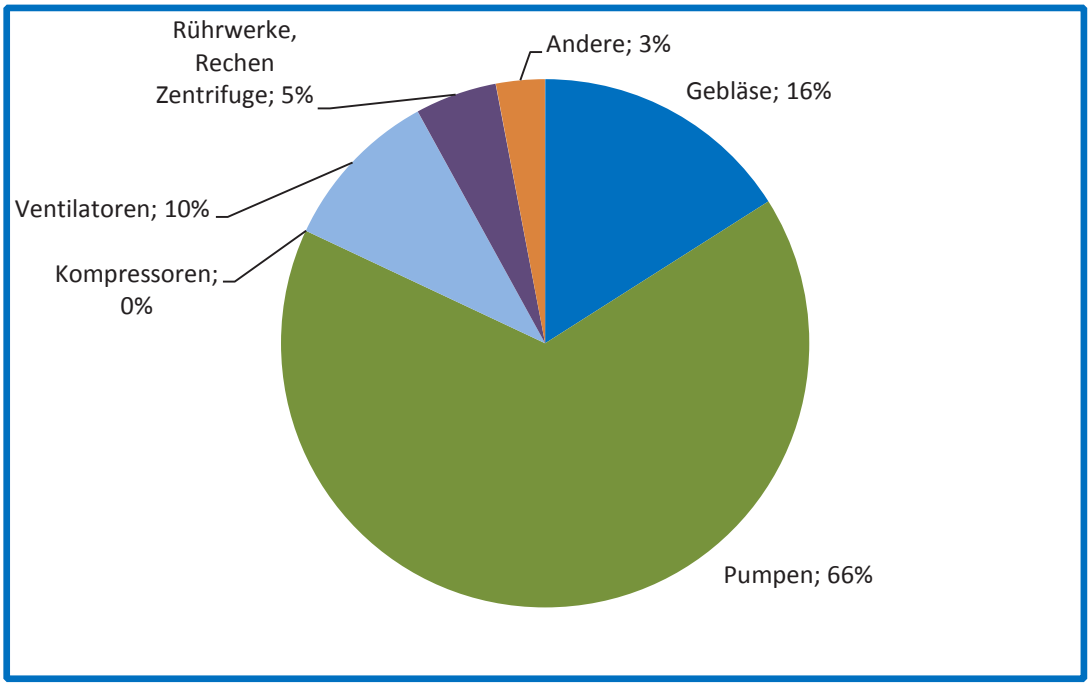
InfraWatt

Elektrische Antriebe bei Infrastrukturanlagen

Potentialanalyse und Massnahmenkatalog



Mit Unterstützung von

energieschweiz
Unser Engagement: unsere Zukunft.

Schlussbericht 10. Februar 2015

Auftraggeber:
Bundesamt für Energie BFE
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Auftragnehmer:
InfraWatt
Kirchhofplatz 12
CH 8200 Schaffhausen
www.infrawatt.ch, info@infrawatt.ch

Autoren:
Ernst A. Müller, Büro eam, Geschäftsführer InfraWatt
Michèle Vogelsanger, Büro eam, Geschäftsführung InfraWatt
Ruedi Moser, Hunziker Betatech AG, Winterthur
Urban Frei, Rytec AG, Münsingen

BFE-Bereichsleiter: Herr Kurt Bisang
BFE-Programmleiter: Herr Richard Philips
BFE-Vertragsnummer: SI/401364-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichtes verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

1 Ziel und Ausgangslage ... - 4 -
1.1 Ziel ... - 4 -
1.2 Ausgangslage ... - 4 -
2 Potentiale der Abwasserreinigungsanlagen (ARA) ... - 5 -
2.1 Ausgangslage, Grundlagen und Vorgehen ... - 5 -
2.2 Elektrische Verbraucher auf der ARA ... - 6 -
2.3 Stromsparpotentiale ... - 7 -
2.4 Pumpen im Kanal ... - 9 -
2.5 Zusätzlicher Stromverbrauch durch die Mikroverunreinigung ... - 9 -
2.6 Konkrete Massnahmen in der Praxis ... - 10 -
3 Potentiale der Wasserversorgungen (WV) ... - 11 -
3.1 Ausgangslage, Grundlagen und Vorgehen ... - 11 -
3.2 Elektrische Verbraucher auf WV ... - 12 -
3.3 Stromsparpotential ... - 13 -
3.4 Konkrete Massnahmen in der Praxis ... - 14 -
4 Potentiale der Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) ... - 15 -
4.1 Ausgangslage, Grundlagen und Vorgehen ... - 15 -
4.2 Elektrische Verbraucher auf KVA ... - 15 -
4.3 Stromsparpotential ... - 18 -
4.4 Konkrete Massnahmen in der Praxis ... - 18 -
5 Hochrechnung für Infrastrukturanlagen in der Schweiz ... - 19 -
5.1 Stromverbrauch und Anteil der Antriebe ... - 19 -
5.2 Energiepotentiale bottom up ... - 21 -
5.3 Energiepotentiale top down ... - 23 -
6 Umsetzung der Massnahmen ... - 24 -
6.1 Ausgangslage und Hemmnisse der Umsetzung ... - 24 -
6.2 Freiwillige flankierende Massnahmen ... - 24 -
6.3 Gesetzliche Massnahmen ... - 27 -
6.4 Überblick mögliche Massnahmen bei Infrastrukturanlagen ... - 29 -
7 Schlussfolgerungen und Empfehlungen ... - 30 -
8 Literatur ... - 31 -

1 Ziel und Ausgangslage

1.1 Ziel

Hauptziel dieser Studie ist die Bestimmung des gesamten Stromverbrauches und der Potentiale der elektrischen Antriebe nach Technologien bei den Infrastrukturanlagen in der Schweiz, sowie die Entwicklungen von entsprechenden Massnahmen, welche für eine Umsetzung der Potentiale in Frage kommen.

1.2 Ausgangslage

Die elektrischen Antriebe der Statistikgruppe "Antriebe und Prozesse" verbrauchen ca. einen Drittel des gesamten Stromverbrauches in der Schweiz. Die Abwasserreinigungsanlagen (ARA), Wasserversorgungen (WV) und Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA), im Weiteren als Infrastrukturanlagen bezeichnet, verbrauchen gemäss einer Studie aus dem Jahre 2013 (Literatur 1) insgesamt 1.3 TWh/a oder 2% des Stromverbrauches in der Schweiz, die elektrischen Antriebe spielen dabei eine zentrale Rolle. Da der Verbrauch und die Potentiale bisher noch nicht bekannt waren, wurden diese mit der vorliegenden Studie gemäss BFE-Pflichtenheft erarbeitet. Dabei wurden bei den Infrastrukturanlagen die elektrischen Antriebe ermittelt und nach Technologien unterschieden: Pumpen, Kompressoren, Gebläse, Lüftungsanlagen/Ventilatoren, also überall wo es einen Elektromotor braucht. Die Potentiale beziehen sich alle auf den heutigen Stand, es wurden keine Prognosen für zukünftige Potentiale gemacht, die mit der Weiterentwicklung von wirtschaftlichen Spartechnologien noch grösser werden könnten.

Die Infrastrukturanlagen sind bedeutende Energieverbraucher und gehören in den Gemeinden zu den grössten Stromverbrauchern. Sie liefern aber auch den grössten Anteil der neuen erneuerbaren Stromproduktion in der Schweiz.

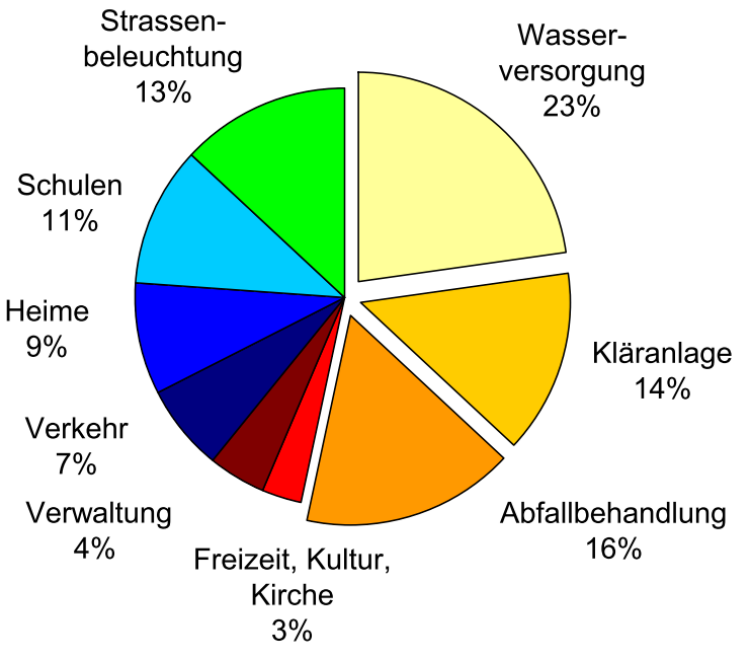


Abbildung 1-1: Stromverrbrauch von kommunalen Gebäuden und Anlagen:
Hochrechnung EnergieSchweiz für Infrastrukturanlagen (1)

2 Potentiale der Abwasserreinigungsanlagen (ARA)

2.1 Ausgangslage, Grundlagen und Vorgehen

Abwasserreinigungsanlagen - oder auch Kläranlagen genannt - haben die Aufgabe das Abwasser zu reinigen und sind damit ein zentrales Element des Gewässerschutzes. Über 700 kommunale ARA reinigen die aus den Haushalten und der Industrie anfallenden Abwässer. ARA kennen keine Pausenzeiten, sie stehen ganzjährig ohne Unterbruch in Betrieb.

Der Stromverbrauch aller ARA beträgt ca. 450 GWh/a (1). 98% des Strombedarfs fällt auf elektrische Antriebe für Pumpen, Gebläse, Rührwerke etc. Damit stellen elektrische Antriebe den dominanten Anteil am Stromverbrauch dar, die nach energieeffizienten Kriterien zu planen, zu betreiben und zu unterhalten sind.

- Leitfaden "Energie in ARA" von VSA/BFE, 2008 / 2010 (2)
- BAFU-Studie "Energieeffizienz und Energieproduktion auf ARA", Holinger AG, 2012 (3)
- Energetische Feinanalysen:
  - ARA Birs, Hunziker Betatech AG, 2011
  - ARA Ergolz 1, Hunziker Betatech AG, 2011
  - ARA Ergolz 2, Hunziker Betatech AG, 2011
  - ARA Birsig, Hunziker Betatech AG, 2011

Die Potentialanalyse erfolgt mit einem top down- und einem bottom up-Ansatz. Mit top down wird mit dem Leitfaden "Energie auf ARA" von VSA/BFE (2) und der BAFU-Studie "Energieeffizienz und Energieproduktion auf ARA" (3) der gesamte Stromverbrauch für Antriebe ermittelt. Mit dem bottom up-Ansatz werden unter Verwendung der vier energetischen Feinanalysen für die ARA Birs, Birsig, Ergolz 1 und Ergolz 2 die Aufteilung auf die Antriebe und deren Potential dargestellt. Mit diesen mittelgrossen und grossen ARA gelingt es ein repräsentatives Bild durch die schweizerische ARA-Landschaft darzustellen (Abbildung 2-1).

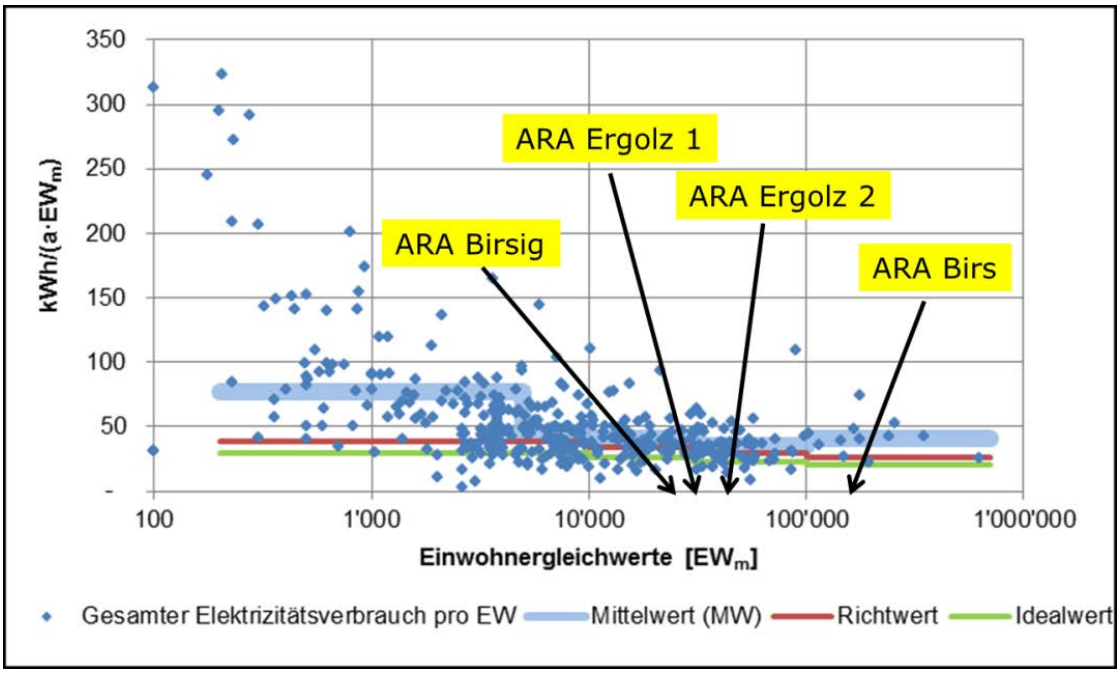


Abbildung 2-1: Energetische Feinanalysen von vier ARA als Grundlage für Potentialanalyse

2.2 Elektrische Verbraucher auf der ARA

Gebläse und Pumpen bilden die Hauptverbraucher des elektrischen Stroms in einer ARA. Dies ist bei allen untersuchten Anlagen deutlich zu erkennen (Tabelle 2-1). 98% des elektrischen Stromverbrauches wird für Antriebe verwendet, die restlichen 2% sind Aussen- und Innenbeleuchtung sowie Laboreinrichtungen.

Tabelle 2-1: Stromverbrauch der Antriebe nach Technologien

	EW	Gebläse %	Pumpen %	Rührwerke %	Kompressoren %	Ventilatoren %	Zentrifuge, Seihtisch, Strainpress %	Rechen und Hydraulikgeräte Paddel Sandfang Kettenräumer %	Regelarmaturen %	
Ergolz 1 (mit Filter)	35'000	38.0	39.8	4.5	2.0	6.6	3.6	5.5	0.0	100 %
Ergolz 2	55'000	50.3	33.2	4.8	0.4	0.3	6.7	3.9	0.0	100 %
Birs	110'000	49.3	25.3	5.6	0.6	8.7	9.7	0.7	0.2	100 %
Birsig (mit Filter)	28'000	36.7	41.2	8.7	0.4	10.5	0.6	1.9	0.0	100 %
Mittelwert	57'000	43.6	34.9	5.9	0.5	6.5	5.4	3.2	0.0	100 %

Die Tabelle 2-1 zeigt auch Unterschiede in der eingesetzten Verfahrenstechnik und deren Konsequenzen auf die elektrischen Antriebe. So wird sowohl die ARA Ergolz 1 als auch die ARA Birsig mit einer nachgeschalteten Filtration (vierte Reinigungsstufe) betrieben. Dies bedingt einen höheren Aufwand an Pumpenergie, was sich im grösseren Anteil der Pumpen gegenüber den anderen beiden ARA niederschlägt.

Gebläse und Pumpen sind in jeder modernen ARA beim Stromverbrauch dominant. Bei den Gebläsen handelt es sich um Drehkolben- bzw. Schraubenverdichter und Turbokompressoren (Abbildung 2-2). Diese Aggregate stellen die Luftversorgung in der Biologie sicher und arbeiten bei einem Gegendruck von > 400 mbar. Für die Abwasser- und Schlammförderung kommen verschiedene Pumpentypen mit unterschiedlichsten Anforderungen zur Anwendung. Verbreitet sind z.B. Zentrifugal, Exzenter- und Drehkolbenpumpen.

Abbildung 2-2: Gebläsestation mit Turbokompressoren

Abbildung 2-3: Brauchwasseranlage mit Zentrifugalpumpen

2.3 Stromsparpotentiale

Aufgrund der Auswertung der Feinanalysen sowie Erfahrungswerten wurden für die einzelnen Technologien die Energiesparpotentiale ermittelt und in Tabelle 2-2 dargestellt.

Tabelle 2-2: Stromsparpotentiale der elektrischen Antriebe der ARA in der Schweiz

	Gebläse	Pumpen	Rührwerke	Kompressoren	Ventilatoren	Zentrifugen	Rechen	Regelarmaturen	Total
Anteil der Antriebe in ARA	40 - 50%	25 - 40%	2 - 8%	< 1 %	6 - 10%	0 - 10%	2 - 5%	<< 1%	
Anteil gewählt	50%	30%	5%	0%	8%	5%	2%	0%	100%
Stromverbrauch ARA in CH GWh/a	220	132	22	0	35	22	8	0	439
Potential elektrische Antriebe (IE2 zu IE3)	2 - 3%	2 - 3%	2 - 3%		2 - 3%	2 - 3%	2 - 3%		
Potential neue Technologien	2 - 6%	2 - 10%	2 - 10%		2 – 10%	2 - 5%	2 - 5%		
Potential Betriebsweise	2 - 10%	5 - 10%	5 - 15%		5 - 10%	1 - 3%	1 - 3%		
Summe Potential gewählt	13%	18%	23%		18%	8%	8%		15%
Potential GWh/a	29	24	5	0	6	2	1	0	67

Die Auswertungen über die Energiesparpotentiale ergeben folgende Erkenntnisse:

Das gesamte Potential wird mit 67 GWh/a bzw. 15% des gesamten Stromverbrauchs der Antriebe in ARA von 439 GWh/a angegeben. Dieses Potential beurteilen wir als untere Grenze des umsetzbaren Potentials. Die BAFU-Studie von 2012 geht von einem höheren Potential von 97 GWh/a aus, sofern in allen ARA der Richtwert nach Leitfaden "Energie in ARA" erreicht wird. Dies wäre eher die obere Grenze des heute machbaren Potentials.

Demgegenüber beträgt die Erreichung des Idealwertes nach Leitfaden "Energie in ARA" eine Einsparung von rund 40%, was aber theoretisch ist: alle ARA müssten vollumfänglich saniert und jeweils die energetisch besten Verfahren eingesetzt werden. Dieser theoretische Wert wird nicht bei allen ARA in der Schweiz erreichbar sein.

Wir schätzen, dass vom Einsparpotential von 67 GWh/a ca. ein Viertel oder 15 GWh/a mit sehr günstigen betrieblichen Massnahmen umsetzbar sind. Weitere 37 GWh/a sind kurzfristig und im Rahmen des üblichen Sanierungszyklus weitgehend auch wirtschaftlich realisierbar. Es bleiben ca. 15 GWh/a, welche nur langfristig machbar sind.

Neben dem Ersatz von besseren Motoren (IE2 zu IE3 bzw. neuen Technologien bei den Aggregaten wie Turbogebläse, Schraubenkompressoren etc.) ist auch die Art der Betriebsweise (Regelung und Steuerung) entscheidend. Das Potential ist dort nach unserer Einschätzung am höchsten.

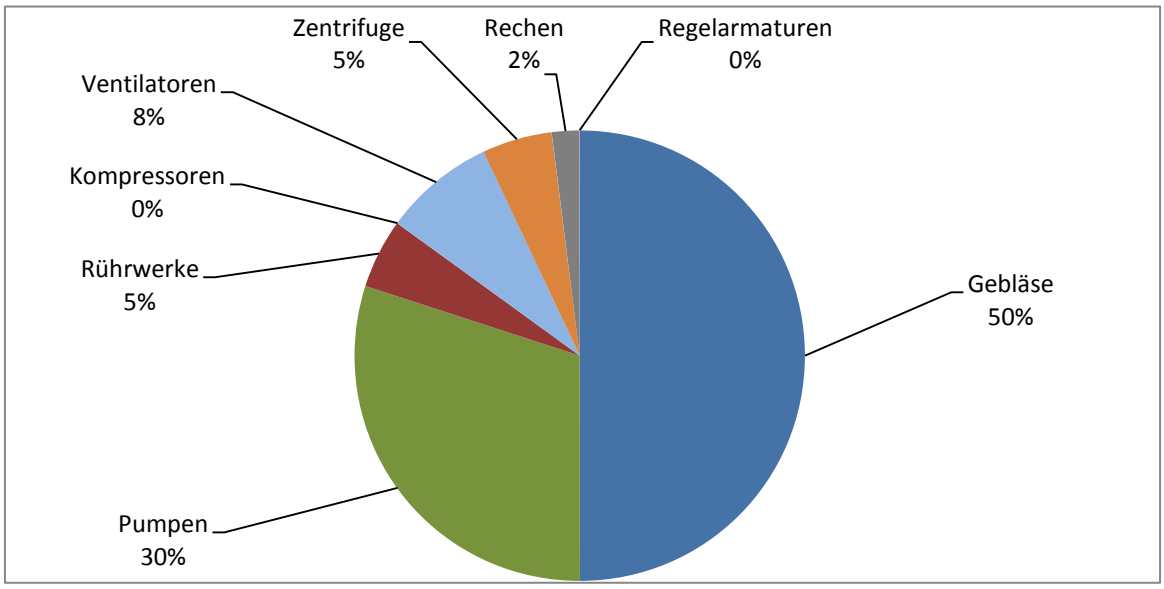


Abbildung 2-4: Stromverbrauch der ARA nach Technologien (in %)

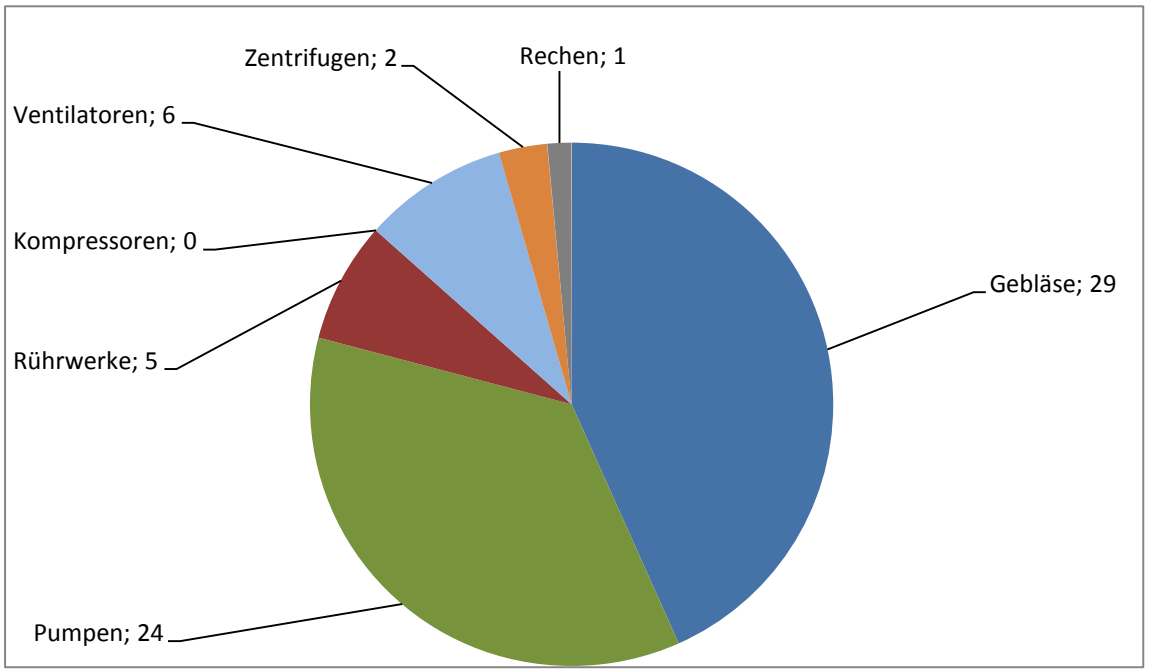


Abbildung 2-5: Stromsparpotentiale der ARA nach Technologien (in GWh/a)

2.4 Pumpen im Kanal

Bisher wurden bei der Abwasserentsorgung aus energetischer Sicht jeweils vor allem die Kläranlagen betrachtet, die Abwasserableitung wurde noch kaum beachtet. Forschungsergebnisse mit der Hochschule RWTH-Aachen (6) haben aber gezeigt, dass die elektrischen Geräte in der Kanalisation einen beträchtlichen Stromverbrauch verursachen und ein beträchtliches Sparpotential aufweisen.

Eine Hochrechnung für die Schweiz ermittelt einen Stromverbrauch in der Entwässerung von rund 50 GWh/a. Dabei wurden erst die Kanalnetze der Abwasserverbände berücksichtigt, die lokalen Kanäle, welche den Gemeinden unterstehen, noch nicht. Bei den Stromverbrauchern handelt es sich praktisch ausschliesslich um Pumpen in der Kanalisation oder in den Regenüberlaufbecken, also praktisch vollständig um Antriebe (1).

In der Forschungsarbeit (6) wurden die theoretischen Stromeinsparpotentiale bei den Pumpen im Kanal auf 20 bis 80% angesetzt, im Mittel auf 40%. Projekte an einem Fallbespiel in der Schweiz (7) zeigen ebenfalls grosse berechnete Potenziale, auch wenn Messungen die realisierten Einsparungen in der Praxis noch bestätigen müssen. Solche Massnahmen sind im Zuge einer Sanierung oder eines Ersatzes der alten Pumpen meistens sehr wirtschaftlich. Wir gehen deshalb für die Berechnung des realistischen und wirtschaftlichen Potentials von 20% oder 10 GWh/a aus, und beim theoretischen Potential von 40%.

2.5 Zusätzlicher Stromverbrauch durch die Mikroverunreinigung

Ab 1. Januar 2016 wird durch die Änderung der Gewässerschutzgesetzgebung eine höhere Elimination der Mikroverunreinigung gefordert und dementsprechend an ca. 100 ARA in der Schweiz höhere Anforderungen an die Reinigungsqualität gestellt. Unter Mikroverunreinigungen verstehen sich Spurenstoffe aus Rückständen von Medikamenten, Kosmetika, Pestiziden, Reinigungsmitteln etc.

Die dabei zur Anwendung kommenden Verfahren (Ozonung, Pulveraktivkohle (PAK)) werden einen Mehrverbrauch von ca. 60 GWh/a haben (3). Es gilt, bei diesen Verfahren besonders energiesparsame Aggregate einzusetzen (Ozongeneratoren, Pumpen, Kompressoren, Ventilatoren, Rührwerke) und den Betrieb energieeffizient zu gestalten.

Abbildung 2-6: Ozongenerator

Abbildung 2-7: PAK-Benetzung

Bei diesen Verfahren zur Elimination von Mikroverunreinigungen entfallen rund 75% des Stromverbrauchs auf Antriebe. Die Charakteristik der elektrischen Antriebe ist in Tabelle 2-3 dargestellt.

Tabelle 2-3: Prognostizierter Stromverbrauch der Verfahren zur Elimination von Mikroverunreinigungen in 100 ARA in der Schweiz

Ozonung:	45 GWh/a	Pumpen: 10 GWh/a Kompressoren: 20 GWh/a Ozongeneratoren: 15 GWh/a (keine elektr. Antriebe)
Pulveraktivkohle:	15 GWh/a	Pumpen: 10 GWh/a Rührwerke: 5 GWh/a
Total Mikroverunreinigung	60 GWh/a	Davon Antriebe 45 GWh/a (75%)

2.6 Konkrete Massnahmen in der Praxis

Durch folgende Massnahmen sind Stromeinsparungen im Bereich der ARA denkbar:

- Ersatz der Motoren durch effizientere
- Überdimensionierungen vermeiden
- Betrieb an Bedarf anpassen

Allgemein werden Anstrengungen zur Energieeffizienz in ARA zu wenig gefördert bzw. es sind zu wenige Anreize vorhanden. Neben einem Aufklärungsbedarf sehen wir auch Anreize zumindest für energetische Feinanalysen etc., um diese wichtige Säule der Energiestrategie zu stärken.

Ein Schwerpunkt muss zukünftig speziell bei der Elimination von Mikroverunreinigungen gelegt werden, um energieeffiziente elektrische Antriebe und optimale Betriebskonzepte einzusetzen. Dies gilt besonders für Ozonverfahren. Heute fehlen die Anreize dazu.

Bei allen Massnahmen ist davon auszugehen, dass die Lebensdauer von Pumpen und Gebläsen in einer ARA ca. 15 - 20 Jahre beträgt. Es gilt also im laufenden Werterhalt den idealen Zeitpunkt nicht zu verpassen, um energieoptimale Aggregate einzusetzen.

3 Potentiale der Wasserversorgungen (WV)

3.1 Ausgangslage, Grundlagen und Vorgehen

Wasserversorgungen haben die Aufgabe, die Bevölkerung und die Wirtschaft ausreichend mit Wasser von guter Qualität zu versorgen. Trinkwasser darf auch als das wichtigste Lebensmittel bezeichnet werden, weshalb die Wasserversorgungen höchste Prioritäten bei der sicheren Versorgung und einer hohen Qualität legen. Energie hat deshalb erst eine nachrangige Priorität.

In der Schweiz sind rund 3'000 Wasserversorgen mit dieser Aufgabe betraut und verbrauchen dafür rund 370 GWh/a Strom (1). Dominanter Stromverbraucher auf den Wasserversorgungen sind die Pumpen. Der Anteil der Energiekosten an den Gesamtkosten und auch der absolute Betrag der Energiekosten sind im Vergleich zu den KVA oder auch ARA bei den Wasserversorgungen am kleinsten. Zudem gibt es sehr viele kleinere Anlagen, auf denen teilweise weniger fachkundiges Personal vorhanden ist, um das Energiethema aufzunehmen und zur Umsetzung zu bringen. Das sind auch die Gründe, weshalb die Energieoptimierung bei den Wasserversorgungen unter den drei Infrastrukturbereichen noch weniger weit fortgeschritten ist.

Die Energiepotentiale wurden einerseits über energetische Feinanalysen und Reihenuntersuchungen an Pumpen hochgerechnet (bottom up) und über statistische Betrachtungen abgeschätzt (top down).

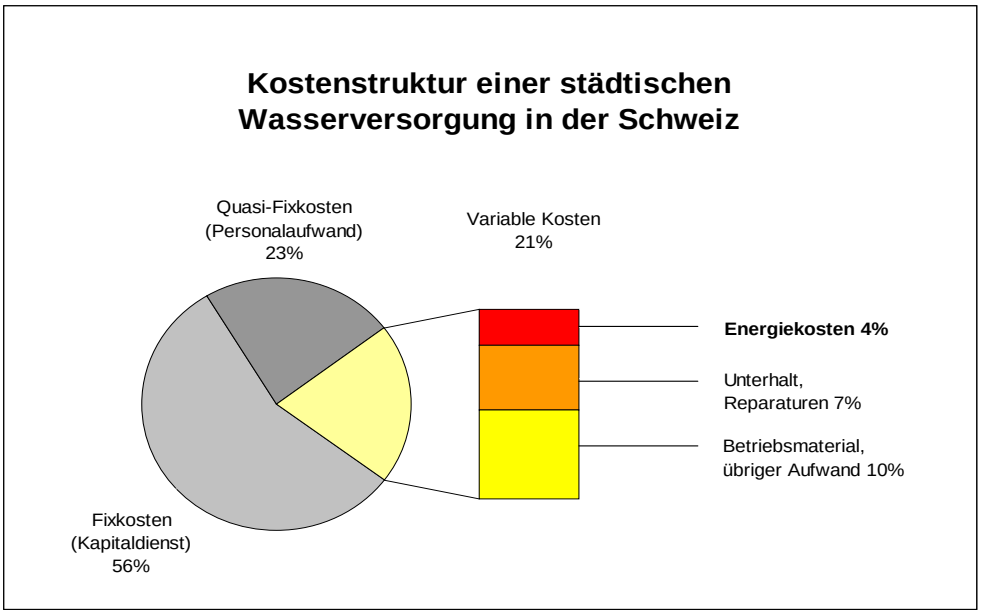


Abbildung 3-1: Energiekostenanteil bei Wasserversorgungen (5)

3.2 Elektrische Verbraucher auf WV

Im Rahmen der BFE-Forschungsarbeit über die Potentiale der Schweizer Infrastrukturanlagen zur Lastverschiebung (1) wurden neuere Untersuchungen über den Stromverbrauch der Wasserversorgungen in der Schweiz vorgenommen. Dieser liegt schweizweit für die Wasserversorgungen bei 370 GWh/a.

Die Pumpen beanspruchen auf Wasserversorgungen den weitaus grössten Stromverbrauch, der Anteil liegt bei rund 90%. Zweitgrösster Stromverbraucher ist die Aufbereitung mit rund 3%, während sich die restlichen 7% auf diverse Verbraucher verteilen (1).

Eine Beurteilung der energetischen Qualität einer Wasserversorgung ist mit bereits vorhandenen Datengrundlagen nicht wie bei den Kläranlagen machbar. Einzig die Wasserverluste, welche zu einem höheren Stromverbrauch der Pumpen führen, werden bei den Wasserversorgungen weitgehend schweizweit erhoben.

Der spezifische Stromverbrauch wird zum allergrössten Teil durch die Pumpen verursacht, hängt also weitgehend von der gepumpten Wassermenge ab, aber auch von der zu überwindenden Höhendifferenz. Deshalb ist der Stromverbrauch pro m^3 Wasser kein genaues Kriterium für die energetische Qualität, für eine solche Beurteilung braucht es detaillierte Messungen und Auswertungen an den einzelnen Pumpen. Immerhin deutet der grosse Streubereich des spezifischen Stromverbrauches pro m^3 Wasser in Abhängigkeit vom Anteil des gepumpten Wassers auf grössere Unterschiede und damit ev. auch auf gewisse Energiepotentiale hin, denn die höchsten Werte sind um den Faktor von rund 3 grösser als die tiefsten Werte, sowohl bei geringem Anteil gepumptes Wasser als auch bei höherem Anteil.

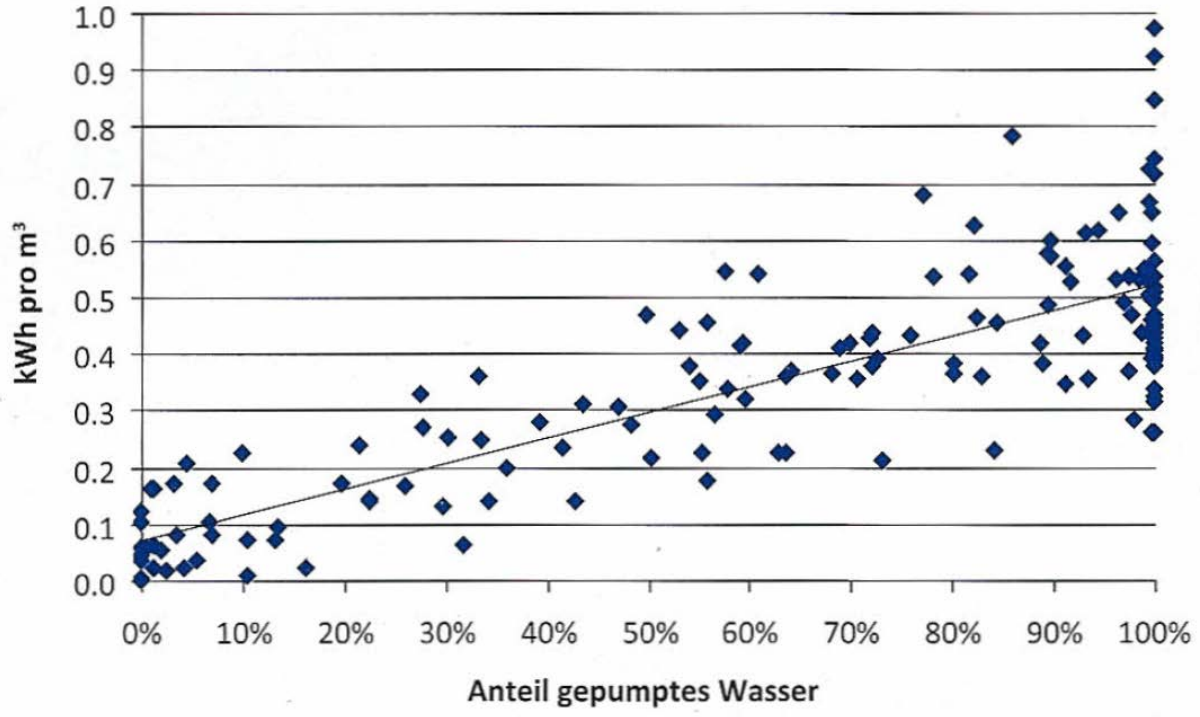


Abbildung 3-2: Grosser Streubereich des spezifischen Stromverbrauchs (Quelle gwa 3/2011)

3.3 Stromsparpotential

Die Ermittlungen der Sparquoten stützen sich auf Reihenuntersuchungen an verschiedenen Wasserversorgungen in der ganzen Schweiz (5). Diese Feinanalysen zeigen mittlere Einsparungen beim Stromverbrauch von 25%. Die Einsparungen liegen in praktisch allen untersuchten Fällen über 10% und steigen bis auf 50% an.

Von den 25% Einsparungen fallen 20% auf die Pumpen, 1.6% auf die Aufbereitung und 3.3% auf diverse Bereiche. Es mag zunächst erstaunen, dass die Sparquote durch eine Effizienzsteigerung bei den Pumpen (6%) einen deutlich kleineren Beitrag liefert als hydraulische Massnahmen zur Vermeidung von Pumpenbetrieb (14%). Reihenuntersuchungen im Rahmen des Programmes "Energiecheck Pumpen bei Wasserversorgungen" von InfraWatt mit Unterstützung von ProKilowatt bestätigen, dass beim Ersatz von 563 Pumpen in der Schweiz mit einem früheren Stromverbrauch von 48 GWh/a durch eine energetische Optimierung insgesamt Einsparungen von 4.2 GWh/a oder von 8.5% erzielt wurden.

Interessant ist zudem, dass das Kosten-/Nutzenverhältnis der Energiemassnahmen im Mittel bei 0.6 bzw. bei allen Feinanalysen im wirtschaftlichen Bereich liegt.

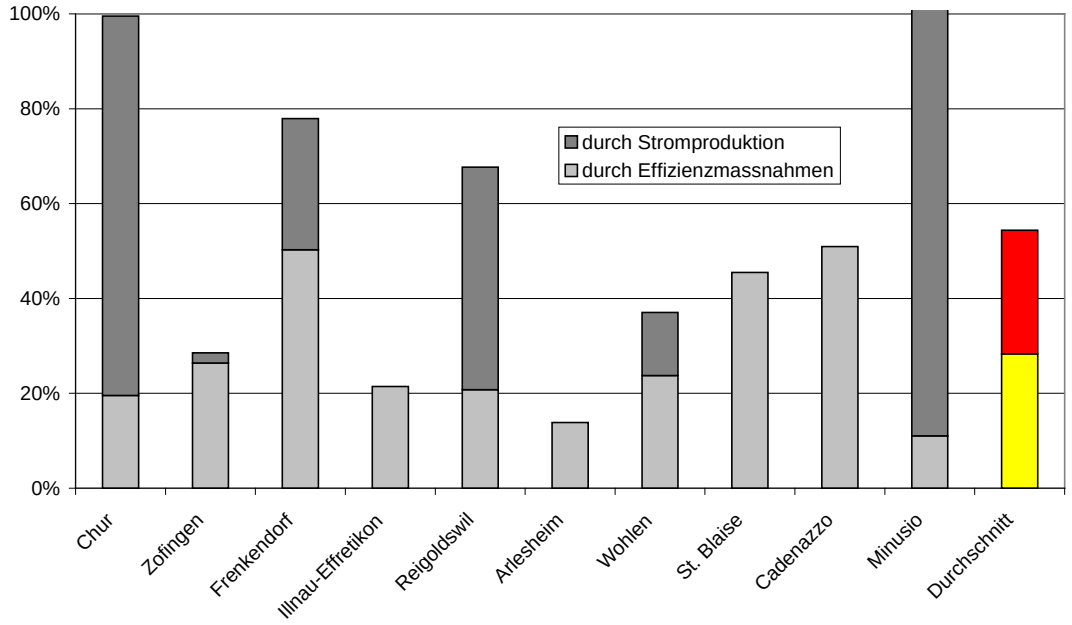


Abbildung 3-3: Stromeinsparung bei 10 Feinanalysen an Wasserversorgungen (5)

Aufgrund der vorgestellten Auswertungen wird bei den Pumpen mit einer Sparquote für die Wasserversorgungen in der Schweiz von 20 - 25% und bei den Antrieben im Bereich Aufbereitung und Diverses von 10 - 20% gerechnet. Im Mittel liegen die Einsparungen bei 22%, was 79 GWh/a ergibt. Die grössten Einsparungen sind bei der Hydraulik zu suchen, also bei Massnahmen zur Vermeidung von Pumpenbetrieb sowie bei der Effizienzsteigerung der Pumpen.

Tabelle 3-1: Stromverbrauch und Einsparpotential der Wasserversorgungen in der Schweiz

	Stromverbrauch IST GWh/a.	Anteil der Antriebe am Stromverbrauch GWh/a	Sparquote %	Einsparpotential Stromverbrauch Antriebe GWh/a
Pumpen - an Antrieben - an Hydraulik	330	330	20 - 25% 5 - 15% 10 - 20%	75 30 45
Aufbereitung	10	4	10-20%	1
Diverses	30	20	10-20%	3
Total	**370**	**354**	**22%**	**79**

3.4 Konkrete Massnahmen in der Praxis

Durch folgende Massnahmen können Einsparungen bei den Antrieben im Bereich der Wasserversorgungen hauptsächlich erzielt werden:

- Erhöhung Anteil Quellwassernutzung (z.B. Verbund mit Nachbargemeinde)
- Hydraulik innerhalb der Wasserversorgung optimieren (Pumpenregime)
- Verminderung Verluste: Leckortung und Sanierung Leitungen
- Ersatz der Motoren durch effizientere Aggregate und Antriebe
- Überdimensionierungen vermeiden
- Betrieb nach Bedarf steuern (wobei die Pumpen bereits heute weitgehend nur ein- und ausgeschaltet werden)
- Nebenaggregate auf Effizienz prüfen

4 Potentiale der Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA)

4.1 Ausgangslage, Grundlagen und Vorgehen

In der Schweiz verbrennen 30 Kehrichtverbrennungsanlagen jährlich ca. 3.8 Mio. Tonnen Abfall. Aus der zurückgewonnenen Energie liefern die Anlagen Wärme an Fernwärmenetze und Strom ans öffentliche Netz. Mit 1'600 GWh/a Stromabgabe, wovon 50% als erneuerbar gelten, sind die Kehrichtverbrennungsanlagen nach der Wasserkraft die grössten Lieferanten von erneuerbarem Strom.

Ein grosser Teil der eigenen Stromproduktion muss für den Eigenbedarf aufgewendet werden, der bei allen KVA in der Schweiz bei 480 GWh/a liegt. Der Hauptanteil vom Eigenverbrauch fällt auf die Ventilatoren und Pumpen und somit auf elektrische Antriebe.

Die nachfolgenden Untersuchungen stützen sich auf folgende Grundlagen ab:

- Einheitliche Heizwert und Energiekennzahlenberechnung der Schweizer KVA nach europäischem Standardverfahren, BAFU, BFE, VBSA 2013 (4)
- Elektrische Feinanalyse KVA Niederurnen, Rytec AG 2013
- Elektrische Analyse KVA Oftringen, Rytec AG 2012
- Potential von Schweizer Infrastrukturanlagen zur Lastverschiebung, 2012 (1)

Für KVA existieren weder ein Energie-Leitfaden noch Energierichtwerte analog zu den ARA. Somit können nur die Ergebnisse aus den jeweiligen Analysen herangezogen werden.

Nebst den gemessenen Aggregaten wurde der Verbrauch teilweise auch über die installierte Leistung, die Jahresstundenzahl und einem abgeschätzten Belastungsfaktor gerechnet.

4.2 Elektrische Verbraucher auf KVA

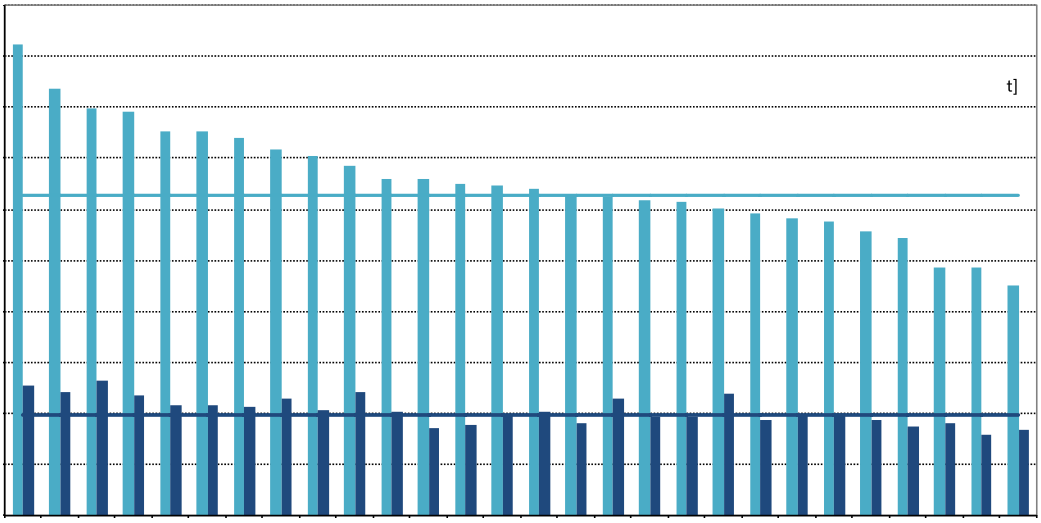


Abbildung 4-1: Vergleich Stromeigenverbrauch aller KVA in der Schweiz (4)

Der Stromverbrauch der verschiedenen KVA lässt sich am ehesten über den spezifischen Stromverbrauch pro behandelte Abfallmenge vergleichen. Der Mittelwert aller KVA in der Schweiz liegt bei rund 0.12 MWh pro Tonne Abfall. Es fällt auf, dass die meisten Anlagen in etwa in diesem Bereich liegen. Die Anlagen mit dem tiefsten spezifischen Stromverbrauch liegen bei 0.09 MWh pro Tonne Abfall, die Anlagen mit dem höchsten spezifischen Wert verbrauchen hingegen gleich doppelt so viel Strom. Das deutet theoretisch auf gewisse Potentiale hin.

Die nachfolgende Abbildung zeigt ein Schema der wichtigsten Stromverbraucher einer KVA.

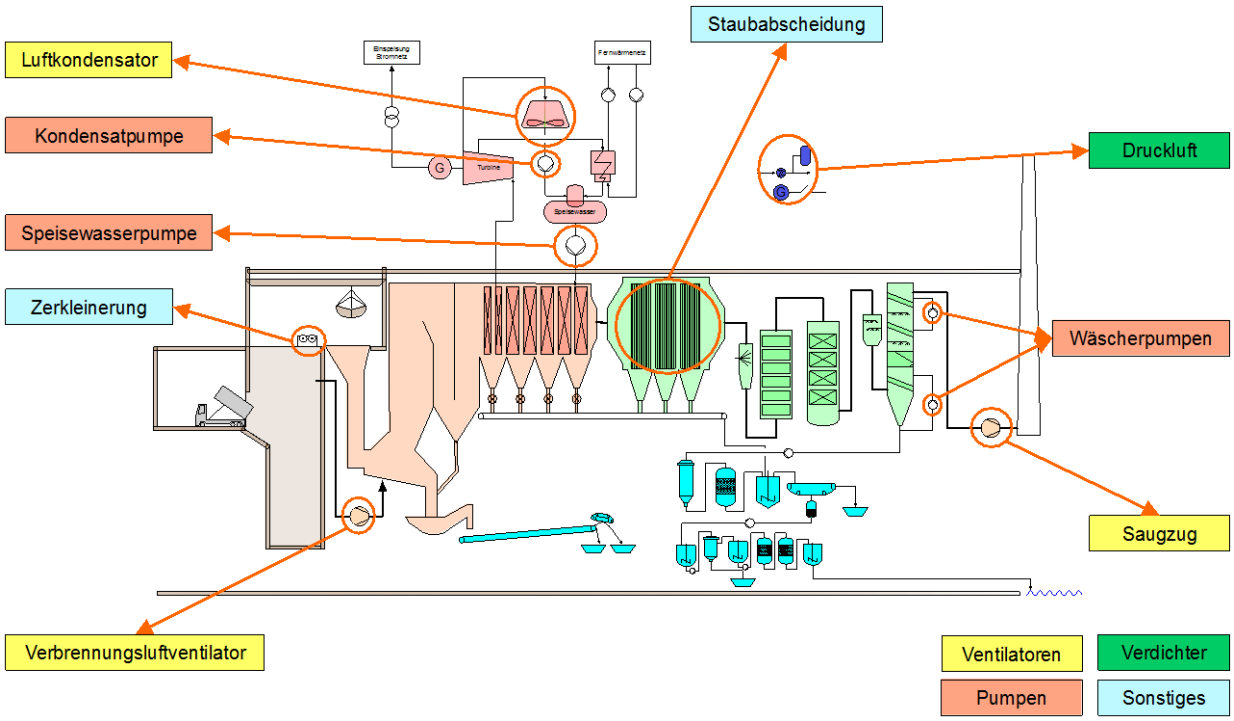


Abbildung 4-2: Hauptstromverbraucher der Kehrichtverbrennungsanlagen

Gestützt auf Untersuchungen an konkreten Anlagen und Hochrechnungen wurde der gesamte Eigenverbrauch auf die jeweiligen Technologien aufgeteilt. Aufgrund dieser Abklärungen sind der Saugzugventilator, Verbrennungsluftventilatoren, Speisewasserpumpen, Druckluftkompressoren, der Schredder und die Lüfter der Kondensationsanlage die grössten Stromverbraucher auf einer KVA. Auffallend ist der hohe Anteil der Ventilatoren mit 45% und der Pumpen mit 30%, also von zusammen 75% (vgl. Abbildung 4-3).

In die Kategorie Antriebe fallen Ventilatoren, Pumpen und Verdichter. Diese machen 380 GWh/a oder 80% des gesamten eigenen Stromverbrauches der KVA aus.

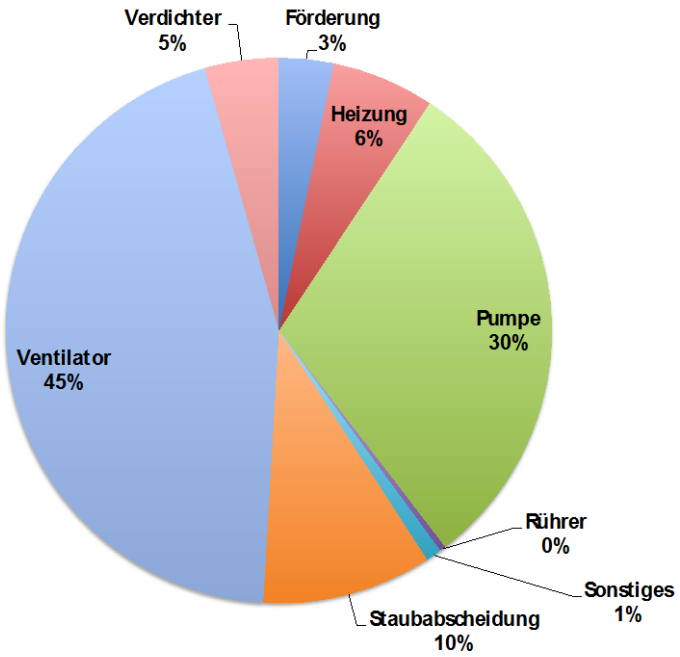


Abbildung 4-3: Anteil der verschiedenen Technologien am Gesamtstromverbrauch

Abbildung 4-4: Saugzugventilator

Abbildung 4-4: Speisewasserpumpe

4.3 Stromsparpotential

Für die drei wichtigsten Kategorien Pumpen, Ventilator und Verdichter wurden Auswertungen über die Energiepotentiale anhand von Energieanalysen an konkreten Anlagen vorgenommen sowie Erfahrungswerte beigezogen.

Bei der Hochrechnung wurde nicht mehr die gesamte verbrannte Menge berücksichtigt, sondern nur noch die Mengen der Anlagen, welche beim spezifischen Stromeigenverbrauch über dem Schweizer Mittelwert liegen.

Die Potentiale durch effizientere Motoren werden bei den KVA auf 2% geschätzt. Bei den Pumpen werden die Potentiale durch betriebliche Optimierung auf 10 - 15% und bei den Ventilatoren auf 8 - 15% eingeschätzt. Dadurch ergeben sich Einsparpotentiale bei den Ventilatoren von rund 11 GWh/a, bei den Pumpen von 9 und bei den Verdichtern gut 1 GWh/a, insgesamt also 22 GWh/a. Das entspricht einer Reduktion von 5.7%.

Tabelle 4-1: Stromsparpotential der Hauptverbraucher der KVA in der Schweiz

		Pumpe	Ventilator	Verdichter	**Total**
Stromverbrauch spezifisch	[kWh/t]	38.0	56.1	5.5	
Stromverbrauch aller Anlagen	[GWh/a]	145.0	215.0	20.0	380.0
Einsparung effizientere Motoren	[ ]	2%	2%		
Einsparungen	[kWh/t]	0.8	1.1	0.0	
Betriebliche Massnahmen	[ ]	10-15%	8-15%		
	[ ]	12%	10%	15%	
	[kWh/t]	4.5	5.5	0.8	
Gesamte Einsparung	**[GWh/a]**	**8.9**	**11.3**	**1.4**	**21.6**

Beim top down Ansatz wurde das Sparpotential so berechnet, wenn alle KVA ihren spezifischen Stromverbrauch einerseits auf den Mittelwert und andererseits auf den Wert der besten drei Anlagen senken können. Es handelt sich also um theoretische Werte, die wenig realistisch sind. Kann der spezifische Stromverbrauch von allen KVA auf den Mittelwert reduziert werden, so könnte der Stromverbrauch der Antriebe um 8% oder um 30 GWh/a gesenkt werden. Kann der Verbrauch sogar auf das heutige Niveau der drei besten KVA reduziert werden, so würden sich theoretisch Einsparungen von 28% bzw. von 106 GWh/a ergeben. Diese Einsparungen sind in der Praxis aber nicht machbar und auch nicht wirtschaftlich.

4.4 Konkrete Massnahmen in der Praxis

Durch folgende Massnahmen sind Einsparungen im Bereich der KVA denkbar:

- Ersatz der Motoren durch Effizientere
- Überdimensionierungen vermeiden
- Reduktion des Druckverlustes im Luft- bzw. Rauchgasstrom
- Anpassungen des Luftbedarfs
- Betrieb nach Bedarf
- FU-Steuerung anstelle Druckreduzierung

5 Hochrechnung für Infrastrukturanlagen in der Schweiz

5.1 Stromverbrauch und Anteil der Antriebe

Die Abwasserreinigungsanlagen inklusive die Kanalnetze der Abwasserverbände, die Wasserversorgungen und die Kehrichtverbrennungsanlagen verbrauchen in der Schweiz insgesamt 1'350 GWh/a Strom. Im Bereich Abwasser und Wasser liegt der Anteil der Antriebe bei mehr als 95%, bei den KVA hingegen deutlich tiefer (79%), so dass der Stromverbrauch für die Antriebe bei den Infrastrukturanlagen insgesamt bei 91% oder 1223 GWh/a liegt.

Tabelle 5-1: Stromverbrauch und Anteil der Antriebe der Infrastrukturanlagen in der Schweiz

	Anzahl Anlagen Anz.	Stromverbrauch insgesamt GWh/a	Anteil Antriebe %	Stromverbrauch Antriebe GWh/a
Abwasserentsorgung: - Kläranlagen - Kanalisation	 850	 450 50	 98 100	 439 50
Wasserversorgungen	3000	370	96	354
Kehrichtverbrennungsanlagen	30	480	79	380
Total	**3880**	**1350**	**91%**	**1223**

Bei den Infrastrukturanlagen sind die Pumpen mit einem Anteil von mehr als der Hälfte die grössten Stromverbraucher unter den Antrieben, gefolgt von den Ventilatoren, die vor allem bei den KVA wichtig sind, und den Gebläsen auf den ARA. Die Pumpen dominieren bei den Wasserversorgungen und gehören auch bei den ARA und KVA zu den wichtigsten Verbrauchern.

Tabelle 5-2: Stromverbrauch nach Technologien bei ARA/Kanal, WV und KVA in der Schweiz

	Einheit	Gebläse	Pumpen	Kompressoren	Ventilatoren	Rührwerke, Rechen, Zentrifugen	Andere	Total
Abwasserreinigungsanlagen Kanäle Abwasserverbände	GWh/a "	220	132 50	0	35	52	0	439 50
Wasserversorgungs-anlagen	GWh/a	0	330	0			24	354
Kehrichtverbrennungs-anlagen	GWh/a	0	145	0	215		20	380
Total Stromverbrauch *Anteil in %*	GWh/a %	220 *18%*	657 *54%*	0 *0%*	250 *20%*	52 *4%*	44 4%	1223 *100%*

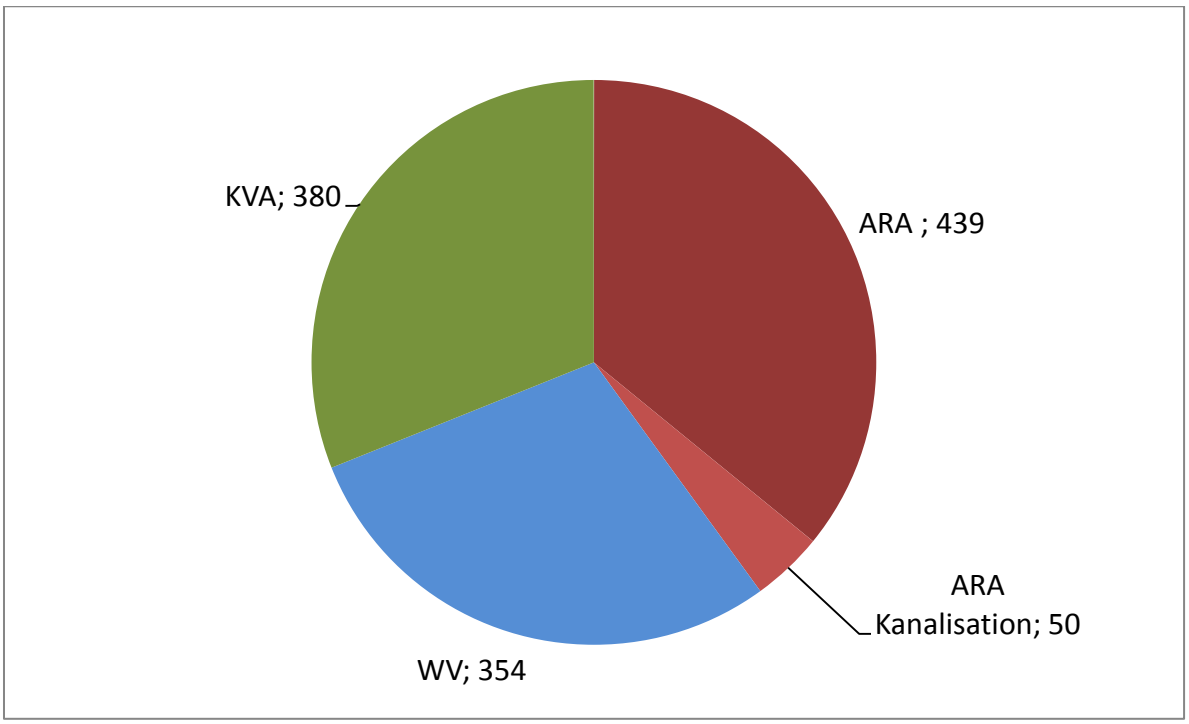


Abbildung 5-1: Stromverbrauch der Antriebe der drei Infrastrukturanlagen (in GWh/a)

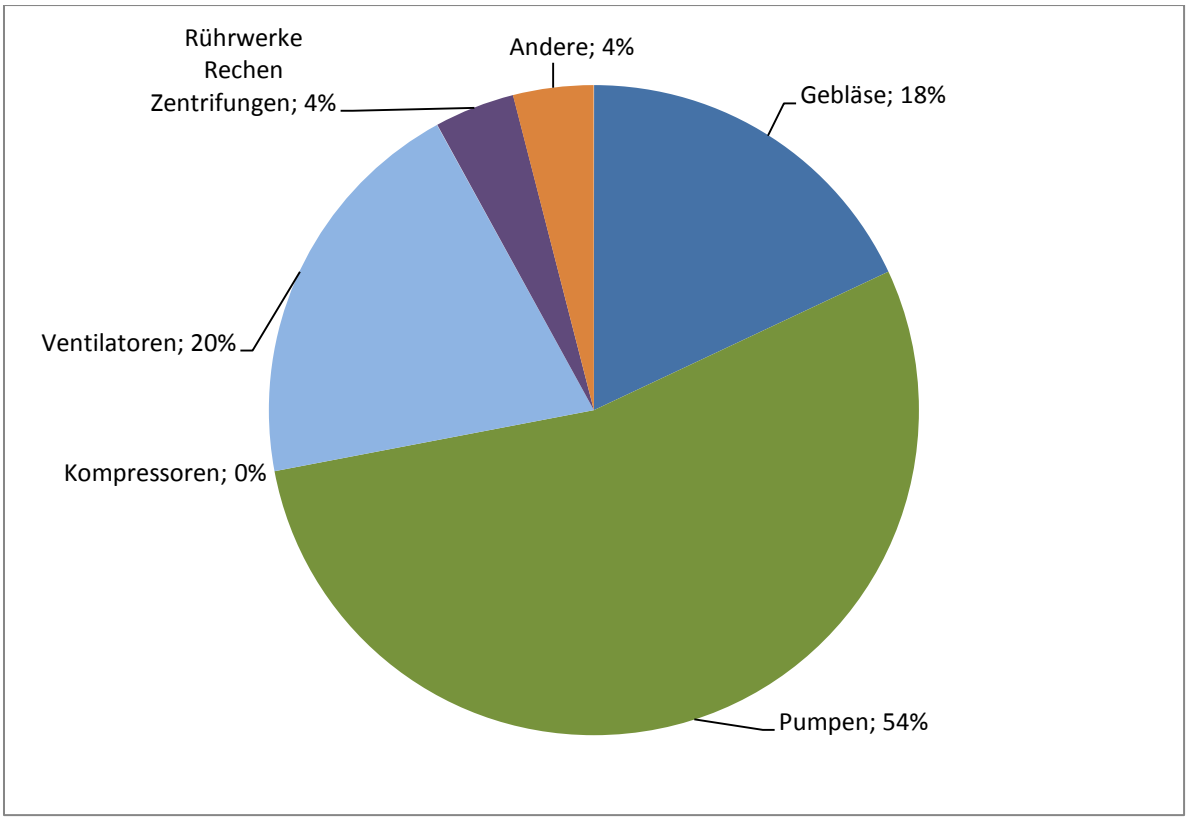


Abbildung 5-2: Anteil Stromverbrauch der Infrastrukturanlagen nach Technologien (in %)

5.2 Energiepotentiale bottom up

Die Sparquoten bewegen sich im Bereich Abwasser und Wasser um rund 20%, während die Sparquoten bei den KVA geringer sind und zudem davon ausgegangen wird, dass nur die Hälfte davon umgesetzt werden kann.

Nach Technologien weisen die Pumpen mit 18% die höchsten Sparquoten auf, die Ventilatoren bei den ARA haben die gleich hohen Werte, bei den KVA jedoch deutlich Tiefere.

Insgesamt ergeben sich bei den Infrastrukturanlagen realistische und auch weitgehend wirtschaftliche Einsparpotentiale bei den Antrieben von 178 GWh/a oder von 15%. Der Bereich Abwasser und Wasser liefert dabei einen Anteil von je gegen 80 GWh/a, die KVA weniger als ein Drittel davon oder 22 GWh/a. Zwei Drittel der gesamten Einsparungen sind alleine bei den Pumpen zu finden, ein Sechstel bei den Gebläsen auf den Kläranlagen und ein Zehntel bei den Ventilatoren.

Tabelle 5-3: Stromsparpotentiale nach Technologien bei ARA/Kanal, WV und KVA in der Schweiz

	Einheit	Gebläse	Pumpen	Kompressoren	Ventilatoren	Rührwerke, Rechen, Zentrifugen	Andere	Total
Sparquote (%)								
Abwasserreinigungsanlagen Kanalisation	% %	13	18 20		18	15		15 20
Wasserversorgungs-anlagen	%		23				17	22
KVA: Sparquote Umsetzbar (Hälfte)	%		12 6		10 5		15 7	11 6
Total Einsparquote bei Infrastrukturanlagen	%	13	18		7	15	14	15
Stromsparpotential (GWh/a)								
Abwasserreinigungsanlagen Kanalisation	GWh/a "	29	24 10	0	6	8	0	67 10
Wasserversorgungs-anlagen	GWh/a	0	75	0			4	79
Kehrichtverbrennungs-anlagen	GWh/a	0	9	0	11		2	22
Total Stromsparpotential *Anteil in %*	GWh/a %	29 *16%*	118 *66%*	0 *0%*	17 *10%*	8 *5%*	6 3%	178 *100%*

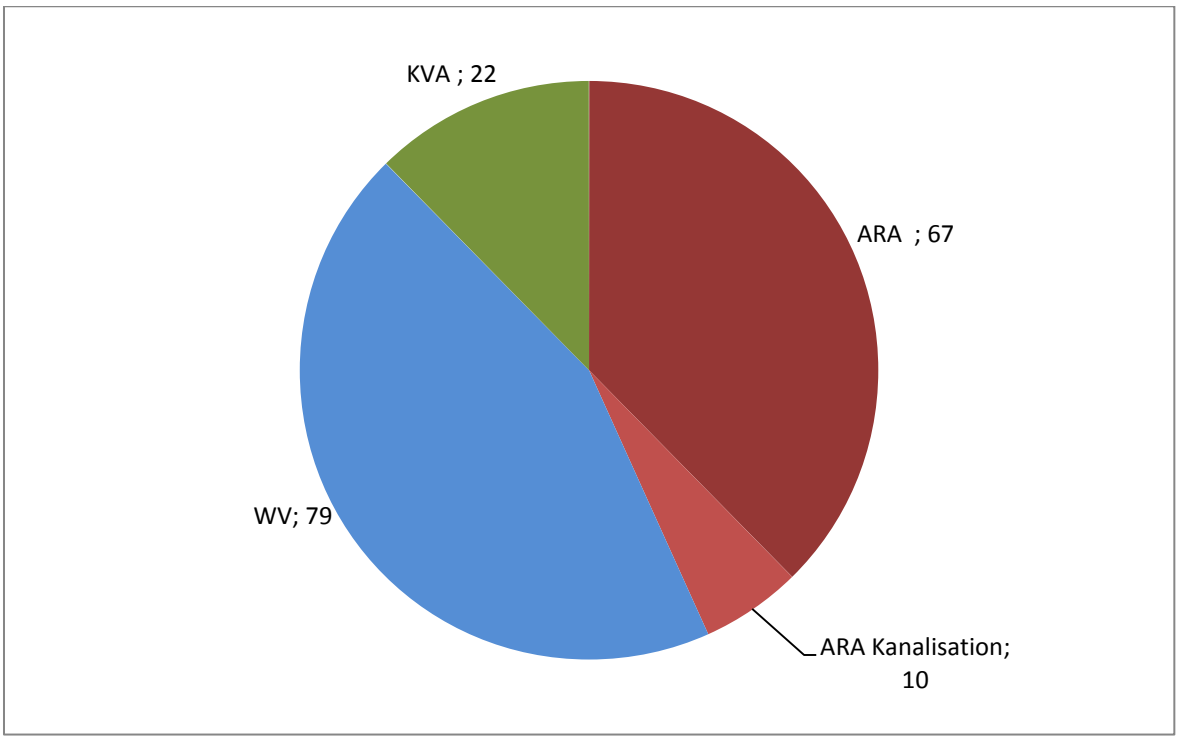


Abbildung 5-3: Stromsparpotential der drei Infrastrukturanlagen (in GWh/a)

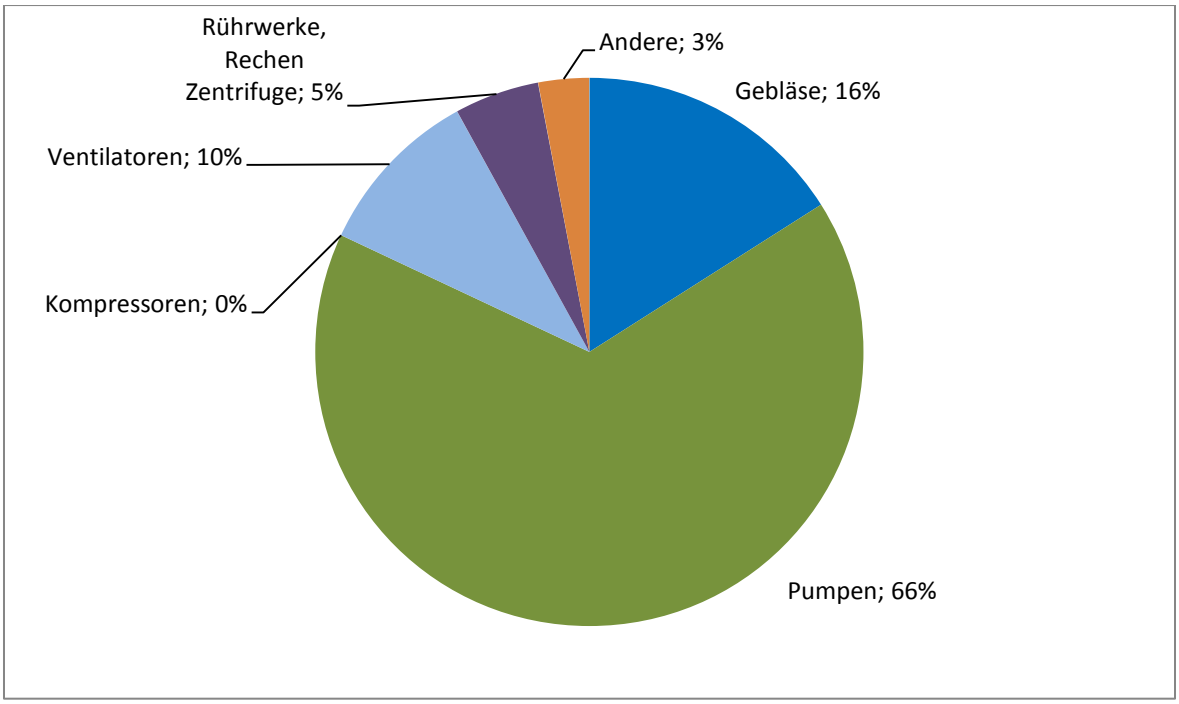


Abbildung 5-4: Anteil Stromsparpotential der Infrastrukturanlagen nach Technologien (in %)

5.3 Energiepotentiale top down

Die obigen Einsparpotentiale wurden aufgrund konkreter Fallbeispiele ermittelt und hochgerechnet. Dabei wurden nur Massnahmen berücksichtigt, die an den meisten Anlagen in der Schweiz aus Sicht eines sicheren Betriebes und mit heutigen Technologien machbar und auch bezüglich Wirtschaftlichkeit verhältnismässig sind. Wir gehen davon aus, dass vier Fünftel dieser Potentiale oder rund 150 GWh/a wirtschaftlich sind. Das heisst aber noch nicht, dass die Massnahmen automatisch umgesetzt werden.

Am Beispiel der ARA wurde aufgezeigt, dass das Stromsparpotential von 67 auf 97 GWh/a ansteigt, wenn alle Kläranlagen den Richtwert vom Leitfaden "Energie in ARA" (2) erfüllen würden. Wir gehen davon aus, dass ein grösserer Teil dieser zusätzlichen Massnahmen durchaus machbar ist, auch wenn nicht alle diese weiteren Massnahmen wirtschaftlich sind. Dieses weitgehend machbare Potential ist in den anderen Bereichen weniger gut bekannt, wird aber über alle Infrastrukturanlagen auf rund 250 GWh/a geschätzt. Zukünftig können diese Potentiale durch technische Weiterentwicklungen und durch Massnahmen zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit noch ansteigen, insgesamt wohl auf gegen 400 GWh/a.

Die realistischen Potenziale der Infrastrukturanlagen von 178 GWh/a würden bei einem Strompreis von z.B. 15 Rp./kWh jährlich Kosteneinsparungen von 27 Mio. Fr. ergeben oder über 15 Jahre von 400 Mio. Fr.

Tabelle 5-4: Stromsparpotentiale bei den Antrieben der Infrastrukturanlagen in der Schweiz

	theoretisch machbares Potential GWh/a	realistisches Potential GWh/a	realistisches wirtschaftlich Potential GWh/a
Abwasserentsorgung:			
- Kläranlagen	100	67	52
- Kanalisation	10	10	10
Wasserversorgungen	100	79	66
Kehrichtverbrennungsanlagen	40	22	22
Total	**250**	**178**	**150**

6 Umsetzung der Massnahmen

6.1 Ausgangslage und Hemmnisse der Umsetzung

Bei Industrie und Gemeinden sind gemäss einer Umfrage folgende Faktoren die wichtigsten Barrieren für die Realisierung von Energieeffizienzmassnahmen (Quelle Umweltperspektiven 4/2014):

1. Hohe Investitionen
2. Wirtschaftlichkeit
3. Fehlende Finanzierung
4. Fehlende personelle Kapazitäten

Auch bei Kläranlagen, Wasserversorgungen und KVA spielen ökonomische Faktoren und insbesondere die Frage der Wirtschaftlichkeit eine wichtige Rolle, vor allem beim Entscheid über die Realisierung von Energiemassnahmen, da diese für die Hauptaufgabe der Anlagen eigentlich nicht dringend notwendig sind. Die Infrastrukturanlagen haben aber eine besondere Ausgangslage, denn die Betreiber sind sich den Umgang mit grösseren Investitionen und deren Finanzierung gewohnt. Kosteneinsparungen beim Energieverbrauch spielen aber im Vergleich zu einem sicheren Betrieb nur eine zweitrangige Rolle. Zudem haben die Energiekosten insbesondere bei den Wasserversorgungen kein grösseres Gewicht. Die grossen Hemmnisse sind deshalb bei den ARA, WV und KVA aufgrund unserer Erfahrungen vor allem bei folgenden Punkten zu suchen:

- Höchste Priorität bei den Infrastrukturanlagen hat immer der Ver- und Entsorgungsauftrag; energetischen Aspekten werden dem untergeordnet.
- Energie hat noch nicht den entsprechenden Stellenwert, auch Energiekosteneinsparungen noch nicht.
- Die Energiepotentiale bzw. die umsetzbaren Energiemassnahmen sind noch zu wenig bekannt, die wirtschaftlichen Potentiale werden noch vielfach unterschätzt.
- Das Know how zu Energiefragen muss auf den verschiedenen Ebenen noch weiter verbreitet werden, sowohl bei den Entscheidungsträgern in den Vorständen/Verbänden oder beim Betriebspersonal, als auch bei den Planern, Installateuren und Herstellern.
- Bei Ausschreibungen oder Variantenentscheiden werden die Investitionen im Vergleich zu den langfristigen Gesamtkosten überbewertet. Energieeffizientere Lösungen, die meist mit höheren Investitionen und tieferen Jahreskosten verbunden sind, werden dadurch benachteiligt.

6.2 Freiwillige flankierende Massnahmen

Ausgehend von obigen Ausführungen zu den Hemmnissen empfehlen wir folgende Massnahmen, um die grossen Potentiale vor allem im Bereich der Antriebe zukünftig vermehrt umsetzen zu können.

1. Kompetenzzentrum Energie in ARA, WV und KVA für weitere Aufgaben ausbauen

- Um den Stellenwert der Energie zu stärken, muss Information, Beratung und Aus- und Weiterbildung weiter verstärkt werden.
- Dazu soll das Kompetenzzentrum Energie in Infrastrukturanlagen weiter ausgebaut werden, wozu mehr Mittel zur Verfügung gestellt werden sollen.
- InfraWatt hat die wichtigsten Fachverbände der Branchen Abwasser, Abfall, Abwärme und Trinkwasser unter ein Energiedach zusammengeschlossen und ein solches

Kompetenzzentrum aufgebaut, das für solche weiteren Aufgaben prädestiniert ist. InfraWatt kann sich dabei als neutrale und kompetente Anlaufstelle auf eine hohe Akzeptanz in den Branchen abstützen, hat direkten Zugang zu den Entscheidungsträgern der Anlagen, verfügt über die besten Experten und hat eine gute Zusammenarbeit mit den kantonalen Ämtern und den Bundesstellen aufgebaut (Energie und auch Umwelt).

- Das Kompetenzzentrum arbeitet eng mit den wichtigsten Marktplayern zusammen, wodurch die Wirkung der Aktivitäten ausgeweitet und multipliziert werden kann.
- Das Kompetenzzentrum ist keine Konkurrenz zur Wirtschaft. Im Gegenteil; Planer und Hersteller wissen zu schätzen, dass sie zusätzliche Aufträge für Energieprojekte erhalten, die von InfraWatt ausgelöst werden.

2. Stellenwert des Energiethemas bei Infrastrukturanlagen generell stärken

- Der Stellenwert der Energie soll über das Kompetenzzentrum von InfraWatt in Zusammenarbeit mit dem Bund und Kantonen gestärkt werden.
- Auszeichnung von energieeffizienten Anlagen: Vorbild Médaille d'eau bei ARA soll weitergeführt und mit den Fachverbänden eine Übertragung auf Wasserversorgungen und KVA diskutiert werden. Die Übergabe soll in würdigem Rahmen vorgenommen, die Botschaft Energie mit professioneller PR in der Branche und Öffentlichkeit regional und national verbreitet und der Anlass als Tagung/Seminar genutzt werden.
- Gute Beispiele sollen vermehrt bekannt gemacht werden, in Medien des Zielpublikums: z.B. im Newsletter von InfraWatt/EnergieSchweiz und von Fachverbänden, in Fachzeitschrift wie Aqua&Gas und Zeitschriften von Städten und Gemeinden.
- Persönliche Beratungen sollen vor Ort den Betreibern verbreitet anboten werden, um bei Anlagen Energiepotentiale abzuschätzen, Betreibern Vorgehen zur Umsetzung aufzuzeigen und vor allem zu weiteren Schritten zu überzeugen. Diese Beratungen müssen von Fachleuten, die in der Branche (Abwasser, Trinkwasser und KVA) akzeptiert sind, durchgeführt werden. Dabei sollen auch die gesetzlichen Grundlagen und die Fördermöglichkeiten vorgebracht und als Grund für weitere Umsetzungsschritten genutzt werden, um konkrete Projektideen aufzuzeigen, entsprechende Energiestudien auszulösen und die Energiemassnahmen umzusetzen. Die Erfahrungen zeigen, dass dazu neutrale, kompetente Drittmeinungen für den Betreiber wertvoll und erwünscht sind. Das Interesse an solchen kostenlosen, neutralen Beratungen ist aufgrund von jüngeren Umfragen in Kantonen bei ARA und auch bei WV nach wie vor sehr gross, das Budget dafür bisher zu beschränkt.
- *Antrag:* Es soll von InfraWatt ein Konzept für eine nationale Energie-Datenbank für ARA und Wasserversorgungen erstellt werden, welche in Zusammenarbeit mit Bund und Kantonen aufgebaut und betrieben wird. Diese Datenbank dient als Erfolgskontrolle und zur Ermittlung von Energiepotentialen und soll den Bund und die Kantone bei Energiefragen unterstützen. Zudem sollen die Betreiber direkt angegangen und über die energetische Qualität bzw. die Energiepotentiale ihrer Anlage informiert und - mit Hinweisen auf Fördermöglichkeiten und mit beratender Unterstützung - zu weiteren Schritten motiviert werden. Für die KVA werden die Energiedaten vom BAFU/BFE bereits erhoben (4).
- *Antrag:* Es soll von InfraWatt eine Plattform von befähigten Ingenieurbüros bzw. Fachleuten aufgebaut werden, da wir von vielen Betreibern v.a. von ARA und Wasserversorgungen nach solchen Referenzen immer wieder angefragt werden und Lücken an qualifizierten Fachleuten feststellen. Diese Fachleute sollen befähigt werden Energieanalysen, die Planung und Realisierung der Energiemassnahmen kompetent und fachgerecht auszuführen. Bei dieser Plattform werden die Fachleute regelmässig weitergebildet, z.B. mit einem Erfahrungsaustausch. Dies dient auch der Qualitätssicherung.

3. Aus- und Weiterbildung auf verschiedenen Stufen ausbauen

- Auf den verschiedenen Ebenen besteht nach wie vor dringender Handlungsbedarf im Bereich Aus- und Weiterbildung, vor allem bei Wasserversorgungen, auch bei den ARA und der Abwärmenutzung.
- *Vom BFE ist bereits angedacht* ein Konzept für die Vertiefung der Aus- und vor allem Weiterbildung durch InfraWatt erstellen zu lassen. Dabei sollen alle Ebenen berücksichtigt werden, Betreiber wie auch Fachingenieure, Installateure und Hersteller etc.

4. Finanzielle Beiträge an erste Energiestudien

- Der erste Schritt einer Energieoptimierung ist immer eine Energieanalyse, welche die machbaren und wirtschaftlichen Potentiale und Massnahmen den Betreibern überhaupt erst aufzeigt. Häufig werden solche Studien von Betreibern kritisch betrachtet, da die Kosten alleine für Studien von Massnahmen, die für den Betrieb eigentlich nicht unbedingt notwendig sind, als hoch eingestuft werden. Mit gezielten finanziellen Beiträgen an energetische Grob- und Feinanalysen soll das Eis gebrochen werden.
- Die früheren Aktionen mit Feinanalysen (vgl. dazu Kap. 3.3) haben gezeigt, dass mit beschränkten finanziellen Beiträgen Energiestudien ausgelöst und eine ganze Reihe der vorgeschlagenen Massnahmen auch umgesetzt wurden. Die vielen Anfragen bestätigen das. Gegenüber den Beiträgen von ProKilowatt ist eine gewisse Zurückhaltung zu beobachten, da die Förderung mit der Realisierung von Massnahmen verknüpft ist. Gerade jene Betreiber, bei denen Energie noch weniger bedeutend ist, erkennen die Energiepotentiale und damit den Nutzen im Voraus noch nicht, weshalb dieses Hindernis durch Anreize, Information und Beratung vermindert werden muss.
- *Antrag:* Es soll ein Konzept entwickelt werden, wie Energieanalysen - als Ergänzung zu ProKilowatt - gezielt und kosteneffizient gefördert werden können. Mit dieser Förderung soll eine systematische, langfristige Umsetzung angekurbelt werden, da bei ProKilowatt nur Studien mit kurzfristig realisierten Massnahmen gefördert werden.
- *Antrag:* Es soll ein Konzept erstellt werden, wie bei den ARA betriebliche und besonders günstige Massnahmen sehr rasch und ohne grossen Aufwand ermittelt werden können und mit welchen Anreizen reihenweise Betreiber zur Ermittlung und Umsetzung dieser Massnahmen bewegt werden können. Die laufende BFE-Studie von den Ryser Ingenieuren AG an einer Kläranlage (8) kann hier wichtige Grundlagen liefern, wobei zusätzlich auch Massnahmen beim Unterhalt zu berücksichtigen sind. Es soll auch geprüft werden, ob solche Aktionen auch bei Wasserversorgungen, trotz vermutlich kleinerer Potentiale aufgrund der technischen Ausgangslage (Pumpen ein/aus), oder bei KVA (bereits professionelles Personal) sinnvoll sein könnten.

5. Finanzielle Beiträge an die Realisierung von Massnahmen.

- ProKilowatt optimieren:
  ProKilowatt ist aus unserer Sicht ein erfolgreiches Modell, das noch in einigen Bereichen optimiert werden kann. Wichtig ist, dass die Förderung für die Betreiber planbar und nicht eine "Hauruckaktion" ist und Energiemassnahmen gefördert werden, die nicht innerhalb von zwei, drei Jahren realisiert werden können. Denn grössere Energiemassnahmen sind häufig an allgemeine Sanierungsmassnahmen und grössere Kredite gebunden, was z.T. Volksabstimmungen bedingt und mehrere Jahre dauert. Ein Problem ist auch, dass die Beiträge für Energiestudien faktisch an die Realisierung der Massnahmen gebunden sind, was für Betreiber nicht kalkulierbar ist.
- Wasserversorgungen WV:
  - Das laufenden Programm setzt dort an, wo beim grössten Stromverbraucher Handlungsbedarf besteht, nämlich beim Ersatz der Pumpen. Das Programm zeigt Wirkung und ist äusserst kostengünstig und wurde deshalb von ProKilowatt verlängert.
  - Bei den Wasserversorgungen hat sich gezeigt, dass die Beiträge angesichts der re-

lativ kleinen absoluten Stromeinsparungen oft zu gering und die Laufzeit der Förderprogramme zu kurz sind, um eine systematische Vorgehensweise zur Energieoptimierung aufzubauen, mit welcher zusätzlich die grösseren Potentiale bei der Hydraulik erfasst werden könnten.

- Abwasserreinigungsanlagen ARA:
  Bei den Kläranlagen wurde das Programm "Energieeffiziente ARA" mit einer grossangelegten PR-Aktion in der Abwasserbranche gestartet und alle relevanten Anlagen in der ganzen Schweiz direkt angeschrieben. InfraWatt und der Fachverband VSA führten ein Seminar am 15.1.2015 in Olten durch, um einerseits das Förderprogramm bekannt zu machen, gleichzeitig ARA-Personal und Planer im Bereich Energieoptimierung weiterzubilden und u.a. mit zwei Tools (für Ermittlung Energiepotentiale sowie für Feinanalyse) zu weiteren Schritten zu motivieren. Erste Gesuche sind eingetroffen, es können auch mittlere und kleinere ARA berücksichtigt werden. Problem wäre, wenn das Budget wegen wenigen Grossprojekten aufgebraucht wird.
- Kehrichtverbrennungsanlagen KVA:
  Bei den KVA wurde das Programm "Energieeffiziente KVA" gestartet und alle Betreiber über den Verband VBSA direkt angeschrieben und an der grossen VBSA-Tagung in Anwesenheit von Bundesrätin Doris Leuthard auf die Förderung aufmerksam gemacht. Hindernis ist, dass KVA mit der KEV nicht profitieren können und deshalb bereits ein beachtlicher Anteil des Potentials wegfällt und dass die KVA in Bezug auf Ausgaben in anderen Dimensionen denken. Auch hier wäre es ein grosses Problem, wenn das Budget von ein, zwei Grossprojekten aufgebraucht wird.
- Hebelwirkung übergreifend nutzen:
  Mit den Fördermitteln z.B. von ProKilowatt oder KEV ist die Hebelwirkung bei Informationskampagnen oder Beratungen wesentlich höher als ohne diese finanzielle Unterstützung. Aber auch umgekehrt, ohne die Informations- und Beratungstätigkeiten von EnergieSchweiz und InfraWatt wäre die Verbreitung und schlussendlich auch die Wirkung dieser Förderprogramme deutlich geringer. EnergieSchweiz und die Förderprogramme erzielen gemeinsam eine höhere Wirkung bei günstigerem Kosten-/Nutzenverhältnis, weshalb künftig Synergien noch besser genutzt werden sollen.
- *Antrag:* Es wäre zu prüfen, ob ProKilowatt in begründeten Fällen bei Programmen die Dauer und die obere Grenze des Budgets erhöhen kann und ob ein erfolgreiches Programm mit weiterhin grossen Potentialen bei plötzlicher Ausschöpfung des Budgets rasch und ohne grossen formellen Aufwand verlängert und das Budget erweitert werden kann.

6.3 Gesetzliche Massnahmen

In Bezug auf die Energieeffizienz auf ARA, WV und KVA bestehen folgende wichtige Gesetzesgrundlagen in der Schweiz:

1. Grossverbrauchermodell

- Die Infrastrukturanlagen sind vom Grossverbrauchermodell unterschiedlich betroffen:
  - Bei ARA haben schätzungsweise 200 Anlagen in der ganzen Schweiz einen Stromverbrauch von über 500'000 kWh/a, die insgesamt rund vier Fünftel oder 0,4 TWh/ Strom verbrauchen, weitgehend für Antriebe.
  - Bei den Wasserversorgungen sind es schätzungsweise 100 Anlagen mit etwa der Hälfte des Stromverbrauches bzw. rund 0.2 TWh/a, weitgehend für Antriebe.
  - Bei allen KVA wird mehr Strom produziert als die Anlagen selbst verbrauchen.
- Mit dem Grossverbrauchermodell wird die Forderung gestellt Energiemassnahmen zu ermitteln und die Wirtschaftlichen davon auch umzusetzen.

- Zuständig für das Grossverbrauchermodell sind die Kantone, so dass die Umsetzung sehr unterschiedlich ist. Diverse Kantone (VS, JU, LU, ZG) haben noch kein Gesetz, vielen setzen das Gesetz generell oder bei ARA kaum um und noch weniger bei den Wasserversorgungen, Zürich hingegen setzt das Gesetz schon seit Jahren auch bei den ARA um. In der Romandie wurde der Vollzug in FR und VD 2014 begonnen. Diverse Kantone haben InfraWatt schon um Unterstützung bei Umsetzung angefragt. Vorgehenskonzepte bei den Wasserversorgungen sind noch kaum vorhanden.
- Die Umsetzung der betroffenen Potentiale ist sehr unterschiedlich und hängt einerseits vom Vollzug und den Betreibern ab. Ein Problem ist unter anderem die Koordination und das Know how bei den Behörden, da einerseits die Energiefachstelle für den Vollzug zuständig ist, das AfU aber für die ARA und Wasserversorgungen. Zum anderen lässt das Grossverbrauchermodell den Betreibern einen grösseren Spielraum, da die Annahmen für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen und die Beurteilung, ob auf einer ARA oder WV eine bestimmte Energiemassnahme zumutbar ist je nach Standpunkt doch sehr unterschiedlich beurteilt werden kann.
- Die Diskussion um das Grossverbrauchermodell kann in den entsprechenden Kantonen genutzt werden, um das Energiethema generell aufzunehmen und mit weiteren Instrumenten (Info, Beratung, Förderbeiträgen an Studien) Energiestudien auszulösen und die Energiepotentiale umzusetzen. Wichtig aber ist, dass die Energiestudien - auch bei gesetzlichen Vorgaben - von Fachleuten aus dem Abwasserfach vorgenommen und keine Zielkonflikte mit dem Gewässerschutz oder der Trinkwasserqualität bzw. einem zuverlässigen Betrieb entstehen, denn das würde sich automatisch kontraproduktiv für die Energiethematik auswirken.
- *Antrag:* Es soll ein Konzept erstellt werden, wie die Kantone beim Grossverbrauchermodell bezüglich der speziellen Anforderungen bei den ARA und Wasserversorgungen und bezüglich Vollzug unterstützt werden können, wobei immer die Hoheit der Kantone gewährt werden muss. Gleichzeitig müssen auch die Planer bezüglich Energieoptimierung und Anforderungen seitens Grossverbrauchermodell vermehrt qualifiziert werden.

2. Technische Vorgaben z.B. über Wirkungsgrade von Pumpen:

- Energetische Anforderungen an Pumpen alleine für die Infrastrukturanlagen vorzuschreiben, scheinen uns weniger sinnvoll zu sein, diese sind generell an Motoren und Pumpen zu stellen. Dies betrifft vor allem die Produkte und damit die Hersteller.
- Mit Anforderungen an Motoren und Pumpen wird nur ein Teil des Energiepotentials erfasst, es müssen zusätzliche Überlegungen an das Gesamtsystem gemacht werden, da die Potentiale beim Betrieb bei den ARA und WV und KVA viel grösser sind.
- Da die technischen Vorgaben oder der Vollzug Lücken aufweisen, sind vermehrt Anreize zu schaffen, wie bereits vorgängig erläutert vor allem mit zusätzlichen Finanzbeiträgen an Studien.

3. Fachgerechter Betrieb:

- Bei den ARA wird in der Gewässerschutzverordnung (GSchV Art. 13 - 17) ein fachgerechter Betrieb verlangt, was auch in Bezug auf die Energieoptimierung gilt. Das Gesetz ist in der Branche kaum bekannt und wird heute in Bezug auf Energie nicht vollzogen. Es stellt sich dabei die Frage, ob bzw. wie diese Verordnung vollzogen werden könnte oder ob eine Verbesserung der Vollzuges der bestehenden gesetzlichen Instrumente wie das Grossverbrauchermodell und eine Ergänzung durch zusätzliche Anreize kombiniert mit Information und Beratung wirkungsvoller ist.
- Bei KVA werden im Rahmen der neuen TVA Anforderungen an die energetische Qualität zur Zeit vom Bund geprüft.

6.4 Überblick mögliche Massnahmen bei Infrastrukturanlagen

Aus unserer Sicht sind die Wettbewerblichen Ausschreibungen von ProKilowatt sehr wirkungsvoll, relativ kostengünstig und auch gut umsetzbar. Mit gewissen Optimierungen könnte die Wirkung noch ausgeweitet werden, ohne dass die spezifischen Kosten erhöht werden. Mit den gesetzlichen Vorgaben wie dem Grossverbrauchermodell kann ein gewisser Anteil der Infrastrukturanlagen erreicht werden, die Wirkung in Bezug auf Energieeffizienzsteigerung hängt aber sehr stark vom Vollzug in den einzelnen Kantonen und dem Willen der Betreiber zur Kooperation ab. Die Wirkung von Information und Beratung darf nicht unterschätzt werden, sie ist zudem auch sehr kosteneffizient. Nachfolgend ist eine qualitative Einschätzung der verschiedenen Massnahmen in Bezug auf Wirkung, Kosten und Umsetzbarkeit zusammengestellt.

Zusammenfassend kommen wir zum Schluss, dass die grösste Wirkung und das beste Kosten-Nutzenverhältnis erzielt werden kann, wenn Information und Beratung über das Kompetenzzentrum von InfraWatt ausgebaut werden können und dass durch diese zusätzlichen Tätigkeiten die Wirkung der Anreize und Anforderungen noch wesentlich gesteigert werden kann.

Tabelle 6-1: Überblick über mögliche Massnahmen für Antriebe

		Wirkung	Kosten	Umsetzbar
Freiwillige, flankierende Massnahmen:				
	Aus- und Weiterbildung	+++	--	++
	Info, Beratung verstärken: Kompetenzzentrum ausbauen	+++	-	++++
Finanzielle Anreize schaffen:				
	WeA: Programme nutzen und optimieren	++++	---	+++
Gesetzliche Vorgaben:				
	Technische Vorgaben an Pumpen:	++	--	++
	Grossverbrauchermodell: Umsetzung fördern	+++	-	++
	Fachanforderungen (z.B. GSchV für ARA, TVA für KVA)	+++	-	++

7 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Potential der Stromeinsparungen bei den elektrischen Antrieben

Die realistischen Stromsparpotentiale der Infrastrukturanlagen liegen bei den elektrischen Antrieben gemäss Hochrechnungen - gestützt auf konkrete Fallbeispiele und Reihenuntersuchungen - bei 178 GWh/a. Die Abwasserreinigungsanlagen inklusive der Verbandskanäle verfügen über ein Potential von 77 GWh/a, die Wasserversorgungen über 79 GWh/a und die Kehrichtverbrennungsanlagen über 22 GWh/a. Zwei Drittel der gesamten Potentiale sind bei den Pumpen zu finden, ein Sechstel bei den Gebläsen der ARA und ein Zehntel bei den Ventilatoren auf ARA und KVA: Der grösste Teil des Potentials ist wirtschaftlich.

Das heute realistische Potential von Stromsparmassnahmen liegt bei den Infrastrukturanlagen insgesamt bei 178 GWh/a, das wirtschaftliche Potential bei rund 150 GWh/a und das theoretisch machbare Potential wird auf rund 250 GWh/a geschätzt.

Sofort-Massnahmen zur Umsetzung der Stromsparpotentiale bei ARA, WV und KVA

Zur Umsetzung der Energiepotentiale schlagen wir nachfolgende Sofort-Massnahmen vor.

Finanzbeiträge an realisierte Energiesparmassnahmen:
InfraWatt hat für alle Infrastrukturanlagen, also die ARA, WV und KVA ein Programm von ProKilowatt aufgebaut und die Betreiber, Planer, Hersteller direkt angeschrieben.
Antrag: Es wäre wichtig, dass ein erfolgreiches Programm, dessen beschränktes Budget durch wenige Grossprojekte plötzlich aufgebraucht wird, von ProKilowatt möglichst ohne Unterbruch, d.h. möglichst rasch und ohne grossen Aufwand verlängert werden könnte.

Finanzielle Beiträge an energetische Feinanalysen:
Wie von Fachleuten aus der Praxis immer wieder bestätigt wird, fehlt es an finanziellen Beiträgen an energetische Feinanalyse. Die zusätzliche Wirkung ist gross, wie Aktionen an Wasserversorgungen gezeigt haben, weil damit noch viele Energiemassnahmen ermittelt werden können, viele davon wirtschaftlich sind und mit entsprechenden Beratungen der Betreiber auch umgesetzt werden.
Antrag: Konzept für Finanzbeiträge an Energieanalyse entwickeln, an Fallbeispielen testen.
Antrag: Konzept entwickeln, wie in der Schweiz günstige betriebliche Energiemassnahmen sehr rasch bei einer Anlage ermittelt und auch flächendeckend umgesetzt werden können, v.a. bei Pumpen oder auch beim Unterhalt durch das Betriebspersonal.

Gesetzliche Vorgaben:
Der Erfolg vom Grossverbrauchermodell hängt stark vom Vollzug ab, wobei gerade die ARA und Wasserversorgungen eine spezielle Herausforderung für die Behörden darstellen.
Antrag: Ausgehend von Anfragen von diversen Energiefachstellen soll ein Konzept entwickelt werden, wie die Kantone in den speziellen Bereichen ARA und Wasserversorgungen durch Anleitungen/Vorlagen und beim Vollzug unterstützt und die Planer für diese Aufgabe qualifiziert werden können, um die Wirkung zu erhöhen.

Flankierend Massnahmen:
Selbst die gesetzlichen Vorgaben und die finanziellen Anreize reichen nicht aus, um die machbaren und auch die wirtschaftlichen Potentiale umzusetzen; dazu braucht es zusätzlich die Bereitschaft der Betreiber. Damit können auch gewisse Lücken geschlossen werden, welche durch Gesetze und Förderungen noch nicht abgedeckt sind.
Antrag: Um das zu erreichen, soll das Kompetenzzentrum Energie von InfraWatt gezielt ausgebaut und Information und Beratung ausgeweitet werden, wozu es mehr Mittel braucht.

8 Literatur

(1) Potential der Schweizer Infrastrukturanlagen zur Lastverschiebung, Ernst A. Müller, Beat Kobel, Urban Frei, Ruedi Moser, Martin Kernen et. al., im Auftrag Bundesamt für Energie, Bern/Winterthur 2013

(2) Energie in ARA - Leitfaden zur Energieoptimierung auf Abwasserreinigungsanlagen, Ernst A. Müller, Beat Kobel, Gian Andri Levy, Ruedi Moser et. al. im Auftrag VSA und Bundesamt für Energie, Zürich/Bern 2008/10

(3) Energieeffizienz und Energieproduktion auf ARA, Elija Kind, Gian Andri Levy, im Auftrag Bundesamt für Umwelt, Bern/Baden 2012

(4) Einheitliche Heizwert und Energiekennzahlenberechnung der Schweizer KVA nach europäischem Standardverfahren, Urban Frei, Rytec AG, im Auftrag BAFU, BFE, VBSA, Bern/Münsingen 2013

(5) Handbuch Energie in der Wasserversorgung, Ratgeber zur Energiekosten- und Betriebsoptimierung, Ernst A. Müller, Felix Schmid, Anton Kilchmann, Beat Kobel, René Marugg, Reto Baumann et. al., im Auftrag SVGW und Bundesamt für Energie, Zürich/Bern 2004

(6) Entwicklung von Sparmassnahmen, Optimierungsmöglichkeiten oder neuen energiesparenden Techniken bzw. Konzeptionen der bzw. in der Kanalisation, Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FiW), Karsten Müller, Ernst A. Müller, Beat Kobel, et al., im Auftrag vom Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Aachen 2013

(7) Pumpen im Kanal - Forschungsarbeit zeigt grosse, rentable Energiepotenziale, Ernst A. Müller, Karsten Müller, Beat Kobel, in Aqu&Gas 6/2014, Zürich 2014

(8) Stromeffizienz Infrastruktur (ARA): Betriebsoptimierung von Pumpanlagen, Beat Kobel, Andreas Hurni, Ronald Grolimund, Sven Wyss, laufendes Pilotprojekt im Auftrag Bundesamt für Energie, Bern 2015