GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung
FONA Nachhaltiges Wassermanagement BMBF

NaWaM Nachhaltiges Wassermanagement ERWAS

Zukunftsfähige Technologien und Konzepte für eine energieeffiziente und ressourcenschonende Wasserwirtschaft

ERWAS Statuskonferenz

Philharmonie, Essen, 2. + 3. Februar 2016

H_2Opt Zwischenstand

Prof. Dr.-Ing. Martin Böhle

ewr netze sicher · intelligent · innovativ
Fraunhofer ITWM
OBERMEYER PLANEN + BERATEN GmbH
SAM
SWK Stadtwerke Kaiserslautern Versorgung

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

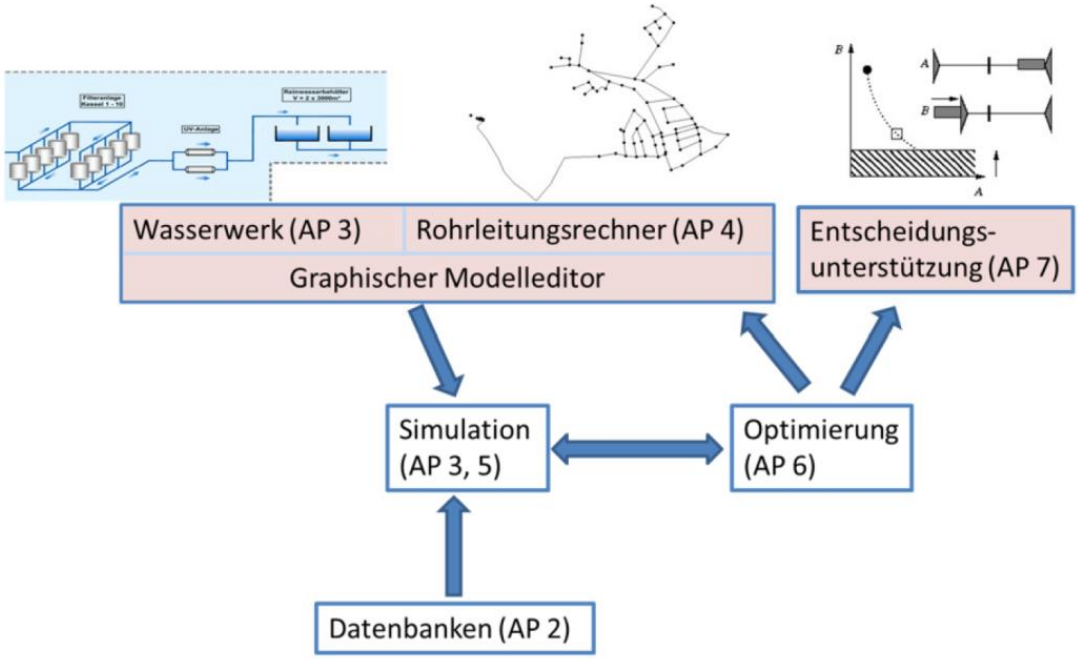
Gliederung

- Projektziele
- Modellierung und Validierung
- Entscheidungsunterstützung
- Fallstudie 1: Auswahl von optimalen Pumpen für ein Wasserwerk
- Fallstudie 2: Berücksichtigung von Strompreisschwankungen auf den Betrieb eines Wasserwerks
- Zusammenfassung und Ausblick

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Projektziele

Erstellung einer Software zur Simulation, Optimierung und Entscheidungsunterstützung einer Anlage zur Trinkwasserversorgung im Hinblick auf die Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit



GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

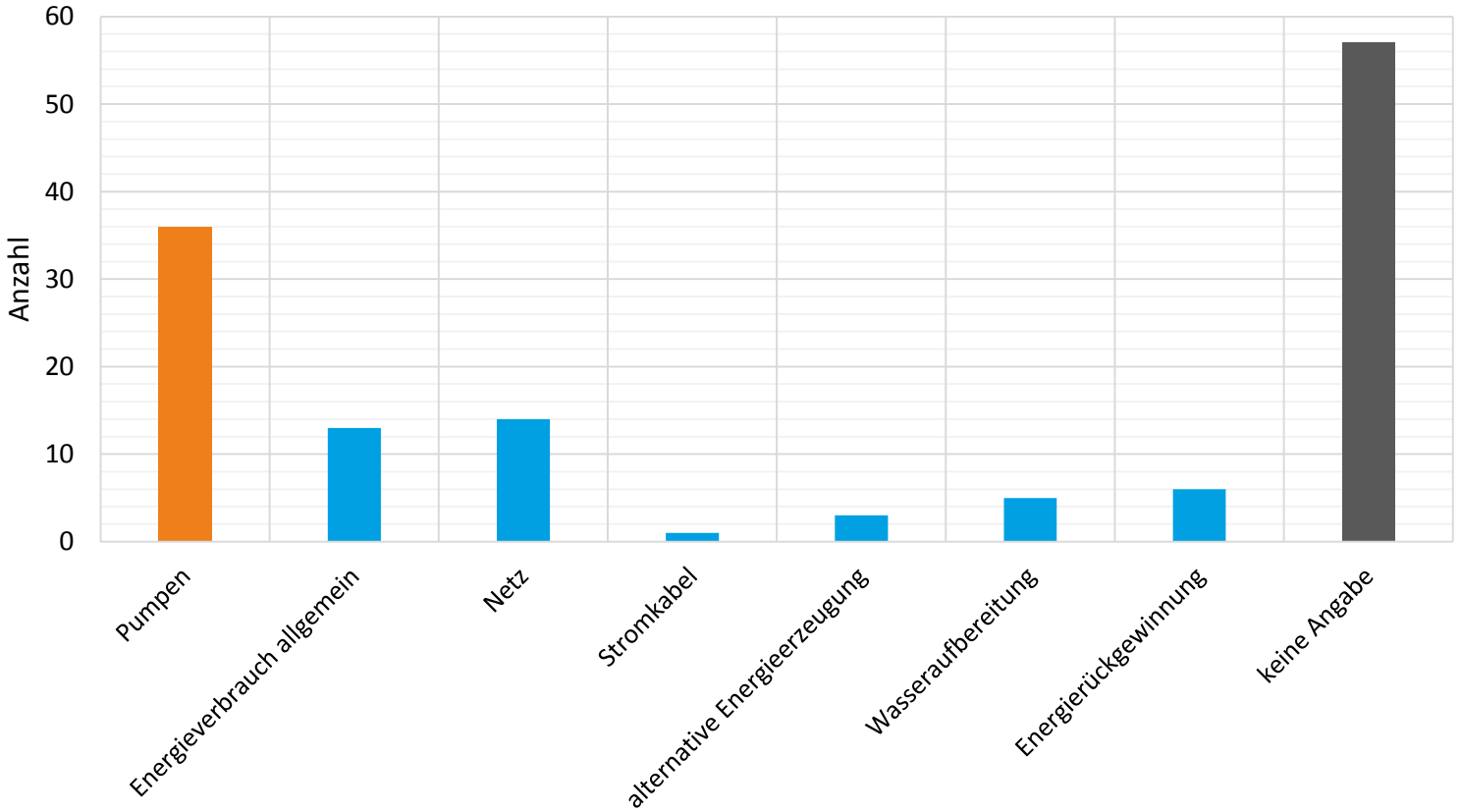
Projektpartner

- Technische Universität Kaiserslautern,
  Lehrstuhl für Strömungsmechanik und Strömungsmaschinen
- Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik, Kaiserslautern
- EWR Netz GmbH, Worms
- Obermeyer Planen + Beraten GmbH, Standort Kaiserslautern
- SWK Stadtwerke Kaiserslautern Versorgungs-AG

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Motivation

- Deutschlandweite Betreiberumfrage
- Worin sehen Sie als Betreiber Optimierungspotentiale?



GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Gliederung

- Projektziele
- Modellierung und Validierung
- Entscheidungsunterstützung
- Fallstudie 1: Auswahl von optimalen Pumpen für ein Wasserwerk
- Fallstudie 2: Berücksichtigung von Strompreisschwankungen auf den Betrieb eines Wasserwerks
- Zusammenfassung und Ausblick

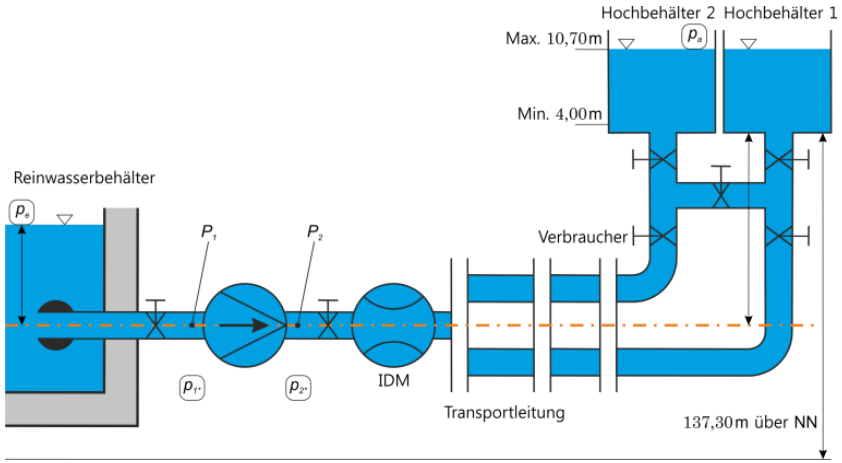
GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Modellierung und Validierung

Beispiel: Wasserwerk Bürstadt

Versorgungsgebiet:

- Worms, Bürstadt, Lampertheim
- ca. 120,000 Einwohner
- Versorgungsunternehmen: EWR Netz GmbH
- 1 Wasserwerk mit 4 Transportpumpen
- 2 Hochbehälter (Gegenbehälter)

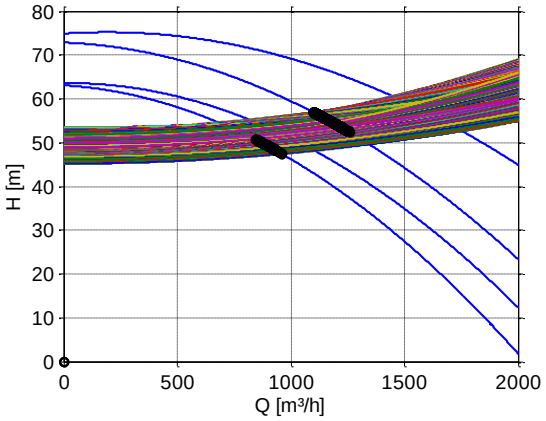


GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

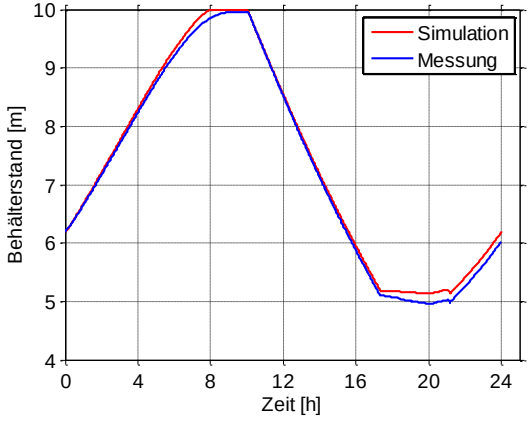
Modellierung und Validierung

Ergebnisse Tagessimulation 01.06.2013

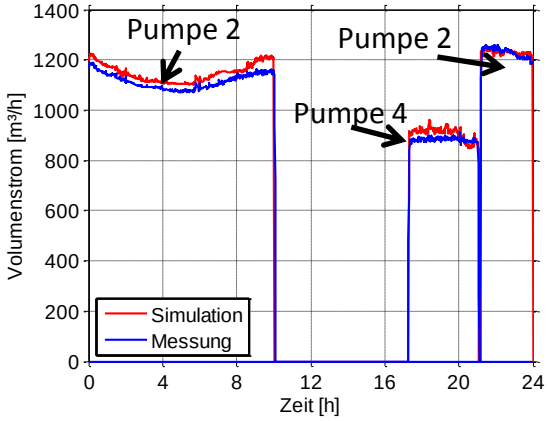
Anlagenkennlinien und Betriebspunkte



Hochbehälter



Pumpen



- Sehr gute Übereinstimmung von Fördermenge und Behälterstand
- Max. Abweichung Q_{Pumpe} ~4%, Behälterstand < 1%

→ Das Modell ist zur Simulation und Optimierung der Anlage geeignet

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

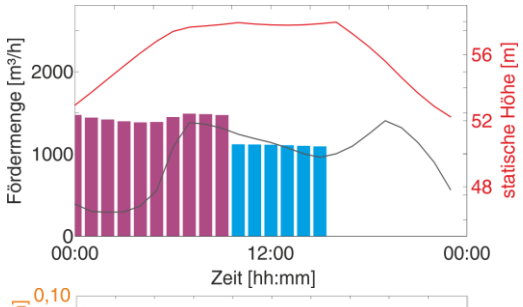
Gliederung

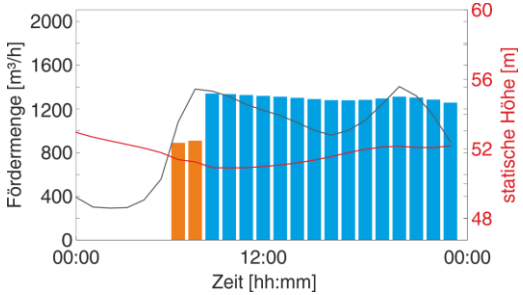
- Projektziele
- Modellierung und Validierung
- Entscheidungsunterstützung
- Fallstudie 1: Auswahl von optimalen Pumpen für ein Wasserwerk
- Fallstudie 2: Berücksichtigung von Strompreisschwankungen auf den Betrieb eines Wasserwerks
- Zusammenfassung und Ausblick

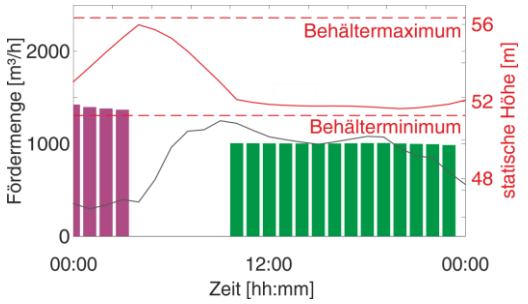
GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

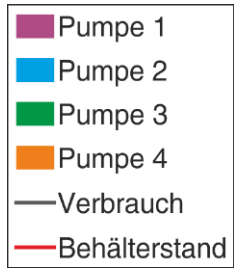
Entscheidungsunterstützung

Eindrücke









Energieeffizienz

Hygieneanforderungen

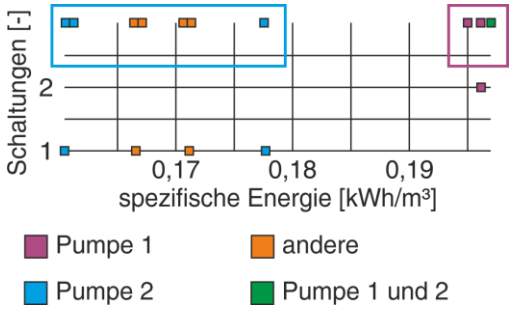
Handlungsalternativen

Kosteneffizienz

Technische Anforderungen

LCC

What-if scenarios,
Interaktiver Vergleich



Pumpenvergleich

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

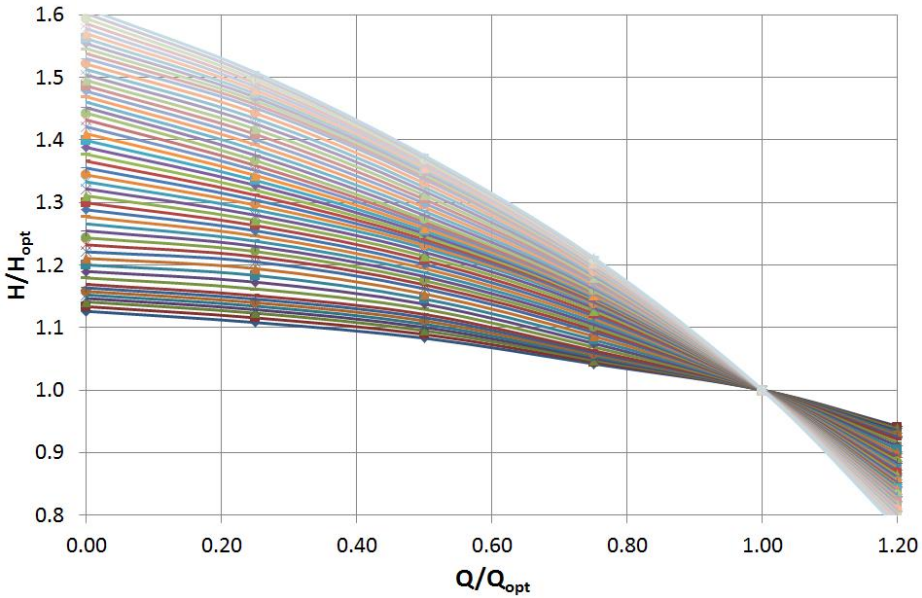
Gliederung

- Projektziele
- Modellierung und Validierung
- Entscheidungsunterstützung
- Fallstudie 1: Auswahl von optimalen Pumpen für ein Wasserwerk
- Fallstudie 2: Berücksichtigung von Strompreisschwankungen auf den Betrieb eines Wasserwerks
- Zusammenfassung und Ausblick

Fallstudie 1

Komponentendatenbank

- Pumpendatenbank
  - spez. Drehzahl n_q = 8 ÷ 60,
    Q = 6 ÷ 2000 m³/h
- Motordatenbank
  - P_{el} = 2,2kW ÷ 900 kW
- Bestimmung von optimalen Pumpen und E-Motoren durch die Software

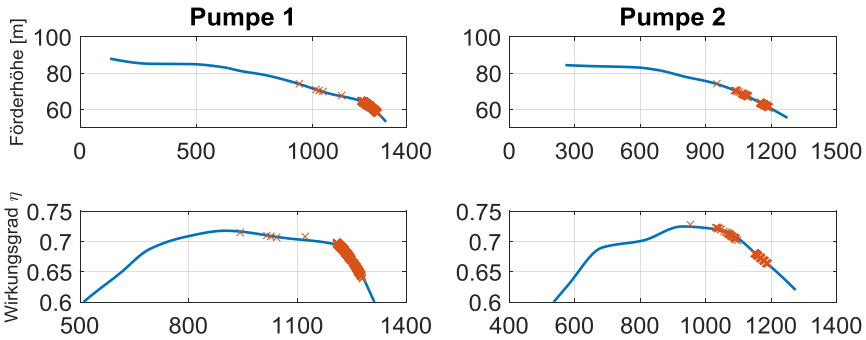


GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Fallstudie 1

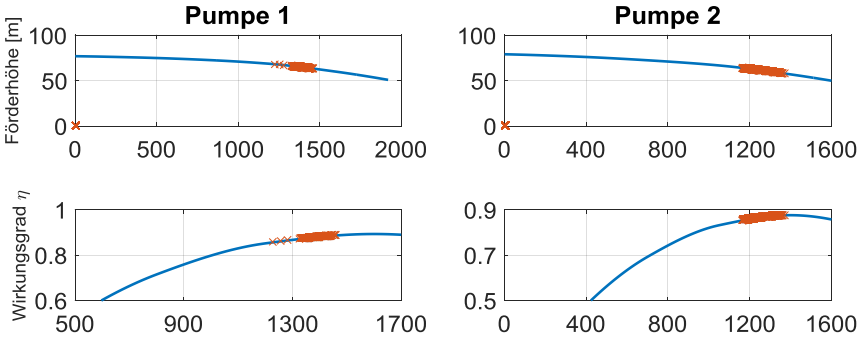
Auswahl von Pumpen für ein Wasserwerk

Alt



- Wirkungsgradniveau der Herstellerkennlinien wird nicht mehr erreicht
- Pumpen werden bei Überlast betrieben

Neu



- Höhere Wirkungsgrade
- Betriebspunkte liegen im Wirkungsgradoptimum

➡ Energieeinsparung von ca. 370,000 kWh/Jahr

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Gliederung

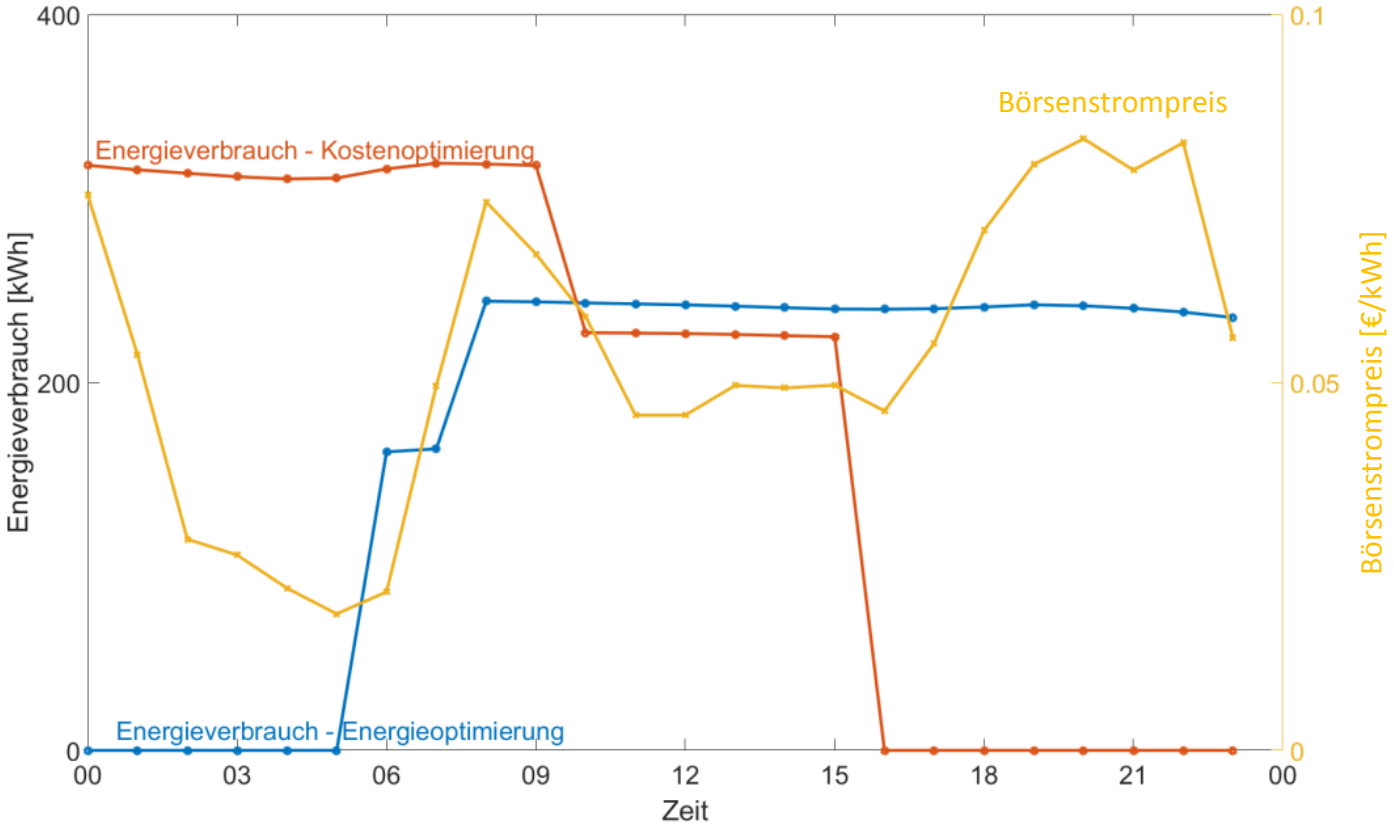
- Projektziele
- Modellierung und Validierung
- Entscheidungsunterstützung
- Fallstudie 1: Auswahl von optimalen Pumpen für ein Wasserwerk
- Fallstudie 2: Berücksichtigung von Strompreisschwankungen auf den Betrieb eines Wasserwerks
- Zusammenfassung und Ausblick

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Fallstudie 2

Berücksichtigung von Strompreisen als Zielfunktion der Optimierung

- Zielfunktionen: Nettoenergie, Schaltzahl, spezifische Kosten



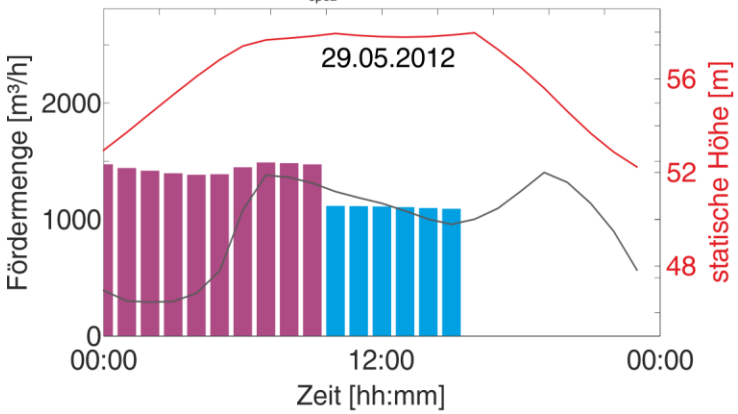
GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Fallstudie 2

Vergleich des Pumpenbetriebs zwischen Energie- und Kostenoptimierung

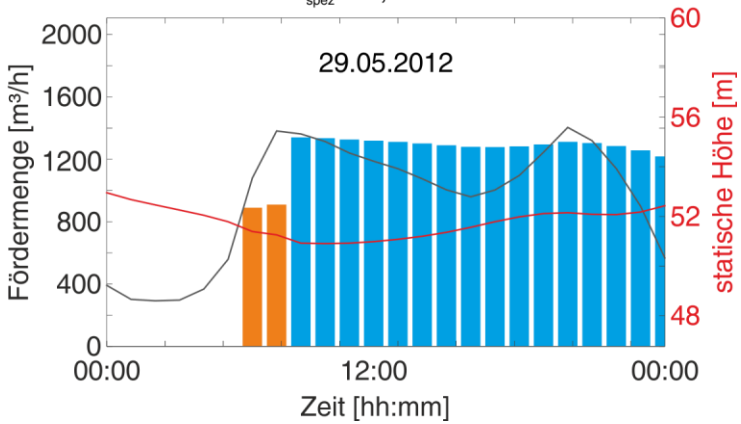
Kostenoptimierung

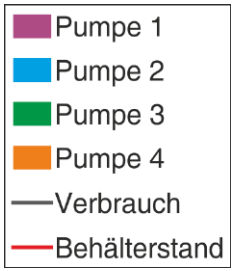
E_{gesamt} = 4509,2933 kWh
E_{spez} = 0,21418 kWh/m³
$Kosten_{gesamt}$ = 206,18 €
$Kosten_{spez}$ = 0,009793 €/m³



Energieoptimierung

E_{gesamt} = 4182,5542 kWh
E_{spez} = 0,18558 kWh/m³
$Kosten_{gesamt}$ = 250,96 €
$Kosten_{spez}$ = 0,011135 €/m³





Strompreisoptimierung führt zu

- Pumpenbetrieb in Zeiten niedriger Strompreise
- Verwendung größerer Pumpen

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Fallstudie 2

Übersicht: Lösungsstrategien und Zielgrößen

Lösungsstrategie	Spezifische Energie (kWh/m³)	Energiekosten Jahr
Simulation tatsächlicher Betrieb	0,1972 (100 %)	100 %
Optimierungsziel minimale Nettoenergie	0,1858 (94,2 %)	99 %
Optimierungsziel minimale spezifische Energiekosten	0,2110 (106 %)	91 %

- Größerer spezifischer Energieverbrauch
- Kosteneinsparung durch an den Strompreis angepasste Betriebsweise

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Gliederung

- Projektziele
- Modellierung und Validierung
- Entscheidungsunterstützung
- Fallstudie 1: Auswahl von optimalen Pumpen für ein Wasserwerk
- Fallstudie 2: Berücksichtigung von Strompreisschwankungen auf den Betrieb eines Wasserwerks
- Zusammenfassung und Ausblick

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

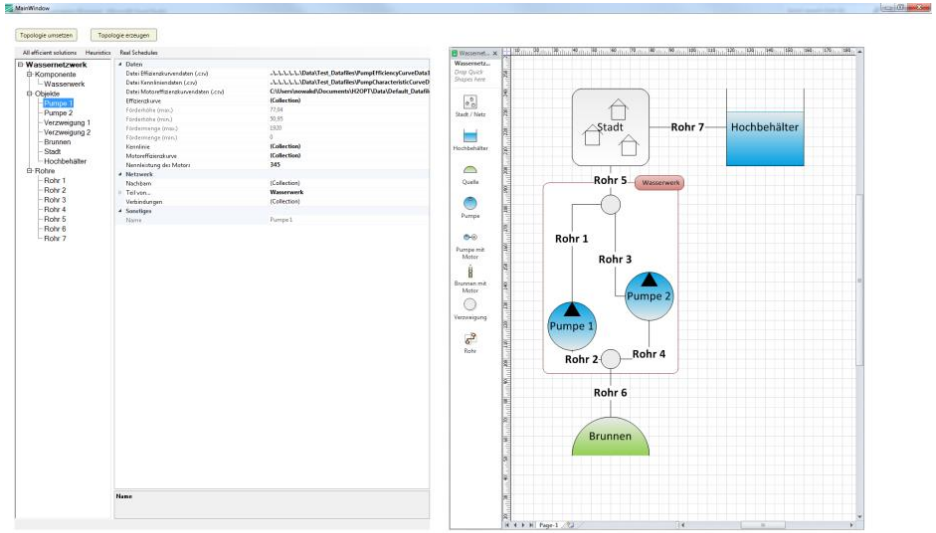
Zusammenfassung

- Erfolgreiche Validierung der Modelle
- Mit dem ersten Software-Prototyp können Fallstudien für ein Wasserwerk durchgeführt werden
- Durch Optimierungsverfahren konnte eine Energieeinsparung erreicht werden

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Ausblick

- Fertigstellung der graphischen Benutzeroberfläche
- Workshops mit Versorgungsunternehmen
- Nutzung als Planungstool für Anlagenbetreiber und Ingenieurbüros



GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung
FONA Nachhaltiges Wassermanagement BMBF
NaWaM Nachhaltiges Wassermanagement ERWAS

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

H2Opt

Prof. Dr.-Ing. Martin Böhle

Technische Universität Kaiserslautern
Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik
Lehrstuhl für Strömungsmechanik und Strömungsmaschinen

Gottlieb-Daimler-Straße
Gebäude 44/508
D-67663 Kaiserslautern

Telefon: +49-(0)631-205-2769
Telefax: +49-(0)631-205-3909

martin.boehle@mv.uni-kl.de
www.mv.uni-kl.de/sam