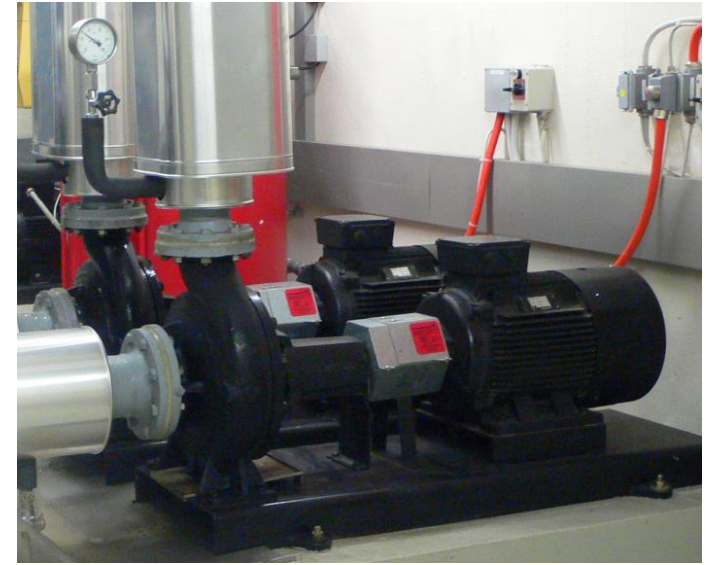


Pumpensysteme: Effizienzoptimierung

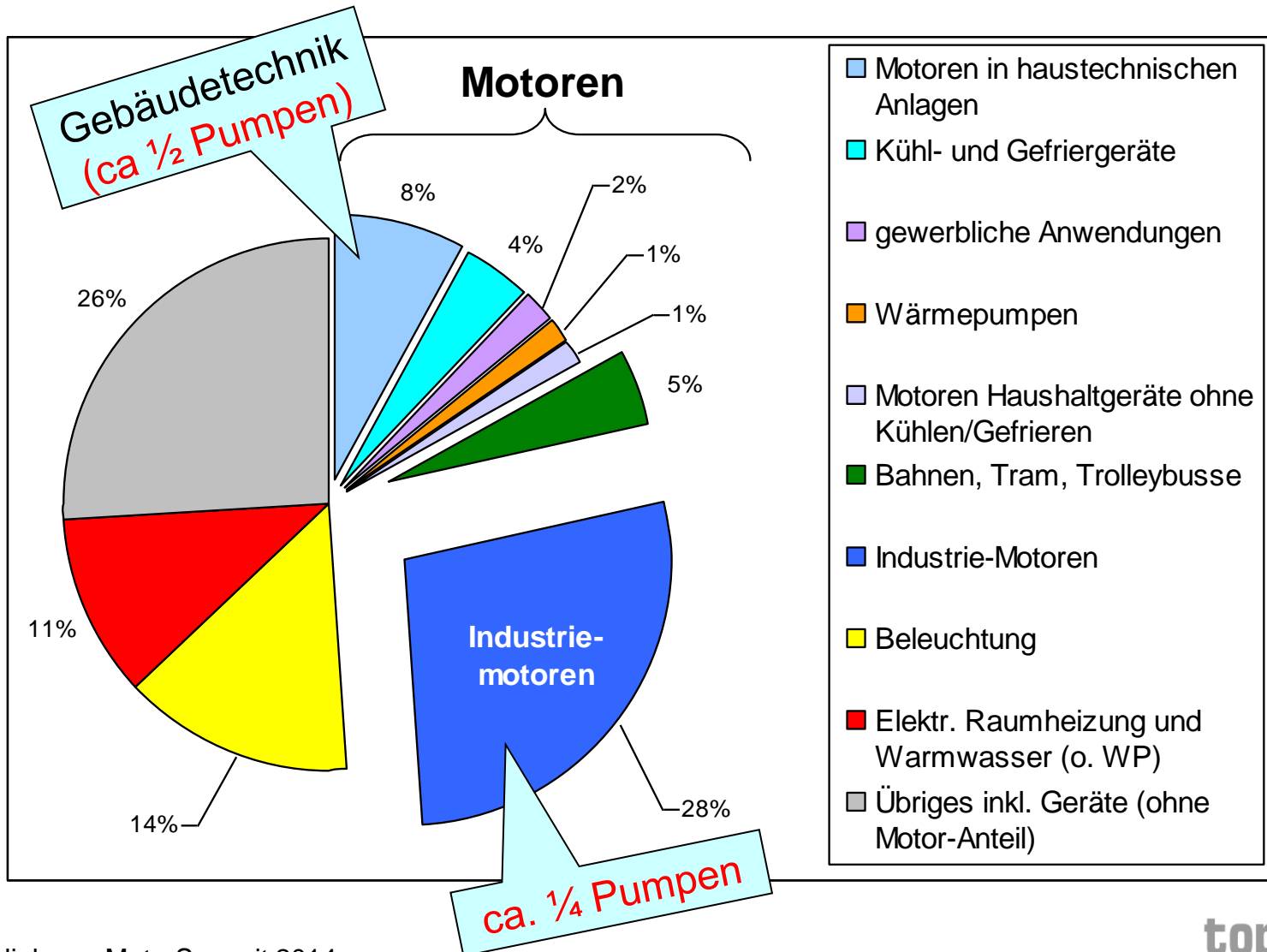
Jürg Nipkow, S.A.F.E., Zürich

Dipl. Elektroingenieur ETH

juerg.nipkow@arena-energie.ch

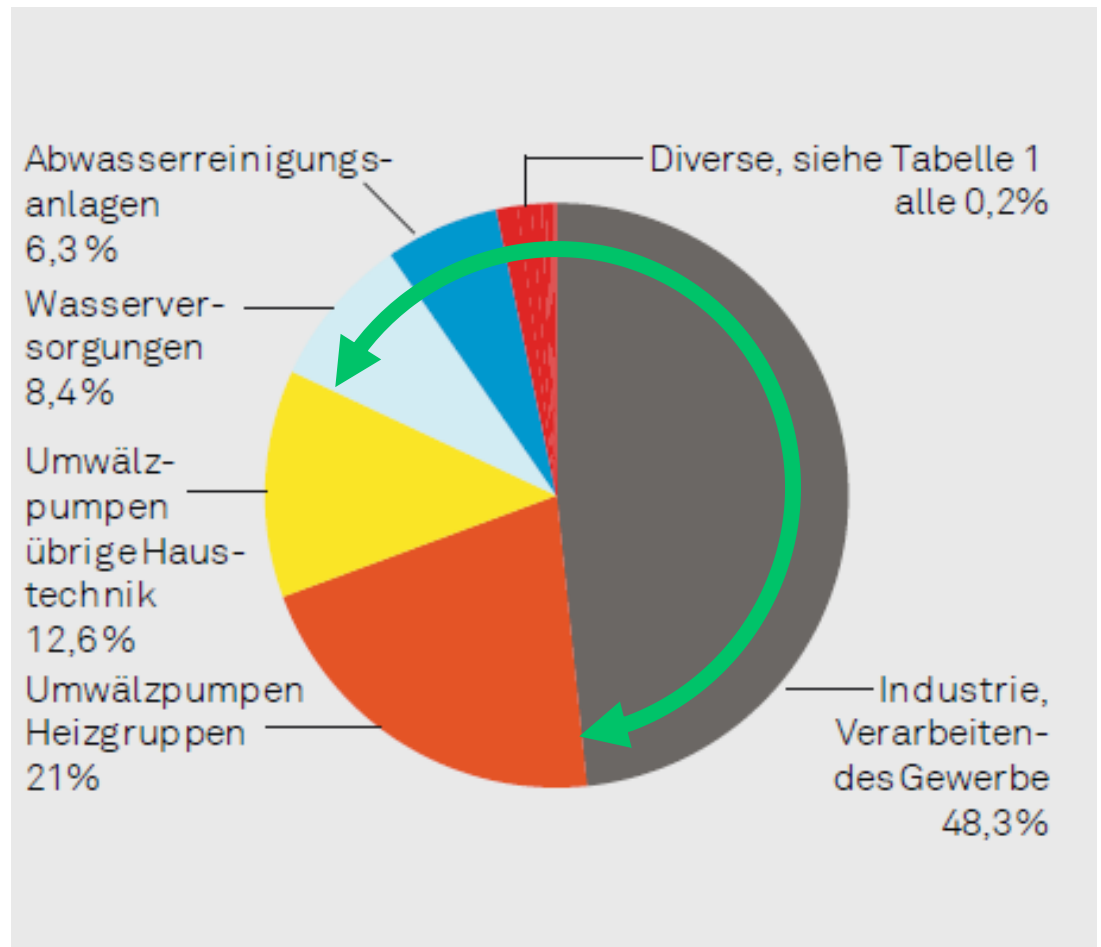


Bedeutung



Fokus

Pumpen in industriellen und Infrastruktur-Anlagen verbrauchen rund doppelt so viel Elektrizität wie jene der Gebäudetechnik: gut 3 TWh, 5% des Landesverbrauchs



Vorschriften

- Industrielle Pumpen: EU Nr. 547/2012 («Wasserpumpen», Trockenläufer), Mindesteffizienz-Werte (MEPS) in Funktion der Leistung, unterschiedlich für 5 Bauarten
- Damit werden ineffiziente Produkte vom Markt ferngehalten. Keine Vorgaben zum Anlagen- (System-) Design!

- Gebäudetechnik-Pumpen (Nassläufer bis 2.5 kW): nicht im Fokus. (Vorschrift EU Nr. 641/2009, $EEL \leq 0.27$ / ab 1.8.2015: ≤ 0.23)



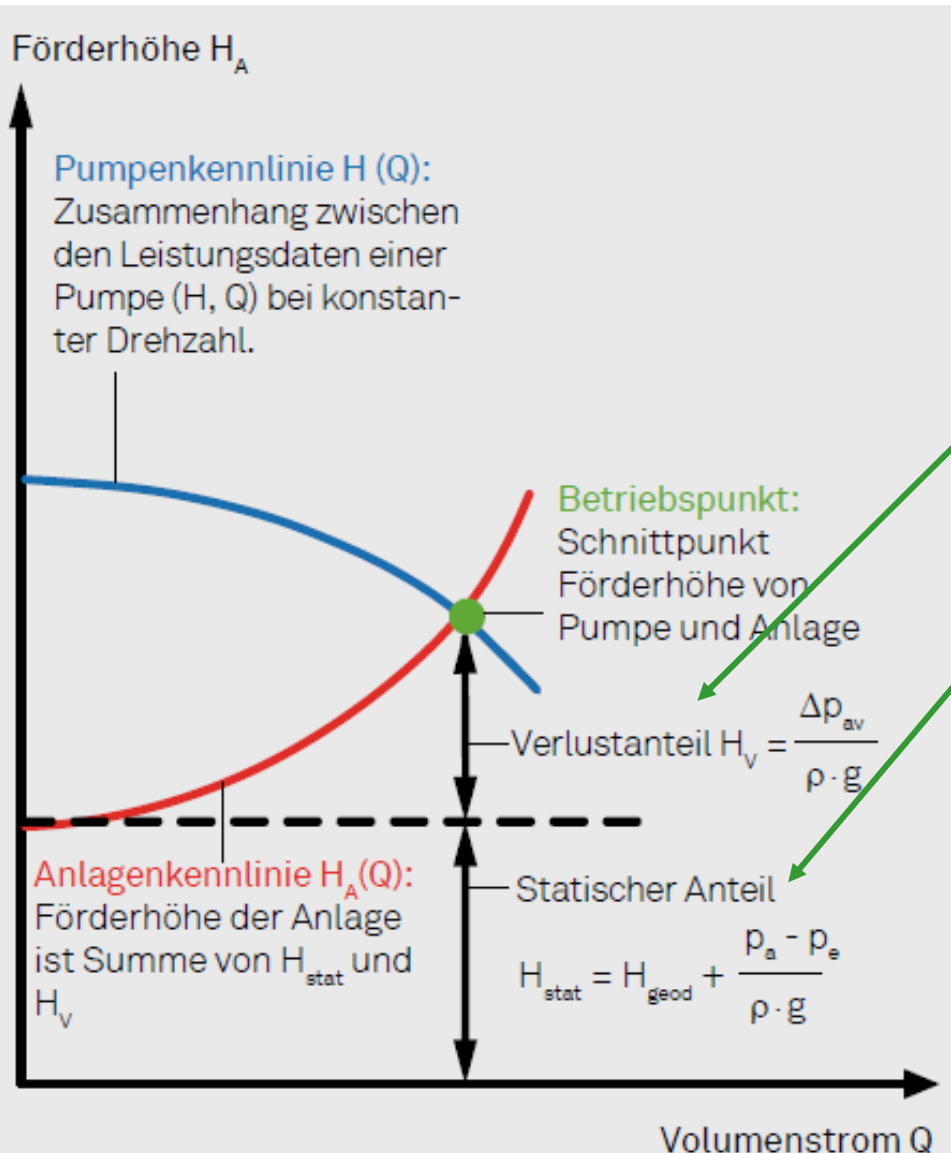
Paradox: Effiziente Pumpe – ineffizientes System!

- Pumpen und Motoren sind – auch dank Vorschriften – effiziente Komponenten. **Wahl effizienter Produkte ergibt Verbesserungen von wenigen Prozenten (immerhin!).**

Gründe für Ineffizienz im System:

- Unnötig grosse Volumenströme oder Hebehöhen – unklare Nutzeranforderung
- Knapp ausgelegte Leitungen – zu hohe Druckverluste
- Überdimensionierung, ineffizienter Teillastbetrieb
- Ineffiziente Steuerung / Regelung

Wohin geht die Pumpenleistung?



Die in einem System benötigte hydraulische Leistung hängt ab von:

...den Strömungsverlusten in den Leitungen (proportional Q^2)

...und von den zu überwindenden statischen Höhen oder Drücken (Hebepumpen, Druck-erhöhung)

Hier bringen FU in der Regel keine Einsparung!

Anwendungskategorien

- **Zirkulation:** Umwälzung in geschlossenen Kreisläufen
 - **Gesamte Energie geht in die Strömungsverluste**
 - z.B. für Heizung, Kühlung

- **Heben,** auf ein höheres geodätisches Niveau
 - **Energie geht überwiegend in Hebearbeit**
 - z.B. in Wasserversorgungen oder in ARAs (Zulauf in Becken heben)

- **Druckerhöhung:** auf höheres Druckniveau
 - **Nur «Hebearbeit», kaum Strömungsverluste**
 - z.B. Trinkwasserversorgung in Hochhäusern (oft mehrstufige Pumpen)

- **Transport:** Verschieben von Medien, vorwiegend horizontal
 - **V.a. Strömungsverluste, aber oft hohe Drücke wegen Viskosität**
 - z.B. in der Nahrungsmittelindustrie, zum nächsten Prozess oder Speicher. Auch Suspensionen (Feststoffe in Flüssigkeiten).

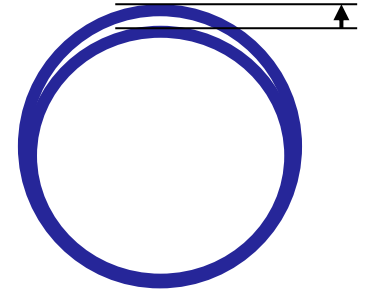
Anforderungen klären, optimieren

- Förder-Bedarf analysieren:
 - Wozu dieser Förderstrom? Was wären Nachteile bei weniger?
 - Zeitlich variabler Bedarf: wie kann er mit höchster Effizienz gedeckt werden? FU? Parallel-Pumpen? Speicher?
 - Weshalb die geforderte Förderhöhe: Druckverluste optimiert? Allenfalls durch bauliche Massnahmen zu vermindern?

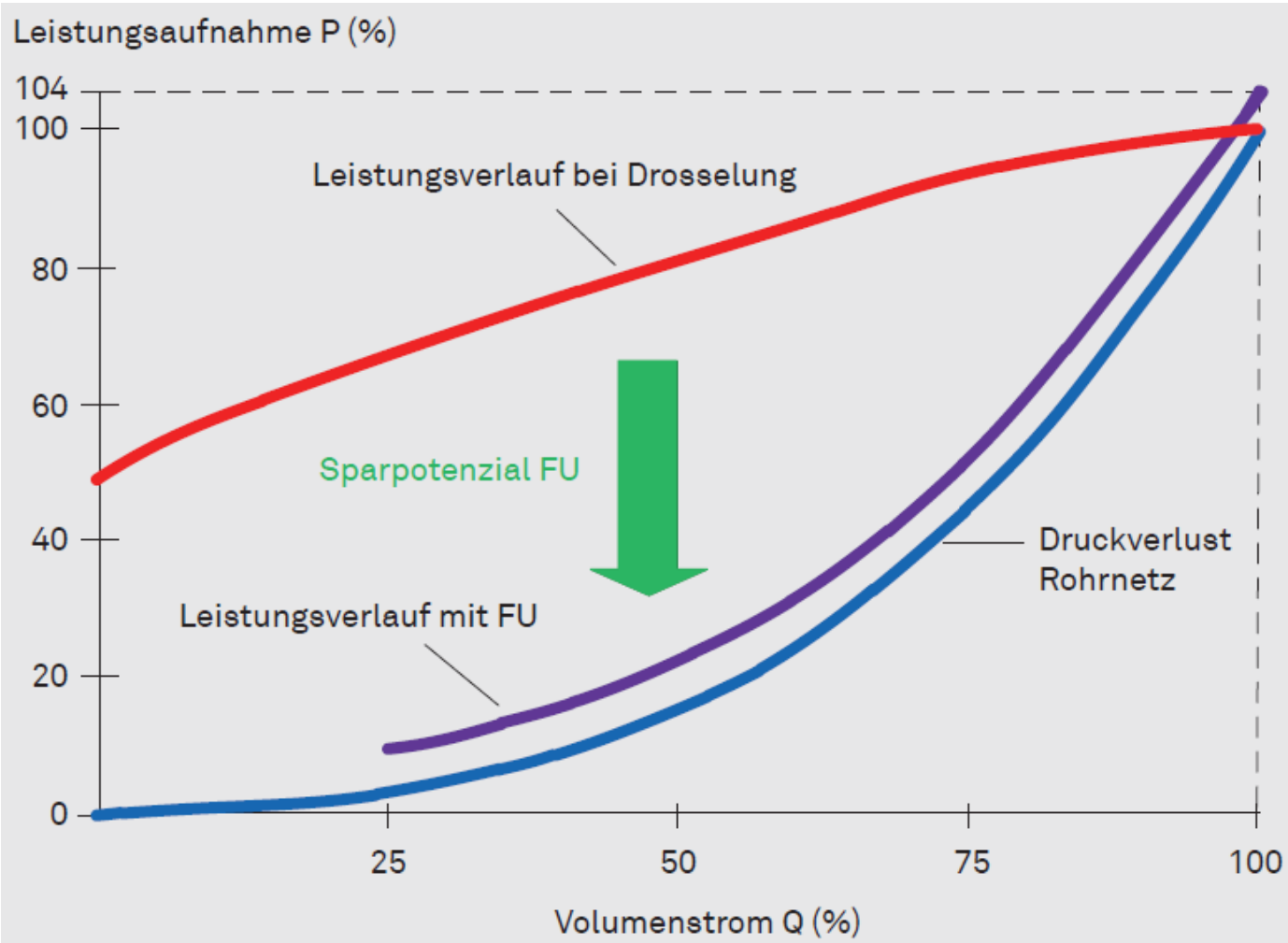
- Anlagekonzept optimieren:
 - Leitungsnetz optimieren (u.a. Druckverluste)
 - Anzahl Pumpen, Auslegung (nicht überdimensionieren)
 - Steuerung: Zeitprogramm, Folgeschaltung, Drehzahlregelung...
 - Bauliche Massnahmen: Speicher...

Strömungsverluste

- Leitungen grosszügig auslegen:
Rohrweite +10% \Rightarrow Mediumsgeschwindigkeit
– 20%, Druckverlust – 40%.
- Wärmeübertrager mit wenig Druckverlust
(Teurer: Gesamtkosten-Optimierung,
Lebenszykluskostenrechnung!)
- Druckverlust-arme Armaturen und
Leitungskomponenten. Strömungsverlust
wächst mit 2. Potenz der Geschwindigkeit >>>



Drehzahl regeln statt drosseln



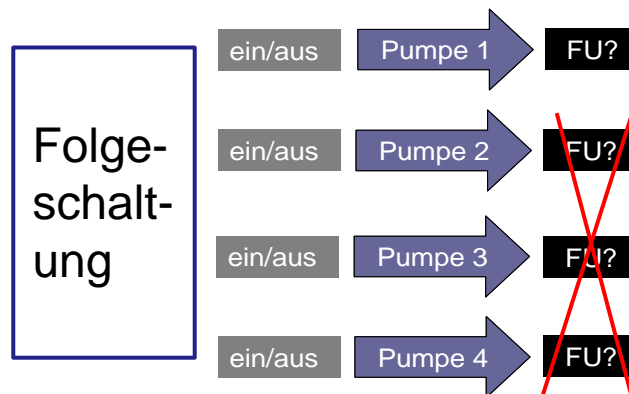
Gilt nur für geschlossene Kreisläufe (Zirkulation)

Leistung ($\sim Q * H$) mit 3. Potenz des Volumenstroms

Nicht zu viel des Guten (FU)!

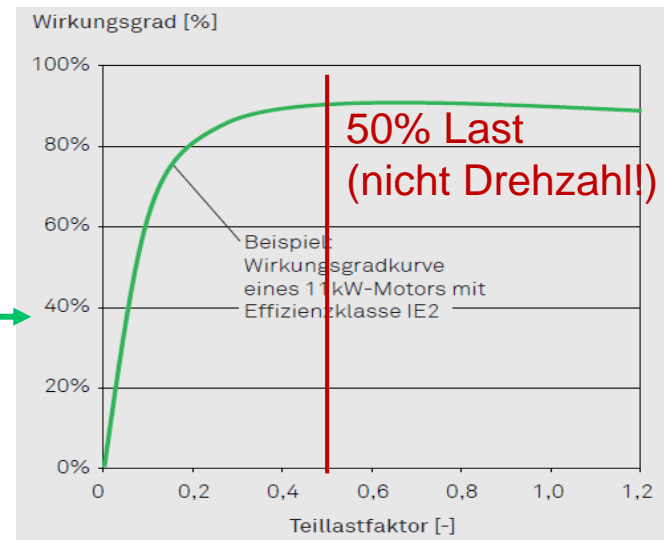
Praxisbeispiel: 4 parallele Hebepumpen in Kläranlage

- Alle 4 Pumpen wurden bei der Erneuerung mit FU ausgerüstet
- Sobald mehr als 1 Pumpe benötigt wird: FU bei max. Drehzahl, unnötige Verluste!
- Effizient: intelligente Folgeschaltung, nur 1 FU für den Feinabgleich.

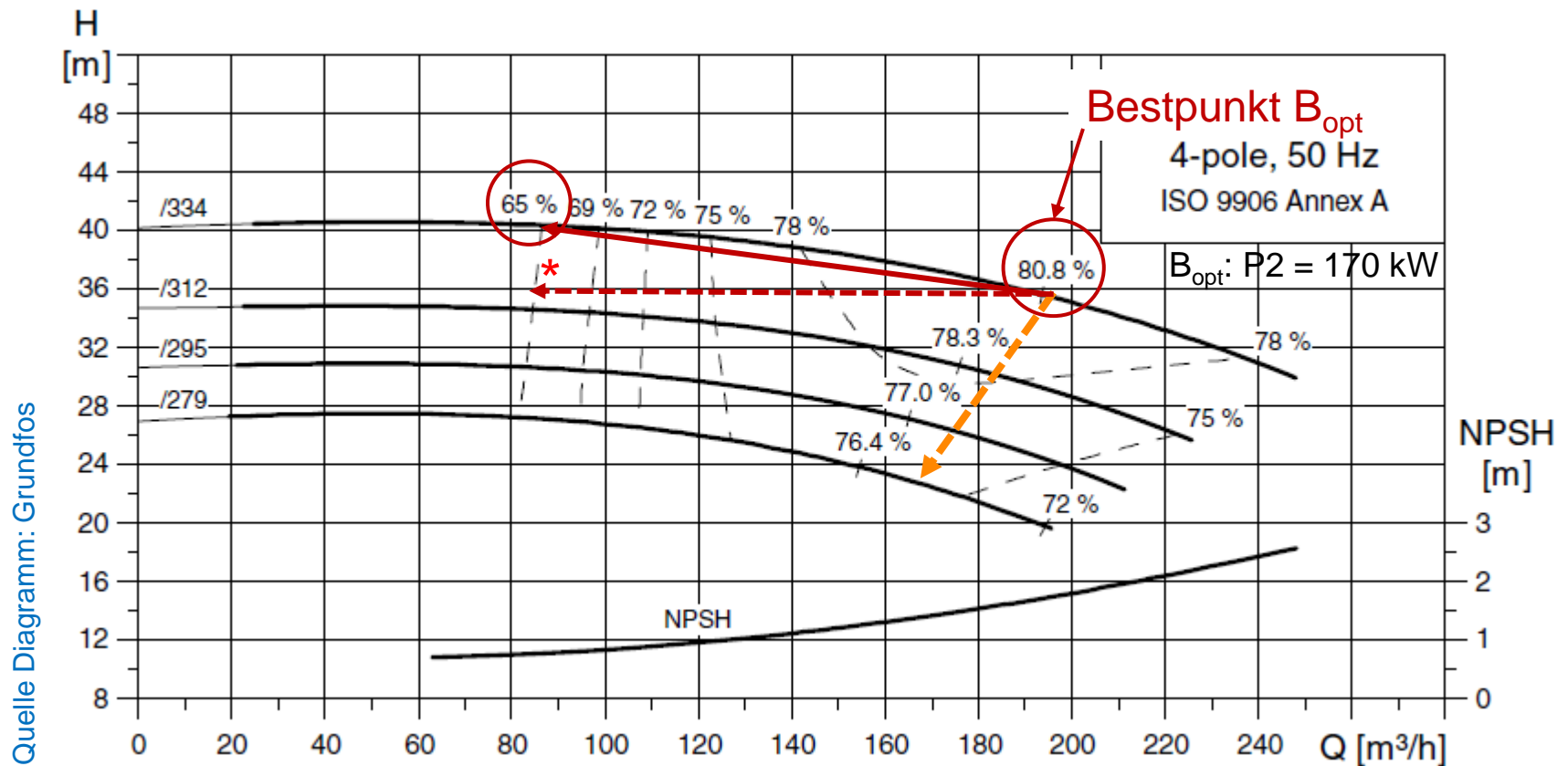


Folgeschaltung oder FU?

- Häufig ist eine Kombination optimal
- Mehrere Pumpen sind oft wegen Redundanz notwendig.
- Bei Volumenstrom $< 50\%$ (B_{opt}) nimmt der Wirkungsgrad der Pumpe ab (nächste Folie)
- Einsatz mehrerer paralleler Pumpen (mit Folgeschaltung)
- Motorwirkungsgrad nimmt erst unter ca. 40% Teillast deutlich ab



Wirkungsgrad Trockenläuferpumpe

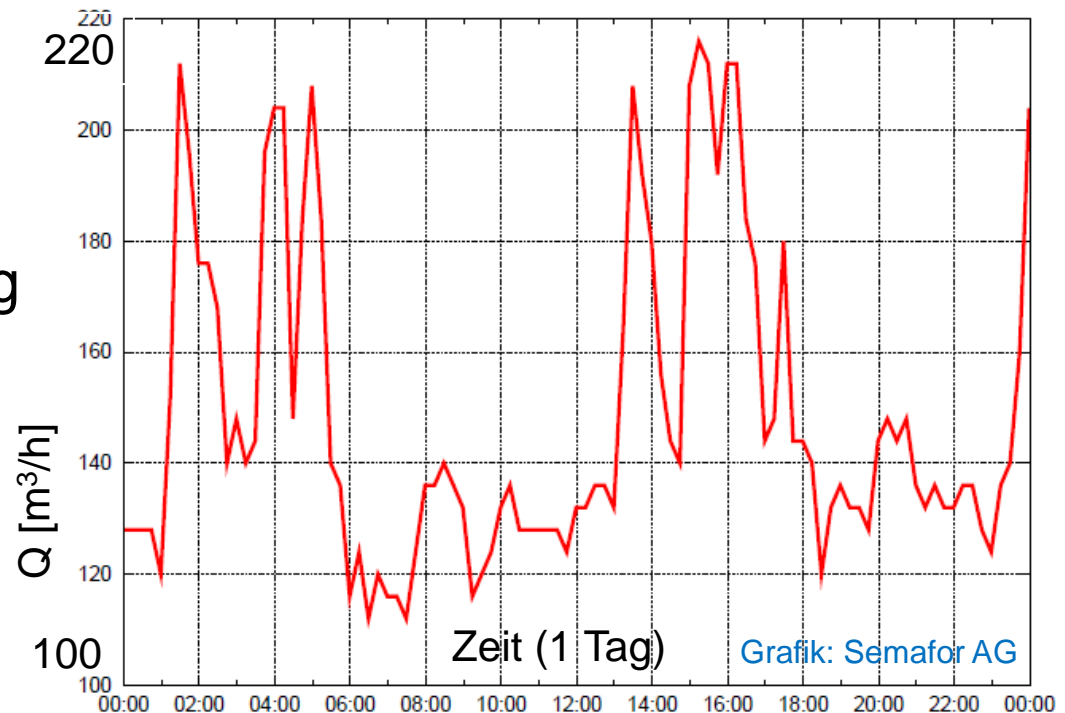


* --- FU: Konstantdruck
(theoretisch!)

Achtung: auch kleinere / abgedrehte
Laufräder reduzieren den Wirkungsgrad

Folgeschaltung optimieren

- Schaltpunkte-Staffelung und Hysteresen müssen sorgfältig auf die Anforderungen abgestimmt werden.
- Fallbeispiel Kühlwasserkreislauf (5 Pumpen):
Starke und häufige Ausschläge des Förderstroms bedeuten Ineffizienz (Transienten, Hysterese-Überschuss, Anlaufvorgänge).
- Abhilfe: 1 Pumpe mit FU ausrüsten, Regelung + Folgeschaltung optimieren.



Vorgehen bei bestehenden Anlagen

15

- «Never touch a running system»
... bedeutet in der Konsequenz Weiterbetrieb (und ggf. Reparatur) eines oft ineffizienten Systems bis es obsolet wird. **Die Energie- und Geldverschwendung kann enorm sein.**
- Hinweise auf Ineffizienz lassen sich oft durch Analyse von Betriebsweise, Anforderungen und Datenblättern von Pumpe(n) und Motor erhalten. Sehr hilfreich kann ein Leitsystem sein, wenn Systemdaten abrufbar oder sogar registrierbar sind, z.B. P1, Q, H.
- Eine Detailanalyse erfordert Messungen: Verlauf von Förderstrom, Druck, elektr. Leistung und ev. weiterer Größen für geeignete Lastzyklen. Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit komplexerer Massnahmen unabdingbar.



Topmotors Merkblätter 23, 25

16

Zielpublikum: Planer, Installateure und Betreiber von Pumpen

Merkblatt 23

topmotors.ch
Effizienz im Antrieb

Effizienz ist wichtig
Pumpen

Die wichtigsten Fakten zur Auswahl und zum Einsatz von Förderpumpen

Effiziente Pumpen – die fünf wichtigsten Punkte zur richtigen Systemauslegung:


- **Auslegung:** Anlage auf effektive Rahmenbedingungen auslegen (Wasserbedarf, Wärmebedarf)
- **Verluste:** Anlage auf minimale Energieverluste auslegen (kurze Leitungen mit grossem Querschnitt, keine unnötigen Drosseln und Bögen)
- **Variabler Betrieb:** Wassermenge und Druck dem Bedarf anpassen (bedarfsabhängige Steuerung)
- **Frequenzumrichter:** Drehzahl des Antriebsmotors regulieren (statt Drossel oder Stufenschaltung)
- **Effizienter Motor:** Antriebsleistung und Drehzahl an Pumpe und Bedarf anpassen

Per 1. Januar 2013 tritt die Verordnung der EU für Wasserpumpen in Kraft (Nr. 547/2012 vom 25. Juni 2012). Sie macht Vorgaben für Kreiselpumpen für sauberes Wasser, insbesondere für fünf Typen:

- Wasserpumpe mit axialem Eintritt, eigene Lagerung (ESOB); 1450 U/min und 2900 U/min
- Wasserpumpe mit axialem Eintritt, Blockausführung (ESOC); 1450 U/min und 2900 U/min
- Block-Wasserpumpe mit axialem Eintritt, Inlineausführung (ESOCi); 1450 U/min und 2900 U/min
- Mehrstufige vertikale Wasserpumpe (MS-V); 2900 U/min
- Mehrstufige Tauch-Wasserpumpe (MSS); 2900 U/min

Um der EU-Konformität zu entsprechen, müssen diese Pumpen gemäss Anhang III der Verordnung in drei Betriebspunkten minimale Wirkungsgrade erreichen:

- Im Punkt der maximalen Effizienz (η_{best}). Die geforderten Werte sind je nach Pumpentyp unterschiedlich und werden per 1. Januar 2015 verschärft.
- Bei Teillast muss der Wirkungsgrad mindestens 94,7 % des η_{best} bei Überlast mindestens 98,5 % des η_{best} betragen.



Schweizerische Agentur für Energieeffizienz

(S · A · F · E)

Merkblatt 23: Pumpen | 8. November 2012 | www.topmotors.ch | info@topmotors.ch

23.1

Viel Erfolg!
Fragen?

Merkblatt 25

topmotors.ch
Effizienz im Antrieb

Effizienz ist wichtig
Frequenzumrichter

Die wichtigsten Fakten zur Auswahl und zum Einsatz von Frequenzumrichtern

Fünf wichtige Hinweise zum Einsatz von Frequenzumrichtern:

- Bei häufig vorkommenden unterschiedlichen Leistungsbedarf einer Anwendung: FU-Einsatz prüfen.
- FU nur für richtig dimensionierte Antriebe einsetzen: FU sind kein Heilmittel bei überdimensionierten Anlagen.
- Regelung der Drehzahl nach eindeutigen Bedarfskriterium mit entsprechenden Sensoren: Druck, Temperatur, Durchfluss, Volumen, etc.
- Alte Motoren sind für den Betrieb mit FU nicht unbedingt geeignet: ineffiziente Motoren, Gefahr von gravierenden Schäden, oft zu schwache Wicklungs-isolation, begrenzte zulässige Überdrehzahl, eventuell Fremdkühlung bei minimaler Drehzahl nötig.
- Sorgfältige Parametrierung der Sollwerte nach effektivem Bedarf.



Abbildung 1: Frequenzumrichter (FU)

Das Merkblatt 25 erleichtert Entscheidungen, ob bei Antriebssystemen mit wechselnden Lasten der Einbau eines Frequenzumrichters (FU) sinnvoll, wirtschaftlich und energiesparend ist und worauf bei der Planung und im Betrieb von FU geachtet werden muss. Ein FU verursacht immer einen zusätzlichen Energieverlust und vermindert zudem den Wirkungsgrad des Motors. Deshalb muss der Einsatz eines FU sorgfältig geprüft und so geplant werden, dass der gesamte elektrische Energieverbrauch des Antriebssystems kostenoptimal vermindert wird.

Schweizerische Agentur für Energieeffizienz

(S · A · F · E)

Merkblatt 25: Frequenzumrichter | 8. August 2014 | www.topmotors.ch | info@topmotors.ch

25.1