

# Die Abfallwirtschaft umgestalten

Wie müsste die Abfallwirtschaft verändert werden, damit sie einen relevanten und optimierten Beitrag an die Energieversorgung der Zukunft leisten kann? Eine Studie ist der Frage nachgegangen.

Von Fabienne Habermacher und Raphael Fasko

Die Energieversorgung der Schweiz ist im Wandel. Die Abwärme, welche in der Kehrichtverbrennung (KVA) und in industriellen Anlagen entsteht, wird bereits heute in industriellen Prozessen, für Wärmenetze und für die Elektrizitätsproduktion genutzt. Kann der Beitrag der Abfallwirtschaft zur Energieversorgung in der Schweiz zukünftig noch gesteigert werden?

Heute beträgt der Anteil der Energie aus der Abfallverwertung rund 7% der gesamtschweizerischen Wärmeversorgung und rund 2,5% der Elektrizitätsversorgung. Es bestehen jedoch bedeutende regionale Unterschiede. Damit eine hohe und zeitlich optimierte Nutzung der Energie möglich ist, sind die Abfallströme bedarfsgerecht in den effizientesten Anlagen zu verwerten.

## Nutzungsprioritäten in einem optimierten Anlagenpark

Die Studie «Transformation der Abfallverwertung in der Schweiz für eine hohe und zeitlich optimierte Energieausnutzung» empfiehlt grundsätzlich die stoffliche Verwertung von Abfällen gegenüber der Energienutzung zu priorisieren. Durch die Nut-

### FABIENNE HABERMACHER

MSc ETH Umweltnaturwissenschaften,  
Wissenschaftliche Mitarbeiterin,  
econcept AG, Zürich.

### RAPHAEL FASKO

BSc ETH Umweltnaturwissenschaften,  
Spezialist Kreislaufwirtschaft und  
Ressourceneffizienz, Rytec AG, Münsingen.

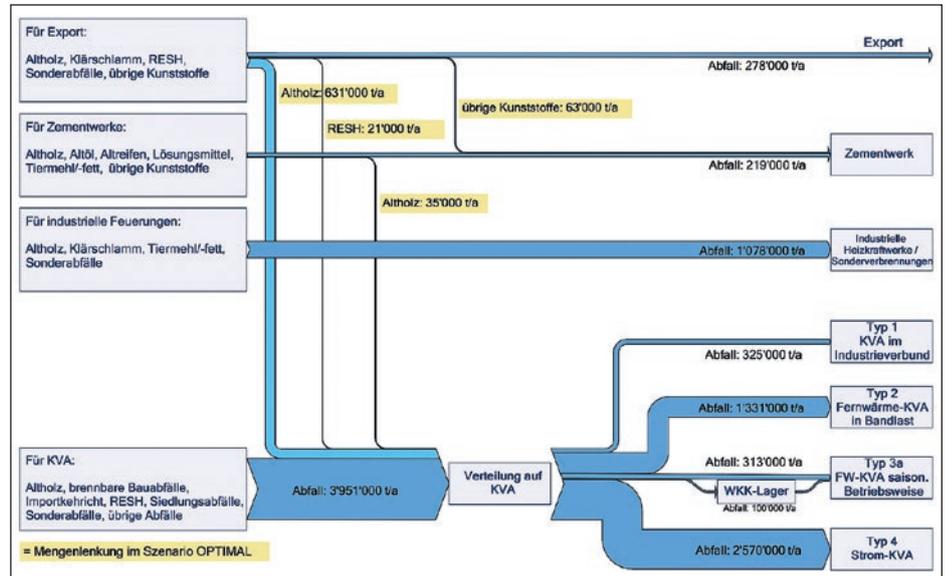


Abb. 1: Resultat der Lenkung der relevanten Stoffströme auf die Verwertungsanlagen in der «optimierten Abfallwirtschaft» 2035. Gelb hinterlegt die «aktiv gelenkten» Stoffströme.

zung von Energie aus der Verbrennung der Abfälle sollen mit einer möglichst hohen exergetischen Wirkung nichterneuerbare Energien substituiert werden. Die Optimierung bedingt Anpassungen des Anlagenparks und der Rahmenbedingungen. Die Studie betrachtet einen mittelfristigen Zeithorizont bis ins Jahr 2035 und empfiehlt folgende Nutzungsprioritäten der Abfälle:

1. Stoffliche Verwertung: Das Recycling muss mindestens eine gleich gute Ökobilanz aufweisen wie eine optimale energetische Nutzung.
2. Direkte Verbrennung geeigneter Abfallfraktionen in Zementwerken: Ganzjähriger Einsatz von als Brennstoff geeigneten Abfällen direkt in einem Verarbeitungsprozess, kombiniert mit Abwärmenutzung.
3. Industrielle Heizkraftwerke und Sonderverbrennungsanlagen: Bedarfsgerechte Produktion von Dampf- und Prozesswärme; mit Verstromung des Frischdampfes bis auf das benötigte Temperaturniveau des Prozesses.
4. KVA im Industrieverbund: Wärmegeführte Anlagen als Energiedienstleister in Industriegebieten mit hohem Wärmebedarf. Die Stromproduktion verläuft parallel zur Wärmeabgabe.

5. Fernwärme-KVA in Bandlast: Anlagen mit ganzjähriger Fernwärmeabgabe mit Leistungsspitzen im Winter. Verstromung des Frischdampfes bis auf das benötigte Temperaturniveau der Wärmeversorgung.

6. Fernwärme-KVA mit saisonaler Betriebsweise: Anlagen, welche im saisonalen Wechselbetrieb zwischen hauptsächlich Wärme- und Stromproduktion mit Restwärmenutzung pendeln. Im Winter dominiert die Wärmeabgabe an regionale Fernwärmenetze, im Sommer die forcierte und effiziente Stromproduktion. Im Sommer wird der Verbrennungsbetrieb soweit reduziert, wie es die Menge nicht lagerbarer Abfälle zulässt.

7. Strom-KVA: Grosse KVA mit hocheffizienter, ganzjähriger Stromproduktion ohne Wärmeabgabe. Der Standort bedingt eine gute Rückkühlmöglichkeit, beispielsweise ein grosses Gewässer.

## Lenkung der Stoffströme

Die «optimierte Abfallwirtschaft» im Jahr 2035 bedingt eine Lenkung der Stoffströme, die wie in Abbildung 1 dargestellt ausgestaltet werden könnte. Die Energienachfrage und die Stoffströme basieren auf den Prognosen gemäss den Schweizerischen Energieperspektiven [1] und gemäss der

wirtschaftlichen Entwicklung [2]. Zurzeit ist noch keine Entkoppelung der Abfallmengen von Bruttoinlandprodukt (BIP) und Materialverbrauch absehbar. Daher wird angenommen, dass die Abfallmenge bis 2035 bei +0,9% BIP-Wachstum pro Jahr proportional zu den Konjunkturprognosen um 25% gegenüber 2012 steigt. Gemäss Energieperspektiven 2050 wird die Energienachfrage im Wärmebereich bis 2035 um ca. 25% sinken. Die Stromnachfrage sollte 2035 wieder dem Niveau von 2013 entsprechen und weiter abnehmen. Mit den hohen Fixkosten des Anlagenparks kann die Abfallwirtschaft dem saisonal unterschiedlichen Elektrizitätsbedarf nur in geringem Mass gerecht werden.

### Die Energieabgabe der Abfallanlagen

Die «optimierte Abfallwirtschaft» (vgl. Tabelle 1) kann bis 2035 die Wärmeabgabe auf 3500 GWh deutlich steigern. Die Erhöhung der Stromproduktion um gut 50% gegenüber dem Szenario «weiter wie bisher» ist nur möglich, wenn Exporte von energiereichen Abfällen unterbunden werden. Unter diesen Annahmen könnte die Energie aus der Abfallwirtschaft im Jahr 2035 rund 14% der prognostizierten Wärmenachfrage beziehungsweise 6% der Elektrizitätsnachfrage (gemäss Szenario «Neue Energiepolitik NEP» [1]) decken. Die Stromerzeugung der Abfallverwertungsanlagen im Winter wird sich bis 2035 dank der Optimierung auf rund 1800 GWh erhöhen. Es scheint plausibel, dass unter diesen Annahmen die Versorgung der Fernwärmenetze und ein grosser Teil der industriell benötigten Prozesswärme aus Abfällen sichergestellt werden kann, auch wenn der Brennstoffbedarf der Zementwerke mit signifikant höheren Abfallmengen gedeckt wird. Die Steigerung des Beitrags der Abfallwirtschaft an die Energieversorgung bedingt, dass der

Kenngrössen	Einheit	Ist-Zustand 2012	«Weiter wie bisher» 2035	«Optimierte Abfallwirtschaft» 2035
<b>Abfälle</b>				
Gesamtabfallmengen CH (inkl. Importe)*	Mio. t/a	20,3	26,2	26,2
davon energetisch genutzt**	Mio. t/a	5,1	6,2	6,9
<b>Verwertungsanlagen und Energieabgabe</b>				
Anzahl Verwertungsanlagen (ohne Biogasanlagen)	Anzahl	62	71	59
davon Zementwerke	Anzahl	6	6	6
davon industrielle Feuerungen	Anzahl	26	34	34
davon KVA	Anzahl	30	31	19
Energieabgabe Verwertungsanlagen CH	GWh/a	7 800	10 700	12 900
davon Wärme	GWh/a	6 100	8 400	9 200
davon Strom	GWh/a	1 600	2 200	3 500
davon Biogas (ohne ARA, LW-Anlagen)	GWh/a	60	150	150
Energieinhalt exportierte Abfälle	GWh/a	2 600	3 200	200

Tabelle 1: Ist-Zustand 2012 und Szenarien «weiter wie bisher» sowie «optimierte Abfallwirtschaft» im Jahr 2035 im Überblick.

\*inkl. Bauabfälle, inkl. Recycling und Deponien

\*\*thermische Verwertung und Vergärung in der Schweiz (ohne Exporte)

Abfall dort verbrannt wird, wo die Wärme auch genutzt werden kann. In die reine Stromproduktion sollen nur diejenigen Tonnagen fliessen, deren Energieinhalt nicht auch als Wärme genutzt werden kann.

### Umgestaltung des Anlagenparks

Tabelle 2 stellt dar, wie sich der zukünftige Anlagenpark, je nach Szenario, unter den getroffenen Annahmen zusammensetzen könnte. Von den geforderten «industriellen Heizkraftwerken» können nur wenige zusätzliche Anlagen gebaut werden, da in der wenig industrialisierten Schweiz die Nachfrage nach Prozesswärme fehlt. Die KVA an den wärmetechnisch guten Standorten werden grösser. Die Anlagen in mittleren Fernwärmenetzen müssen saisonal betrieben werden. Die Restmengen des Abfalls werden in Anlagen zur reinen Stromproduktion verwertet; idealerweise in sehr grossen Einheiten. Die Anzahl der Zementwerke bleibt konstant, die Energienutzung aus Abfällen nimmt jedoch bedeutend zu. Die Anzahl der KVA wird gesamthaft deutlich abnehmen.

### Auswirkungen auf die Umwelt

Die «optimierte Abfallwirtschaft» kann einen beträchtlichen Beitrag zur Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen leisten. Im Vergleich zu «weiter wie bisher» können über 300 000 Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden, wenn die Elektrizitätsproduktion mit dem Schweizer Strommix verglichen wird. Substituiert die zusätzliche Stromproduktion stattdessen ausschliesslich Strom von Gaskombikraftwerken (GuD), betragen die

CO<sub>2</sub>-Einsparungen rund 900 000 Tonnen. Dies sind knapp 1% beziehungsweise 2,5% der gesamten heutigen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Schweiz. Es ist zu beachten, dass es sich dabei um eine rein nationale Betrachtung der CO<sub>2</sub>-Reduktion in der Schweiz handelt (die Exportbegrenzung von Altholz verhindert eventuell die Substitution fossiler Energieträger im Ausland).

### Eine volkswirtschaftlich lohnende Optimierung

Die zusätzlichen Investitionskosten für eine «optimierte Abfallwirtschaft» werden im Vergleich zu «weiter wie bisher» auf rund 1,9 Milliarden Franken geschätzt. Unter den angenommenen Amortisationsfristen und Kapitalzinsen sowie der am Markt erzielbaren Erträge aus dem Energieabsatz würden jährlich rund 20 Millionen Franken ungedeckte Nettokosten verbleiben. Je nach CO<sub>2</sub>-Reduktionsszenario ergäbe dies Vermeidungskosten von 22 bis 63 Franken pro Tonne CO<sub>2</sub>. Die meisten Schätzungen der volkswirtschaftlichen Kosten von Treibhausgasemissionen übersteigen diese Spannbreite. Somit wäre die optimierte Abfallwirtschaft unter den getroffenen Annahmen betriebswirtschaftlich knapp unwirtschaftlich, aber in der Gesamtsicht lohnend.

### Herausforderungen

Auf dem Weg hin zu der beschriebenen Optimierung müssen einige Herausforderungen angegangen werden:

- Politischer Wille, um zeitlich passend eine übergreifende Abfallplanung mit

## Literatur

- [1] Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050 – Energienachfrage und Elektrizitätsangebot in der Schweiz 2000–2050, Prognos AG im Auftrag des Bundesamts für Energie, September 2012, Basel.
- [2] Scénario du SECO pour le PIB à long terme, Staatssekretariat für Wirtschaft, 2011 Bern.

einer kohärenten Standortplanung aufzubauen.

- Neue Rollenverteilung unter den Akteuren der Abfallwirtschaft, die als Energiedienstleister auftreten müssen. Im Bereich der industriellen Heizkraftwerke sind möglicherweise neue Formen der Trägerschaft und Sortierwerke für die Brennstoffaufbereitung nötig.
- Marktverzerrungen, wenn ineffiziente Altanlagen diejenigen Abfälle günstig verbrennen, die eigentlich andernorts für die Substitution fossiler Energien in (teuer) energetisch optimierten Anlagen genutzt werden sollten. Es fehlen wirtschaftliche Anreize für Energieeffizienzverbesserungen und Anpassungen bei der Logistik.
- Beträchtliche finanzielle Risiken beim Aufbau von Wärmeversorgungsleitungen und Effizienzsteigerungen bei den Anlagen.
- Viele Anlagen verfügen dank der gesetzlich geforderten Rückstellungen inzwischen über grosse Finanzmittel, die den Anlagenersatz sicherstellen sollen. Der dadurch entstehende Anreiz zur Erneuerung von Anlagen an ungünstigen Standorten kann die Optimierung hemmen.
- Bestehende Fernwärmenetze an Standorten von KVA, welche gemäss der vorgeschlagenen Transformation als nicht optimal bezeichnet werden, müssen auch zukünftig mit einem ökologisch sinnvollen Energieträger versorgt werden.

### Massnahmen für die Umgestaltung der Abfallwirtschaft

Das Autorenteam empfiehlt folgende Massnahmen, um die beschriebenen Veränderungen der Abfallverwertung umzusetzen:

**Nationales Koordinationsgremium:** Für die nationale Standortplanung und die Koordination des Umgestaltungsprozesses der Schweizer Abfallwirtschaft muss ein zständiges Gremium geschaffen werden. Dazu sind gesetzliche Grundlagen zu schaffen, Entscheidungsbefugnisse zu bezeichnen und neue Akteure in die Koordination einzubeziehen.

**Wirtschaftliche Anreize:** Für die KVA sollen Zielvorgaben für die geforderte Energieeffizienz definiert werden, welche mit einem finanziellen Bonus-Malus-System bewertet werden. Die Einführung derartiger oder ähnlicher marktwirtschaftlicher Lenkungs-massnahmen soll sicherstellen, dass ener-

	Ind. Heiz- kraftwerke / Sonderver- brennungen	KVA im Industrie- verbund	Fernwär- me-KVA in Bandlast	Fernwärme- KVA, saisonale Betriebsweise	Strom-KVA
<b>Ist-Zustand 2012</b>					
Anzahl Anlagen	26	5	5	15	6
Ø Abfallinput pro Anlage t/a		79 400	117 200	120 200	156 300
Gesamtleistung thermisch MWth	258	94	113	146	19
Gesamtleistung elektrisch MWel	4	11	23	102	56
<b>Szenario «weiter wie bisher» 2035</b>					
Anzahl Anlagen	34	4	5	13	9
Ø Abfallinput pro Anlage t/a		98 750	158 000	121 600	131 700
Gesamtleistung thermisch MWth	339	105	163	194	71
Gesamtleistung elektrisch MWel	9	15	38	103	92
<b>Szenario «optimierte Abfallwirtschaft» 2035</b>					
Anzahl Anlagen	34	3	5	6	5
Ø Abfallinput pro Anlage t/a		108 300	266 200	68 800	514 000
Gesamtleistung thermisch MWth	354	101	366	129	0
Gesamtleistung elektrisch MWel	50	50	140	128	243

Tabelle 2: Abschätzung des notwendigen Anlagenparks je nach Szenario.

gieeffiziente Anlagen über einen Wettbewerbsvorteil verfügen.

**Exportregulierung:** Für den Export von Abfällen soll eine Nachweispflicht eingeführt werden, welche belegt, dass die Verwertung im Ausland energetisch und ökologisch mindestens gleichwertig wie in der Schweiz erfolgt. Andernfalls müssen diese Abfallmengen in inländischen Anlagen genutzt werden.

**Standortwahl der Anlagen und Logistik:** Die Standorte von Entsorgungsanlagen (Neuanlagen) sind bewusst aufgrund der Energienutzungsmöglichkeiten zu wählen oder letztere sind entsprechend zu entwickeln. Dies bedingt auch Anpassungen bei der Entsorgungslogistik, da günstige Standorte für effiziente Anlagen räumlich beschränkt sind.

**Sicherung der Finanzierung und Schaffen von Trägerschaften:** Damit die Finanzierung des Ausbaus der Fernwärme sichergestellt werden kann, sollen durch den Bund Risikogarantien bei Fernwärmeprojekten geleistet werden. Zudem ist zu prüfen, wie vor allem für die neu zu schaffenden privaten Trägerschaften im Bereich industrieller Heizkraftwerke eine langfristig verbindlich gesicherte Abfalllieferung sichergestellt werden kann.

**Kostenwälzungsmodell für Energieeffizienzinvestitionen und Energienutzung:** Gemäss Umweltschutzgesetz gilt bei der Entsorgung von Abfällen das Verursacherprinzip. Diese Bestimmungen sind dahingehend zu

präzisieren, dass die Mehrkosten einer optimalen Energienutzung den Verursachern der Abfälle übertragen und in die Abfallgebühren integriert werden können; vorausgesetzt die Energiemärkte würden diese Investitionen nicht erlauben.

Als erster Schritt wird empfohlen, ein übergeordnetes Koordinationsorgan zu schaffen, welches die notwendigen Schwerpunkte setzt, um eine konsequente Gestaltung des Anlagenparks der Abfallwirtschaft zu ermöglichen. Es ist zu vermeiden, dass sich Anlagen der öffentlichen Hand aus betriebswirtschaftlichen Gründen darin behindern, den volkswirtschaftlich grössten Nutzen zu leisten: Nämlich Abfälle sicher und umweltverträglich zu entsorgen und gleichzeitig die Energie bestmöglich zu nutzen und fossile Energieträger zu substituieren. Die Ausgestaltung der Abfallwirtschaft wird auch über den betrachteten Zeitraum von 2035 eine Herausforderung bleiben, da sich der zukünftige Wärmebedarf und die Abfallzusammensetzung weiter verändern werden. ■

*Die Studie: Dettli R., Fasko R., Frei U., Habermacher F. (2014): Transformation der Abfallverwertung in der Schweiz für eine hohe und zeitlich optimierte Energieausnutzung. econcept AG und Rytec AG im Auftrag von WWF, Bundesamt für Energie und Bundesamt für Umwelt.*



Download: