



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](http://www.bfe.admin.ch)

**Auftragnehmer:**

Ryser Ingenieure AG  
Engestrasse 9  
3000 Bern 9  
[www.rysering.ch](http://www.rysering.ch)

**Autoren:**

Beat Kobel, Ryser Ingenieure AG, [beat.kobel@rysering.ch](mailto:beat.kobel@rysering.ch)  
Yann Roth, Ryser Ingenieure AG, [yann.roth@rysering.ch](mailto: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 Unterwasserpumpenwirkungswerte 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 Energieeinsparpotential 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:

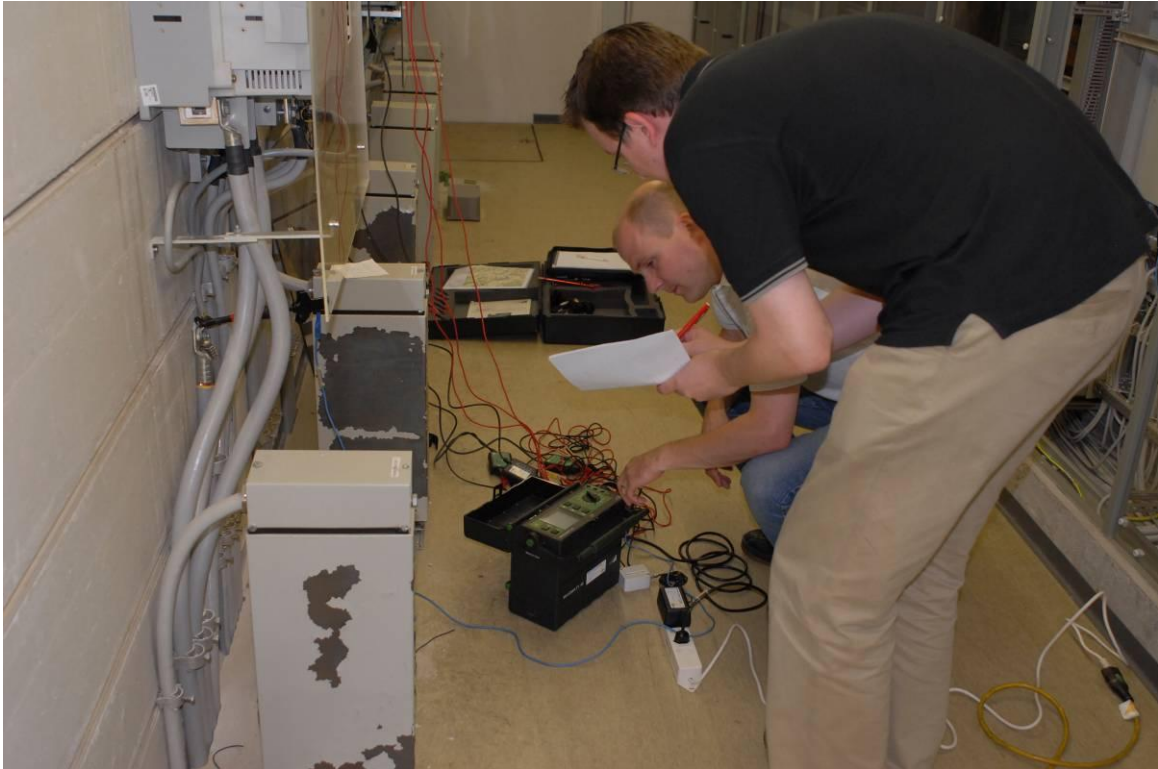
- Sils i.E.
- Buchs
- Uzwil
- Lausanne
- SWG Worben

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 gewonnenen 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

Kommentar Hilfe

### Wasserversorgung

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

### Abzulesende Daten (ab Datenschild Motor und Pumpe):

#### Motor

Fabrikat / Firma		Motor der Firma? -> Motorendatenschild
Nennleistung	$P_N$	kW -> Motorendatenschild
Nennstrom	$I_N$	A -> Motorendatenschild
Nennspannung	$U_N$	V -> Motorendatenschild
Drehzahl	$n$	$\text{min}^{-1}$ -> Motorendatenschild

#### Pumpe

Fabrikat		-> Pumpendatenschild
Pumpentyp		Unterwasserpumpe? Tauchmotorpumpe? trocken aufgestellte Pumpe?
Anzahl Stufen Pumpe		Anzahl Stufen bei einer mehrstufigen Hochdruckpumpe
Baujahr		klar
Serien-Nr.		-> Pumpendatenschild

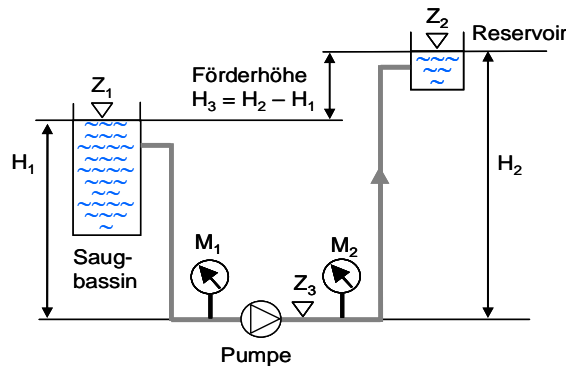
### Jahresdaten

Stromverbrauch Pumpe / Jahr	$E_a$	kWh/a	wieviel Strom "frisst" die Pumpe pro Jahr?
Betriebsstunden Pumpe / Jahr	B	h/a	wieviele Std. pro Jahr läuft die Pumpe?
Fördermenge Pumpe / Jahr	$Q_a$	$\text{m}^3/\text{a}$	wieviele Kubikmeter Wasser werden pro Jahr mit dieser Pumpe gefördert?
Strompreis		CHF/kWh (inkl. allen Zuschlägen und Leistungspreisen)	welches ist der durchschnittliche Energiepreis?
Jahresstromkosten		0 CHF/a	wird automatisch ausgerechnet...

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

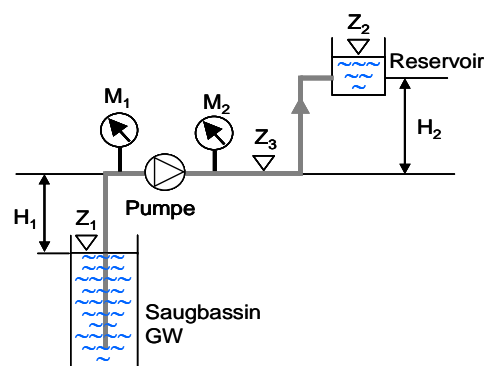
Datum / Zeit der Messung		... .20 / von ... bis ... Uhr	
Fördermenge	Q	l/s	ganz genau messen!
Förderhöhe:		bitte Daten in beigelegtem Messblatt eintragen!	ganz genau messen!
Netzspannung	U	V	
Phasenstrom 1	$I_{Ph}$	A	Achtung: FU muss ausgeschaltet sein und Messung zwischen ev. Blindstromkompensation und Motorenklemmen stattfinden.
Phasenstrom 2	$I_{Ph}$	A	Achtung: FU muss ausgeschaltet sein und Messung zwischen ev. Blindstromkompensation und Motorenklemmen stattfinden.
Phasenstrom 3	$I_{Ph}$	A	Achtung: FU muss ausgeschaltet sein und Messung zwischen ev. Blindstromkompensation und Motorenklemmen stattfinden.

Datum / Unterschrift

☐ Saugbassin **oberhalb** Pumpe

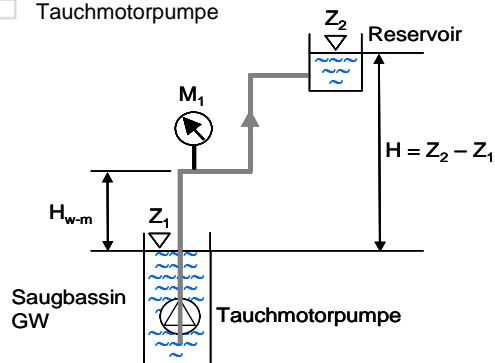
Bitte eintragen was gemessen wurde (bitte NICHTS ausrechnen, nur messen!):

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

☐ Tauchmotorpumpe

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

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

Onlineansatz

Datum

04.06.2009

Eingaben ab Datenschild: ablesen!

Verfasser 1

Y.Roth

Messungen: nur MESSEN, NICHT BERECHNEN!!

Berechnung: wird automatisch gemacht!

**Priorisierung Pumpen (je höher Zahl, ....)**

=(Laufzeit \* Leistung)/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 <sup>2</sup> ]
Dichte Wasser	ρ=	1'000 [kg/m <sup>3</sup> ]
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 <sup>3</sup> /s
1.6.2 Auslegung Förderhöhe Pumpe	H	30 [m]	
1.6.3 Nennleistung (mech.) Motor	P <sub>n</sub> =P <sub>mech</sub>	7'500 [W]	7.5 [kW]
1.6.4 Nenndrehzahl Motor	n <sub>n</sub>	1'455 [1/min]	
1.6.5 Wirkungsgrad Motor Nennbelastung	η <sub>n</sub>	0.82 [-]	
1.6.6 Nennstrom Motor	I <sub>n</sub>	16 A	
1.6.7 cos φ bei Nennbelastung	cos φ <sub>n</sub>	0.9 [-]	
1.6.8 Nennspannung Motor	U <sub>n</sub>	400 [V]	

### 1.7 Typ der Pumpe

1.7.1 trocken aufgestellt	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 <sub>eff</sub>	18 [l/s]	0.018 m <sup>3</sup> /s
2.2 Förderhöhe gemessen	ΔP <sub>dyn</sub>	25 [m]	
2.3 Strommessung (FU?, Blindstromkompensation?)			Phasencheck:
2.3.1 Strom Phase 1	I <sub>phase1</sub>	14 [A]	ok
2.3.2 Strom Phase 2	I <sub>phase2</sub>	14 [A]	ok
2.3.3 Strom Phase 3	I <sub>phase3</sub>	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				alternativ:
elektr. Leistung bei Nennbelastung	$P_{elektr, n} =$	9'977 [W]	10.0 [kW]	9'146
Annäherung: Strommessung				
Näherungsfaktor (R. Tanner)	$p_o$	-0.342		
Näherungsfaktor (R. Tanner)	$p_x$	1.345		
Lastverhältnis	$P_{elek}/P_{elektr, n} =$	0.83	ok	
elektr. Leistung im Betriebspunkt	$P_{elek} =$	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)	
			$Q_{eff}$ [m³/s]	
			$H$ [m] = $\Delta P_{dyn}/\text{Anzahl Stufen}$ , wenn mehrstufig	
Gewichtung nach Laufradtyp: Tabelle, welche in Abhängigkeit vom $n_q$ den maximal erreichbaren hydraulischen Wirkungsgrad angibt.	$\eta_{hydr, max} =$	0.70		
Gewichtung nach Baugrösse (Q): kleinere Pumpen erreichen konstruktionsbedingt einen niedrigeren Wirkungsgrad als grössere Pumpen mit der gleichen Drehzahl ( $n_q$ )	korr.Faktor=	0.95		
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	$P_{mech, opt} =$	6'638 [W]	6.6 [kW]	
bestmöglicher Motorenwirkungsgrad	$\eta_{Motor, opt} =$	0.90	Interpolation in Datenblatt "Motoren IE3"	
elektr. Leistung im Optimum	$P_{el, opt} =$	7'371 [W]	7.4 [kW]	
4.4 Gesamtwirkungsgrad OPTIMAL	$\eta_{total, opt} =$	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		
	<b>Energiesparpotential</b>	<b>3'822 kWh/a</b>		
	<b>in % bezogen auf IST-Zustand</b>	<b>11%</b>	<b>Feincheck nicht notwendig!</b>	
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]		
	<b>wirtschaftliches Optimierungspotential</b>	<b>573 [CHF/a]</b>		
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 optimaler 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  $n_q$**   
 (umfasst mit  $n_q$  10 -  $n_q$  100 den bereich der radial und halbaxial durchströmten kreiselpumpen)

<b><math>n_q</math> - Bereich</b>		
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)

**$n_q$  - Bereich              Q - Bereich              Korrekturfaktor für ETA hydr.**  
 von              bis              von              bis

		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	<b>82.5</b>	78.9	1.1	Gültigkeit Annäherungsverfahren R. Tanner
1.1	82.7	<b>84.1</b>	81	1.5	
1.5	84.2	<b>85.3</b>	82.5	2.2	
2.2	85.9	<b>86.7</b>	84.3	3.0	
3.0	87.1	<b>87.7</b>	85.6	4.0	
4.0	88.1	<b>88.6</b>	86.8	5.5	
5.5	89.2	<b>89.6</b>	88	7.5	
7.5	90.1	<b>90.4</b>	89.1	11.0	
11.0	91.2	<b>91.4</b>	90.3	15.0	
15.0	91.9	<b>92.1</b>	91.2	18.5	
18.5	92.4	<b>92.6</b>	91.7	22.0	
22.0	92.7	<b>93</b>	92.2	30.0	
30.0	93.3	<b>93.6</b>	92.9	37.0	
37.0	93.7	<b>93.9</b>	93.3	45.0	
45.0	94	<b>94.2</b>	93.7	55.0	
55.0	94.3	<b>94.6</b>	94.1	75.0	
75.0	94.7	<b>95</b>	94.6	90.0	
90.0	95	<b>95.2</b>	94.9	110.0	von R. Tanner erweitert
110.0	95.2	<b>95.4</b>	95.1	132.0	
132.0	95.4	<b>95.6</b>	95.4	160.0	
160.0	95.6	<b>95.8</b>	95.6	200.0	
200.0	95.8	<b>96</b>	95.8	220.0	
220.0	95.8	<b>96</b>	95.8	250.0	
250.0	95.8	<b>96</b>	95.8	300.0	
300.0	95.8	<b>96</b>	95.8	330.0	
330.0	95.8	<b>96</b>	95.8	375.0	
375.0	95.8	<b>96</b>	95.8		

am höchsten

mech. Leistung [kW]	Mot.Leist. Interpolation X	Wirkungsgrade			
			2-polig	4-polig	6-polig
6.6	5.5	untere Grenze	89.2	89.6	88
	7.5	obere Grenze	90.1	90.4	89.1

extrapolierte Wirkungsgrade			
	2-polig	4-polig	6-polig
Polpaarzahl	1	2	3
Wirkungsgrad	<b>89.7</b>	<b>90.1</b>	<b>88.6</b>



## Motoren von Unterwassermotorpumpen UWP

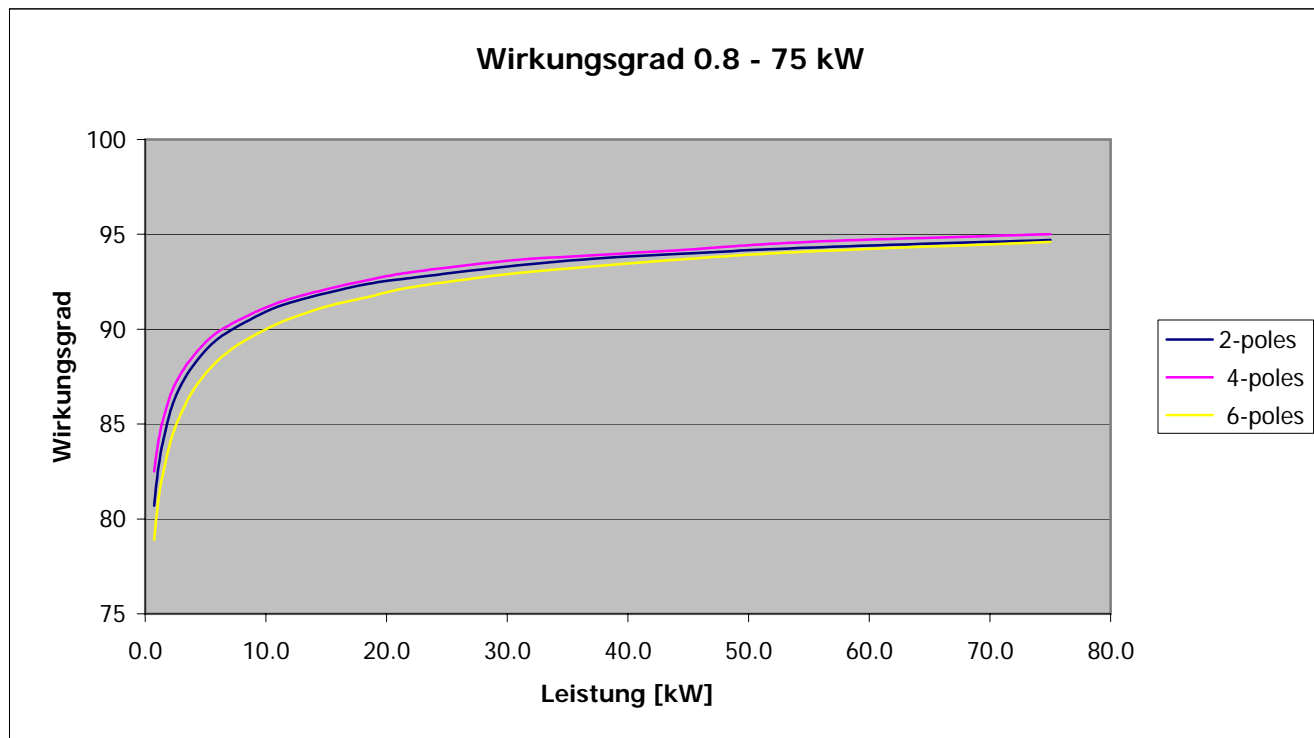
Herkunft empirisch

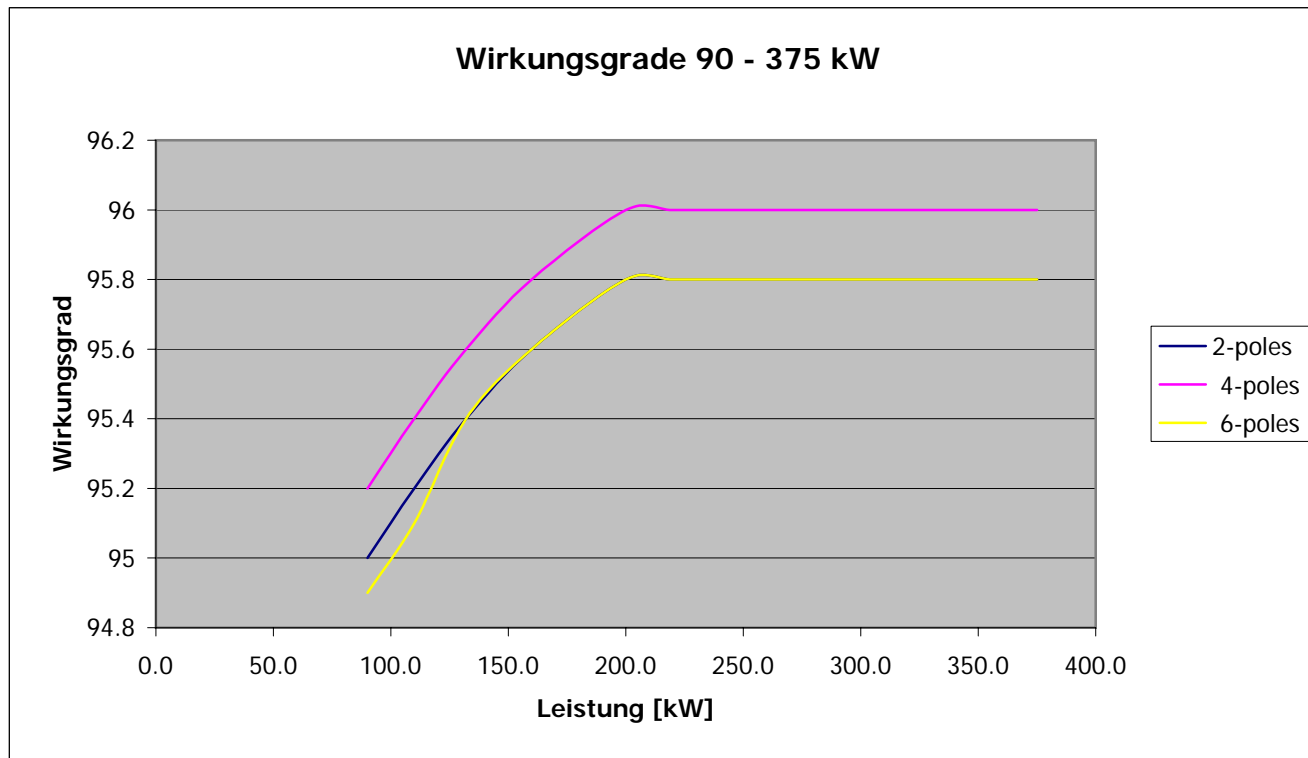
Von Reto Baumann  
Datum 04.06.2009

kW (P2M)	Wirkungsgrade		Hilfswerte
	2-poles	4-poles	
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	88.5	
	7.5	obere Grenze	88	88.5	

extrapolierte Wirkungsgrade		
	2-polig	4-polig
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 Rohrleitungsdurchmesser (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.