Notwendige Betrachtungen bei der Auswahl von Pumpen in Abwasserpumpwerken

Nicht beeinflussbare und beeinflussbare Systemkomponenten

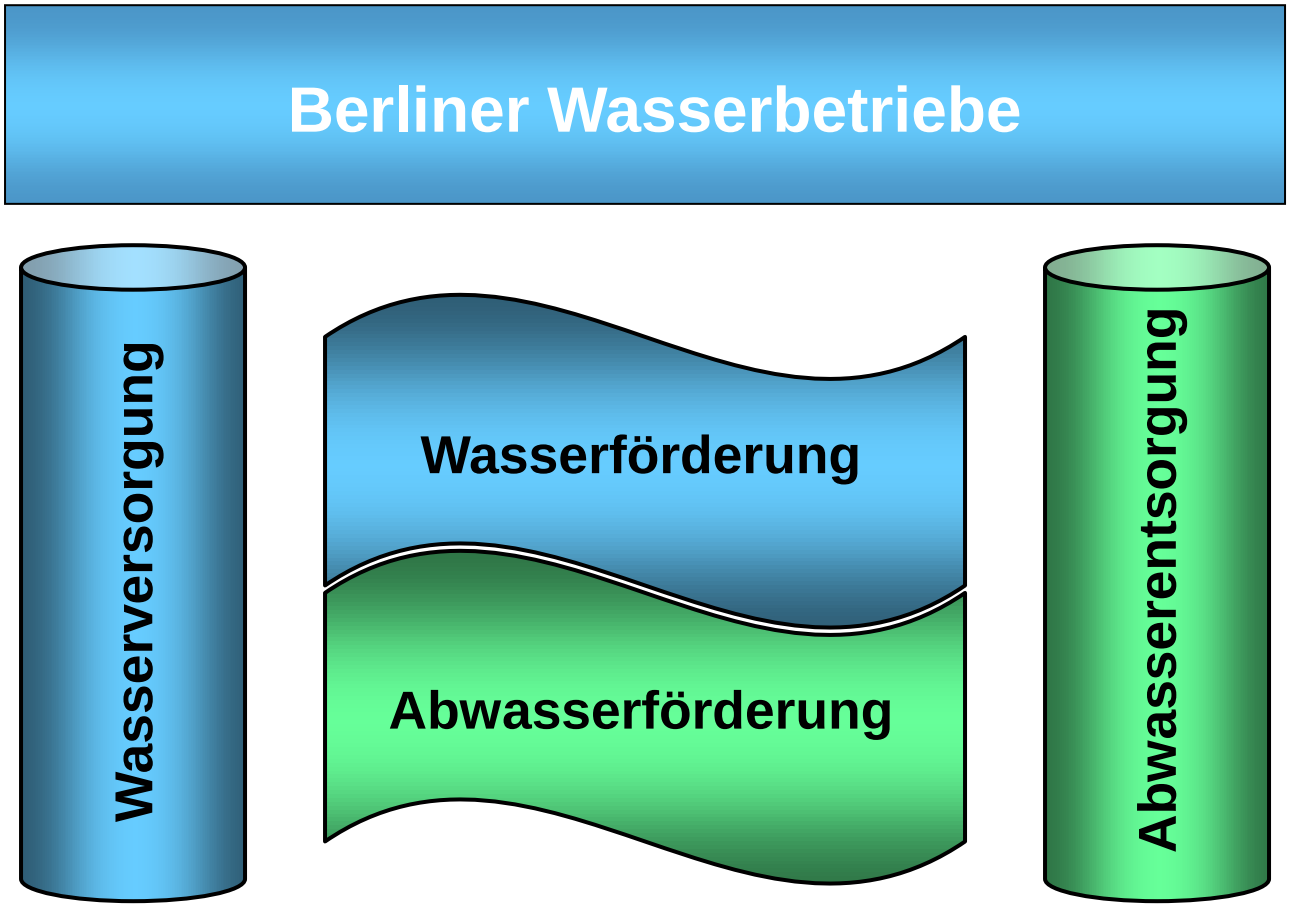
Dipl.-Ing. Werner L. KRÖBER
Berliner Wasserbetriebe, Deutschland

Agenda

- Berliner Abwasserentsorgung
- Einzugsgebiet(e)
- Abwasseraufkommen
- Systemkennlinien - Anlage und Pumpe
- Betriebsweise
- Reduzierung von Verstopfungen
- Ausblick und Zusammenfassung

Berliner Wasserbetriebe

Hauptaufgabenspektrum



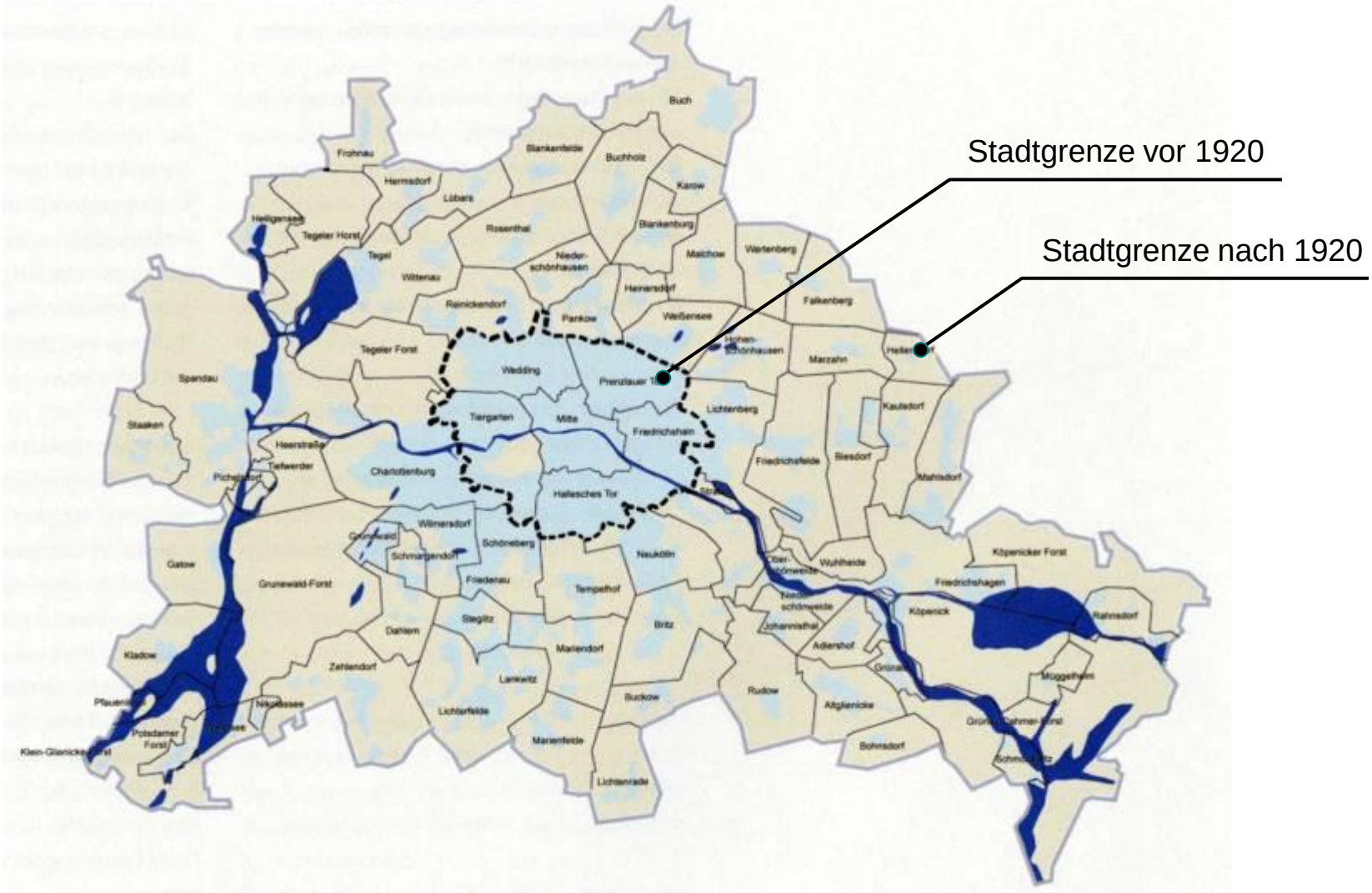
Versorgungsfläche von Berlin

Im Vergleich mit weiteren deutschen Großstädten

Versorgungsfläche: 890 km^2	Einwohnerzahl: 3,8 Mio.
	zzgl. Umland: 0,7 Mio.

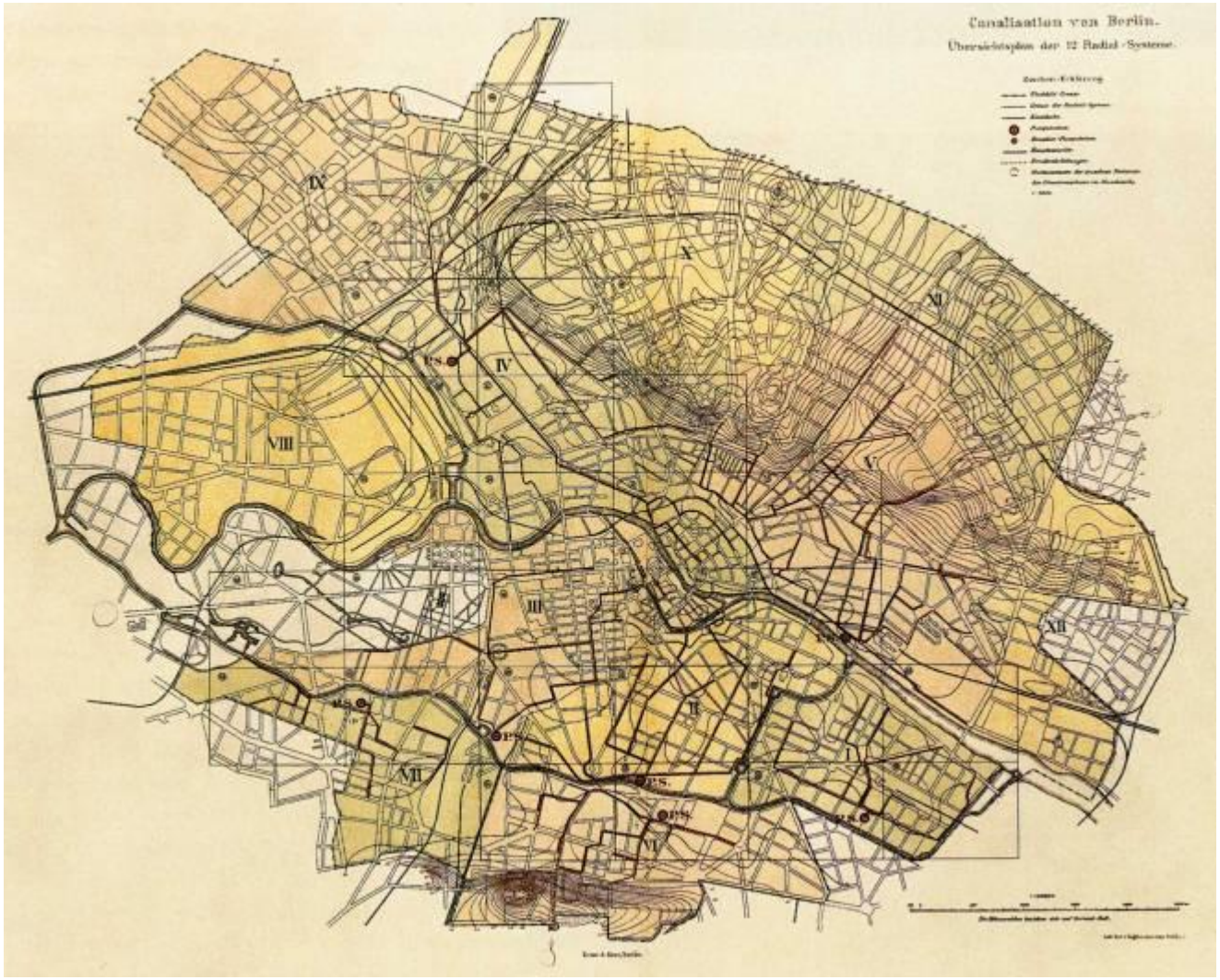
Versorgungsfläche von Berlin

Entwicklung des Berliner Stadtgebietes



Versorgungsfläche von Berlin

Begründer der Berliner Stadtentwässerung

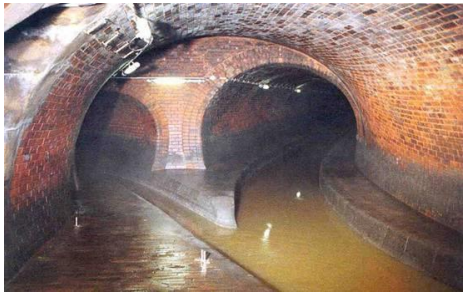


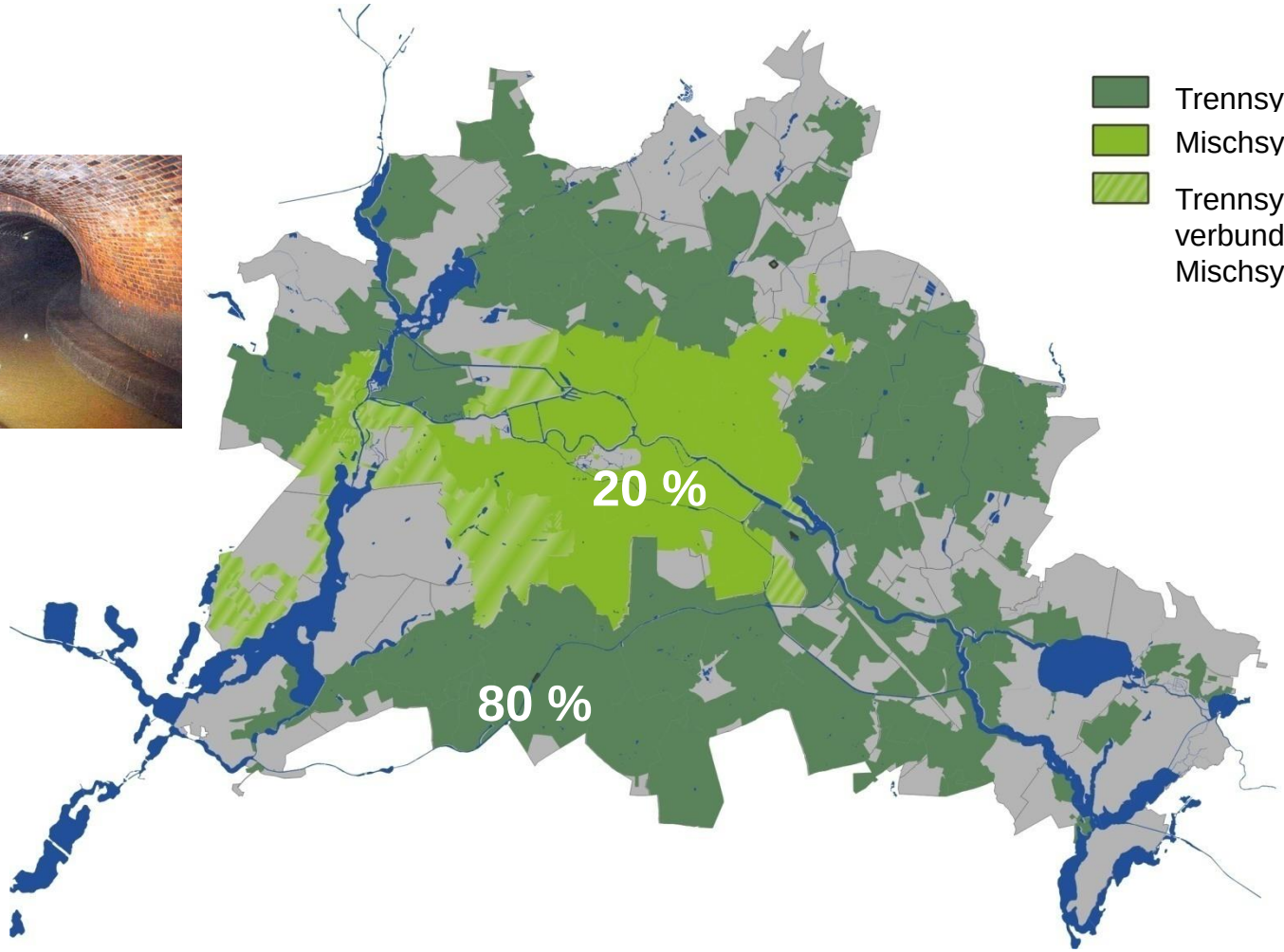
Rudolf Virchow

James Hobrecht

Abwasserkanalsysteme

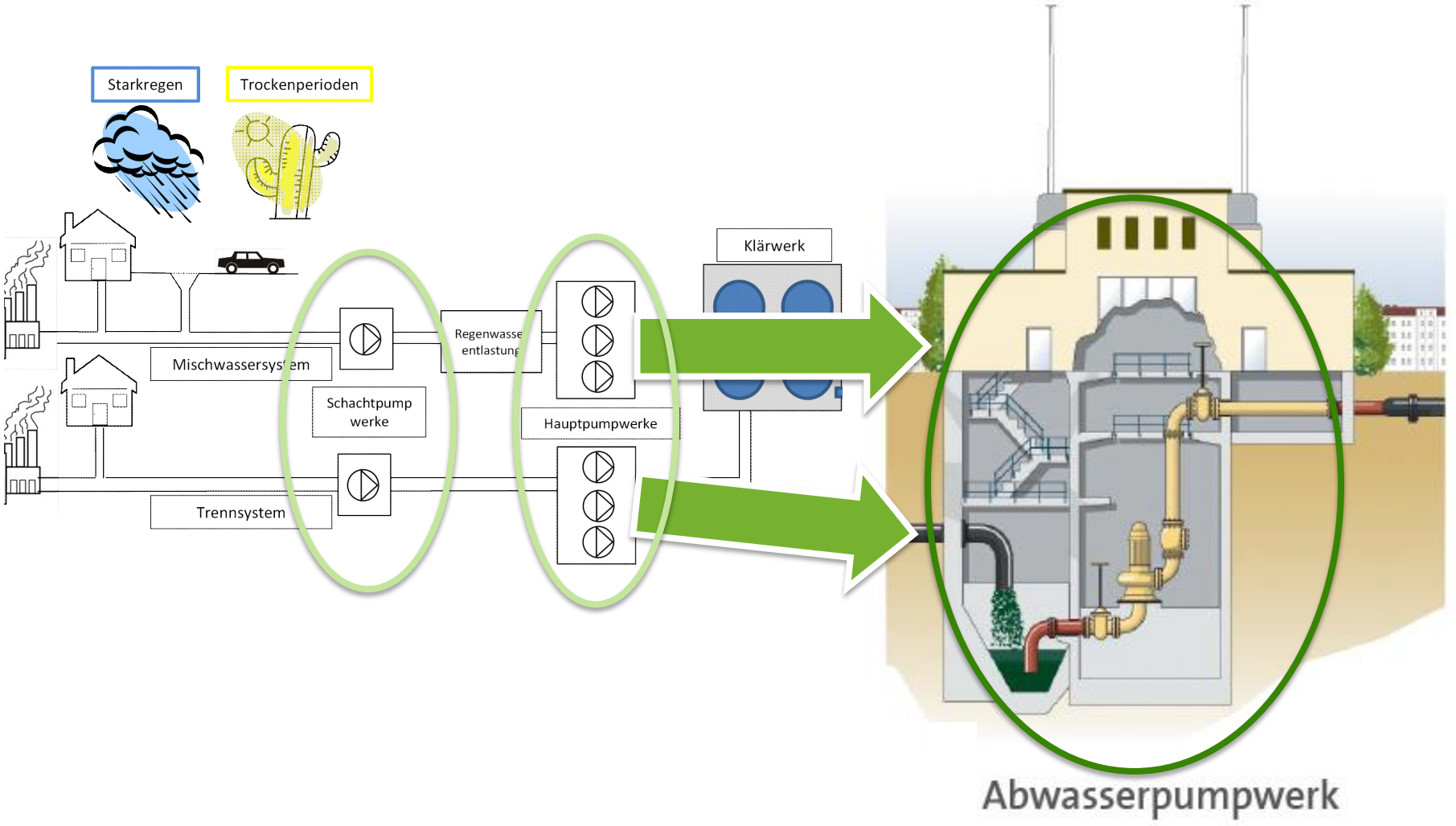
Entwässerungssysteme - Verteilung über das Stadtgebiet





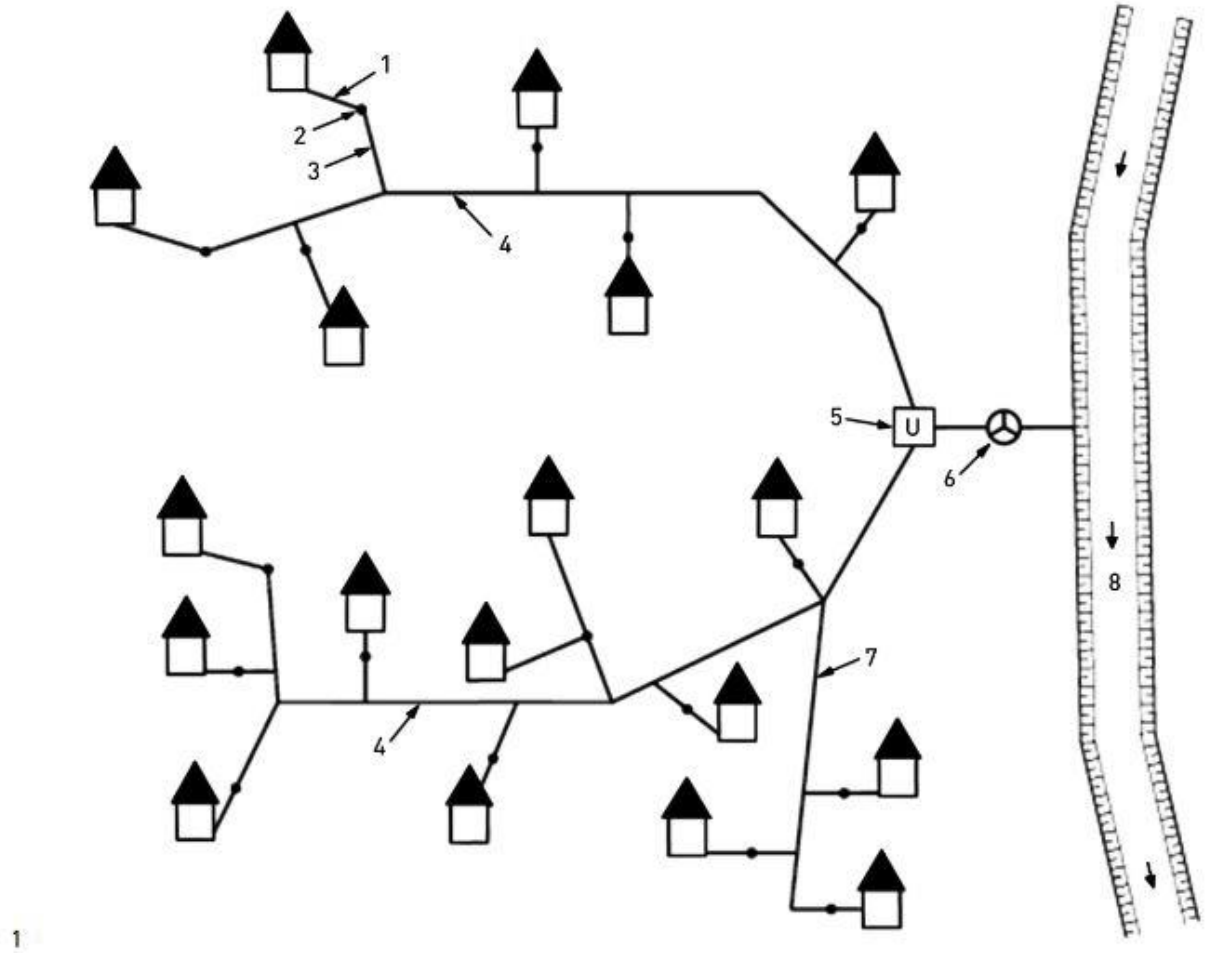
Technologie Berliner Abwasserentsorgung

Abwasserförderung – in Berlin eine notwendige Aufgabe



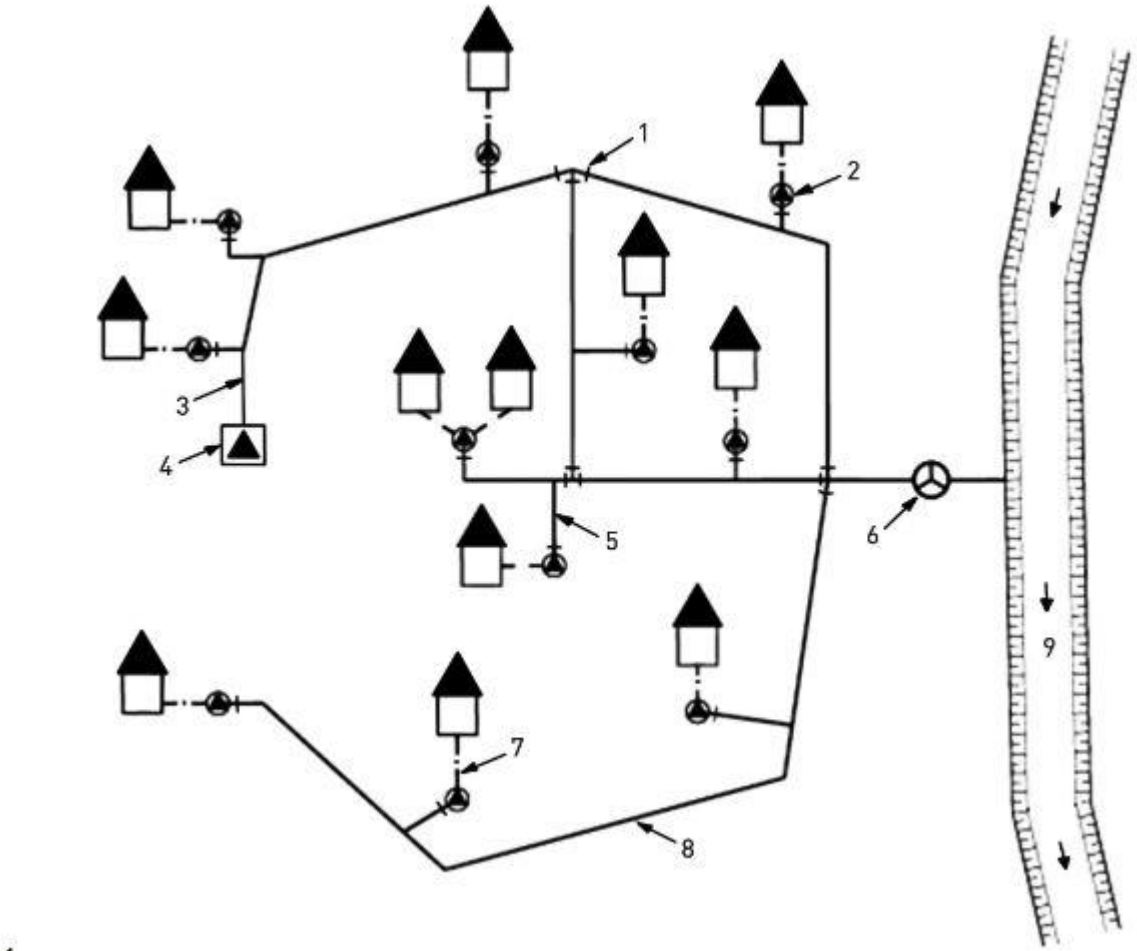
Abwasserförderanlagen

Abwassernetz eines 1-APw-Entwässerungssystems



Abwasserförderanlagen

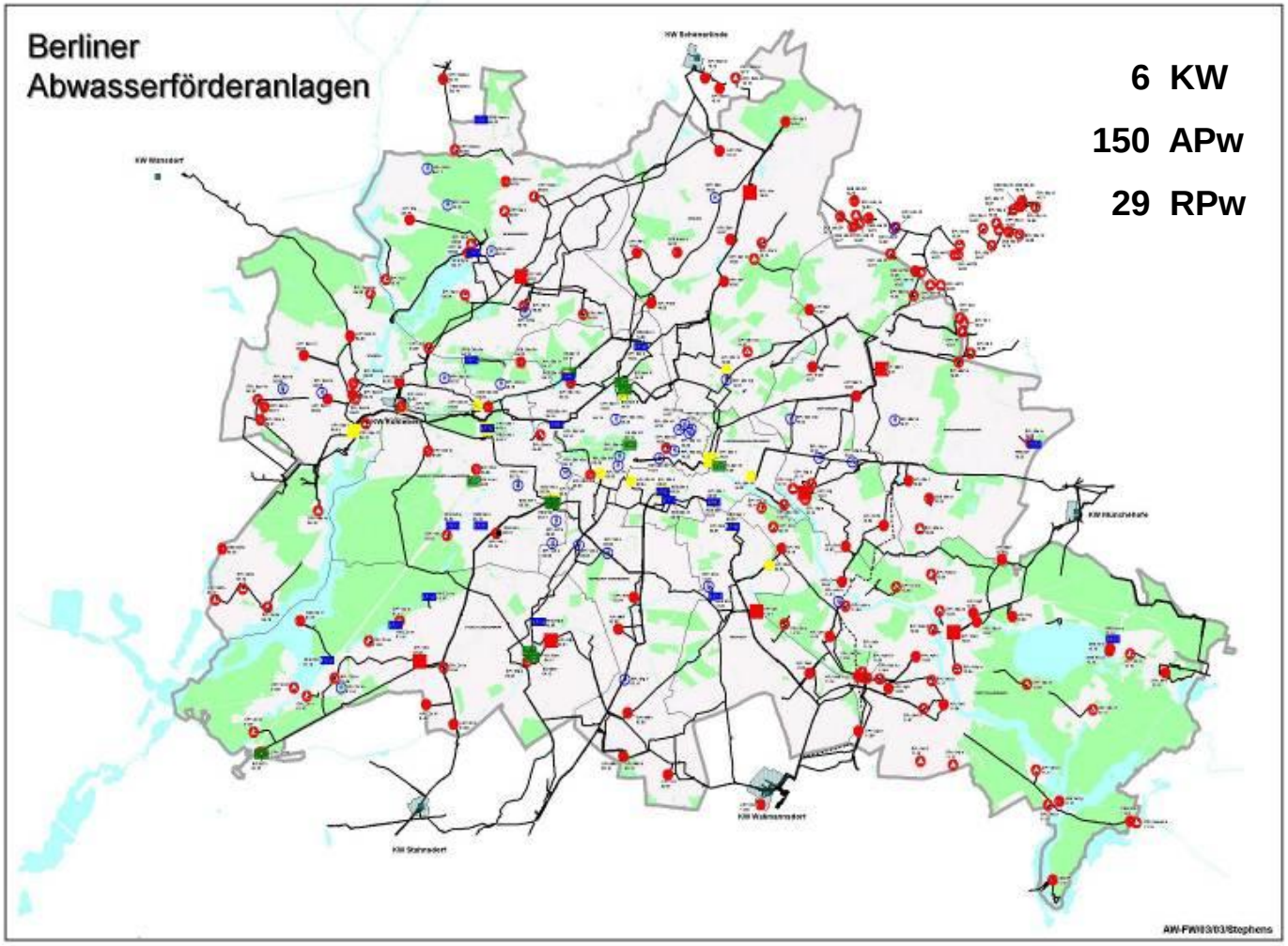
Abwassernetz eines Druck-Entwässerungssystems



1

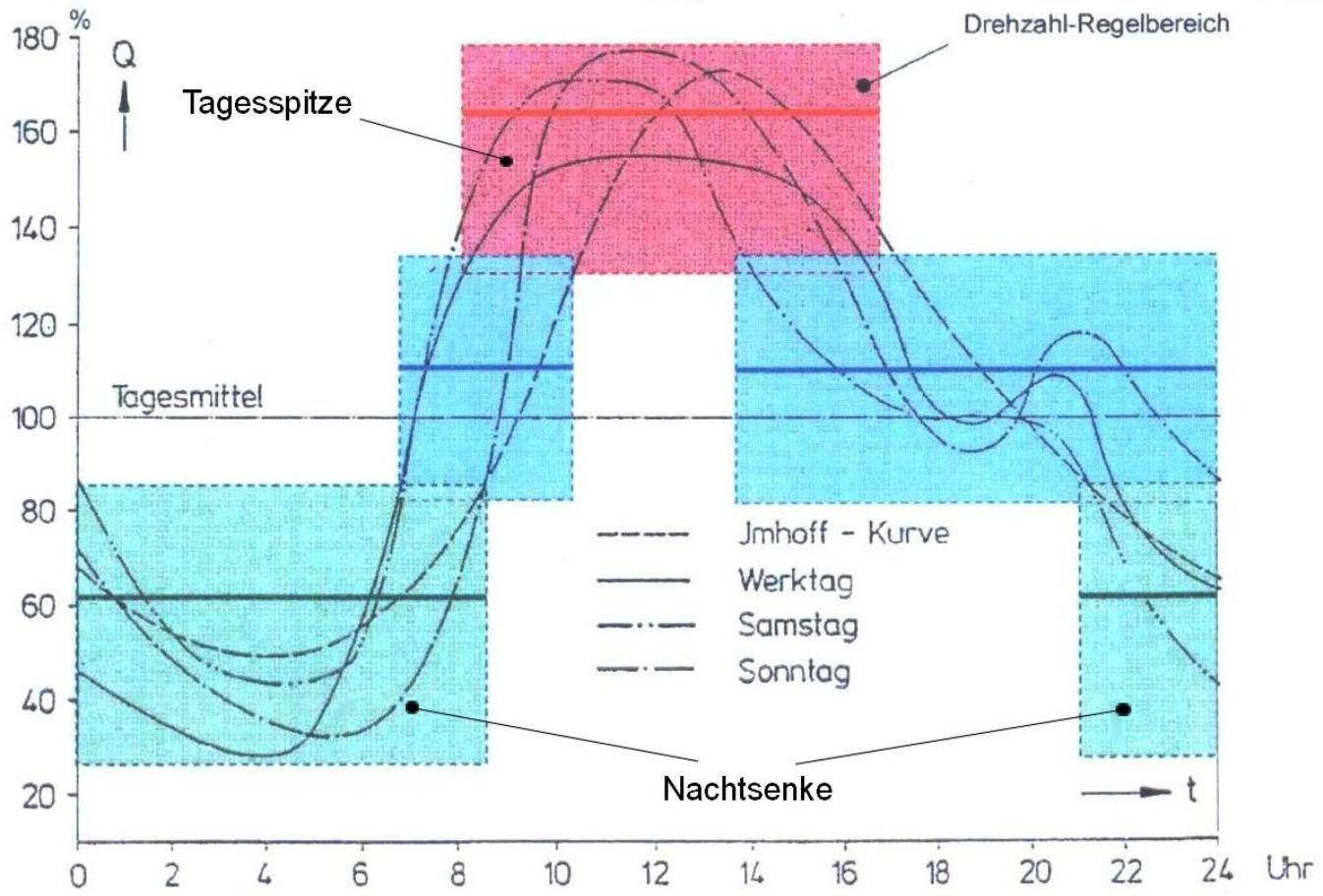
Abwasserförderanlagen

Berliner Abwassersystem – reales vermaschtes Druckrohr-Netz



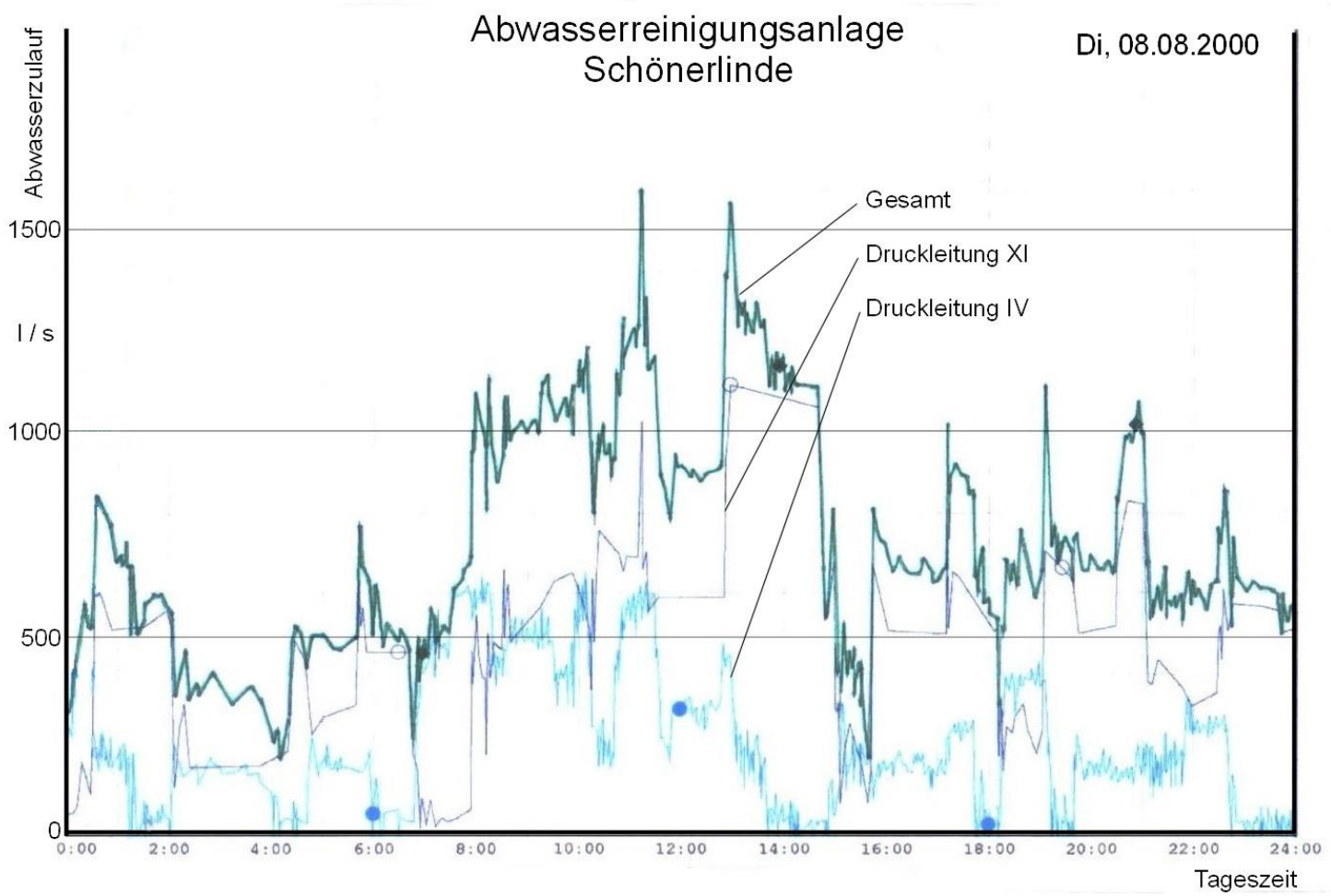
Abwasserförderanlagen

Tagesgang – theoretische idealisierte Verläufe



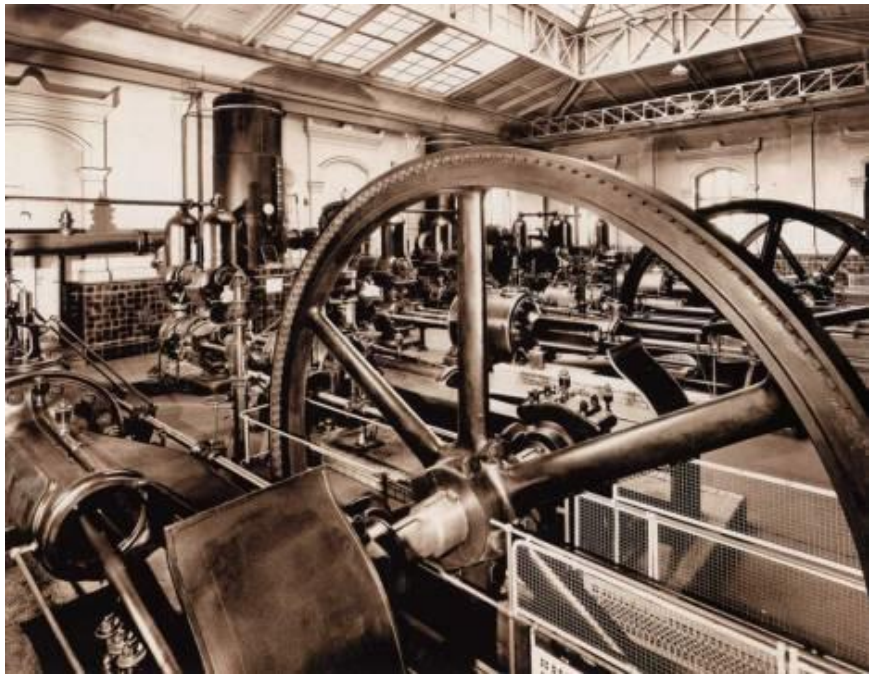
Abwasserförderanlagen

Tagesgang – reale Abwasserzuflüße zum Klärwerk



Abwasserpumpwerke – früher und heute

Gegenüberstellung historischer und moderner Technik



Kolbenpumpen mit Dampfmaschinenantrieb

Kreiselpumpen mit Elektromotoren

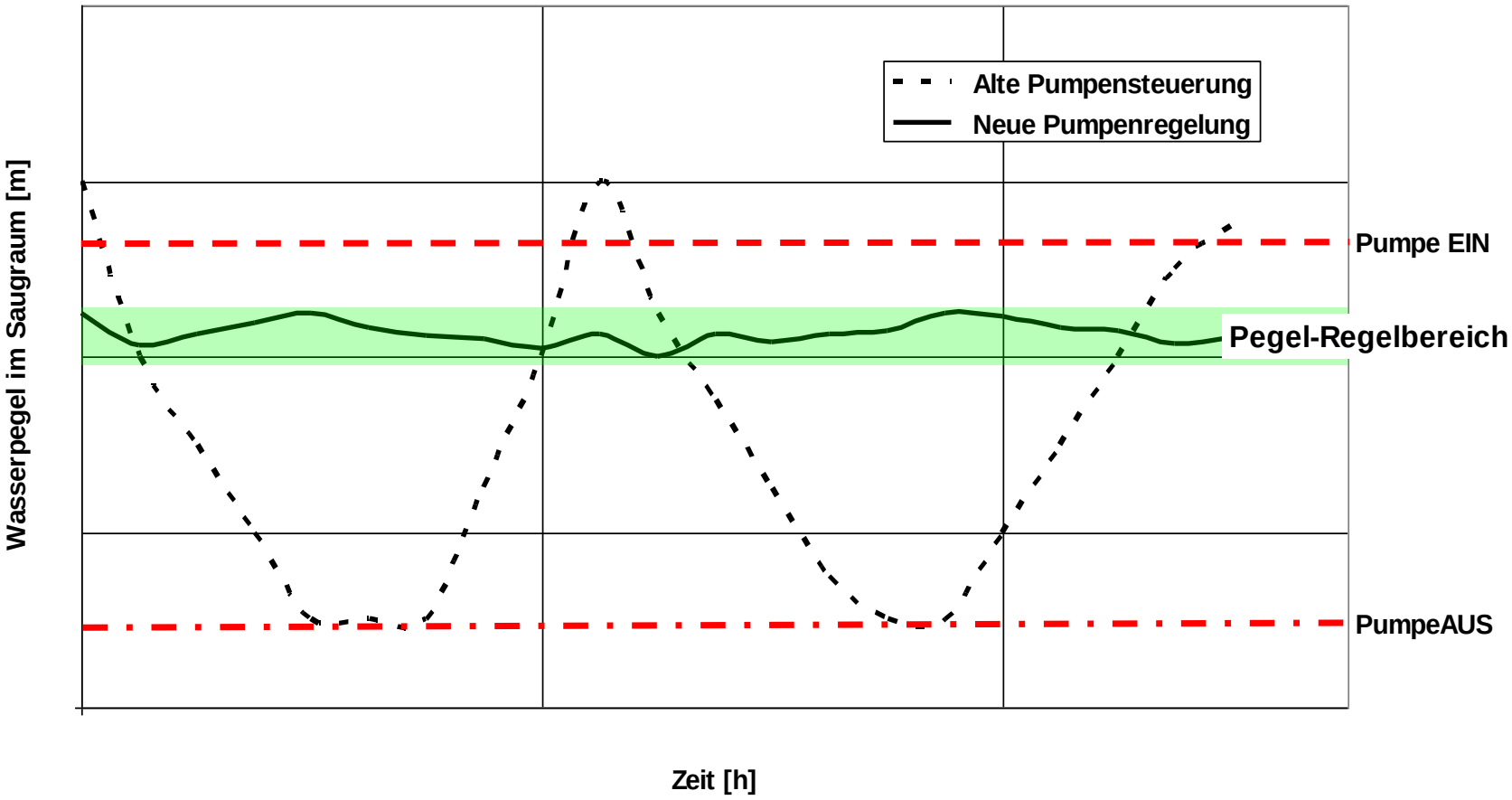
Automatisierte Abwasserförderung

Betriebsregime – Veränderungen im Detail

- **fern-bedient → automatisch**
- **konstante Drehzahl → variable Drehzahl**
- **Betriebs-Punkt → Betriebs-Bereich**
- **intermittierend → kontinuierlich**
- **große Pegeländerungen → bedarfsgerechte Förderung**

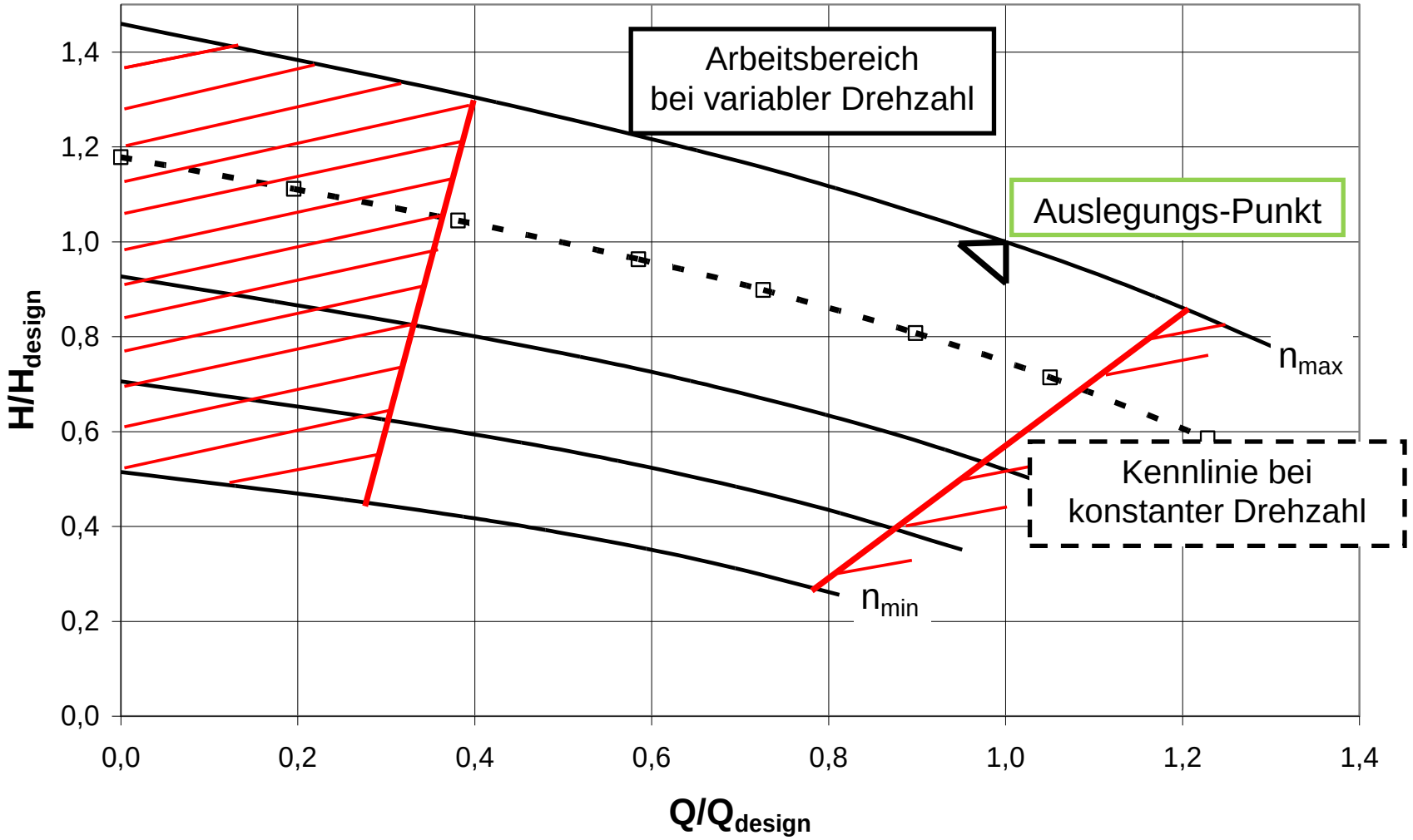
Abwasserförderanlagen

Betriebsregime – Intermittierend vs. Kontinuierlich



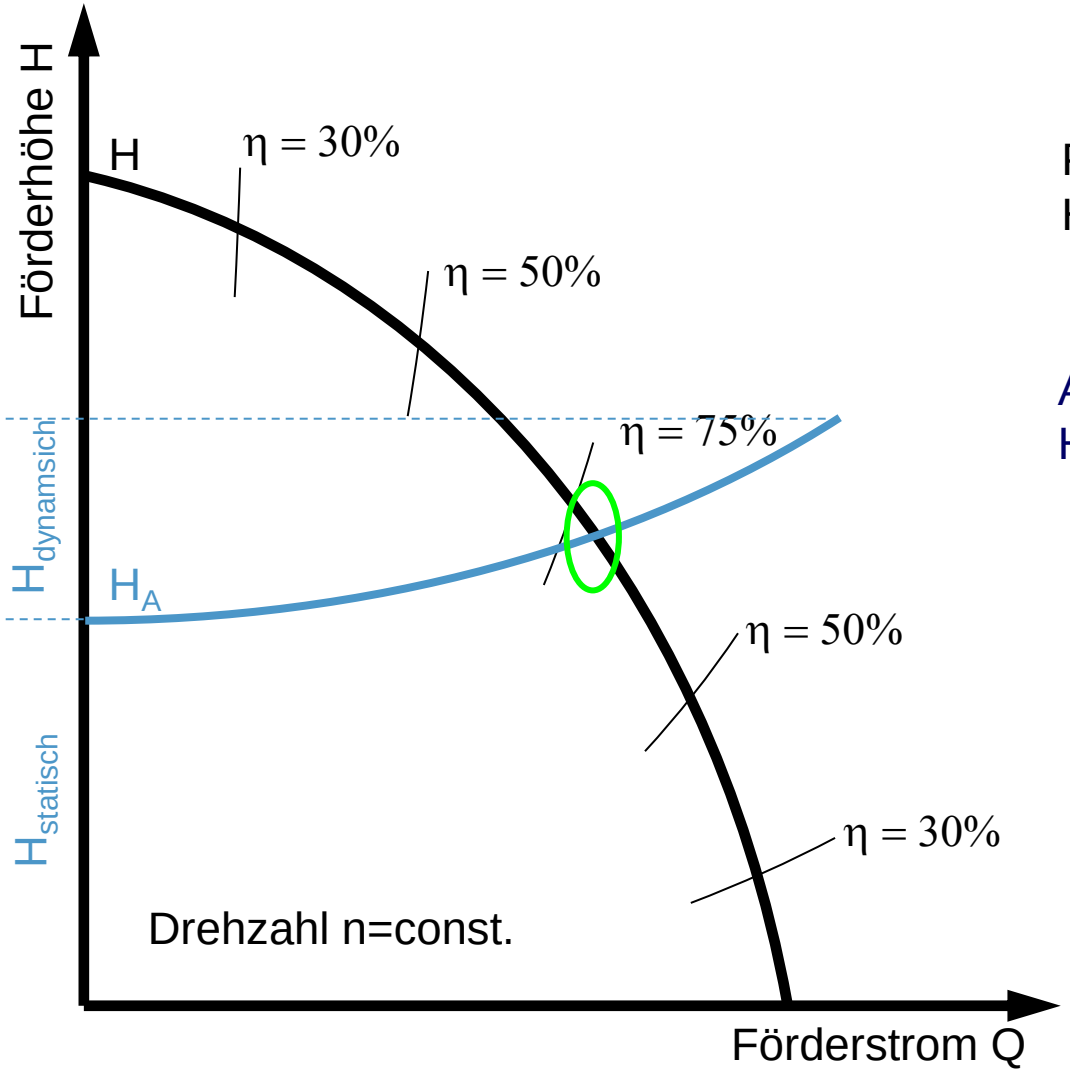
Abwasserförderanlagen

Betriebspunkte vs. Arbeitsbereich - H/Q (n)



Abwasserförderanlagen

Betriebspunkt einer Kreiselpumpe



Pumpenkennlinie:

$H = f (Q, \beta_2, \eta_{hydr}, H_{Stoß}, \ldots.)$

Anlagenkennlinie:

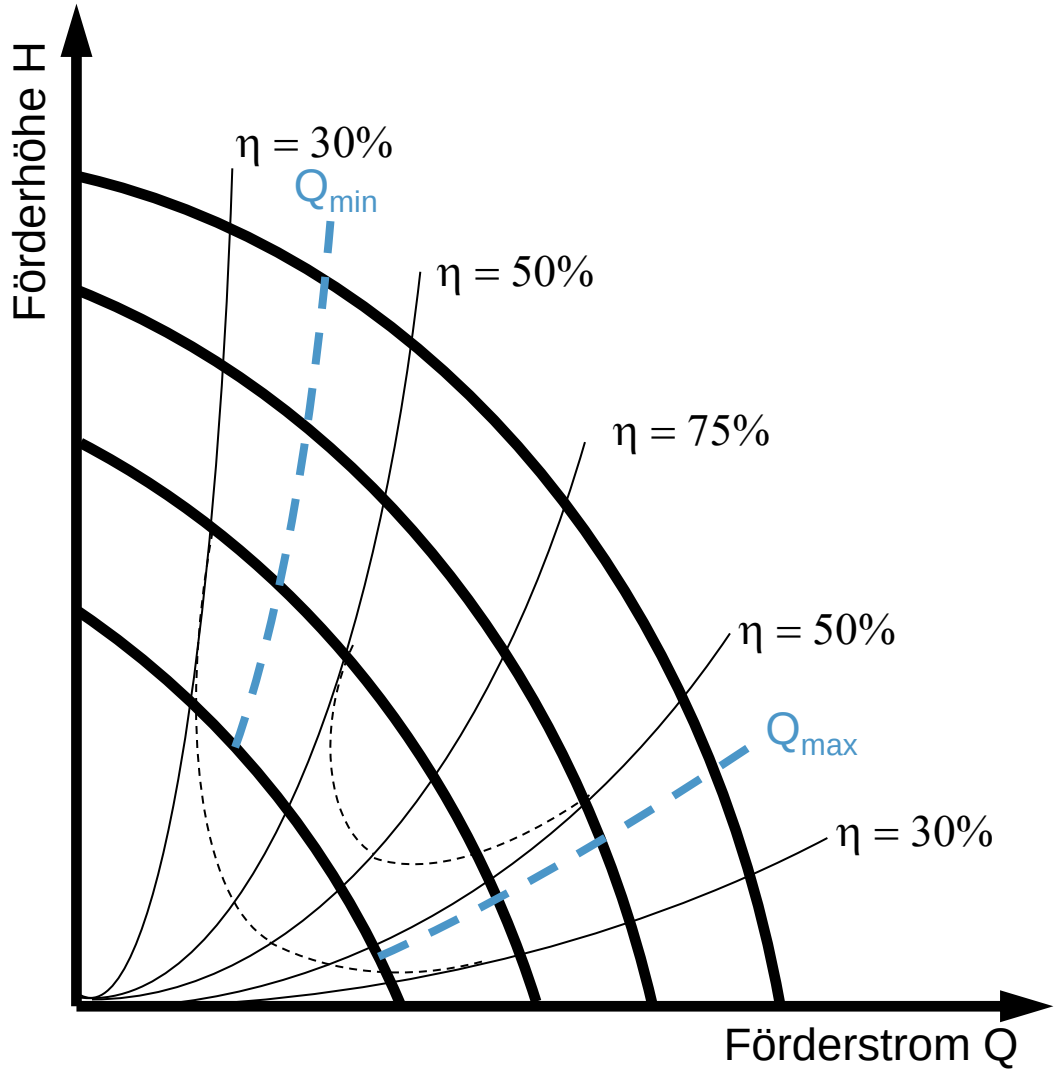
$H_A = H_{statisch} + H_{dynamisch}$

$= \Delta p + \rho\, g\, \Delta z + 1/2\, \rho\, \zeta\, v^2$

$= \text{const.} + \sim v^2$

Abwasserförderanlagen

Pumpenkennlinien bei verschiedenen Drehzahlen



Umrechnung nach Affinitätsgesetzen:

Förderstrom

$Q \sim n$

Förderhöhe

$H \sim n^2$

Leistungsaufnahme

$P \sim Q\ H \sim n^3$

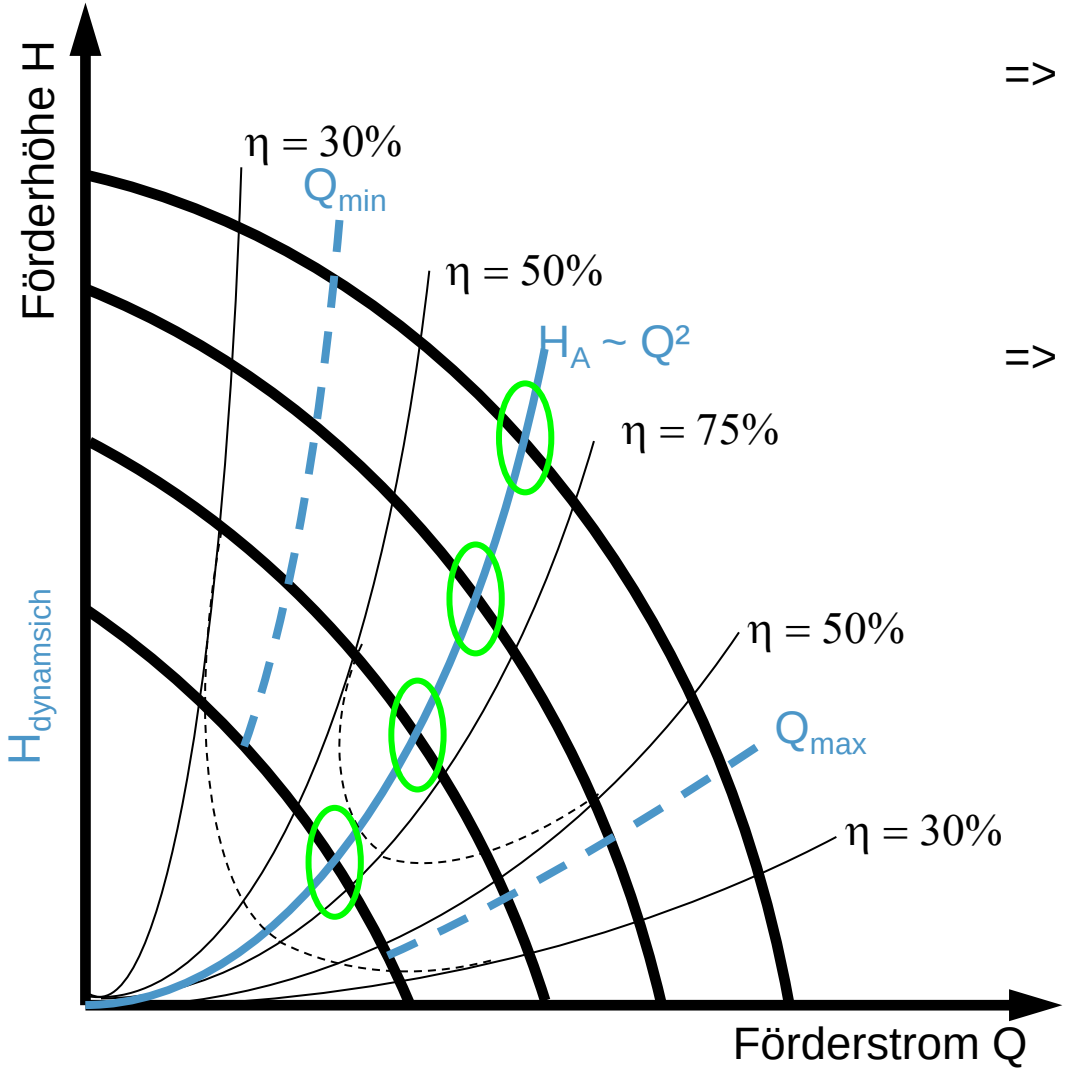
$Q_2 = Q_1 (n_2 / n_1)$

$H_2 = H_1 (n_2 / n_1)^2$

$P_2 = P_1 (n_2 / n_1)^3$

Abwasserförderanlagen

Betriebspunkte in einer Anlage dynamischen Verlusten

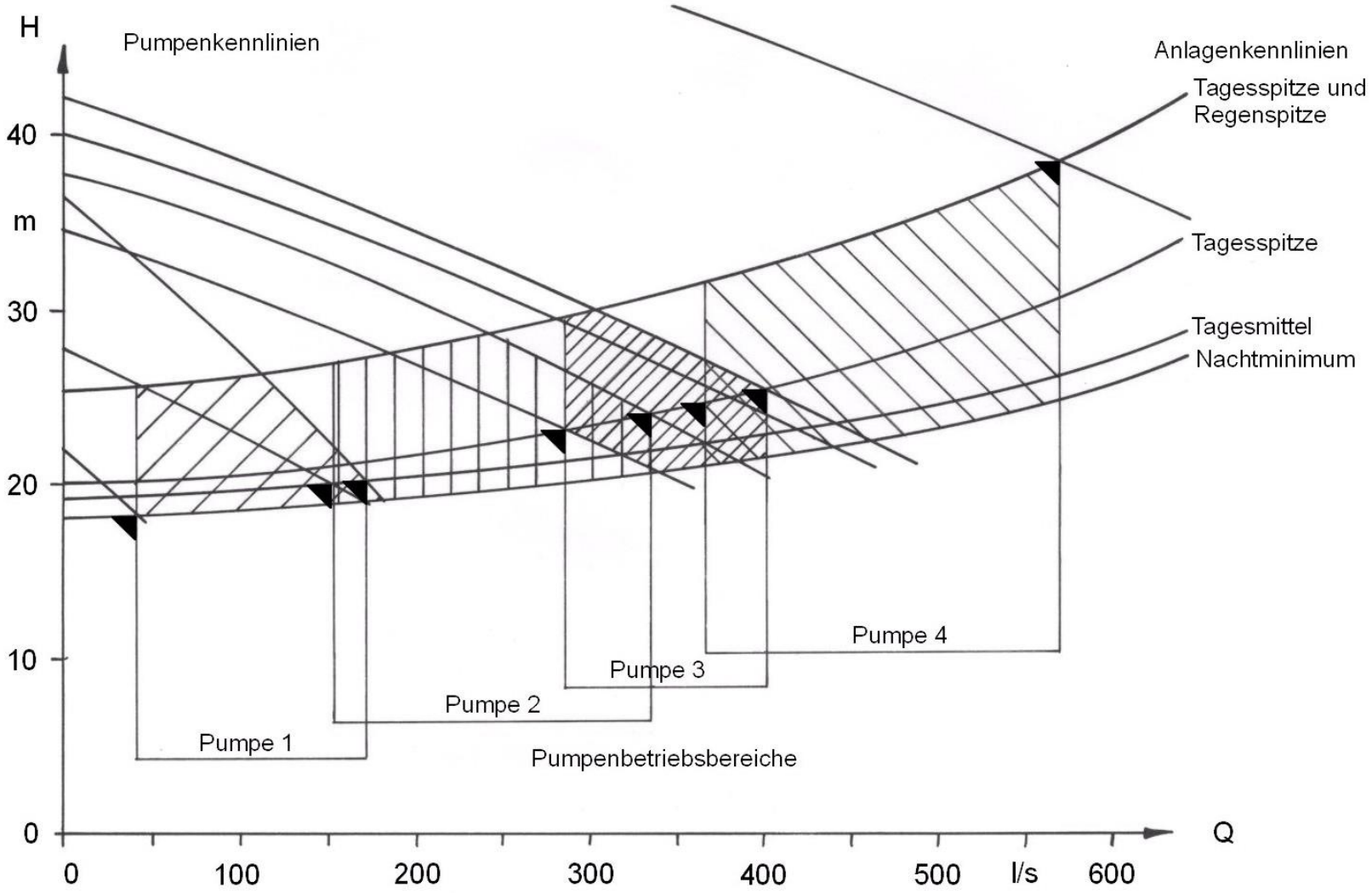


=> Drehzahländerung einer Kreiselpumpe in einer Anlage mit vorwiegend dynamischen Verlusten:

=> Hierbei verändert sich der Betriebspunkt bei etwa konstantem Wirkungsgrad

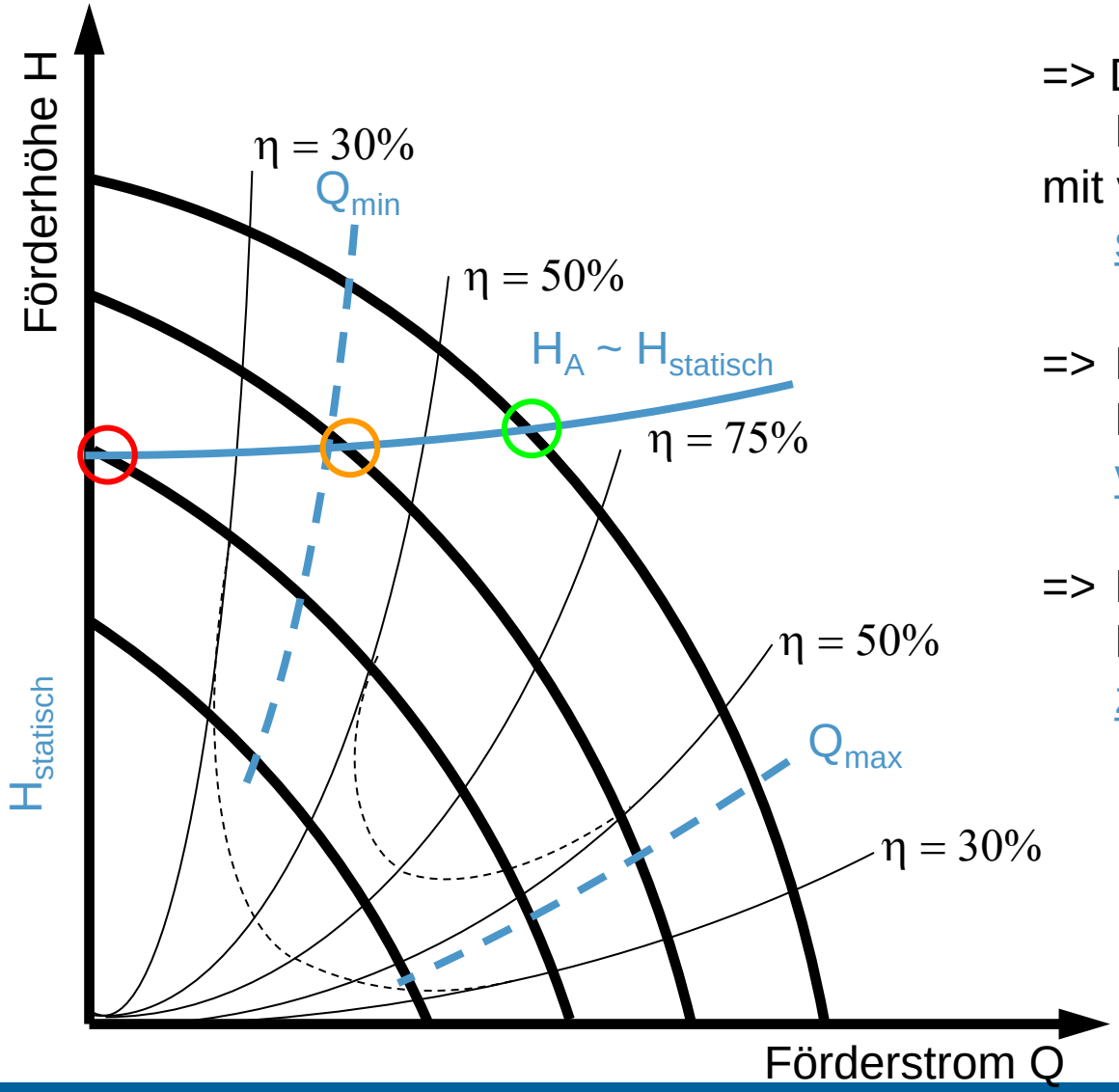
Abwasserförderanlagen

Kennlinienfeld mit Pumpen- und Anlagenkennlinien



Abwasserförderanlagen

Betriebspunkte bei vorwiegend statischen Verlusten



=> Drehzahländerung einer Kreiselpumpe in einer Anlage mit vorwiegend statischen Verlusten:

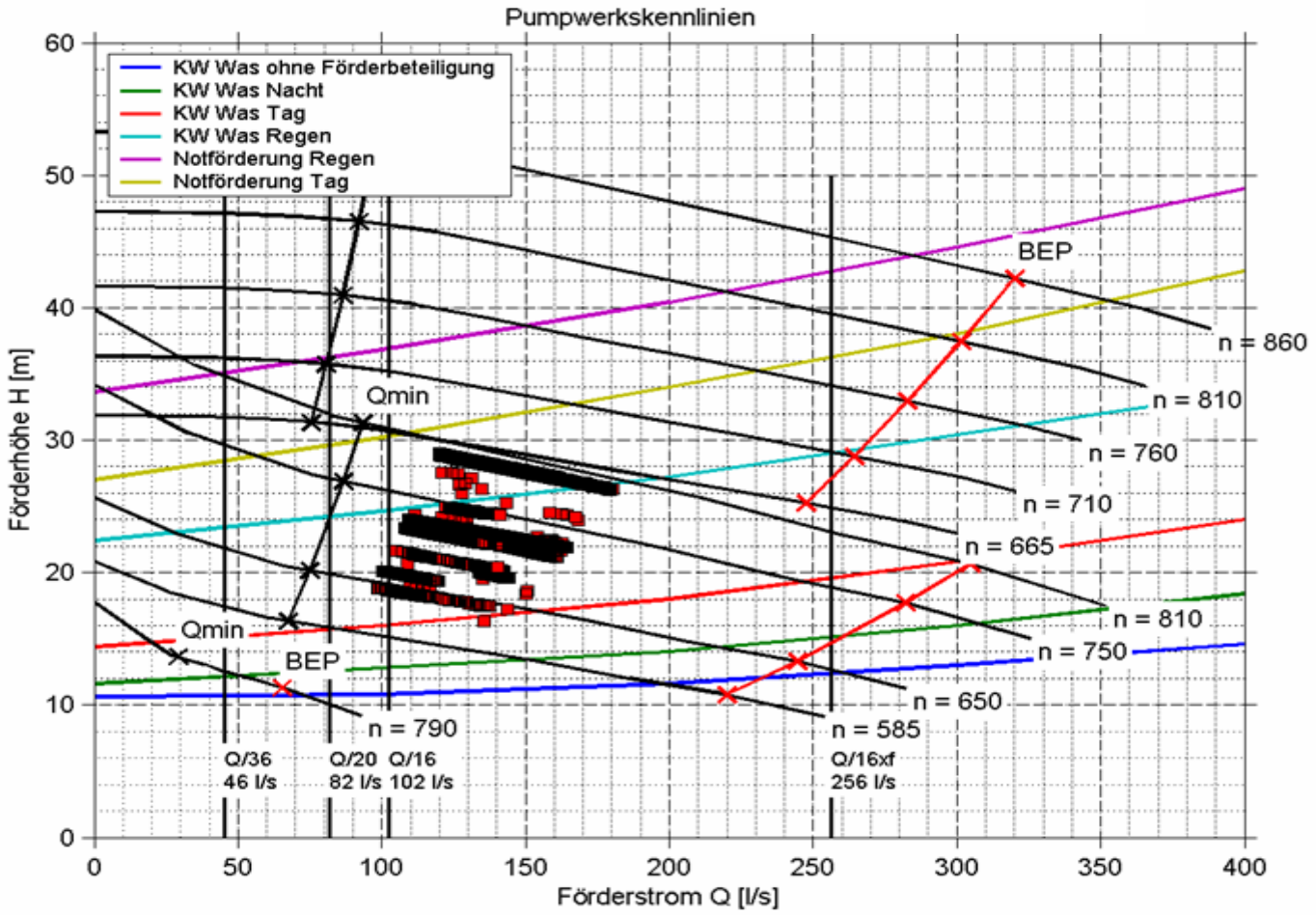
=> Hierbei verändert sich der Betriebspunkt bei stark variierendem Wirkungsgrad

=> Es ergibt sich schnell ein Betrieb außerhalb des zulässigen Betriebsbereichs

$Q_{min} = 0{,}5 \times Q_{opt}$

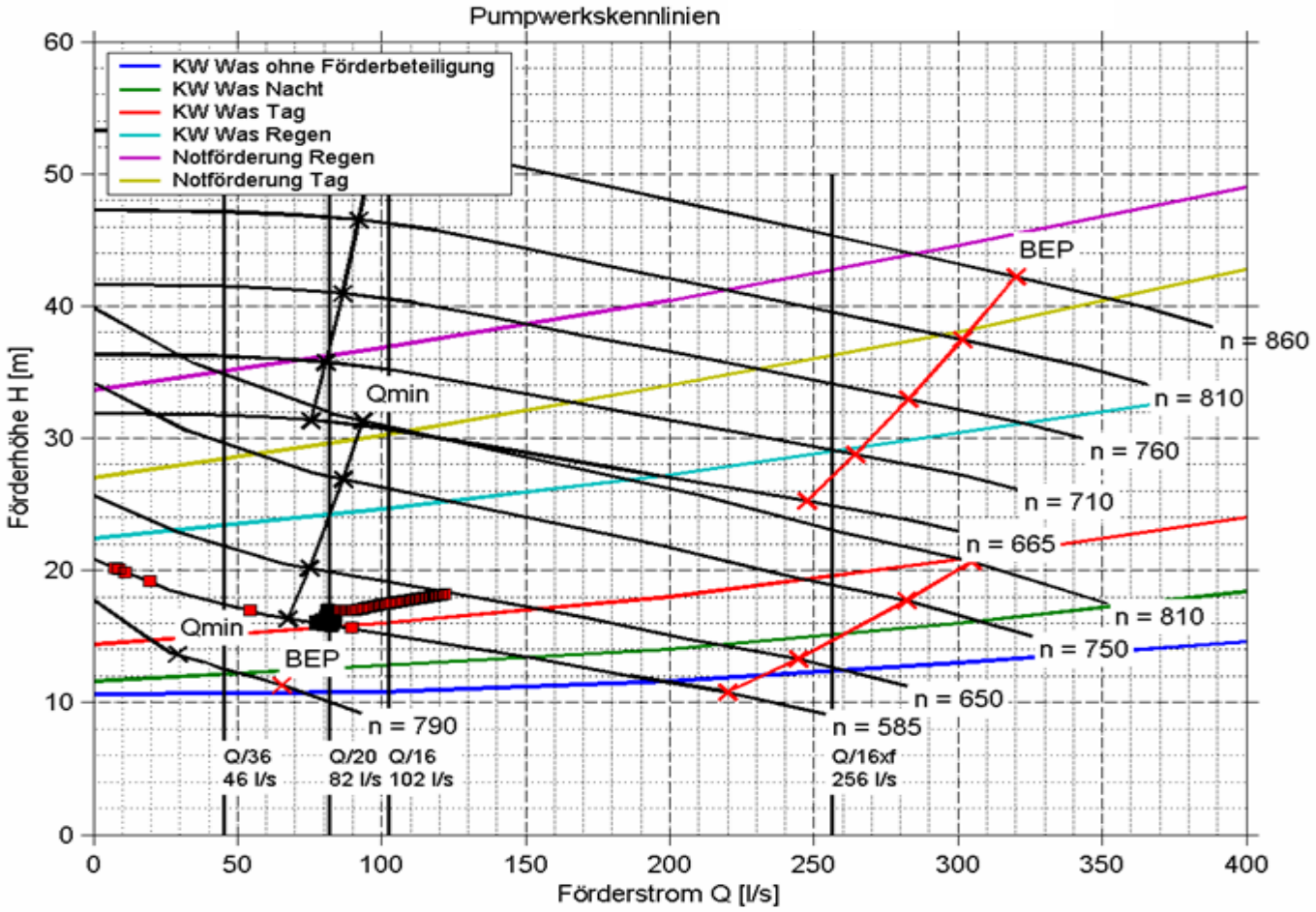
Kennlinienfeld einer Kreiselpumpe

Betriebspunkte bei konstanten gesteuerten Betriebsdrehzahlen



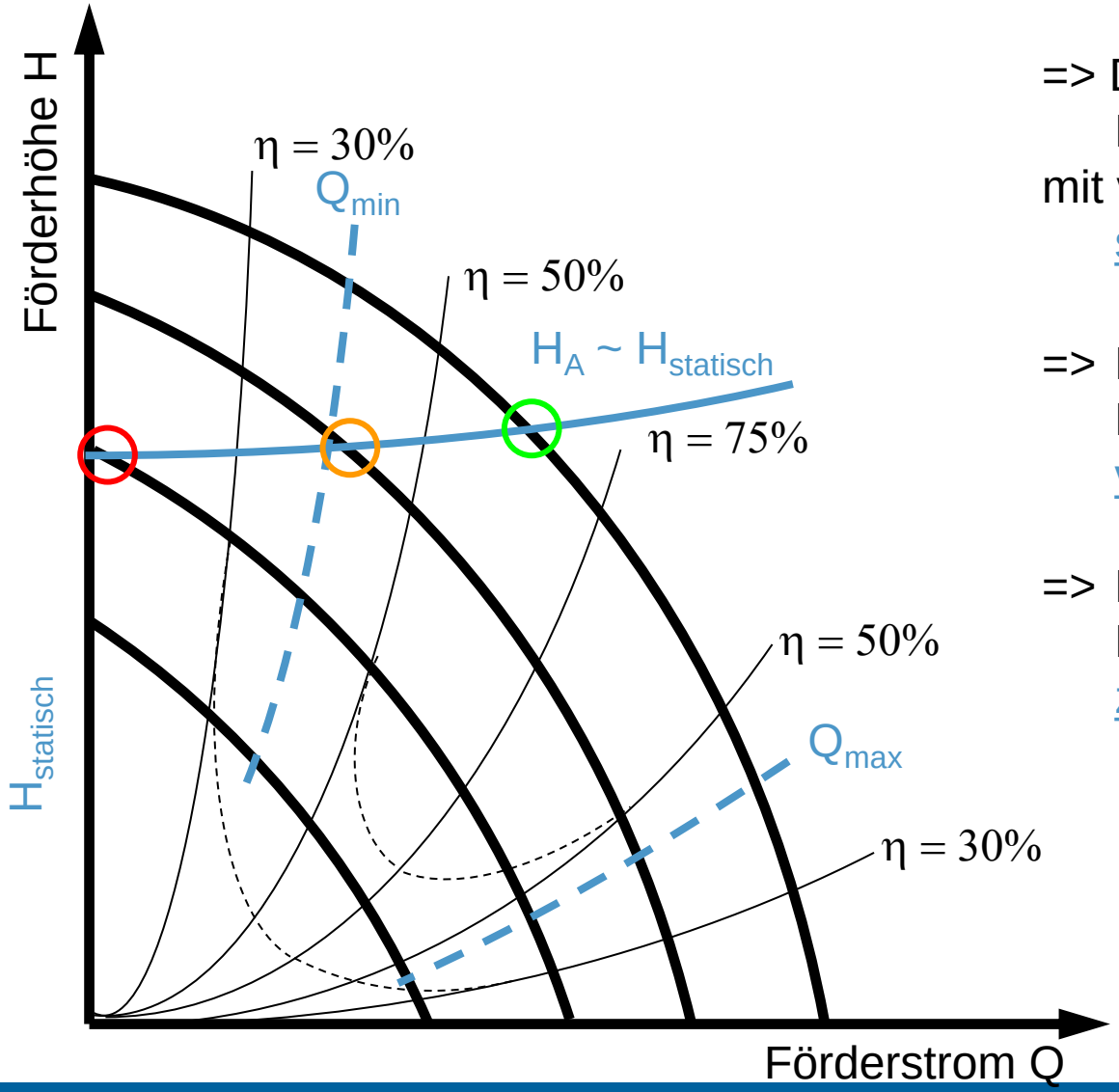
Kennlinienfeld einer Kreiselpumpe

Ungünstiger Betriebsbereich bei variabler Drehzahlregelung



Abwasserförderanlagen

Betriebspunkte bei vorwiegend statischen Verlusten



=> Drehzahländerung einer Kreiselpumpe in einer Anlage mit vorwiegend statischen Verlusten:

=> Hierbei verändert sich der Betriebspunkt bei stark variierendem Wirkungsgrad

=> Es ergibt sich schnell ein Betrieb außerhalb des zulässigen Betriebsbereichs

$Q_{min} = 0{,}5 \times Q_{opt}$

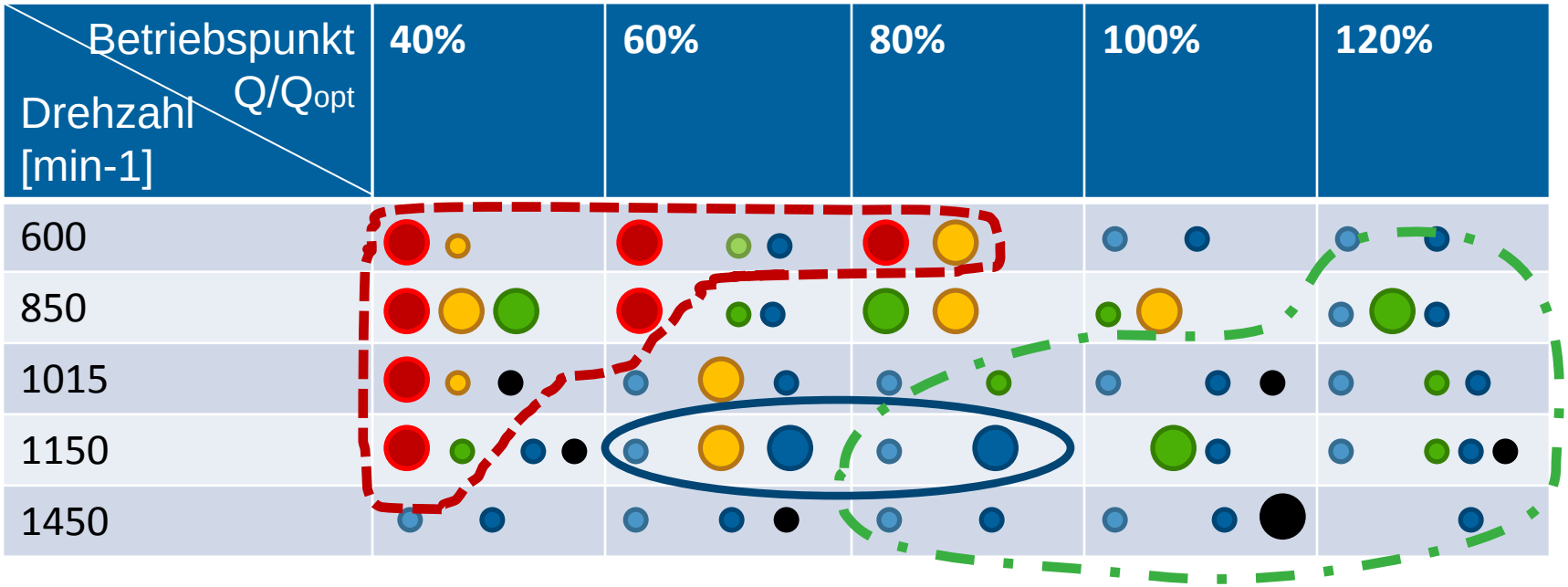
Bilder absinkenden Pegels im Saugraum

Faserstoffe nahe der Saugraumsohle

Verstopfungsfälle bei Abwasserpumpen

Einfluss von Fördergrad und Betriebsdrehzahl

Berliner Wasserbetriebe



Saugraum

Laufradspalt

Nicht Laufradkanäle

wesentlich unwesentlich

Laufradspalt
Laufradkanal
Laufradeintritt
Radseitenraum
Saugraum
Saugrohr

Gestaltung von Abwasserpumpwerken

Herausforderungen und Forschungsziele

Feststoffe

- Ablagerung
- Schwimmdecke

→ Pumpenblockade

Lufteintrag

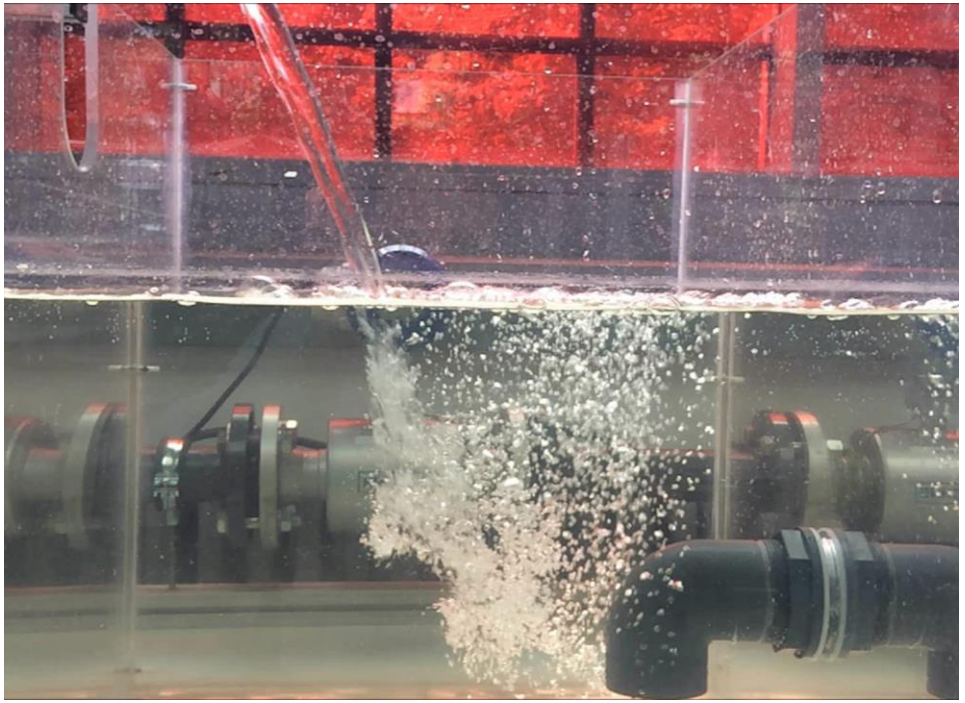
- durch Freistrahl
- Luftziehende Wirbel

→ Förderstörung durch Mehrphasenströmung

Lufteintrag in Pumpenschacht

Darstellung des Phänomens

- Abwasser fällt in Form eines Freistrahls auf die Wasseroberfläche
- Der Freistrahl kann Luftblasen unter die Wasseroberfläche mitreißen
- Während des Betriebs ändert sich der Abstand zwischen zulauf und Wasseröberfläche ständig

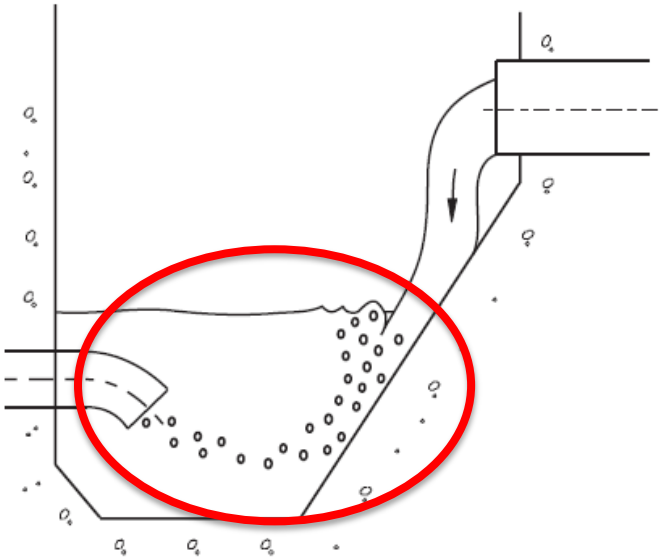


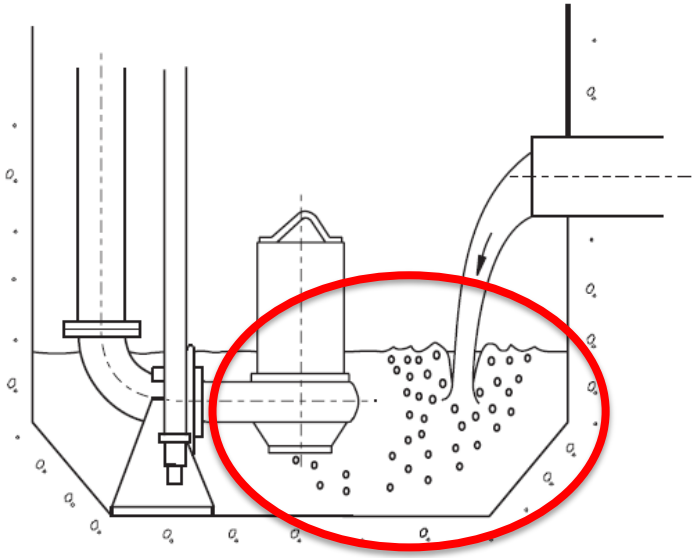
Ziel bei der Gestaltung des Zulaufs in den Saugraum muss die Minimierung des Lufteintrags in das Abwasservolumen sein!

Gestaltung von Pumpenzuläufen

Typische Lufteintrags-Szenarien

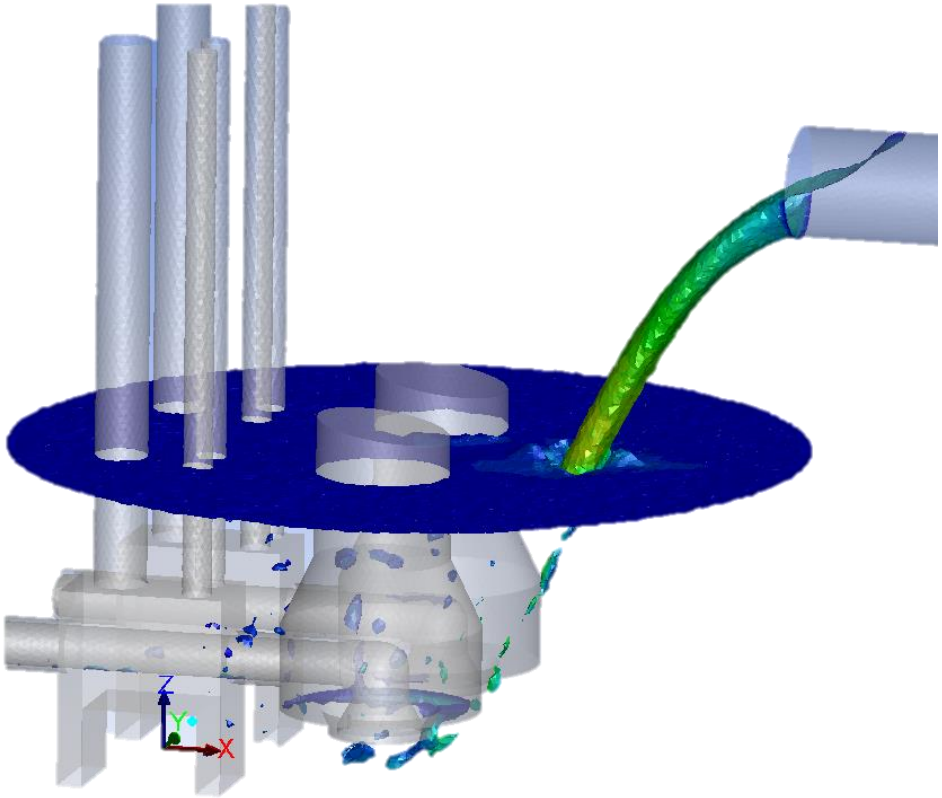
Ort und Größe des Einlaufs in den Schacht hat Einfluss auch den Eintrag von Luftblasen in die Pumpe und der Bildung von Schwimmschlamm.

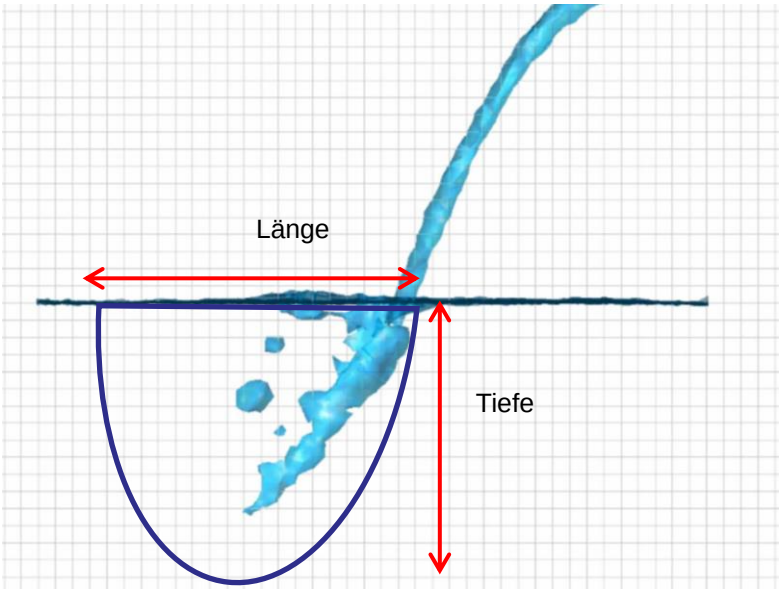




Lufteintrag in Pumpenschacht

Numerische Simulation von Lufteintrag

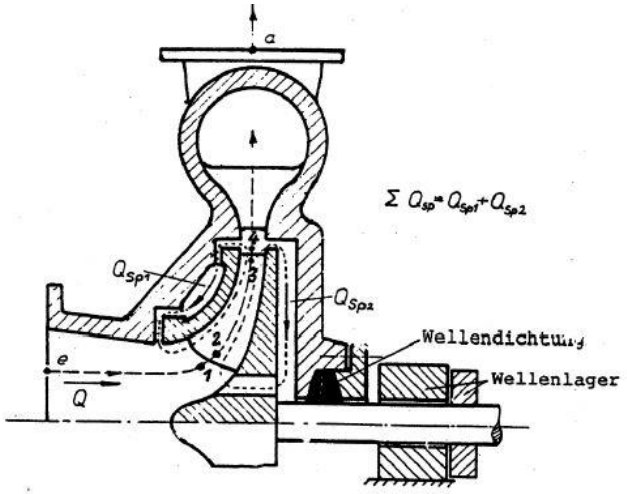


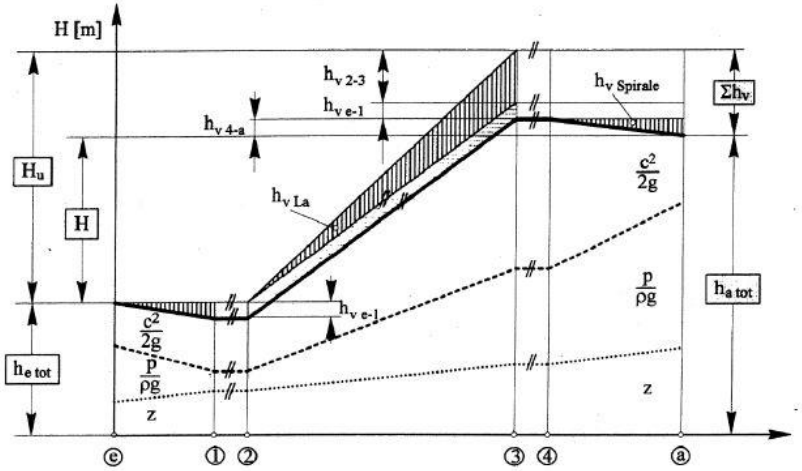


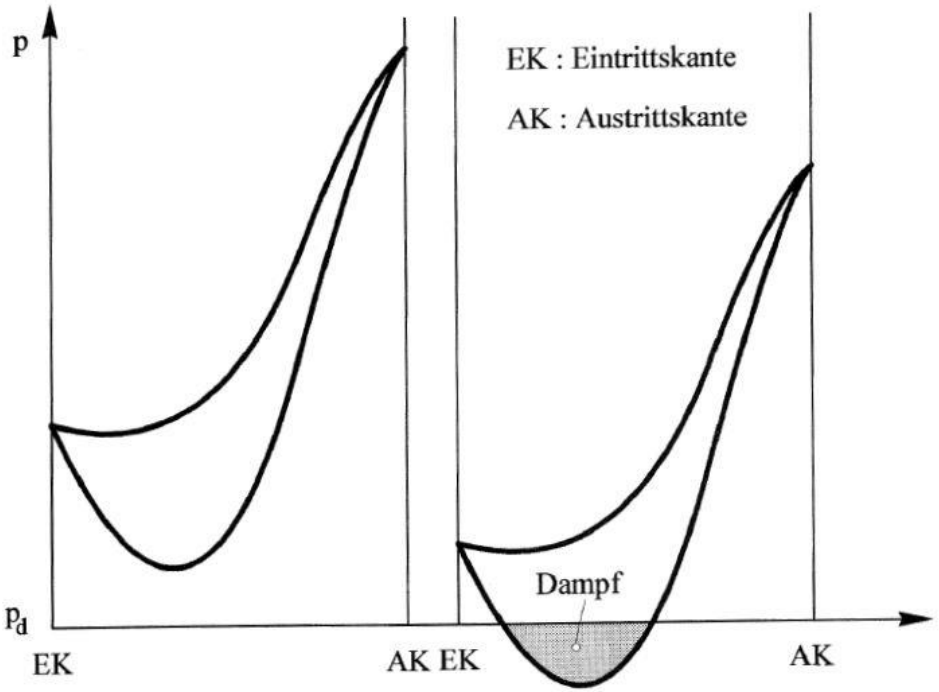
Messgrößen der Blasenwolke für CFD

Lufteintrag vom Saugraum in die Pumpe

Druckverlauf auf dem Strömungsweg durch die Kreiselpumpe



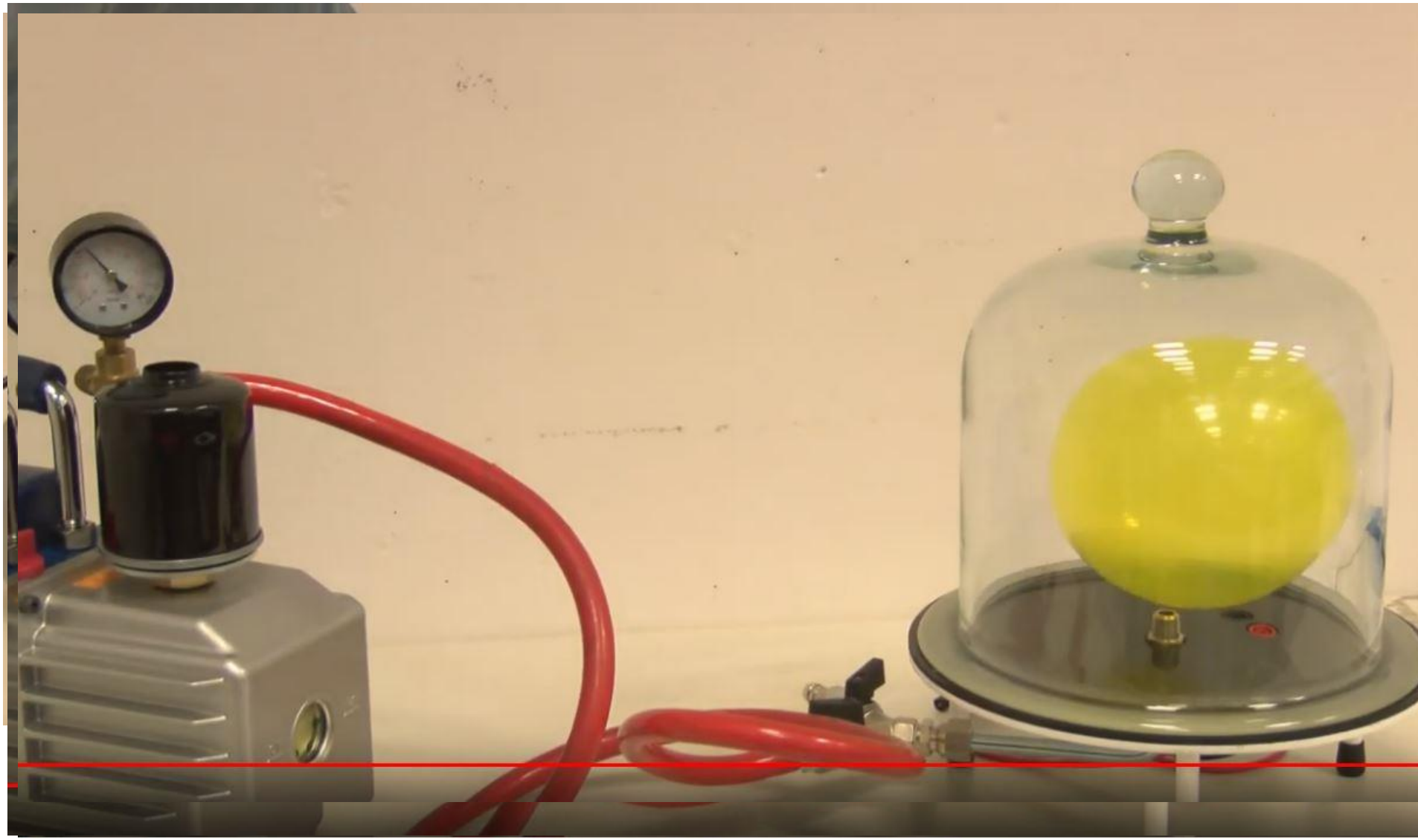




Qualitative Darstellung des Druckverlaufes einer Pumpenbeschaufelung

Lufteintrag vom Saugraum in die Pumpe

Luftblasen bei Unterdruck-Einfluss



Resümee

Bedenkenswerte Aspekte für die Auswahl von Abwasserpumpen

- Kenntnis der Verstopfungsneigung verschiedener Laufräder
- Vermeidung von Teillastbetrieb von Abwasserpumpen
- Pumpenbetriebsbereich zwischen $0,7 < Q/Q_{opt} < 1,2$
- Wechselwirkungen zwischen FU und der Anlagentechnik
- Geeignete Gestaltung der Pumpenvorlage
- Verminderung von Lufteintrag in Saugrohrleitung und Pumpe
- Regelmäßige Reinigung der Pumpenvorlage
- Vermehrte Nutzung von Maschinendiagnose zur frühzeitigen Erkennung von anbahnenden Pumpenstörungen

Ausblick

Ziele zur Entwicklung situationsangepasster Abwasserförderung

- Eine verbesserte Früherkennung von Störungen und Verschleiß mit Hilfe zukünftiger Diagnosesysteme
- Optimierung von Ausführungen und Betriebsweisen von Abwasserpumpwerken in Richtung „Verstopfungsresistenz“
- Weiterführende Entwicklungen der Abwasserförderung im Pumpwerks-Verbundnetz durch den Systemansatz und computerbasierten Simulationstechniken

Zusammenfassung

- Berliner Abwasserentsorgung
- Einzugsgebiet(e)
- Abwasseraufkommen
- Systemkennlinien - Anlage und Pumpe
- Betriebsweise
- Reduzierung von Verstopfungen
- Ausblick und Zusammenfassung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Berliner Wasserbetriebe, Dipl.-Ing. Werner L. Kröber