



Maßnahmenkonzept zur Energie- und CO₂-Einsparung in kommunalen Anlagen zur Wasserver- und Abwasserentsorgung

Gemeinsames

Projekt der Kommunen:

Gemeinde Aldersbach

Markt Arnstorf

Markt Eichendorf

Gemeinde Johanniskirchen

Gemeinde Roßbach

Gemeinde Schönau

Markt Simbach bei Landau

Markt Triftern

Teil I: Wasserversorgung

„Nachhaltige Brunnenbewirtschaftung“ – „Intelligente Trinkwasserversorgung“ Markt Arnstorf

Untersuchungszeitraum 07-2011 bis 08-2012
Teilkonzept der nationalen Klimaschutzinitiative
Förderkennzeichen 03KS0491

Gefördert durch



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



DIE BMU
KLIMASCHUTZ-
INITIATIVE

PTJ
Projekträger Jülich
Forschungszentrum Jülich

Gemeinsames Projekt der Kommunen:



Gemeinde
Aldersbach



Markt
Arnstorf



Markt
Eichendorf



Gemeinde
Johanniskirchen



Gemeinde
Roßbach



Gemeinde
Schönau



Markt
Simbach



Markt
Triftern

Erarbeitung des Maßnahmenkonzeptes:



Projektkoordination: Regionalmanagement des kommunalen Verbunds XperRegio



Europäische Union
„Investition in Ihre Zukunft“
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung

Das Regionalmanagement der XperRegio GmbH wird gefördert durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie mit Mitteln aus dem EFRE-Programm „Regionale Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung“ Bayern 2007-2013 der Europäischen Union.

Gefördert vom Bundesministerium für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages.



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



DIE BMU
KLIMASCHUTZ-
INITIATIVE



Vorwort

Unser Klima schützen ist eine wesentliche Aufgabe heute schon und für die Zukunft. Wir, acht niederbayerische Kommunen, wollen unseren Beitrag dazu leisten. Unser Ziel ist die Energie- und CO₂-Einsparung bei der Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung.

Dass diese kommunalen Anlagen ein hohes Einsparpotenzial bergen, vermuteten wir schon vor vielen Jahren. Als unser Vorhaben schließlich als Teilkonzept der nationalen Klimaschutzinitiative des Bundesumweltministeriums ausgewählt wurde, konnte eine fachkundige Untersuchung in Auftrag gegeben werden, die Einsparmöglichkeiten in den einzelnen Anlagen sowie im interkommunalen Verbund aufzeigt.

Die Handlungsfelder „Nachhaltige Brunnenbewirtschaftung“ und „Intelligente Trinkwasserverteilung“ untersuchte das Ingenieurteam um Anton Jetzinger, HPE GmbH und Wolfgang Kuschel, SEHLHOFF GMBH. Die Handlungsfelder „Energetische und verfahrenstechnische Optimierung von Kläranlagen“, „Nachhaltige Verwertung von Klärschlamm, Gülle und Grünchnitt“ und „Intelligente Kanalnetzsteuerung“ betrachtete das Ingenieurteam um Johann Flohr, Weber-Ingenieure GmbH.

In der Abwicklung des Projektes unterstützte uns das Regionalmanagement der XperRegio, dem Verbund aus Kommunen im Raum Rottal-Inn – Dingolfing-Landau. Besonders standen uns bei der Antragstellung Franz Dullinger und bei der Projektabwicklung Elisabeth Wimmer mit Rat und Tat zur Seite.

Der vorliegende Ergebnisbericht, das „Maßnahmenkonzept zur Energie- und CO₂-Einsparung in kommunalen Anlagen zur Wasserver- und Abwasserentsorgung“ ermöglicht uns Kommunen, auf unsere technischen Anlagen und lokalen Voraussetzungen zugeschnittene Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs und entsprechend des CO₂-Ausstoßes anzupacken und einen modellhaften Beitrag zum Klimaschutz zu leisten.



Franz Schwarz

1. Bürgermeister Gemeinde Aldersbach



Alfons Sittinger

1. Bürgermeister Markt Arnstorf



Max Schadenfroh

1. Bürgermeister Markt Eichendorf



Kurt Orthuber

1. Bürgermeister Gemeinde Johanniskirchen



Sepp Gröbl

1. Bürgermeister Gemeinde Roßbach



Edigna Keneder

1. Bürgermeisterin Gemeinde Schönau



Herbert Sporrer

1. Bürgermeister Markt Simbach



Walter Czech

1. Bürgermeister Markt Triftern

Studie

Energie-CO₂-Einsparung in kommunalen Anlagen



Markt Arnstorf

Los 1: Nachhaltige Brunnenbewirtschaftung
Los 2: Intelligente Trinkwasserverteilung

Juni 2012

Anton Jetzinger

Obere Hauptstraße 1
84381 Johanniskirchen
Telefon: (0 85 64) 9 63 00-0
Fax: (0 85 64) 9 63 00-12
info@hpe-planung.de
<http://www.hpe-planung.de>

Dipl.-Ing. (TU) Wolfgang Kuschel

Büro Straubing
Rachelstraße 53
94315 Straubing
Telefon: (0 94 21) 92 64-40
Fax: (0 94 21) 92 64-90
straubing@sehlhoff.eu
<http://www.sehlhoff.eu>

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite	
1	Veranlassung	8
2	Gemeinde Arnstorf	8
2.1	Allgemeine Beschreibung	8
2.2	Allgemeine Beschreibung des Versorgungsnetzes	8
3	Los 1: Nachhaltige Brunnenbewirtschaftung	11
3.1	Bestehende Verhältnisse	11
3.2	Beurteilung Wassergewinnung	12
3.3	Beurteilung Stromverbrauch	13
3.4	Vorschlag Maßnahmen	13
3.4.1	Kurzfristige Maßnahmen	13
3.4.2	Mittelfristige Maßnahmen	20
3.4.3	Langfristige Maßnahmen	20
4	Los 2: Intelligente Trinkwasserverteilung	20
4.1	Hochbehälter mit Drucksteigerungspumpwerk Mitterhausen	20
4.2	Hochbehälter	21
4.3	Bauwerk: Drucksteigerungspumpwerk Mitterhausen	22
4.3.1	Bestehende Verhältnisse	22
4.3.2	Beurteilung	22
4.3.3	Vorschlag Maßnahmen	24
4.3.3.1	Kurzfristige Maßnahmen	24
4.3.3.2	Mittelfristige Maßnahmen	24
4.3.3.3	Langfristige Maßnahmen	26
4.4	Bauwerk: Drucksteigerungspumpwerk Ruppertskirchen	27

4.4.1	Bestehende Verhältnisse	27
4.4.2	Beurteilung	28
4.4.3	Vorschlag Maßnahmen	31
4.4.3.1	Kurzfristige Maßnahmen	31
4.4.3.2	Mittelfristige Maßnahmen	31
4.4.3.3	Langfristige Maßnahmen	31
5	Zusammenfassung	32

ANLAGENVERZEICHNIS

		Seite
1	Übersichtslageplan Arnstorf	33
2	Übersicht der Bauwerke	34
3	Übersicht Messtechnik und Elektrogeräte Hochbehälter	35
4	Übersicht Messtechnik und Elektrogeräte Brunnen V und VI	36
5	Übersicht Messtechnik und Elektrogeräte DPW Ruppertskirchen	37

1 Veranlassung

Die in dieser Studie enthaltene Untersuchung der Trinkwassergewinnung und Trinkwasserverteilung ist Bestandteil der vom Bundesumweltministerium (BMU) geförderten Klimaschutz-Teilkonzepte „Maßnahmenkonzept zur Energie- und CO₂-Einsparung in kommunalen Anlagen zur Wasserver- und Abwasserentsorgung“.

Ausgang dieser Studie ist die Analyse der bestehenden Wasserversorgungssysteme mit dem Ziel wirtschaftlich sinnvolle Energie- und damit CO₂-Einsparpotentiale aufzuzeigen.

Die Untersuchung dient Entscheidungsträgern als Grundlage für kurz-, mittel- und langfristige Entscheidungshilfen, um nachhaltig Treibhausgase und Energieverbräuche zu senken.

2 Gemeinde Arnstorf

2.1 Allgemeine Beschreibung

Die Marktgemeinde Arnstorf liegt im nördlichen Bereich des Landkreises Rottal-Inn im Kollbachtal und hat ca. 6.600 Einwohner.

Die Gemeinde Arnstorf ist durch Herrn Bürgermeister Alfons Sittinger vertreten.

2.2 Allgemeine Beschreibung des Versorgungsnetzes

Der Hauptort Arnstorf liegt relativ zentral innerhalb des Gemeindegebietes am Kollbach auf einer Höhe von ca. 372 – 420 m über NN.

Entlang des von SW nach NO durch die Gemeinde fließenden Kollbachs fällt das Gelände von ca. 390 m über NN bis auf 360 m über NN ab.

Beidseits des Kollbachs steigt das Gelände bis auf Höhen von 450 m über NN an.

Die Gemeinde verfügt über zwei eigene Tiefbrunnen südlich des Kollbachs. Das gewonnene Tertiärwasser muss wegen zu hoher Eisen-/Mangengehalte aufbereitet werden. Dazu wird das Rohwasser in die Aufbereitungsanlage gefördert, die im Hochbehältergebäude Arnstorf steht. Die Aufbereitung erfolgt über eine Oxidation mit Luftsauerstoff und anschließender Schnellfiltration über Quarzsand in einer geschlossenen Filteranlage.

Das Reinwasser läuft anschließend in den Hochbehälter.

Der Hochbehälter ist als zweikammeriger Stahlbetonbehälter mit $V = 2 \times 750 \text{ m}^3 = 1500 \text{ m}^3$ ausgeführt. Der Wasserspiegel liegt bei rund 438 m über NN.

Damit ergibt sich für Arnstorf ein hydrostatischer Versorgungsdruck von 18 – 66 mWs.

Aufgrund der günstigen Lage des Hochbehälters nahe am Verbrauchsschwerpunkt und der Betriebsweise als Durchlaufbehälter mit entsprechend geringen hydraulischen Verlusten kann der Betriebsdruck auch bei größeren Abnahmen innerhalb dieses Rahmens gehalten werden. Die Netzstruktur ist im Kernbereich vermascht, in den Außenbereichen verästelt. Betriebliche Probleme in Folge lokaler hydraulischer Rohrnetzverluste sind nicht bekannt.

Die Bestandsunterlagen über das Rohrnetz, insbesondere in den Außenbereichen, sind unvollständig. Für die vorliegende Untersuchung ist dies jedoch nicht relevant.

Mit Ausnahme der höchstgelegenen Anwesen am südlichen Ortsrand liegt der Versorgungsdruck im Rahmen der Vorgaben des DVGW-Arbeitsblattes W 400-1. Für ausgeprägte Hochlagen lässt die Richtlinie Versorgungsdrücke bis zu 1,5 bar zu.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass die Höhenlage der HB das absolut vertretbare Minimum darstellt und somit auch hinsichtlich des Energieaufwandes, der für die Befüllung erforderlich ist.

Für die Häuser der Hügelbereiche beiderseits des Kollbachtals ist die Höhenlage des HB nicht ausreichend, so dass Drucksteigerungen unabdingbar sind.

Für die Versorgung der Hochlagen südlich des Kollbachs dient dazu im Hochbehälterbauwerk die Drucksteigerungsanlage Mitterhausen.

Die nördlichen Hochlagen werden über das Drucksteigerungspumpwerk Ruppertskirchen versorgt.

Die Netzstruktur in den Hochlagen ist jeweils ausgehend von der Pumpanlage ein reines Verästelungsnetz.

Die Ermittlung des spezifischen Stromverbrauchs [kWh/m^3] erfolgt aus dem Quotienten des Gesamtstromverbrauchs der entsprechenden Station durch die geförderte Wassermenge im Betrachtungszeitraum. Da eine eigene Strommessung der entsprechenden Förderpumpen nicht vorhanden ist, ist in diesen Kennziffern auch der Stromverbrauch zusätzlicher Elektrogeräte, welche innerhalb der Station vorhanden sind, enthalten. Die Anzahl der Elektrogeräte sind von Bauwerk zu Bauwerk unterschiedlich, so dass sich deren Einfluss unterschiedlich stark auswirkt. Darüber

hinaus ist der Stromverbrauch von den örtlichen Gegebenheiten abhängig, etwa der Förderhöhe der Brunnen bzw. der Höhe der Drucksteigerung eines Pumpwerkes.

Weiterhin ist teilweise eine funktionelle Aufteilung innerhalb eines Gebäudes bzw. einer Stromverbrauchserfassung, z. B. Brunnen und eine Drucksteigerung, bzw. ein Drucksteigerungspumpwerk mit zwei getrennten Druckzonen. Ein quantitativer Vergleich dieser Kennziffern ist daher nur bedingt möglich.

Zur Ermittlung des Wirkungsgrades wurde in dieser Studie die mechanische Arbeit (abgegebene Energie) rechnerisch ermittelt. Die Höhe der zugeführten Energie wurde aus den Stromrechnungen ermittelt. Hierbei ist jedoch auch der Stromverbrauch weiterer elektrischer Verbraucher enthalten. Da Betriebsstunden bzw. deren exakte Leistungsaufnahmen nicht bekannt sind, wurden Annahmen getroffen und gegengerechnet, um den Einfluss dieser Verbraucher auf das Ergebnis möglichst gering zu halten.

Folgende Annahmen wurden getroffen:

Jahresstundenzahl Trafo / Netzteil	8760 Betriebsstunden
Auslastungsgrad Trafo / Netzteil	50 %
Jahresstundenzahl SS-Heizung	250 Betriebsstunden
Jahresstundenzahl SS-Lüfter	150 Betriebsstunden
Jahresstundenzahl Luftentfeuchter	1000 Betriebsstunden
Jahresstundenzahl Elektroheizung	1000 Betriebsstunden

3 Los 1: Nachhaltige Brunnenbewirtschaftung

3.1 Bestehende Verhältnisse

Die für die energetische Betrachtung relevanten Pumpendaten sind in nachstehender Tabelle zusammengefasst.

Wasserförderung Brunnen			
	Brunnen V	Brunnen VI	
Aggregat	Pumpe	Pumpe	Anmerkungen
Hersteller:	Grundfos	KSB	
Typ:	n. b.	UPA 150 S-34/17	
Nennleistung P_{nenn} (kW)	18,5	18,5	
Geförderte Jahresmenge (m ³ /a)	115.339	141.682	
Geförderte Jahresmenge (m ³ /a)	257.021		Zukauf 70.000 Kollbachtal
Wasserrechtlich genehmigt (m ³ /a)	130.000	130.000	Abgabe Roßbach 44.000
Wasserrechtlich genehmigt (m ³ /a)	260.000		
Fördermenge Q [m ³ /h]	28	35	Mittelwert aus Monatsmessung
Wasserrechtlich genehmigt (l/s)	7	7	
Betriebsstunden [h/a]	4.109	4.108	
Betriebsstunden [h/d]	11	11	
tatsächl. Fördermenge Q [l/s]	7,8	9,6	aus vorliegender Ganglinie
Förderhöhe h_{geo} [m] im Betrieb	91,0	78,0	inkl. Absenkung im BR
Wasserstand HB üNN	435,0		
Höhe Brunnenkopf (ca.) müNN	392,0	390,0	
Druck [bar] im Betrieb am BR	6,5	6	
Absenkung im Betrieb [m]	46	38	aus vorliegender Ganglinie
Förderhöhe h_{geo} [m] im Betrieb	89,0	83,0	
Steigleitung	DN 100	DN 100	
Fließgeschwindigkeit Steigleitung (m/s)	1,0	1,2	< 1,5; i.O.
Verbindungsleitung BR V-BR IV	PVC DN 150		
Fließgeschwindigkeit (m/s)	0,59		wirtschaftl. Soll: 0,85 m/s
Parallelbetrieb BR V+VI:	BR V	BR VI	
Verbindungsleitung BR V - HB	1350 m PVC DN 150		
Fließgeschwindigkeit (m/s)	1,07		wirtschaftl. Soll: 0,85 m/s
hydraul. Verlusthöhe (m)	11		mit $k = 0,1$ mm
Gesamtförderhöhe bei Parallelbetrieb (m)	100	94	
mechan. Arbeit bei Parallelbetrieb (kWh/a)	31.452	36.319	
mechan. Arbeit bei Parallelbetrieb (kWh/a)	67.771		
angen. Wirkungsgrad	0,4		Opt. lt. Datenblatt UPA 150
Strombedarf bei Parallelbetrieb (kWh/a)	169.427		

Angabe Gemeinde
Rechenwert

Die Prüfung der Installation und Armaturen haben keine Ansatzpunkte für erhebliche energieeinsparende Maßnahmen ergeben.

Beide Brunnen sind drehzahleregelt, als Sollwert wird die Durchflussmenge vorgegeben. Als Korrekturwerte dienen die Pegel der beiden Brunnen.

Die beiden Brunnen werden parallel betrieben. Damit ist es möglich, im Regelfall den Behälter innerhalb einer durchschnittlichen täglichen Betriebszeit von 11 h vorrangig mit tariflich günstigerem Nachtstrom zu befüllen.

Die Ermittlung des Strombedarfs im Rahmen dieser hydraulischen Betrachtung stellt einen reinen Rechenwert dar, welcher den theoretischen Energieaufwand für die

Betriebsweise bei parallelem Pumpenbetrieb mit voller Förderleistung beschreibt. Damit soll ein Vergleich zu anderen, im Folgenden beschriebenen Betriebsweisen ermöglicht werden.

Der tatsächliche Stromverbrauch der Aggregate kann in den meisten Fällen der vorliegenden Untersuchung nicht exakt angegeben werden, da zu viele verschiedene Verbraucher über einen gemeinsamen Zähler erfasst werden.

Am Brunnenschacht des Brunnen V ist der Stromanschluss installiert, der beide Brunnen versorgt. Zur Stromverbrauchsmessung ist ein Zweitarifzähler des Energieversorgers eingebaut. Ebenso ist die gesamte elektrotechnische Regelung beider Pumpen im Pumpenschacht der Pumpe V installiert. Die Regelungstechnik erfolgt über eine SPS des Herstellers Panasonic.

In beiden Brunnen sind jeweils ein Luftentfeuchter mit 275 W (Brunnen V), bzw. 370 W (Brunnen VI) installiert. Die Datenanbindung der Pumpstation erfolgt über eine Standleitung an den Hochbehälter und von dort über Zeitschütz an den Bauhof. Während des Auswertungszeitraumes wurden durch die beiden Brunnen samt Steuerung und Nebenverbraucher rund 80.000 kWh elektrischer Energie benötigt.

Als Strompreis wurde generell vereinfacht pauschal 30 ct / kWh angesetzt, um die einzelnen vorgeschlagenen Maßnahmen hinsichtlich der finanziellen Auswirkung zumindest größenordnungsmäßig abschätzen und vergleichen zu können. Derzeit liegen die Kosten noch unterhalb dieses Werts, werden aller Erwartung nach innerhalb kurzer Zeit erreicht.

3.2 Beurteilung Wassergewinnung

Die Jahresentnahme liegt im wasserrechtlich genehmigten Rahmen. Die tatsächliche sekundliche Entnahmemenge liegt etwas über dem Erlaubniswert.

Hohe Entnahmeeleistungen haben grundsätzlich folgende Auswirkungen:

- verstärkte Absenkung der Brunnenpegel im Betrieb.
Im vorliegenden Fall sind die Absenkungen mit 38 m bzw. 46 m auffallend groß.
- Verstärkte Absenkungen führen zu größeren Förderhöhen und erfordern entsprechend erhöhten Energieaufwand.
- Im Bereich der Verbindungsleitung zur Aufbereitungsanlage / Hochbehälter treten erhöhte hydraulische Verluste auf, im vorliegenden Fall rund 1,1 bar.
- Die Anströmgeschwindigkeit der Brunnen und damit die Beanspruchung und

der Alterungsprozess steigen mit der jeweiligen Entnahmemenge.

Die Fließgeschwindigkeiten und damit die Verluste innerhalb der Brunneninstallation liegen im Regelbereich.

3.3 Beurteilung Stromverbrauch

Aufgrund der Tatsache, dass die elektrische Energie lediglich durch den Zähler des Energieversorgers erfolgt, als elektrische Verbraucher einerseits zwei unabhängige Pumpen, andererseits elektrische Nebenverbraucher angeschlossen sind, kann eine Einzelbetrachtung der Pumpen nicht durchgeführt werden. Somit wurde der Gesamtwirkungsgrad der Anlage ermittelt, wobei dieser mit rund 61% als relativ gut anzusehen ist.

Unter Berücksichtigung der Nebenverbraucher (Luftentfeuchter, Steuertransformator, Netzteil) ist der Wirkungsgrad geringfügig nach oben zu korrigieren, dessen Wert aber nicht genau beziffert werden kann. Entsprechend ergibt sich ein spezifischer Energieverbrauch von rund 0,3 kWh pro gefördertem m³ Wasser.

3.4 Vorschlag Maßnahmen

3.4.1 Kurzfristige Maßnahmen

Eine Verringerung der Förderhöhe ist durch eine Herabsetzung der Entnahmemenge möglich. Dazu bestehen zwei betriebliche Möglichkeiten:

- A) Einzelbetrieb anstatt Parallelbetrieb der Brunnen bei Verlängerung der Betriebszeiten
- B) Parallelbetrieb der Brunnen bei Reduzierung der Förderleistung durch Verringerung der Drehzahl der Pumpen

Im Folgenden erfolgt eine Abschätzung, in welcher Größenordnung die bei diesen Betriebsweisen jeweils mögliche Energieeinsparung zu erwarten ist.

Variante A Einzelbetrieb:	BR V	BR VI	
Fließgeschwindigkeit (m/s)	0,5	0,6	wirtschaftl. Soll: 0,85 m/s
hydraul. Verlusthöhe (m)	2,4	3,6	
Förderhöhe (m)	91,4	86,6	
mechan. Arbeit (kWh/a)	28.736	33.452	
mechan. Arbeit (kWh/a)	62.189		
angen. Wirkungsgrad	0,4		
Strombedarf bei Einzelbetrieb (kWh/a)	155.471		
Ergebnisprognose Variante A:			
progn. Strompreis EUR/kWh:	0,30		
Einsparpotential kWh/a:	13.956		
Einsparpotential %:	8%		
Einsparpotential kg CO ₂ /a	8.652		
Einsparpotential EUR/a:	4.187		

Variante B Parallelbetrieb mit 50% Q:	BR V	BR VI	
Förderleistung (l/s)	3,9	4,8	
Förderleistung (l/s)		8,7	
Fließgeschwindigkeit (m/s)		0,5	wirtschaftl. Soll: 0,85 m/s
hydraul. Verlusthöhe (m)		3,1	
angenommene BR-Absenkung 70%	32,2	26,6	Prüfung erforderlich!
Förderhöhe (m)	78,3	74,7	
mechan. Arbeit (kWh/a)	24.610	28.840	
mechan. Arbeit (kWh/a)		53.450	
angen. Wirkungsgrad		0,4	angenommen
Strombedarf bei Einzelbetrieb (kWh/a)		133.625	
Ergebnisprognose Variante B:			
progn. Strompreis EUR/kWh:		0,30	
Einsparpotential kWh/a:		35.802	
Einsparpotential %:		21%	
Einsparpotential kg CO2/a		22.197	
Einsparpotential EUR/a:		10.741	

Angabe Gemeinde
Rechenwert

Bei Variante A bleibt die Absenkung der Brunnen voraussichtlich unverändert und damit auch die geodätische Förderhöhe.

Ebenso bleiben die hydraulischen Verluste innerhalb der einzelnen Brunnen unverändert.

Infolge der geringeren Durchflussgeschwindigkeit ergeben sich in der Rohwasserleitung von den Brunnen zur Aufbereitungsanlage erheblich geringere hydraulische Verluste.

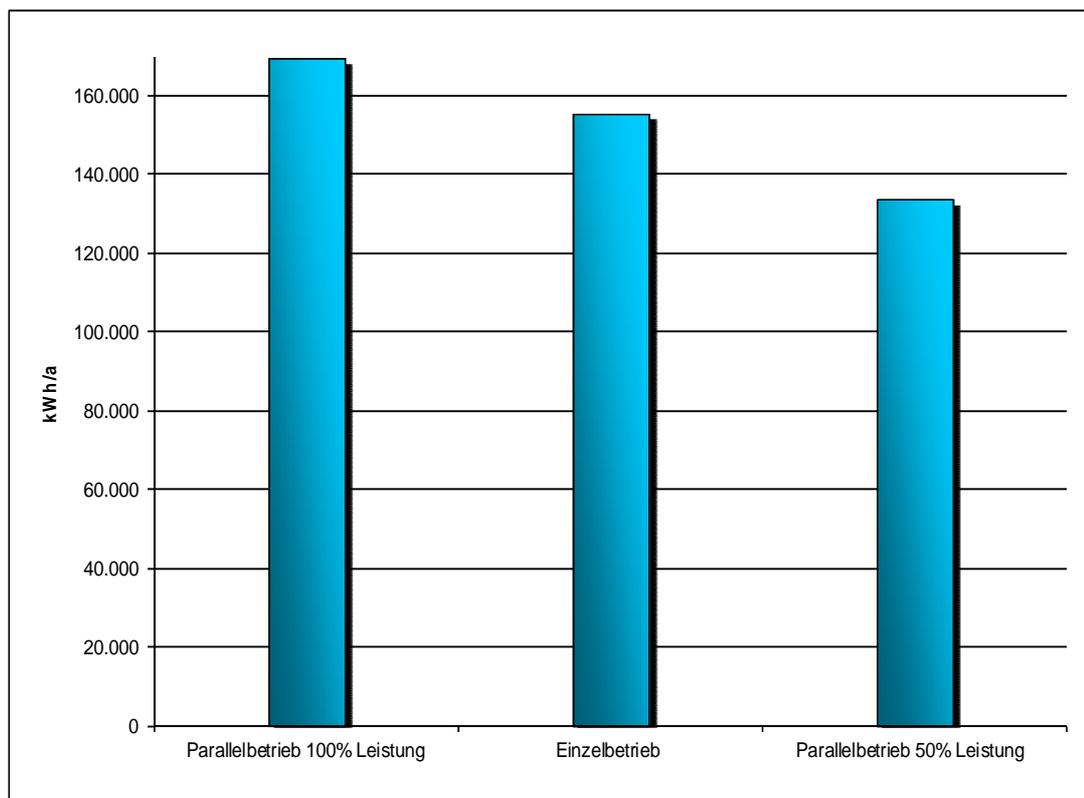
Bei einem vereinfacht angenommen unverändertem Wirkungsgrad der Pumpe ist eine Energieeinsparung von rund 8% zu erwarten.

Bei Variante B dürfte das Einsparpotenzial noch höher sein. Hier kann mit einer deutlich geringeren Brunnenabsenkung und zudem geringeren hydraulischen Verlusten in der Brunneninstallation gerechnet werden.

Bei der vorliegenden Abschätzung wurde davon ausgegangen, dass bei einer Halbierung der Förderleistung die Absenkung nur noch 70% derjenigen bei Vollförderleistung beträgt. Für eine exakte Aussage wäre eine entnahmeabhängige Absenkkurve des Brunnens erforderlich. Ebenso muss berücksichtigt werden, inwieweit die Brunnenpumpen in der Praxis mittels der vorhandenen Frequenzregelung gedrosselt werden können und welcher Wirkungsgrad bei diesem Betriebspunkt erreicht wird.

Zusammenfassend wird nachstehendes Einsparpotenzial erwartet:

	derzeit	Variante A	Variante B
	Parallelbetrieb 100% Leistung	Einzelbetrieb	Parallelbetrieb 50% Leistung
Strombedarf (kWh/a)	169.427	155.471	133.625
Einsparpotential:			
kWh/a		13.956	35.802
kg CO2		8.652	22.197
EUR/a		4.187	10.741
%		8%	21%



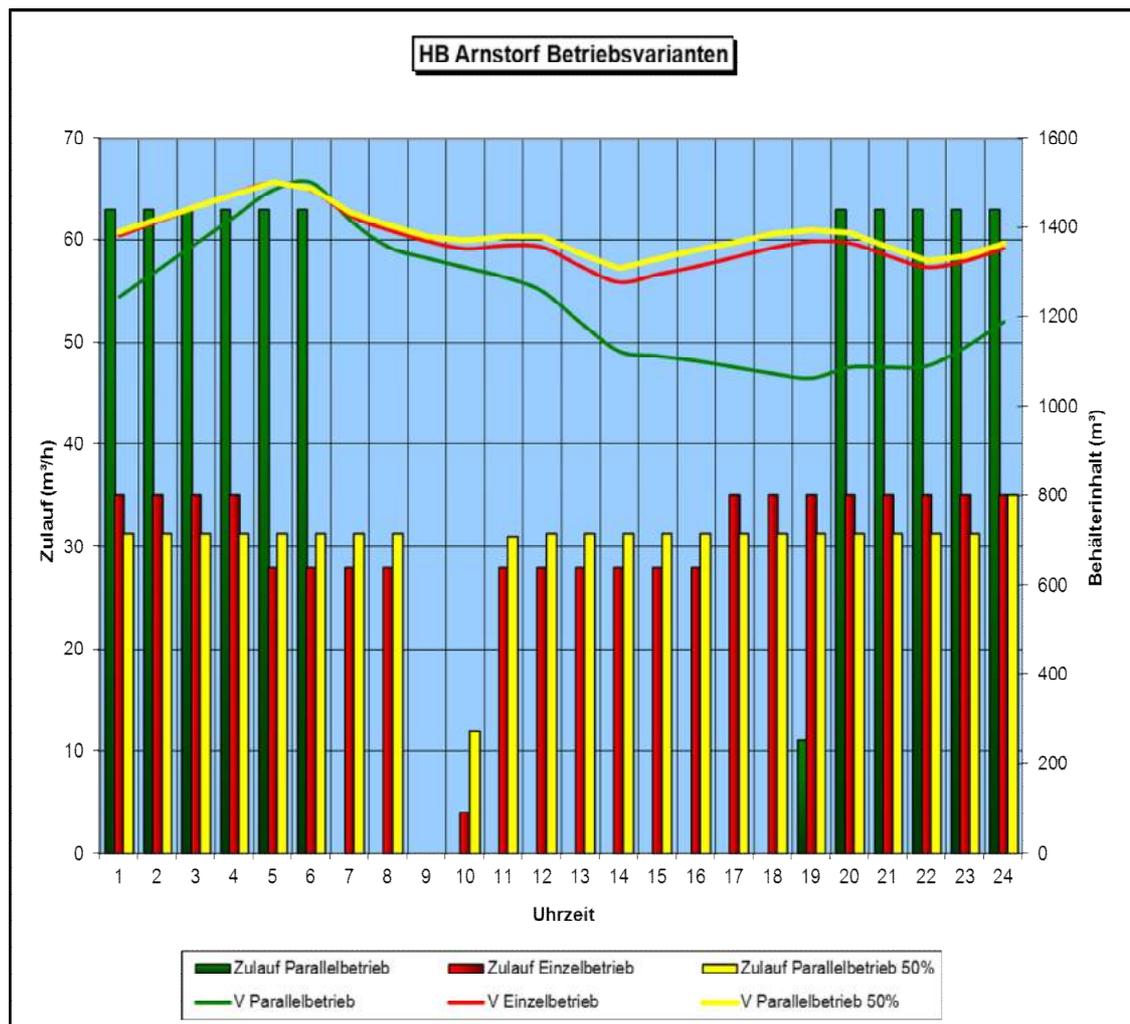
Die Verringerung der Förderleistung führt zwingend zu einer Verlängerung der Förderzeiten.

Um abzuschätzen, inwieweit sich dies auf die Bewirtschaftung des Hochbehälters auswirkt, wurden für den durchschnittlichen Verbrauchstag nachstehend die tageszeitabhängigen Zu- und Abflussganglinien mit zugehöriger Behälterfüllung entwickelt und grafisch dargestellt.

Parallelbetrieb BR V + VI						
Betriebsfall: Qd (2011) =		704 (m ³ /d)				
Speichergroße V =		1500 m ³				
tägliche Förderdauer (h):		12				
Zeit (h)	Q v.H.	Verbrauch (m ³ /h)	Zulauf (m ³ /h)	ΔV Speicher (m ³)	V Speicher (m ³)	
1	1,0	7,0	63	56	1245	
2	0,5	3,5	63	59	1304	
3	0,5	3,5	63	59	1364	
4	0,5	3,5	63	59	1423	
5	0,5	3,5	63	59	1483	
6	6,5	45,8	63	17	1500	
7	12,0	84,5	0	-85	1416	
8	8,5	59,9	0	-60	1356	
9	3,5	24,6	0	-25	1331	
10	3,0	21,1	0	-21	1310	
11	3,0	21,1	0	-21	1289	
12	4,5	31,7	0	-32	1257	
13	10,0	70,4	0	-70	1187	
14	9,0	63,4	0	-63	1123	
15	1,5	10,6	0	-11	1113	
16	1,5	10,6	0	-11	1102	
17	2,0	14,1	0	-14	1088	
18	2,0	14,1	0	-14	1074	
19	3,0	21,1	11	-10	1064	
20	5,5	38,7	63	24	1088	
21	9,0	63,4	63	0	1088	
22	8,5	59,9	63	3	1091	
23	3,0	21,1	63	42	1133	
24	1,0	7,0	63	56	1189	
Σ	100	704,2	704			

Variante A: Einzelbetrieb BR V oder BR VI						
Betriebsfall: Q_d (2011) = 704 (m ³ /d)						
Speichergröße V =		1500 m ³				
tägliche Förderdauer (h):		23				
Zeit (h)	Q v.H.	Verbrauch (m ³ /h)	Zulauf (m ³ /h)	ΔV Speicher (m ³)	V Speicher (m ³)	
1	1,0	7,0	35	28	1381	
2	0,5	3,5	35	31	1412	
3	0,5	3,5	35	31	1444	
4	0,5	3,5	35	31	1475	
5	0,5	3,5	28	24	1500	
6	6,5	45,8	28	-18	1482	
7	12,0	84,5	28	-57	1426	
8	8,5	59,9	28	-32	1394	
9	3,5	24,6	0	-25	1369	
10	3,0	21,1	4	-17	1352	
11	3,0	21,1	28	7	1359	
12	4,5	31,7	28	-4	1355	
13	10,0	70,4	28	-42	1313	
14	9,0	63,4	28	-35	1277	
15	1,5	10,6	28	17	1295	
16	1,5	10,6	28	17	1312	
17	2,0	14,1	35	21	1333	
18	2,0	14,1	35	21	1354	
19	3,0	21,1	35	14	1368	
20	5,5	38,7	35	-4	1364	
21	9,0	63,4	35	-28	1336	
22	8,5	59,9	35	-25	1311	
23	3,0	21,1	35	14	1325	
24	1,0	7,0	35	28	1353	
Σ	100	704	704			

Variante B: Parallelbetrieb BR V + BR VI mit 50% Q						
Betriebsfall:		Qd (2011) =		704 (m ³ /d)		
Speichergröße V =		1500 m ³				
tägliche Förderdauer (h):		23				
Zeit (h)	Q v.H.	Verbrauch (m ³ /h)	Zulauf (m ³ /h)	ΔV Speicher (m ³)	V Speicher (m ³)	
1	1,0	7,0	31	24	1389	
2	0,5	3,5	31	28	1417	
3	0,5	3,5	31	28	1445	
4	0,5	3,5	31	28	1472	
5	0,5	3,5	31	28	1500	
6	6,5	45,8	31	-14	1486	
7	12,0	84,5	31	-53	1432	
8	8,5	59,9	31	-29	1404	
9	3,5	24,6	0	-25	1379	
10	3,0	21,1	12	-9	1370	
11	3,0	21,1	31	10	1380	
12	4,5	31,7	31	0	1380	
13	10,0	70,4	31	-39	1340	
14	9,0	63,4	31	-32	1308	
15	1,5	10,6	31	21	1329	
16	1,5	10,6	31	21	1350	
17	2,0	14,1	31	17	1367	
18	2,0	14,1	31	17	1384	
19	3,0	21,1	31	10	1394	
20	5,5	38,7	31	-7	1387	
21	9,0	63,4	31	-32	1355	
22	8,5	59,9	31	-29	1326	
23	3,0	21,1	31	10	1337	
24	1,0	7,0	35	28	1365	
Σ	100	704	704			



Grundsätzlich ist festzustellen, dass bei der bisherigen Betriebsweise der Behälter tagsüber wegen der fehlenden Nachförderung relativ stark entleert wird.

Eine kontinuierliche Befüllung, selbst mit verringerter Förderleistung, würde zu einer geringeren Absenkung führen.

Aufgrund mangelnder Grundlagedaten erscheint an dieser Stelle eine konkrete Untersuchung dieser Betriebsweisen in der Praxis erheblich aussagekräftiger, als eine weitere theoretische Betrachtung.

Erste Versuche des Betreibers mit Betriebsvariante B haben die Möglichkeit erheblicher Einsparungen bestätigt.

3.4.2 Mittelfristige Maßnahmen

Es ist davon auszugehen, dass die vorhandenen Brunnenpumpen bei einem Betrieb im unteren Frequenzbereich nicht bei optimalem Wirkungsgrad betrieben werden. Mit Pumpen, deren Förderleistung auf die verringerte Entnahmemenge abgestimmt ist, könnte die Effizienz gesteigert werden.

Ein Austausch der vorhandenen Pumpen wird jedoch nur nach Ablauf der betrieblichen Nutzungsdauer wirtschaftlich sein.

3.4.3 Langfristige Maßnahmen

Bei Erneuerung der Schaltanlage sollte zu Überwachungszwecken für jede Pumpe eine eigene Energiemessung mit Protokollierung integriert werden. Damit ist die Überwachung der Einzelwirkungsgrade der Pumpen möglich.

4 Los 2: Intelligente Trinkwasserverteilung

4.1 Hochbehälter mit Drucksteigerungspumpwerk Mitterhausen

Der Hochbehälter und die Drucksteigerung Mitterhausen sind im selben Bauwerk integriert.

Bei Netzausfall seitens des Energieversorgers steht ein Netzersatzaggregat mit 24 kW bereit.

Als Elektrogeräte sind Luftentfeuchter im Kellergeschoss (940 W), als auch im Erdgeschoss (570 W), ein Heizstrahler mit 2.000 W, sowie ein Kompressor mit 1.500 W installiert.

Während des Auswertungszeitraumes wurden insgesamt, inklusive Steuerung, Beleuchtung und Nebenverbraucher, rund 34.000 kWh elektrischer Energie benötigt.

4.2 Hochbehälter

Bezüglich des Hochbehälters stehen folgende Daten zur Verfügung:

	HB Arnstorf	Anmerkungen
Geförderte Jahresmenge (m ³ /a)	257.021	Brunnenwasser
Wasserrechtlich genehmigt (m ³ /a)	260.000	
Fördermenge Q [m ³ /h] Parallelbetrieb	63	
Fördermenge Q [l/s] Parallelbetrieb	17,5	
durchschnittl. Tagesbedarf (m ³ /d) Qd	704	
Spitzentagesfaktor fd	1,6	
max. Tagesbedarf (m ³ /d) maxQd	1127	
Volumen (m ³), 2 Kammern	1500	
Höhe (rund) m über NN	435,0	
Berührung Zulauf	DN 250	
di m	0,259	
Fließgeschwindigkeit m/s	0,33	< 1,5; i.O.

Die Prüfung der Installation und Armaturen haben keine Ansätze zu wesentlichen energieeinsparenden Maßnahmen ergeben.

Entsprechend Abs. 4.1 besteht bei einer Verlängerung der Brunnenförderzeiten grundsätzlich die Möglichkeit, den Hochbehälter mit leicht abgesenktem Wasserstand zu betreiben. Dies würde die rohwasserseitige Gesamtförderhöhe reduzieren. Nachstehend wurde das Einsparpotenzial für 1 m Wasserstandabsenkung ermittelt.

Einsparpotenzial bei abgesenktem WSP im HB:		
Absenkung (m)	1,0	
progn. Strompreis EUR/kWh:	0,30	
Einsparpotential kWh/a:	1.751	bei angen. Wirkungsgrad 0,4
Einsparpotential kg CO ₂ /a	1.086	
Einsparpotential EUR/a:	525	

Angabe Gemeinde
Rechenwert

Aufgrund der Tatsache, dass aus Gründen der Betriebssicherheit in Störfällen (Pumpenstörung, Brandfall, Rohrbruch, etc.) ein möglichst gefüllter Behälter wünschenswert ist, scheint das Einsparpotenzial eher nachgeordnet.

Es sollten zunächst betriebliche Erfahrungen bei einer geänderten Brunnenförderzeit gesammelt werden. Abhängig von den sich tatsächlich einstellenden Behälterganglinien, wäre eine Absenkung zumindest in verbrauchsärmeren Zeiten denkbar.

4.3 Bauwerk: Drucksteigerungspumpwerk Mitterhausen

4.3.1 Bestehende Verhältnisse

Für das Pumpwerk liegen folgende Grundlagendaten vor:

Wasserförderung DPW Mitterhausen				
Aggregat	Pumpe 1	Pumpe 2	Pumpe 3	Anmerkungen
Hersteller:	Grundfos	Grundfos	Grundfos	
Typ:				
Nennleistung P_{nenn} (kW)	7,5	7,5	7,5	
Geförderte Jahresmenge (m ³ /a)	63.891			44.000 m ³ /a für Roßbach
Fördermenge Q [m ³ /h]	27	27	27	
Höhenlage PS ca. müNN	430			
max. Höhe im Versorgungsgebiet	445			
min. Druck am Endabnehmer (bar)	2,5			
min erf.Förderhöhe h_{geo} [m]	39,5			
min erf.Förderhöhe h_{geo} [bar]	3,9			
min. Förderhöhe im Betrieb (bar)	4,0			
max. Förderhöhe im Betrieb (bar)	5,0			
Betriebsstunden [h/a]	2.450	2.221	2.248	
Berohrung Einzelpumpe	DN 80	DN 80	DN 80	
Fließgeschwindigkeit Einzelpumpe (m/s)	1,3	1,3	1,3	
Sammelleitung	DN 150			< 1,5; i.O.
Fließgeschwindigkeit Sammelleitung (m/s)	1,16			< 1,5; i.O.
Betrieb mit konstantem Nachdruck:				
konst. Nachdruck (bar)	5,0			
elektr. Arbeit (kWh/a)	8.540			
Wirkungsgrad	0,4			
Strombedarf (kWh/a)	21.349			
Angabe Gemeinde				
Rechenwert				

Die Pumpen werden wechselweise betrieben und auf einen Druck von rund 4,5 bar geregelt. Das Wasser gelangt direkt aus dem Hochbehälter in die Drucksteigerung.

4.3.2 Beurteilung

Die Prüfung der Installation und Armaturen haben keine Ansätze zu erheblichen energieeinsparenden Maßnahmen ergeben.

Die Förderhöhe des Pumpwerks ist gut abgestimmt auf die im Versorgungsgebiet erforderlichen Betriebsdrücke.

Auffallend ist die große Pumpenlaufzeit von fast 19 h/d im Jahresschnitt.

Die theoretische Förderleistung der Pumpen hätte bei dieser Förderzeit insgesamt $(2.450 + 2.221 + 2.248) \text{ h} \cdot 27 \text{ m}^3/\text{h} = 186.813 \text{ m}^3/\text{a}$ betragen. Demgegenüber lag

die gemessene Jahresförderung bei tatsächlich nur rund 64.000 m³/a.

Dies deutet darauf hin, dass die vorhandenen Pumpen für Kleinabnahmen, insbesondere in den verbrauchsarmen Zeiten, zu groß ausgelegt sind.

Aufgrund der Steuerungsstrategie, den Nachdruck möglichst konstant zu halten, wird die Pumpe bereits bei geringem Druckabfall angefordert. Bei diesem Lastfall wird die Einzelpumpe zwar drehzahleregelt am untersten Betriebspunkt betrieben, nimmt dabei jedoch immer noch unwirtschaftlich viel Strom auf. Dies führt in Summe zu langen Betriebszeiten bei ungünstigem Wirkungsgrad.

Aufgrund des Zwischenberichtes dieser Studie wurde von der Gemeinde Arnstorf eine Wirkungsgradmessung der Drucksteigerung Mitterhausen beauftragt. Dazu wurde die elektrische Leistungsaufnahme der Pumpen über einen Zeitraum von einer Woche gemessen. Mit den über diesen Zeitraum verfügbaren Durchflussganglinien und den Druckverhältnissen wurden die Wirkungsgrade ermittelt. Die Auswertung der Messung ergab Wirkungsgrade von 34% bis 48%, bei einem mittleren Wirkungsgrad von rund 45%. Entsprechend dem Datenblatt der verbauten Pumpen ist ein Wirkungsgrad von annähernd 60% bei optimalem Betriebspunkt möglich.

Während der Messzeit wurde um rund 50% mehr Wasser gefördert, als im wöchentlichen Jahresschnitt, eine Erklärung hierfür konnte nicht gefunden werden. Die Ursache für die schlechten Wirkungsgrade ist die Tatsache, dass die Pumpen nicht an die tatsächlichen Fördermengen angepasst sind. Während der Messperiode lag die Fördermenge in einem Bereich von rund 10% bis 30% der Nennfördermenge der Pumpen. In diesem Bereich ist ein wirtschaftlicher Betrieb der Pumpen (auch bei Drehzahlregelung) in einem offenen System nicht mehr möglich, was durch die Messung letztlich belegt wurde.

Das ermittelte Einsparpotential liegt bei rund 30% des Stromverbrauchs der Pumpen (ohne elektrische Nebenverbraucher). Dies entspricht einem Energiegehalt von rund 4750 kWh. Es sei hier noch erwähnt, dass zum Zeitpunkt der Planung der Drucksteigerung von einem größeren Versorgungsgebiet ausgegangen wurde, weshalb die Pumpenleistung höher ausgelegt wurde.

Ein detaillierter Bericht über die Leistungsmessung wurde der Gemeinde Arnstorf gesondert übergeben.

4.3.3 Vorschlag Maßnahmen

4.3.3.1 Kurzfristige Maßnahmen

Durch Austausch einer der drei Pumpen gegen eine Schwachlastpumpe könnten Einsparungen von rund 4.750 kWh erzielt werden. Dies entspricht einem CO₂-Äquivalent von 2.945 kg Kohlendioxid pro Jahr, und eine Kosteneinsparung von 1.425 € jährlich bei einem Strompreis von 30 Cent/kWh.

4.3.3.2 Mittelfristige Maßnahmen

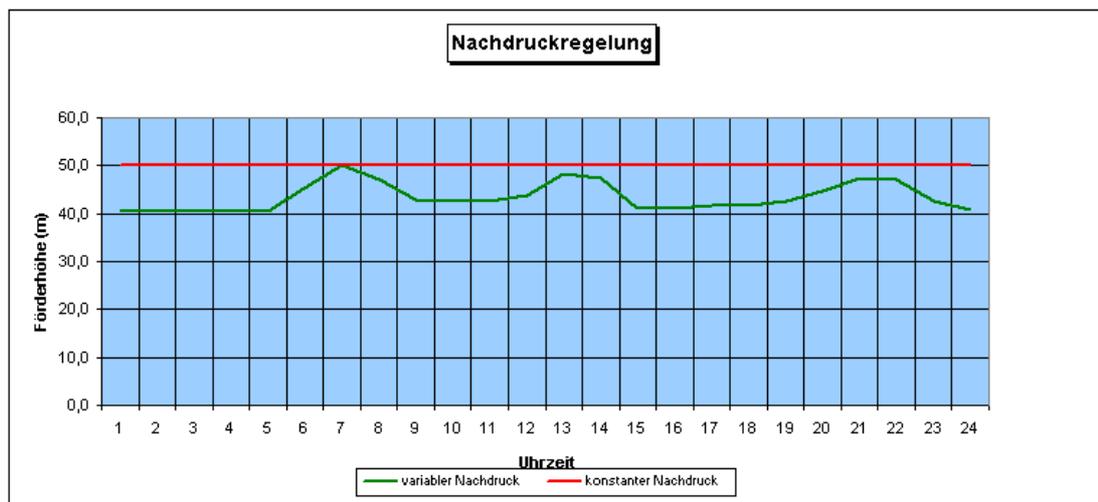
Eine weitere Möglichkeit zur Stromeinsparung wird in einer durchflussabhängigen Nachdrucksteuerung gesehen.

Dieser Gedanke beruht auf dem Sachverhalt, dass die Entnahmen und damit die hydraulischen Rohrnetzverluste in verbrauchsarmen Zeiten minimal sind. Der auf der Nachdruckseite der Pumpanlage dabei zur Verfügung zu stellende Versorgungsdruck kann im Minimum auf den Wert abgesenkt werden, der als rein hydrostatischer Ruhedruck am höchsten Versorgungspunkt noch zur Verfügung stehen muss.

Bei zunehmender Entnahme steigen die hydraulischen Rohrnetzverluste. Um den Versorgungsdruck in diesem Fall auch noch am höchstgelegenen Geländepunkt einhalten zu können, muss der Nachdruck an der Pumpanlage dementsprechend erhöht werden.

Im Folgenden erfolgte eine Gegenüberstellung für eine Betriebsweise mit drehzahl-geregelt konstantem Nachdruck und einer Druckregelung, die durchflussabhängig den Nachdruck steuert zwischen dem vorgenannten Druck als Maximaldruck und einem minimalen Nachdruck als Rechenwert von maximaler Geländehöhe zuzüglich einem Mindestdruck von 2,5 bar.

Verbrauchsverteilung über den Tag		Nachdruck konstant		Variante Nachdruck variabel		
		Förderhöhe konst. (m): 49		Förderhöhe variabel, min. (m): 40		
		bar: 5,0		Förderhöhe variabel, max. (m): 50		
Jahresfördermenge (m³/a)	63.891					
Tagesfördermenge (m³/d)	175,0					
Zeit (h)	Bedarf Q v.H.	Stundenförderung m³/h	Jahresarbeit kWh/a	Förderhöhe m	Stundenförderung m³/h	Jahresarbeit kWh/a
1	1,0	1,8	85	40,8	1,8	71
2	0,5	0,9	43	40,4	0,9	35
3	0,5	0,9	43	40,4	0,9	35
4	0,5	0,9	43	40,4	0,9	35
5	0,5	0,9	43	40,4	0,9	35
6	6,5	11,4	555	45,4	11,4	514
7	12,0	21,0	1025	50,0	21,0	1045
8	8,5	14,9	726	47,1	14,9	697
9	3,5	6,1	299	42,9	6,1	262
10	3,0	5,3	256	42,5	5,3	222
11	3,0	5,3	256	42,5	5,3	222
12	4,5	7,9	384	43,8	7,9	343
13	10,0	17,5	854	48,3	17,5	841
14	9,0	15,8	769	47,5	15,8	744
15	1,5	2,6	128	41,3	2,6	108
16	1,5	2,6	128	41,3	2,6	108
17	2,0	3,5	171	41,7	3,5	145
18	2,0	3,5	171	41,7	3,5	145
19	3,0	5,3	256	42,5	5,3	222
20	5,5	9,6	470	44,6	9,6	427
21	9,0	15,8	769	47,5	15,8	744
22	8,5	14,9	726	47,1	14,9	697
23	3,0	5,3	256	42,5	5,3	222
24	1,0	1,8	85	40,8	1,8	71
Σ	100	175	8540		175	7990



Die mögliche Energieeinsparung liegt gemäß nachstehender Abschätzung nicht in einer Größenordnung, welche einen aufwendigen Eingriff in die Steuerung der Pumpanlage kurzfristig wirtschaftlich erscheinen lässt.

Betrieb mit konstantem Nachdruck:		
konst. Nachdruck (bar)	5,0	
elektr. Arbeit (kWh/a)	8.540	
Wirkungsgrad	0,4	
Strombedarf (kWh/a)	21.349	
Variante variabler Nachdruck:		
elektr. Arbeit (kWh/a)	7.990	
angen. Wirkungsgrad	0,40	
Strombedarf (kWh/a)	19.975	
Ergebnisprognose:		
progn. Strompreis EUR/kWh:	0,30	
Einsparpotential kWh/a:	1.375	
Einsparpotential %:	6,4%	
Einsparpotential kg CO2/a	852	
Einsparpotential EUR/a:	412	
Angabe Gemeinde		
Rechenwert		

Sollte aus anderen Gründen eine Änderung / Sanierung / Erneuerung der Schaltanlage anstehen, sollte die Maßnahme erwogen werden.

4.3.3.3 Langfristige Maßnahmen

Bei einer Erneuerung der Schaltanlage sollte als langfristige Maßnahme eine Leistungsmessung mit Protokollierung der Pumpen erfolgen.

4.4 Bauwerk: Drucksteigerungspumpwerk Ruppertskirchen

4.4.1 Bestehende Verhältnisse

Für das Pumpwerk liegen folgende Grundlagendaten vor:

Wasserförderung DPW Ruppertskirchen			
Aggregat	Pumpe 1	Pumpe 2	Anmerkungen
Hersteller:	EMU	EMU	
Typ:	KD 13-4	KD 13-4	
Nennleistung P_{nenn} (kW)	4	4	
Geförderte Jahresmenge (m ³ /a)	28.763		
Fördermenge Q [m ³ /h]	14	14	
Fördermenge Q [l/s]	4	4	lt. Typenschild
Höhenlage PS ca. (müNN)	380		
max. Höhe im Versorgungsgebiet (m ü. NN)	435		
min. Druck am Endabnehmer (bar)	2,5		
max. Geländehöhe (müNN)	450		
min erf. Nachdruck h _{geo} [m]	79,5		
min erf. Nachdruck h _{geo} [bar]	7,8		
min. Nachdruck im Betrieb (bar)	8,5		
max. Nachdruck im Betrieb (bar)	9,6		
Zulaufdruck (bar)	5,6		
min. Förderhöhe (bar)	2,9		
max. Förderhöhe (bar)	4,0		
Betriebsstunden [h/a]	688	688	
Berohrung Einzelpumpe	DN 80	DN 80	
Fließgeschwindigkeit Einzelpumpe (m/s)	0,7	0,7	< 1,5; i.O.
Sammelleitung	DN 150		
Fließgeschwindigkeit Sammelleitung (m/s)	1,16		< 1,5; i.O.

Angabe Gemeinde
Rechenwert

Die Pumpen sind nicht drehzahl geregelt und werden nach definiertem Ein- und Ausschalt druck gesteuert. Während des Auswertungszeitraumes wurde im Drucksteigerungspumpwerk Ruppertskirchen samt Steuerung und Nebenverbraucher eine elektrische Energie von rund 80.000 kWh benötigt.

Als elektrische Nebenverbraucher sind zwei Heizkörper mit je 2.000 W, ein Luftentfeuchter mit 282 W, sowie ein Kompressor mit 750 W installiert. Nach Aussage des Betriebspersonals wird die Heizung lediglich als Frostschutz betrieben.

4.4.2 Beurteilung

Die Prüfung der Installation und Armaturen haben keine Ansätze zu erheblichen energieeinsparenden Maßnahmen ergeben.

Die Förderhöhe des Pumpwerks ist gut abgestimmt auf die im Versorgungsgebiet erforderlichen Betriebsdrücke.

Das Produkt aus Förderleistung lt. Typenschild und gemessener Betriebszeit ergibt eine Jahresfördermenge von 19.526 m³/a. Demgegenüber lag die gemessene Jahresförderung bei tatsächlich rund 29.000 m³/a. Die Messungen bedürfen der Kontrolle. Analog der Betrachtungsweise bei den Brunnenpumpen, erfolgte auch hier die Ermittlung des theoretisch erforderlichen Energieaufwandes zu Vergleichszwecken mit anderen Betriebsweisen.

Entsprechend des Stromverbrauchs des gesamten Drucksteigerungspumpwerks zur geleisteten hydraulischen Arbeit (Fördermenge: 29.000 m³/a) durch die Druckerhöhungspumpen ergibt sich ein Gesamtwirkungsgrad von rund 39%. Unter Berücksichtigung des Stromverbrauchs der Steuerungsanlage und der elektrischen Kleinverbraucher, welche auf Schätzungen beruhen, liegt der Wirkungsgrad bei ca. 44%, wobei dieser einem Energieverbrauch von etwa 0,3 kWh pro m³ entspricht.

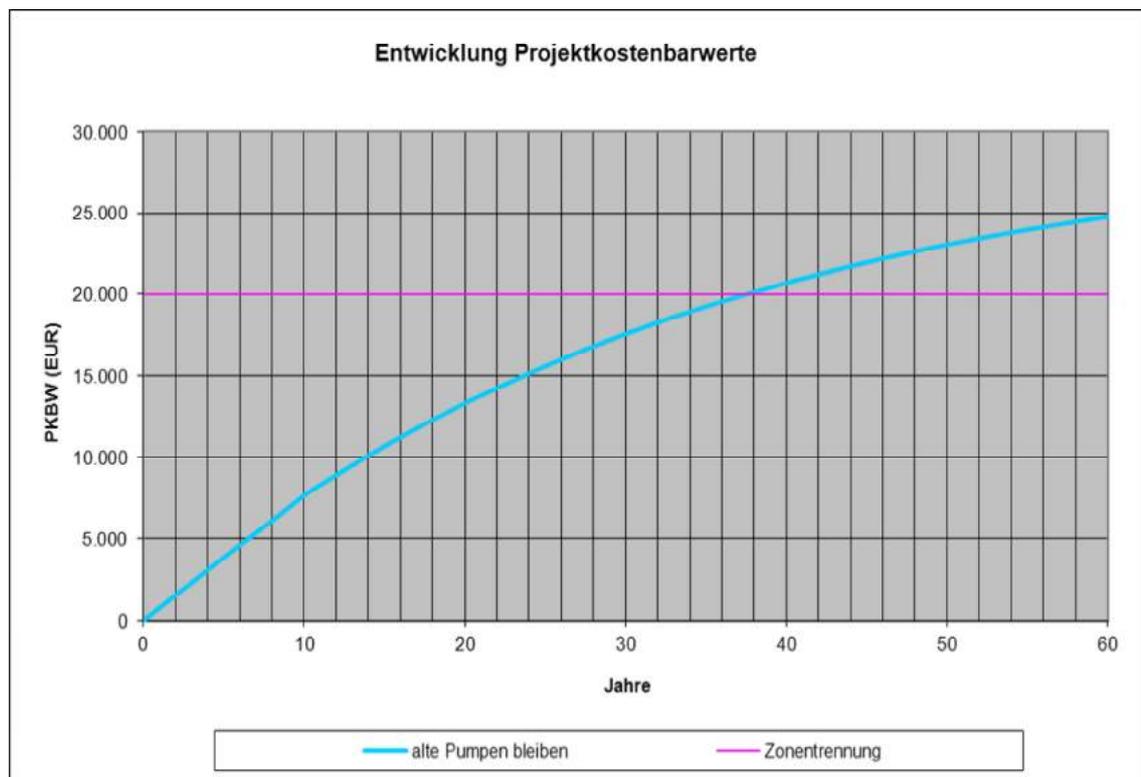
Auffallend ist der Umstand, dass auf der Druckseite der Pumpanlage ein kleines Versorgungsgebiet („Im Feld“) angeschlossen ist, für welches der Versorgungsdruck wieder gemindert wird. Dies bedeutet unnötigen Energieaufwand und wäre durch Einbau einer eigenen Drucksteigerungspumpe für dieses Gebiet vermeidbar.

Es erfolgt daher eine Abschätzung hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit einer solchen Umbaumaßnahme. Nach Angaben des Betreibers beträgt die „zu hoch“ geförderte Fördermenge rund 40 m³/d bzw. 14.600 m³/a. Für diese Fördermenge könnte eine Förderhöhe von rund 30 m eingespart werden.

Für die Alternative „Zonentrennung“ werden die Umbaukosten überschlägig auf rund 20.000 EUR im bestehenden Pumpwerk geschätzt. Unter Zugrundlegung von Energiekosten von 30 ct / kWh wurde mit diesen Daten eine überschlägige Kostenvergleichsrechnung nach den Richtlinien der LAWA durchgeführt.

Das Ergebnis stellt sich wie folgt dar:

Kostenvergleichsrechnung über 60 Jahre			
		Variante 1	Variante 2
Investitionskosten	0	0	20.000
Projektkostenbarwert	10	7.636	20.000
	11	8.283	20.000
	15	10.686	20.000
	20	13.318	20.000
	21	13.799	20.000
	25	15.588	20.000
	30	17.546	20.000
	35	19.235	20.000
	40	20.692	20.000
	41	20.958	20.000
	45	21.948	20.000
	50	23.032	20.000
	55	23.967	20.000
	60	24.774	20.000

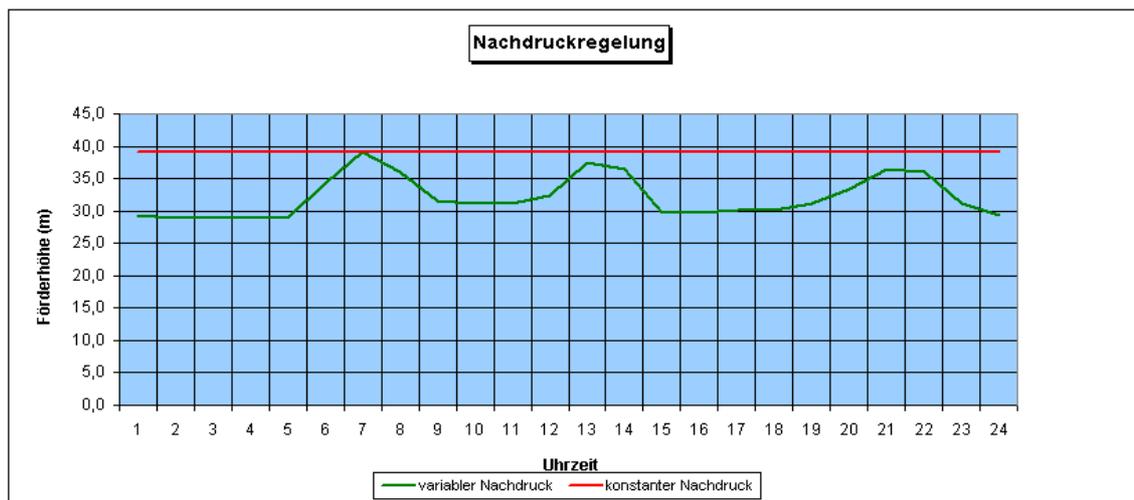


Eine Rentabilität für eine Zonentrennung wäre demnach erst nach rund 40 Jahren gegeben. Ein Umbau würde daher erst sinnvoll, wenn die vorhandenen Pumpen ohnehin ausgetauscht werden müssen.

Entsprechend dem Pumpwerk Mitterhausen wäre eine Betriebsweise mit durchflussgesteuertem Nachdruck denkbar.

Aus energetischer Sicht stellen sich die beiden Betriebsweisen wie folgt dar:

Verbrauchsverteilung über den Tag		Variante A		Variante B		
		Förderhöhe konst. (m):	39	Förderhöhe variabel, min. (m):	28	
		bar:	4,0	Förderhöhe variabel, max. (m):	39	
Jahresfördermenge (m³/a):	28.763					
Tagesfördermenge (m³/d):	78,8					
Zeit (h)	Bedarf Q v.H.	Stundenförderung m³/h	Jahresarbeit kWh/a	Förderhöhe m	Stundenförderung m³/h	Jahresarbeit kWh/a
1	1,0	0,8	31	29,3	0,8	23
2	0,5	0,4	15	28,8	0,4	11
3	0,5	0,4	15	28,8	0,4	11
4	0,5	0,4	15	28,8	0,4	11
5	0,5	0,4	15	28,8	0,4	11
6	6,5	5,1	200	34,2	5,1	174
7	12,0	9,5	368	39,2	9,5	368
8	8,5	6,7	261	36,0	6,7	240
9	3,5	2,8	107	31,5	2,8	87
10	3,0	2,4	92	31,1	2,4	73
11	3,0	2,4	92	31,1	2,4	73
12	4,5	3,5	138	32,4	3,5	114
13	10,0	7,9	307	37,4	7,9	293
14	9,0	7,1	276	36,5	7,1	257
15	1,5	1,2	46	29,7	1,2	35
16	1,5	1,2	46	29,7	1,2	35
17	2,0	1,6	61	30,2	1,6	47
18	2,0	1,6	61	30,2	1,6	47
19	3,0	2,4	92	31,1	2,4	73
20	5,5	4,3	169	33,3	4,3	144
21	9,0	7,1	276	36,5	7,1	257
22	8,5	6,7	261	36,0	6,7	240
23	3,0	2,4	92	31,1	2,4	73
24	1,0	0,8	31	29,3	0,8	23
Σ	100	79	3071		79	2723



Betrieb mit konstantem Nachdruck:		
Förderhöhe (bar)	4,0	
elektr. Arbeit (kWh/a)	3.071	
Wirkungsgrad	0,4	
Strombedarf (kWh/a)	7.676	
Variante variabler Nachdruck:		
elektr. Arbeit (kWh/a)	2.723	
angen. Wirkungsgrad	0,40	
Strombedarf (kWh/a)	6.808	
Ergebnisprognose:		
progn. Strompreis EUR/kWh:	0,30	
Einsparpotential kWh/a:	869	
Einsparpotential %:	11,3%	
Einsparpotential kg CO2/a	539	
Einsparpotential EUR/a:	261	

Angabe Gemeinde
Rechenwert

Das Einsparpotential ist absolut gesehen relativ klein, so dass ein Umbau der Steuerung nicht rentabel ist.

4.4.3 Vorschlag Maßnahmen

4.4.3.1 Kurzfristige Maßnahmen

Zur Abklärung des tatsächlichen Stromverbrauchs der Nebenverbraucher sollte deren Energieverbrauch gemessen werden. Hierzu sind am Markt kostengünstige Kompaktgeräte erhältlich, welche zwischen Steckdose und Gerät eingesetzt werden.

4.4.3.2 Mittelfristige Maßnahmen

Falls ein Pumpenaustausch erforderlich wird, sollte die Zonentrennung umgesetzt werden. Dabei wäre auch eine Umstellung auf eine durchflussgesteuerte Druckregelung möglich.

4.4.3.3 Langfristige Maßnahmen

Keine.

5 Zusammenfassung

Als Gesamtstromverbrauch für die Trinkwasserversorgung wurde in der Gemeinde Arnstorf im Auswertungszeitraum rund 124.000 kWh erfasst. Dabei wurden 257.000 m³ Wasser gefördert, 70.000 m³ vom „Zweckverband Oberes Kollbach“ bezogen, und 46.371 m³ an die Gemeinde Roßbach verkauft, und damit 24.000 m³ mehr Wasser bezogen. Es ergibt sich ein spezifischer Stromverbrauch von 0,4 kWh pro m³ Wasser. Aufgrund der Tatsache, dass für das vom „Zweckverband Oberes Kollbach“ bezogene Wasser kein Energieaufwand einhergeht, ergibt sich hierbei ein relativ geringer Wert.

Der durchschnittliche Energieverbrauch in Deutschland liegt bei ca. 1 kWh/m³ (Quelle: Statistische Ämter des Bundes und der Länder). Ein quantitativer Vergleich mit diesem Durchschnittswert ist nur bedingt möglich, da der Energieverbrauch stark abhängig von der Fördertiefe der Brunnen, und ebenso von der Geländebeschaffenheit des Versorgungsnetzes ist.

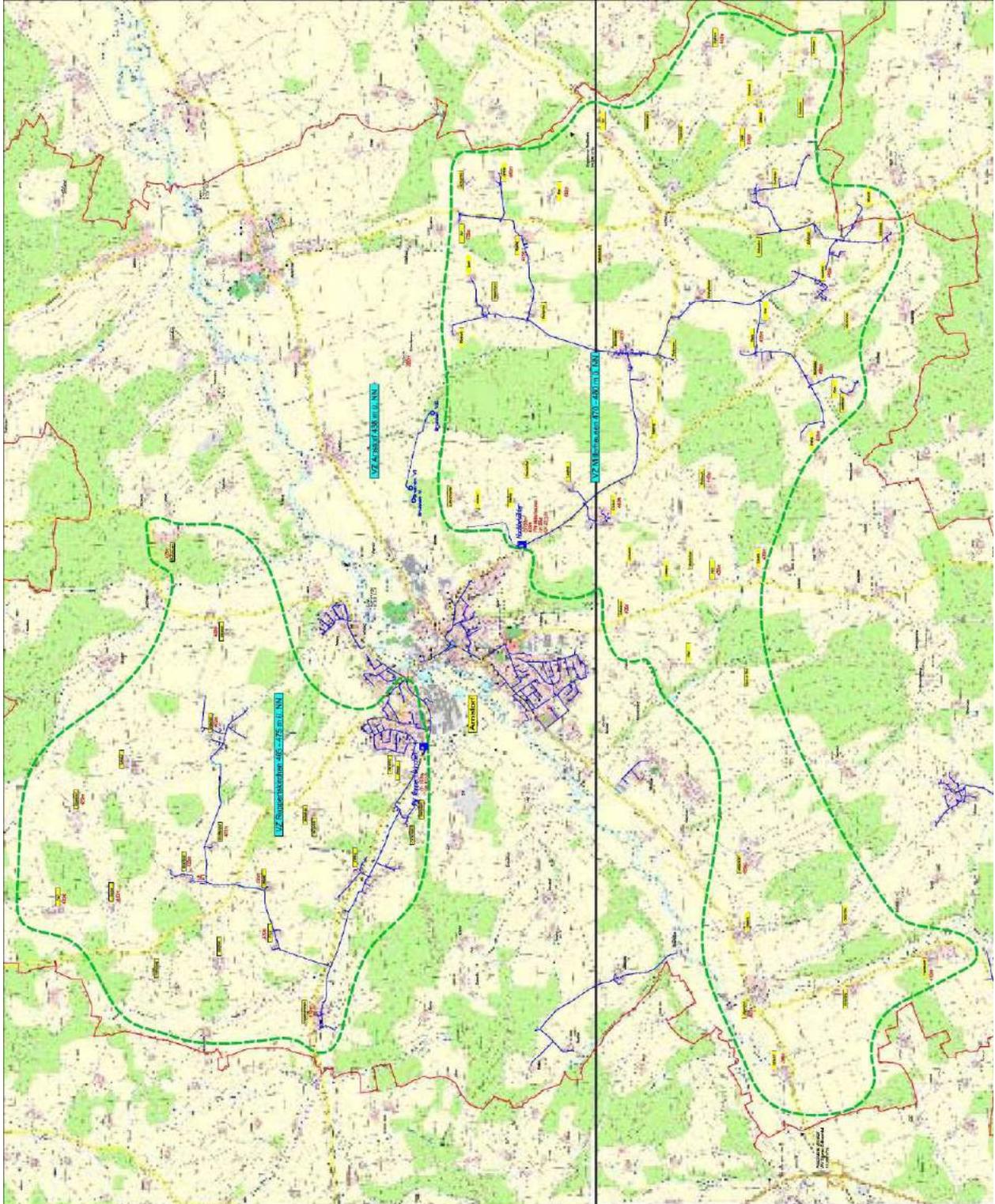
Bauwerk	Einsparungsmöglichkeit (Prognose)			% der Gesamteinsparung
	kWh/a	kg CO ₂ /a	EUR/a	
Brunnen	35.802	22.197	10.741	83%
HB	1.751	1.086	525	4%
DPW Mitterhausen	4.750	2.945	1.425	11%
DPW Ruppertskirchen	869	539	261	2%
Summe	43.171	26.766	12.951	100%

Das größte Einsparpotenzial beinhaltet eindeutig die Betriebsweise der Brunnenpumpen.

Änderungen daran sind im Wesentlichen ohne Investitionen möglich.

ANLAGEN

1. Übersichtslageplan Arnstorf



2. Übersicht der Bauwerke

Bezeichnung	Funktion 1	Funktion 2	Wasserdurchsatz in m ³	Energie- verbrauch in kWh	Energie- verbrauch in kWh/m ³	Wirkungs- grad
Hochbehälter DS Mitterhausen	Hochbehälter für Ortsbereichs- versorgung	Drucksteigerung Hochzone Mitterhausen	276.392	34.198	0,60	45%
Brunnen V	Wasserförderung	Wasserversorgung HB	115.339	80.544	0,31	59%
Brunnen VI	Wasserförderung	Wasserversorgung HB	141.682			
Summe Direkteinspeisung vom WZV "Oberes Kollbachtal" ins kommunale Netz:			70.000			

Bezeichnung	Funktion 1	Funktion 2	Wasserdurchsatz in m ³	Energie- verbrauch in kWh	Energie- verbrauch in kWh/m ³	Wirkungs- grad
Druckpumpwerk Ruppertskirchen	Drucksteigerung für Ortsbereichsversorgung	Wasserversorgung des Gemeindebereiches	28.763	9.588	0,33	44%
Wasserverkauf Endkunde			241.353			
Wasserverkauf durch Wasserliefervertrag			46.371			

Wasserverluste: 39.297 m³

Wasserverluste in % 12,02%

3. Übersicht Messtechnik und Elektrogeräte Hochbehälter

Messeinrichtungen		
Aggregat	Hersteller	Typ
Druckmessung 1	ACS	LBP 62 SUO
Druckmessung 2	ACS	LBP 62 SUO
Füllstandmessung WK 1	ACS	Hydrocont
Füllstandmessung WK 2	ACS	Hydrocont
Regelschieber	Auma	SA07.5-F10
Regelschieber	Auma	SAR 07.05-G0
Durchflussmessung	ACS	Flowcont / F-100
Durchflussmessung	Endress & Hauser	Promag33F

Hausinstallationen			
Aggregat	Hersteller	Typ	Nennleistung
Notstromaggregat	Edel	Deutz 30/4 E	24 kW
Raumlufentfeuchter (Erdgeschoss)	Wilms	KT 570	0,573 kW
Raumlufentfeuchter (Kellergeschoss)	Wilms	KT 700	0,94 kW
Kompressor	Robert Stahlschmidt	D 49	1,5 kW
Heizstrahler	EWT	Clima 207 TLS	2 kW

4. Übersicht Messtechnik und Elektrogeräte Brunnen V und VI

Messeinrichtungen Brunnen V		
	Hersteller	Typ
Pegelmessung	ACS	Hydrocont M
Wasserzähler	WB Dynamic	100

Gebäudeinstallationen Brunnen V			
	Hersteller	Typ	Nennleistung
Luftentfeuchter	LS	0075TH	275 W
Tauchwasserpumpe	KSB	AMA-Drainer 301 SE	300 W
Schaltschrank			

Messeinrichtungen Brunnen VI		
	Hersteller	Typ
Pegelmessung	ACS	Hydrocont M
Wasserzähler	WB Dynamic	100

Gebäudeinstallationen Brunnen VI			
	Hersteller	Typ	Nennleistung
Luftentfeuchter	Oasis	D75	370 W

5. Messtechnik und Elektrogeräte Doppelpumpwerk Ruppertskirchen

Messtechnik		
	Hersteller	Typ
Durchflussmessgerät (HZ Ruppertskirchen)	Fischer Porter	MAG XM 9404 N 1035/A2
Durchflussmessgerät (HZ Im Feld)	ACS Flowcont	F-065H1Z2-AB1B2A1S
Drucksensor	VEGA	D35G (Messumformer) E24 (Sensor)

Gebäudeinstallationen			
	Hersteller	Typ	Nennleistung
Schaltschrank inkl. Heizung und Beleuchtung			
2 x Spiralheizung	Schultze	Ri Ro af 2000	2 kW
Kompressor	Mahle	MKK 180 HD	0,75 kW
Luftentfeuchter	LS	OD 1600 TH-50	0,282 kW