



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



DIE BMU
KLIMASCHUTZ-
INITIATIVE

Teilkonzept:

Ermittlung von energetischen Optimierungspotenzialen bei Pumpwerken

der Städte Donaueschingen, Hüfingen und Bräunlingen

Bearbeitung: Hydro-Elektrik, Ravensburg, Martin Heider, Helmut Munz

Supervision: Ing-Büro Christian Kaiser, Donaueschingen

Projektsteuerung: Gerhard Bronner, Umweltbüro Donaueschingen

Vorbemerkungen

Pumpwerke der Trinkwasserversorgung und der Abwasserentsorgung gehören zu den größten kommunalen Stromverbrauchern. Bedingt durch große Effizienzfortschritte bei der Pumpenentwicklung, aber auch durch Qualitätsunterschiede bei der Planung und Auslegung der Trink- und Abwassersysteme, setzen die Pumpwerke den eingesetzten Strom in sehr unterschiedlicher Weise in Lageenergie um. Systemwirkungsgrade von über 50 %, aber auch unter 10 % können auftreten und treten im Städtedreieck auch real auf.

Ziel der Untersuchung war, die Energieeffizienz der vorhandenen Pumpwerke zu analysieren und zu prüfen, durch welche Investitionen wie viel Strom eingespart werden kann.

Die Untersuchungen wurden von der Firma Hydro-Elektrik durchgeführt, das Ing-Büro Kaiser nahm Supervisionsaufgaben wahr.

Untersuchte Pumpwerke

Die untersuchten Pumpwerke sind die Folgenden:

- 01 PW Pfohren, Donaueschingen - Pfohren, Hüfinger Strasse, Abwasser
- 02 PW Neudingen, Donaueschingen – Neudingen, Längestrasse, Abwasser
- 03 PW Aufen, Donaueschingen – Aufen, Brigachtalstrasse, Abwasser
- 04 TB Gutterquelle, Donaueschingen – Allmendshofen, Trinkwasser
- 05 HB Buchberg (neu), Donaueschingen, Villinger Strasse, Trinkwasser
- 06 TB Hüfingen, Hüfingen - Kernstadt, Hochstrasse, Trinkwasser
- 07 PW Mundelfingen, Hüfingen – Mundelfingen, Munolfstrasse, Abwasser
- 08 TB Bräunlingen, Bräunlingen Kernstadt, Ebermannstrasse; Trinkwasser
- 09 DEA Dögginger Strasse, Bräunlingen - Kernstadt, Dögginger Strasse, Trinkwasser
- 10 PW Bruggen, Bräunlingen – Bruggen, Burgring, Trinkwasser

KLIMASCHUTZKONZEPT FÜR DEN GEMEINDEVERWALTUNGSVERBAND DONAUESCHINGEN
Teilkonzept Ermittlung von energetischen Optimierungspotenzialen bei Pumpwerken

Durch Ermittlung der geodätischen Förderhöhe und -Messung verschiedener Parameter wurden die Wirkungsgrade bzw. Verluste von Antriebsmotor, Pumpe und Leitung ermittelt. Teilweise mussten für die Durchführung der Messungen zunächst Anschlüsse eingebaut werden, um die Messgeräte einsetzen zu können. Die Messungen wurden schließlich in verschiedenen Betriebszuständen durchgeführt.

Die zahlenmäßigen Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Energieeffizienz Pumpwerke	Bezogene Leistung	Wirkungsgrad Netzteil	Wirkungsgrad des Motors	Wirkungsgrad der Pumpe	Wirkungsgrad der Leitung	Nutzleistung	Gesamtwirkungsgrad	Energieverluste	Stromverbrauch pro Jahr
PW Pfohren	24,6 kW	100%	85%	37%	34%	2,8 kW	11%	21,8 kW	86620 kWh
	21,3 kW	100%	85%	65%	27%	3,2 kW	15%	18,1 kW	
	40,7kW	100%	79%	70%	19%	4,3 kW	11%	36,3 kW	
PW Neudingen	6,5 kW	99%	79%	61%	19%	0,6 kW	9%	5,9 kW	15721kWh
	7,4 kW	99%	63%	62%	20%	0,6 kW	8%	6,8 kW	
PW Aufen	12,2 kW	99%	78%	61%	32%	1,8 kW	15%	10,4 kW	43138 kWh
	11,0 kW	100%	78%	48%	33%	1,4 kW	12%	9,6 kW	
	9,6 kW	92%	78%	45%	29%	0,9 kW	10%	8,7 kW	
	9,2 kW	99%	78%	55%	15%	0,6 kW	6%	8,2 kW	
PW Gutterquelle, Tiefbrunnen	14,3 kW	100%	79%	55%	39%	2,4 kW	17%	11,9 kW	730329 kWh
	14,5 kW	100%	79%	57%	38%	2,5 kW	17%	12,0 kW	
	14,2 kW	99%	79%	53%	40%	2,4 kW	17%	11,7 kW	
PW Gutterquelle, Buchberg	55,3 kW	100%	88%	70%	89%	30,0 kW	54%	25,3 kW	
	53,9 kW	100%	88%	64%	90%	27,2 kW	50%	26,8 kW	
	55,9 kW	100%	88%	68%	89%	29,8 kW	53%	26,1 kW	
Gutterquelle, Schellenberg	22,3 kW	100%	82%	60%	96%	10,5 kW	47%	11,8 kW	
	22,5 kW	100%	84%	72%	72%	12,0 kW	54%	10,4 kW	
Gutterquelle, Pfohren	14,1 kW	100%	79%	66%	69%	5,1 kW	36%	9,0 kW	
	14,0 kW	100%	79%	70%	68%	5,2 kW	37%	8,7 kW	
PW Gutterquelle, Zwischenpumpen	8,3 kW	99%	77%	45%	16%	0,5 kW	6%	7,8 kW	
	9,7 kW	99%	77%	50%	15%	0,6 kW	6%	9,1 kW	
HB Buchberg , neu	8,3 kW	100%	80%	68%	90%	4,0 kW	49%	4,2 kW	34289 kWh
	8,4 kW	100%	80%	69%	87%	4,1 kW	48%	4,4 kW	
TB Hüfingen	28,2 kW	97%	84%	75%	97%	16,7 kW	59%	11,5 kW	226743 kWh
	29,7 kW	97%	84%	75%	97%	14,6 kW	49%	15,0 kW	
	30,4 kW	97%	87%	61%	97%	15,1 kW	50%	15,3 kW	
	30,3 kW	97%	87%	61%	97%	15,1 kW	50%	15,2 kW	
APW Mundelfingen	8,4 kW	96%	87%	35%	86%	2,1 kW	25%	6,2 kW	52388 kWh
TB Bräunlingen	22,0 kW	99%	68%	80%	60%	7,1 kW	32%	14,9 kW	58370 kWh
	22,2 kW	100%	22%	78%	60%	7,1 kW	32%	15,1 kW	
DEA Dögginger Str.	2,8 kW	65%	87%	69%	100%	1,1 kW	39%	0,9 kW	9931 kWh
	4,7 kW	80%	74%	44%	100%	1,2 kW	26%	1,3 kW	
PW Bruggen	12,8 kW	100%	89%	47%	82%	4,3 kW	34%	8,5 kW	27493 kWh
	13,1 kW	99%	89%	46%	83%	4,4 kW	33%	8,8 kW	

Nachfolgend werden denkbare Einsparmaßnahmen diskutiert:

1. Abwasserpumpwerk Pfohren

Zum Pumpwerk gehören 3 Pumpen. Der Gesamtwirkungsgrad ist mit knapp über 10 % sehr schlecht. Die Pumpe 1 ist verschlissen und hat deshalb einen schlechten Wirkungsgrad. Die Leitung hat einen zu hohen Reibungswiderstand. Von daher würde eine geringere Durchflussgeschwindigkeit Strom sparen.

Eine Optimierung der Betriebsweise würde so aussehen, dass bei Trockenwetter die Förderleistung reduziert würde und nur bei Regenwetter mit voller Leistung gepumpt würde. Die alternierend betriebenen Pumpen 1 und 2 sollten so gesteuert werden, dass sie auf gleiche Laufzeiten kommen. Es sollte ein Wartungsplan erstellt und konsequent umgesetzt werden.

Für das Pumpwerk Pfohren wurden 7 verschiedenen Optimierungsvarianten untersucht. Bei allen Varianten bekommen die Pumpen 1 und 2 neue Laufräder mit Konus in verschleißfester Ausführung und es wird eine Steuerung eingebaut werden, damit die Pumpen 1 und 2 gleiche Betriebszeiten haben.

Darüberhinaus wurden 7 Maßnahmenkombinationen und eine Variante untersucht.

Betrachtungsfall 1

- Die Druckleitung bleibt unverändert.
- Pumpe 3 bleibt unverändert.

Betrachtungsfall 3

- Die Druckleitung bleibt unverändert.
- Die Pumpen 1 und 2 bekommen eine FU – Steuerung und werden auf $v = 0,6\text{m/s}$ (ca. 30 l/s Trockenwetter) geregelt
- Pumpe 3 bleibt hydraulisch unverändert, erhält aber eine FU – Steuerung.
- Regelung Pumpe 3 auf 1x täglich Spülen der Leitung mit ca. $v = 1,0\text{m/s}$ ca. 50l/s und für den Mischwasserbedarf Betrieb bei 50Hz $v = 1,32\text{m/s}$ ca. 65 l/s.

Betrachtungsfall 4

- Komplette neue Druckleitung aus DN300 (PE PN6 D355x20,1).
- Pumpe 1 und 2 bekommen neue Laufräder mit Konus in verschleißfester Ausführung und eine FU – Steuerung.
- Pumpe 3 bleibt hydraulisch unverändert, aber bekommt eine FU – Steuerung.
- Regelung Pumpe 3 auf 1x täglich Spülen der Leitung mit ca. $v = 0,8\text{ m/s}$ ca. 63 l/s.
- Zusätzlich wird eine Steuerung eingebaut, damit die Pumpe 1 und die Pumpe 2 fast gleiche Betriebszeiten haben.

Betrachtungsfall 5

- Neue Doppelrohranlage PE-Leitungen. Für Trockenwetter PE PN6 D250x14,2 und für Mischwasser PE PN6 D400x22,7.
- Pumpe 1 und 2 bekommen neue Laufräder mit Konus in verschleißfester Ausführung und eine FU – Steuerung.
- Zusätzlich wird eine Steuerung eingebaut, damit die Pumpe 1 und die Pumpe 2 fast gleiche Betriebszeiten haben.

Betrachtungsfall 6

- Neue Doppelrohranlage PE-Leitungen. Für Trockenwetter PE PN6 D250x14,2 und für Mischwasser PE PN6 D400x22,7.
- Pumpe 1, 2 und 3 werden komplett erneuert
- Zusätzlich wird eine Steuerung eingebaut, damit die Pumpe 1 und die Pumpe 2 fast gleiche Betriebszeiten haben.

Betrachtungsfall 7

- Die Druckleitung bleibt unverändert.
- Die Pumpen 1, 2 und 3 werden komplett neu mit optimalem Wirkungsgrad installiert und erhalten eine FU-Steuerung
- Regelung Pumpe 3 auf 1x täglich Spülen der Leitung mit ca. $v = 1,0\text{m/s}$ ca. 50l/s und für den Mischwasserbedarf Betrieb bei 50Hz $v = 1,32\text{ m/s}$ ca. 65 l/s.

Betrachtungsfall 7a

- Wie Betrachtungsfall 7, aber Pumpe 3 wird nicht ersetzt.

Wirtschaftlich gesehen stellen sich einige Varianten wie folgt dar:

Betrachtungsfall	Jährlicher Stromverbrauch	Jährliche Stromkosten	Stromkosten nach Ubau	Einsparung in %	Investitionskosten	Amortisationszeit
1	85906 kWh	19170 €	16213 €	15 %	16.500 €	5,6 a
3	85906 kWh	19170 €	13835 €	28 %	38.000 €	7,1 a
7	85906 kWh	19170 €	11485 €	40 %	78.356 €	10,2 a
7a	85906 kWh	19170 €	11610 €	39 %	37.804 €	4,6 a

Nach den Berechnungen wäre Variante 7a die günstigste. Allerdings hat sich gezeigt, dass die Leitung selbst so marode ist, dass sie ersetzt werden sollte. Auch wurde mittlerweile (ohne Kenntnis der Empfehlungen dieser Untersuchung) bereits eine Pumpe ersetzt.

Deshalb wird empfohlen, die Variante 4 zu realisieren, deren genaue Kosten aber noch zu ermitteln wären

2. Abwasserpumpwerk Neudingen

Zum Pumpwerk gehören 2 Pumpen. Der Gesamtwirkungsgrad ist mit deutlich unter 10 % sehr schlecht. Die Pumpe 2 hat einen schlechten Systemwirkungsgrad, da ihr Motor überdimensioniert ist. Das Gesamtsystem ist bei Parallelbetrieb beider Pumpen sehr ineffektiv. Trotz hohen Stromverbrauchs trägt die Pumpe 2 nur sehr wenig zur Förderleistung bei. Daher sollte grundsätzlich kein Parallelbetrieb mehr gefahren werden.

Da der Motor der Pumpe 2 überdimensioniert ist, könnte sie mit einem größeren Laufrad und Frequenzumwandler betrieben werden. Dann ließe sich die normale Durchflussgeschwindigkeit reduzieren, aber einmal am Tag eine Spülung mit höher Förderleistung erreichen.

Eine Optimierung der Betriebsweise würde so aussehen, dass bei Trockenwetter die Förderleistung reduziert würde und nur bei Regenwetter mit voller Leistung gepumpt würde.

Die Pumpen 1 und 2 sollten alternierend betrieben werden. Es sollte ein Wartungsplan erstellt und konsequent umgesetzt werden.

Für das Pumpwerk Neudingen wurden 6 verschiedenen Optimierungsvarianten untersucht. 5 scheiden aus verschiedenen Gründen aus, nachfolgend ist nur noch die Maßnahmenkombination 1 dargestellt:

Betrachtungsfall Nr. 1

- Die Druckleitung bleibt unverändert.
- Pumpe 1 bleibt unverändert.
- Pumpe 2 bekommt ein neues Laufrad (D=282mm) und eine FU-Steuerung. Somit $v = \text{ca. } 0,85\text{m/s}$ bei $Q = \text{ca. } 17\text{l/s}$ für Pumpe 2 zum Spülen.

Wirtschaftlich gesehen stellt sich die Variante wie folgt dar:

Betrachtungsfall	Jährlicher Stromverbrauch	Jährliche Stromkosten	Stromkosten nach Ubau	Einsparung in %	Investitionskosten	Amortisationszeit
1	14.195 kWh	3.306 €	3258 €	1,5 %	12.300 €	256 a

Obwohl diese Maßnahme nicht mit der Energieeinsparung begründet werden kann, sollte sie aus Gründen der Betriebssicherheit verwirklicht werden.

3. Abwasserpumpwerk Aufen

Das Pumpwerk bedient zwei Druckleitungsstränge, jeder Strang ist mit zwei Pumpen ausgestattet. Die Pumpen haben sehr unterschiedliche Laufzeiten und sind deshalb auch unterschiedlich verschlissen. Sinnvoll ist in jedem Fall die Absenkung des Wasserstandes im Saugbehälter.

Es wurden 7 Betrachtungsfälle mit mehreren Varianten untersucht. Einige davon scheiden aus verschiedenen Gründen aus. Nachfolgend sind 5 Maßnahmenkombinationen dargestellt.

Betrachtungsfall Nr. 3

- Alle vier Pumpen bekommen ein neues Laufrad.
- Die Steuerung wird so angepasst, dass die Pumpenlaufzeiten über das Jahr annähernd gleich sind.
- Anpassung des Pumpregimes

Betrachtungsfall Nr. 4

- Alle vier Pumpen bekommen ein neues Laufrad und einen Frequenzumrichter.
- Die Steuerung wird so angepasst, dass die Pumpenlaufzeiten über das Jahr annähernd gleich sind.
- Anpassung des Pumpregimes

Betrachtungsfall Nr. 6

- Alle vier Pumpen neu mit Schraubenzentrifugallaufrad und neuem Motor.
- Alle vier Pumpen bekommen einen Frequenzumrichter.
- Die Steuerung wird so angepasst, dass die Pumpenlaufzeiten über das Jahr annähernd gleich sind.

- Anpassung des Pumpregimes

Wirtschaftlich gesehen stellen sich die Varianten wie folgt dar:

Betrach- tungsfall	Jährlicher Stromverbrauch	Jährliche Stromkosten	Stromkosten nach Umbau	Einsparung in %	Investitions- kosten	Amortisa- tionszeit
3a	41.986 kWh	9.369 €	8.561 €	9 %	33.500 €	41 a
3b	41.986 kWh	9.369 €	8.391 €	10 %	35.000 €	36 a
4	41.986 kWh	9.369 €	8.964 €	4 %	51.500 €	127 a
6a	41.986 kWh	9.369 €	6.325 €	32 %	81.000 €	27 a
6b	41.986 kWh	9.369 €	6.312 €	32 %	68.500 €	22 a

Es wird keine der Varianten empfohlen. Allerdings soll das Pumpregime optimiert werden.

4. Trinkwasserpumpwerk Gutterquelle

Das Pumpwerk ist die zentrale Trinkwassergewinnung der Stadt Donaueschingen. Es sind drei Pumpen installiert, die in der Regel im Parallelbetrieb von jeweils 2 Pumpen gefahren werden. Alle Pumpen sind verschlissen. Der Wirkungsgrad ist sehr gering.

Betrachtungsfall Nr. 1

- Alle Pumpen sind verschlissen und werden komplett erneuert
- Betriebspunkt der Pumpe 1,2 und 3 im Einzelbetrieb: Q = ca. 42 l/s; H = ca. 16,8 mWs.

Betrachtungsfall Nr. 2 a

- Alle Pumpen werden ersetzt, die neue mit Frequenzumwandler bestückt
- Installation und Steuerung umbauen:
 - o Die Drosselklappe vor dem Ozonerzeuger soll nur noch die Funktion „geschlossen“ oder „offen“ haben, aber keine Drosselfunktion mehr.
 - o Das Druckhalteventil nach dem Ozonerzeugertopf sollte durch ein Staurohr mit einer Stauhöhe von ca. 1,5 m ersetzt werden. Auf das Staurohr muss ein Be- und Entlüftungsventil gebaut werden.
 - o Vor dem Ozonerzeuger sollte bei jeder Aufbereitung ein MID eingebaut werden.
 - o Der Rückflussverhinderer nach der U-Pumpe sollte in der Nennweite optimiert werden
 - o Die EMSR – Technik müsste entsprechend angepasst werden.

Betrachtungsfall Nr. 2 b

- Alle Pumpen werden ersetzt
- Installation und Steuerung umbauen:
 - o Die Drosselklappe vor dem Ozonerzeuger soll nur noch die Funktion „geschlossen“ oder „offen“ haben, aber keine Drosselfunktion mehr.
 - o Das Druckhalteventil nach dem Ozonerzeugertopf sollte durch ein Staurohr mit einer Stauhöhe von ca. 1,5 m ersetzt werden. Auf das Staurohr muss ein Be- und Entlüftungsventil gebaut werden.
 - o Vor dem Ozonerzeuger sollte bei jeder Aufbereitung ein MID eingebaut werden.
 - o Der Rückflussverhinderer nach der U-Pumpe sollte in der Nennweite optimiert werden
 - o Die EMSR – Technik müsste entsprechend angepasst werden.

Wirtschaftlich gesehen stellen sich die Varianten wie folgt dar:

Betrachtungsfall	Jährlicher Stromverbrauch	Jährliche Stromkosten	Stromkosten nach Umbau	Einsparung in %	Investitionskosten	Amortisationszeit
1	122.470 kWh	20.392 €	14.695 €	28 %	23.500 €	4,1 a
2a	122.470 kWh	20.392 €	8.894 €	56 %	64.000 €	5,6 a
2b	122.470 kWh	20.392 €	8.747 €	57 %	48.000 €	4,1 a

Es wird die Realisierung der Variante 2b empfohlen.

Darüberhinaus wäre aus betrieblichen Gründen ein zweiter Reinwasserbehälter sinnvoll. Dann könnte die Ozonierung kontinuierlich betrieben werden.

5. Trinkwasserpumpwerk Gutterquelle-Buchberg

Das Pumpwerk dient dazu, von der zentralen Wassergewinnung Gutterquelle aus den Hochbehälter Buchberg zu befüllen. Es sind drei Pumpen installiert, die in der Regel im Parallelbetrieb von jeweils 2 Pumpen gefahren werden. Die Pumpe 2 ist verschlissen. Durch den Parallelbetrieb entstehen hohe Reibungsverluste in der Leitung.

Betrachtungsfall Nr. 1

- Pumpe 2 ist verschlissen und wird komplett erneuert und auf den Stand der vorhandenen Pumpen gebracht.
- Steuerung ändern, dass Pumpe 1, 2 und 3 immer im Einzelbetrieb fördern und durchgewechselt werden.

Betrachtungsfall Nr. 2

- Pumpe 1, 2 und 3 werden ersetzt
- Steuerung ändern, dass Pumpe 1, 2 und 3 immer im Einzelbetrieb fördern und durchgewechselt werden.

Betrachtungsfall Nr. 3

- Pumpe 2 ist verschlissen und wird komplett erneuert und auf den Stand der vorhandenen Pumpen gebracht.
- Steuerung ändern, dass Pumpe 1, 2 und 3 immer im Einzelbetrieb fördern und durchgewechselt werden.
- Alle Pumpen bekommen eine FU - Regelung

Betrachtungsfall Nr. 4

- Pumpe 1, 2 und 3 werden ersetzt
- Steuerung ändern, dass Pumpe 1, 2 und 3 immer im Einzelbetrieb fördern und durchgewechselt werden.
- Pumpe 1, 2 und 3 bekommen eine FU - Regelung

Betrachtungsfall Nr. 5

- Pumpe 1, 2 und 3 werden ersetzt
- Steuerung ändern, dass Pumpe 1, 2 und 3 immer im Einzelbetrieb fördern und durchgewechselt werden.

- Das Leistungsteil muss für den neuen Motor ausgetauscht werden.

Wirtschaftlich gesehen stellen sich die Varianten wie folgt dar:

Betrachtungsfall	Jährlicher Stromverbrauch	Jährliche Stromkosten	Stromkosten nach Umbau	Einsparung in %	Investitionskosten	Amortisationszeit
1	326.432 kWh	54.352 €	46.744 €	14 %	20.000 €	2,6 a
2	326.432 kWh	54.352 €	43.274 €	20 %	36.000 €	3,2 a
3	326.432 kWh	54.352 €	46.644 €	14 %	47.000 €	6,1 a
4	326.432 kWh	54.352 €	45.206 €	17 %	63.000 €	6,9 a
5	326.432 kWh	54.352 €	40.295 €	26 %	30.000 €	2,1 a

Es wird die Realisierung der Variante 5 empfohlen.

6. Trinkwasserpumpwerk Gutterquelle-Schellenberg

Das Pumpwerk dient dazu, von der zentralen Wassergewinnung Gutterquelle aus den Hochbehälter Schellenberg zu befüllen. Es sind zwei Pumpen installiert, die bisher im Parallelbetrieb gefahren werden. Die Pumpe 1 ist verschlissen. Durch den Parallelbetrieb entstehen hohe Reibungsverluste in der Leitung.

Betrachtungsfall Nr. 1

- Pumpe 1 wird ersetzt
- Die Steuerung wird dergestalt geändert, dass Pumpe 1 und 2 immer im Einzelbetrieb fördern und durchgewechselt werden.
- Auch der Parallelbetrieb mit den Pumpen vom HB Buchhalde muss steuerungstechnisch ausgeschlossen werden.

Betrachtungsfall Nr. 2

- Beide Pumpen werden durch neue mit bestem Pumpenwirkungsgrad ersetzt
- Die Steuerung wird dergestalt geändert, dass Pumpe 1 und 2 immer im Einzelbetrieb fördern und durchgewechselt werden.
- Auch der Parallelbetrieb mit den Pumpen vom HB Buchhalde muss steuerungstechnisch ausgeschlossen werden.

Wirtschaftlich gesehen stellen sich die Varianten wie folgt dar:

Betrachtungsfall	Jährlicher Stromverbrauch	Jährliche Stromkosten	Stromkosten nach Umbau	Einsparung in %	Investitionskosten	Amortisationszeit
1	70.452 €	11.731 €	9.852 €	16 %	12.500 €	6,6 a
2	70.452 €	11.731 €	9.590 €	18 %	19.000 €	8,9 a

Es wird die Realisierung der Variante 1 empfohlen.

7. Trinkwasserpumpwerk Gutterquelle-Hochbehälter Pfohren

Das Pumpwerk dient dazu, von der zentralen Wassergewinnung Gutterquelle aus den Hochbehälter Pfohren zu befüllen. Es sind zwei Pumpen installiert, die teilweise im Parallelbetrieb gefahren werden. Während des Parallelbetriebs entstehen hohe Reibungsverluste in der Leitung.

Der Motor hat einen schlechten Wirkungsgrad.

Betrachtungsfall Nr. 1

- Die Pumpen bekommen eine FU - Regelung

Betrachtungsfall Nr. 2

- Beide Pumpen werden ersetzt durch Pumpen mit bestem Wirkungsgrad.
- Die Pumpen bekommen eine FU - Regelung

Betrachtungsfall Nr. 3

- Beide Pumpen werden ersetzt durch Pumpen mit bestem Wirkungsgrad.

Wirtschaftlich gesehen stellen sich die Varianten wie folgt dar:

Betrachtungsfall	Jährlicher Stromverbrauch	Jährliche Stromkosten	Stromkosten nach Umbau	Einsparung in %	Investitionskosten	Amortisationszeit
1	28162 kWh	4689 €	4520 €	4 %	16.000 €	95 a
2	28162 kWh	4689 €	3906 €	17 %	14.500 €	31 a
3	28162 kWh	4689 €	3991 €	15 %	10.500 €	15 a

Es werden keine Investitionen empfohlen. Allerdings sollten die Pumpen nicht im Parallelbetrieb gefahren werden, solange dies die Versorgungslage zulässt.

8. Gutterquelle Zwischenpumpen

Es sind zwei Pumpen installiert, die im Einzelbetrieb gefahren werden. Beide sind verschlissen. Insgesamt liegt ein sehr schlechter Systemwirkungsgrad vor.

Betrachtungsfall Nr. 1

- Beide Pumpen sind verschlissen und werden komplett erneuert
- Die vorhandenen E-Klappen drosseln die Pumpen so ein, dass max. ca. 42 l/s gefördert werden.

Betrachtungsfall Nr. 2

- Beide Pumpen sind verschlissen und werden komplett erneuert
- Die beiden Pumpen werden auf unterschiedliche Förderhöhen eingerichtet, da die Druckhalteventile nach den Ozonerzeugern unterschiedlich eingestellt sind.

Betrachtungsfall Nr. 3

- Beide Pumpen sind verschlissen und werden komplett erneuert
- Die vorhandenen E-Klappen vor dem Ozonerzeuger drosseln die Pumpen so ein, dass max. ca. 42 l/s gefördert werden.
- Die Installation wird umgebaut:
 - o Auf das Staurohr muss ein Be- und Entlüftungsventil gebaut werden.
 - o Der Rückflussverhinderer nach der U-Pumpe sollte in der Nennweite optimiert

Betrachtungsfall Nr. 4

- Beide Pumpen sind verschlissen und werden komplett erneuert
- Pumpe 1 und 2 bekommen eine FU - Regelung
- Die Installation und Steuerung werden umgebaut:
 - o Die E-Drosselklappe vor dem Ozonerzeuger sollte nur noch die Funktion „geschlossen“ oder „komplett offen“ fahren.
 - o Das Druckhalteventil nach dem Ozonerzeugertopf sollte durch ein Staurohr ersetzt werden
 - o Auf das Staurohr muss ein Be- und Entlüftungsventil gebaut werden.
 - o Vor dem Ozonerzeuger sollte bei jeder Aufbereitung ein MID eingebaut werden.
 - o Der Rückflussverhinderer nach der U-Pumpe sollte in der Nennweite optimiert werden

Wirtschaftlich gesehen stellen sich die Varianten wie folgt dar:

Betrachtungsfall	Jährlicher Stromverbrauch	Jährliche Stromkosten	Stromkosten nach Umbau	Einsparung in %	Investitionskosten	Amortisationszeit
1	85.071 kWh	14.165 €	11.324 €	10 %	12.000 €	4,2 a
2	85.071 kWh	14.165 €	10.902 €	23 %	12.000 €	3,7 a
3	85.071 kWh	14.165 €	7.600 €	46 %	30.000 €	4,6 a
4	85.071 kWh	14.165 €	7.696 €	46 %	40.000 €	6,2 a

Es wird empfohlen, die Variante 3 zu realisieren, da sie hohe Einsparungen bei guter Amortisation bringt.

9. Pumpwerk Hochbehälter Buchberg

Es sind zwei Pumpen installiert, die im Einzelbetrieb gefahren werden. Beide sind verschlissen. Es liegt ein schlechter Systemwirkungsgrad vor.

Es wurden 4 Betrachtungsfälle gerechnet, von denen allerdings nur bei zweien Einsparungen zu erwarten wären.

Betrachtungsfall Nr. 1

- Beide Pumpen werden ersetzt

Betrachtungsfall Nr. 4

- Beide Pumpen werden ersetzt
- Der Betriebspunkt wird auf geringere Leistungen angepasst

Wirtschaftlich gesehen stellen sich die Varianten wie folgt dar:

Betrachtungsfall	Jährlicher Stromverbrauch	Jährliche Stromkosten	Stromkosten nach Umbau	Einsparung in %	Investitionskosten	Amortisationszeit
1	33.314 kWh	7.788 €	7.175 €	7 %	10.000 €	16 a
4	33.314 kWh	7.788 €	6.118 €	21 %	8.700 €	7,4 a

Es wird empfohlen, die Variante 4 zu realisieren, da sie die höchste Einsparung bei guter überschaubarer Amortisationszeit bringt.

10. Tiefbrunnen Hüfingen

Zum Pumpwerk gehören 4 Pumpen – jeweils 2 zu jedem Brunnen. Von den 4 Pumpen sind drei verschlissen. Alle Motoren sind überdimensioniert und laufen deshalb nicht energieeffizient. Das Gesamtsystem ist im Parallelbetrieb zweier Pumpen, was derzeit die Regel ist, nicht effektiv. Daher sollte nur noch im unbedingt notwendigen Umfang Parallelbetrieb gefahren werden.

Betrachtungsfall Nr. 1

- Es wird weiterhin nur Parallelbetrieb gefahren.
- Die 3 verschlissenen Pumpen (KSB) werden ausgetauscht und baugleich zur vorhandenen intakten Pumpe ersetzt

Betrachtungsfall Nr. 2

- Es wird weiterhin nur Parallelbetrieb gefahren.
- Die 3 verschlissenen Pumpen (KSB) werden ausgetauscht und baugleich zur vorhandenen intakten Pumpe ersetzt
- Die Steuerung wird so umprogrammiert, dass die Pumpen standardmäßig im Einzelbetrieb (auch nur ein Brunnen) fördern und nur bei Spitzenbedarf fördert der zweite Brunnen mit einer Pumpe (Parallelbetrieb) mit.

Betrachtungsfall Nr. 3

- Es wird nur Parallelbetrieb gefahren.
- Alle 4 Pumpen werden erneuert und durch Kleinere ersetzt
- Neuer Betriebspunkt im Einzelbetrieb: Q = ca. 15 l/s, H = ca. 81,5 mWs;
v = 0,31 m/s.

Betrachtungsfall Nr. 4

- Alle 4 Pumpen werden erneuert und durch Kleinere ersetzt
- Neuer Betriebspunkt im Einzelbetrieb: Q = ca. 15 l/s, H = ca. 81,5 mWs;
v = 0,31 m/s.
- Alle Pumpen bekommen einen Sanftanlauf mit Bypass-Schütz.
- Die Steuerung wird so umprogrammiert, dass die Pumpen standardmäßig im Einzelbetrieb (auch nur ein Brunnen) fördern und nur bei Spitzenbedarf fördert der zweite Brunnen mit einer Pumpe (Parallelbetrieb) mit.

Betrachtungsfall Nr. 5

- Es wird nur Einzelbetrieb gefahren
- Alle 4 Pumpen werden erneuert und mit Frequenzumwandler ausgestattet
- Neuer Betriebspunkt im Einzelbetrieb: Q = ca. 15 l/s, H = ca. 81,5 mWs;
v = 0,31 m/s.

Wirtschaftlich gesehen stellen sich die Varianten wie folgt dar:

Betrachtungsfall	Jährlicher Stromverbrauch	Jährliche Stromkosten	Stromkosten nach Ubau	Einsparung in %	Investitionskosten	Amortisationszeit
1	226743 kWh	32323 €	33957 €	-5 %	36.000 €	-----
2	226743 kWh	32323 €	29356 €	9 %	37.500 €	12,6 a
3	226743 kWh	32323 €	24043 €	26 %	27.000 €	3,3 a
4	226743 kWh	32323 €	22631 €	30 %	38.000 €	3,9 a
5	226743 kWh	32323 €	23070 €	29 %	29.000 €	3,1 a

Es wird empfohlen, die Variante 5 umzusetzen. Es sollen also alle Pumpen erneuert werden und im Regelfall nur noch im Einzelbetrieb gefahren werden. Da mit der empfohlenen Fördermenge von 15 l/sec zumindest in einem Brunnen Probleme mit Trübstoffen auftreten können, werden die Pumpen jedoch für 12 l/sec ausgelegt. Da dies im Einzelbetrieb nicht ausreicht, den durchschnittlichen Bedarf zu decken, müssen zumindest zeitweise beide Brunnen im Parallelbetrieb gefahren werden. Dies kann jedoch gegenüber der jetzigen Situation (Dauer-Parallelbetrieb) deutlich reduziert werden.

11. Abwasserpumpwerk Mundelfingen

Das Pumpwerk hat eine stark verschlissene Pumpe und zwei Kompressoren. Im aktuellen Betrieb hat die Pumpe einen sehr schlechten Wirkungsgrad. Einen noch schlechteren Wirkungsgrad haben die Kompressoren, da die Abwasserförderung mit Druckluft nicht sehr effektiv ist. Im Pumpenbetrieb ist die Fließgeschwindigkeit in der Leitung zu gering, so dass mit Ablagerungen zu rechnen ist. Dies ist auch der Grund, weshalb drei-mal täglich mit den Kompressoren gefördert wird, um die Leitung zu reinigen. Dies dürfte aber nicht ausreichen.

Von 8 untersuchten Maßnahmenkombinationen sind nachfolgend zwei dargestellt, einige scheiden aus, weil sie eine neue Druckleitung beinhalten.

Betrachtungsfall Nr. 3

- Pumpe komplett neu mit Direktantrieb und Schraubenzentrifugalrad.
- Die Kompressoren mit Druckbehälter bleiben als redundante Alternative zum Pumpenbetrieb bestehen und sollen möglichst wenig eingesetzt werden.

Betrachtungsfall Nr. 4

- Pumpe komplett neu mit Direktantrieb und Schraubenzentrifugalrad.
- Pumpe bekommt eine FU-Steuerung, somit Spülbetrieb
- Regelung auf $v=0,6\text{m/s}$ bei $Q=19\text{l/s}$; 36,5 mWs für Normalbetrieb.
- Die Kompressoren mit Druckbehälter bleiben als redundante Alternative zum Pumpenbetrieb bestehen und sollen möglichst wenig eingesetzt werden.

Wirtschaftlich gesehen stellen sich die Varianten wie folgt dar:

Betrachtungsfall	Jährlicher Stromverbrauch	Jährliche Stromkosten	Stromkosten nach Umbau	Einsparung	Einsparung in %	Investitionskosten	Amortisationszeit
3	52339 kWh	7904 €	4253 €	3651 €	46 %	12.500 €	3,4a
4	52339 kWh	7904 €	4126 €	3778 €	48 %	29.860 €	7,9a

Es wird empfohlen, die Variante 4 zu realisieren, also die Pumpe zu ersetzen, eine Frequenzumwandlung vorzusehen und die Kompressoren nur noch im Bedarfsfall (hoher Mischwasseranfall) zu betreiben. Dies Variante ist zwar teurer als Variante 3, hat aber Vorteile bei der Betriebssicherheit.

12. Tiefbrunnen Bräunlingen

Zum Pumpwerk gehören 2 Pumpen, die im Einzelbetrieb gefahren werden. Beide haben hohe Motorverluste und laufen deshalb nicht energieeffizient. Die Pumpen selbst sind intakt, aber nicht optimal auf die geforderte Leistung abgestimmt.

Betrachtungsfall Nr. 1

- Betrachtungsfall 1 a: Beide Pumpen bekommen einen neuen Motor. Die Pumpe bleibt wie sie ist.
- Betrachtungsfall 1 b: Beide Pumpen werden komplett ersetzt

Betrachtungsfall Nr. 3b

- Betrachtungsfall 3 b: Beide Pumpen werden komplett ersetzt
- Die Pumpen bekommen eine FU - Regelung

Betrachtungsfall Nr. 4

- Beide Pumpen werden ersetzt und auf eine geringe Fördermenge ausgelegt

Betrachtungsfall Nr. 5

- Beide Pumpen werden ersetzt und auf eine höhere Fördermenge ausgelegt

Betrachtungsfall Nr. 6

- Beide Pumpen komplett neu;
- Die Pumpen bekommen eine FU – Regelung und werden auf eine geringe Fördermenge ausgelegt

Wirtschaftlich gesehen stellen sich die Varianten wie folgt dar:

Betrachtungsfall	Jährlicher Stromverbrauch	Jährliche Stromkosten	Stromkosten nach Ubau	Einsparung in %	Investitionskosten	Amortisationszeit
1a	58.370 kWh	8.892 €	7.846 €	12 %	8.500 €	8,1 a
1b	58.370 kWh	8.892 €	7.450 €	16 %	14.000 €	9,7 a
3b	58.370 kWh	8.892 €	8.162 €	8 %	29.000 €	39,7 a
4	58.370 kWh	8.892 €	6.214 €	30 %	10.500 €	3,9 a
5	58.370 kWh	8.892 €	7.012 €	21 %	10.000 €	5,3 a
6	58.370 kWh	8.892 €	7.176 €	19 %	23.000 €	16,2 a

Es wird empfohlen, die Variante 4 umzusetzen.

13. Pumpwerk Dögginger Straße

Zum Pumpwerk gehören 2 Pumpen, die beide nicht energieeffizient sind.

Betrachtungsfall Nr. 1

- Betrachtungsfall Nr. 1 a: Mit vorhandenem Frequenzumformer und Sanftanlauf
- Betrachtungsfall Nr. 1 b: Pumpen werden direkt geschalten.
- Pumpe 2 wird erneuert. Gleiche Pumpe wie Pumpe 1.

Betrachtungsfall Nr. 2

- Betrachtungsfall Nr. 2 a: Mit vorhandenem Frequenzumformer und Sanftanlauf
- Betrachtungsfall Nr. 2 b: Pumpen werden direkt geschalten.
- Pumpe 1 und 2 werden erneuert durch eine baugleiche Pumpe mit kleinerer Leistung.

Betrachtungsfall Nr. 4

- Pumpe 1 + 2 werden durch zwei baugleiche Pumpen erneuert. Das heißt es wird eine neue Druckerhöhungsanlage eingebaut.
- Pumpe 1 + 2 bekommen einen Frequenzumrichter mit Steuerung (z.B. Hydrovar) der automatisch auf einen konstanten Druck von 120 bar regelt und die Pumpen so steuert, dass sie exakt gleiche Laufzeiten haben. Somit gibt es keine Ein- / Ausschalthysterese mehr.

Wirtschaftlich gesehen stellen sich die Varianten wie folgt dar:

Betrachtungsfall	Jährlicher Stromverbrauch	Jährliche Stromkosten	Stromkosten nach Ubau	Einsparung in %	Investitionskosten	Amortisationszeit
1a	9.931 kWh	1.535 €	1.244 €	19 %	3.700 €	12,7 a
1b	9.931 kWh	1.535 €	889 €	40 %	5.200 €	8 a
2a	9.931 kWh	1.535 €	1.661 €	- 8 %	5.500 €	-----
2b	9.931 kWh	1.535 €	1.187 €	23 %	6.900 €	19 a
4	9.931 kWh	1.535 €	1.725€	-14 %	11.000 €	----

Es wird empfohlen, die Variante 1b umzusetzen.

14. Pumpwerk Bruggen

Zum Pumpwerk gehören 2 Pumpen, die alternierend betrieben werden. Beide sind verschlissen, haben einen schlechten Wirkungsgrad und sollten ersetzt werden.

Betrachtungsfall Nr. 1

- Pumpen fördern nur im Einzelbetrieb.

Betrachtungsfall Nr. 2

- Die Pumpen bekommen eine FU – Regelung.
- Pumpen fördern nur im Einzelbetrieb.

Betrachtungsfall Nr. 3

- Betriebspunkt: Q = ca. 6,0 l/s; H = ca. 65,0 mWs; v = ca. 0,5 m/s.
- Pumpen fördern nur im Einzelbetrieb.

Betrachtungsfall Nr. 4

- Pumpen fördern im Einzel- und Parallelbetrieb.

Wirtschaftlich gesehen stellen sich die Varianten wie folgt dar:

Betrachtungsfall	Jährlicher Stromverbrauch	Jährliche Stromkosten	Stromkosten nach Ubau	Einsparung in %	Investitionskosten	Amortisationszeit
1	27.493 kWh	4.190 €	2.797 €	33 %	19.000 €	13,6 a
2	27.493 kWh	4.190 €	3.696 €	12 %	31.000 €	63 a
3	27.493 kWh	4.190 €	2.671 €	36 %	16.000 €	10,5 a
4	27.493 kWh	4.190 €	2.668 €	36 %	15.000 €	9,9 a

Es wird empfohlen, die Variante 4 als preisgünstige umzusetzen. Außerdem sollte die hydraulische Installation geändert werden, da die Rückflusstopper einen hohen dynamischen Widerstand erzeugen.

15. Gesamtübersicht

Nachfolgend sind die vorgeschlagenen Maßnahmen und ihre Einsparpotenziale dargestellt:

Pumpwerke und vorgeschlagene Maßnahmen	Pumpe	Baujahr	Nennleistung kW	geodätische Förderhöhe in m	Förderleistung cbm/h	Energieverbrauch/Jahr	Kosten/Jahr	Gesamtwirkungsgrad in %	Investitionskosten	Einsparung in kWh	Einsparung in €	Amortisation in Jahren	CO ₂ -Einsparung i to/Jahr (0,56 kg/kWh)	
PW Pfohren (Abwasser), Zahlen noch ohne neue Leitung	1	1990	22	51	42	86.620	19.473 €	11	37.804 €	34.593	7.836 €	4,6 a	19 to	
	2	1990	22	51	42			15						
	3	1997	45	51	61			11						
PW Neudingen (Abwasser)	1	2004	7,8	27	14	14.195	3.306 €	9	12.300 €	207	48 €	xxxx	0,1 to	
	2	2003	15	23	15			8						
	1+2	-	-	-	28			6						
PW Aufen (Abwasser)	1	2004	11,5	10	69	43.138	9.770 €	15	keine Maßnahme geplant				xxxx	xxxx
	2	-	11,5	10	51			12						
	3	2004	11,5	10	69			10						
	4	2004	11,5	10	69			6						
Gutterquelle Tiefbrunnen	1	1984	11,4	16	43	122.470	20.392 €	17	48.000 €	69936	11.645 €	4,1 a	39 to	
	2	1984	11,4	16	43			17						
	3	1984	11,4	16	43			17						
Gutterquelle Buchberg	1	2005	52	61	49	326.432	54.352 €	54	30.000 €	84872	15.057 €	2,1 a	48 to	
	2	1995	51	61	49			50						
	3	1995	51	61	49			53						
Gutterquelle Schellenberg	1	2006	19,2	110	10,4	70.452	11.731 €	47	12.500 €	11284	1.879 €	6,6 a	6 to	
	2	2008	20	110	11,5			54						
Gutterquelle Pfohren	1	1990	11,6	51	11,6	28.162	4.689 €	36	keine Maßnahme geplant				xxxx	xxxx
	2	1990	11,6	51	11,3			37						
Gutterquelle Zwischenpumpen	1	1996	8,2	4	33,2	85.071	14.165 €	6	30.000 €	39428	6.469 €	4, 6 a	22 to	
	2	2000	8,2	4	40,5			6						
Hochbehälter Buchberg Neu	1	1988	7,5	20	17,6	33.314	7.788 €	0	8.700 €	5004	1.170 €	7,4 a	3 to	
	2	1988	7,5	20	17,7			0						
Tiefbrunnen Hüfingen	TB1,P1	2005	45	81	21,8	226.743	32.323 €	59	29.000 €	64905	9.252 €	3,1 a	36 to	
	TB1,P2	2010	46,8	80	19,2			49						
	TB2,P1	2005	45	79	20,2			50						
	TB2,P2	2005	45	79	20,1			50						
Abwasserpumpwerk Mundelfingen	1	1988	11	35	7,1	52.388	7.904 €	25	29.860 €	25060	3.777 €	7,9 a	14 to	
Tiefbrunnen Bräunlingen	1	2004	18,4	105	11,5	58.370	8.892 €	32	10.500 €	17511	2.678 €	3,9 a	10 to	
	2	2004	18,4	105	11,5			32						
Druckerhöhungsanlage Dögginger Straße	1	2010	3	110	1,11	9.931	1.535 €	39	5.200 €	4181	646 €	8,0 a	2 to	
	2	-	5	90	3,03			26						
Trinkwasserpumpwerk Bruggen	1	1981	15	68	7,9	27.493	4.190 €	34	15.000 €	9983	1.522 €	9,9 a	6 to	
	2	1981	15	67	8,04			33						
Summe						2.074.832	200.510 €		268.864 €	366.964	61.979 €	Ø 6,2	205 to	

Mit einem Investitionsvolumen von 268.864 € können jährliche Einsparungen von 61.979 € erreicht werden. Gleichzeitig würde die Emission von 205 Tonnen CO₂ pro Jahr vermieden (17,7 %).