



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE

Jahresbericht 25. November 2009

Analyse und Vorgehen zur energetischen Optimierung von Pumpen bei Wasserversorgungen

„Pumpencheck“

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm Elektrizitätstechnologien & -anwendungen
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Auftragnehmer:

Ryser Ingenieure AG
Engestrasse 9
3000 Bern 9
www.rysering.ch

Autoren:

Beat Kobel, Ryser Ingenieure AG, beat.kobel@rysering.ch
Yann Roth, Ryser Ingenieure AG, yann.roth@rysering.ch

BFE-Bereichsleiter: Dr. Michael Moser

BFE-Programmleiter: Roland Brüniger

BFE-Vertrags- und Projektnummer: 153472 / 102686

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Zusammenfassung

Im Jahr 2009 wurden 2 Sitzungen und 1 Schulung gehalten:

- 19.3.2009 bei Grundfos GmbH in DE.
- 17.9.2009 bei Häny AG in Jona (CH)
- 12.1.2009: Schulung und Erfahrungsaustausch bei TopMotors (ZH)

Der Grobcheck ist heute erarbeitet. Er berücksichtigt sowohl Unterwasserpumpenwirkungsgrade wie auch Blindstromkompensation. Der Grobcheck ist bis zu einer bestimmten Baugrösse der Pumpe gültig (Baugrösse 355). Die Wasserversorgungen (WV), die im Grobcheck Energieeinsparpotential aufwiesen, sind einem Feincheck unterzogen worden. Die wirtschaftlichen Energieeinsparmassnahmen der WV Sils i. E., SWG Worben, Lausanne, Buchs und Uzwil liegen am 10.12.2009 vor.

Grobcheck: es findet eine technische Optimierung im Betriebspunkt statt. Es wird keine Analyse des Auslegungspunktes bzw. Betriebspunktes vorgenommen. Als Eingabe dienen Daten ab den Datenschildern des Motors und der Pumpe. Gemessen werden Fördermenge, -höhe, Spannung und Stromstärke. Das Resultat des Grobchecks ist eine Empfehlung/Nichtempfehlung zum Feincheck und die Angaben zum Einsparpotential in kWh/a und CHF/a.

Feincheck: beim Feincheck wird das ganze System angeschaut und ein Vergleich zwischen Betriebspunkt und ursprünglichem Auslegungspunkt vollzogen. Die Analyse ergibt einen neuen, optimalen Betriebspunkt.

Annahme: Obwohl die beiden Checks nicht dasselbe vergleichen, wird davon ausgegangen, dass ein Optimierungspotential beim Grobcheck ein mindestens so grosses Optimierungspotential beim Feincheck zur Folge hat.

Erkenntnisse:

- Strom- und Druckmessungen durch die WV scheinen schwieriger als erwartet (hohe Fehlerquote).
- Erste Feincheckmessungen mit hoher Genauigkeit an der WV SWG Worben zeigen auf, dass der Grobcheck trotz Annäherungsverfahren und Vereinfachung zu plausiblen Resultaten führt.

Projektziele

In der Branche der Wasserversorgungen (WV) werden bei einem Pumpenersatz die grossen Effizienzpotenziale beim Stromverbrauch noch nicht ausgeschöpft, da eine genaue Dimensionierung bzw. Optimierung der Pumpen und Motoren unter Einbezug von modernen EDV-Hilfsmitteln heute noch kaum vorgenommen wird. Das Energieeinsparpotenzial beim Pumpenersatz wird auf 15 – 25% geschätzt, was in der Schweiz Einsparungen von 50 - 100 GWh/a ergeben würde.

Ziel des Projektes ist ein zweistufiger einfacher Pumpencheck:

In einem ersten Schritt kann ein Betreiber eine erste Grobanalyse seiner Wasserversorgung vornehmen und das Optimierungspotential seiner Pumpen abklären. Das ist der sog. **Grobcheck**.

In einem zweiten Schritt wird eine detaillierte Analyse durch einen Pumpenhersteller resp. ein Ingenieurbüro durchgeführt, in der die Wirtschaftlichkeit eines Pumpenersatzes aufgezeigt wird. Das ist der sog. **Feincheck**.

Ziele 2009:

- Grob- und Feincheck verabschieden
- Feincheck bei den WV mit Optimierungspotential durchführen.
- Wirtschaftlichkeit von Energiesparmassnahmen für jede WV in Form eines Berichtes aufzeigen.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Die 2 Pumpenchecks

Grobcheck

Der Grobcheck ermöglicht eine einfache Beurteilung der zu untersuchenden Pumpe anhand weniger Ablesedaten (Datenschild Motor und Pumpe) und Messungen (Fördermenge, Förderhöhe, Spannung und 3 x Phasenstrom eines Betriebspunktes).

Ausgabe: Empfehlung zum Feincheck oder nicht und Angabe Einsparpotential in kWh/a und CHF/a.

Der Grobcheck wurde an 6 WV durchgeführt. Dabei wurden 23 Pumpen einem Grobcheck unterzogen.

Für Details siehe Anhang.

Feincheck

Im Feincheck wird das Gesamtsystem beurteilt.

Der Feincheck wurde an je einer Pumpe folgender WV durchgeführt:

- Sils i.E.
- Buchs
- Uzwil
- Lausanne
- SWG Worben

Resultate liegen ab 10.12.2009 vor.

Für die Anforderungen an den Feincheck siehe Anhang.

Feincheck SWG Worben

Folgende Fotos sollen einen Augenschein der Feincheckmessungen bei der SWG Worben vermitteln.

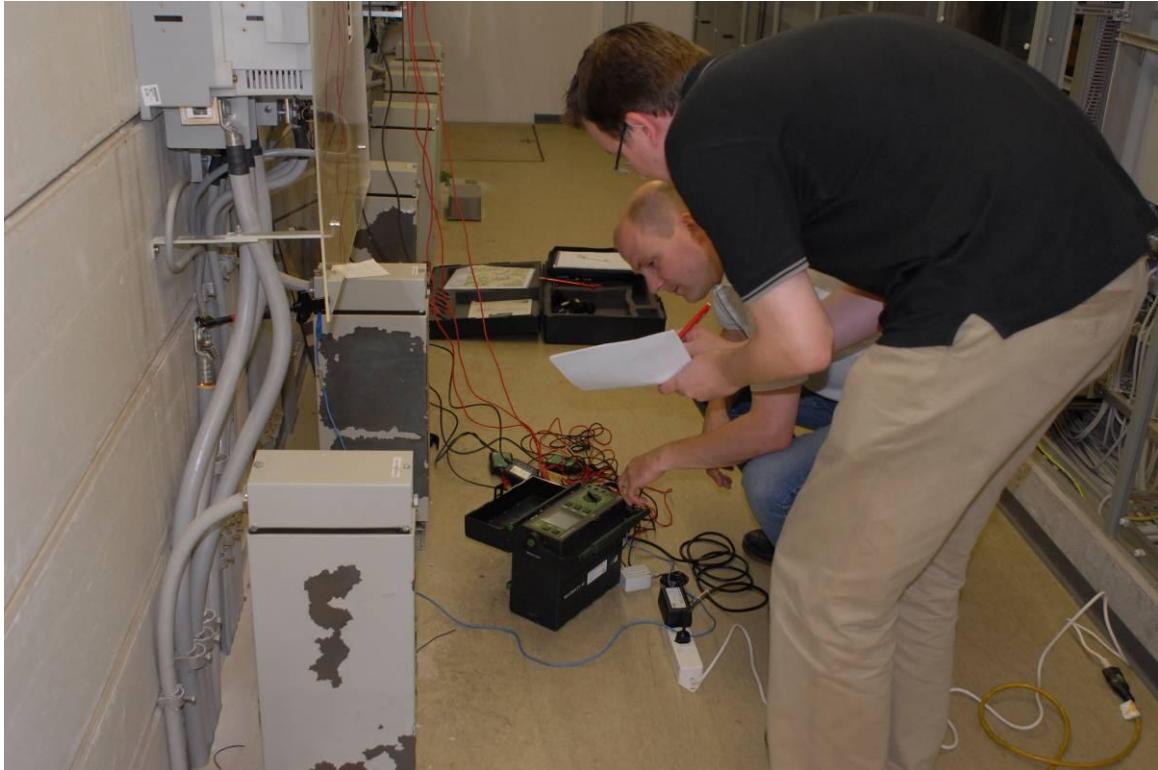


Abbildung 1: Strommessung Pumpe



Abbildung 2: Durchflussmessung



Abbildung 3: Eichung der Höhe Pumpenaustritt



Abbildung 4: Frequenzbandanalyse



Abbildung 5: das Messobjekt

Die Berichte der Feincheckmessungen, -analysen und –Berichte werden auf den 10.12.2009 fertiggestellt.

Nationale Zusammenarbeit

Zusammenarbeit mit nationalem Pumpenhersteller: Häny AG.

Die nationale Zusammenarbeit mit der französischsprachigen Schweiz wird dank der Planair SA sichergestellt.

Hochschulwissen wird mit Hilfe der Hochschule Luzern einbezogen.

Die Semafor AG stellt ihr Programm „OPAL“ zur Energieeffizienz bei Pumpensystemen zur Verfügung.

EnergieSchweiz stellt die breite Streuung der gewonnen Kenntnisse sicher.

Internationale Zusammenarbeit

Zusammenarbeit mit deutschem Pumpenhersteller: Grundfos GmbH

Bewertung 2009 und Ausblick 2010

Erfolge:

- Der Grobcheck und Feincheck sind erarbeitet, angepasst und in die finale Version verabschiedet worden.
- Feincheckmessungen an WV mit Optimierungspotential sind durchgeführt worden. Durch die Verzögerung der Grobcheckanpassungen haben sich die Termine etwas verschoben, sie sind dennoch wie geplant noch dieses Jahr durchgeführt worden.
- Feincheckmessungen haben die Resultate des Grobchecks als plausibel erhärtet. Somit ist ein experimenteller Nachweis der Tauglichkeit des Grobchecks erwiesen.

Misserfolge:

- Erste Feincheckmessungen ergeben ein weniger hohes Energieeinsparpotential als erhofft. Dies kann auch als positiv gesehen werden: die WV funktionieren schon heute sehr energieeffizient!
- FU und Blindstromkompensation haben den Fortschritt des Grobchecks und somit die Analyse mindestens einer WV verspätet. Eine Anpassung des Grobchecks ist Mitte Jahr notwendig geworden.

Ausblick 2010:

- Es gilt die wirtschaftlichen Energieeinsparmassnahmen bis Mai 2010 umzusetzen.
- Die Kontrollmessungen sind bis September 2010 durchzuführen und Analysen der Resultate vorzulegen.

Anhang

- Grobcheck wie er den Wasserversorgungen geschickt wurde.



Microsoft Office
Excel-Arbeitsblatt

- Grobcheck mit Berechnungen



Adobe Acrobat
Document

- Anforderungen an den Feincheck



Microsoft
Word-Dokument

Pumpengrobcheck

Datenerhebung

Wasserversorgung

Name Messende Person
Name Wasserversorgung
Adresse Wasserversorgung
PLZ / Ort
Telefonnummer
Pumpwerk

Kommentar Hilfe

klar
klar
klar
klar
klar
klar

Abzulesende Daten (ab Datenschild Motor und Pumpe):

Motor

Fabrikat / Firma		
Nennleistung	P _N	kW
Nennstrom	I _N	A
Nennspannung	U _N	V
Drehzahl	n	min ⁻¹

Motor der Firma? -> Motorendatenschild
-> Motorendatenschild
-> Motorendatenschild
-> Motorendatenschild
-> Motorendatenschild

Pumpe

Fabrikat		
Pumptyp		
Anzahl Stufen Pumpe		
Baujahr		
Serien-Nr.		

-> Pumpendatenschild
Unterwasserpumpe? Tauchmotorpumpe? trockenaufgestellte Pumpe?
Anzahl Stufen bei einer mehrstufigen Hochdruckpumpe
klar
-> Pumpendatenschild

Jahresdaten

Stromverbrauch Pumpe / Jahr	E _a	kWh/a
Betriebsstunden Pumpe / Jahr	B	h/a
Fördermenge Pumpe / Jahr	Q _a	m ³ /a
Strompreis		CHF/kWh (inkl. allen Zuschlägen und Leistungspreisen)
Jahresstromkosten		0 CHF/a

wieviel Strom "frisst" die Pumpe pro Jahr?
wieviele Std. pro Jahr läuft die Pumpe?
wieviele Kubikmeter Wasser werden pro Jahr mit dieser Pumpe gefördert?
welches ist der durchschnittliche Energiepreis?
wird automatisch ausgerechnet...

Betriebspunkt: durchzuführende Messungen; bitte wirklich MESSEN und keine Datenschilder oder Pläne ablesen!

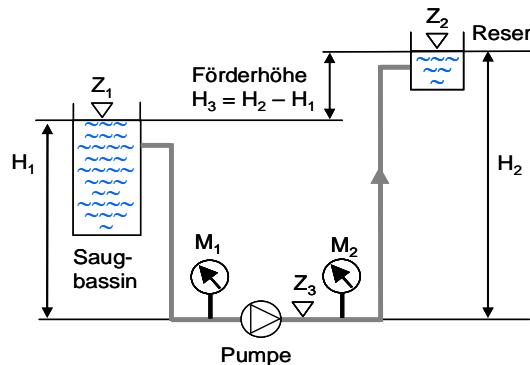
Datum / Zeit der Messung20 / von bis Uhr
Fördermenge	Q
Förderhöhe:	bitte Daten in beigelegtem Messblatt eintragen!
Netzspannung	U
Phasenstrom 1	I _{ph}
Phasenstrom 2	I _{ph}
Phasenstrom 3	I _{ph}

ganz genau messen!
ganz genau messen!
Achtung: FU muss ausgeschaltet sein und Messung zwischen ev. Blindstromkompensation und Motorenklemmen stattfinden.
Achtung: FU muss ausgeschaltet sein und Messung zwischen ev. Blindstromkompensation und Motorenklemmen stattfinden.
Achtung: FU muss ausgeschaltet sein und Messung zwischen ev. Blindstromkompensation und Motorenklemmen stattfinden.

Datum / Unterschrift20 /
----------------------	-----------------

Erfassung Förderhöhe: Messungen bei laufender Pumpe!

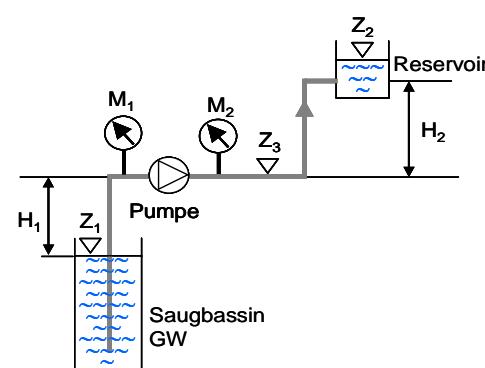
Saugbassin oberhalb Pumpe



Bitte eintragen was gemessen wurde (bitte NICHTS ausrechnen, nur messen!):

Z ₁	m ü.M. Wasserniveau Saugbassin [m ü.M.]
Z ₂	m ü.M. Wasserniveau Reservoir [m ü.M.]
Z ₃	m ü.M. Höhe Pumpe [m ü.M.]
H ₁	m Höhendifferenz zwischen Pumpe und Wasserniveau Saugbassin [m]
H ₂	m Höhendifferenz zwischen Pumpe und Niveau Reservoir [m]
H ₃	m Förderhöhe = Differenz zwischen Wasserniveau Saugbassin und Reservoir [m]
M ₁	bar Manometeranzeige. Manometer zwischen Saugbassin und Pumpe aufgestellt; saugseitig [bar]
M ₂	bar Manometeranzeige. Manometer zu Pumpe und Reservoir aufgestellt; druckseitig [bar]

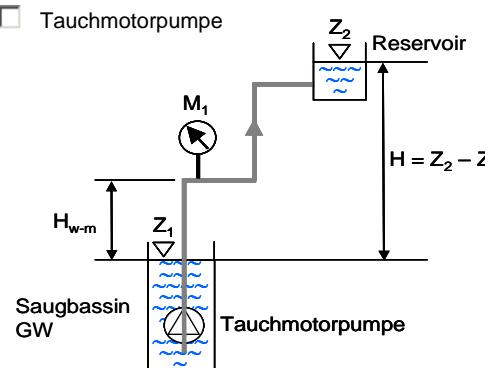
Saugbassin / GW-Fassung unterhalb Pumpe



Bitte eintragen was gemessen wurde (bitte NICHTS ausrechnen, nur messen!):

Z ₁	m ü.M. Wasserniveau Saugbassin / GW [m ü.M.]
Z ₂	m ü.M. Wasserniveau Reservoir [m ü.M.]
Z ₃	m ü.M. Höhe Pumpe [m ü.M.]
H ₁	m Höhendifferenz zwischen Wasserniveau Saugbassin / GW und Pumpe [m]
H ₂	m Höhendifferenz zwischen Pumpe und Niveau Reservoir [m]
M ₁	bar Manometeranzeige. Manometer zwischen Saugbassin / GW und Pumpe aufgestellt; saugseitig [bar]
M ₂	bar Manometeranzeige. Manometer zw. Pumpe und Reservoir aufgestellt; druckseitig [bar]

Tauchmotorpumpe



Bitte eintragen was gemessen wurde (bitte NICHTS ausrechnen, nur messen!):

Z ₁	m ü.M. Wasserniveau Saugbassin / GW [m ü.M.]
Z ₂	m ü.M. Wasserniveau Reservoir [m ü.M.]
H	m Höhendifferenz zwischen Wasserniveau Saugbassin / GW und Reservoir; $H = Z_2 - Z_1$ [m]
H _{w-m}	m Höhendifferenz zwischen Wasserniveau Saugbassin / GW und Manometer M ₁ [m]
M ₁	bar Manometeranzeige

Onlineansatz

Datum
Verfasser 104.06.2009
Y.Roth

Eingaben ab Datenschild: ablesen!

Messungen: nur MESSEN, NICHT BERECHNEN!!

Berechnung: wird automatisch gemacht!

Priorisierung Pumpen (je höher Zahl,) $= (\text{Laufzeit} * \text{Leistung}) / \text{Baujahr}$
oder: es wurde eine Systemänderung vorgenommen

Kommentar:

- für FU-gesteuerte Pumpen: FU auf 100% einstellen.
- Blindstromkompensation entweder quantifizieren oder abschalten oder Messung Strom zwischen Blindstromkompensation und Motorenklemmen vornehmen.

0 Konstanten

Gravitationsbeschleunigung	$g =$	9.81 [m/s ²]
Dichte Wasser	$\rho =$	1'000 [kg/m ³]
maximale Stromdifferenz zwischen den Phasen		5%

1 Eingabe: Auslegung Allgemein**1.1 Stufenanzahl bei Hochdruckpumpen**

1.1.1 Einstufige ND-Pumpe		
1.1.2 Mehrstufige HD-Pumpe		
1.1.2.1 Anzahl Stufen	1	[--]

1.2 Angaben WV**1.3 Typ Pumpe / Bauweise****1.4 Fabrikat / Hersteller****1.5 Seriennummer****1.6 Auslegungsdaten (ablesen ab Datenschild)**

1.6.1 Auslegung Fördermenge Pumpe	Q	20 [l/s]	0.02 m ³ /s
1.6.2 Auslegung Förderhöhe Pumpe	H	30 [m]	
1.6.3 Nennleistung (mech.) Motor	$P_n = P_{\text{mech}}$	7'500 [W]	7.5 [kW]
1.6.4 Nenndrehzahl Motor	n_n	1'455 [1/min]	
1.6.5 Wirkungsgrad Motor Nennbelastung	η_n	0.82 [-]	
1.6.6 Nennstrom Motor	I_n	16 A	
1.6.7 $\cos \varphi_n$ bei Nennbelastung	$\cos \varphi_n$	0.9 [-]	
1.6.8 Nennspannung Motor	U_n	400 [V]	

1.7 Typ der Pumpe

1.7.1 trockenaufgestellt	ja	(ja/nein) ok
1.7.2 Unterwasserpumpe (UWP)	nein	(ja/nein)

1.8 Betriebsstunden pro Jahr

4'000 h/a

1.9 Energiepreis

0.15 CHF/kWh

2 Eingabe Betriebspunkt (Messungen !!!! Nicht ablesen!!!)

2.1 effektiver Volumenstrom	Q_{eff}	18 [l/s]	0.018 m ³ /s
2.2 Förderhöhe gemessen	ΔP_{dyn}	25 [m]	
2.3 Strommessung (FU?, Blindstromkompensation?)			Phasencheck:
2.3.1 Strom Phase 1	I_{phase1}	14 [A]	ok
2.3.2 Strom Phase 2	I_{phase2}	14 [A]	ok
2.3.3 Strom Phase 3	I_{phase3}	14 [A]	ok

3 Berechnung Gesamtwirkungsgrad IST (Verarbeitung Eingabewerte (IST Zustand))

3.1 Berechnung hydraulische Leistung (Betriebspunkt)	$P_{hyd} =$	4'415 [W]	4.4 [kW]	
3.2 Berechnung elektrische Leistung elektr. Leistung bei Nennbelastung Annäherung: Strommessung Näherungsfaktor (R. Tanner)	$P_{elektr, n} =$	9'977 [W]	10.0 [kW]	alternativ: 9'146
Näherungsfaktor (R. Tanner)	p_o	-0.342		
Lastverhältnis	p_x	1.345		
elektr. Leistung im Betriebspunkt	$P_{elek} / P_{elektr, n} =$	0.83	ok	
	$P_{elek} =$	8'327 [W]	8.3 [kW]	
3.3 Gesamtwirkungsgrad IST	$\eta_{tot, gemessen} =$	0.53 [-]		

4 Berechnung Gesamtwirkungsgrad OPTIMAL

4.0 Polpaarzahl	ppz	2 [-]		
4.1 spezifische Drehzahl	$n_q =$	17.5	mit n_n [1/min] (Annäherung)	
Gewichtung nach Laufradtyp: Tabelle, welche in Abhängigkeit vom n_q den maximal erreichbaren hydraulischen Wirkungsgrad angibt.	$\eta_{hydr, max} =$	0.70	Q_{eff} [m^3/s]	
Gewichtung nach Baugrösse (Q): kleinere Pumpen erreichen Konstruktionsbedingt einen niedrigeren Wirkungsgrad als grössere Pumpen mit der gleichen Drehzahl (n_q)	korr.Faktor=	0.95	H [m] = ΔP_{dyn} /Anzahl Stufen, wenn mehrstufig	
Reduktion bei grosser Stufenanzahl mit empirischem Faktor f_r	korr.Faktor=	1		
4.2 bestmöglicher Pumpenwirkungsgrad	$\eta_{pumpe, opt} =$	0.67		
4.3 Optimale mech. Leistung bestmöglicher Motorenwirkungsgrad	$P_{mech, opt} =$	6'638 [W]	6.6 [kW]	
elektr. Leistung im Optimum	$\eta_{Motor, opt} =$	0.90	Interpolation in Datenblatt "Motoren IE3"	
4.4 Gesamtwirkungsgrad OPTIMAL	$P_{el, opt} =$	7'371 [W]	7.4 [kW]	
	$\eta_{total, opt} =$	0.60 [-]		

5 Vergleich IST mit OPTIMAL

5.1 Energieeffizienz (E-Faktor) (muss <1 sein!)	$E =$	0.89	wie nahe befindet sich der IST-Zustand am technischen Optimum?	
			ok	
5.2 Energie				
Energie IST	$E_{ist} =$	33'308	kWh/a	
Energie OPTIMAL	$E_{opt} =$	29'486	kWh/a	
	Energiesparpotential	3'822	kWh/a	
in % bezogen auf IST-Zustand		11%	Feincheck nicht notwendig!	
5.3 Wirtschaftlichkeit (W-Faktor)				
IST Kosten heute	$W_{ist} =$	4'996	[CHF/a]	
OPTIMALE Kosten (Kosten techn. Optimum)	$W_{opt} =$	4'423	[CHF/a]	
	wirtschaftliches Optimierungspotential	573	[CHF/a]	
5.4 Überprüfung Auslegung - Messungen				
Förderhöhe Differenz	$(H - \Delta P_{dyn})/H$	0.17	[-]	ok
Fördermenge Differenz	$(Q - Q_{eff})/Q$	0.10	[-]	ok

Korrekturfaktoren für die Berechnung des optimalen Pumpenwirkungsgrad

Von Reto Baumann, Häny AG, Jona
Datum 17.02.2009
Anpassung Y. Roth, Ryser Ingenieure AG

Maximal erreichbarer Wirkungsgrad bei einstufigen Pumpen in Abhängigkeit von nq
(umfasst mit nq 10 - nq 100 den Bereich der radial und halbaxial durchströmten Kreiselpumpen)

nq - Bereich		
von	bis	ETA hydr. Max (approximativ)
10	25	70 %
26	30	75 %
31	35	80 %
36	55	84 %
56	75	83 %
76	100	82 %

Gewichtung nach der Baugröße:

(kleinere Baugrößen erreichen konstruktionsbedingt einen tieferen Wirkungsgrad)

nq - Bereich	Q - Bereich	Korrekturfaktor für ETA hydr.			
von	bis	von	bis	l/s	0.95
		11	20	l/s	0.95
		21		l/s	1
30	35	11	20	l/s	0.9
		21	40	l/s	0.95
		41		l/s	1

alle anderen Varianten können mit dem Faktor 1 gerechnet werden.

Gewichtung nach der Stufenzahl:

(mehrstufige Pumpen mit hoher Stufenzahl haben bedingt durch Umlenkverluste einen tieferen

Anzahl Stufen

2	4	1
5	8	0.99
9	12	0.98
13	17	0.96
18	22	0.93

Motoren Effizienzklassen IE3 (trockenaufgestellt)

Herkunft <http://www.motorsystems.org/downloads>

Von Ronald Tanner

kW	Wirkungsgrade in %			Hilfswerte
	2-poles	4-poles	6-poles	
0.8	80.7	82.5	78.9	1.1
1.1	82.7	84.1	81	1.5
1.5	84.2	85.3	82.5	2.2
2.2	85.9	86.7	84.3	3.0
3.0	87.1	87.7	85.6	4.0
4.0	88.1	88.6	86.8	5.5
5.5	89.2	89.6	88	7.5
7.5	90.1	90.4	89.1	11.0
11.0	91.2	91.4	90.3	15.0
15.0	91.9	92.1	91.2	18.5
18.5	92.4	92.6	91.7	22.0
22.0	92.7	93	92.2	30.0
30.0	93.3	93.6	92.9	37.0
37.0	93.7	93.9	93.3	45.0
45.0	94	94.2	93.7	55.0
55.0	94.3	94.6	94.1	75.0
75.0	94.7	95	94.6	90.0
90.0	95	95.2	94.9	110.0
110.0	95.2	95.4	95.1	132.0
132.0	95.4	95.6	95.4	160.0
160.0	95.6	95.8	95.6	200.0
200.0	95.8	96	95.8	220.0
220.0	95.8	96	95.8	250.0
250.0	95.8	96	95.8	300.0
300.0	95.8	96	95.8	330.0
330.0	95.8	96	95.8	375.0
375.0	95.8	96	95.8	

am höchsten

Gültigkeit Annäherungsverfahren R. Tanner von R. Tanner erweitert

mech. Leistung [kW]	Mot.Leist. Interpolation X	Wirkungsgrade		
		2-polig	4-polig	6-polig
6.6	5.5	untere Grenze	89.2	89.6
	7.5	obere Grenze	90.1	90.4

extrapolierte Wirkungsgrade			
Polpaarzahl	1	2	
Wirkungsgrad	89.7	90.1	88.6

Motoren von Unterwassermotorpumpen UWP

Herkunft empirisch

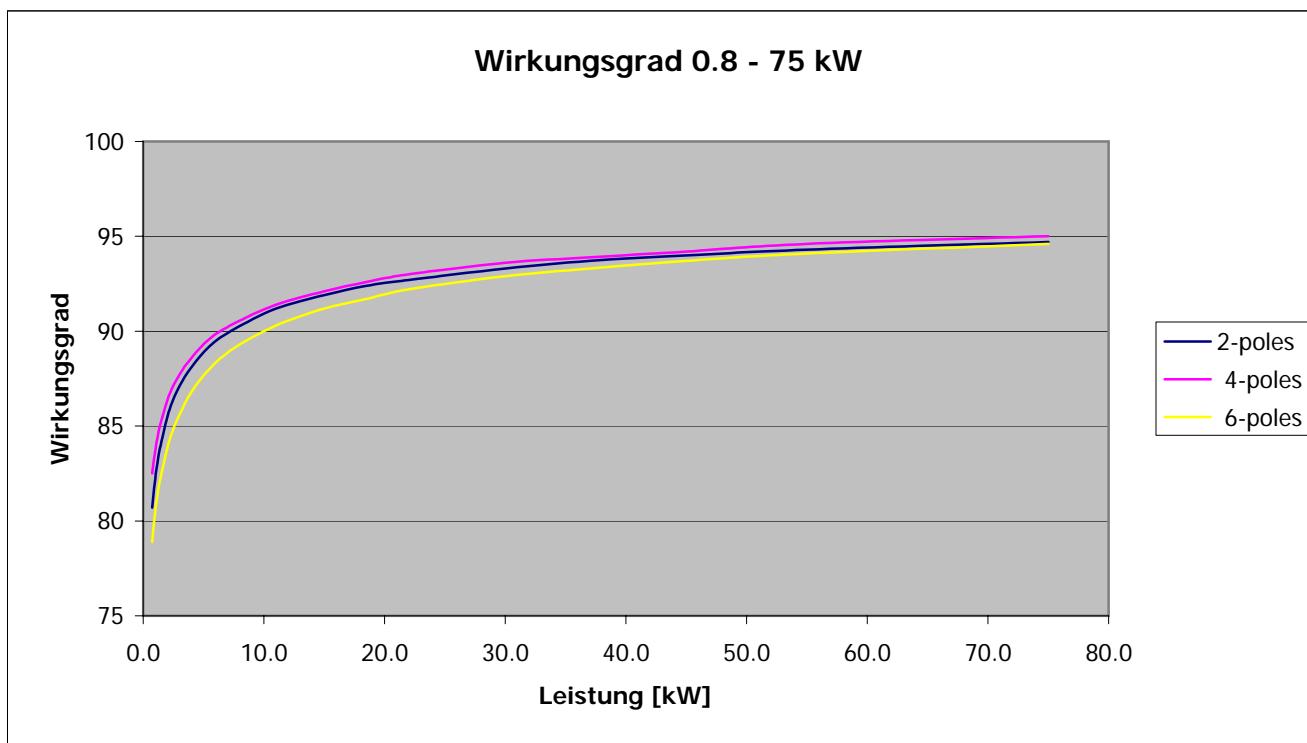
Von Reto Baumann
Datum 04.06.2009

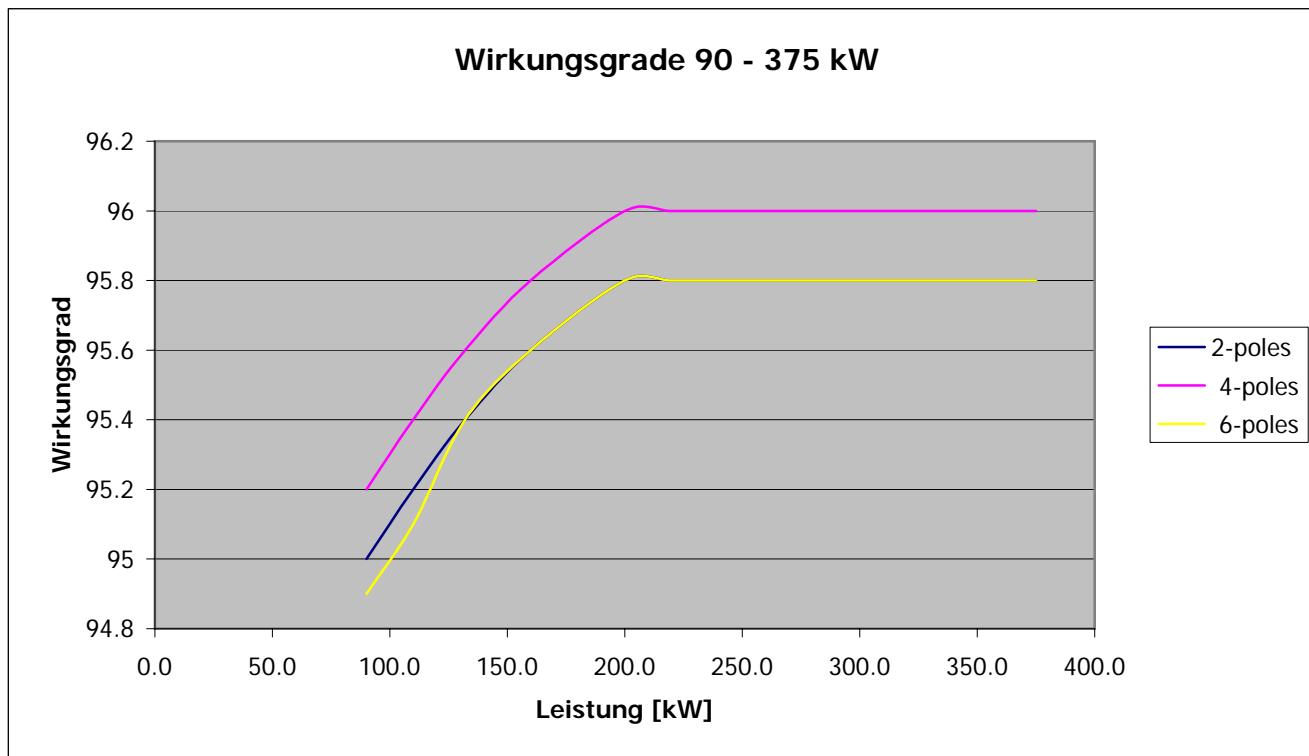
kW	Wirkungsgrade		
(P2M)	2-poles	4-poles	Hilfswerte
0.8	82.0	82.5	1.1
1.1	83.0	83.5	1.5
1.5	84.0	84.5	2.2
2.2	85.0	85.5	3.0
3.0	86.0	86.5	4.0
4.0	87.0	87.5	5.5
5.5	88.0	88.5	7.5
7.5	88.0	88.5	11.0
11.0	88.0	88.5	15.0
15.0	88.5	89.0	18.5
18.5	88.5	89.0	22.0
22.0	88.5	89.0	30.0
30.0	88.5	89.0	37.0
37.0	89.0	89.5	45.0
45.0	89.0	89.5	55.0
55.0	89.0	89.5	75.0
75.0	89.5	90.0	90.0
90.0	89.5	90.0	110.0
110.0	89.5	90.0	132.0
132.0	90.0	90.5	160.0
160.0	90.0	90.5	200.0
200.0	90.0	90.5	220.0
220.0	90.0	90.5	250.0
250.0	90.0	90.5	300.0
300.0	90.0	90.5	330.0
330.0	90.0	90.5	375.0
375.0	90.0	90.5	

mech. Leistung [kW]	Mot.Leist. Interpolation X	Wirkungsgrade	
		2-polig	4-polig
6.6	5.5	untere Grenze	88
	7.5	obere Grenze	88

extrapolierte Wirkungsgrade

Polpaarzahl	1	2
Wirkungsgrad	88.0	88.5





Feincheck: zu erhebende Daten und durchzuführende Messungen

1. Die Pumpencharakteristik ist mit mindestens 3 Punkten zu erheben.
Zu messen:
 - Q [l/min] / H [m]
 - Q [l/min] / P [kW], wobei für P der Strom, die Spannung und der cos phi notwendig resp. zu messen sind
2. Q über vorhandenen MID mit Kontrolle der Einbausituation gemäss Herstellerangaben (Beruhigungsstrecke vor und nach Messung).
3. Plausibilitätsüberprüfung MID mittels mobiler Ultraschalldurchflussmessung (bei fehlender MID ein Muss)
4. Messung H [m] mit geeichtem Digitalmanometer (Saug- und Druckseite)
5. Strom + Spannung + cos phi auf allen 3 Phasen; cos phi muss gemessen werden!
6. Berücksichtigung von Blindstromkompensation
 - geregelt oder ungeregelt
 - verdrosselt oder unverdrosselt
7. Wasserstand Brunnen / Saugbassin / GW-Fassung → Eingangsdruck
8. Wasserstand Reservoir, in welches gepumpt wird?
9. Detaillierte Verlustrechnung der Rohrleitungen ab Pumpenachse bis zum Manometer unter Berücksichtigung der Rohrleitungs durchmesser (Bernoulli-Geschwindigkeits-Quadrat) gemäss ISO 9906.
10. Vorhandensein und wenn ja Art der Frequenzumformung FU
11. Berücksichtigung aller Starthilfen (Sanftanlasser) → Verluste → Wartezeit bis Messung
12. Berücksichtigung des FU → Verluste → Wartezeit bis Messung
13. Beurteilung des Isolationszustandes der Motorenwicklung.
14. Vibrationsmessung an der Pumpe selbst oder bei Unterwasserpumpen am Steigrohr in Form einer FFT-(Fast-Fourier-Transformation)-Frequenzbandanalyse.
15. Ausrichtung Motor – Pumpe.
16. Kavitationsbewertung an der laufenden Pumpe
17. Wälzlagerzustand
18. Zustand Dichtungen Motor und Pumpe (optisch, Leckage)
19. Systemanalyse: Betriebsart / Bewirtschaftung / Steuerung

Bericht

20. Beurteilung und Auswertung aller Werte mit Toleranzangaben und Beurteilung der ganzen Messungen in klar verständlichem und selbsterklärendem Bericht (Vergleiche mit Ursprungskennlinie: Messkurve oder Katalogkennlinie)
21. Beurteilung Gesamtsystem: Beurteilung seinerzeitige Auslegung und gerechnete Parameter (sofern vorhanden)
22. Suchen und vergleichen mit bestmöglicher oder „best-passender“ Pumpe auf dem Herstellermarkt
23. Wirtschaftlichkeitsnachweis des Ersatzes der Pumpe bzw. der energetischen Verbesserungsmassnahmen.