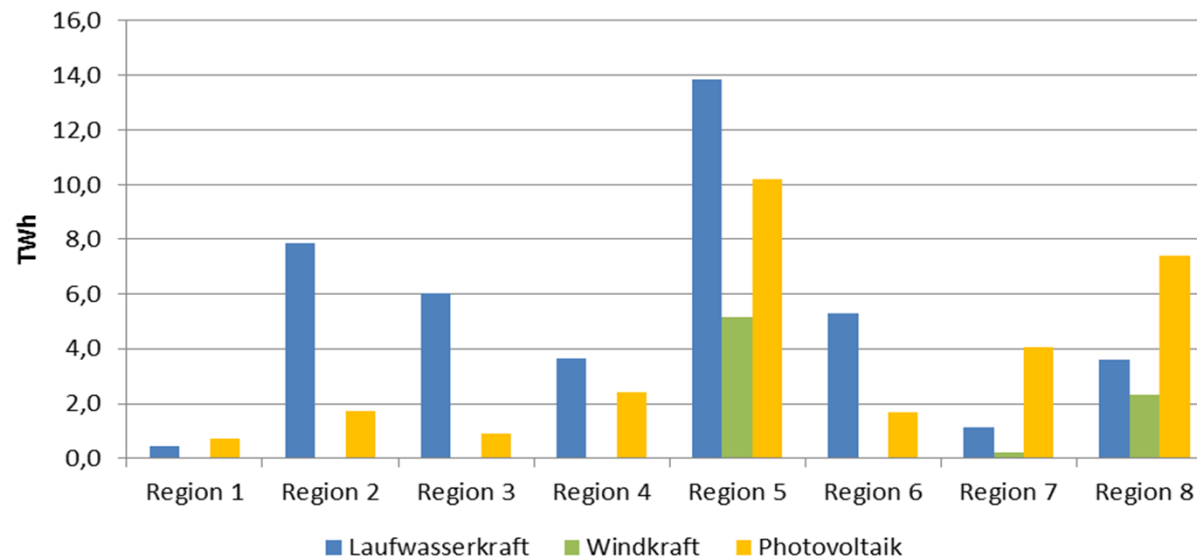


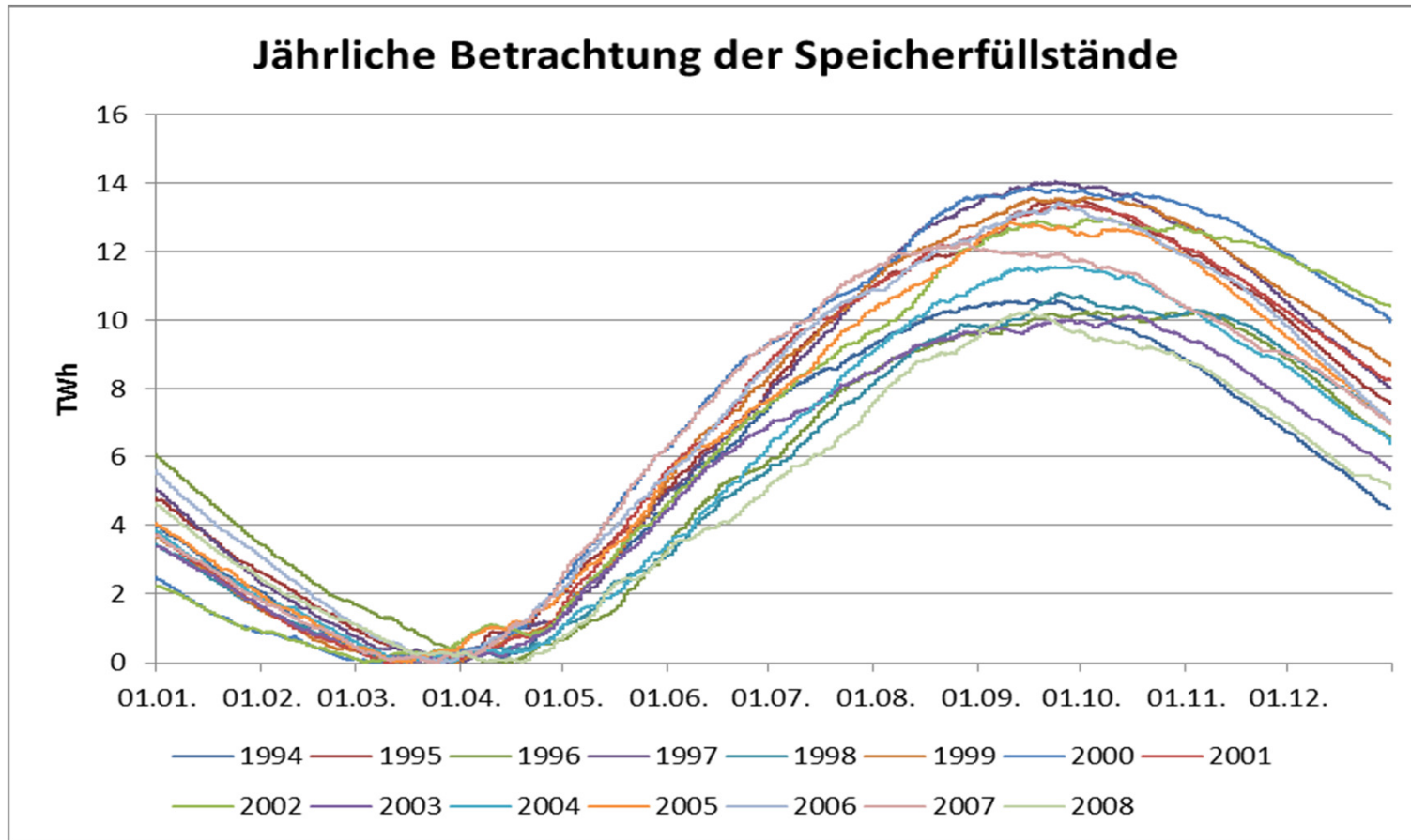


Erzeugungsanteile zur Lastdeckung in MZ-1

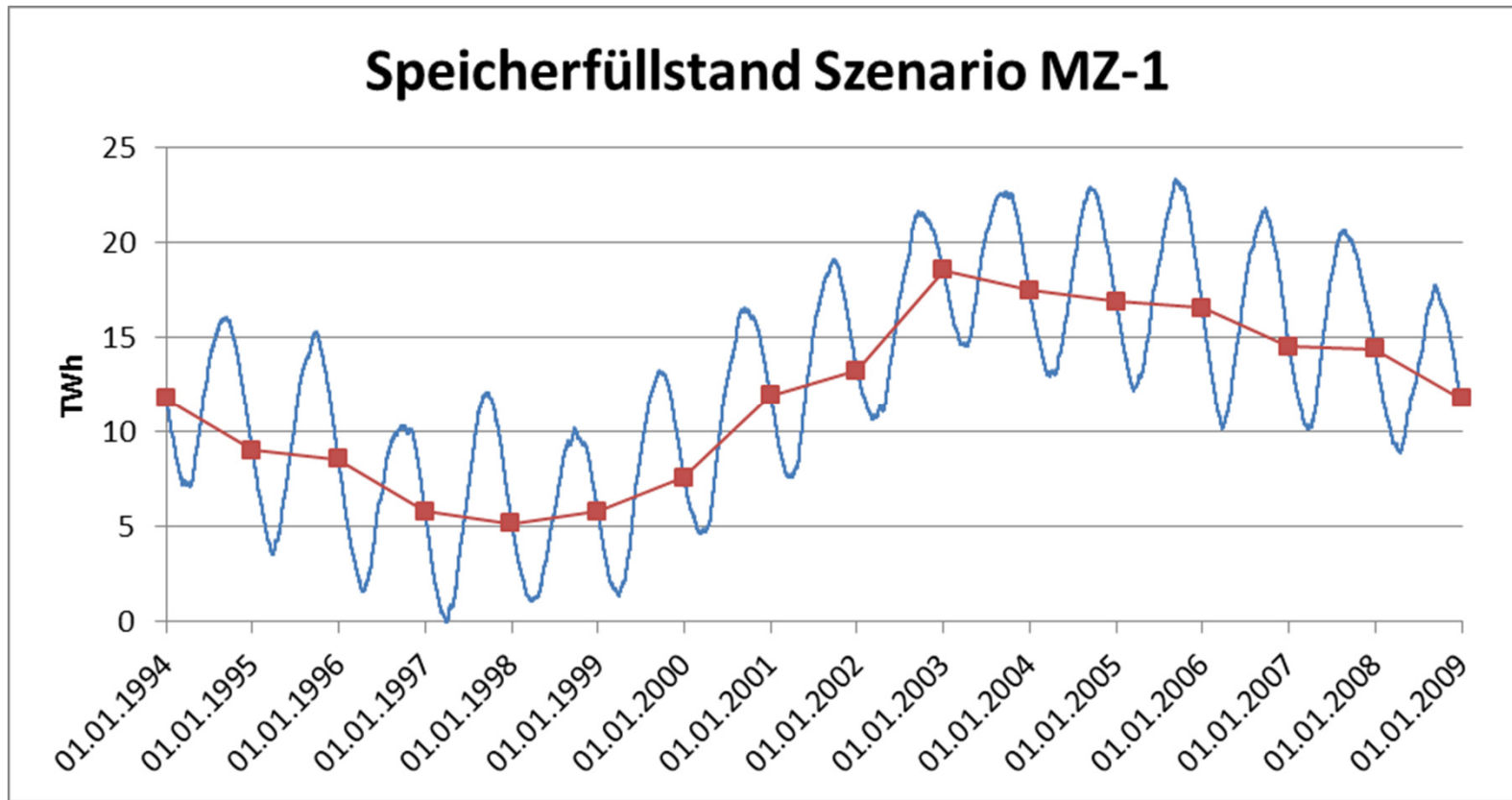


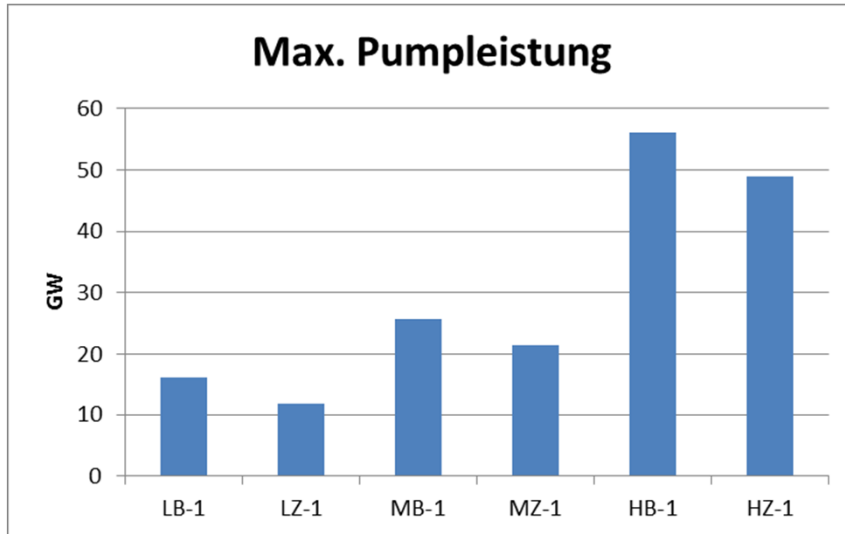
Regionale und technologische Erzeugungszusammensetzung - Szenario MZ-1



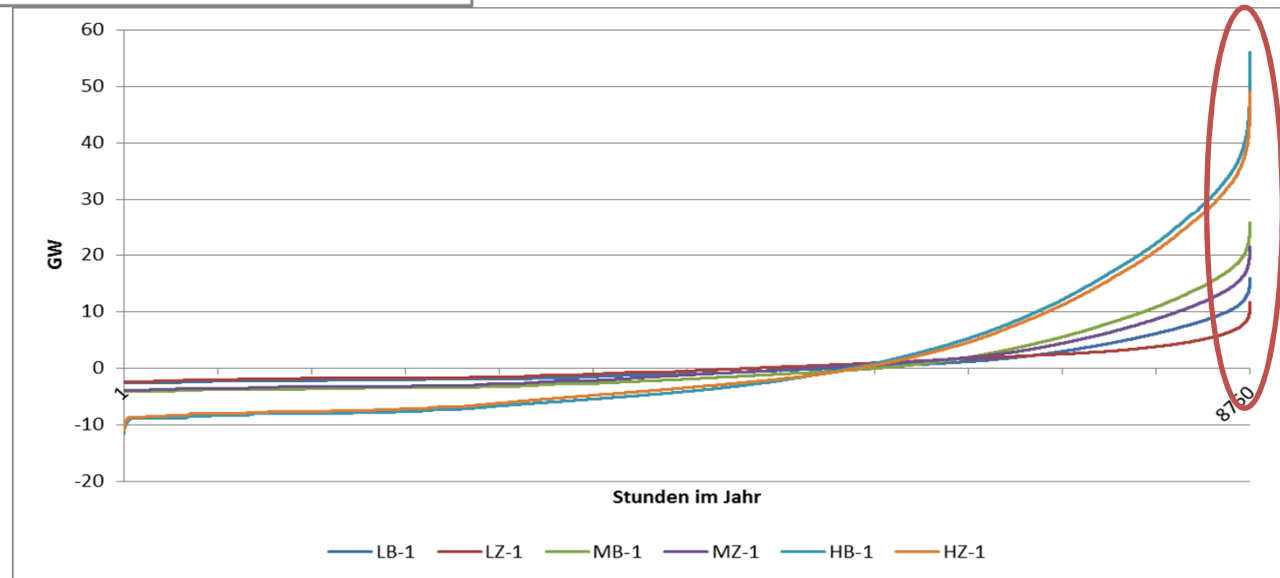


Szenario MZ-1





Jahresdauerlinien
der Speicherleistung



- Zusammenfassung:
 - Bedarf an **Pumpleistung** liegt bei **200% bis 400%** der potenziellen Pumpleistung.
 - Notwendige **Speicherkapazitäten** übersteigen die potenziell vorhandenen Kapazitäten um mehr als den **Faktor 100**.
 - Für die Speicherbewirtschaftung wären **mehrjährige Betrachtungszeiträume** notwendig.

	Speicherkapazität [TWh]	max. Pumpleistung [GW]
Österreichisches Potenzial hydraulischer Speicher	0,14	4,8
LZ-1	17,0	11,7
LZ-2	17,3	10,6
MZ-1	23,4	21,4

- Stromverbrauch als Schlüssel zu einer regenerativen Energieversorgung
 - Je geringer der Verbrauch, desto...
 - geringere Anteile volatiler Erzeugung notwendig
 - geringere Anteile an schlechten Standorten müssen ausgebaut werden
 - geringere Leistungen an Wind und Photovoltaik müssen installiert werden
 - geringere Speicherleistung ist notwendig
- Wasserkraftausbau
 - Je höher der Wasserkraftanteil, desto...
 - siehe oben

- Eine leistungsautarke Vollversorgung Österreichs mit regenerativem Strom ist aus Sicht der...
 - **regenerativen, inländischen Potenziale** möglich!
 - **Netze** unter bestimmten Voraussetzungen möglich!
 - 380-kV-Ringschluss, geringer Verbrauch, etc.
 - **Speicher** mit inländischen Potenzialen und heutigen Technologien nicht möglich!
 - Abhilfen:
 - alternative Speichertechnologien (F&E)
 - verteilte, dezentrale Speicher
 - ...



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Vienna University of Technology

Speicherbedarf für eine Vollversorgung Österreichs mit regenerativem Strom

Dipl.-Ing. Martin BOXLEITNER

Technische Universität Wien

Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe

e-Mail: boxleitner@ea.tuwien.ac.at

Tel.: +43 (0)1 58801 370114

Web: ww.ea.tuwien.ac.at

Das Projekt „Super-4-Micro-Grid“ wird aus den Mitteln des
Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des
Programms „NEUE ENERGIEN 2020“ durchgeführt.



