

AKTION ENERGIEKENNZAHLEN FÜR KANTONE: AUSLÖSUNG VON PROJEKTEN AUF KLÄRANLAGEN

Der Kanton Schaffhausen liess im Rahmen seiner Klimastrategie die Abwasserreinigungsanlagen (ARA) im Kantonsgebiet energetisch bewerten. Angesichts der grossen Potenziale wurden die Ergebnisse den Verbänden individuell vorgestellt und gemeinsam über mögliche Energiemassnahmen diskutiert. Dies zeigte Wirkung: Bei allen ARA wurden gemeinsam mindestens drei bis zu sieben konkrete Massnahmen gefunden, deren Umsetzung nun von den Kläranlagenverantwortlichen geprüft wird.

Ernst A. Müller*, InfraWatt

Eliane Graf, Interkantonaales Labor, Kanton Schaffhausen

Das Interkantonale Labor (IKL) ist im Kanton Schaffhausen für den Gewässerschutz und damit für die kommunalen Abwasserreinigungsanlagen (ARA) zuständig. Es erteilte 2020 dem Büro *eam* den Auftrag, die ARA im Kanton energetisch zu bewerten [1]. Dazu wurden die Energiekennzahlen der ARA ermittelt und mit den den Richt- und Idealwerten aus dem Leitfaden «Energie in ARA» von VSA und *EnergieSchweiz* [2] verglichen, woraus die Energiepotenziale abgeleitet werden konnten.

Um die Energiekennzahlen zu bestimmen, wurden die minimalen Geodaten, die das IKL jährlich von den ARA erhält, herangezogen. Auf dieser Grundlage wurden die fünf grössten Anlagen mit insgesamt 284 000 Einwohnerwerten (EW) nach Ausbau untersucht, was 99% der EW im Kanton Schaffhausen entspricht. Diese Erhebung erlaubte bereits eine weitgehende energetische Bewertung der ARA (Tab. 1).

	Einheit	Ist	Richtwert	Idealwert
Stromverbrauch gesamt (2019/20)	kWh/EW a	65	54	41
Stromverbrauch Biologie	kWh/EW a	22	41	32
Restlicher Stromverbrauch	kWh/EW a	43	13	9
Grad der Klärgasnutzung	%	99,8	95	97
Klärgasumwandlung in Kraft/Elektrizität	%	25	27	29
Spez. Klärgasproduktion pro organische Trockensubstanz (oTS)	l/kg oTS	625	500	525
Eigenversorgungsgrad elektrisch	%	37	50	67
Eigenversorgungsgrad Wärme	%	100	90	95

Tab. 1 Energetische Bewertung gemäss dem Leitfaden «Energie in ARA» [2]: Anschauungsbeispiel einer konkreten Kläranlage mit 4100 Einwohnerwerten und einem BHKW. Richtwert: Vergleichswert für bestehende ARA mit energetischer Optimierung; Idealwert: Vergleichswert für ARA bei einer grösseren Sanierung, Um- oder Neubau; grün: erfüllt; rot: noch nicht erfüllt.

RÉSUMÉ

CAMPAGNE SUR LES INDICES ÉNERGÉTIQUES POUR LES CANTONS: LANCÉMENT DE PROJETS DANS DES STATIONS D'ÉPURATION (STEP)

Le canton de Schaffhouse a montré comment aider efficacement et avec succès les STEP sur la voie de l'optimisation énergétique avec des efforts limités et en peu de temps. Le laboratoire intercantonal SH a tout d'abord déterminé les indices énergétiques conformément au guide «Énergie dans les stations d'épuration» en s'appuyant sur les données existantes. Ces indices ont ensuite permis à l'entreprise *eam* de calculer le potentiel énergétique des différentes STEP par comparaison avec des valeurs de référence et idéales. Il s'est avéré que les STEP respectent seulement en partie les valeurs de référence des installations considérées actuellement comme bonnes sur le plan énergétique. De plus, le potentiel par rapport aux valeurs idéales atteignables en moyenne dans le cadre de rénovations ou de nouvelles constructions reste très important. Les entretiens vidéo menés avec les différentes associations d'épuration des eaux usées ont permis de trouver en commun de nombreuses mesures concrètes de réduction de l'énergie et du CO₂. Ces mesures doivent désormais être envisagées par les exploitants sous la forme de mesures immédiates ou dans le cadre d'analyses sommaires ou même détaillées.

ENERGIEPOTENZIALE IM ÜBERBLICK

Der Stromverbrauch der fünf ARA im Kanton Schaffhausen lag für das Bezugsjahr 2019 insgesamt bei 9,2 Mio. kWh, was dem Verbrauch von Haushalten mit rund 5000 Bewohnern entspricht. Mit dem Klärgas wurden 5,3 Mio. kWh/a Strom selbst produziert. Das entspricht einem Eigendeckungsgrad von 58%, sodass noch 3,8 Mio. kWh/a vom Netz bezogen werden mussten.

Indem der Richtwert erfüllt wird, könnte der Fremdstrombezug der fünf ARA von 3,8 Mio. kWh/a auf 1,5 Mio. kWh/a oder um 61% gesenkt werden. Mit der Erfüllung des Idealwertes könnte der gesamte Strombedarf der ARA, übers Jahr betrachtet, selbst gedeckt und sogar noch ein Überschuss von 1,5 Mio. kWh/a ins Stromnetz eingespeist werden (Fig. 1). Die grössten Anteile dar-

* Kontakt: mueller@infrawatt.ch

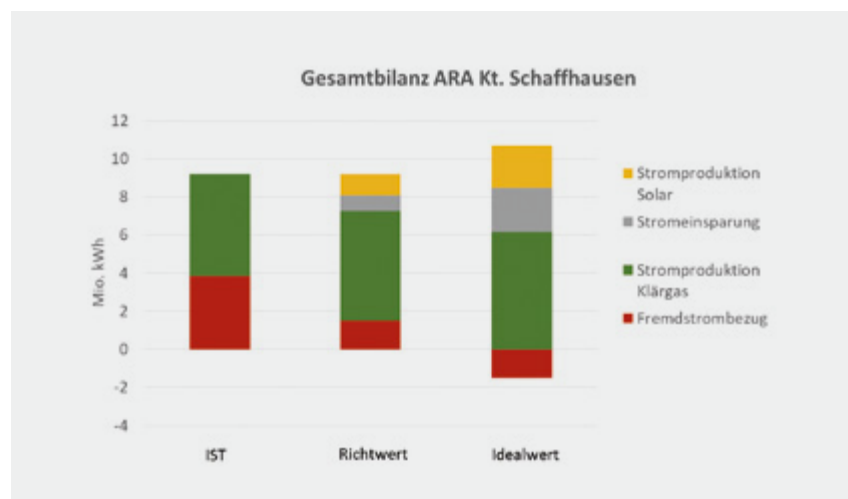


Fig.1 Überblick über Stromverbrauch und Stromproduktion der ARA im Kt. SH 2019 wie auch über die Energiepotenziale bei einer Erfüllung der Richt- und Idealwerte.

an liefern die Stromeinsparung sowie die Solarenergie (je rund 2,3 Mio. kWh/a), gefolgt von der Optimierung der Klärgasnutzung (0,8 Mio. kWh/a).

Beim heutigen Strombezug der fünf ARA von 3,8 Mio. kWh/a ergeben sich für die nächsten 20 Jahre bei einem zukünftigen Strompreis von 0,20 Fr./kWh (Annahme) Stromkosten von 15,4 Mio. Fr. Mit der Erfüllung des Idealwertes könnten über die Lebensdauer der Massnahmen von 20 Jahren hinweg Stromkosteneinsparungen von 21,6 Mio. Fr. erzielt werden. Das zeigt, dass sich auch grössere Investitionen für die Realisierung der Energiewirtschaftsmaßnahmen lohnen.

POTENZIALE BEI STROMVERBRAUCH UND STROMPRODUKTION

Stromverbrauch

Die fünf ARA verbrauchen pro Einwohnerwert im Mittel 41 kWh/a, wobei drei ARA den Richtwert erfüllen, zwei hingegen noch nicht. Im Vergleich zum Ideal-

wert von durchschnittlich 32 kWh/(EW·a) besteht sehr grosses Optimierungspotenzial. Dass diese Idealwerte nicht unrealistisch sind, zeigt eine der fünf Kläranlagen, die in den letzten Jahren saniert wurde und schon heute diesen Idealwert erreicht.

Klärgasnutzung

Vier der fünf ARA nutzen das Klärgas bereits heute beinahe vollständig, nur eine kleine Anlage (< 2000 EW) ohne Blockheizkraftwerk (BHKW) nutzt erst 93% des Klärgases. Die restlichen vier ARA verwenden das Klärgas zur hochwertigen Strom- und Wärmeproduktion mit BHKW. Die Wirkungsgrade liegen bei allen, z.T. knapp, unter dem Richtwert und könnten durch moderne, energieeffizientere BHKW noch gesteigert werden. Den ARA wird deshalb empfohlen, den Ersatz der BHKW frühzeitig zu prüfen und sich bei InfraWatt (info@infrawatt.ch) über die aktuelle Förderung zu informieren. Diese kann – je nach den politischen Entschei-

dungen in Bundesbern – bis zu 60% der Investitionen betragen. Zudem gilt es betriebliche Massnahmen zu prüfen, um die Klärgasmenge zu erhöhen, was oft 5 bis 10% Mehrertrag ergibt.

Solarfaltdach

Die Herstellerfirma *dhp technology AG* erachtet aufgrund einer Fernbeurteilung der Beckenflächen den Einsatz von Solarfaltdächern bei drei der vier grösseren ARA über 20 000 EW als möglich, bei einer dieser Anlagen wegen der runden Becken jedoch nicht. Die Stromproduktion wird bei der kleinsten dieser vier ARA mit 20 000 EW auf rund 125 000 kWh/a und die Investitionen auf rund 324 000 Fr. geschätzt, bei der ARA mit 140 000 EW und den grössten Beckenflächen auf 1 500 000 kWh/a und 3,9 Mio. Fr. Die Einsparungen der Stromkosten sind bei diesen drei Anlagen bereits nach 20 Jahren grösser als die geschätzten Investitionen und Betriebskosten, wenn der Strompreis für ARA in diesem Zeitraum über rund 15 Rp./kWh liegt. Allen drei ARA-Betreibern wird empfohlen, den Einsatz des Solarfaltdaches zu prüfen.

PV auf Gebäudedächern

Die Dachflächen wurden aufgrund der *Search-Karte Schweiz* (<https://map.search.ch/>) geschätzt. Bei den Dachflächen der fünf ARA zwischen 100 bis 1600 m² ergab sich gemäss dem Solarrechner von *EnergieSchweiz* (www.energieschweiz.ch/tools/solarrechner/) eine Stromproduktion von 18 000 bis 235 000 kWh/a, was Amortisationszeiten gemäss dem BFE-Rechner von 10 Jahren bei den grössten und 16 Jahren bei den kleinsten Anlagen entspricht. Bei allen fünf Kläranlagen wird empfohlen, den Einsatz von PV auf ihren Dächern/

	EW	Fremdstrom	Energiepotenzial (zu Idealwert)			Total Potenzial Einsparung	
	EW Ausbau	Ist-Bezug	Strom sparen	Klärgasproduktion	Solarenergie Dächer + Becken	Einsparung total [% Fremdstrom]	Über 20 a 20 Rp./kWh
Einheit	EW	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a [% Ist]	Mio. Fr.
ARA 1	140 000	155	341	421	235 + 1506	2504 (1614%)	10,0
ARA 2	100 000	2674	1765	272	155 + 139	2332 (87%)	9,3
ARA 3	22 000	520	178	45	18 + 0	242 (46%)	1,0
ARA 4	20 000	412	0	54	80 + 125	259 (63%)	1,0
ARA 5	2400	80	20	26	30 + 0	76 (95%)	0,3
Total	284 400	3840	2305	818	518 + 1770 = 2288	5411 (141%)	21,6
in % Ist-Bezug		100%	60%	21%	14% + 46% = 60%	141%	

Tab. 2 Energiepotenziale der fünf ARA im Kanton Schaffhausen in den Bereichen Stromeffizienz, Stromproduktion aus Klärgas und Solarenergie. Berechnungsgrundlagen: Stromeinsparung/-produktion: Differenz Ist- zu Idealwert; PV-Dächer: Flächen über Search-Karte, kWh mit Tool BFE; Solarfaltdach: kWh und Investitionen gemäss Hersteller *dhp technology AG*.

sowie an ihren Fassaden zu prüfen und bei der Wirtschaftlichkeit die effektiven Strompreise und die Fördermöglichkeiten des Kantons und der *Pronovo AG* (www.pronovo.ch) zu berücksichtigen.

WO LIEGEN DIE GRÖSSTEN POTENZIALE DER ARA?

Der Vergleich von Ist- und Idealwerten zeigt, dass bei allen ARA und in praktisch allen drei Bereichen – Stromeffizienz, Stromproduktion aus Klärgas, Solarenergie – Energiepotenziale vorhanden sind (Tab. 2) und es sich lohnt, deren Umsetzung vor Ort zu prüfen. Das Energiepotenzial ist am ehesten bei der Solarenergie zeitnah erschliessbar (Fig. 2). Das Potenzial bei der Stromeffizienz ist teilweise mit Sofortmassnahmen und teilweise nur im Rahmen von Sanierungen realisierbar. Allerdings ist bei ARA 2, die das grösste Effizienzpotenzial der fünf ARA aufweist (Tab. 2), nur ein kleiner Teil der Massnahmen wirklich realisierbar, ohne die ARA an einem anderen Standort neu zu bauen, was unverhältnismässig wäre. Da alle ARA über 5000 EW des Kantons Schaffhausen bereits mit einem BHKW ausgerüstet sind, lässt sich die Stromproduktion vor allem mit dem Ersatz durch energieeffizientere Aggregate steigern. Der Fremdstrombezug lässt sich bei Erfüllung des Idealwertes bei den meisten ARA um rund 50 bis gegen 100% senken, bei einer ARA sogar um das Mehrfache.

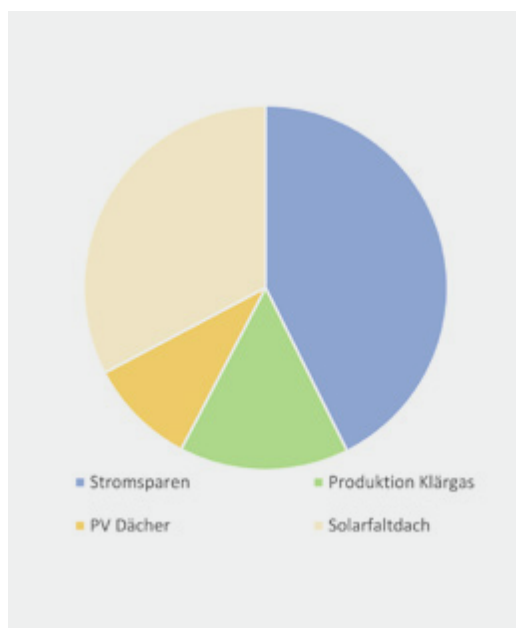


Fig. 2 Die grössten Energiepotenziale der fünf untersuchten ARA im Kanton Schaffhausen liegen beim Stromsparen und der Solarenergie.

CO₂-POTENZIALE IM ÜBERBLICK

Heizung auf ARA

Der Wärmeverbrauch der fünf ARA liegt bei 4,4 Mio. kWh/a, wobei 96% mit erneuerbarer Energie aus Klärgas gedeckt werden. Die zwei grossen ARA brauchen keine fossilen Brennstoffe, die drei kleineren ARA setzen hingegen zur Deckung von 10 bis 27% ihres Wärmeverbrauches immer noch Erdöl ein. Hier sollten rasch Wärmesparmassnahmen, die Erhöhung der Nutzung von Abwärme (z.B. aus BHKW oder von den Gebläsen) oder der Einsatz von Wärmepumpen mit Abwasser geprüft werden. Insgesamt könnten damit rund 45 t CO₂ substituiert werden.

Methan und Lachgas

Methangas (CH₄) hat eine 25-fache und Lachgas (Distickstoffmonoxid, N₂O) eine 300-fache Treibhausgaswirkung verglichen mit CO₂. Die ARA Röti senkte die Methanverluste beim Schlammstapel durch eine einfache Abdeckung um jährlich 730 t CO₂-Äquivalente. Dank der Förderung durch *South Pole* waren die Investitionen in vier Jahren amortisiert [3]. Bei drei der vier restlichen ARA sind die Schlammstapel noch offen, weshalb in diesen Fällen eine Abdeckung empfohlen wird.

Abwasserwärmenutzung: grösstes

CO₂-Reduktionspotenzial der ARA

Das weitaus grösste Energie- und CO₂-Reduktionspotenzial der ARA liegt bei der externen Nutzung der Abwasserwärme zur Beheizung von grösseren Gebäuden oder ganzer Siedlungsgebiete mit Wärmeverbünden. Das Wärmeangebot der ARA würde ausreichen, um im Kanton Schaffhausen jedes zehnte Wohngebäude mit rund 9200 Bewohnern zu beheizen und jährlich 9700 t CO₂ einzusparen.

Mit der Wärme aus dem Abwasser der ARA Röti wird bereits heute ein grosser Teil der Gebäude in Neuhausen und mit dem Kanalabwasser in Schaffhausen die Gebäude der IWC beheizt und gekühlt. Bei den restlichen ARA wird empfohlen, vor Ort zu prüfen, ob geeignete bestehende Gebäude oder auch neue Abnehmer wie Gewächshäuser oder Neubaugebiete in der Nähe der ARA oder der Sammelkanäle zu finden sind. Das IKL plant, dazu die Kontingente für eine Wärmeentnahme aus den Kanälen zu ermitteln, damit eine Bewilligung für eine bestimmte Wärmemenge erteilt werden kann, ohne

dass der Betrieb der ARA beeinträchtigt wird.

BERATUNG ZUR ERMITTLUNG DER HANDLUNGSMÖGLICHKEITEN

Angesichts dieser Energiepotenziale organisierte das IKL zusammen mit der Energiefachstelle eine individuelle ein- bis zweistündige Videoberatung mit den fünf Kläranlagen, an der die Betriebsleiter und die politisch Zuständigen der Verbände teilnahmen. Dabei wurden die Studienresultate [1] vorgestellt und die Verantwortlichen der Kläranlagen zu den bisherigen und geplanten Massnahmen im Bereich Energie und Klima befragt. Mit den Kläranlagenbetreibern wurden verschiedene mögliche Massnahmen diskutiert:

- Stromeffizienzmassnahmen bei Belüftung, Hebewerken und anderen Verbrauchern
- Steigerung der Energieproduktion aus Klärgas
- Methanschluß: Abdichtung der Schlammstapel
- Installation von Photovoltaik auf Dächern/an Fassaden oder eines Solarfaltdaches über den Becken
- Abwasserwärmenutzung intern, rund um die ARA oder aus Kanälen
- Empfehlung von Sofortmassnahmen oder Analysen (Grobcheck, Feinanalyse)
- Fördermöglichkeiten von Energieanalysen und Massnahmen durch Kanton, Bund, Stiftung KLIK etc.

Den Kläranlagen wurde vom IKL im Anschluss an die Sitzung eine schriftliche Zusammenfassung des Gespräches zugestellt über:

- Stand/Informationen
- prüfenswerte Massnahmen
- Empfehlung für nächste Schritte

DIE WICHTIGSTEN MASSNAHMEN

Die Beratungen waren besonders ergiebig. Bei allen Kläranlagen wurden im gemeinsamen Gespräch zahlreiche konkrete Energie- und CO₂-Reduktionssmassnahmen gefunden, pro ARA mindestens drei bis zu sieben prüfenswerte Massnahmen. Meistens wurden Sofortmassnahmen gefunden, die unmittelbar angegangen werden. Darüber hinaus wurde in den meisten Fällen eine Energieverbrauchsanalyse oder eine Feinanalyse mit Kosten und Wirtschaftlichkeitsabklärungen empfohlen. Die Energiefachstelle vom Kanton Schaffhausen fördert diese

Analysen mit bis zu 50%, wie auch die Energieverbrauchsanalysen von Grossverbrauchern.

Insgesamt wurden folgende Massnahmen empfohlen:

- Grob- oder Feinanalyse bei allen ARA mit Energiepotenzialen (zuerst Offerten einholen, dann Förderung beim Kanton beantragen)
- Grossverbraucher: Energieverbrauchsanalyse umsetzen
- Sanierung/Ausbau/Neubau der ARA: bei Planung Möglichkeiten der Energieoptimierung detailliert untersuchen (gemäss den Vorgaben zur Feinanalyse aus dem Leitfaden, [2])
- Neue Verfahren, z.B. zur Elimination von Mikroverunreinigungen: Energie als wichtiges Entscheidungskriterium bei der Evaluation des Verfahrens einbeziehen
- PV auf Dächern oder an Fassaden sowie Solarfaltdach bei Becken prüfen
- Belüftung Biologie: Ersatz und Wartung, vor allem der Membranteller
- Ersatz BHKW durch modernes Aggregat mit hohen Wirkungsgraden; aktuelle Förderung prüfen (nachfragen bei info@infrawatt.ch)
- Ersatz Erdöl durch Wärmepumpe mit Abwasser prüfen
- Methanschluß: offene Schlammstapel abdecken, fachliche und finanzielle Unterstützung von South Pole anfragen (swissprojects@southpole.com)
- Abwasserwärme: Machbarkeitsstudie bei Abnehmern in der Nähe der ARA und der Sammelkanäle prüfen (Kanton ermittelt dazu Kontingente)
- Grösste Stromverbraucher, zumindest Biologie, separat messen
- Energiekennzahlen: jährlich erheben, Potenziale ermitteln, Erfolge aufzeigen

SICHT DER ABWASSERVERBÄNDE

Die Gespräche mit den Verantwortlichen der ARA ergaben, dass die Klärmeister ihre Anlage gut kennen und vielfach schon konkrete Energiemassnahmen geprüft und teilweise auch realisiert haben. Es war unverkennbar, dass die Themen Energie und Klimaschutz bei den ARA vermehrt Beachtung finden. Die Verbandsvertreter waren deshalb an der Information über mögliche Energieoptimierungsmassnahmen sehr interessiert, wie nachfolgende Aussage des Präsidenten des Bau- und Betriebsaus-



Fig. 3 Die Aktion Energiekennzahlen im Kanton Schaffhausen hat den ARA-Betreibern zahlreiche Möglichkeiten zur Energieoptimierung aufgezeigt. Daraufhin hat der Abwasserverband Klettgau für die ARA in Hallau bereits eine Feinanalyse in Auftrag gegeben.

schusses des Abwasserverbands Klettgau (Fig. 3), Roman Bader, deutlich macht: «Wir liegen gemäss den Auswertungen des Kantons mit unserem Stromverbrauch bereits heute beim Richtwert von zeitgemässen Kläranlagen. Im gemeinsamen Videogespräch konnten wir trotzdem nochmals sieben verschiedene Energiemassnahmen identifizieren. Wir werden diese nun in Bezug auf die Realisierbarkeit und Wirtschaftlichkeit näher untersuchen und haben dazu bereits den Auftrag an die Firma *Hunziker Betatech AG* für eine energetische Feinanalyse erteilt.»

ERKENNTNISSE UND FAZIT

Die wichtigsten Erkenntnisse der Aktion «Energiekennzahlen und Beratung» des Kantons Schaffhausen waren:

- Alle Kläranlagen verfügen noch über beträchtliche Energiepotenziale.
- Durch eine Fachberatung konnten gemeinsam bei allen ARA diverse konkrete Energiemassnahmen aufgedeckt werden.
- Die Realisierung dieser Massnahmen wird vom Kanton Schaffhausen mit einer Energiestudie gefördert.
- Die Ermittlung der Energiekennzahlen und Energiepotenziale hat sich bewährt, weshalb der Kanton dieses Instrument regelmässig als Erfolgs-

kontrolle einsetzen und kommunizieren wird.

- Der Kanton Schaffhausen wird die Umsetzung der Energie- und Klimamassnahmen verfolgen und die ARA-Betreiber dabei unterstützen.
- Das grösste CO₂-Reduktionspotenzial der ARA liegt in der externen Abwasserwärmenutzung, weshalb der Kanton die Kontingente für eine Wärmenutzung aus den Kanälen ermittelt und bewilligt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Aktion «Energiekennzahlen und Beratung» des Kantons Schaffhausen ein Erfolg war. Amtsleiter Kurt Seiler sowie die zuständige Leiterin der Abteilung Wasser und Risikoversorge, Eliane Graf, können deshalb den anderen Kantonen nur empfehlen, eine solche Aktion auch bei ihren Kläranlagen durchzuführen.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Müller, E.A. (2020): Energiepotenzial der ARA im Kanton Schaffhausen. Studie im Auftrag des Interkantonalen Labors des Kantons Schaffhausen, nicht publiziert
- [2] VSA/EnergieSchweiz (2010): Leitfaden «Energie in ARA»
- [3] Müller, E.A. et al. (2021): Methanschlußreduktion – ein wirtschaftlich interessanter Beitrag zum Klimaschutz. *Aqua & Gas* 6/2021: 80–83