



Cerberus Anwendertreffen 2008, 24. April 2008

Einsatz elektrischer Energiespeicher im Niederspannungsnetz



Westsächsische Hochschule Zwickau
University of Applied Sciences Prof. Dr. M. Bodach

„Einsatz elektrischer Energiespeicher im Niederspannungsnetz“

Prof. Dr.-Ing. Mirko Bodach

Chemnitz, 24. April 2008

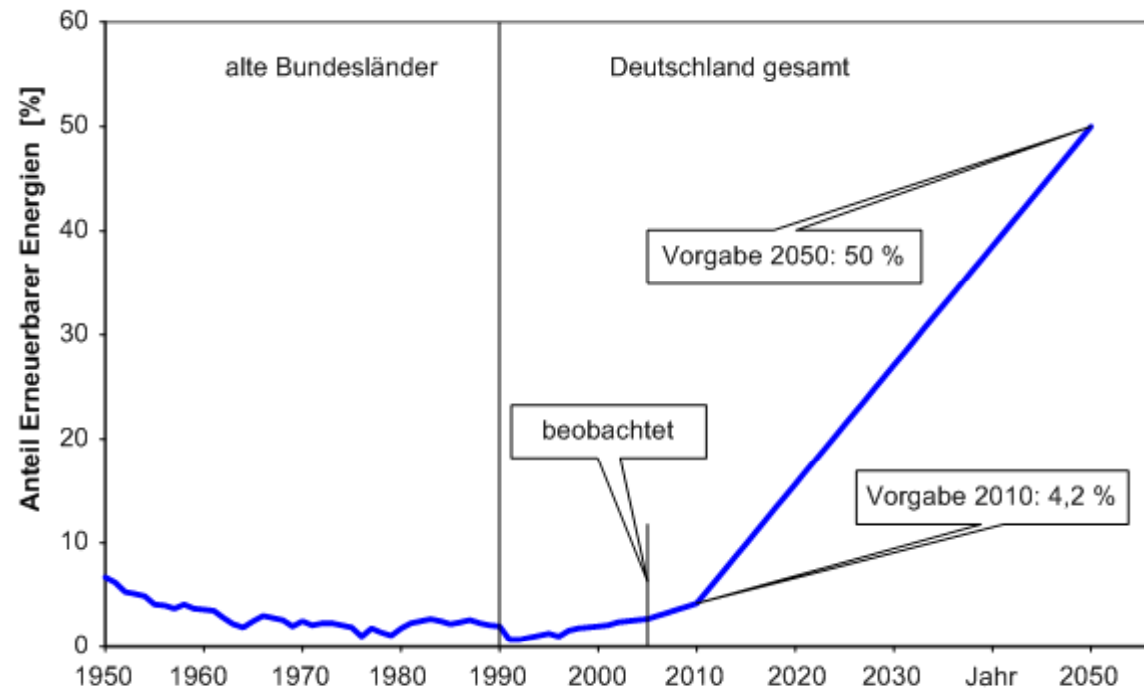


Gliederung

- 1 Einleitung
- 2 Motivation für dezentrale Speichersysteme
- 3 Methode der Speicherdimensionierung
- 4 Ergebnisse
- 5 Zusammenfassung und Ausblick

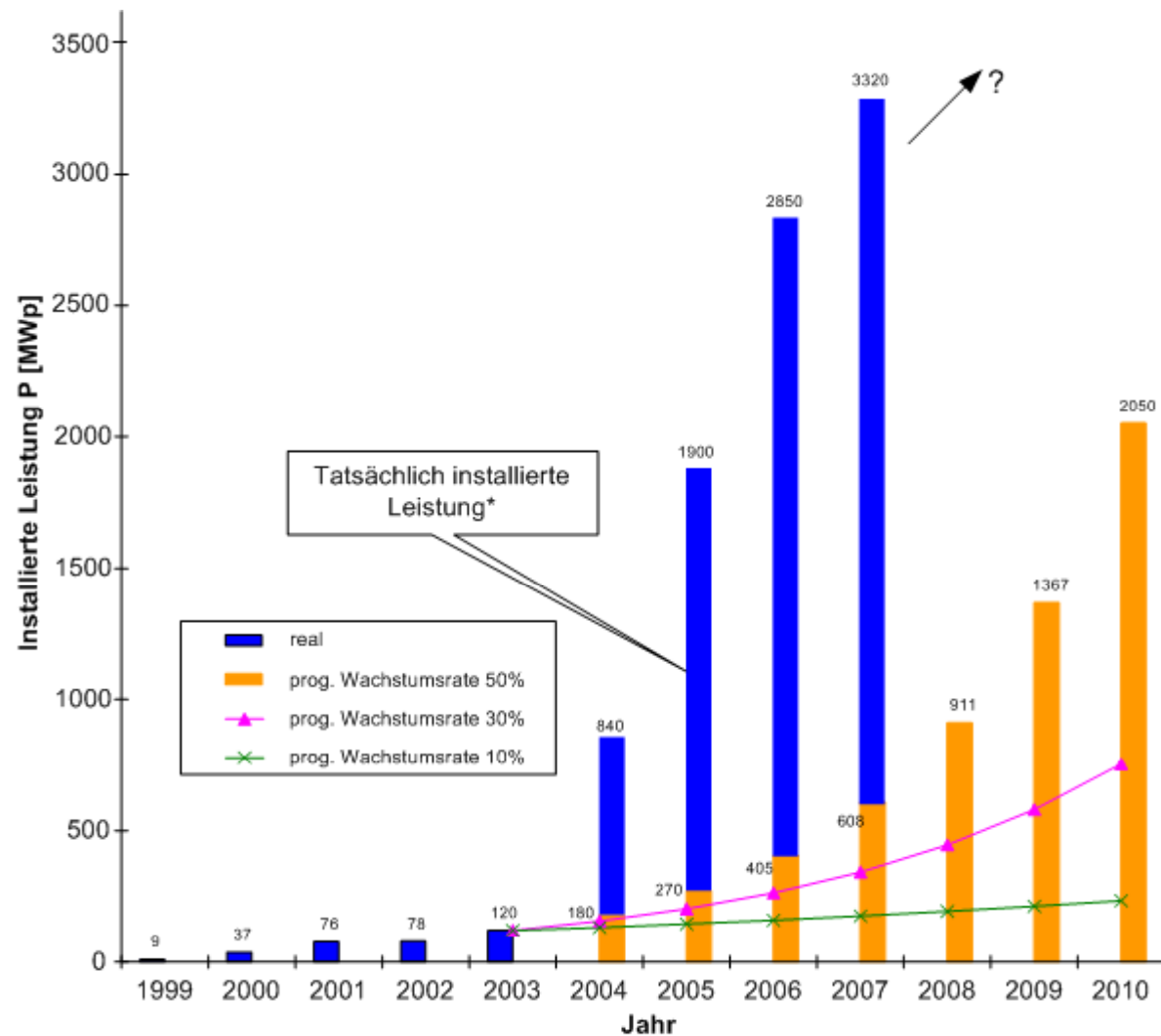


Anteil Erneuerbarer Energie in Deutschland



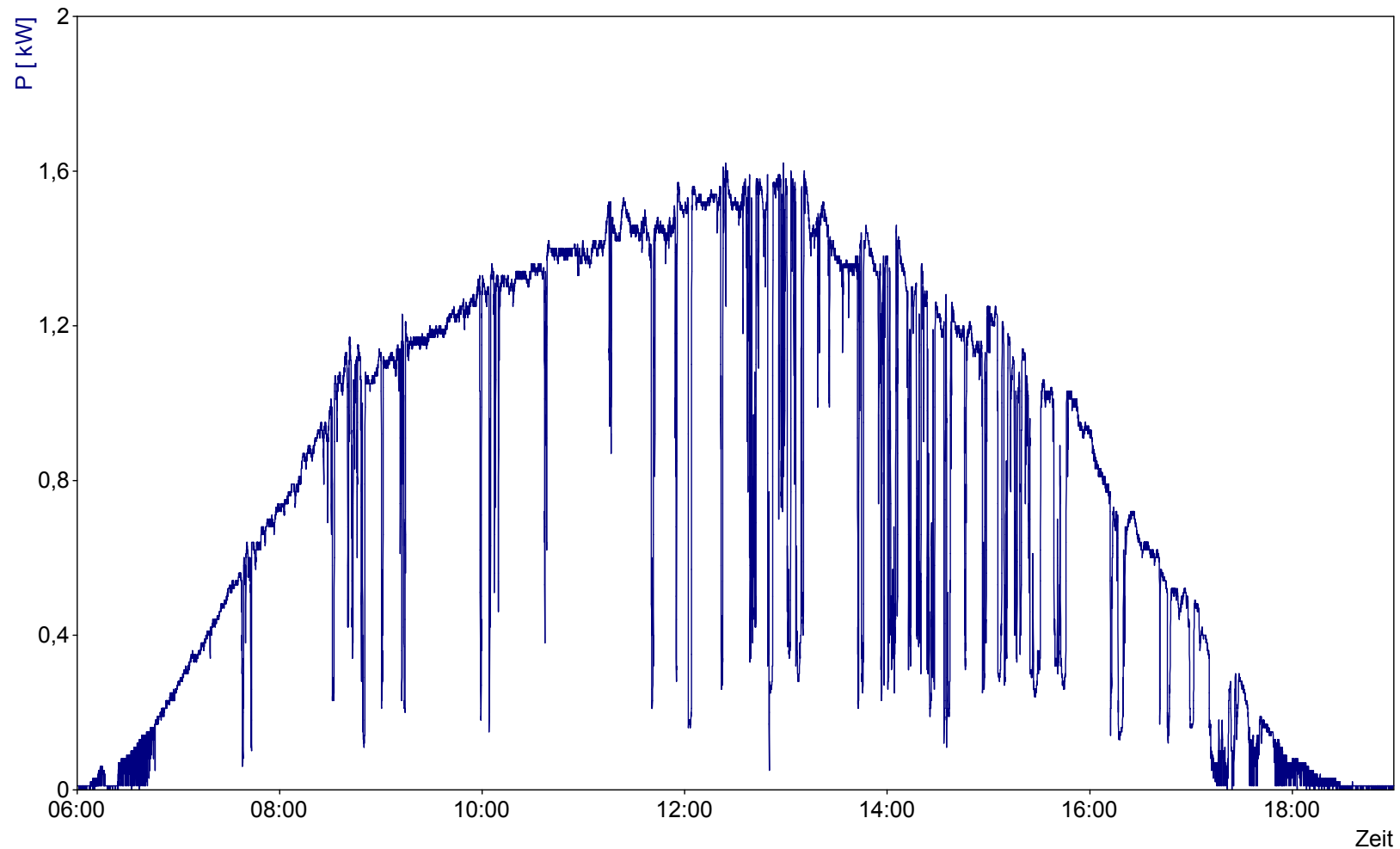


Wachstum Photovoltaik in Deutschland





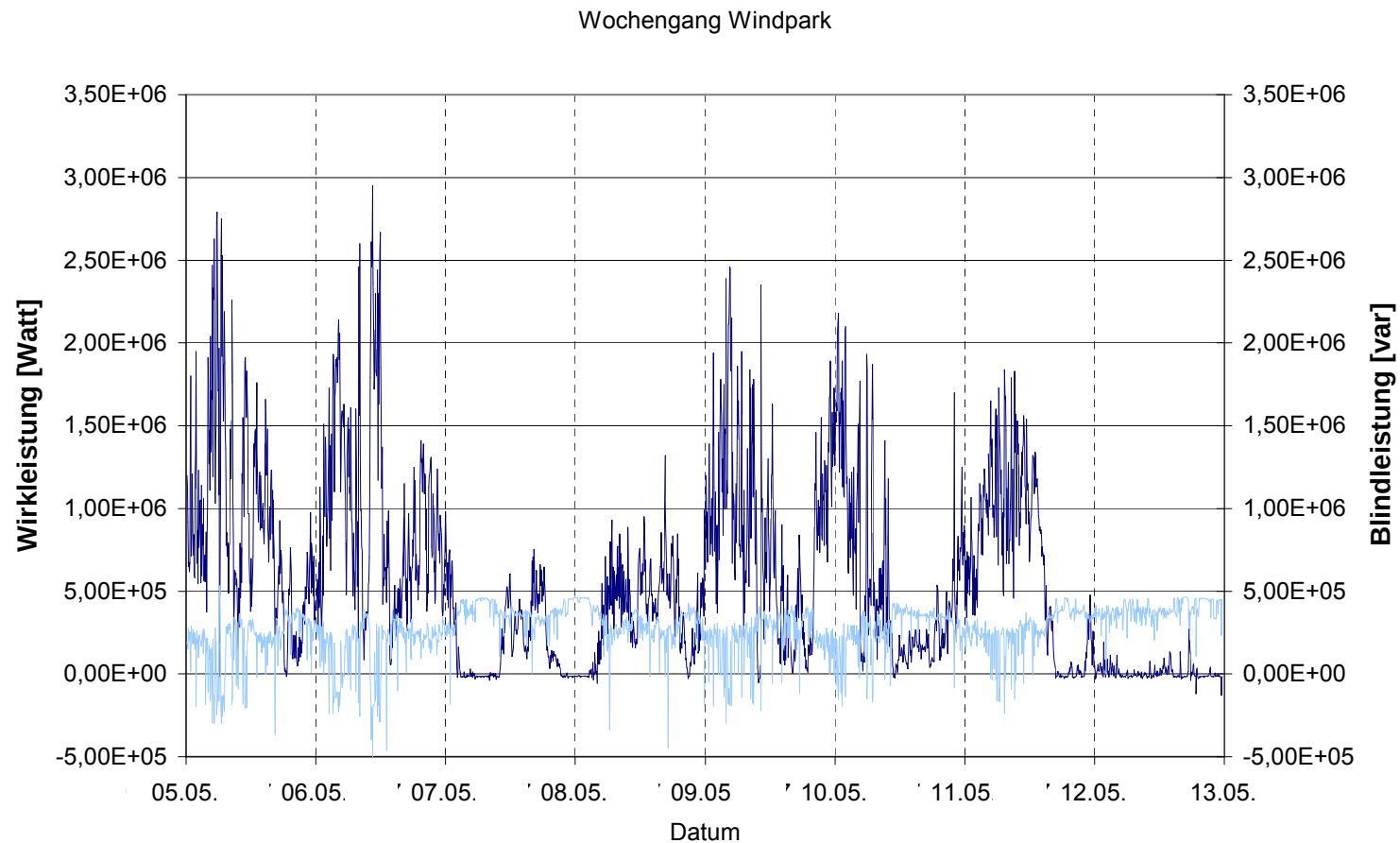
Fluktuationen der Leistung aus PV



Exemplarischer Verlauf der eingespeisten Leistung an einer 2kWp-Solaranlage im August 2005 im mitteldeutschen Raum



Fluktuation der Windleistung



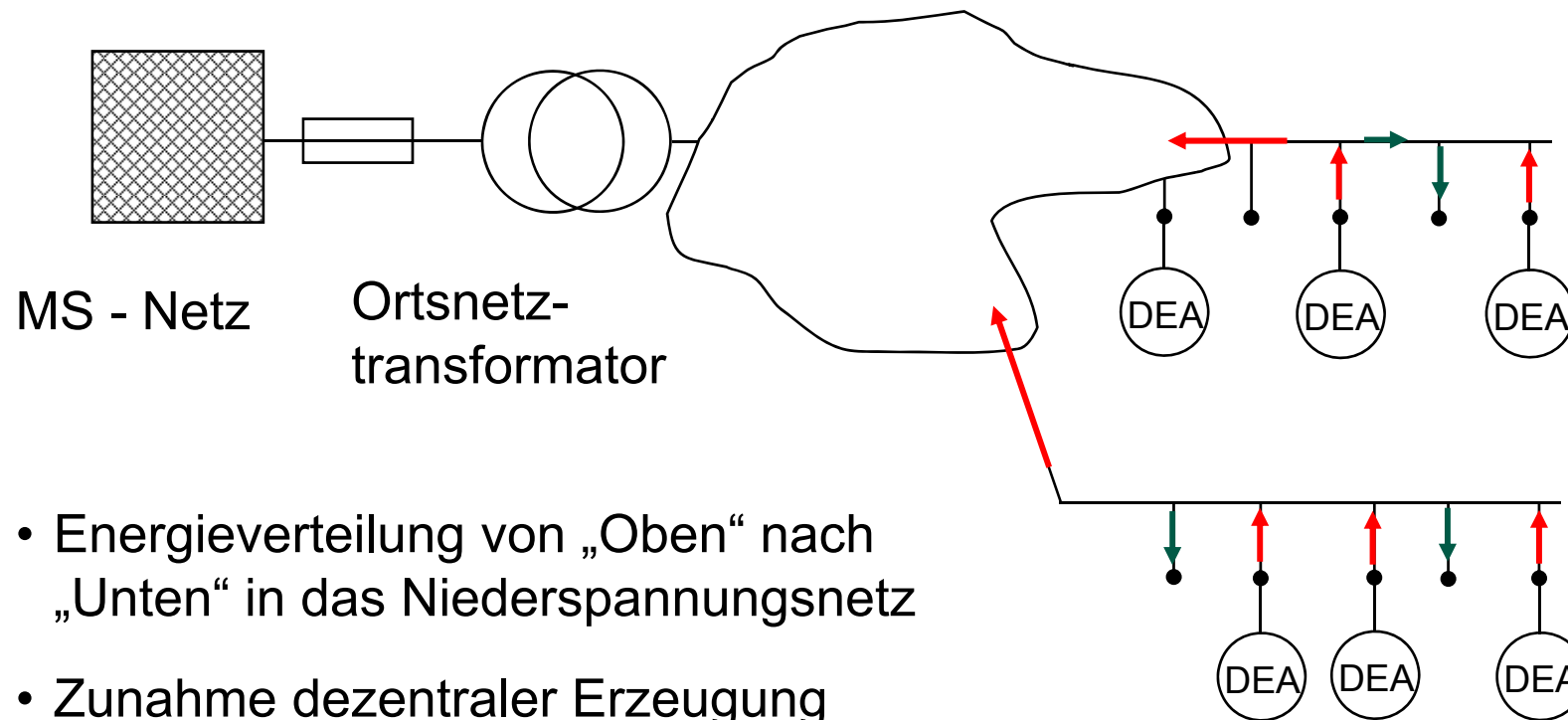


Gliederung

- 1 Einleitung
- 2 Motivation für dezentrale Speichersysteme**
- 3 Methode der Speicherdimensionierung
- 4 Ergebnisse
- 5 Zusammenfassung und Ausblick



Motivation für dezentrale Speichersysteme



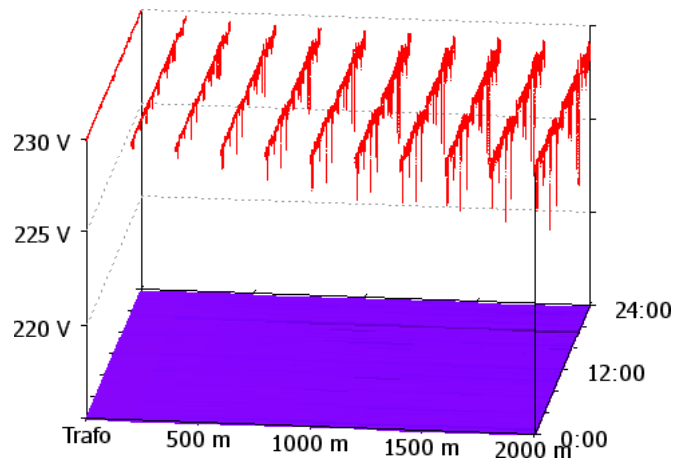
- Energieverteilung von „Oben“ nach „Unten“ in das Niederspannungsnetz
- Zunahme dezentraler Erzeugung
- Veränderter Lastfluss (fluktuierend !)
- Netzurückwirkung: Spannungseinbrüche und -überhöhung)



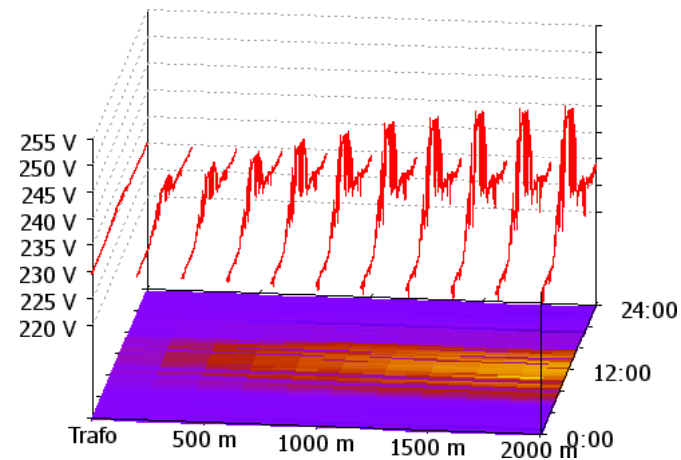
**Lösungsmöglichkeit:
Speicher !**



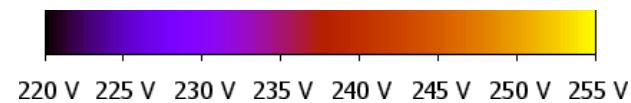
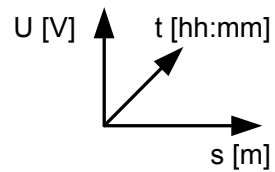
Motivation für dezentrale Speichersysteme



A) ohne dezentrale Einspeiser



B) mit dezentraler PV-Einspeisung





Problem : Speicherdimensionierung

Fragestellung:

- Art des Speichers
- Standort
- Energieinhalt / Leistung

Bsp.: USV

Dimensionierung und Standortbestimmung des Speichers für USV System unkritisch, da Energieinhalt und Leistung des Verbrauchers bekannt

Bsp.: Dezentrale Erzeugung

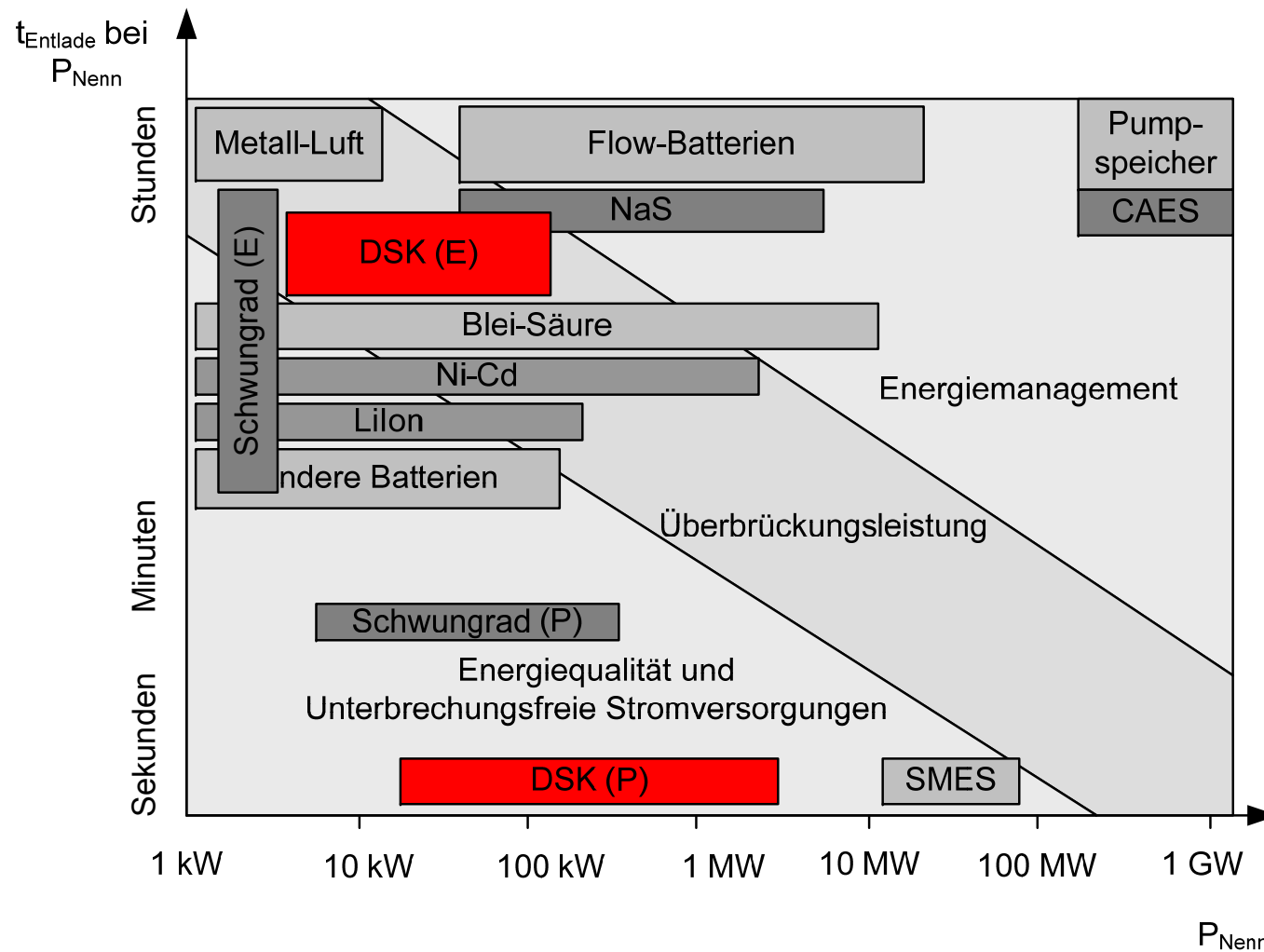
- Leistung der dezentralen **Erzeugung** schwankt stochastisch
- Leistung der **Verbraucher** schwankt stochastisch



Speicherdimensionierung
nicht trivial!!!

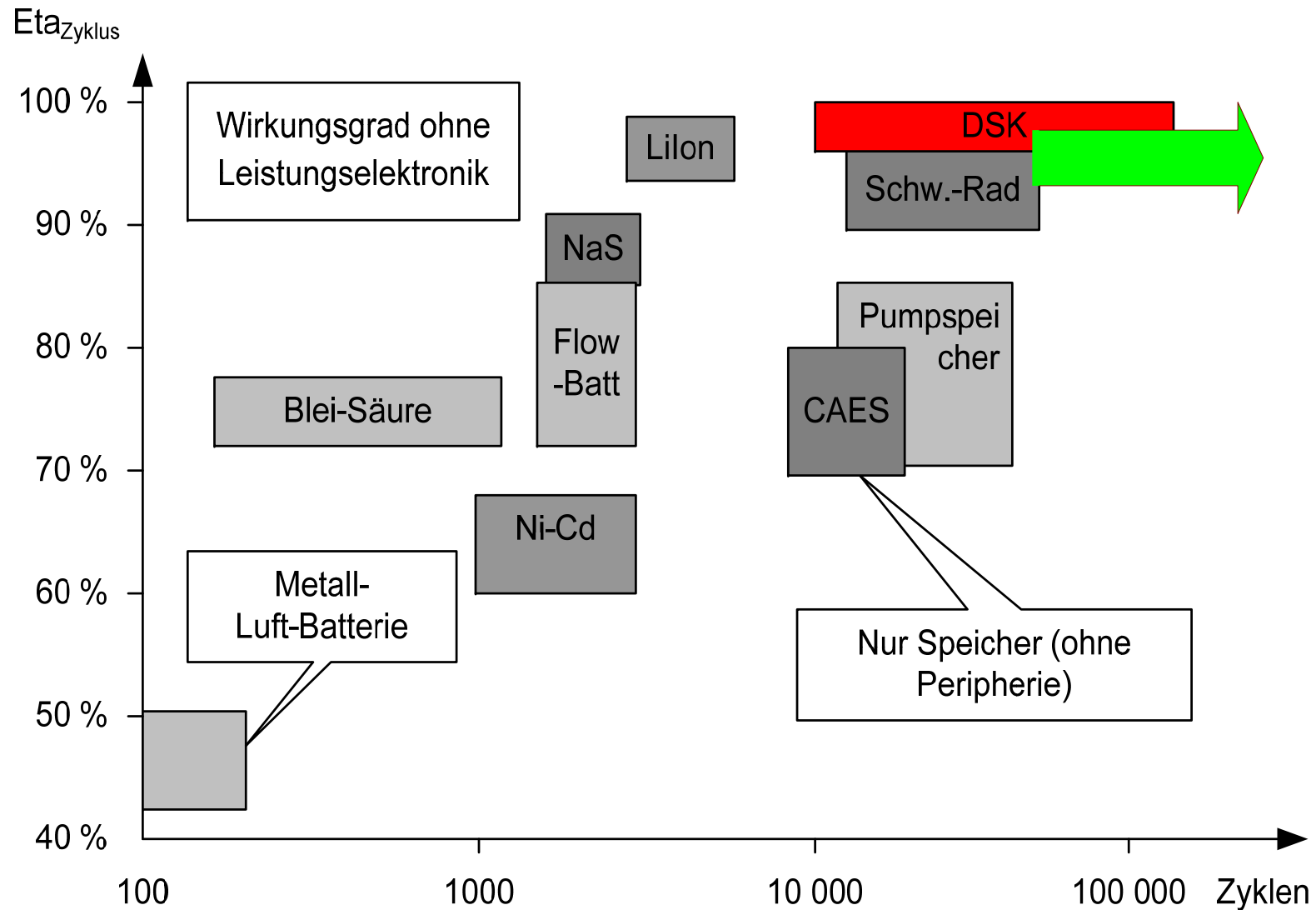


Zur Verfügung stehende Energiespeichertechnologien





Mögliche Speichertechnologien





CAES (Compressed Air Energy Storage)

Huntorf, D
1976



McIntosh, USA
1991



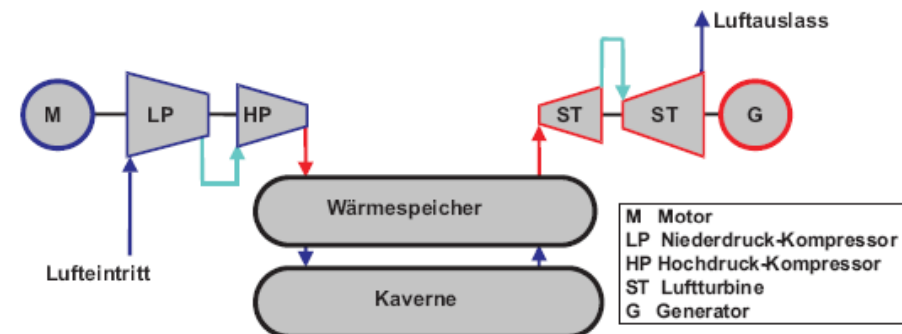
Norton, USA
geplant



Turbinenleistung / Entladedauer	290 MW / 2 h	110 MW / 26 h	2.700 MW / 8 d
Kompressorleistung/ Ladedauer	60 MW / 8 h	60 MW / 45 h	1.800 MW
Druck	46 – 72 bar	45 - 74 bar	100 bar
Speicher	2 x 150000 m ³ Salzkavernen	538.000 m ³ Salzkaverne	10.000.000 m ³ Ehemaliges Kalkbergwerk

Adiabate CAES:

Wirkungsgrad bis 70%





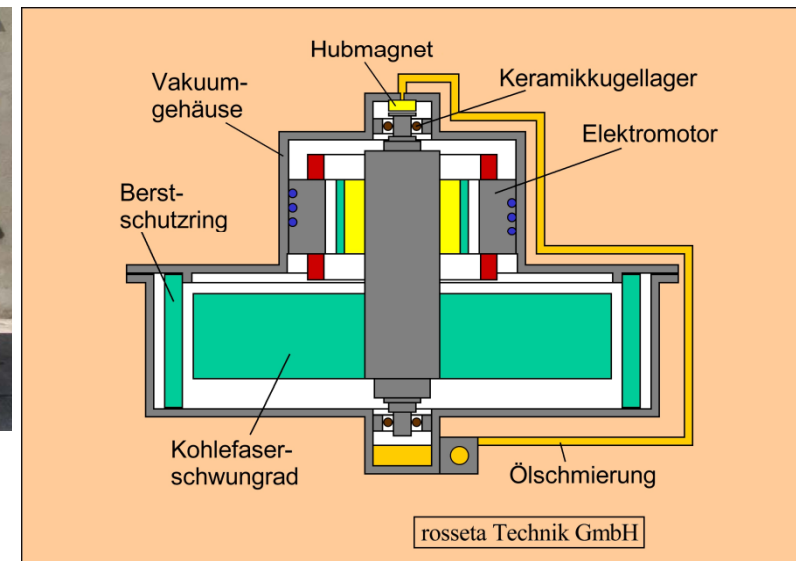
Flywheel

Grundlage:	sehr schneller, magnetisch gelagerter, im Vakuum drehender Rotationskörper
Drehzahl:	20000 .. 50000 [1]
Lebensdauer:	10^5 .. 10^7 Zyklen [2]
Energiedichte:	130 Wh/kg oder 500 kJ/kg [2]
Wirkungsgrad:	bis 90% [2]
Kapazität:	3 .. 133 kWh [2]
Schnellladung:	<15 min [3]

Beispiel: Energiespeicher in Zwickau (Straßenbahn)



System	
maximale Drehzahl (n)	25.500 /min (Kugelgel.)
maximale Dauerleistung	150 kW (350 kW)
Kurzzeit-Höchstleistung	300 kW (1.000 kW)
Energie (bei n)	2 kWh (6 kWh)
Leerlaufverlust	1,8 kW bis 3,6 kW



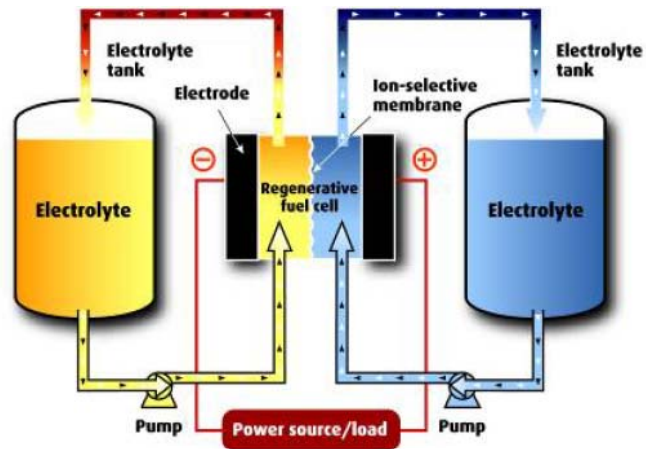
[1] Castelvechi, D. (2007). Spinning into control. Science News, vol. 171, pp. 312-313

[2] <http://www.itpower.co.uk/investire/pdfs/flywheelrep.pdf>

[3] Vere, Henry, A Primer of Flywheel Technology, in Distributed Energy, http://www.gradingandexcavation.com/de_0705_primer.html



Redox-Flow Batterie



Wirkungsgrad ca. 70%
Kosten 175 Euro/kWh



Little Barford, Südengland
120MWh / 15 MW

XL-Module
mit je 100 kW
geplante Anzahl: 120 Module

Das Projekt wurde im Dezember
2003 aufgrund zahlreicher
Verzögerungen abgebrochen





Batterien

Konventionelle Batterien:

- Traditionell:
- Blei
 - Nickel-Cadmium
- Aktuell:
- Nickel-Metallhydrid
 - Lithium-Ion

Nachteile

Zyklusstabilität
(bis max.
3000)

Hochtemperaturbatterien

- Natrium-Schwefel
- Natrium-Metall-Chlor

Lithium-Ion

Hoffnungsträger



- Spannung: 12 V/24 V/48 V
- Energieinhalt: 0.5 bis 2.2 kWh

[Schuh SAFT]

Intensium Flex



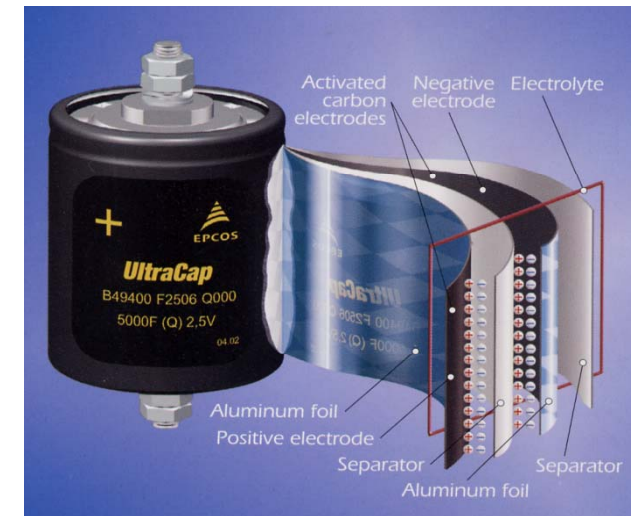
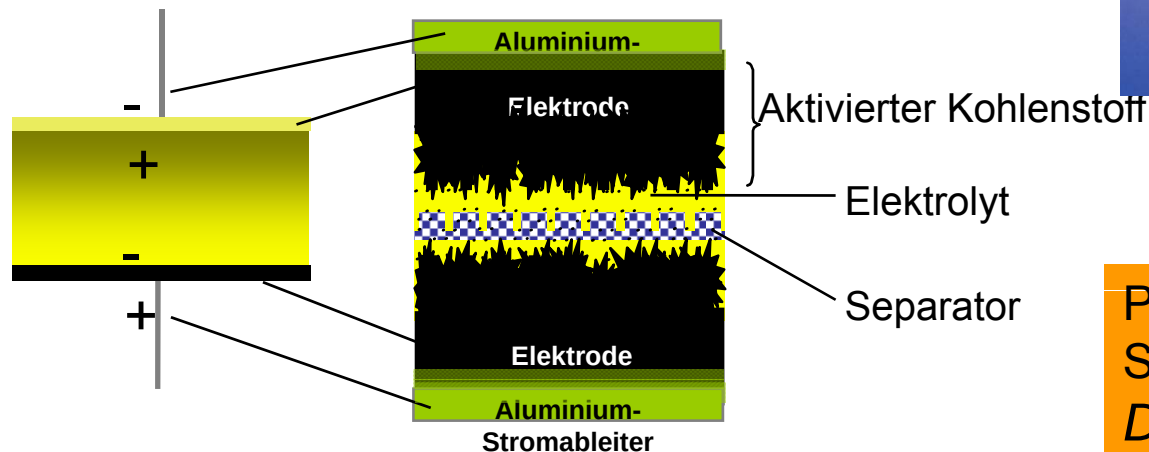
- Spannung: 48 V bis 500 V
- Energieinhalt: 6 bis 20 kWh



Supercap (Doppelschichtkondensator)

Doppelschichtkondensatoren (DSK) speichern elektrische Energie in der elektrochemischen Doppelschicht (Helmholtz-Schicht)

Kapazitätsdichte: >250 F/g
Energiedichte: bis 5,5 Wh/kg
Leistungsdichte: bis 17,5 W/kg
Kapazität: bis 5000F pro Zelle
ESR: <1mW
Kurzschlussstrom: bis 5 kA pro Zelle
Lebensdauer: >1 Mio. Zyklen oder 180.000 h



Prüfmöglichkeiten von
Supercaps im Labor *nach*
DIN EN 62 391-1

Eine Photovoltaikanlage (1 kWp) hat einen Speicherbedarf von möglichen 85 kW bis optimalen 260 kW zur Glättung des Verlaufes der Einspeiseleistung über 15min.

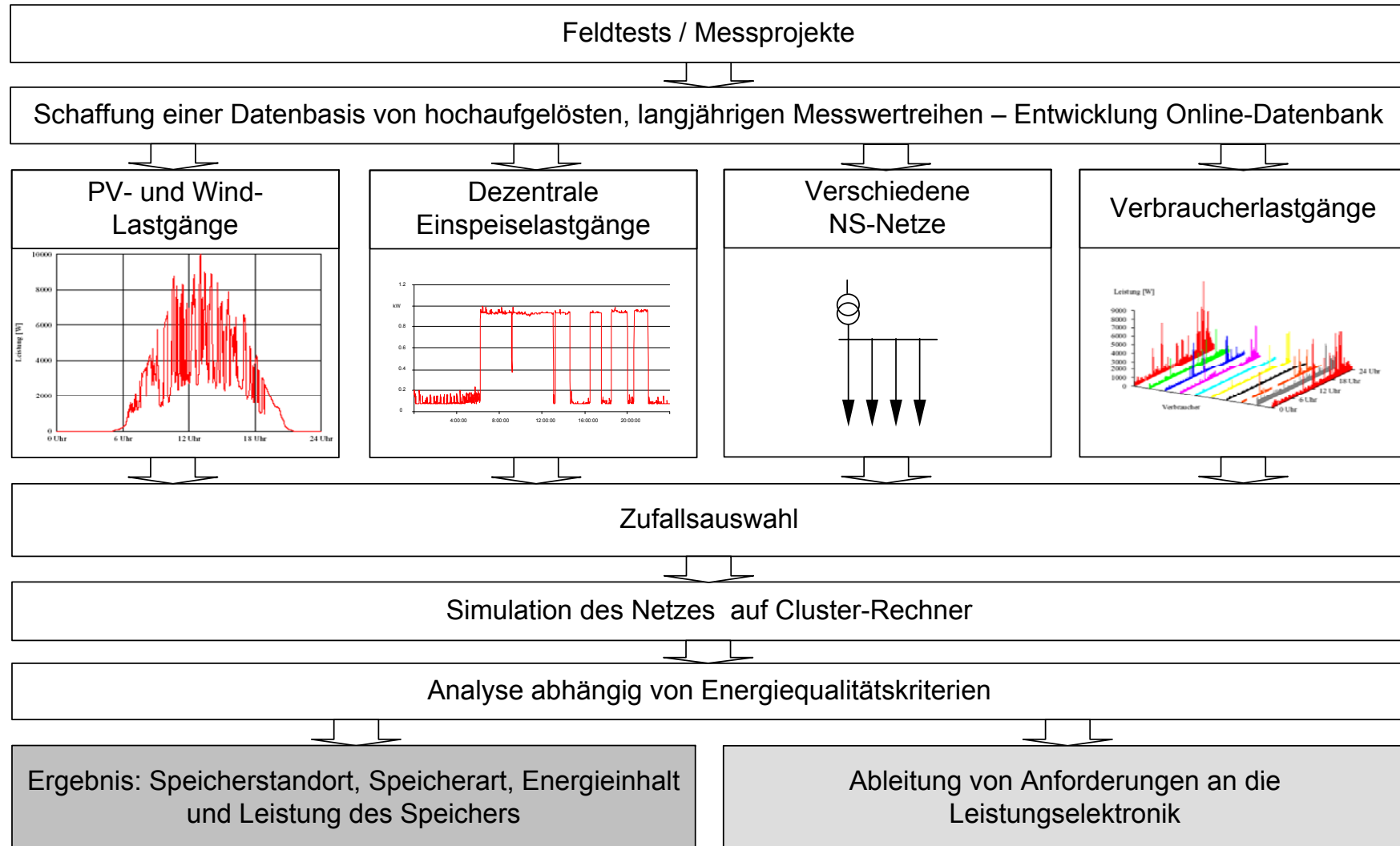


Gliederung

- 1 Einleitung
- 2 Motivation für dezentrale Speichersysteme
- 3 Methode der Speicherdimensionierung**
- 4 Ergebnisse
- 5 Zusammenfassung und Ausblick



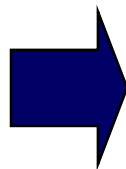
Ganzheitlicher Ansatz zur Speicherbewertung





Notwendige Voraussetzungen für die Methode

- Speichermodell
- Erzeugermodell
- Verbrauchermodell
- Netzmodell (Standardbetriebsmittel)
- Zeitreihen
- Verknüpfungswerkzeug für Multisimulation
- Geeignete Simulationssoftware

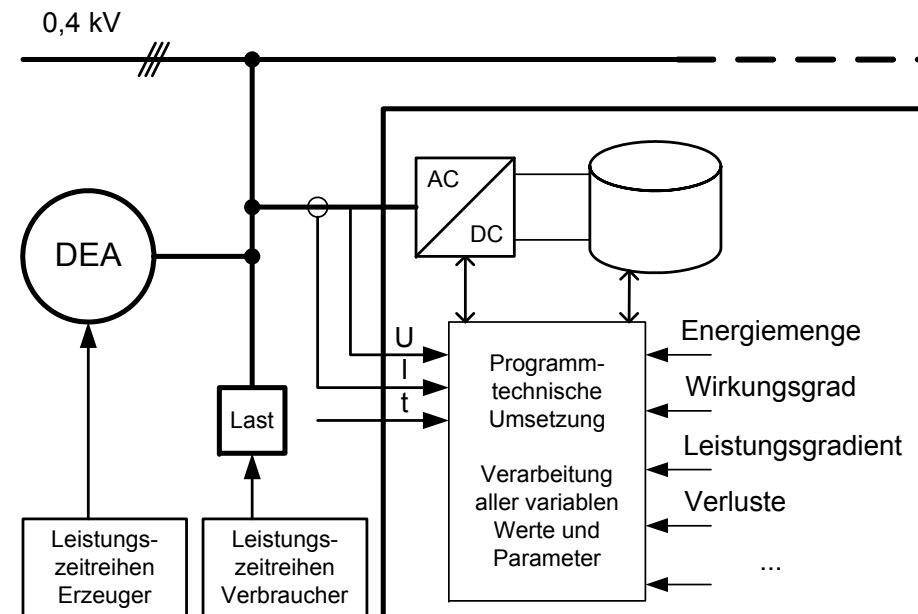


Als Programmodul in Cerberus bald erhältlich



Speichermodell – Ziele und Umsetzung

- unterschiedliche Speichertypen abbildbar durch die Auswahl der geeigneten Parameter
- Eignung für dreiphasiges Niederspannungsnetz
- integrierbar an jedem Knotenpunkt des Netzes
- Speichermodell soll autark funktionieren können
- mehreren Speichern im Netz, sollen diese untereinander kommunizieren können.
- Portierbarkeit des Funktionsprinzips auf unterschiedliche Spannungsebenen



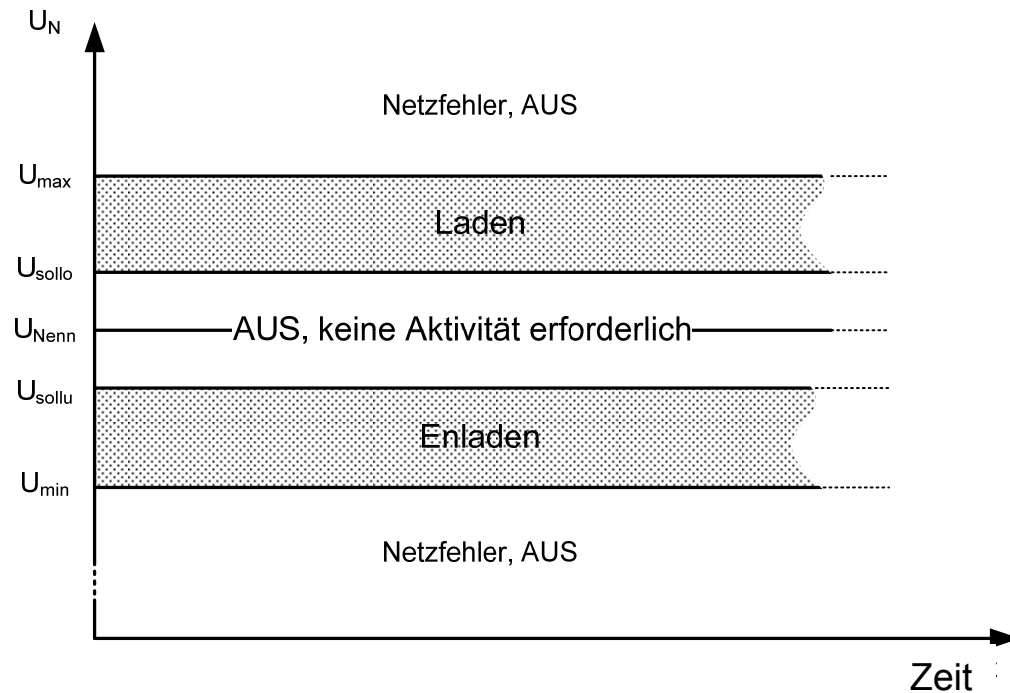


Notwendige Speicherparameter

- Energieinhalt E_{ges} des Speichers in Ws (Summe aller drei Phasen)
- Maximale Leistung P_{max}
- Ladewirkungsgrad η_{lad}
- Entladewirkungsgrad η_{ent}
- Maximaler Leistungsgradient DP_{max} des Speichers
- Nennfrequenz f_{nenn} in Hz
- Nennspannung U_{nenn} in V
- Energieinhalt E_{leer} bei dem der Speicher als leer anzusehen ist in % von E_{ges}
- Energieinhalt E_{voll} bei dem der Speicher als voll anzusehen ist in % von E_{ges}
- Energieinhalt E_{anf} zu Beginn der Simulation
- Zugriffszeit t_z
- Selbstentladung (Ruheverluste V_{ruhe} in %/h)
- Obere und untere Regelspannung
- Parameter des PI-Reglers (KR und TI)

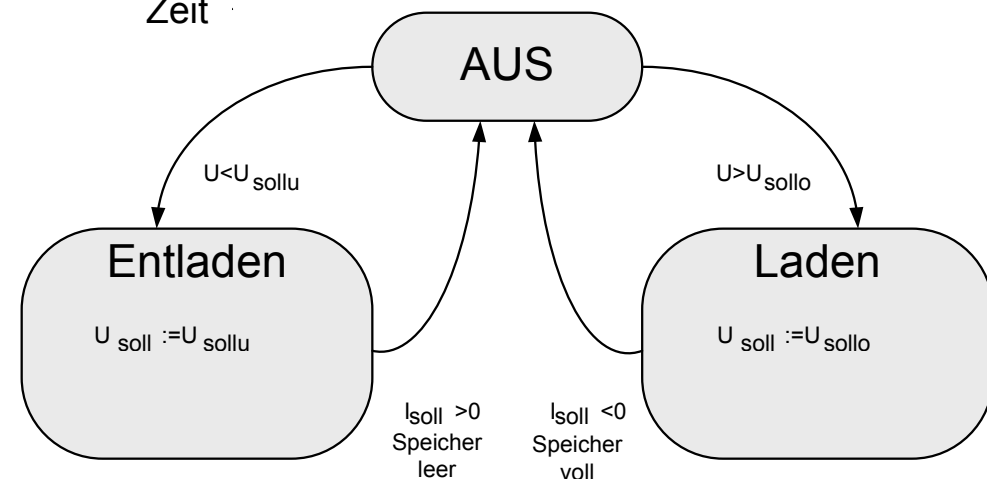
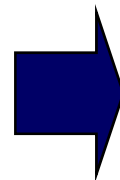


Speicherarbeitsbereiche



Notwendige Einstellung
der Spannungsbänder
für das Modell und
reale Speicher

Resultierender
Ablaufplan der
Betriebszustände
des Speichers

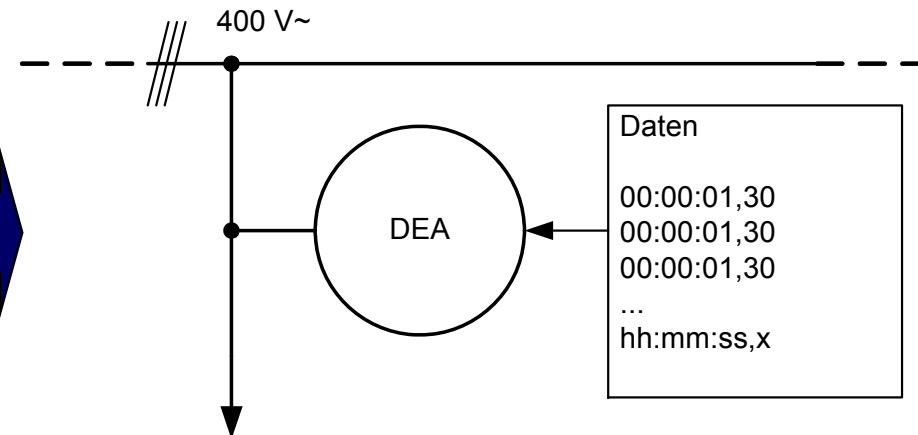




Erzeuger- und Verbrauchermodell

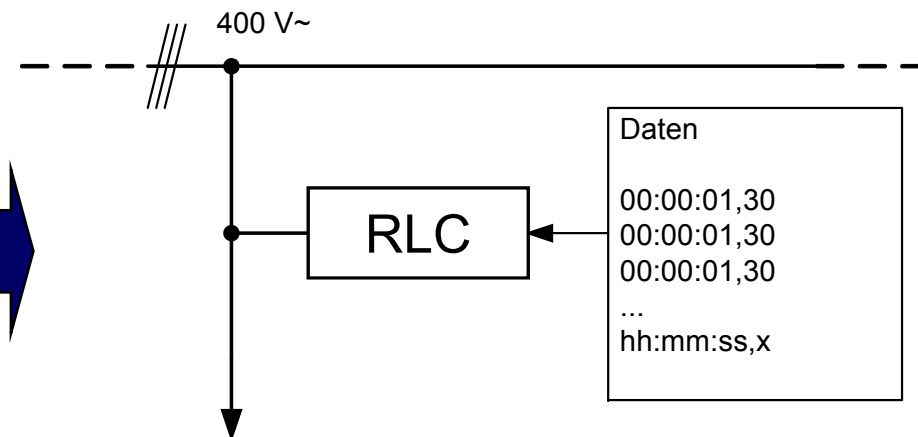
Erzeugermodell:

- Gleiche leistungsseitige Modellierung wie Speichermodell
- Sollwertvorgabe kommt jedoch aus der Leistungszeitreihe („Pointlistdatei“)

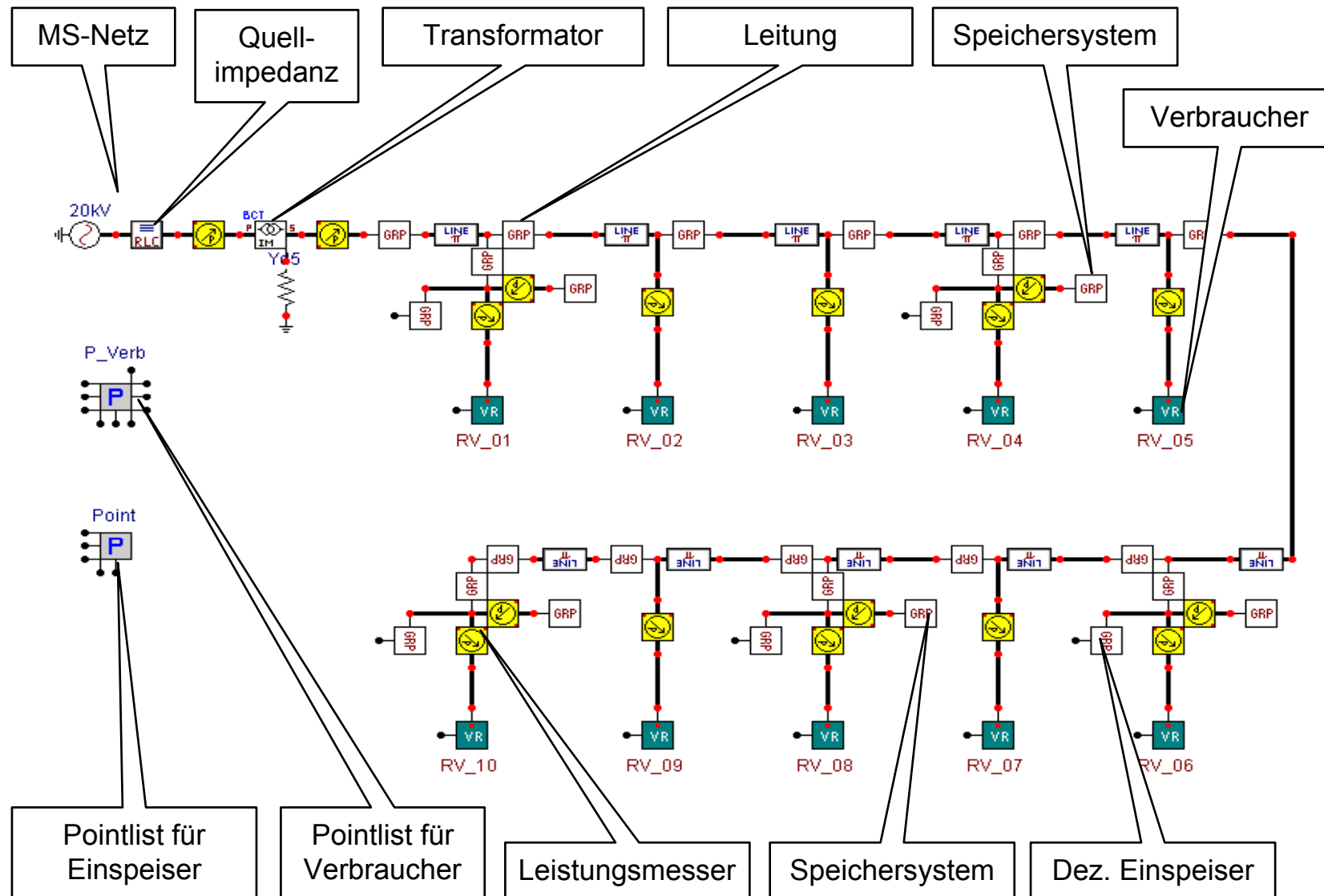


Verbrauchermodell:

- Zeitreihenabhängige RLC-Element (hier ATP R-Tacs Type 91)

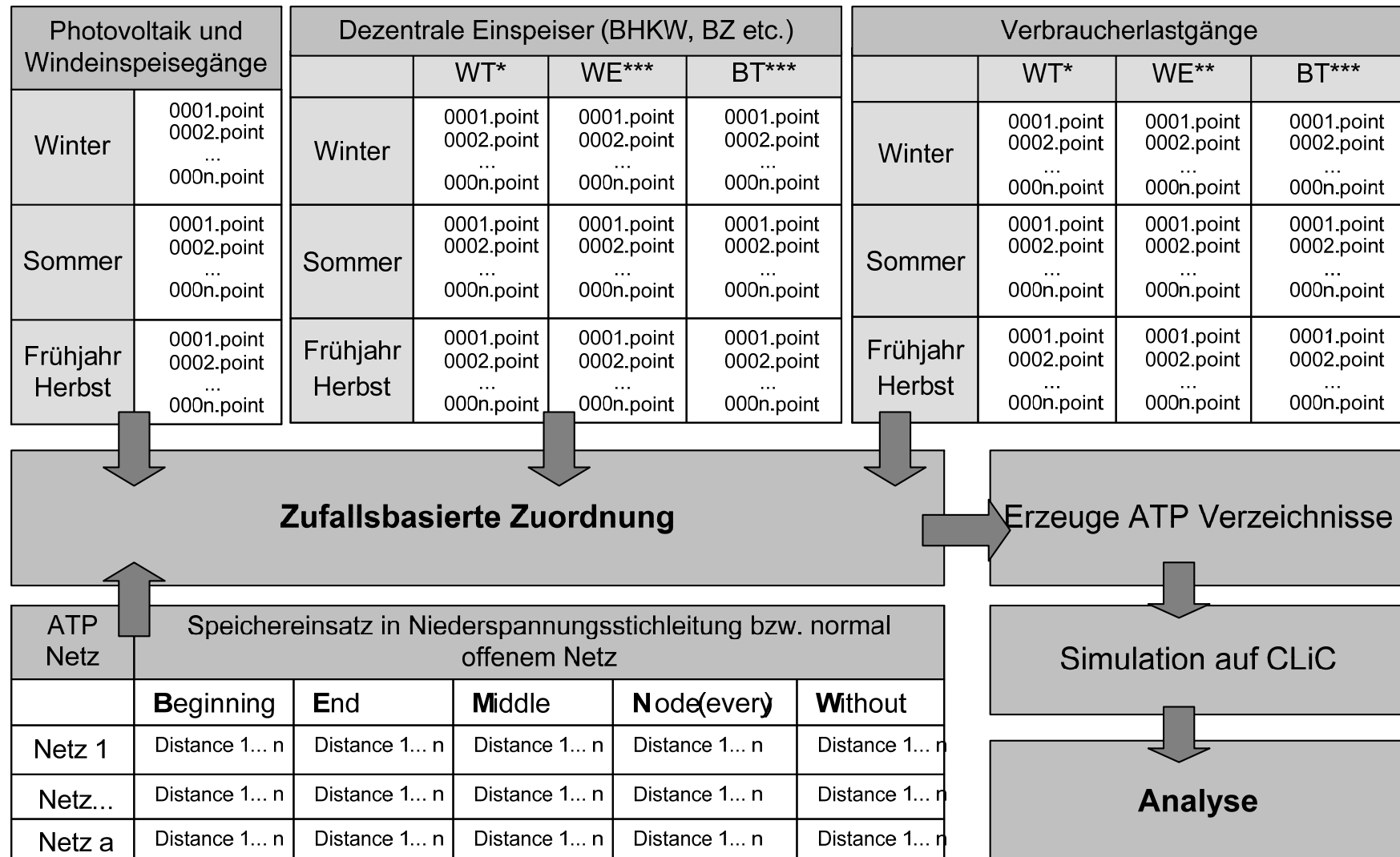


Bisherige Netzberechnung





Notwendiger Programmablauf



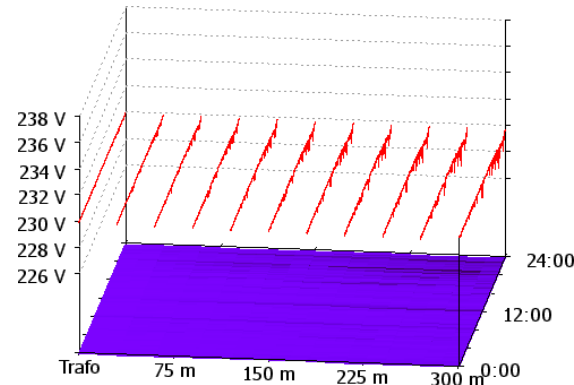


Gliederung

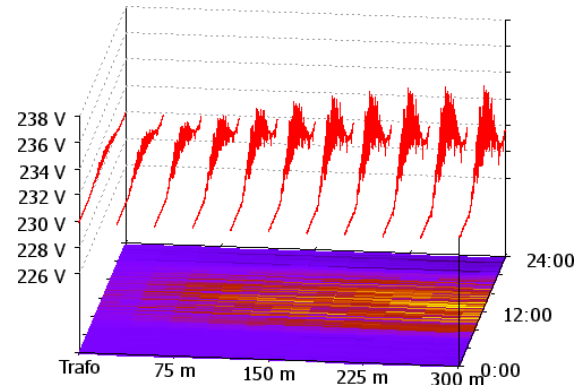
- 1 Einleitung
- 2 Motivation für dezentrale Speichersysteme
- 3 Methode der Speicherdimensionierung
- 4 Ergebnisse**
- 5 Zusammenfassung und Ausblick



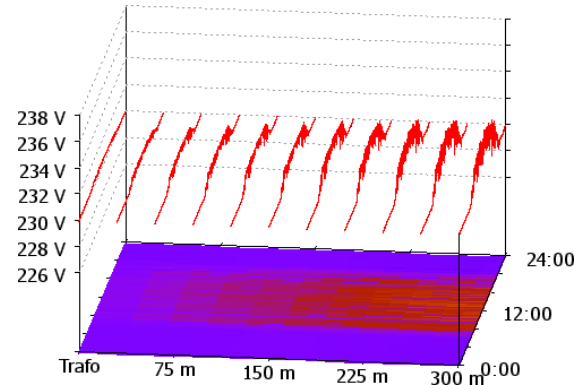
Beispiel: Netzform D1 (Eigenheimsiedlung alt)



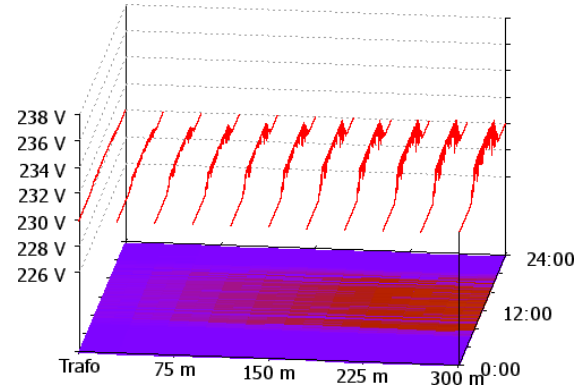
A) Ohne Einspeisung



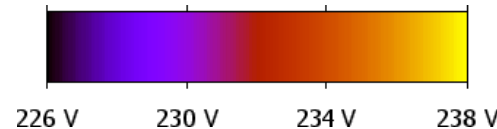
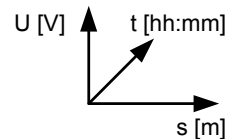
B) Mit Einspeisung



C) Mit einem Speicher



D) Mit fünf Speichern

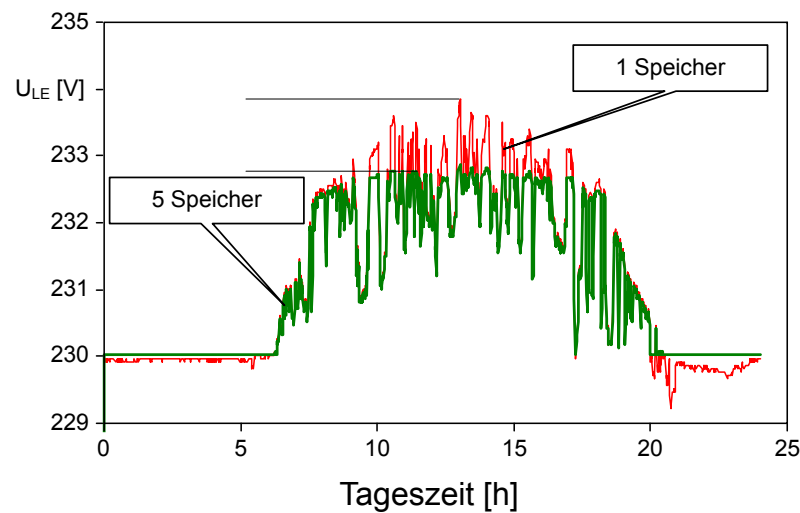
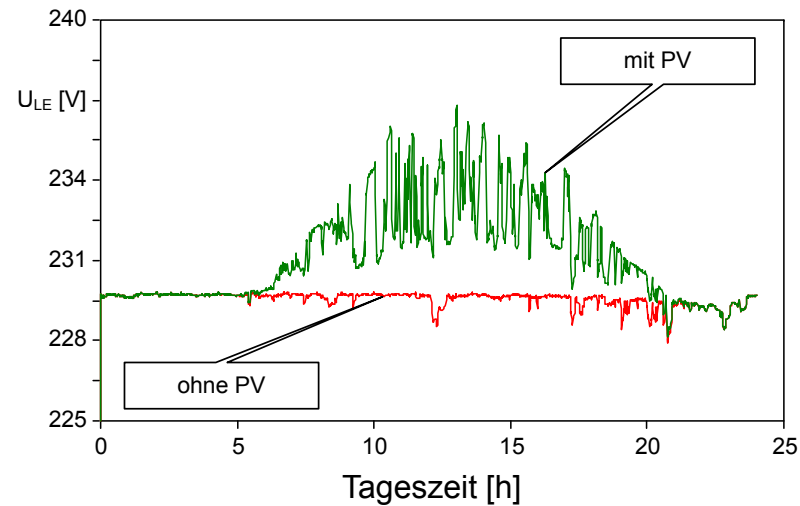


- Leitung zwischen den Hausanschlüssen: $s = 50$ m
- Leitung NFA2X 4x95
- 1 Wohneinheit pro Hausanschluss
- 5 x 10 kWp Photovoltaik-Einspeiser
- Transformator 160 kVA Dyn5
- Kurzschlussleistung an der Mittelspannungssammelschiene = 100 MVA

Netzspannung in Abhängigkeit der Entfernung vom Transformator und der Tageszeit



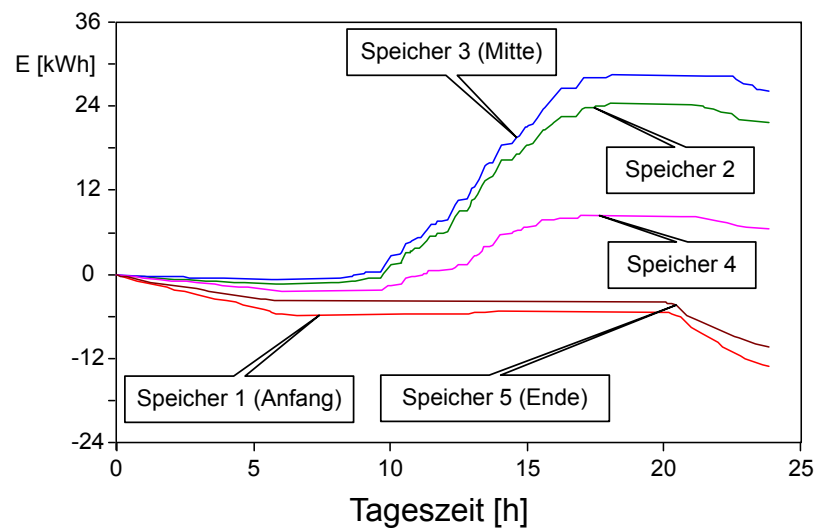
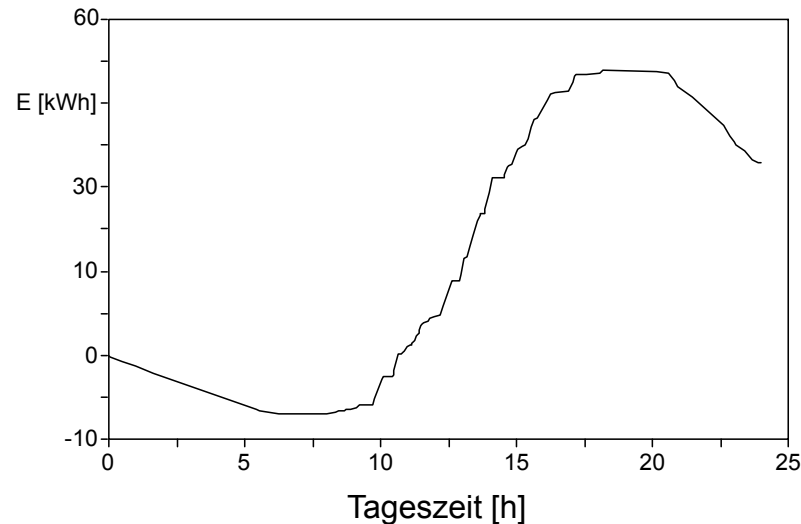
Variation der Anzahl und des Standortes der Speicher



- Verbesserung der Spannungsqualität
- Verteilte Speicher erlauben eine bessere Spannungsbeeinflussung

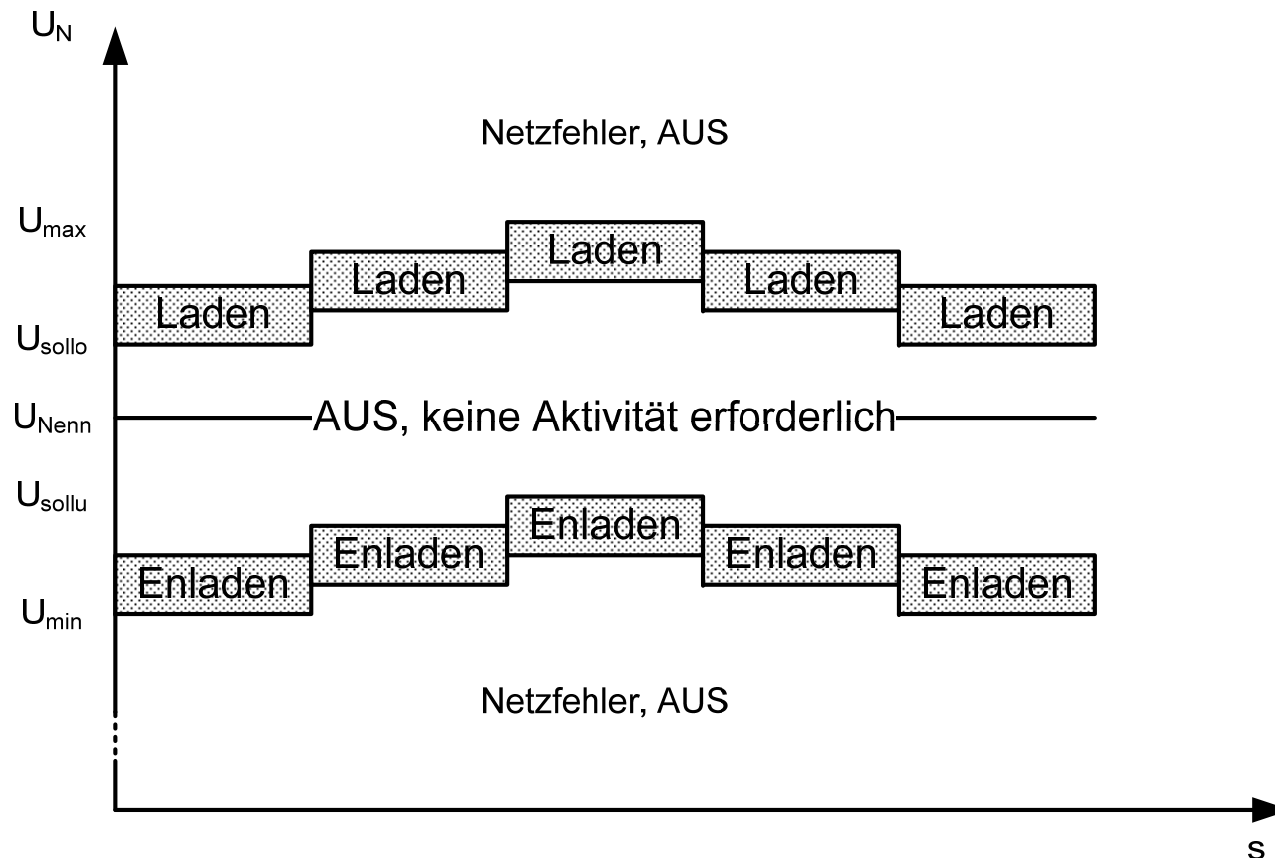


Notwendiger Energieinhalt des Speichers



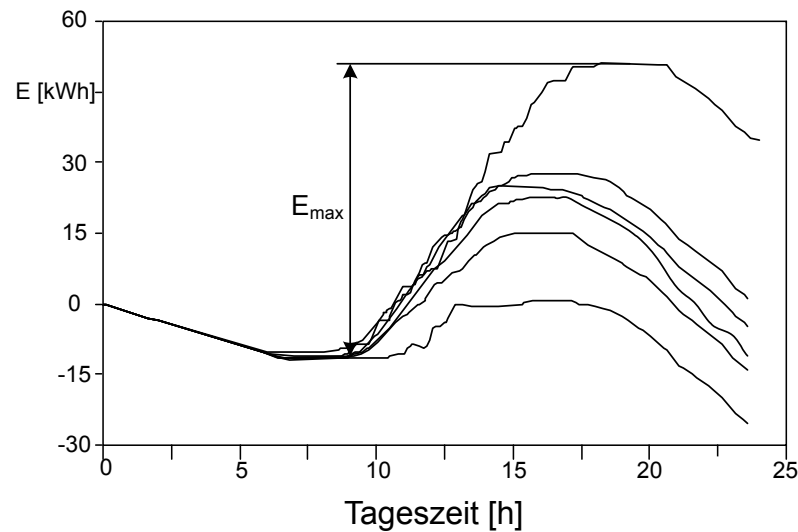


Speicherstaffelung



Jahreszeitliche
Spannungs-
bandanpassung
sinnvoll!

Die genauen Parameter für die Staffelung lassen sich mit der vorgestellten Methode für das jeweilige Netz berechnen.



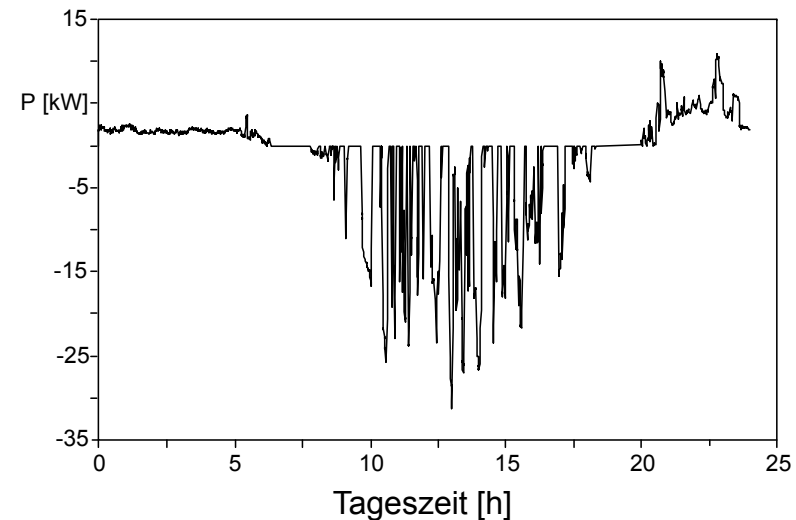
Multisimulation eines
Speichers mit variierten
Leistungszeitreihen

Hohe Energiedichte
notwendig

z.B. Wasserstoffpfad

Sehr hohe
Zyklenzahlen
erforderlich

→ Supercap



Speicherkombination ist für den Einsatz im Energieversorgungssystem
sinnvoll !



Gliederung

- 1 Einleitung
- 2 Motivation für dezentrale Speichersysteme
- 3 Methode der Speicherdimensionierung
- 4 Ergebnisse
- 5 Zusammenfassung und Ausblick**



Was können Speicher in der Energieversorgung der Zukunft leisten ?

- Speichersysteme konkurrieren in Zukunft mit dem klassischen Netzausbau, die wirtschaftliche Bewertung wird notwendig
- Verbesserung bzw. Einhaltung der Elektroenergiequalitätskriterien bei Zunahme der Einspeisung aus regenerativen und damit fluktuierenden Energiequellen
- Die vorgestellte Methode erlaubt eine exakte Dimensionierung der Speicherkapazität, eine „Worst-Case-Überdimensionierung“ wird vermieden
- Günstige Speicherstandorte sind je ein Speicher an einem dezentralen Erzeuger oder ein Speicher in der Mitte des Netzstranges
- Durch die hohe Anzahl der Speicherzyklen in gepufferten PV-Systemen ist ein Supercap als Kurzfristspeicher besonders in Kombination mit anderen Energiespeichern sehr gut geeignet



Ausblick

- Integration des Speicherdimensionierungstools in ein kommerzielles Simulationssystem hat begonnen (CERBERUS ®)
- Erste EVU bestätigen die Simulationsergebnisse ohne Speicher, da in deren Netzen bereits erneuerbaren Energiesysteme mit einer Durchdringung von über 30% existieren
- Ein realer Speicher in der Mitte des Netzstranges sollte im realen Netz erprobt werden
- Energiespeicher können die Anschlussleistung der DEA reduzieren
- Spezifische Untersuchungen zum Energie-Speichermanagement sind notwendig



Ziel:
Energiespeicherforschung
in Sachsen



Gründung des **VDE** Arbeitskreises

„Elektrische Energiespeicherforschung Westsachsen“

Ziel:

- Bündelung unterschiedlicher Fachkompetenzen rund um die Themengebiete Energiespeicher und Erneuerbarer Energien
- Schaffung einer Basis für die Entwicklung neuer Ideen und Ansätze zum Einsatz solcher, für die Zukunft der Energietechnik existenzieller Technologien in Sachsen
- Interessenten sind zur Mitarbeit herzlich eingeladen.





Cerberus Anwendertreffen 2008, 24. April 2008

Einsatz elektrischer Energiespeicher im Niederspannungsnetz



Westsächsische Hochschule Zwickau
University of Applied Sciences **Prof. Dr. M. Bodach**

Vielen Dank für Ihr Interesse!



Cerberus Anwendertreffen 2008, 24. April 2008

Einsatz elektrischer Energiespeicher im Niederspannungsnetz



Westsächsische Hochschule Zwickau
University of Applied Sciences Prof. Dr. M. Bodach

„Einsatz elektrischer Energiespeicher im Niederspannungsnetz“

Prof. Dr.-Ing. Mirko Bodach

Chemnitz, 24. April 2008