



Feststellung und Anwendung des „Standes der Technik“ für die Energienutzung in KVA

Stand: 6. Dezember 2011



Inhalt

Inhalt	2
1. Gegenstand der SdT-Feststellung, Betrachtungsperimeter (Scope).....	3
2. Kriterien für die Beurteilung der angewendeten Technik.....	5
3. Repräsentative Übersicht über die existierenden Lösungen	7
4. Auswahl von Leistungsindikatoren für die Beurteilung der ökologischen Performance der verschiedenen Lösungen / Anlagen / Verfahren. Gewichtung verschiedener Indikatoren bezüglich Energienutzung.....	8
5. Bewertung der existierenden Lösungen / Anlagen / Verfahren mit den Leistungsindikatoren.....	8
6. Beschreibung der Bandbreite der besten verfügbaren Lösungen / Anlagen / Verfahren => Festlegen des Stands der Technik	9
7. Erstellungs- und Änderungsprotokoll.....	10

Titelbild: Energiezentrale KHKW Hagenholz (Quelle ERZ)

Impressum

Herausgeber	Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft Abteilung Abfallwirtschaft und Betriebe
Projektleiter	Dr. Leo Morf
Grundlagen	Wandschneider + Gutjahr Ingenieurgesellschaft mbH, Hamburg
Mitarbeit	Rytec AG, Münsingen

Stand der Technik (SdT) für die Energienutzung in KVA

1 Gegenstand der SdT-Feststellung, Betrachtungsperimeter (Scope)

1.1 Gesamtsystembetrachtung

Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) sind komplexe technische Anlagen, die ein breites Spektrum von Abfallarten behandeln können. Das Gesamtsystem der KVA besteht u.a. aus den folgenden Teilprozessen und Aspekten (siehe Abbildung 1):

- Abfallannahme / Qualität der Abfälle,
- Verbrennung / Ausbrand,
- Rauchgasreinigung (RGR) / Luftreinhaltung,
- Abwasserbehandlung / Gewässerschutz,
- Aufbereitung der Schlacke und Rauchgasreinigungsrückstände (RGRR) / Qualität der verwertbaren bzw. zwischenlagerbaren Produkte,
- Energienutzung / Energieeffizienz.

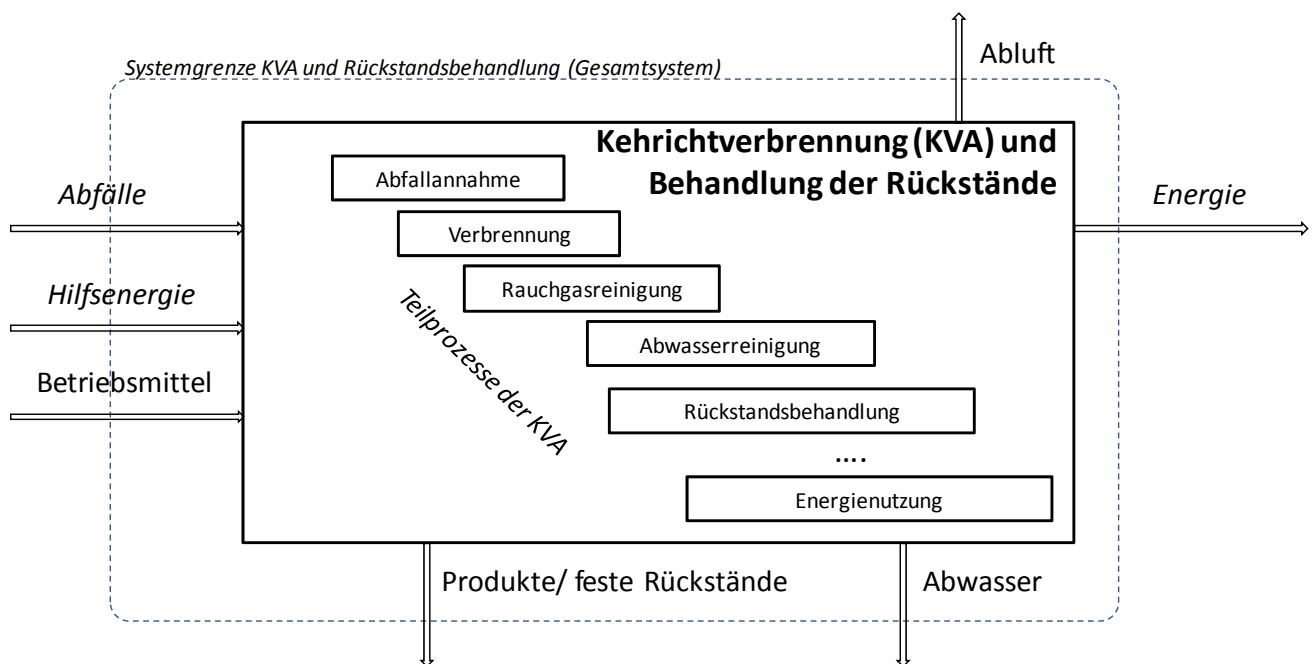


Abb. 1: Schematische Darstellung des Gesamtsystems „KVA und Behandlung der Rückstände“ mit seinen wichtigsten Teilprozessen sowie den relevanten In- und Outputs

Für den SdT der Kehrichtentsorgung in KVA wird der Betrachtungsperimeter umfassend gewählt, für die wichtigen Teilprozesse hingegen werden einzelne Dokumente erstellt. Abhängigkeiten zu anderen Teilsystemen werden berücksichtigt:

- Optimierungen in einem Teilprozess verhindern nicht die Möglichkeit für Optimierungen und für die Erreichung des SdT in anderen Teilprozessen.
- Bei der Einführung neuer Technologien in den einzelnen Teilprozessen werden die Auswirkungen auf die andern Prozesse überprüft.

Die Summe der Teilbetrachtungen ergibt somit den umfassenden Stand der Technik.

Für folgende Teilprozesse liegen Dokumente zum SdT vor oder werden noch erstellt (siehe auch auf der Internetseite des AWEL: www.abfall.zh.ch):

- Energienutzung in KVA
- Emissionsminderung für die Verbrennung, Rauchgasreinigung und Abwasserreinigung
- Behandlung fester Rückstände: Verwertung (Produkte) und Ablagerung (feste Rückstände)
- Abfallannahme

1.2 Bedingungen hinsichtlich des SdT „Energienutzung in KVA“

Folgende Bedingungen sind bei der Prüfung des SdT „Energienutzung in KVA“ einzuhalten:

- Anforderungen an SdT der in Kapitel 1.1 genannten Teilprozesse
- Die energetischen Optimierungen am Gesamtsystem der Kehrichtverbrennung sind so zu gestalten, dass der SdT in der Abluftreinigung und in der Abwasserreinigung gewährleistet werden wird.

Werden neue Technologien eingeführt (bspw. in der Abluftreinigung, Abwasserreinigung, Rückstandsverwertung) müssen diese durch ihre Energieeffizienz ausgezeichnet sein und die Auswirkungen auf die andern Prozesse sind zu überprüfen.

1.3 Energienutzung in KVA

Die vorliegende Beschreibung des SdT bezieht sich auf die Energienutzung in Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA). Dabei wird als Energienutzung sowohl Energie in Form des elektrischen Stromes als auch Wärmeenergie in Form von Prozessdampf oder Fernwärme betrachtet. Aufgrund der völlig unterschiedlich gearteten Formen dieser beiden Energien ist ein direkter Vergleich nur über Äquivalenzfaktoren möglich. Diese Herangehensweise ermöglicht den Vergleich von Anlagen völlig unterschiedlicher Ausprägung.

Es liegt bezüglich der Energiebetrachtung folgende Input-Output-Situation vor (Abbildung 2, nur mit zu berücksichtigenden Energieflüssen).

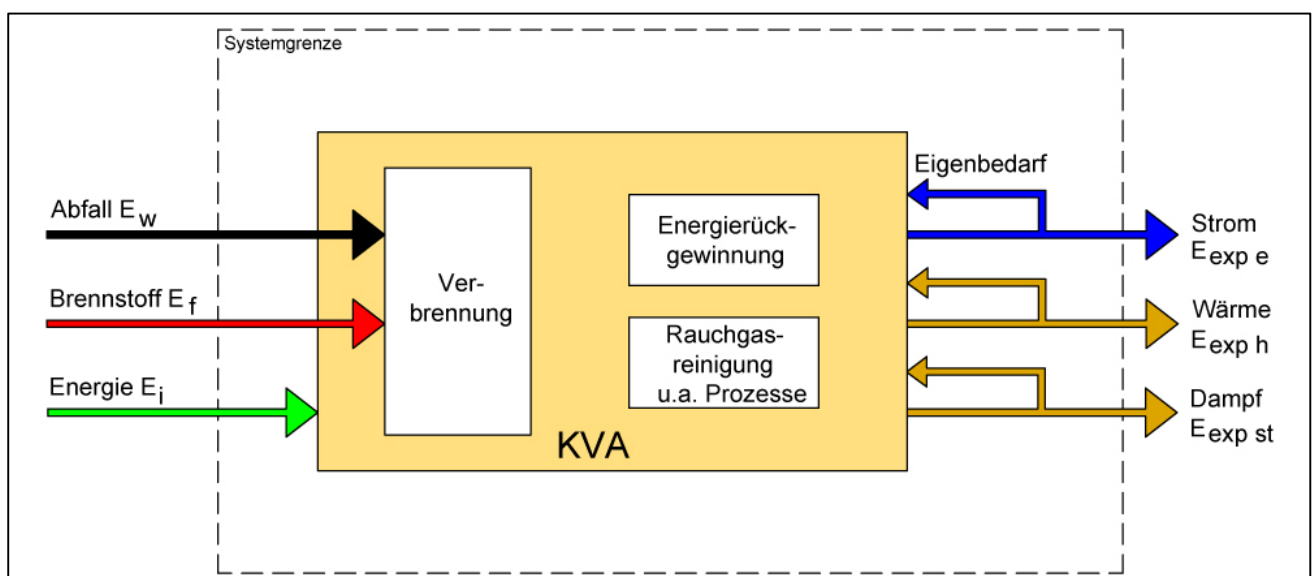


Abb. 2: Grafische Darstellung relevanter Inputs, Outputs zur Bestimmung der Energieeffizienz (u.a. Prozesse = z.B. Abwasserbehandlung)

→ Perimetergrenzen verfahrenstechnisch

Die Perimetergrenzen orientieren sich an der Systemgrenze, wie sie in der BREF beschrieben ist. Die Betrachtung umfasst die gesamte KVA bestehend aus Verbrennung, Rauchgasreinigung (RGR) u. a. Prozessen, wie z.B. der Abwasserbehandlung, sowie der Energierückgewinnung, unabhängig von der technischen Ausführung der einzelnen Anlagenbereiche. Es wird ein Bilanzraum genutzt, der alle Energieströme erfasst, die die Systemgrenzen passieren. Rezirkulierte Energien brauchen nicht aufwendig bilanziert zu werden, da sie die Bilanzgrenze nicht überschreiten. Zusätzliche Anlagenteile wie z.B. Schlackenaufbereitung, Aufbereitung der Reststoffe aus der RGR, Betrieb der Fernwärme (Zirkulationspumpen, Netzverluste) und anderen Hilfsprozessen, sowie eventuell vorhandene Abfallaufbereitungsanlagen sind explizit nicht innerhalb der Systemgrenze angeordnet.¹

→ Perimetergrenzen geografisch

Keine. Der SdT gilt für alle Anlagen in der Schweiz, unabhängig vom Standort, und ist auch auf Anlagen ausserhalb der Schweiz anwendbar. Aufgrund der Formulierung des SdT besteht die Vergleichsmöglichkeit mit Anlagen in der EU.

→ Was steht am Eingang des Betrachtungsperimeters (Input)

1. Abfall
2. zusätzliche Brennstoffe wie Öl oder Gas, die bei Bedarf unter Erzeugung von Dampf verbrannt werden
3. importierte Energie, die nicht zur Dampferzeugung beiträgt, die jedoch in den Bilanzraum eingebracht werden muss, um andere Anforderungen zu erfüllen

→ Was steht am Ausgang des Betrachtungsperimeters (Output)

1. exportierte elektrische Energie
2. exportierte Wärmeenergie als Prozessdampf
3. exportierte Wärmeenergie als Fernwärme
4. exportierte Wärmeenergie aus Abdampf von Dampfturbine

Die elektrische Energie ist dabei als höherwertige Energieform zu bewerten als die Wärmeenergie. Eine Wertung der Wärmeenergie in hochkalorisch und niederkalorisch erfolgt der Einfachheit halber nicht. Die Unterscheidung zwischen elektrischer Energie und Wärmeenergie erfolgt über Äquivalenzfaktoren.

2. Kriterien für die Beurteilung der angewendeten Technik

Der Umweltnutzen des beschriebenen SdT besteht darin, dass KVA einem allgemeinen und einfach zu ermittelnden Effizienzkriterium unterzogen werden. Anhand der ermittelten Effizienz wird das Bestreben des Anlagenbetreibers gefördert effizienzsteigernde Technologien einzusetzen und eine optimierte Fahrweise anzustreben. Die höhere Effizienz führt zum Ersatz von anderen fossilen Brennstoffen und somit gesamthaft zur Vermeidung von Schadstoff- und CO₂-Emissionen.

Dabei definiert der SdT für die Energienutzung in KVA eine zum heutigen Zeitpunkt wirtschaftlich mögliche energetische Netto-Effizienz für KVA, unabhängig von der genauen Ausprägung der Anlage. Das Effizienzbestreben darf dabei natürlich nicht zu Lasten des SdT in anderen Bereichen (z.B. der Rauchgasreinigung u. a. Prozessen) erfolgen. Dies wird durch die Formulierung eines SdT in der Rauchgasreinigung von KVA bzw. anderer Teilsystem (siehe Kapitel 1.1) verhindert. In der Schweiz sind diverse KVA mit gut funktionierender Rauchgasreinigung errichtet und in Betrieb, so dass der SdT bereits gut dokumentiert ist. Somit fokussieren die Vorgaben an den Betreiber auf die Optimierung der Energienutzung bei gleichzeitiger Einhaltung des SdT in der restlichen Anlage.

¹ Im Rahmen der Abgrenzung des Eigenbedarfs der primären Umweltleistung von KVA für die Kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) wird für das BFE aktuell eine entsprechende Liste (Eigenbedarf ↔ zusätzliche Verbraucher) erarbeitet (Voraussichtliche Fertigstellung Ende 2011).

KVA sollten, wenn möglich, die Wärme-Kraft-Kopplung nutzen, da erst diese einen hohen Energienutzungsgrad bei gleichzeitiger Stromerzeugung möglich macht. Voraussetzung hierfür sind geeignete Wärmeabnehmer am Standort. Die Voraussetzungen sollten bereits bei der Standortsuche massgeblich berücksichtigt werden. In der Hierarchie stehen die Anforderungen an die Energieeffizienz jedoch unterhalb der Anforderungen an den Standort und der Einhaltung der Umweltauflagen.

Mit der im Folgenden beschriebenen **E**nergetischen **N**etto **E**ffizienz Kennzahl (ENE-Kennzahl) ist es möglich, konkret zu beurteilen, ob und wie viel die Energienutzung einer Anlage besser ist als die Energienutzung einer anderen. Beschrieben ist die ENE auf Basis von Jahreswerten und exportierter Sekundärenergie.

Im Gegensatz zum aus dem EU-Raum bekannten R1 wird bei der ENE nur die exportierte Nutzenergie (Strom und Wärme) rein netto ohne Eigenverbrauch berücksichtigt. Somit wird vermieden, einen (evtl. unnötig) hohen Eigenverbrauch positiv anzurechnen. Gleichzeitig wird ein Anreiz gesetzt, die eigentliche Entsorgungsleistung und ihren Eigenverbrauch so zu optimieren, dass möglichst viel Nutzenergie zum Export bereitgestellt werden kann.

Die Umwandlung von Wärmeenergie in elektrische Energie kann nur teilweise und somit (falls keine weitere Nutzung) mit Verlusten erfolgen. Die Umwandlung der Brennstoffenergie in Wärmeenergie erfolgt dagegen unter deutlich geringeren Verlusten. Dieser Unterschied wird durch eine höhere Wertigkeit des Stroms und somit einen höheren Äquivalenzfaktor für Strom kompensiert. Um elektrische und Wärmeenergie zu vergleichen, können Äquivalenzfaktoren genutzt werden. In diesem Fall erfolgt der Vergleich der Effizienz zwischen mehreren Anlagen mittels einer Kennzahl. Wird auf Äquivalenzfaktoren verzichtet, ist ein Vergleich unterschiedlicher Anlagen nur über mehrere Kennzahlen möglich.

Die unten genutzten Äquivalenzfaktoren für die elektrische Energie (2,6) und für die Wärmeenergie (1,1) verdeutlichen die höhere Wertigkeit des Stromes und basieren auf den mittleren Gesamtwirkungsgraden konventioneller Kraft- und Heizwerke zur Erzeugung dieser Energieformen in Europa (Strom 38% und Wärme 91%). Sie finden auch bei der Berechnung der R1-Kennzahl zur energetischen Anlagennutzung nach europäischen Richtlinien (Abfallrahmenrichtlinie, AbfRRL) Anwendung. Aufgrund der Äquivalenzfaktoren können bei modernen KVA auch ENE-Werte von grösser 1 erreicht werden, sodass die ENE-Kennzahl nicht die Kriterien eines Wirkungsgrades erfüllt. Die ENE-Kennzahl dient ausschliesslich dem Vergleich der Effizienz unterschiedlicher Anlagen untereinander.

Der Bilanzraum bei der Energienutzung umfasst den Kessel sowie den gesamten Wasserdampf-Kreis mit Turbine, Kondensator und Kondensatvorwärmung. Ebenfalls enthalten sind die Rauchgasreinigung und weitere Prozesse wie die Abwasserbehandlung, weil hier diverse interne Verbraucher enthalten sind. Alle wesentlichen Ein- und Ausgänge können einfach erfasst werden, da sie als Jahreswerte vorliegen.

$$ENE = \frac{E_{\text{exp}} - (E_f + E_i)}{0,97 \times (E_w + E_f)}$$

mit

$$E_{\text{exp}} = 2,6 \times E_{\text{exp } e} + 1,1 \times (E_{\text{exp } st} + E_{\text{exp } h})$$

E_{exp} = exportierte Energie (Netto)

$E_{\text{exp } e}$ = exportierte elektrische Energie (Netto)

$E_{\text{exp } st}$ = exportierte Wärmeenergie (Prozessdampf) (Netto)

$E_{\text{exp } h}$ = exportierte Wärmeenergie (Fernwärme) (Netto)

E_f = Zusatzbrennstoffe zur Dampfproduktion (Stützfeuer)

E_i = importierte Energie, die nicht zur Dampfproduktion beiträgt

E_w = Brennstoffenergie des Abfalls, Berechnung des unteren Heizwertes gemäß H_U -Berechnungsmodell nach BREF

0.97 = Faktor zur Berücksichtigung von Schlacke- und Strahlungsverlusten im Kessel

In der EU müssen Neuanlagen einen R1 von mindestens 0.65 erreichen (Brutto-Betrachtung, Berücksichtigung des Eigenverbrauchs als Nutzen). Dieser Wert ist für nordeuropäische Länder mit einem hohen technischen Standard nicht sehr engagiert und berücksichtigt keinesfalls den Stand der Technik.

Auch wenn eine direkte Umrechnung von R1 zu ENE nicht möglich ist, zeigen erste Übersichtsrechnungen, dass Anlagen mit einem durchschnittlich hohen Eigenbedarf und einem $R1 > 0.9$ eine $ENE > 0.75$ gut erreichen können. Die Differenz von 0.15 Punkten gilt jedoch nicht über die ganze Skala, da bei tiefen R1 – Werten eine individuelle Betrachtungsweise sehr wichtig ist (die bisher beobachtete Korrelation streut im unteren Bereich beträchtlich).

Die Bestimmung des elektrischen Wirkungsgrades eines Wärmekraftwerkes ist im Anhang 1 detailliert dargestellt. Anhand dieser Unterlage ist für den Anlagenbetreiber auch deutlich ersichtlich, mit welchen Mitteln er eine signifikante Effizienzsteigerung erreicht, die sich in einer höheren ENE-Kennzahl widerspiegelt. Eine Schlüsselposition nimmt dabei der Eigenbedarf ein, da eingesparter Eigenbedarf sofort als exportierte Energie auf der Nutzenseite der ENE-Kennzahl sichtbar wird. Dieses Potential zur Effizienzsteigerung von KVA wird nur durch die Betrachtung von Nettoenergieströmen erschlossen.

3. Repräsentative Übersicht über die existierenden Lösungen

Generell kann die Energienutzung in KVA über die Erzeugung und den Export von elektrischer Energie oder über die alleinige Nutzung der bei der Verbrennung entstehenden Wärmeenergie erfolgen. Die Wärmeenergie kann dabei in Form von Prozessdampf bei den unterschiedlichsten Dampfparametern oder in Form von Fernwärmewasser exportiert werden. Zudem besteht die Möglichkeit beide Energieformen gleichzeitig, nach dem Prinzip der Wärme-Kraft-Kopplung, zu erzeugen.

Zur Erzeugung von elektrischer Energie werden in KVA Dampfturbinen eingesetzt, welche den Frischdampf aus den Kesseln entspannen. Bei der Entspannung kühlt sich der Dampf ab und ein Teil der Wärmeenergie wird in elektrische Energie umgewandelt. Die Restwärme im Abdampf der Turbine wird bei der Kondensation abgeführt. Je nach Kondensationsdruck kann die Kondensationswärme noch technisch genutzt werden oder sie wird ungenutzt an die Umgebung abgegeben.

In einer KVA werden zudem bestimmte Mengen an Wärme und elektrischer Energie für den Betrieb der Anlage benötigt (Eigenbedarf). Bei der oben beschriebenen Vorgehensweise zur Bestimmung der ENE-Kennzahl tauchen diese Energien nicht auf, sie reduzieren jedoch die exportierte Energiemenge und somit auch die ENE-Kennzahl.

Hinsichtlich der Emissionsminderung ist bei KVA ein SdT erreicht, mit dessen Anwendung die Emissionen weit unterhalb der gesetzlichen Anforderungen liegen.

Nachfolgend wird daher vorausgesetzt, dass eine Rauchgasreinigung nach dem SdT eingesetzt wird. Dabei soll vorzugsweise eine Verschaltung der Rauchgasreinigungskomponenten gewählt werden, die eine stetige Abnahme der Rauchgastemperatur aufweist und Wiederaufheizungsprozesse vermeidet. So wird ein energetisch sinnvolles Konzept realisiert. Dies ist sowohl für trockene wie auch für nasse Verfahren möglich.

4. Auswahl von Leistungsindikatoren für die Beurteilung der ökologischen Performance der verschiedenen Lösungen / Anlagen / Verfahren. Gewichtung verschiedener Indikatoren bezüglich Energienutzung.

Eine detaillierte Beurteilung der Performance bestimmter Anlagen soll nicht erfolgen, da aufgrund der Randbedingungen jede Anlage mit ganz spezifischen technischen Lösungen das beste Ergebnis erreichen kann. So ist es bei manchen Anlagen sinnvoll, den Schwerpunkt auf die Produktion von Prozessdampf und Fernwärme zu legen, die Stromproduktion tritt als Folge in den Hintergrund. Andere Anlagen verfügen eventuell nicht über die Möglichkeit der Wärmeabgabe in grösserem Umfang und müssen so den Schwerpunkt auf die Erzeugung von elektrischer Energie setzen. Zudem spielen die Art des Brennstoffs, die verfügbare Kühlmethode und weitere Standortbedingungen eine entscheidende Rolle für die erreichbare Effizienz einer Anlage.

Als alleiniger Leistungsindikator dient somit die Energetische Netto Effizienz Kennzahl (ENE) gemäss der oben beschriebenen Berechnung und dem abgebildeten Bilanzraum (vergleiche Abb. 2 und Abb. 3).

Zudem wird die Forderung gestellt, dass die KVA nach dem Prinzip der Wärme-Kraft-Kopplung betrieben werden soll. Dies bedeutet, dass die Anlage geeignete Wärmeabnehmer am Standort akquirieren muss und zudem eine Produktion von elektrischer Energie stattfindet. Gleichzeitig werden - in der Spalte ganz rechts - mögliche Wertebereiche für die Beurteilung als „Stand der Technik“ vorgeschlagen. Diese werden in den Kapiteln 5 und 6 verifiziert bzw. definitiv festgehalten.


Input	Anlage(n)	Output	Kennzahl und Dimension	Wertebereich für „Stand der Technik“
Abfall ggf. E_f ggf. E_i		Energie	Energetische Netto Effizienz (ENE) [-]	> 0.65 (bzw. > 0.6)

Abb. 3: Darstellung der relevanten umweltbezogenen Leistungsindikatoren

Begründung für die Wahl des Zielbereiches ENE:

Es konnte anhand bestehender Anlagen gezeigt werden, dass für KVA mit Stromproduktion und Wärmeabgabe ENE-Werte > 0.65 möglich sind. Eine KVA gemäss SdT mit Fernwärmeabgabe erreicht eine Brutto-Stromproduktion von 21 % bei einer Fernwärmeabgabe von 15 %. Mit einem dem SdT entsprechenden Stromeigenbedarf von 3 % resultiert eine Netto-Energieabgabe von 15 % Wärme und 18 % Strom, was mit den Gewichtungen von 1.1 und 2.6 eine ENE von 0.65 ergibt.

Sollte aufgrund des Standortes keine Wärmeabgabe möglich sein, ist es mit reiner Stromabgabe möglich ENE-Werte > 0.6 zu erreichen. Deshalb wird für derlei Anlagen die untere Grenze des Zielbereichs bereits bei 0.60 festgelegt.

5. Bewertung der existierenden Lösungen / Anlagen / Verfahren mit den Leistungsindikatoren

Für die ENE-Berechnung müssen die Jahreswerte eingesetzt werden. Damit sind alle An- und Abfahrvorgänge und sonstige Betriebsabweichungen vollständig enthalten. Mit diesem Rechenansatz werden nicht momentane Bestwerte als Vergleich, sondern die echten Jahresmittelwerte zum Vergleich herangezogen und somit die wirklichen Auswirkungen auf die Umwelt in der ENE-Kennzahl wiedergespiegelt. Die benötigten Daten zur Berechnung der ENE-Kennzahl sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 1: Notwendige Daten zur Bestimmung der ENE-Kennzahl

Abkürzung	Beschreibung	Wert
m_w	Verbrannte Menge Abfall(t/a)
H_u	Heizwert des Abfalls; gemäß H_u -Berechnungsmodell (BREF)(MWh/t)
E_w	$m_w \times H_u$(MWh/a)
E_f	(Menge Brennstoff in Brennkammer) x (Heizwert Brennstoff) Heizöl HEL: 11,8 MWh/t Erdgas: 9,7-12,5 kWh/m ³(MWh/a)
$E_{exp e}$	Exportierte Strommenge (multipliziert mit 2,6)(MWh/a)
$E_{exp h}$	Exportierte Wärmemenge (Fernwärme; multipliziert mit 1,1)(MWh/a)
$E_{exp st}$	Exportierte Wärmemenge (Prozessdampf, multipliziert mit 1,1)(MWh/a)
E_i	Importierte Energie (ohne Dampferzeugung, ggf. multipliziert mit Äquivalenzfaktor)(MWh/a)
ENE	

In der standardisierten Energieeffizienzberechnung der Bundesämter BfE und BAFU wird dieser Wert seit 2010 ebenfalls ausgewiesen, muss also von den Anlagen nicht separat erhoben werden.

6. Beschreibung der Bandbreite der besten verfügbaren Lösungen / Anlagen / Verfahren => Festlegen des Stands der Technik

Die optimale KVA erzeugt durch die Verbrennung des Abfalls Dampf bei hohem Druck und Temperatur. Die gute Durchmischung des Abfallinputs und die Bauart des Kessels erlauben dabei einen vollständigen Verzicht auf zusätzlichen Brennstoff zur Stützfeuerung. Dabei sind die Kesselverluste durch einen geringen Luftüberschuss und eine niedrige Kesselaustrittstemperatur minimiert. Die im Dampf enthaltene Energie wird in einem modernen Dampfturbosatz mit hohem Wirkungsgrad in elektrische Energie umgewandelt. Die Restwärme im Abdampf wird das ganze Jahr über zur Erzeugung von Fernwärme oder als niederkalorischer Prozessdampf genutzt. Alle internen Prozesse sind so geartet, dass auf eine Wiedererwärmung verzichtet werden kann. In der gesamten Anlage kommen hocheffiziente Pumpen und Gebläse zum Einsatz, die den Eigenbedarf minimieren, alle Antriebe mit wechselnder Last werden frequenzgeregelt. Das Betriebspersonal ist gut geschult und trägt wesentlich zu einem optimierten Betrieb bei.

Durch sämtliche oben angeführten Punkte wird die Anlage mit hoher Effizienz und mit wenigen Stillständen das ganze Jahr über betrieben. Durch das Vorhandensein mehrerer Linien kann auf den Import von Fremdenergie weitestgehend verzichtet werden. Gesamtstillstände der Anlage kommen normalerweise nicht vor.

Wie beschrieben ist es allerdings möglich, dass aufgrund des Standortes gewisse der oben genannten Punkte nicht oder nur teilweise erreicht werden können. Es ist jeweils ein wirtschaftliches Optimum an einem bestimmten Standort zu realisieren. Aufgrund der Fülle der verfügbaren Technologien und in Abhängigkeit der Gewichtung der exportierten Sekundärenergie muss also im Einzelfall entschieden werden, welche Maßnahmen getroffen werden, um mit den verfügbaren Mitteln eine möglichst hohe Effizienz zu erreichen. Als eine treibende Kraft soll dabei die ENE-Kennzahl herangezogen werden, welche weitgehend unabhängig von der angewendeten Technik ist. Erstrebenswert ist dabei immer die Erzeugung von niederkalorischer Nutzwärme bei gleichzeitiger Erzeugung von elektrischer Energie.

Vor diesem Hintergrund wird der Stand der Technik für die Energienutzung in KVA wie folgt festgehalten:

- 1 **Stand der Technik heisst, die Energienutzung in KVA so zu gestalten, dass sie nach dem Prinzip der Wärme-Kraft-Kopplung erfolgt.**
- 2 **Stand der Technik heisst, KVA erreichen eine ENE-Kennzahl von ≥ 0.65**
- 3 **Stand der Technik heisst, KVA, die aufgrund des Standortes keine Wärmeabgabe realisieren können, erreichen eine ENE-Kennzahl von ≥ 0.6**

Die folgende Abbildung zeigt die ENE von Schweizer KVA (gemäss ersten Überschlagsrechnungen, Stand 2009) und den Zielbereich gemäss Stand der Technik:

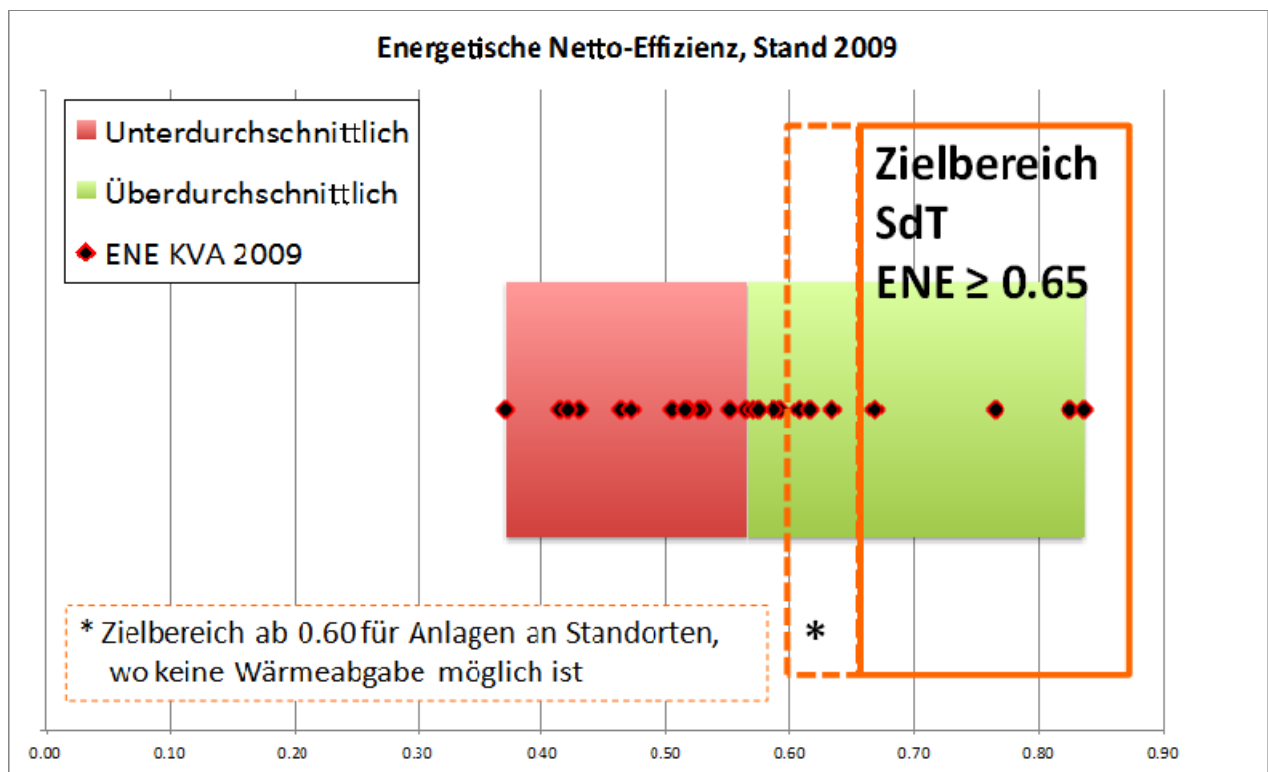


Abb. 4: ENE-Zielbereich und ENE-Werte Schweizer KVA (gemäss ersten Überschlagsrechnungen, Betriebsdaten 2009)

7. Erstellungs- und Änderungsprotokoll

Aktuelle Version, Datum	V1.7; 22.11.2011
Erstversion	V1.0; 08.07.2011
Ersteller	wandschneider + gutjahr ingenieurgesellschaft; J.Wandschneider, A. Maschmann, J. Warnek
Co-Referat	Rytec AG; U. Frei, A. Rothbart
Auf publiziert	www.awel.zh.ch 5.12.2011

Anhang 1: Auswirkungen der Einzelwirkungsgrade auf den Gesamtwirkungsgrad (Version 2, 22.11.2011), kann beim Projektleiter bezogen werden.