

# Effizienzpotenziale in der Frischwasserversorgung und Abwasserentsorgung

## Frischwasserversorgung

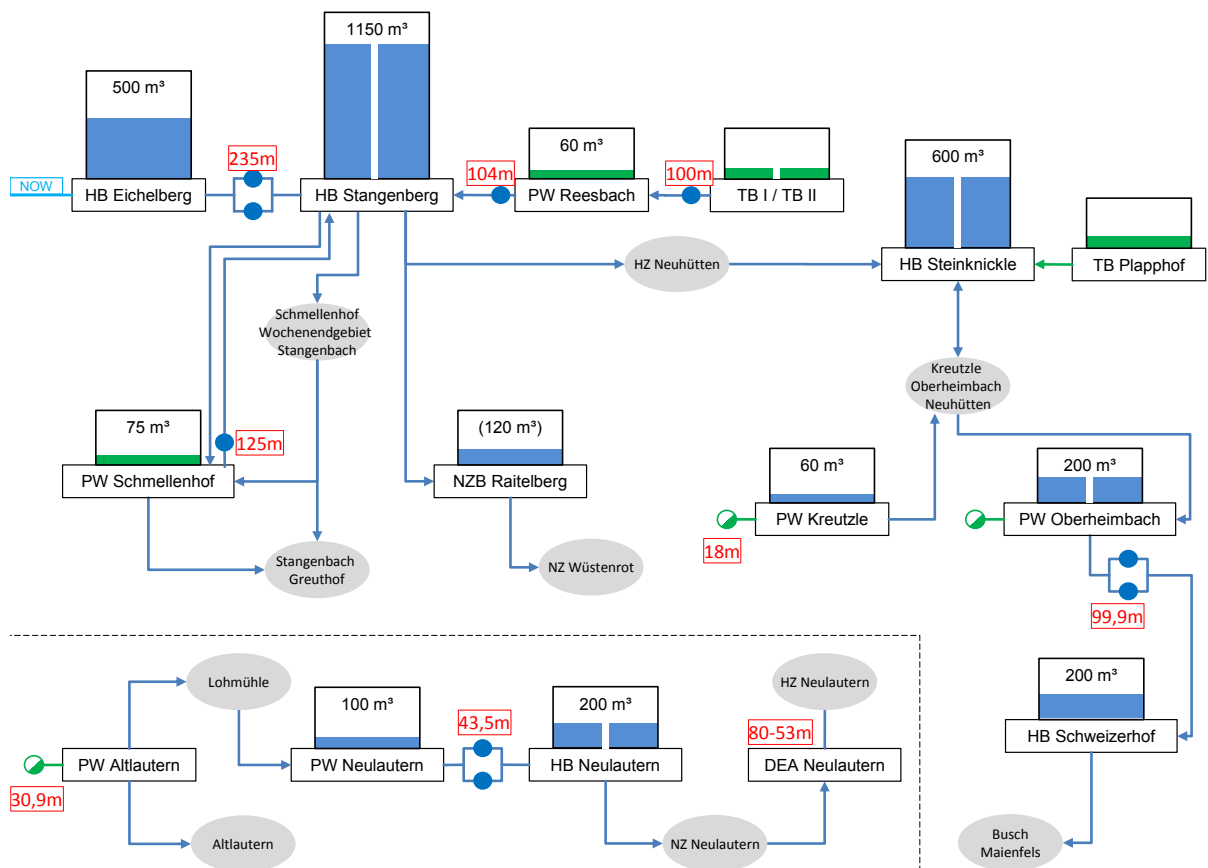
Das Netz der Frischwasserversorgung der Gemeinde Wüstenrot ist aufgrund der speziellen topographischen Verhältnisse und der Gliederung in mehrere Teilgemeinden stark verzweigt (vgl. Abbildung ). Netzbetreiber ist die Gemeinde Wüstenrot, die dabei durch den Wasserversorgungsverband NOW unterstützt wird.



Abbildung 1: Netzbild der Frischwasserversorgung der Gemeinde Wüstenrot

Das Frischwassernetz gliedert sich in zwei Subnetze. Ein kleineres Teilnetz versorgt die Gemeindeteile Altlautern und Neulautern aus einer Quelle in Altlautern. Das größere, zweite Subnetz verbindet alle übrigen Gemeindeteile und wird aus einer Reihe von Eigenwasser-Quellen sowie einer Zuspeisung der Sulmwasserversorgungsgruppe, die auf dem Gebiet der Gemeinde Obersulm-Eichelberg liegt, gespeist.

Aufgrund der starken Zergliederung des Versorgungsgebietes enthält das Netz eine große Anzahl von Funktionseinheiten (Quellen, Brunnen, Pumpstationen und Wasserreservoirs) mit überwiegend kleiner Dimension. Ein vereinfachtes Funktionsschema ist in Abbildung dargestellt.



**Abbildung 2: Funktionsschema Frischwasserversorgung der Gemeinde Wüstenrot**

Der Wasserbedarf der Gemeinde beträgt im Jahr 2014 rund 275.000 m<sup>3</sup>, davon rund 17.000 m<sup>3</sup> im Teilgebiet Neulautern. Der durchschnittliche Bedarf der 6600 Einwohner liegt damit bei ca. 115 l/Tag relativ niedrig, was darauf zurückgeführt werden kann, dass Wüstenrot einen hohen Pendleranteil und relativ wenig Gewerbebetriebe hat.

Die Gesamtkapazität der Speicher (ohne das Eingangsreservoir in Eichelberg) beträgt rund 2200 m<sup>3</sup> im größeren Teilnetz Wüstenrot und 300 m<sup>3</sup> im Teilnetz Neulautern. Dies entspricht in etwa dem 3-fachen bzw. 5-fachen des täglichen Bedarfs.

### **Energiebedarf und Einsparmöglichkeiten**

Die Gemeinde Wüstenrot benötigte im Jahr 2013 in der Frischwasserversorgung rund 420 MWh Strom, das ist ein Anteil von etwa 24% des gesamten Strombedarfs und rund 22% der Stromkosten. Der Strom wird fast vollständig für die Pumpwerke benötigt, der Betriebsstrom der Speicherbehälter ist – mit Ausnahme des Hochbehälters Steinknickle – vernachlässigbar (Abbildung). Dabei entfallen fast 60% auf das Pumpwerk der Tiefbrunnen der Eigenversorgung im Tiefenbachtal und das Pumpwerk der Fernwassereinspeisung in Eichelberg, die jeweils mehr als 100 MWh als Sondervertragskunden mit Registrierender Last-Messung (RLM) beziehen.

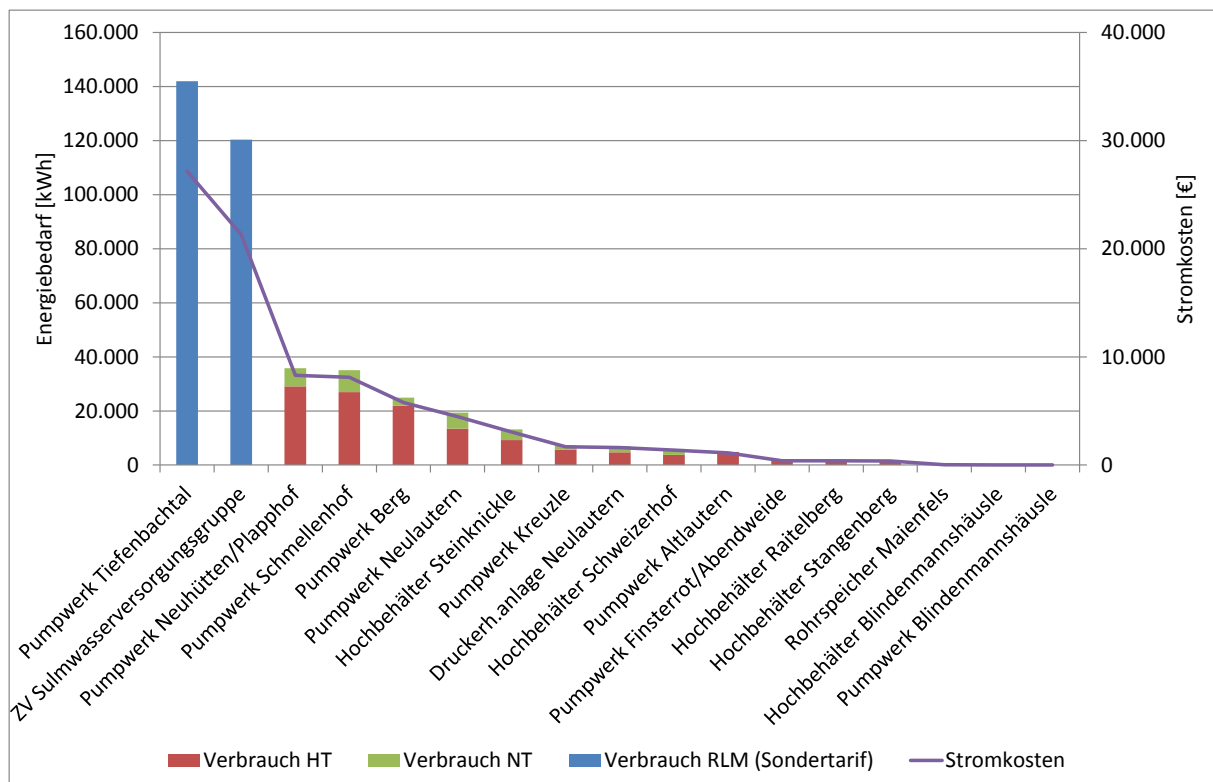


Abbildung 3: Energiebedarf und Stromkosten der Funktionseinheiten der Frischwasserversorgung Wüstenrot (2013)

In Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. sind die verfügbaren Kenndaten der Brunnen- und Förderpumpen aufgeführt. Leider konnten einzelne Werte nicht beschafft werden. Insbesondere fehlen Angaben zu den tatsächlichen elektrischen Leistungsaufnahmen der Pumpen und den tatsächlichen Volumenströmen des geförderten Wassers. Die Analyse muss sich daher vornehmlich auf die Auslegungs- bzw. Nennwerte der einzelnen Komponenten stützen.

Eine Umrüstung der Pumpeinrichtungen zwecks Erhöhung der Energieeffizienz erscheint außerhalb von notwendigen Ersatzmaßnahmen nur für Anlagen sinnvoll, die Stromkosten von mindestens 5000€/a haben, da sonst eine Amortisation des Umbauaufwandes nicht absehbar ist. Zu der Gruppe mit den höheren Stromkosten gehören die Pumpwerke Berg (Oberheimbach), Schmellenhof, Plapphof, Eichelberg (Sulmwasserversorgungsgruppe) und Tiefenbachtal.

Hier wird empfohlen, das Pumpwerk Tiefenbachtal näher zu untersuchen. Es hat den höchsten Strombedarf aller Funktionseinheiten und gibt damit Aussicht auf eine gute Amortisation von Verbesserungsmaßnahmen. Die Förderpumpe, die das Eigenwasser vom Reesbach-Reservoir in den Hochbehälter Stangenberg befördert, liefert ausweislich der vorliegenden Daten eine hydraulische Leistung von rund 2,5 kW, ist aber mit einem Motor mit 7,5 kW Nennleistung ausgerüstet, der überdimensioniert erscheint. Zudem wurden nach der Stromabrechnung eine elektrische Spitzenleistung von 23kW (RLM) und eine mittlere Leistung von mehr als 16kW abgenommen, während die hydraulische Leistung der Tiefbrunnenpumpe und der Förderpumpe nur insgesamt etwa 8,5 kW beträgt. Es ist nicht bekannt, dass noch andere wesentliche stromverbrauchende Anlagen in dem Pumpwerk vorhanden wären. Eine nähere Erhebung der tatsächlichen Effizienzen der Pumpanlagen erscheint sinnvoll.

Beim Tiefbrunnen Plapphof liegt der Volumenstrom im Betrieb um ca. 30% unter dem Auslegungswert. Als Folge ist auch hier das Verhältnis von hydraulischer Leistung zu Motorleistung sehr ungünstig. Deshalb ist auch hier eine nähere Überprüfung angeraten.

Beim Pumpwerk Berg/Oberheimbach liegen hydraulische Auslegung und Motorleistung wesentlich günstiger beieinander. Für das Pumpwerk Schmellenhof liegen keine Daten über die elektrischen Leistungswerte vor, so dass dies nicht weiter analysiert werden kann.

Das Pumpwerk Eichelberg an der Übergabestelle des Fernwassers hat zwei sehr unterschiedlich große Pumpen, deren Einsatzregime nicht bekannt ist. Aus den elektrischen Anschlussdaten (17,3 kW bzw. 3,5 kW) und den registrierten Spitzen- und durchschnittlichen Verbrauchswerten (20 kW bzw. 13,7 kW) kann daher nicht sicher auf Effizienzen geschlossen werden.



## Übersicht Pumpendaten

Gemeinde Wüstenrot

	Frequenzumrichter		Q <sub>E/B</sub> [l/s]	H <sub>E/B</sub> [mWS]	η <sub>ges E/B</sub>	P <sub>erf E/B</sub> [kW]	P <sub>MN</sub> [kW]	E <sub>E/B</sub> [kWh/m <sup>3</sup> ]	Fabrikat/ Baujahr
	Eignung	Betrieb							
Tiefbrunnen I	ja	ja	3,17 /	100 /					
Tiefbrunnen II	ja	ja	3,13 /	100 /					
Tiefbrunnen Plapphof			4,16 / 2,72	56 / ...			4		
HB Eichelberg Pumpe 2	ja	nein	2,9 / 3,0	235 / 236	46 % / ...	14,5 / ...	17,3		Ritz / 2003
HB Eichelberg Pumpe 1	ja	ja	8,05 / ...	245 / ...	56 % / ...	34,5 / ...	37		Ritz / 2003
PW Schmellenhof			2,75 /	125 /					
PW Reesbach			2,04 / 2,49	104 / ...			7,5		
PW Neulautern Pumpe 1			8,33 / 9,09	41,3 / 43			5,5		Grundfos
PW Neulautern Pumpe 2			8,33 / 9,15	41,3 / 44			5,5		Grundfos
PW Oberheimbach Pumpe 1			2,64 / 3,15	99,9 / ...			4		Grundfos
PW Oberheimbach Pumpe 2			2,64 / ...	99,9 / ...			4		Grundfos
HB Schweizerhof			1,1-3,05/ ...	63-30 / ...			2,2		Grundfos
PW Kreuzle Innenschacht			1,38 / ...	40 / ...					Grundfos
PW Kreuzle Außenschacht			1,38 / ...	18 / ...			0,37		Grundfos
DEA Altlautern Pumpe 1		nein	0,69 / ...	30,9 / ...			0,55		Grundfos
DEA Altlautern Pumpe 2		nein	0,69 / ...	30,9 / ...			0,55		Grundfos
DEA Neulautern Langes Eck / P1	ja	ja	1,6-6,6/ ...	80-53/ ...			3		Grundfos 1993
DEA Neulautern Langes Eck / P2	ja	ja	1,6-6,6/ ...	80-53/ ...			3		Grundfos 1993

E = Entwurf/Auslegung  
B = Betrieb

Abbildung 4: Netzbild der Frischwasserversorgung der Gemeinde Wüstenrot

### Energieerzeugungsoptionen

Zur Verbesserung der Energienutzungsbilanz ist grundsätzlich auch die Stromerzeugung durch Frischwasserturbinen in Gefällstrecken möglich.

Nach Auskunft der Beteiligten der Gemeinde und des Wasserverbundes NOW sind jedoch die nutzbaren Druckdifferenzen in den Leitungen zu gering. Es gibt nur eine spezifische Fallleitung zwischen Reservoirs vom Hochbehälter Stangenberg zum Reservoir Schmellenhof, alle übrigen Verbindungen, auch die zwischen den großen Reservoirs Stangenberg und Steinknickle, verlaufen durch die Versorgungsnetze. Die Energieerzeugungsoption wurde daher verworfen.

### Möglichkeiten eines Lastmanagements

Der Wasserbedarf in der Gemeinde Wüstenrot liegt bei rund 275.000 m<sup>3</sup>/Jahr bzw. rund 750 m<sup>3</sup>/Tag, wovon durchschnittlich knapp 50 m<sup>3</sup>/Tag auf das Teilnetz Neulautern entfallen und die übrigen 700 m<sup>3</sup> auf das verbundene Netz der Teilgemeinden Wüstenrot, Neuhütten, Maienfels und Finsterrot. In diesem Netz umfasst die Speicherkapazität mit 2200 m<sup>3</sup> etwa 3 *durchschnittliche* Tagesbedarfe. Man muss jedoch berücksichtigen, dass als maximaler Tagesbedarf ein durch den sog. Tagesspitzenfaktor ausgedrücktes Mehrfaches des durchschnittlichen Bedarfes auftreten kann. Diese Überhöhung ist in Netzen mit relativ kleiner Nutzerzahl besonders hoch, für Gemeinden mit rund 6000 Einwohnern ist der Tagesspitzenfaktor mit  $f_d=2,0$  anzusetzen (nach DVGW-Arbeitsblatt W 410). Somit steht noch etwa die Menge eines Tagesbedarfs von 700m<sup>3</sup> Frischwasser als Managementreserve zur Verfügung.

Aus dem Tagesbedarf von 700 m<sup>3</sup> Frischwasser ergibt sich eine durchschnittliche Abnahme von knapp 30 m<sup>3</sup>/h. Das tatsächliche Bedarfsprofil in der Gemeinde Wüstenrot ist nicht bekannt. Als Anhaltspunkt kann ein veröffentlichtes, gemessenes Profil eines Versorgungsgebietes mit rund 4000 Einwohnern (aus: Taschenbuch der Wasserversorgung) zugrunde gelegt werden. Damit ergibt sich ein Abgabeprofil wie in Abbildung dargestellt.

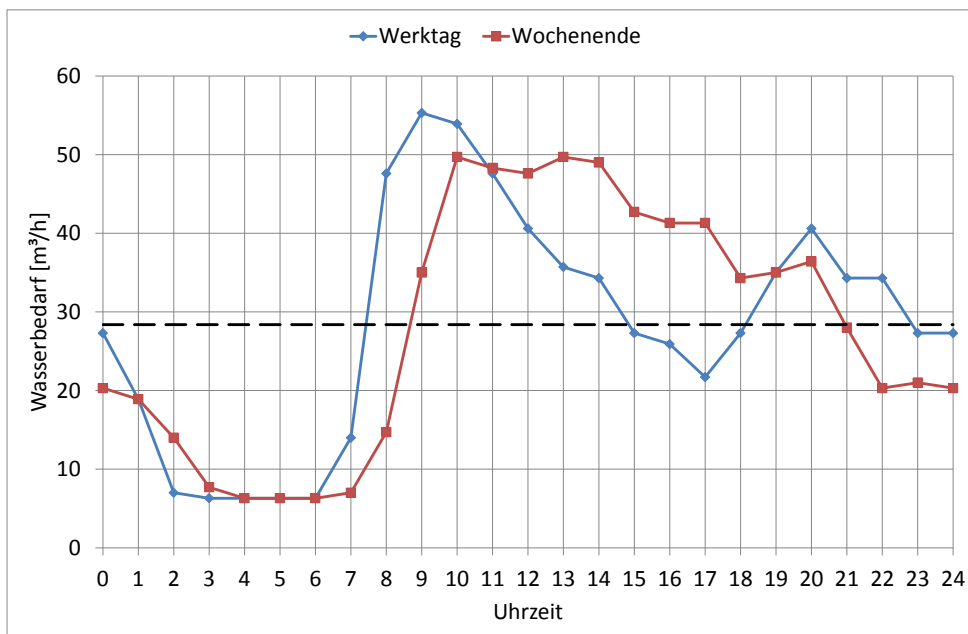
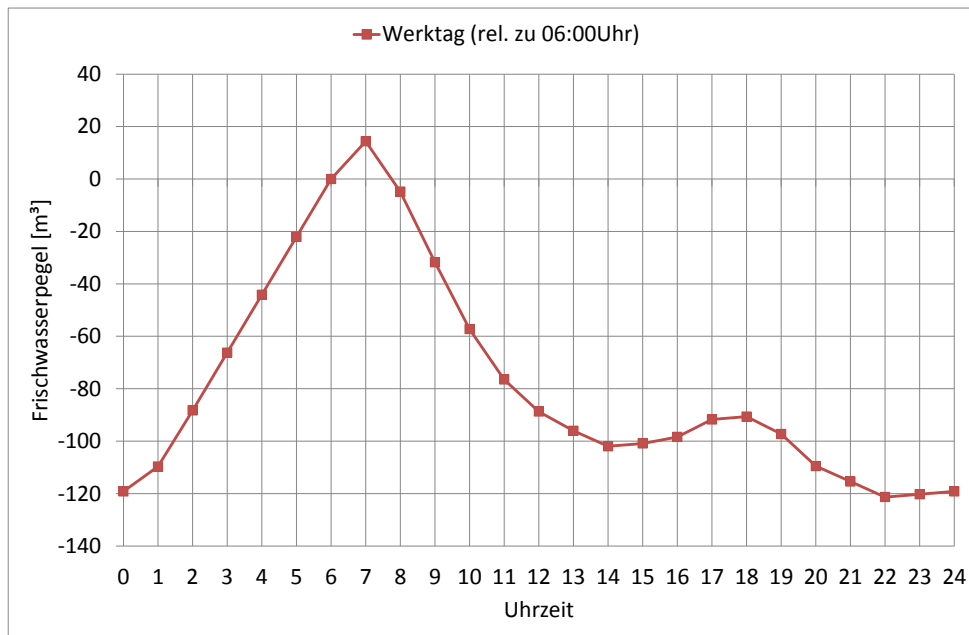


Abbildung 5: Angenommene Ganglinien der Frischwasserabnahme in der Gemeinde Wüstenrot auf der Basis des durchschnittlichen Tagesverbrauchs und von Vergleichskurven aus „Mutschmann/Stimmelmayer Taschenbuch der Wasserversorgung“

Bei einem solchen Verlauf werden werktags zwischen 06:00 Uhr und 12:00 Uhr fast 40% des täglichen Bedarfs entnommen, am Wochenende verschiebt sich der morgendliche Anstieg der Abnahme um eine Stunde und das Tagesmaximum ist weniger ausgeprägt. Geht man von einer gleichmäßigen Speisung aus den Eigenquellen und der Fernwasserzufuhr aus, so kommt es am Tag wegen der höheren Abnahme zu einem Sinken des Wasservorrats, der dann in den Nachtstunden wieder aufgefüllt wird (Abbildung ).



**Abbildung 6: Bilanzlinie des Wasservorrats unter den Annahme gleichmäßiger Zuspeisung und des Abnahmeprofiles nach Abbildung .**

Hiernach würde sich ein Lastmanagement im Sinne der Nutzung erneuerbarer Energien durch eine Erhöhung der Förderleistung insbesondere während der Mittagsstunden und eine Absenkung in den Nachtstunden anbieten. Die Fördermenge könnte dabei auf bis zum Doppelten des Durchschnittswertes erhöht werden. Dies ergibt ein tägliches Variationspotential von etwa 200 m<sup>3</sup> Frischwasser, ca. 40 kW elektrische Leistung und knapp 300 kWh Strombedarf.

Die Möglichkeiten für die tatsächliche Realisierung einer solchen Leistungsvariation sind im Frischwassernetz der Gemeinde Wüstenrot jedoch beschränkt. Aus der plausiblen Annahme, dass die Wassergewinnung zu etwa gleichen Teilen aus den Eigenquellen Tiefenbachtal/Reesbach, Plapphof und Oberheimbach sowie der Fernwasserzuspeisung erfolgt, und den verfügbaren Pumpendaten leitet sich ab, dass die Eigenförderung im Durchschnittsbetrieb bereits bei ca. 80% ihrer Leistungsgrenze arbeitet. Außerdem sind die Pufferkapazitäten an den Förderstellen, mit Ausnahme des Pumpwerks Oberheimbach, nur im Bereich von wenigen Stunden. Ein Lastmanagement wäre daher am ehesten bei der Fernwassereinspeisung im Pumpwerk Eichelberg zu realisieren, das mit zwei Pumpen über große Leistungsreserven und ebenso über einen großen Pufferspeicher verfügt. Diese Pumpstation liegt allerdings weder im Gemeindegebiet von Wüstenrot noch im Versorgungsgebiet der emw. Im Teilnetz Neulautern wären Speicher- und Leistungskapazitäten für ein Lastmanagement ausreichend vorhanden, es umfasst jedoch weniger als 10% der gesamten Frischwasserversorgung.

Für eine genauere Analyse des möglichen Lastmanagements im Frischwassernetz der Gemeinde Wüstenrot müssten dynamische Berechnungen durchgeführt werden. Hierzu wäre die Erhebung der tatsächlichen Verläufe der Frischwasserabgaben aus den Speichern und der Leistungsverläufe der Förderpumpen erforderlich.

### **Abwasserentsorgung**

Die Gemeinde hat bereits vier der fünf Kläranlagen auf den Stand der Technik gebracht, die Umrüstung der verbleibenden Anlage ist für das Jahr 2015 vorgesehen, die Fachplanungen hierzu sind bereits abgeschlossen. Da in erster Linie die Sauerstoffbelebung der Klärbecken und die Pumpen

für den Stromverbrauch einer Anlage verantwortlich sind, wird beim Umbau, wie bei den vorigen vier Anlagen auch, vor allem hinsichtlich dieser beiden Verbrauchsstellen saniert.

Hinsichtlich der Effizienzsteigerung im Abwasserbereich wurde außerdem eine Versuchsreihe zu solaren Klärschlamm-trocknung durchgeführt. Da das Restmaterial aus den Kläranlagen i.d.R. mit ca. 75% Wasseranteil abtransportiert wird, sollte eruiert werden, ob eine (solare) Nach-trocknung des Materials auf ca. 25 – 30% Restwasseranteil signifikante Einsparungen für die Gemeinde bringt bzw. das Material dadurch direkt vor Ort in einer Verbrennungsanlage thermisch verwertet werden kann. Aufgrund der geringen, jährlich anfallenden Mengen brachte der Versuchsaufbau jedoch die Erkenntnis, dass der Betrieb einer solchen Anlage im Gemeindegebiet wirtschaftlich nicht darstellbar ist.