

A dynamic background image of water splashing and bubbling. A blue rectangular logo is overlaid on the left side, containing the company name and website. The text is in white and blue colors.

**ALWIN
EPPLER**

www.eppler.de

Ingenieurbüro

ALWIN EPPLER GmbH & Co. KG

***Dienstleistungen
für Mensch und Umwelt***



**Management und Technik zur Optimierung
der Energie- und Kosteneffizienz**



**Ingenieurbüro
ALWIN EPPLER
GmbH & Co. KG**

Prozessoptimierung im Hinblick auf die Energieeffizienz aus Sicht eines Planungsbüros

U. Kornhaas Ing.-Büro A. Eppler, Dornstetten

26. Trinkwasserkolloquium Wasserversorgung und Energie

**Max-Planck-Institut für Festkörperforschung
der Universität Stuttgart
16. Februar 2012**

- **Fördersysteme in der Wasseraufbereitung**
 - Energetische Betrachtung
 - Grundlagen der Leistungsaufnahme
 - Grundausslegung eines Fördersystems
 - Auswahl der Motoren nach Energieeffizienzklassen

- **Projektbeispiele**
 - Energetische Optimierung von Tief- und Förderpumpen einer Wasserversorgungsgruppe
 - Prozessoptimierung einer zentralen Enthärtungsanlage
 - Austausch von Pumpen höherer Effizienzklasse
 - Energieoptimierung durch energie-/hydraulikoptimierte Netzpumpenanpassung

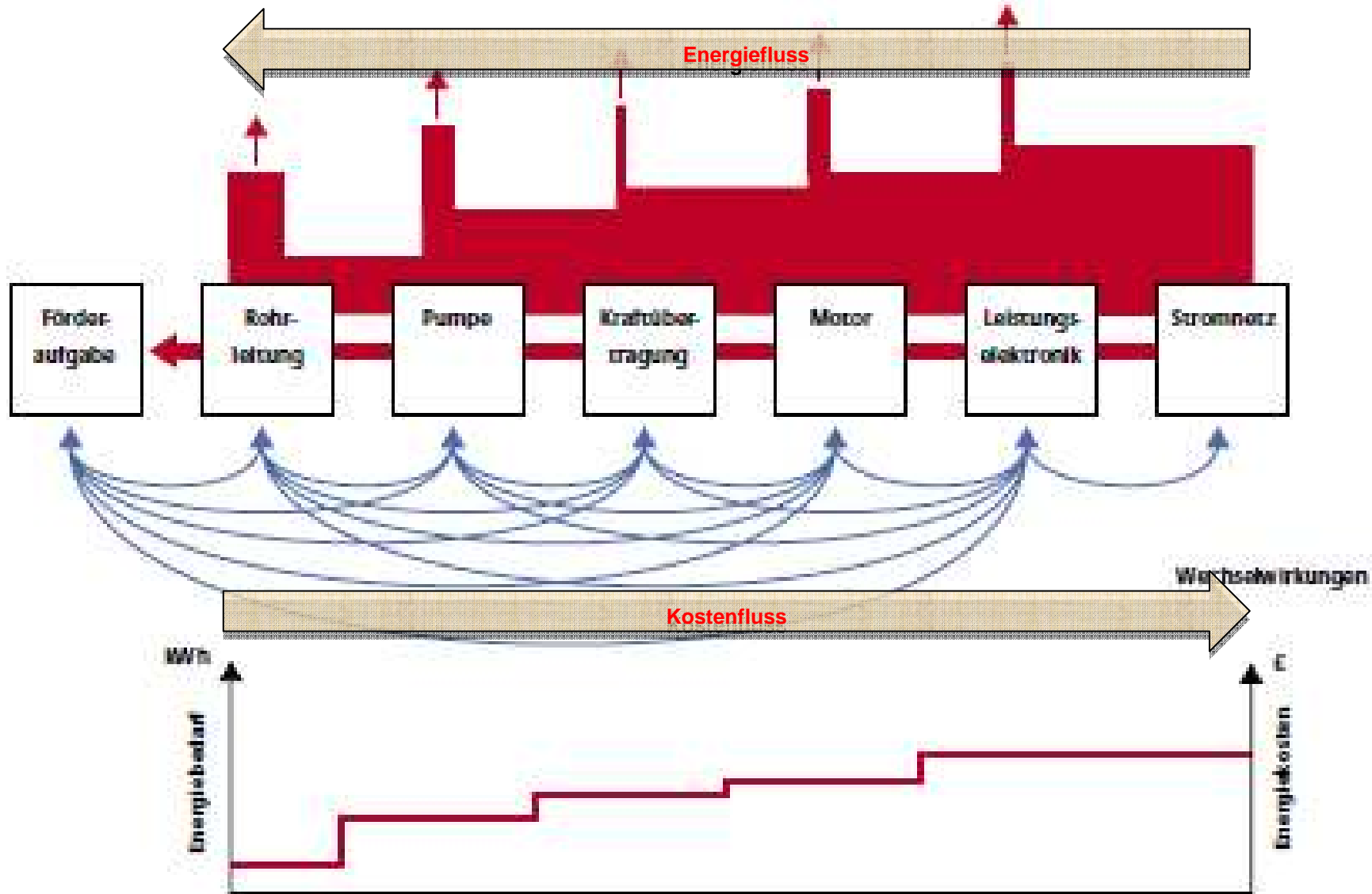
Pumpensysteme

Zur Förderung von Flüssigkeiten kommen i. d. R. Pumpensysteme bestehend aus elektrischem Antriebsmotor mit angebauter Pumpe zum Einsatz.



Druckerhöhungsanlagen

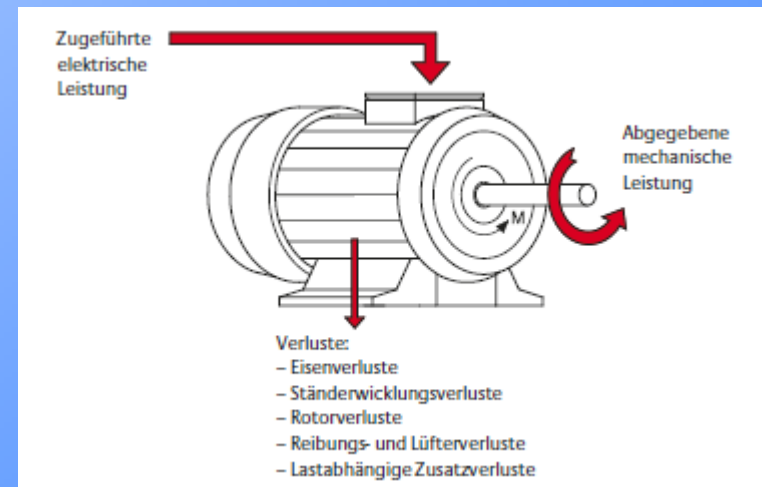
Im wesentlichen bestehend aus Steuereinheit mit Leistungselektronik, Pumpensystem und Druckbehälter.

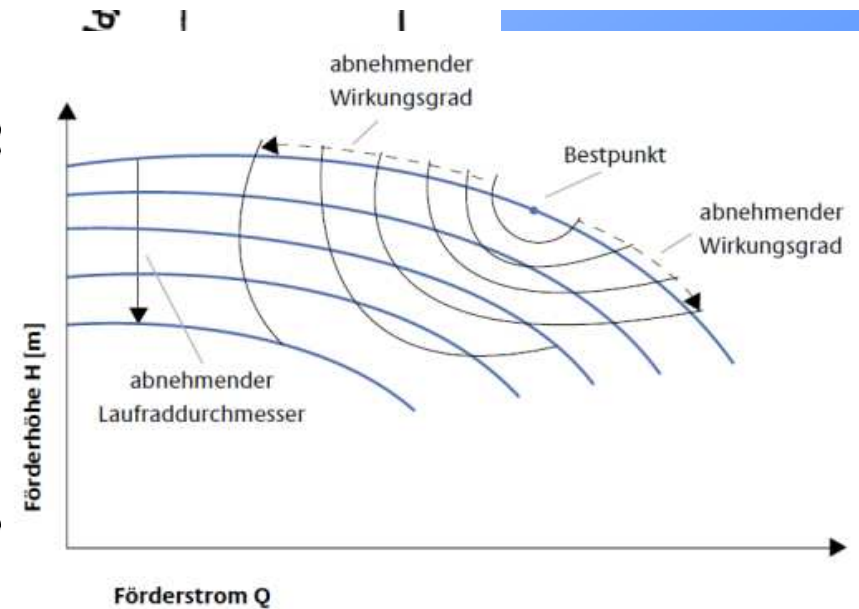
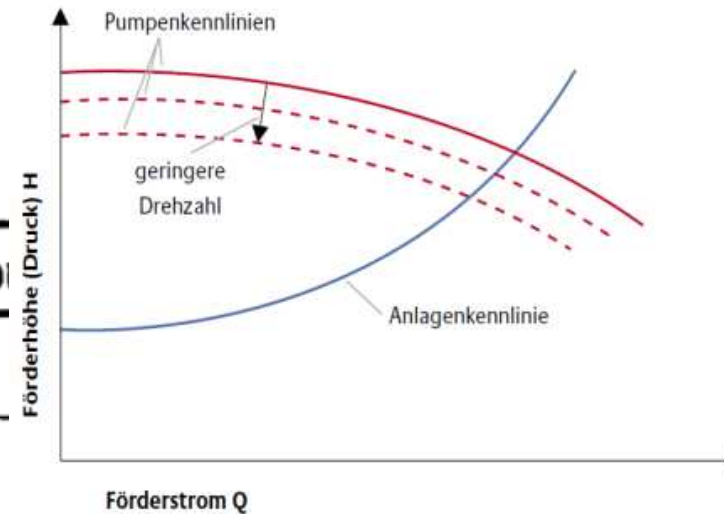
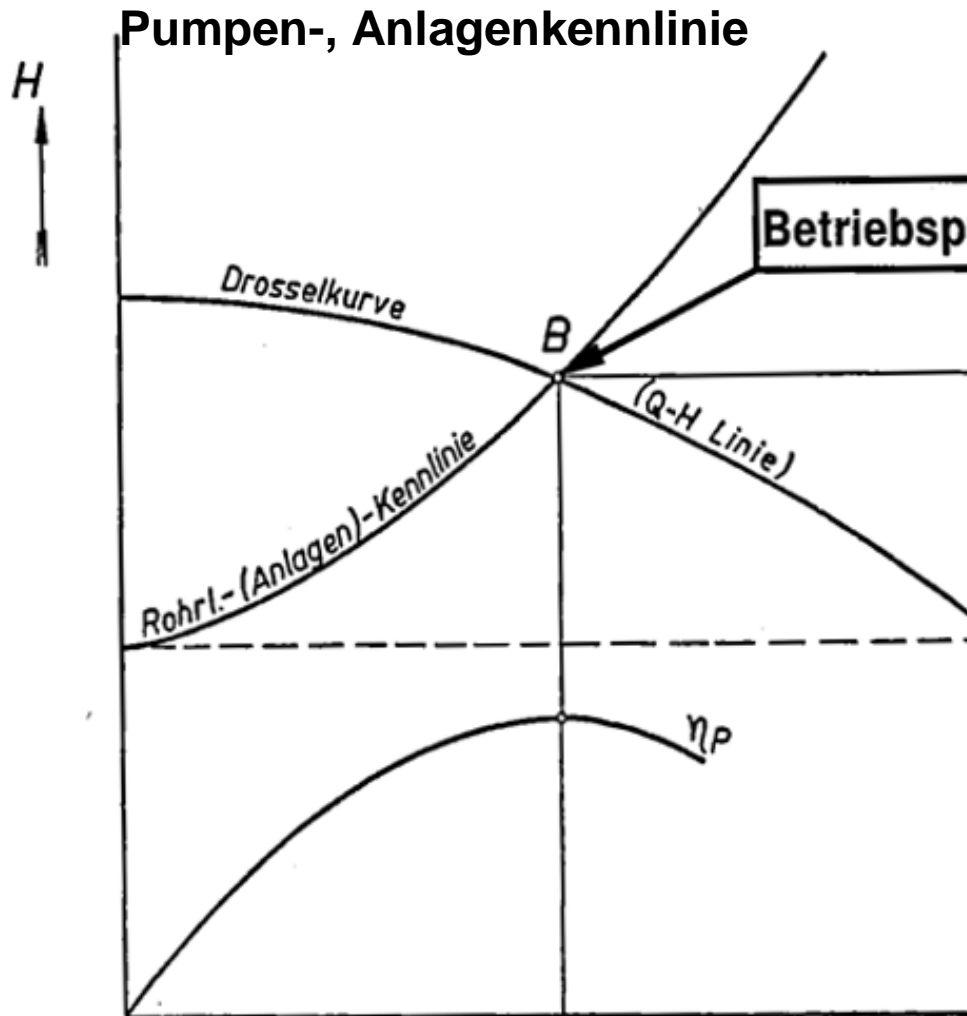


Die elektrische Leistungsaufnahme von Fördersystemen lässt sich mit folgender Gleichung berechnen:

$$P_{elektrisch} = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{\eta_{Pumpe} \cdot \eta_{Motor}}$$

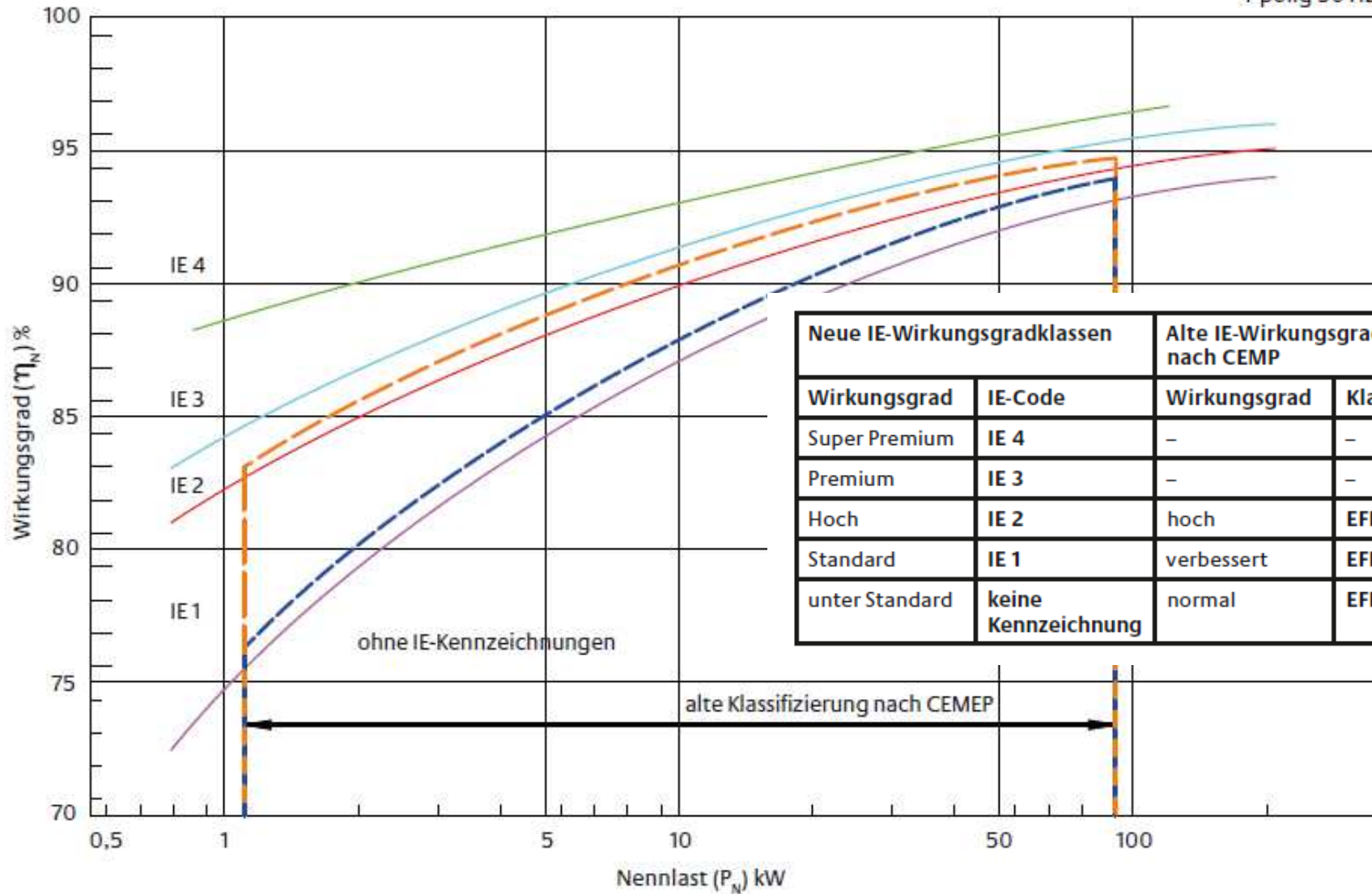
- ρ = Dichte des Fördermittels [kg/m³]
 g = Fallbeschleunigung [m/s²]
 H = Förderhöhe [m]
 Q = Förderstrom [m³/h]
 η_{Pumpe} = Wirkungsgrad der Pumpe
 η_{Motor} = Wirkungsgrad des Pumpenmotors





- Der **Wirkungsgrad** η_{Motor} und η_{Pumpe} beschreibt dabei die Güte der Energieumwandlung
- Der **Motor-Wirkungsgrad** ist abhängig von den Motorverlusten. Die Güte eines Motors wird in die **IE-Effizienzklassen 1 - 4** eingeteilt.
- Bei Pumpen gibt es eine derartige Einstufung nicht. Die **Effizienz der Energieumwandlung** ist von dem zu fördernden Volumenstrom, der Form des Laufrades und des Pumpentyps abhängig. Den bestmöglichen Wirkungsgrad erreicht eine Kreiselpumpe bei konstanter Drehzahl in einem **optimalen Betriebspunkt**.

4-polig 50 Hz



Neue IE-Wirkungsgradklassen		Alte IE-Wirkungsgradklassen nach CEMEP	
Wirkungsgrad	IE-Code	Wirkungsgrad	Klasse
Super Premium	IE 4	–	–
Premium	IE 3	–	–
Hoch	IE 2	hoch	EFF 1
Standard	IE 1	verbessert	EFF 2
unter Standard	keine Kennzeichnung	normal	EFF 3

Laut EU-Verordnung gibt es seit 11. März 2009 erstmals eine verbindliche Regelung für Motoren und den Einsatz von Frequenzumrichtern. Hier werden für verschiedene Leistungsklassen folgende IE-Effizienzklassen als gesetzliche Mindestenergieeffizienzstandards vorgegeben:

- Leistungsklasse 0,75 - 375 kW: mindestens IE2 **seit 16.Juni 2011**
- Leistungsklasse 7,5 - 375 kW: mindestens IE3 oder IE2
mit Frequenzumrichter **ab 1. Januar 2015**
- Leistungsklasse 0,75 - 375 kW: mindestens IE3 oder IE2
mit Frequenzumrichter **ab 1. Januar 2017**



energetische Überprüfung der
Tiefbrunnen und Förderpumpen

einer
Wasserversorgungsgruppe



Hier war ein **erhöhter Stromverbrauch im Verhältnis zur geförderten Wassermenge** der Auslöser für eine **detaillierte energetische Überprüfung der Tiefbrunnen und Förderpumpen.**

Es ist wichtig, dass der **aktuelle Energieverbrauch jedes einzelnen Aggregats** genau erfasst und analysiert wird. Neben der **Ermittlung der einzelnen elektrischen Leistungsaufnahmen** gilt es, die **Förderhöhen, Jahresfördermengen, Gesamtenergiebezug, Baujahr** und **allgemeiner Zustand der Aggregate** etc. aufzunehmen.

Um möglichst genaue Ergebnisse zu erzielen, wurden folgende **Messverfahren und Parameter** festgelegt:

- | | | |
|-----------------------------------|---|--------------------|
| ■ Höhe Behältereinlauf ü.NN | - | Ruhedruck |
| ■ Höhe Ruhewasserstand ü.NN | - | Förderdruck |
| ■ Höhe Beharrungswasserstand ü.NN | - | Aufgenommene |
| ■ Höhe Druckmessung ü. NN | | Wirkleistung Pumpe |

Um die elektrische Leistungsaufnahme möglichst genau zu ermitteln, wurde jeweils ein **Wirkleistungszähler** in die Pumpenzuleitung eingebaut.



Überprüfung:

- **Arbeitet die alte Pumpe innerhalb/nahe ihres optimalen Betriebspunktes?**
- **Entspricht der Wirkungsgrad noch den Herstellerangaben?**
- **Welches Wirkungsgradniveau erreicht die Pumpe im Hinblick auf den aktuellen Stand der Technik?**
- **Wie gut ist die Pumpe erhalten? → Verschleiß!**
- **Wie hoch sind die Rohrleitungs- Systemverluste?**

Überprüfung: Prinzipskizze Förderpumpen

Uhrzeit

Überprüfung Beginn _____ Uhr

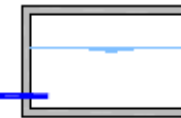
Überprüfung Ende _____ Uhr

Elektrische Arbeit _____ kW/h

Wasserstand _____ m.ü.NN
zu Beginn der Überprüfung

Wasserstand _____ m.ü.NN
zum Ende der Überprüfung

Behälter Einlauf _____ m.ü.NN



Wasserstand _____ m.ü.NN
zu Beginn der Überprüfung

Wasserstand _____ m.ü.NN
zum Ende der Überprüfung

Fördermenge _____ l/s

Zählerstand _____ m³
zu Beginn der Überprüfung

Zählerstand _____ m³
zum Ende der Überprüfung

Druckmessung
_____ m.ü.NN



Wirkleistung Pumpe _____ kW

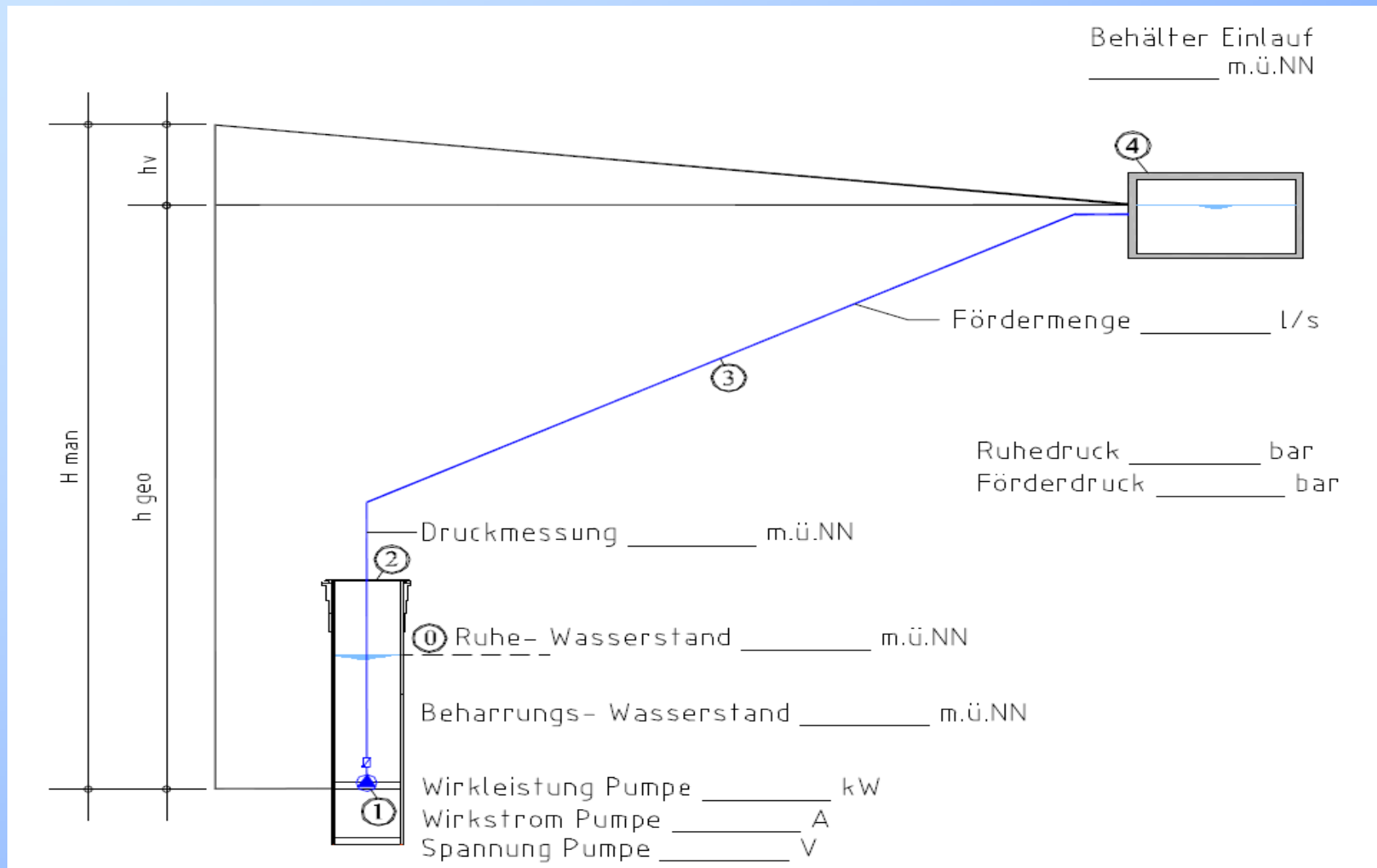
Wirkstrom Pumpe _____ A

Spannung Pumpe _____ V

Ruhedruck _____ bar

Förderdruck _____ bar

Überprüfung: Prinzipskizze Tiefbrunnen



Energieeinsparung Tiefbrunnenpumpen

Lfd.-Nr.	Ort	Fabrikat, Baujahr	Förderhöhe geodätisch [m]	Förderhöhe manometrisch [m]	Differenz Förderhöhen durch Reibungsverluste [m]	Fördermenge [l/s]	Elektrische Leistungsaufnahme [kW]	Gesamtwirkungsgrad [%]	Elektrische Energie je m³ in [kWh]	Jahresförderung 2006 [m³]	Energieverbrauch 2006 für Rohwasserförderung [kWh/h]	Gesamtwirkungsgrad neue Pumpe Fabr. Grundfos Herstellerangaben in [%]	Jährliches Einsparpotential [kWh/a]	Jährliches Einsparpotential bei 0,06€/kWh [€]	Jährliche CO ₂ Einsparung [kg]
1	TB Altingen III	Pleuger, Baujahr 2000	61,31	63,15	1,84	51,23	54,80	57,91	0,297	943.375	280.310	66,00	34341	2060,44	24038
2	TB Breitholz	Pleuger, Baujahr 1995	52,55	54,95	2,40	14,23	19,87	38,61	0,388	316.116	122.613	63,00	47478	2848,71	33235
3	TB Poltringen I	Pleuger, Baujahr ca.1986	18,18	18,48	0,30	33,40	14,58	41,53	0,121	379.919	46.068	59,00	13641	818,46	9549
4	TB Poltringen II	Pleuger, Baujahr ca.1986	23,19	23,41	0,22	49,60	25,36	44,92	0,142	658.488	93.522	60,00	23511	1410,67	16458
5	TB Entringen I	Ritz, Baujahr 1999	32,88	35,73	2,85	48,75	49,30	34,66	0,281	405.150	113.811	61,00	49144	2948,64	34401
6	TB Entringen II	Pleuger, Baujahr 1999	28,73	29,58	0,85	38,50	23,96	46,63	0,173	271.216	46.886	58,00	9193	551,60	6435
7	TB Kiebingen I/1	Pleuger, Baujahr 2003	7,55	7,84	0,29	45,20	9,78	35,55	0,060	170.117	10.225	42,00	1571	94,28	1100
8	TB Kiebingen I/2	Pleuger, Baujahr 2007	7,55	7,84	0,29	35,50	7,15	38,19	0,056	170.117	9.518	42,00	864	51,85	605
9	TB Kiebingen II	Pleuger, Baujahr 1995	10,77	11,85	1,08	36,10	10,92	38,43	0,084	305.837	25.698	55,00	7742	464,53	5419
10	TB Kiebingen III	Pleuger, Baujahr 1997	12,35	13,04	0,69	18,71	7,24	33,06	0,107	158.402	17.026	49,00	5539	332,36	3878
11	TB Kiebingen IV	Pleuger, Baujahr 1987	11,25	11,82	0,57	23,16	9,76	27,52	0,117	196.538	23.007	46,00	9245	554,70	6472
12	TB Kiebingen V	Pleuger, Baujahr 1989	11,62	12,11	0,49	14,05	5,79	28,83	0,114	119.518	13.681	49,00	5632	337,94	3943
13	TB Kiebingen VI	Pleuger, Baujahr 1989	11,74	12,95	1,21	14,80	6,08	30,92	0,114	125.751	14.350	50,00	5475	328,49	3832
Gesamtergebnisse													213378	12803	149364

nicht ausgetauscht

Energieeinsparung Förderstufen/Netzpumpen

Lfd.-Nr.	Ort	Fabrikat, Baujahr	Förderhöhe geodätisch [m]	Förderhöhe manometrisch [m]	Fördermenge [l/s]	Elektrische Leistungsaufnahme [kW]	Gesamtwirkungsgrad [%]	Elektrische Energie je m³ in [kWh]	Jahresförderung 2010 [m³]	Energieverbrauch 2010 [kWh/h]	Gesamtwirkungsgrad neue Pumpe lt. Herstellerang. in [%]	Jährliches Einsparpotential [kWh/a]	Jährliches Einsparpotential bei 0,06€/kWh [€]	Jährliche CO ₂ Einsparung [kg]
1	Regner P1	KSB / Loher, Bj. 1982	47,60	51,88	140,00	111,50	63,90	0,221	804.680	178.019	78,00	32173	1930,40	22521
2	Regner P2	KSB / Loher, Bj. 1982	48,03	51,91	135,00	107,00	64,25	0,220	804.680	177.162	78,00	31232	1873,89	21862
3	Heuberg P1	KSB / AEG, Bj. 1989	98,65	124,05	85,30	158,25	65,60	0,515	77.518	39.948	75,50	5241	314,45	3669
4	Heuberg P2	KSB / AEG, Bj. 1989	98,65	124,05	85,30	158,25	65,60	0,515	77.518	39.948	75,50	5241	314,45	3669
5	Oberndorf P1	KSB / Loher, Bj. 2000	111,10	134,72	46,80	89,90	68,80	0,534	338.980	180.878	71,50	6831	409,85	4782
6	Oberndorf P2	KSB / Loher, Bj. 2000	111,10	135,02	47,70	92,03	68,65	0,536	338.980	181.670	71,50	7235	434,11	5065
7	Oberndorf P3	KSB / Loher, Bj. 2000	111,10	135,57	47,90	96,20	66,22	0,558	338.980	189.109	71,50	nicht ausgetauscht		
8	Bromberg P1	Halberger / BBC, Bj. 2003	222,56	226,95	147,40	453,00	72,44	0,854	915.982	781.961	73,50	11242	674,50	7869
9	Bromberg P2	KSB / WEG, Bj. 2004	222,70	226,07	119,00	374,00	70,56	0,873	915.982	799.667	72,00	15941	956,49	11159
10	Bromberg P3	Halberger / BBC, Bj. 2003	222,49	233,51	253,80	765,00	76,00	0,837	915.982	766.927	76,00	0	0,00	0
Gesamtergebnis												129099	7746	90369

Aufgrund der Ergebnisse aus der Überprüfung und den Berechnungen wurden 11 der 13 Tiefbrunnenpumpen sowie 2 Förderpumpen ausgetauscht.

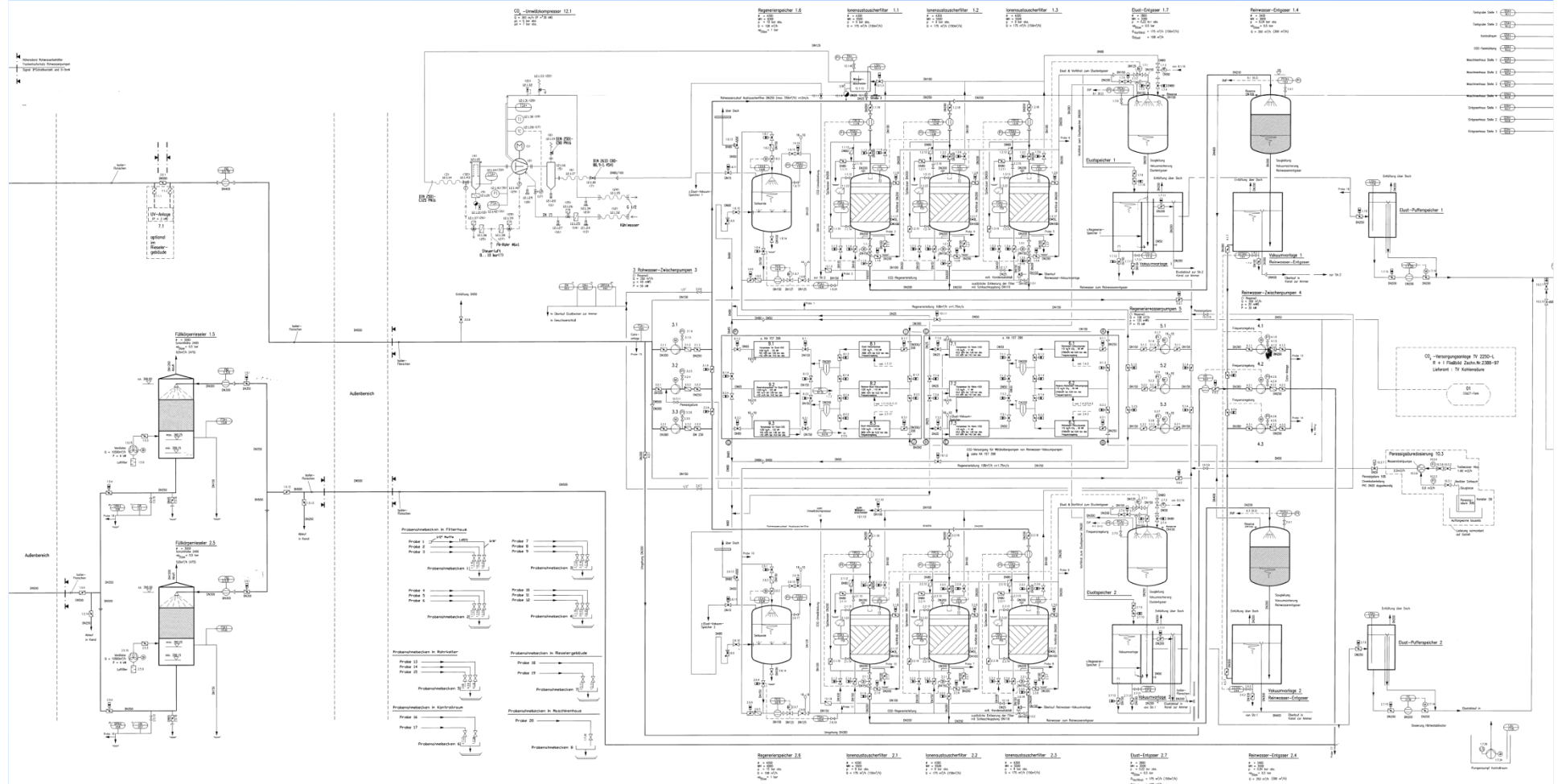
Wirtschaftlichkeitsnachweis:

- Bei Bezugskosten von 0,10 €/kW/h ergibt dies eine Einsparung von jährlich 27.435 €**
- Der Investitionsbedarf für Lieferung und Einbau der Tiefbrunnenpumpen sowie für den Austausch der Förderpumpen liegt bei 104.000 €**
- Amortisation: ca. 4 Jahre**

Energetische Überprüfung einer Carix[®]-Enthärtungsanlage

Carix[®]-Anlage, zweistraßig mit jeweils drei Austauschfiltern für eine Aufbereitungsmenge bis zu 700 m³/h im wesentlichen bestehend aus:

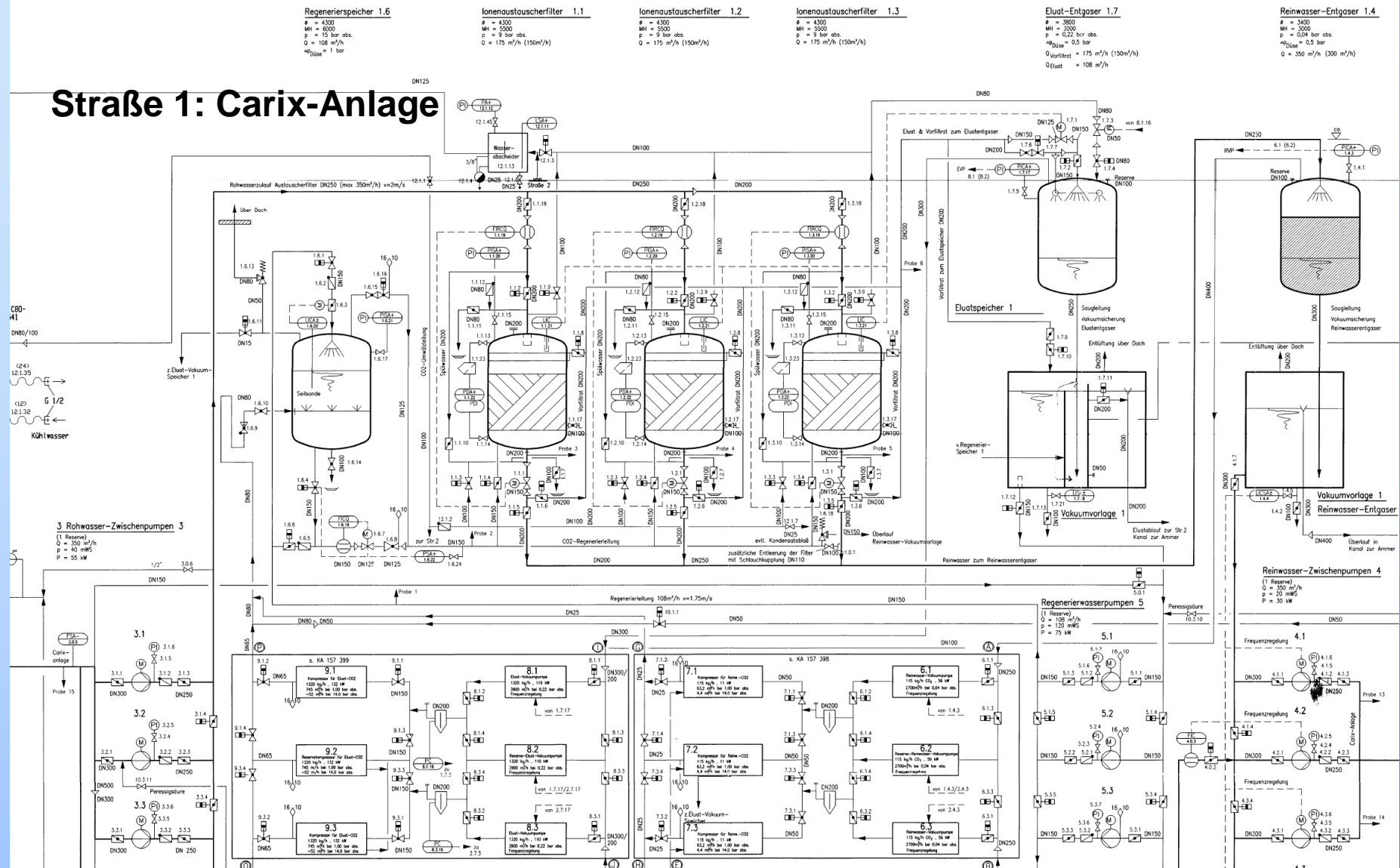
- Rohwasserpumpen
- Ionenaustauscher
- Reinwasserentgaser
- Reinwasserzwischenpumpen
- Reinwasserrieseler
- Regenerierspeicher
- Regenerierpumpen
- Eluatentgaser
- Umwälzkompressor
- Eluat-Vakuumpumpe
- Eluat-Kompressor
- Kühlwasser- und Druckluftversorgung



Bei der Überprüfung wurde festgestellt:

- Im Rohwasserweg sind Drosseleinrichtungen zur Volumenstromregelung eingesetzt
- Im Regenerierwasserkreislauf sind Drosseleinrichtungen zur Volumenstromregelung eingesetzt
- Die Reinwasserpumpen arbeiten nicht in ihrem optimalen Betriebspunkt
- Bei einer Aufbereitungsmenge $<500\text{m}^3/\text{h}$ könnte das Reinwasser über eine Pumpe gefahren werden.

Straße 1: Carix-Anlage



Optimierung der Regelkreise

- **Druckregelung Rohwasser über Frequenzumrichter**

Ermittlung des Einsparpotentials durch absenken der Drücke in den Ionentauschern über die Drehzahlkennlinien der Förderpumpen.

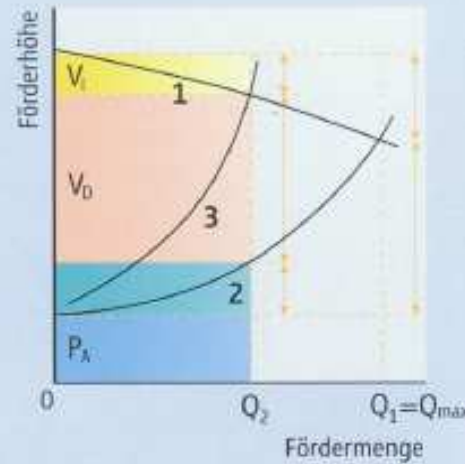
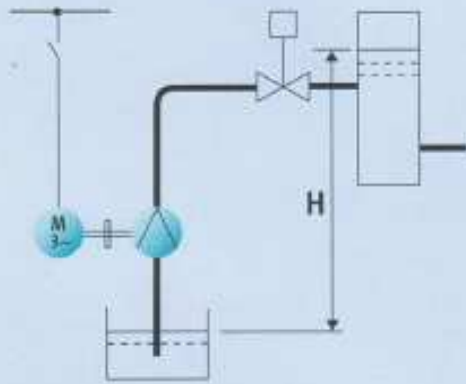
- **Durchflussregelung Regenerierwasser über Frequenzumrichter**

Ermittlung des Einsparpotentials durch Regelung der Durchflussmengen über Frequenzumrichter anstatt Drosselorgane.

- **Änderung Betriebsweise der Reinwasserpumpen bei einer Aufbereitungsmenge $<500 \text{ m}^3/\text{h}$.**

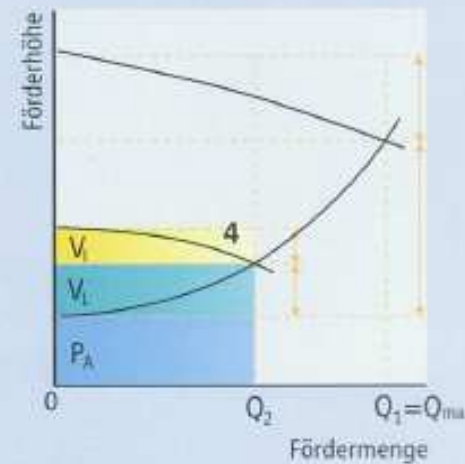
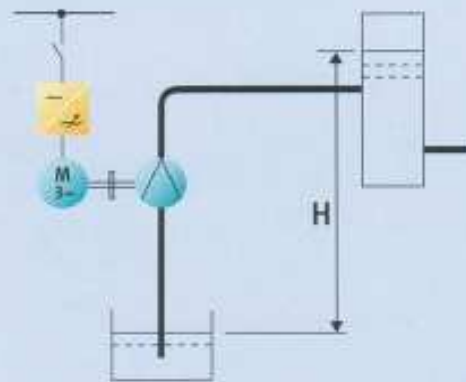
Ermittlung des Einsparpotentials durch Abfahren der gesamten Reinwassermenge über eine Pumpe..

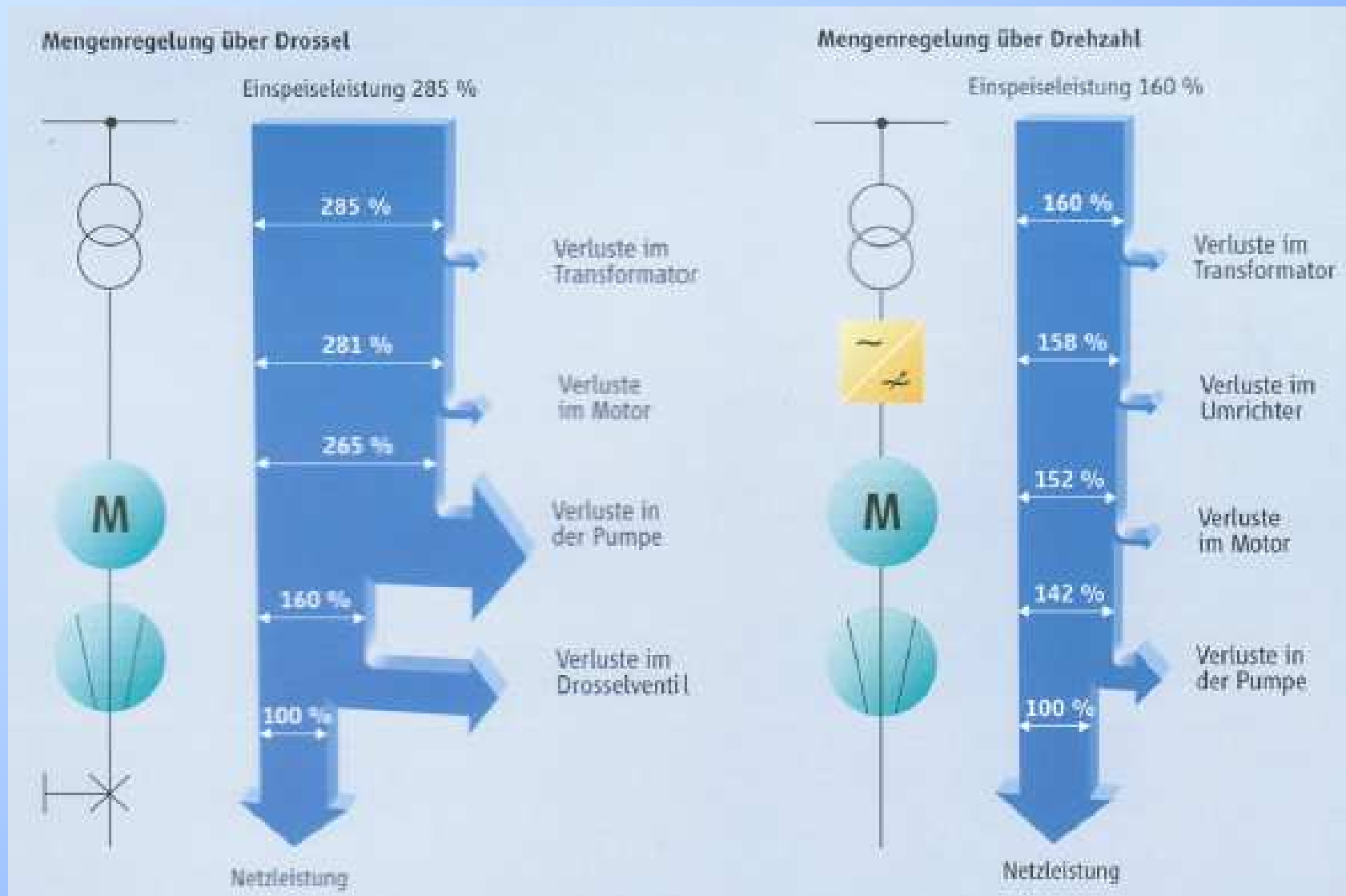
Drosselsteuerung



- 1 = Pumpenkennlinie
- 2 = Anlagenkennlinie
- 3 = Kennlinie Anlagen + Drossel
- 4 = Pumpenkennlinie bei niedriger Drehzahl
- Pumpenverluste (ohne Wirbelverluste) V_1
- Drosselverluste V_0
- Rohrleistungsverluste V_L
- Anlagenleistung P_A

Drehzahlregelung





Drehzahlkennfeld Rohwasserpumpen

Betrieb bei 50Hz

Fördermenge 200-300m³/h

Förderhöhe 44-47m

Leistungsaufnahme 35-45kW

Betrieb bei 40Hz

Fördermenge 200-300m³/h

Förderhöhe 26-29m

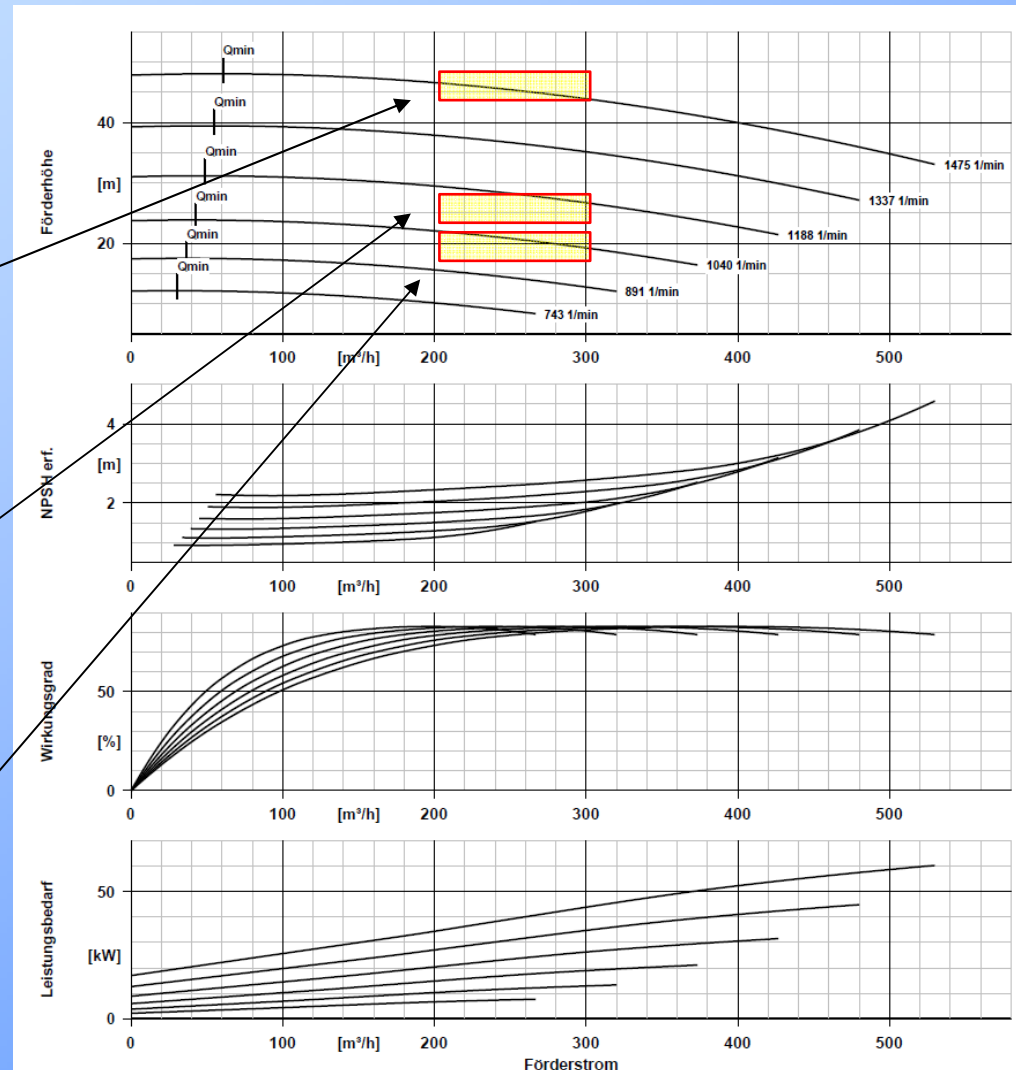
Leistungsaufnahme 20-24kW

Betrieb bei 35Hz

Fördermenge 200-300m³/h

Förderhöhe 19-22m

Leistungsaufnahme 14-18kW



Energieeinsparung Carix-Anlage

Lfd.-Nr.	Ort	Betriebsart	Förderhöhe manometrisch [m]	Fördermenge [l/s]	Elektrische Leistungsaufnahme [kW]	Gesamtwirkungsgrad [%]	Elektrische Energie je m ³ in [kWh]	Jahresförderung 2010 [m ³]	Energieverbrauch 2010 [kWh/h]	Mögliche Optimierung elektrische Leistungsaufnahme [kW]	Jährliches Einsparpotential [kWh/a]	Jährliches Einsparpotential bei 0,06€/kWh [€]	Jährliche CO ₂ Einsparung [kg]
1	Rohwasser ZP 1	YΔ	44,00	70,00	42,00	71,94	0,167	2.200.000	366.667	16,00	139.683	8.380,95	97.777,78
3	Rohwasser ZP 3	YΔ	44,00	70,00	42,00	71,94	0,167	2.200.000	366.667	16,00	139.683	8.380,95	97.777,78
4	Reinwasser ZP 1	FU	20,00	97,22	25,00	76,30	0,071	2.200.000	157.146	2,00	12.572	754,30	8.800,20
6	Reinwasser ZP 3	FU	20,00	97,22	25,00	76,30	0,071	2.200.000	157.146	2,00	12.572	754,30	8.800,20
7	Regenerierwasser P 1	YΔ	120,00	30,00	62,00	56,96	0,574	410.000	235.370	6,00	22.778	1.366,67	15.944,44
9	Regenerierwasser P 3	YΔ	120,00	30,00	62,00	56,96	0,574	410.000	235.370	6,00	22.778	1.366,67	15.944,44
	Gesamtmenen								1.518.367		350.064	21.003,84	245.044,85

Nach erfolgter Überprüfung der Carix-Anlage wurde entschieden, die Rohwasser- und Regenerierwasserpumpen mit Frequenzumrichtern auszustatten.

Wirtschaftlichkeitsnachweis:

- Bei Bezugskosten von 0,10 €/kWh ergibt dies eine Einsparung von jährlich 32.492 €**
- Der Investitionsbedarf für die erforderlichen Maßnahmen beläuft sich auf 55.000 €**
- Amortisation: < 2 Jahre**

Technische Daten:

Pumpentyp: trocken aufgestellte Kreisel-Blockpumpe

mehrstufig, vertikal

Laufgrad: geschlossen

Fördermenge: 50 l/s (180 m³/h) bei 196 m WS



**Aufgabe: Trinkwasserversorgung;
Aufbereitung bis Haupt-Hochbehälter**

Bemessungsleistung:	<input type="text" value="160"/> kW		
Betriebszeit p.a.:	<input type="text" value="4400"/> h / Jahr (max. 8.760 h)		
Energiepreis:	<input type="text" value="0,10"/> €/ kWh		
Effizienzklasse	IE1	IE2	IE3
Wirkungsgrad η	93,8 %	94,9 %	95,8 %
Energieverbrauch	750.533 kWh / p.a.	741.833 kWh / p.a.	734.864 kWh / p.a.
Energiekosten	75.053,30 € / p.a.	74.183,35 € / p.a.	73.486,43 € / p.a.
Einsparungen	8.699 kWh 869,95 Euro (€) ca. 5.219 kg	15.668 kWh 1.566,87 Euro (€) ca. 9.401 kg	15.668 kWh 1.566,87 Euro (€) ca. 9.401 kg CO ₂ Emission

Wirtschaftlichkeitsnachweis

- Bei Bezugskosten von 0,10 €/kWh ergibt dies eine
Einsparung von jährlich 1.570 €
- Der Investitionsbedarf für die erforderlichen Maßnahmen beläuft
sich auf ca. 21.000 €
- Amortisation: > 10 Jahre

Energieeinsparung durch folgende Maßnahmen:

- Austausch der großen vorhandenen Förderpumpe (90 l/s, 400kW) durch eine kleine Pumpe (45 l/s, 160 kW)



- Dadurch Optimierung des Wasserspeichermanagements
- Anpassung der Filtrerrückspülpumpe an die Rückspülung der Filter durch Installation eines Frequenzumformers (FU).

Istsituation Dezember 2005

<i>Bezeichnung</i>	<i>Zeitraum</i>	<i>Menge</i>	<i>spez. Preis</i>	<i>Gesamtbetrag</i>
Abrechnungsleistung HT	Dez 05	356 kW	6,00 €/kW	2.136,00 €
Wirkarbeit HT	Dez 05	66.101 kWh	4,36 ct/kWh	2.882,00 €
Wirkarbeit NT	Dez 05	26.152 kWh	3,86 ct/kWh	1.009,47 €
Messpreis	Dez 05	1 Monat	1560,00 €/Jahr	130,00 €
Belastungen aus EEG	Dez 05	92.253 kWh	0,540 ct/kWh	498,17 €
Belastungen aus KWKG	Dez 05	8.333 kWh	0,336 ct/kWh	28,00 €
Belastungen aus KWKG	Dez 05	83.920 kWh	0,050 ct/kWh	41,96 €
Konzessionsabgabe HT	Dez 05	66.101 kWh	0,110 ct/kWh	72,71 €
Konzessionsabgabe NT	Dez 05	26.152 kWh	0,110 ct/kWh	28,77 €
Stromsteuer	Dez 05	92.253 kWh	1,230 ct/kWh	1.134,71 €

Gesamt Ist-Situation:

7.961,79 €

Situation nach Pumpenaustausch

Bezeichnung	Zeitraum	Menge	spez. Preis	Gesamtbetrag
Abrechnungsleistung HT	Dez 05	286 kW	6,00 €/kW	1.716,00 €
Wirkarbeit HT	Dez 05	53.300 kWh	4,36 ct/kWh	2.323,88 €
Wirkarbeit NT	Dez 05	36.400 kWh	3,86 ct/kWh	1.405,04 €
Messpreis	Dez 05	1 Monat	1560,00 €/Jahr	130,00 €
Belastungen aus EEG	Dez 05	89.693 kWh	0,540 ct/kWh	484,34 €
Belastungen aus KWKG	Dez 05	8.000 kWh	0,336 ct/kWh	26,88 €
Belastungen aus KWKG	Dez 05	81.693 kWh	0,050 ct/kWh	40,85 €
Konzessionsabgabe HT	Dez 05	53.300 kWh	0,110 ct/kWh	58,63 €
Konzessionsabgabe NT	Dez 05	36.400 kWh	0,110 ct/kWh	40,04 €
Stromsteuer	Dez 05	89.693 kWh	1,230 ct/kWh	1.103,22 €

Gesamt Situation nach Pumpenaustausch: 7.328,88 €

mögliche Einsparung im Monat Dezember 2005:	632,90 €
mögliche jährliche Einsparung an el. Energiekosten: (Wert Dezember2005 x 12 x 1,055)	8.012,56 €/Jahr
verkaufte Wassermenge pro Jahr:	2.600.000,00 m³/Jahr
resultierende spezifische Minderung im Wasserpreis:	0,31 €/m³

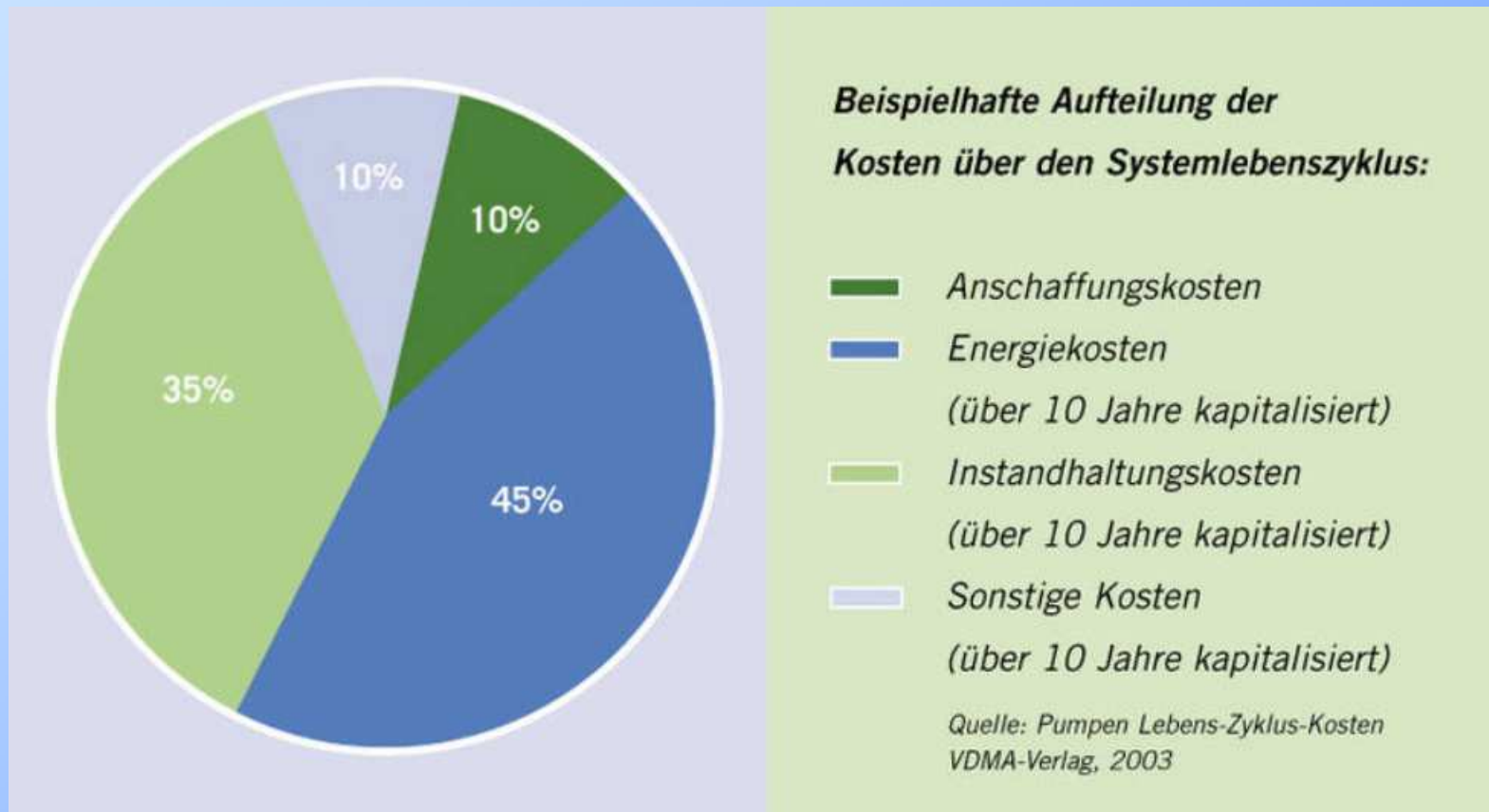
Ergebnis der Maßnahme

- **jährliche Einsparung an elektrischen Energiekosten von ca. 8.000 €**
Kostenreduzierung dieser Maßnahme beruht hauptsächlich auf Verminderung der hohen Spitzenleistung (ca. 400 kW)
- **Die Verringerung der Spitzenleistung reduziert Fixkosten im Hochtarifbereich.**
- **kontinuierlichere Befüllung der Hochbehälter verursacht geringere Reibungs- bzw. Leistungsverluste in Rohrleitungen, was zu deutlichen Energieeinsparungen führt.**

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung:

- Oftmals decken die notwendigen Instandsetzungskosten einen Großteil der Anschaffungskosten
- Investitionskosten für neue Anlagen sind im Vergleich zu den laufenden Energiekosten meist sehr gering
- Durch den Einsatz von neuen und effizienten Technologien sind erhebliche Einsparungspotenziale möglich
(Amortisationen bis < 2Jahre)

Life Cycle Kosten



Zahlen, die für sich sprechen

Maßnahme	Verbrauchs- senkung	Kosten- senkung	Investition	Amortisation
Austausch Tiefbrunnen- und Förderpumpen	275.000 kWh/Jahr	27.430 €/Jahr	104.000 €	4 Jahre
Energieoptimierung Carix-Anlage	325.000kWh/Jahr	32.500 €/Jahr	55.000 €	< 2 Jahre
Austausch Förderpumpe 160 kW	15.700 kWh/Jahr	1.570 €/Jahr	21.000 €	> 10 Jahre
Pumpenaustausch/ Spitzenstromtarif- reduzierung	HT- Preis: 6 €/kWx840 kW HT: -12.800 kWh/Jahr NT: +10.248 kWh/Jahr	5.040 €/Jahr 3.000 €/Jahr	35.000 €	> 4 Jahre

A dynamic splash of clear blue water against a white background. The water is captured in mid-air, creating a sense of movement and freshness. The splash originates from the left and moves towards the right, with numerous bubbles and droplets trailing behind it.

ALWIN
EPPLER

www.eppler.de

*Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit*