



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE

Abklärung Energieeffizienzpotenziale Schweizer Kehrrechtverbrennungsanlagen mit der Pinch-Methode

Energiegrobcheck von drei KVA

SCHLUSSBERICHT

Ausgearbeitet durch

Raphael Fasko, Rytec AG

Alte Bahnhofstrasse 5, 3110 Münsingen,
raphael.fasko@rytec.ch, www.rytec.com

**Simon Bachmann, Helbling Beratung +
Bauplanung AG**

Hohlstrasse 614, PF, 8048 Zürich,
simon.bachmann@helbling.ch, www.helbling.ch

Impressum

Februar 2014

Im Auftrag des Bundesamt für Energie

Abteilung Erneuerbare Energie und Energieeffizienz

Begleitet durch: Daniel Binggeli und Martin Stettler

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen

Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. +41 31 322 56 11, Fax +41 31 323 25 00

www.bfe.admin.ch

BFE-Bereichsleiter: martin.stettler@bfe.admin.ch

Download: www.bfe.admin.ch unter EnergieSchweiz - Unternehmen – Energieoptimierung Industrie

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

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Einleitung | 4 |
| 2 | Zielsetzung und Vorgehen | 4 |
| 3 | Abschätzung des Effizienzsteigerungspotentials der Schweizer KVA | 6 |
| 3.1 | Zusammengefasste Resultate aus den Grobanalysen | 6 |
| 3.2 | Technische Lokalisierung der Effizienzpotentiale | 9 |
| 4 | Nutzen der Pinch-Analyse | 10 |
| 5 | Schlussfolgerungen und Empfehlungen | 11 |
| 6 | Literaturverzeichnis | 12 |
| 7 | Anhang – Zusammenfassende Resultat der drei Grobanalysen | 13 |
| 7.1 | KVA Turgi – 120'000 Jahrestonnen Abfall..... | 13 |
| 7.2 | KVA Linthgebiet – 120'000 Jahrestonnen Abfall | 14 |
| 7.3 | Kehrichtheizkraftwerk (KHKW) Hagenholz – 270'000 Jahrestonnen Abfall..... | 14 |

1 Einleitung

Die Energieeffizienz von Kehrrechtverwertungsanlagen (KVA) in der Schweiz wurde bis heute nicht systematisch mit der Pinch-Methode untersucht. Im Rahmen der Pinch-Offensive des Bundes hat das Bundesamt für Energie (BFE) die Thematik aufgegriffen. Die KVA müssen, wollen sie in Zukunft von der CO₂-Abgabe befreit werden, eine Zielvereinbarung mit dem Bund abschliessen und ihre Energieeffizienz verbessern.

Die Pinch-Methode ist ein Prozessintegrationswerkzeug, welches bei der energetischen Verbesserung von energieintensiven thermischen Prozesssystemen zum Einsatz kommt. Als Berechnungsbasis der Pinch-Methode dienen die sogenannten Prozessanforderungen, d.h. die tatsächlichen Anforderungen an Wärme und Kälte im Produktionsprozess. Über die tatsächlichen Anforderungen lässt sich z.B. eine Aussage über die nötigen Temperaturniveaus machen, welche für eine optimale Auslegung der Anlage unabdingbar ist.

2 Zielsetzung und Vorgehen

Die vorliegende Studie hat das Ziel herauszufinden ob zusätzliches Effizienzsteigerungspotential mit der Pinch-Analyse bei Schweizer KVA gefunden werden kann. Gleichzeitig soll festgestellt werden, wie tauglich die Methodik der Pinch-Analyse für eine Anwendung auf KVA ist.

Um das Effizienzpotential bei unterschiedlichen Anlagentypen abschätzen zu können, wurden die 30 KVAs in drei Cluster aufgeteilt und aus jedem Cluster eine Anlage ausgewählt (siehe Abbildung 1):

- **Gut optimierte Anlagen** (oft mit einer grossen Bandlast an Fernwärmeabgabe)
Fragestellung: Kann in bereits sehr effizienten Anlagen die Pinch-Analyse zusätzliches Energienutzungspotential aufdecken
- **Stromproduzenten** mit wenig Fokus auf Wärmeabgabe
Fragestellung: Kann in Anlagen mit wenig externer Wärmenutzung durch die Pinch-Analyse zusätzliches internes Wärmenutzungspotential aufgezeigt werden und / oder die Stromproduktion gesteigert werden?
- **Anlagen mit grösstem Optimierungsbedarf**
Fragestellung: Rechtfertigt sich der Aufwand für die Pinch-Analyse bei der systematischen und durchgängigen Optimierung von energetisch (noch) nicht optimierten Anlagen?

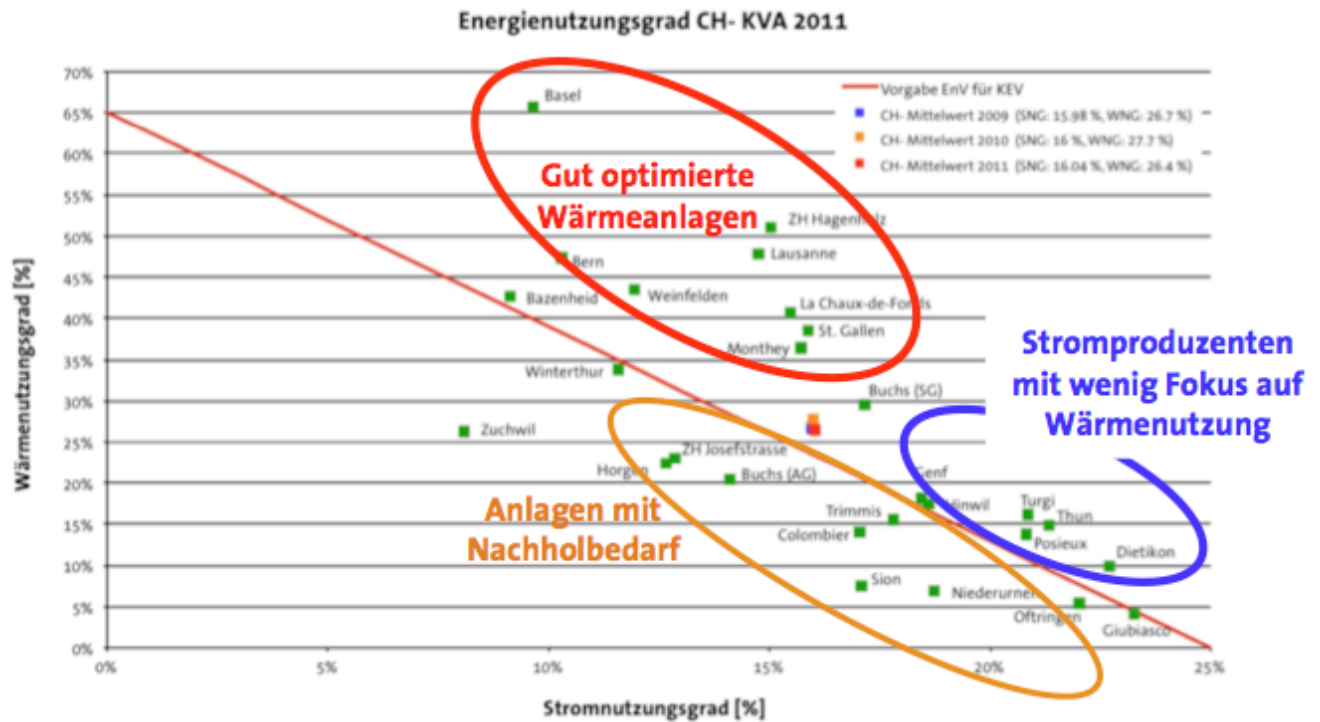


Abbildung 1: Aufteilung der Schweizer KVA in 3 Cluster von Anlagen mit unterschiedlichen Energiesituationen

Für die drei Anlagen wurde jeweils eine Grobanalyse im Sinne der Pinch-Analyse durchgeführt. In der Grobanalyse wurden die Wärmekaskaden der Anlagen auf Basis der im Prozessleitsystem vorhandenen Daten analysiert und daraus Grobpotentiale zur verbesserten Nutzung thermischer Energie abgeleitet. Danach wurde abgeschätzt, wie viel der technisch umsetzbaren Grobpotentiale auch wirtschaftlich erschlossen werden können.

Auf diese Weise wurden für die drei Anlagen jeweils die ungenutzten Wärmequellen (Grobpotential) und das Wärmerückgewinnungspotential (wirtschaftlich zurückgewinnbare Wärme) abgeschätzt. Auf dieser Grundlage wurde ein Versuch gemacht, die möglichen Einsparungen auf den gesamten KVA-Park der Schweiz hochzurechnen.

3 Abschätzung des Effizienzsteigerungspotentials der Schweizer KVA

Die Schweizer KVA können durch das Anwenden der Pinch-Methode ihre thermischen Effizienz steigern und dadurch etwa **7% mehr Energie bereitstellen**. Dies entspricht einer **zusätzlichen Strom- und Wärmeabgabe von 90 GWh_e/a und 240 GWh_{th}/a**. Dies ist in der Grössenordnung der Energieproduktion zweier durchschnittlicher KVA.

3.1 Zusammengefasste Resultate aus den Grobanalysen

Im Zeitraum zwischen November 2012 und August 2013 wurde jeweils auf der KVA Turgi (AG), der KVA Hagenholz (ZH) und der KVA Linthgebiet (GL) eine Pinch-Grobanalyse durchgeführt. Die gefundenen Potentiale rechtfertigten in allen drei Fällen eine Detailanalyse. Die Resultate wurden den Betreibern präsentiert und jeweils eine Detailanalyse empfohlen.

In der folgenden Zusammenstellung werden die auf den Anlagen gefundenen, ungenutzten Wärmequellen und das geschätzte realisierbare Wärmerückgewinnungspotential (WRG) ausgewiesen. Das realisierbare Wärmerückgewinnungspotential (WRG) bezeichnet ungenutzte Wärmequellen, für welche passende Wärmesenken gefunden werden können und deren Nutzung als technisch realisierbar und wirtschaftlich eingeschätzt wird.

Zusammenfassend haben wir folgende Effizienzpotentiale auf den drei betrachteten Anlagen gefunden (Detailliertere Angaben zu anlagenspezifischen Kennwerten befinden sich im Anhang):

Tabelle 1: Wärmepotentiale je Tonne verbrannter Kehricht, Zuordnung für die Hochrechnung gem. Kap. 3.1.1 ff.

| Untersuchte Anlage | Ungenutzte Wärmequellen | Realisierbare Wärmerückgewinnung (WRG) | realisierbare WRG (in %) | Zuordnung |
|---------------------------------|------------------------------|--|---------------------------|-----------|
| KHKW Hagenholz – hohe Effizienz | ca. 42 kW _{th} / kt | ca. 28 kW _{th} / kt | 67% | |
| KVA Turgi – Stromanlage | ca. 61 kW _{th} / kt | ca. 35 kW _{th} / kt | 57% | |
| KVA Linthgebiet – Nachholbedarf | ca. 69 kW _{th} / kt | ca. 28 kW _{th} / kt | 41% | |

Generell sind alle Werte durch die Art der Analyse noch grobe Werte. Dabei ist speziell bei den Leistungsangaben der WRG-Potentiale Vorsicht geboten, da die Wirtschaftlichkeitsüberlegungen im Rahmen der Grobanalyse qualitativer Natur sind und die technische Realisierbarkeit und Investitionskosten nur grob abgeschätzt wurden.

Aufgrund der Resultate konnten zwei Gruppen gebildet werden (siehe Tabelle 1 und Abbildung 2), welche sich in der Menge ungenutzter Wärme (pro 1000 Tonnen verbranntem Abfall) unterscheiden. Beachtenswert ist, dass alle in den Grobanalysen untersuchten Anlagen ein etwa gleich grosses spezifisches Wärmerückgewinnungspotential von um die 30 kW_{th} / kt Abfall haben.

3.1.1 Gruppe „Orange“ – bereits optimiert & zusätzliche Wärmeabgabe möglich

Diese Anlagen haben grössere Gesamtenergienutzungsgrade (weiter rechts von der roten Linie, Abbildung 2) und sind energetisch tendenziell besser optimiert. Hier können «nur» noch ungenutzte Wärmequellen in der Grössenordnung von 40 kW_{th} / kt-Abfall gefunden werden. Gleichzeitig sind diese Anlagen meist an grössere Wärmenetze angeschlossen und haben dadurch die Möglichkeit, diese als Wärmesenken zu nutzen. Das WRG-Potential schätzen wir in der Grössenordnung von 30 kW_{th} / kt-Abfall.

Das KHKW Hagenholz ist ein Beispiel dieser Gruppe.

3.1.2 Gruppe „Blau“ – weniger optimiert & zusätzliche Wärmeabgabe schwierig

Diese Anlagen haben wärmeseitig ein grösseres Optimierungspotential. Es konnten ungenutzte Wärmequellen in der Grössenordnung von 65 kW_{th} / kt-Abfall gefunden werden. Gleichzeitig sind diese Anlagen – wenn überhaupt – an kleinere Wärmenetze angeschlossen und haben dadurch weniger Wärmesenken. Gegenüber der orangenen Gruppe verfügen sie zwar über mehr ungenutzte Wärme, diese kann jedoch aufgrund der fehlenden externen Bezüger nicht abgegeben werden. Das WRG-Potential schätzen wir ebenfalls in der Grössenordnung von 30 kW_{th} / kt-Abfall.

Die KVA Turgi und Linthgebiet sind Beispiele dieser Gruppe.

3.1.3 Einordnung der Schweizer Anlagen in Pinch-Gruppen

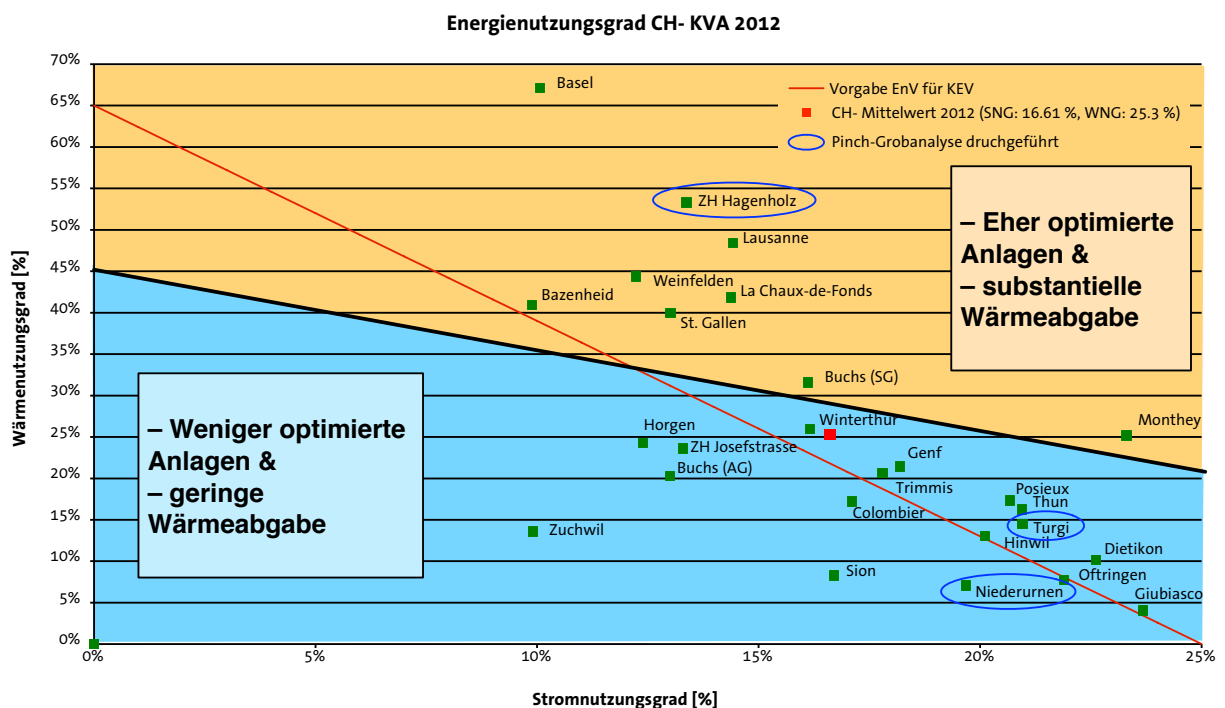


Abbildung 2: Versuch einer groben Gruppierung der Anlagentypen aufgrund ihrer unterschiedlichen Effizienzsteigerungspotentiale wie sie in den Grobanalysen der blau eingekreisten Anlagen gefunden wurden (KVA Linthgebiet = Niederurnen, Grundlagengrafik: BAFU, BFE, Rytec, 2013)

3.1.4 Hochrechnung des Gesamtpotentials innerhalb und über die Pinch-Gruppen

Es muss darauf hingewiesen werden, dass die Aussagekraft einer Hochrechnung aufgrund von drei Grobanalysen nur eine summarische Hochrechnung auf die 30 Schweizer KVA erlaubt. Zu unterschiedlich sind die einzelnen Anlagen aufgestellt, zu vielfältig sind die eingesetzten Technologien und der individuelle Optimierungsstand.

Trotzdem wird im Folgenden der Versuch gemacht, für den gesamten schweizerischen KVA-Park aufgrund der gefundenen spezifischen Werte aus den Grobanalysen das über die Pinch-Analysen erkennbare Potential abzuschätzen:

Tabelle 2: Wärmenutzungspotentiale für alle Schweizer KVA

| Gesamtpotential Schweiz | Verbrannter Abfall pro Jahr | Ungenutzte Wärmequellen | Realisierbare Wärmerückgewinnung (WRG) |
|---|-----------------------------|--------------------------------|--|
| Orange Gruppe (40/30kW _{th} /kt) | 1.500 kt | ca. 60 MW _{th} | ca. 45 MW _{th} |
| Blaue Gruppe (65/30 kW _{th} /kt) | 2'400 kt | ca. 156 MW _{th} | ca. 72 MW _{th} |
| Total | 3'900 kt | ca. 216 MW_{th} | ca. 117 MW_{th} |

Wir nehmen an, dass etwa 75% der auf diesem Weg erzielbaren Effizienzsteigerung zur Einsparung von Niederdruckdampf führt, der normalerweise der Turbine entnommen wird. Dieser Dampf kann mit einem Wirkungsgrad in der Grössenordnung von 1/8 verstromt werden. Die restlichen 25% Effizienzsteigerung können als zusätzliche Wärme direkt verkauft werden.

Daraus ergibt sich bei 8200 Jahresbetriebsstunden eine **maximale Steigerung der Stromproduktion von 90 GWh_{el}/a** (+ 6% Stromabgabe aller KVA) und – wenn die Wärme ganzjährig als Bandlast verkauft werden kann – eine **maximale zusätzliche Wärmeabgabe von 240 GWh_{th}/a** (+ 9% Wärmeabgabe aller KVA).

In einer Auswertung der jährlichen Energiekennzahlenberechnung des BAFU und BFE bei Schweizer KVA (Internes Dokument BAFU, Rytec 2012) wurde über einen Best-in-Class-Ansatz ein zusätzliches Verstromungspotential von **gegen 55 GWh_{el}/a** ermittelt. Dies liegt zwar in einer ähnlichen Grössenordnung wie der über die obige Extrapolation der Grobanalysen ermittelte Wert, zeigt jedoch auch, dass **erst die fallweise Detailanalyse belastbare Aussagen möglich machen wird.**

3.2 Technische Lokalisierung der Effizienzpotentiale

3.2.1 Wärmenutzung

Auf den drei untersuchten Kehrichtverbrennungsanlagen wurden vor allem noch folgende grosse und noch ungenutzte Wärmequellen gefunden:

- Rauchgase vor dem Wäscher
- Latente Wärme der Rauchgase im Wäscher oder vor dem Kamin
- Rauchgase vor dem Kamin

Ungenutzte Wärmesenken für Abwärme sind hauptsächlich:

- Vorwärmung der Kondensate / Speisewasservorwärmung
- Fernwärmenetz
- Erwärmung der Primärluft

Generell sind auf den Schweizer Anlagen die erwähnten Bereiche noch nicht systematisch bearbeitet. Dementsprechend können die Resultate der Grobanalysen für eine Extrapolation auf den gesamten KVA-Park genutzt werden.

3.2.2 Stromproduktion

Die Grobanalyse hat sich gezeigt, dass auch in einer optimierten Turbinenauslegung bei vielen Anlagen ein substantielles Effizienzsteigerungspotential zu finden wäre. Die Anlagen haben sich über die Jahre verändert und entwickelt. Verbrennungslinien und Teile der Rauchgasreinigung wurden erneuert oder die Wärmeabgabe hat sich verändert. So stimmt die ursprüngliche Auslegung nicht mehr mit der Anlagenrealität überein. Diese Optimierungspotentiale können in der Grössenordnung von einem bis einigen wenigen MW_{el} liegen und sind in den obigen Tabellen nicht berücksichtigt.

3.2.3 Rauchgasreinigungsverfahren

In der Schweiz verwenden nur 6 von 30 KVA einen Rohgaskatalysator. Dieses Entstickungsverfahren hat gegenüber Reingaskatalysatoren und SNCR-Verfahren einen 2 bis 5 mal geringeren spezifischen Wärmebedarf. Dieses grosse Effizienzsteigerungspotential besteht auf vielen Anlagen und kann in der Grössenordnung von 0.6 - 2 MW_{th} pro Anlage liegen. Es lässt sich – wenn überhaupt – nur im Rahmen grosser Umbauten oder eines Linienneubaus realisieren. Es wurde im Rahme der Grobanalysen z.T. erwähnt, jedoch nicht weiter analysiert.

4 Nutzen der Pinch-Analyse

Die betrachteten KVAs stellen bezüglich einer Pinch-Analyse ein System mittlerer Komplexität dar, welches eine nicht unerhebliche, aber überschaubare Menge an thermischen Strömen besitzt. Die ganzheitliche Betrachtungsweise der Pinch-Analyse hilft in diesem Fall die thermischen Ströme systematisch zu erfassen, abzubilden und geeignete Massnahmen zur verbesserten Nutzung thermischer Energie abzuleiten.

Die Grobanalysen haben ergeben, dass die grössten Abwärmepotentiale immer etwa an den gleichen Orten zu finden sind, die Wärmesenken jedoch über die ganze Anlage verteilt sein können. Eine Analyse mit der Pinch-Methode bringt deshalb folgende Vorteile gegenüber punktuellen Massnahmen:

- Die thermischen Ströme werden systematisch erfasst. Die Systematik hilft dabei, alle Verbraucher und Quellen zu finden und in die Optimierung einzubinden.
- Betriebsbedingungen werden hinterfragt, was bereits zu Verbesserungen führen kann. Zum Beispiel konnten bereits während der Grobanalyse falsche Werte einer zentralen Messstelle aufgedeckt werden.
- Die strukturierte Vorgehensweise führt zu einer Betrachtung des Gesamtsystems. Dabei wird vermieden, dass Einzelbereiche optimiert werden und dadurch nicht das Optimum für das System gefunden wird. Auf einer Anlage wurden verschiedene Effizienzstudien vorgefunden, deren Massnahmen sich gegenseitig beeinflussen. Deren Wechselwirkung wird aber durch die Studien nicht ersichtlich und es war für den Betreiber schwierig ein optimales Set von Massnahmen daraus abzuleiten.
- Durch die «Modellierung» aller Wärmeströme lässt sich die gegenseitige Abhängigkeit der Massnahmen gut klären und das energetische Optimum finden. Dadurch kann auch der Einfluss von saisonalen Schwankungen besser abgeklärt werden. Ebenso können verschiedene Szenarien und Entwicklungsmöglichkeiten gegeneinander abgewogen werden (z.B. Leistungssteigerung der Fernwärme durch erschliessen neuer Abwärmequellen, Einbindung einer Wärmepumpe oder die Exergieanalyse zur Steigerung der Stromproduktion).

Die Grobanalysen haben gezeigt, dass die Pinch-Analyse auch in KVAs ein geeignetes Werkzeug bei der Energieoptimierung darstellt. Dies wird auch durch die Tatsache bestätigt, dass sich mittlerweile bereits zwei Betreiber entschlossen haben mit der Pinch-Methode weiterzufahren und auf ihrer Anlage eine Detailanalyse durchzuführen.

Während den Grobanalysen wurden auch Schwierigkeiten gefunden, welche bei der Implementierung von Massnahmen hinderlich sein können, jedoch keinen direkten Zusammenhang mit der Pinch-Analyse haben:

- Im Vergleich zu einem Produktionsprozess, wo die variablen Kosten für die Wärme sehr hoch sind (Dampfpreis etwa 60 CHF/MWh), sind die Wärmekosten in den KVAs meistens sehr tief. Bei KVA wird der Wärmepreis oft über den Erlös aus der Stromproduktion definiert. Aus 1 MWh_{th} ergibt sich maximal 0.25 MWh_{el}, was bei einem Preis von 65 CHF/MWh_{el} zu einem Wärmepreis von lediglich 16 CHF/MWh_{th} führt. Bei der Umsetzung von Massnahmen kann jedoch meistens nur Dampf mit einem noch tieferen Verstromungspotential eingespart werden, weshalb die generierten Einsparungen im Bereich von 8 - 16 CHF/MWh_{th} liegen. Die Wirtschaftlichkeit von Massnahmen wird dadurch erheblich reduziert, auch wenn rein thermisch gesehen ein grosses Potential vorhanden wäre.
- Die beschränkten Platzverhältnisse in gewissen Anlagen könnten eventuell Massnahmen unwirtschaftlich machen. Prozesstechnische Änderungen sind ausserdem relativ aufwändig zu realisieren (z.B. Schaltung des DeNOx vor dem Wäscher), weil dadurch sehr grosse Rauchgasleitungen gebaut werden müssen. Da die Anlagen eine sehr hohe Anzahl Betriebsstunden aufweisen, würden sich grosse Umbauten negativ auf die Auslastung auswirken.

5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Es hat sich während den Grobanalysen gezeigt, dass sowohl der umfassende und strukturierte Ansatz der Pinch-Analyse als auch die optimale Verknüpfung von Wärmequellen und -senken einen Nutzen bei der energietechnischen Analyse von KVAs bringt. Die Vielfältigkeit der Anlagen verlangt jedes Mal einen neuen Lösungsansatz, weshalb es schwierig sein dürfte, Standardmassnahmen zu definieren. Aufgrund der Grobanalysen können – bevor die Detailanalysen effektiv durchgeführt wurden – die Ausgangsfragen erst provisorisch beantwortet werden:

- Kann die Pinch-Analyse in bereits sehr effizienten Anlagen zusätzliches Energienutzungspotential aufdecken?

→ Ja, dies wird dank der stringenten Methodik möglich sein.
- Kann in Anlagen mit wenig externer Wärmenutzung durch die Pinch-Analyse zusätzliches internes Wärmenutzungspotential aufgezeigt werden und / oder die Stromproduktion gesteigert werden?

→ Ja, bei solchen Anlagen scheinen oft die internen Wärmesenken (inkl. einer optimierten Kondensataufwärmung nach der Turbinierung) zu wenig bekannt zu sein.
- Rechtfertigt sich der Aufwand für die Pinch-Analyse bei der systematischen und durchgängigen Optimierung von energetisch (noch) nicht optimierten Anlagen?

→ Ja, denn eine „konventionelle“ Optimierung kann die Anlage zwar ein gutes Stück vorwärtsbringen, doch Massnahmen erfolgen oftmals isoliert. Der Anlagenbetreiber als Besteller der Optimierung hat ohne die Pinch-Analyse keine Klarheit, wie weit er noch vom absoluten Optimalzustand entfernt ist.

Aufgrund der Resultate und Erfahrungen aus den Grobanalysen wird empfohlen, die Pinch-Analyse in der gleichen Art wie heute in der Prozessindustrie auch für die Energieoptimierung in KVAs als Werkzeug einzusetzen. Die Erfahrungen aus zukünftigen Detailanalysen werden es zudem erlauben, eine detaillierte Bilanz zur Leistungsfähigkeit der Pinch-Analyse auf KVAs zu ziehen.

6 Literaturverzeichnis

- 1) Simon Bachmann, Helbling Beratung + Bauplanung AG, Raphael Fasko, Rytec AG, KVA Turgi, Energiegrobcheck der Kehrlichtverwertungsanlage in Turgi im Hinblick auf eine Pinch-Analyse, 2013
- 2) Simon Bachmann, Helbling Beratung + Bauplanung AG, Raphael Fasko, Rytec AG, KHKW Hagenholz, Energiegrobcheck des Kehrlichtheizkraftwerks Hagenholz im Hinblick auf eine Pinch-Analyse, 2013
- 3) Raphael Fasko, Rytec AG, Simon Bachmann, Helbling Beratung + Bauplanung AG, KVA Linthgebiet, Energiegrobcheck der Kehrlichtverbrennungsanlage Linthgebiet im Hinblick auf eine Pinch-Analyse, 2013

7 Anhang – Zusammenfassende Resultat der drei Grobanalysen

Im Zeitraum zwischen November 2012 und August 2013 wurde jeweils auf der KVA Turgi (AG), der KVA Hagenholz (ZH) und der KVA Linthgebiet (GL) eine Pinch-Grobanalyse durchgeführt. Die gefundenen Potentiale rechtfertigten in allen drei Fällen eine Detailanalyse. Die Resultate wurden den Betreibern präsentiert und jeweils eine Detailanalyse empfohlen.

In der folgenden Zusammenstellung wird die auf den Anlagen gefundene, ungenutzte Wärme und die geschätzte realisierbare Wärmerückgewinnung (WRG) ausgewiesen. Das WRG-Potential bezeichnet ungenutzte Wärmequellen, für welche passende Wärmesenken gefunden werden können und deren Nutzung als technisch realisierbar und wirtschaftlich eingeschätzt wird.

Generell sind alle Werte durch die Natur der Analyse grobe Werte. Dabei ist speziell bei den Leistungsangaben der WRG-Potentiale Vorsicht geboten, da die Wirtschaftlichkeitsüberlegungen im Rahmen der Grobanalyse qualitativer Natur sind und die technische Realisierbarkeit und Investitionskosten nur grob abgeschätzt wurden.

7.1 KVA Turgi – 120'000 Jahrestonnen Abfall

Tabelle 3: Resultate Grobanalyse – Wärmenutzungspotentiale KVA Turgi

| KVA Turgi | Ungenutzte Wärmequellen | Realisierbare Wärmerückgewinnung (WRG) |
|---------------------------------------|------------------------------------|--|
| Rauchgase vor Wäscher | 2.0 MW _{th} | 1.5 MW _{th} |
| Latente Wärme im Wäscher | 2.5 MW _{th} | 0.5 MW _{th} |
| Rauchgase vor Kamin | 2.6 MW _{th} | 2.0 MW _{th} |
| Generatorabwärme | 0.15 MW _{th} | 0.15 MW _{th} |
| Total: | ca. 7.3 MW_{th} | ca. 4.2 MW_{th} |
| Potential / Kilotonne Kehricht | ca. 61 kW_{th} / kt | ca. 35 kW_{th} / kt |

- Die Turbine hat 8 Anzapfungen. Die Ermittlung einer optimalen Auslegung beim Turbinenerersatz könnte lohnend sein.
- In Turgi ist der Fernwärmebedarf grösser als die aktuelle Abgabe. Somit steht eine grosse Wärmesenke zur Verfügung.

7.2 KVA Linthgebiet – 120'000 Jahrestonnen Abfall

Tabelle 4: Resultat Grobanalyse – Wärmenutzungspotentiale KVA Linthgebiet

| KVA Linthgebiet | Ungenutzte Wärmequellen | Realisierbare Wärmerückgewinnung (WRG) |
|---------------------------------------|------------------------------------|--|
| Rauchgase vor Wäscher | 2.3 MW _{th} | 2.3 MW _{th} |
| Latente Wärme im Wäscher | 2.2 MW _{th} | 0.6 MW _{th} |
| Rauchgase vor dem Kamin | 2.6 MW _{th} | sehr ungewiss |
| Speisewasserentgasung | 0.15 MW _{th} | 0.15 MW _{th} |
| Diverses kleineres | 1.0 MW _{th} | 0.35 MW _{th} |
| Total: | ca. 8.3 MW_{th} | ca. 3.4 MW_{th} |
| Potential / Kilotonne Kehricht | ca. 69 kW_{th} / kt | ca. 28 kW_{th} / kt |

- Da die Turbine nicht am optimalen Lastpunkt läuft und über diverse Anzapfungen verfügt, wurde vorgeschlagen, für einen kommenden Ersatz eine optimale Turbinenauslegung zu ermitteln.
- In Niederurnen ist aktuell keine zusätzliche Wärmeabgabe möglich.

7.3 Kehrichtheizkraftwerk (KHKW) Hagenholz – 270'000 Jahrestonnen Abfall

Tabelle 5: Resultate Grobanalyse – Wärmenutzungspotentiale KHKW Hagenholz

| KHKW Hagenholz | Ungenutzte Wärmequellen | Realisierbare Wärmerückgewinnung (WRG) |
|---------------------------------------|------------------------------------|--|
| Rauchgase vor Wäscher | 6.2 MW _{th} | 6.2 MW _{th} |
| Latente Wärme im Wäscher | 4.6 MW _{th} | 0.8 MW _{th} |
| Speisewasserentgasung | 0.3 MW _{th} | 0.3 MW _{th} |
| Diverses kleineres | 0.5 MW _{th} | 0.15 MW _{th} |
| Total: | ca. 11.6 MW_{th} | ca. 7.5 MW_{th} |
| Potential / Kilotonne Kehricht | ca. 42 kW_{th} / kt | ca. 28 kW_{th} / kt |

- Zur Nachentspannung wurde vorgeschlagen die Auslegung einer zusätzlichen Turbinenstufe zu prüfen. So könnten bis zu 2.8 MW_{el} zusätzlicher Strom gewonnen werden.
- Im Hagenholz ist der Fernwärmebedarf grösser als die aktuelle Abgabe. Somit steht eine grosse Wärmesenke zur Verfügung.