

# **Eindämmung MVA-spezifischer Korrosion: Betriebsorganisation, Instandhaltung, Prozessführung**

Franz W. Albert, Mannheim

(Eine Version dieses Beitrags wurde veröffentlicht in: Born, M. (Hrsg.): Dampferzeugerkorrosion 2009. Freiberg: SAXONIA, S. 51-72)

## **Zusammenfassung**

Die Ursachen für Korrosion sind nicht monokausal und noch nicht ausschließlich naturwissenschaftlich herleitbar. Unternehmensform, Betriebsorganisation, Brennstoffmanagement, Instandhaltung, organisatorische Zuordnung der Brennstoffbeschaffung und wesentlich natürlich die Prozessführung haben Auswirkung und Einfluss auf Auftreten, Heftigkeit des Verlaufs oder Minderung der Korrosion. Die Konstruktion und Auswahl der Dampfparameter sowieso, aber das ist ein anderes Thema. Es ist notwendig, alle im operativen Bereich einer MVA/EBS/Biomasseanlage Beschäftigten auf ein Wissensplateau zu heben, von dem Merkmale für Korrosionsbegünstigung oder Korrosionsbeschleunigung erkannt werden, bevor der Verdampfer oder die Überhitzer aufgezehrt sind. Erkennen ist gut, aber Maßnahmen zu beherrschen, die zur Korrosionsvermeidung führen, ist besser. Instandhaltung ist integraler Bestandteil der Prozessführung. Gezeigt wird, dass schon das gängige Brennstoff-Bunkern das Korrosionspotential anhebt. Die Anwendung einer effizienten Theorie: „Wärmestromdichte und Korrosion gehen parallel“, umgesetzt mit einfachen Sensoren, erlaubt es mittlerweile, im Betrieb bisher nicht wahrnehmbare Abzehrungen aufzuspüren und die Ursache im Rahmen einer guten Betriebsführung abzustellen. Nach einer Saulus-Paulus-Erkenntnis setzt sich der Verfasser vehement für die überstöchiometrische Verbrennung auf dem Rost ein. Weil damit die Bildung von wertvollstem  $\text{SO}_3$ , der Quintessenz der Korrosionsvorbeugung, begünstigt wird.

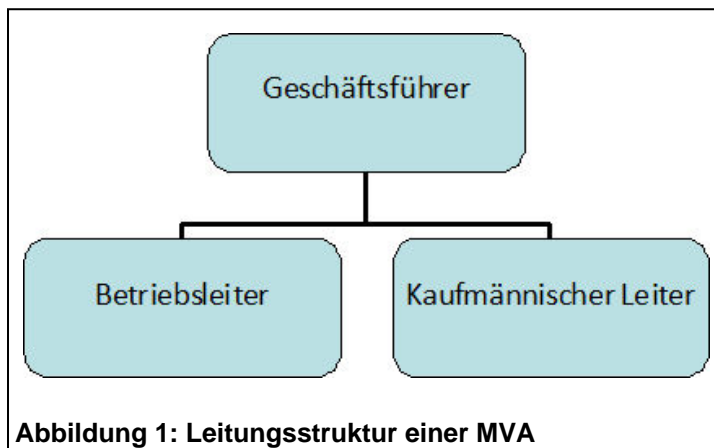
## **1. Betriebsorganisation**

Warum wurde der VFL Wolfsburg unter Felix Magath 2009 Deutscher Meister? Weil Magath in Personalunion Geschäftsführer und Manager und Trainer war und damit seine Vorstellung ohne wadenbeißende Beckmesserei verwirklichen konnte. Bei Klinsmann haben die Vereinsvorstände und Manager den Spielern immer zu verstehen gegeben: Nehmt ihn nicht ernst, wir tun es auch nicht. Nicht nur im

Marxismus auch bei der Ursache von Korrosionen gibt es Schäden, die dem Überbau zu verdanken sind.

MVA sind schon sehr unterschiedlich aufgehängt:

- als Eigenbetrieb einer Kommune(n) oder eines Landkreises(en)
- als Geschäftsbereich innerhalb von großen Energieversorgungsunternehmen
- als private Gesellschaft mit dem Ziel einer hohen Kapitalrendite



Meistens sind Geschäftsführung und der operative Teil der Betriebsführung (**Abb. 1**) getrennt. Der Geschäftsführer ist gegenüber den Bevollmächtigten der Eigentümer berichtspflichtig.

Glücklich die Anlagen bei denen der Geschäfts- bzw. Betriebsleiter bzw. Prozesstreiber in Personalunion verbunden sind, das sind die Magaths, oder bei denen der Geschäftsführer über eine naturwissenschaftliche Ausbildung verfügt.

Weniger glücklich, wenn die Denkschule des Geschäftsführers im öffentlichen Dienst begründet ist.


Ganz unglücklich sind die Prozesstreiber der Anlagen mit ausschließlich gewinnorientiertem Geschäftsmodell, denn mehr ist nie genug.

Woher kommt die Einschätzung? aus Erfahrung und der Auslegung des Satzes von Karl Kraus, dass nichts Deutsche und Österreicher mehr trennt, als die gemeinsame Sprache. Das gleiche gilt auch für Betriebswirte/Beamte vs. Ingenieure.

## 2. Geschäftsführung

Da werden Verwaltungs- und wirtschaftliche Abläufe in Prozesse aufgeteilt und mit diesem Schema, denken die Master oft the Universe, ist es gleichgültig ob eine Wurstfabrik oder eine Bank oder eine Müllverbrennung zu steuern ist. Es kommt Geld raus, wie man gesehen hat, verbrennt die Bank dann die Wurst in der Müllverbrennung.

Es ergehen einige, dem Techniker nicht nachvollziehbare Entscheidungen, so werden Gelder für Reparaturen in scheinbarer Großzügigkeit zur Verfügung gestellt, nicht wirklich großzügig, aber im Vergleich. Gelder für grundlegende Maßnahmen, die einige schwerwiegende Mängel abstellen könnten, aber konsequent verweigert. Unverständlich für den technischen Haufen. Worin liegt die Erklärung, die Erklärung nennt sich Kapitalrendite **der ROI (der Return on Investment, Abb. 2).**


$$\text{ROI} = \frac{\text{Gewinn}}{\text{Gesamtkapital}}$$

**Abbildung 2: Kapitalrendite**

Die Kapitalrendite ist der Kehrwert des Luthersatzes:

**Was hülfe es mir wenn ich die ganze Welt gewönne und nehme doch Schaden an meiner unsterblichen Seele.**

Bei wirklichen Managern ist das umgekehrt. Nach IAS muss die o.g. Verbesserung der Anlage u.U. aktiviert werden, der Aufwand wird dem Eigenkapital zugeschrieben. Damit fällt die Eigenkapitalrendite. Eher geht ein Kamel usw. ... Welch hohe Kapitalrendite in Kauf genommen wird, wird bei Dr. Ackermann, dem Chef der Deutschen Bank, überdeutlich. Die Deutsche Bank hat ein Eigenkapital von 38 Mrd. Euro. In Aussicht gestellt wird eine Eigenkapitalrendite von 25%. Um dieses Ziel zu erreichen, wird ein Rad mit 2000 Mrd. Euro gedreht, der sog. Leverage Effekt oder Hebel. Mit dem Hebel genügt ein Gewinn von ca. 5 ‰ um die gewünschte Kapitalrendite darzustellen.

Der Jahresplandenker, der den Technikern in Aussicht stellt, dass es, wenn die für den Kessel eingestellten Gelder verbraucht sind, keinen Nachschub geben wird. Es kommt einer Meuterei gleich, wenn die Techniker unbeeindruckt dann natürlich und berechtigt, aber böswillig, die sichere Einstellung des Betriebs vorhersagen.

Nach der wirklichen und wahren Exekution der TASI zum 1.06.2005, an die eigentlich niemand vorher glaubte, werden die Anlagen nun oft von Managern geführt, welche

den auf einem Gesetz beruhenden Goldregen ab 2005 auf das eigene exzellente unternehmerische Handeln zurückführen.

Hat der Geschäftsführer, der Manager eine maximierte Rendite in seiner Zielvereinbarung fest geschrieben, dann wird es schwierig mit Ersatzinvestitionen. Der Verantwortliche akzeptiert eher hohe laufende Kosten, als dass er sich auf eine Investition einlässt, die ihm die Kennziffer verschlechtern. Oder ist der Verantwortliche auf dem Sprung zu einer verbesserten Position, dann kann der Anlage die Politik der verbrannten Erde a la Middelhoff drohen.

Bei angelsächsisch orientierten Unternehmen hat der große Fake, der Quartalsbericht, eine schicksalhafte Bestimmung im Umgang mit Wahrheiten. Er fördert Unaufrichtigkeit und Intrigen, denn der Berichtfertiger muss für seinen Verantwortungsbereich ausschließlich sinnfällige ERFOLGSMELDUNGEN für Gegenwart und Zukunft komponieren. Selbstverständlich sind gleich die Konstellationen voraus zu denken, wie absolut unvorhersehbare Ereignisse, die den an sich stimmigen Forecast vereiteln und den Verfasser ohne Ohrenknick den Ausgang finden lassen. Der Quartalsbericht ist zum größten Teil, neben dem schon erwähnten Intrigantenstadel, für Menschen, die an sich schon nicht über Arbeitsmangel zu klagen haben, eine zusätzliche Arbeitsbeschaffungsmaßnahme. Für die Erstellung müssen, wenn die 24 Stunden des Tages nicht reichen, dann eben noch die 12 Stunden der Bismarck'schen Nacht genutzt werden. Zeit, die der technischen Anlage, dem Kampf gegen Korrosion nicht mehr zur Verfügung steht. So wie es 1789 den Terror der Tugend gab so gibt es in der Wirtschaft den Terror des Quartalsberichts. Frei nach Wiedeking verleitet der Quartalsbericht zur Unaufrichtigkeit. Man kann natürlich auch ohne Quartalsbericht scheitern, oder aber auch nach 32 Jahren mit einer lückenlosen Kette Erfolg verheißender Quartalsberichte einen Weltkonzern wie GM (Chairman Wagoner ) an die Wand fahren.

### 3. Einkauf/Beschaffung

Eigentlich ist Beschaffung nicht Sache des Betriebes, sondern Einkauf ist eine Dienstleistung für den Betrieb, so sollte es jedenfalls sein.

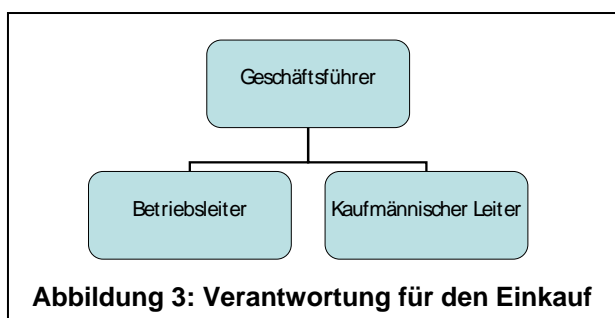
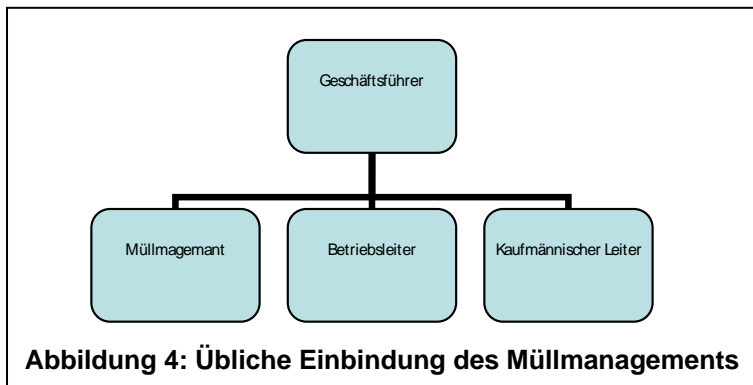


Abbildung 3: Verantwortung für den Einkauf

Erteilt ein ferner Zentraleinkauf (**Abb. 3**) Aufträge nach Gesichtspunkten der Billigkeit wäre das nicht die schlechteste Entscheidungsgrundlage, aber der unabhängige Einkäufer vergibt an den Billigsten, was nicht das gleiche ist. Weil der Einkäufer seine Streicheleinheiten eben nicht durch den Geschäftsführer oder Prozesstreiber der Müllverbrennung bekommt, sondern von seinen unmittelbaren Chefs. Und er bekommt, im ersten Lauf, mehr Streicheleinheiten, wenn er an einen Anbieter vergibt der bei Cladding 30% günstiger ist, aber dafür nur einlagig oder falsch zweilagig claddet. Letzteres versteht er, der Einkäufer natürlich nicht. Außerdem ist das sicher nur eine geschmackliche Liebhaberei des IH Leiters der MVA. Oder die besonders günstige Feuerfestzustellung, mit Garantie natürlich, dass die Rohstoffe aus China importiert wurden und einen höheren Gehalt an freiem Silizium enthalten, na ja. Sicher ist der Erfolg dieses Einkaufs auf den Cent genau nachweisbar, welche Kosten, aus der Leistung des Einkaufs begründet, vermieden werden konnten. Aber, wenn der Einkauf organisatorisch und räumlich direkt mit der Anlage verbunden wird, dann werden ihm auf dem Weg zur Kantine die Meister der IH deutlich machen, dass die Vergabe des Claddings an den „Billigheimer“ nicht die zielführende Entscheidung war. Der Einkäufer, der die Roststäbe um dreißig Prozent günstiger beschafft streng nach der Spezifikation, die Standzeit abgesichert durch einen perfekten Vertrag mit „lebenslanger“ Garantie, die aber leider nicht gezogen werden konnte weil es dem Betriebsleiter natürlich nicht möglich war den vertraglich vereinbarten Brennstoff einzusetzen bzw. nachzuweisen bzw. das Brennstoffmanagement sich außerstande sah genau diesen Brennstoff zu beschaffen. Wozu führt das? bei optimierten Unternehmen dazu, den Einkauf in die Organisation der MVA zu integrieren.

#### **4. Müllmanagement (Brennstoffbeschaffung)**

Wenn die MVA derart konzipiert wurde, ausschließlich den aus dem Umland anfallenden Brennstoff, bevorzugt Hausmüll, und den Gewerbeabfall bekannter Unternehmen durchzusetzen, dann kann bis auf die Störgrößen Gesetzgebung und Änderung der Abfallsatzungen mit den Brennstoffeigenschaften kalkuliert werden. Man kennt irgendwann seine „Pappenheimer“. Ist ein Abfallmanagement mit der Beschaffung von Brennstoffen beauftragt, dann ist ein gewaltiger administrativer Schritt in Richtung Korrosion schon gemacht (**Abb. 4**). Der Erfolg des Abfallmanagements besteht darin, möglichst viel Brennstoff mit möglichst hoher Zuzahlung zu akquirieren. Bei knappem Brennstoff werden auch Lieferungen nahezu beliebiger Qualität zu einem Preis angenommen, der bestenfalls Deckungsbeiträge zum Ergebnis beisteuert.



Der Erfolg des Betriebs und der Erfolg des Abfallmanagements sind leider nicht deckungsgleich. Der Abfallmanager unterstellt häufig bei Ablehnung von Brennstoffchargen, obwohl damit doch eine so wunderbar hohe Zuzahlung verbunden ist, dem Betriebsverantwortlichen Unwilligkeit oder die den Technikern eigene Bedenkenträgeri.

Nicht ganz zu Unrecht; die Niederlagen im Korrosionsgeschäft führen bei den Betroffenen zu einer mittelschweren Paranoia gegenüber auch nur möglichen Korrosionen.

Die Ablagerungen auf den Rohren bilden das integrale Gedächtnis des Kessels ab und dieses Gedächtnis vergisst nichts, keine schnell und günstig beschaffte Charge Brennstoff, für die es doch eine so schöne Zuzahlung gab, keine leichtfertig gefahrene Unterstöchiometrie um den Wirkungsgrad anzuheben, oder weil die Gebläse ausgefahren waren und auch keine Ladung Papierschlamm (mit Calciumträgern), die zur vollständigen Überführung von allem und in jeder Form vorliegendem Schwefel in Calciumsulfat führte.

Da Müllmanager häufig kennzahlenfixiert sind, werden vom Betrieb Kennzahlen eingefordert: Wie z.B. wirkt sich der erhöhte Anteil an Zink in dieser wunderbaren Lieferung von Shredderleichtfraktion korrosiv aus? Welche Abzehrung des Überhitzers in Millimeter je 1000h sind zu kalkulieren? Noch besser, wie steigen die IH-Kosten durch diese Charge an, bitte in Euro je Tonne Brennstoff?

Das Idealbild bei der Brennstoffbeschaffung wäre Einsicht und Einwirkung des Prozesstreibers auf den Brennstoffweg, von der Entstehung des Abfalls über den Transport bis in den Bunker. Das widerspricht dem Gedanken eines Brennstoffmarktes, aus dem sich ein Brennstoffmanagement bedient, die unsichtbare Hand des Marktes eben, die alles richtet. Ist das Müllmanagement nicht dem Betrieb angegliedert, sondern dem Geschäftsführer unterstellt, gibt es keine ganzheitlich orientierte Entscheidungsebene. Abhängig von der Zuzahlung werden einige Male Shredderfraktionen den Bunker erreichen, deren Zinkchlorid nicht nur den Gewebefilter blockieren, sondern auch die Kesselwände zernagen. Das gleiche gilt natürlich auch bei Biomasseanlagen, wenn der betriebswirtschaftlich ausgebildete Betreiber den Prognosen zu Beginn der Biomasseeuphorie vertraute und unendliche Mengen

naturbelassenen Holzes erwartet, und dann bei leergefegtem Brennstoffmarkt, gegen den Rat der Betriebsleute, alles an Brennstoff annimmt, was auch nur entfernt nach Holz aussieht. Auch die mit Bleicarbonatfarbe (Bleiweiß) angemalten Fensterrahmen, worauf Bleichlorid selbst Verdampferrohre anlöst und am Brennstoff anhaftendes Restglas mit dem hässlich niedrigen Schmelzpunkt bei WSF Bettschweine produzierte und bei Wurfbeschickung die honigzähe Schmelze von den Wänden der Feuerung auf den Rost glibberte.

Das Desinteresse des Brennstoffmanagements an betrieblichen Abläufen kann soweit gehen, dass bei einem Bunkerbrand im Ostende des Bunkers während Feuerwehr und Betriebsmannschaft ihr Äußeres tun, um den Brand zu löschen, der Tormeister am Westende den Bunker weiter beschickt, weil das ja seine Aufgabe ist und er für die wartezeitfrei eingebrachte Müllmenge bezahlt wird. Hat mit Korrosion nur so viel zu tun, dass die Einweiser in dieser Struktur anlagenschädlichen Müll nicht „sehen“.

Der Begriff Zertifikat hat nicht nur im Zusammenhang mit Banken und Finanzgeschäften eine zwielichtige Bedeutung erhalten, zertifizierte Brennstoffe Altholz oder EBS haben oft seltsame Anmutung. Dem Verfasser sind in den letzten sechs Jahren zertifizierte Brennstoffe unter die Augen gekommen, die an vieles erinnerten nur nicht an zertifizierten Brennstoff. Die Manager weisen auf, durch Verträge gesicherte QS hin, nach DIN ISO 9000 z.B., und dass die Anlage laufen muss, im Realfall der Permanenzperiode wird also das verfeuert, was verfügbar ist.

## **5. Betrieb**

Der stete Schritt des Herrn düngt den Acker; das ist in einer MVA nicht anders. In einem konsequent eingehaltenen täglichen Rundgang sollte vom Betriebsleiter der Bunker eingesehen werden: Blick in die Feuerung, auf die Schlacke, die Warte muss in Augenschein genommen werden. Zur quantitativen Beurteilung sind tagesaktuelle Werte einzusehen, die zu erstellen, mit PLS, nach dem Stand der Technik keine wirkliche Aufgabe darstellt. Bei dem Schichtbuch scheiden sich die Geister. Die Prozeßleittechnik kann in Kurven und Tabellen Übersichten über die letzten 24 h die letzten sieben Tage usw. darstellen. Anfahrgrafiken, Verbrauch fossiler Brennstoffe, Additivverbrauch, Brennstoffanlieferung, Reststoffanfall und Durchsatz und Leistungsexkursionen. Das sind allerdings Daten und noch kein Wissen. Für den täglichen Kontakt beim „Morgengebet“ mit dem Schichtleiter, den Betriebsingenieuren und Meistern müssen die Zahlen und die Ereignisse zusammengeführt werden. Das Wissen um die Ursache und Wirkung von Korrosion ist möglichst breit in den Mannen zu verankern. Um dem Schichtleiter, Meister, Schichtvorarbeiter, welchen Namen die Position auch trägt, seine eigene Auffassung, seine Beobachtungen über das Betriebsgeschehen formulieren zu lassen, ist ein

Schichtbericht notwendig. Der Geradeausbetrieb ist derart stupid, dass auch oder gerade der beste Mann wegen Unterforderung unbrauchbar werden kann. Es hilft den Beteiligten, auch der Anlage, in einem Schichtbuch Besonderheiten, Vorkommnisse und Beobachtungen rückholbar zu beschreiben. Mit Stichworten und in einfachen Formulierungen, auch wenn noch keine explizite Theorie zur Erklärung der Phänomene zur Hand ist. Die Schichtleiter sind deshalb anzuhalten, den Verlauf ihrer Schichtperiode strukturiert zusammenzufassen, u.U. die einzige Abwechslung in einer Schicht mit Volllast-betrieb. In Kraftwerken können die Datenfriedhöfe, Berichte und Aktennotizen auf bedrucktem Papier in Kubikmeter, Tonnen, laufende Kilometer toten Papiers mit nicht mehr zugänglichen Informationen gewichtet werden und das bei dem heutigen Stand der IT, bei spottbilligem Speicher und Programmen, die maschinelles Lesen erlauben.

## 6. Instandhaltung ist integraler Bestandteil der Prozessführung

Instandhaltung ist integraler Teil der Prozessführung, ohne intelligente Instandhaltung keine Verfügbarkeit und kein Nachjustieren der Anlage über den Errichtungsstand hinaus. Betriebsleiter und LI begegnen sich auf Augenhöhe, letzte Entscheidungen trifft jedoch der Betriebsleiter. Es kann demnach nicht sein, dass hierarchisch (heilige Ordnung) der Betrieb und die Instandhaltung unter dem Geschäftsführer in einer Ebene gleichrangig agieren. Die Instandhaltung ist Dienstleister des Betriebs. Es muss einen betriebsorientierten Entscheider geben, der Maßnahmen im Interesse eines hochverfügbaren wirtschaftlichen Betriebs letztlich anweist oder unterbindet. Die ersten, die in den ungereinigten Kessel zu Beginn einer Revision einsteigen, mit oder kurz nach den Gerüstbauern, sind der Betriebsleiter und der Instandhaltungsleiter. Ungereinigt, weil der Betrieb sehen muss, was er gefahren hat und die Instandhaltung was jetzt zu tun ist. Ungereinigt, weil der Kessel so Ablagerungen, Strömungslinien, Korrosionsprodukte unverfälscht zeigt, Abreinigung oder schlimmer Sandstrahlen ist wie Schminken, der Kessel wird maskiert. Instandhaltung darf auch nicht nur im stupiden Wiederholen, im Erneuern (neu für alt) bestehen. Das hätte nämlich bedeutet, kein Cladding, keine Plattenzustellung, kein Thermisches Spritzen, keine hinterlüfteten Platten.

Als eine wesentliche a priori Maßnahme der Instandhaltung zur Korrosionsbekämpfung **vor dem ersten Feuer** ist die Organisation von Wandstärke-Messrastern, die über Verdampfer und Überhitzer gelegt werden. Andernfalls sind Korrosion, Korrosionsgeschwindigkeit und Korrosionsschwerpunkte nicht mehr objektivierbar. Der Berichtersteller hat Anlagen kennengelernt, die über einige Jahre keine Korrosion hatten, weil nicht gemessen wurde, weil zu teuer. Bei Überhitzern sind Rohrstücke aus zeitstandsmäßig exotischen Werkstoffen einzubauen: TP 347 HFG oder AC 66 oder gecladdete Rohre oder mit thermischen Spritzschichten geschützte Rohrstücke oder Compoundrohre. Es können noch mehr und zusätzliche Werkstoffe



sein, weil von den Wadenbeißern immer gerade die nicht eingebauten Werkstoffe als ideales, beständiges Material eingeschätzt werden, aber eben erst nachträglich. Diese Werkstoffe sind aber voreilend einzubauen, **vor dem ersten Feuer**. „Sind“ nicht „man sollte“. Es ist ein Kunstfehler nach einem Jahr festzustellen, dass der mehr oder minder warmfeste Stahl gegen Korrosion doch nicht die Beständigkeit zeigt, wie es im Vertrag festgehalten wurde, 16000 Bh beispielsweise. Nach dem Schaden steht doch die Entscheidung an: Was machen wir jetzt und wenn dann keine voreilend belasteten Exotenwerkstoffe zur Hand sind, dann ist jede Auswahl russisches Roulette. Nur hier, im Kessel, muss die erste Kugel auch treffen.

Mindestaufgabe der Instandhaltung ist, den notwendigen Verschleiß-Vorrat in die Anlage zu verbauen, der dann im Betrieb aufgezehrt wird. Also vorbeugende Instandhaltung. Die zustandsbezogene Instandhaltung ist aus betriebswirtschaftlichen Überlegungen geboren (sind künstliche Hüftgelenke für 85jährige verantwortlich?). Gibt der wirtschaftlich Verantwortliche für die Anlage die Losung zustandsbezogene Instandhaltung oder vorbeugende Instandhaltung aus, ist er im ersten Fall Betriebswirt im zweiten eher Ingenieur. Die schwarzen Garden von Roland Ärger und „keiner prüft mehr genau“ haben um den Jahrtausendwechsel gestandenen Kraftwerks-Ingenieuren, wegen deren Beharren auf vorbeugende Instandhaltung, die Lebensleistung verächtlich gemacht. Krümmel oder allfällige Achsbrüche signalisieren spektakulär, wohin die zustandsbezogene IH-Ideologie (von der Hand in den Mund) führt.

Keine Anlage ist bei der Inbetriebnahme optimiert, über Jahre ist die ursprüngliche Konstruktion anhand der Beobachtungen im Betrieb und bei den ersten Begehungen bzw. nach Befundaufnahme zu verbessern und weil sich die Welt auch außerhalb der Anlage verändert, muss sich auch die Anlagentechnik dem sich unentwegt mutierenden Brennstoff anpassen.

## **6.1 Müllgefeuerte Dampferzeuger sind selbstlernende Einheiten**

Müllgefeuerte Dampferzeuger sind selbstlernende Einheiten. Fehlerhafte oder ungeeignete Konstruktionen oder Werkstoffe eliminieren sich meist selbst.

Schnell durch Selbstaflösung zu erkennen sind

- **unzureichende Konstruktionen**
- **unzureichende Werkstoffe**
- **unzureichende handwerkliche Umsetzung**
- **unzureichende Prozessführung**
- **überflüssige Bauteile**

### 6.1.1 Rostkühlband

Gelegentlich ist in Anlagen noch das nostalgische Rostkühlband zu finden. Das Band soll den Rost vor dem brennenden Müll schützen, sonst fürchtet sich der Rost nämlich. Der Berichterstatter hat solche Rostkühlbänder bei Altanlagen auch „geerbt“. Das Erbe bestand aus Stillständen und Reparaturkosten. Die Bänder wurden demontiert und durch eine gemauerte SiC Wand ersetzt, war richtig aber noch nicht so ganz. An die Wand setzten sich Schlackewechten, die bis zu 1,5 m quer in die Feuerung ragten, da kam kein Brennstoff mehr vorbei. Die vorläufige Lösung bestand darin, die Mauerung zweischalig auszuführen und den Hohlraum mit Primärluft in Überdruck zu halten. Es war keine Kühlluft, die Wärmekapazität von Luft liegt bei  $c_{pL} = 1,005 \text{ KJ/kgK}$  damit kann man nicht wirklich kühlen. Die endgültige Lösung waren neue zum Rost gezogene Brennkammerseitenwände, die heutige, bei nahezu allen Anlagen gewählte, Standardlösung. Will sagen Rostkühlbänder sind wie mechanische Uhrwerke: interessante, wohlgeformte, handwerklich anspruchsvolle, nostalgische, aber überflüssige teure Liebhaberei.

### 6.1.2 Feuerfest

Die Instandhaltung ist notwendigerweise auch der große Korrektur von Parallaxenfehlern im Projektstadium. Man erinnert sich, da wird z.B. der Heizwert des Regelbrennstoffs im Projektstadium bis an die Grenzen des Denkbaren ausgeweitet. Zum Ausgleich wird der Auftragnehmer mit Pönalen bei Überschreitung des garantierten Verbrauchs von fossilen Brennstoffen für die TAL Brenner/ Behördenbrenner bedroht. Wie reagieren die Konstrukteure? Sie dämmen die Feuerung exzessiv und der Betrieb, der Prozessführer wundert sich, warum er eine Schmelzkammerfeuerung betreiben muss, die auch mit allen Luftführungstricks nicht in eine trockene Feuerung zu überführen ist. Dass die aufgehende nackte Brennkammerwand auf die wenig zielführende Auslegung selbstlernend mit Schwund reagiert, darf nicht wirklich verwundern. Die richtige Reaktion der Instandhaltung in Anleitung durch den Prozessführer besteht in der Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit bzw. Wärmeabfuhr aus der Feuerung u.U. bei Taillensteinen Umstellung auf Membranwand. Mit der geänderten Wärmeführung sind Zustellung und Feuerraumwände trocken.

**Feuerfest ist kein hinnehmbares Schicksal, Feuerfest ist eine Variable der Kesseloptimierung.**

**Feuerfest ist eine Stellschraube zur Temperatur- und Wärmeführung und damit auch zur Korrosionsminderung.**

### 6.1.3 Gitterrohre

Wenn den Kesseln schon eine materielle Intelligenz zugebilligt wird, dann zeigen sie das ganz deutlich bei den sowohl strahlungs- wie konvektiv extrem beheizten Gitterrohren, die, dem Hauptsatz der Korrosion widersprechend, gelegentlich doch erodierenden Gitterrohre. Diese müssen in einem Sichelschnitt der vernunftgeführten Instandhaltung entfernt werden. Das Sattwasser-Sattdampf-Gemenge, das natürlich irgendwie zur Trommel gelangen muss, kann sinnvoller in nichtbeheizten, links und rechts außerhalb des Kessels geführten Überstromrohren, vom Trennwandsammler Brennkammer/2. Zug zur Trommel geführt werden. **(Abb. 5)**

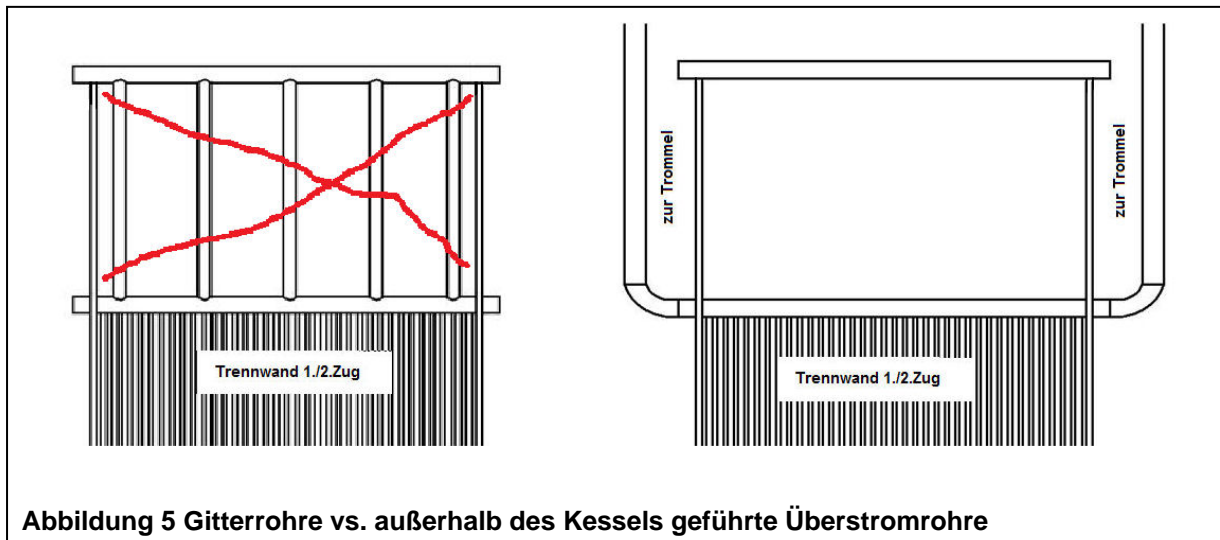


Abbildung 5 Gitterrohre vs. außerhalb des Kessels geführte Überstromrohre

### 6.1.4 Überhitzer

Ein weiteres Verschleißteil sind die Überhitzer, vor denen gelegentlich mächtig eingespritzt werden muss. Da ist doch

1. etwas zu viel Rohr im Kessel

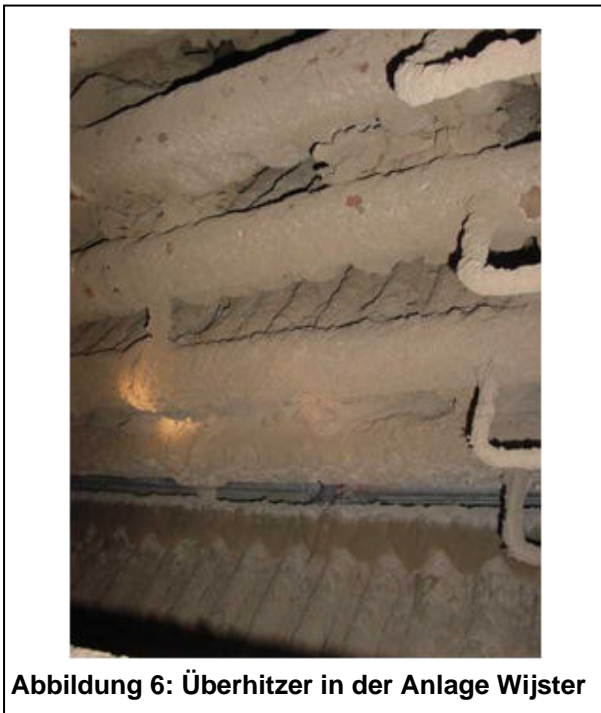
und da wird

2. Speisewasser an der falschen Stelle eingesetzt.

Wasser, das dem Eco verloren geht und Entropie erzeugt und Enthalpie vernichtet. Da Müllkessel zwar über eine Feuerungsleistungsregelung geregelt werden und der Betreiber gottfroh ist wenn diese bestimmungsgemäß den Brennstoff ausregelt, aber da käme doch niemand auf den Gedanken einen müllgefeuerten DE als Regelkessel in Teillast zu betreiben. Müll-Biomasse EBS gefeuerte Kessel sind Einpunktkessel: Wenn es bei der vertraglichen Vereinbarung Gewohnheit ist, den Dampfparameter Temperatur ab 70% DE pönalisiert einzufordern, dann werden einige viele Überhitzerrohre bei 100% schlicht überflüssig. Diese Rohre werden zum einen extrem beheizt zum zweiten durch Einspritzung geschützt und man betrachte den Anstieg der spez. Wärmestromdichte und die Abzehrung der Rohre. **Was nicht notwendig ist, muss weg.**

Die zweifelsohne mit Klopffwerken gut abzureinigenden Rohrharken in den Horizontalzugkesseln bewirken bei Reparaturbedarf auch eine massive Ernüchterung besonders, wenn sich die Reparaturstelle in der dritten oder vierten oder n-ten Rohrreihe von der Zugangsseite aus befindet. Das ist keine Frage der Prozessführung, sondern ein Problem der Prozessführung, weil sich der Prozess eben um die Zeit, welche die Reparatur länger, als bei einem Rohrbündel aufgehängt an Tragrohren länger dauern als bei Rohrharken, nicht betreiben lässt. „Aufgehängt“ war das Stichwort nicht „eingehängt“ das eingehängte, an den Verdampferwänden eingehängte, Bündel ist den Rohrharken vergleichbar reparaturunfreundlich es sieht nur so ähnlich aus wie ein Tragrohrbündel. Niederländer verdienen wegen ihrer pragmatischen Grundeinstellung Bewunderung, die bessere Lösung ist immer die unkompliziertere Lösung, während wir Deutsche immer in, nicht komplizierte aber, komplexe Aufbauten verliebt sind. Die letzte Kilowattstunde, der eigentlich nicht vertretbare Druck, die Temperatur über dem Limit. Das ist der deutsche Idealismus, der auch im 21. Jahrhundert noch tief drinnen verankert ist.

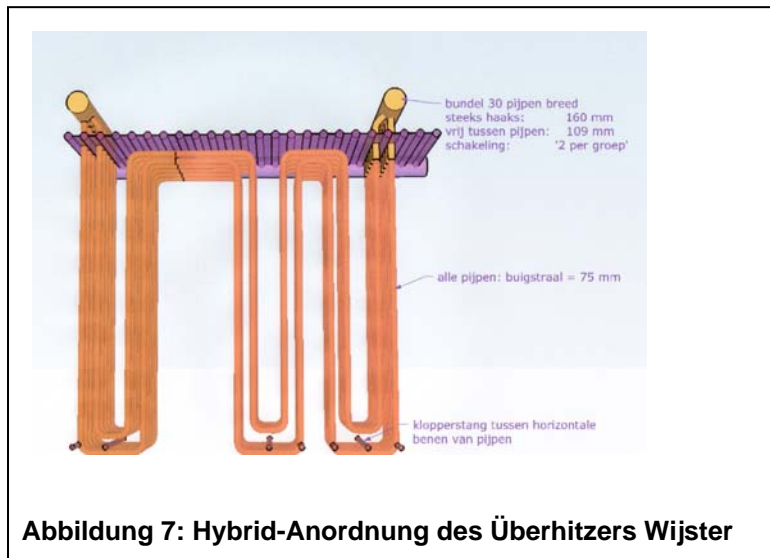
Bei dem Überhitzer in der niederländischen Anlage Wijster **/1/** haben die Rohrharken **Abb. 6** und die flächige Überdimensionierung einen nicht zu tolerierenden Reparaturaufwand auf sich gezogen, trotz allen Prozessführungsbemühungen.



**Abbildung 6: Überhitzer in der Anlage Wijster**

Was haben die Betriebsverantwortlichen beschlossen: Den **Überhitzer in Bauart „hybrid“ (Abb. 7)** auszuführen, einen über der Decke angeordneten Eintrittssammler und einen über der Kesseldecke angeordneten Austrittssammler. Dazwischen die um 25% verkleinerte noch notwendige Austauschfläche in

phantasievoller, mit 30% vergrößertem freien RG-Querschnitt, Rohrschlangenführung geordnet. Die Rohrscheiben sind so verklammert, dass der Hammer der Klopfreinigung das Bündel insgesamt zum Schwingen anregt. Und wenn sich gelegentlich wieder eines der Rohre nicht bestimmungsgemäß öffnen sollte, dann sind die Rohre entweder zur Seite zu biegen, oder am Austrittsammler und Eintrittsammler wird jeweils ein Rohr vom Nippel getrennt, dicht geschweißt und weiter gefahren – der nächste geplante Stillstand kommt sicher.



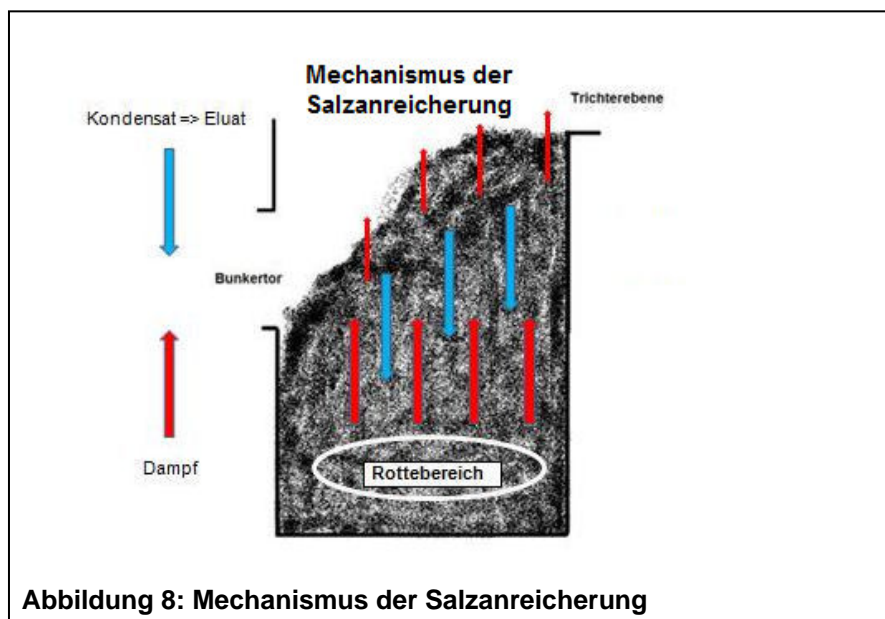
## 7. Prozessführung

Der Betriebsführer muss die Freiheit haben mit der Anlage zu spielen, eigene Ansichten zu überprüfen, sozusagen mit Einstein auf dem Lichtstrahl reiten. Sonst wird da nichts außer technischer Buchhaltung. Es gibt einen Stand der Technik, der aber ist nie abgeschlossen, weil sich der Brennstoff ständig ändert oder geändert wird, oder weil neue Erkenntnisse nachwachsen. Wer hat vor zehn Jahren an die ubiquitäre Verbreitung von EBS Anlagen gedacht, oder dass mit Biomasse gefeuerte Anlagen Korrosionsprobleme aufweisen, die sich nicht wesentlich von mit Abfall befeuerten Anlagen unterscheiden. Es gibt Behauptungen, die wahr sind, aber nicht wirklich, es gibt Behauptungen die sind nicht wahr, sind aber wirklich. Eher selten sind Hypothesen, die sowohl wahr sind und wirklich. Der Cremonaplan z.B. ist nicht wahr aber er ist wirklich.

## 7.1 Brennstoffweg

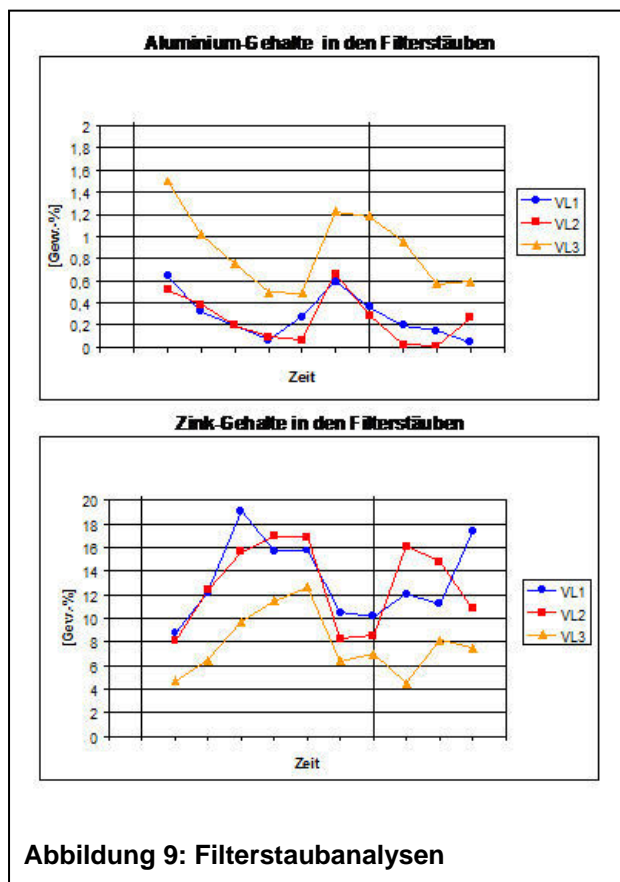
### 7.1.1. Müllbunker

Den Weg des Mülls verfolgend, beginnt die Korrosion im Bunker. Der Brennstoff (Müll) hat bei Anlieferung etwa eine Dichte von  $200\text{-}300\text{ kg/m}^3$ , die sich im Bunker als Folge der Rotte und Eigengewichtspresung auf etwa  $700$  bis max.  $800\text{ kg/m}^3$  erhöht. Ist der Brennstoff in Feuchte und Heizwert ausgeglichen, erlaubt er gewertet an der gleichförmigen DE Leistung eine exzellente Feuerungsregelung und ist dessen ungeachtet der korrosiv angriffsfähigste Regelbrennstoff. Da liegt der Brennstoff feucht und dunkel im Bunker. Kleine Fresser: Bakterien und Pilze machen sich über ihn her und beginnen mit der Rotte, mit der Vorverdauung unseres Brennstoffs, der doch erst in der Feuerung  $\text{CO}_2$  entwickeln soll. Die Rotte erzeugt Kohlendioxid  $\text{CO}_2$  ohne Energienutzung. Der Metabolismus der kleinen Fresser erzeugt auch die Rottewärme, die Wasser verdampft. Der aus der Rottewärme und Brennstofffeuchte gebildete Dampf steigt in der Schüttung nach oben, kondensiert in der Schüttung und eluiert. Hier kommt der entscheidende Punkt in dieser Überlegung: Chloride. Das chlorierte Kondensat, die Salzlösung, tropft, fließt abwärts, wird wieder verdampft. Das Chlorid aber, das bleibt unten (**Abb. 8**).



Das Gedankenexperiment beschreibt den Mechanismus, der zu dem Nachweis führte, wie der abgelagerte Brennstoff im Bunker zu ungünstigen Asche-Salz-Proportionen (ASP) im Rohgas führt. Der am längsten im Bunker vorgehaltene Brennstoff hat die höchsten Chloridkonzentrationen. Die Dampferzeugerleistung dagegen läuft so elegant gleichförmig, dass Außenstehende einen gerichteten Brennstoff vermuten könnten. Es ist nicht die Fracht des Brennstoffs; die höhere

Konzentration an Chloriden führt zu schmelzflüssig-klebrigen Ablagerungen an den beheizten DE Oberflächen. DE haben ein Gedächtnis, während der Dioxin Diskussion Memory Effekt genannt. Aus den o.g. Gründen sollte vermieden werden, einen Grundsumpf an Altmüll im Bunker aufzubauen, der erst nacheilend weggebrannt wird, sondern, wenn es der Bunker an Speichervolumen und Grundfläche und Kranverfügbarkeit erlaubt, den Müll mit der geringsten **Chlorid-aufkonzentration** zu verbrennen. Die Beobachtung wurde in mehreren Anlagen gemacht. **Abb. 9** zeigt am anschaulichsten den Verlauf des Anstiegs des Salzanteils bei der ASP Analyse. /2/

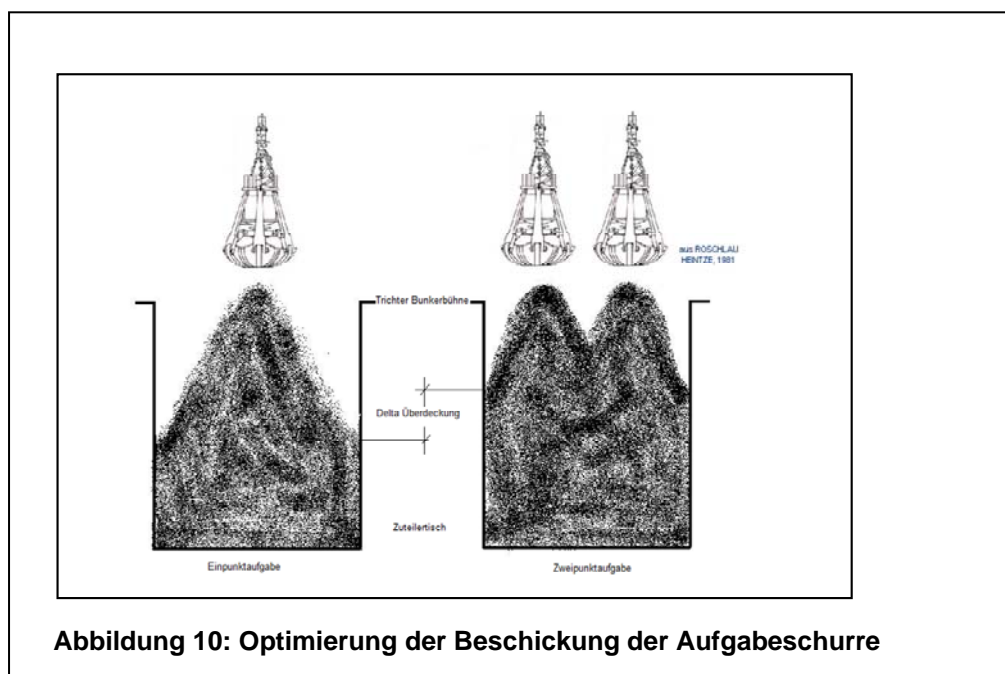


### 7.1.2 Trichter und Schurre

Der Kranfahrer oder die Automatik darf den Brennstoff nicht verdichtend einwerfen, sondern die bedingte Rieselfähigkeit des Brennstoffs nutzen möglichst so, dass sich im Trichter auch nicht der Ansatz eines Brennstoff-Gewölbes ausbildet. Möglichst nicht beide Trichterflanken belegen. Brücken verhindern den Brennstofftransport und führen zu Falschlufteinbruch in die Feuerung, Falschlufft ist ein potenzieller Korrosionsquelle. Neben der Beschickung kann die Reibung zwischen Brennstoff und Schurrenwänden wie bei Mehl, Getreide allfälligen Schüttgütern nicht unüblich



zur Brückenbildung führen. Wird die Brücke nicht rechtzeitig erkannt und beseitigt sondern sie stürzt ein dann kann der Saugzug lange saugen nämlich bis zur Überstromabschaltung des Antriebmotors oder dem Schutz-AUS gegen Unterdruck der Rauchgaskanäle- E-Filter- Gewebefilter- Wäscher usw. in Stuttgart und Augsburg erfreulich einfache Konstruktionen zum Brücken-brechen zu sehen sind. Die Schurrenbreite kann bei ungünstiger Brennstoffaufgabe nämlich bei zentraler Einpunktaufgabe ebenfalls zu Falschlufteinbruch führen. Es existieren ja außer in Bamberg keine überschaubar dimensionierten abfallbefeueten Anlagen mehr, Rostbreiten von 8 m oder 12 m sind eher üblich als unüblich. Der Aufgabetrichter hat dann entsprechende Abmessungen. Mit der Eigenschaft des Brennstoffs, dass der Schüttwinkel von „reifem“ Müll nicht viel kleiner ist als  $70^\circ$  - $80^\circ$  ist dieser Zusammenhang mindestens pikant. Bei zentraler Brennstoffaufgabe in eine Schurre über 6 m Breite, bilden sich mit dem Schüttkegel an den Rändern deutlich geringere Schütthöhen aus. Der Saugzug bemüht sich nach Kräften in der Feuerung einen Unterdruck gegen Atmosphäre aufrecht zu erhalten. Und der einzige Widerstand gegen Lufteinbruch ist die in der Schurre eingebrachte Brennstoffschüttung (**Abb. 10**). Falschlufteinbruch führt zu asymmetrischen Flammen, die Strähne hat eine höhere Geschwindigkeit nach Bernoulli damit geringeren Druck und legt sich an die Seitenwänden an. Die Strähne führt Schwel- und Pyrolysegas mit und beheizt unter reduzierenden Bedingungen. Damit steigt auch die Wärmestromdichte an. Was lernen wir daraus, dass die Beschickung der Feuerung eine der Ursachen für Korrosion darstellen kann. Richtig ist eine dichte Füllung der Schurre durch mindestens Zweipunktaufgabe zu sichern.



**Abbildung 10: Optimierung der Beschickung der Aufgabeschurre**



Bei dem heute nahezu ausschließlich verwendeten Zuteiler dem Stößel ist die Brennstofftransport in die Feuerung nur intermittierend darzustellen Vorhub mit Brennstoff-Verdichtung Brennstofftransport und Aufgabe. Der Zuteiler schneidet von der Brennstoffsäule jeweils eine Scheibe ab. Es gab Ansätze zur Verbesserung der FLR die Scheibe nicht ganz abzuschneiden sondern nur ein drei Viertel oder eine halbe Scheibe, das aber geht oft schief. Die seltsamen, erratischen Eigenschaften des Brennstoffs führen dazu, dass die Brennstoffsäule über der nicht überstrichenen Schurrentiefe auf dem Zuteiler mitreitet oder der Zuteile unter der Säule gleitet und nur eine Segmentscheibe abgeschnitten wird. In diesem Bereich der Schurre bilden sich Teilüberdeckungen Kamine aus in der ebenfalls mit der Kraft des Saugzugs Falschlufft eingezogen wird und die korrosionsfördernde asymmetrische Beheizung der Wände mit nachverbrennenden Pyrolysegasen eingeleitet wird. Korrosion hergeleitet aus dem Zuteilerweg. Es ist aber nicht nur der Kessel der angenagt wird die Flamme mit ihrer eigenen Thermik wandert der Luft entgegen. Was macht dann das Feuerchen, die Flammgase ziehen in der Schurre hoch in den Bunker und was ein Bunkerbrand bedeutet muss man den Augenzeugen nicht erläutern. Das kann man den Novizen in diesem Geschäft nicht schlimm genug dargestellt werden. Auch wenn heute die Ausstattung der Brandschutzeinrichtung trotz des heftigen Widerstands einiger Manager, siehe ROI, deutlich besser ist als in den neunziger Jahren des 20. Jahrhunderts und der Bunkerbrand damit einiges von seinem Schrecken verloren hat.

## **8. Luftführung**

### **8.1 Rost und SO<sub>3</sub> Bildung:**

Der Berichtersteller hat seine Erfahrungen mit Vorschubrosten gemacht zu den Rückschubrosten, die ihre Zuverlässigkeit weltweit nach weisen deshalb hier nur Anerkennung aber keine Beschreibung des Rückschubroste. Die Vorschubroste sind noch mehrheitlich luftgekühlt. Wassergekühlte Konstruktionen erlauben verfahrenstechnische Freiheiten bis zur Unsinnigkeit. Was sich so schön plausibel anhört mit gestufter Verbrennung: unterstöchiometrisch auf dem Rost und Nachverbrennung mit Sekundär- oder sogar Tertiärluft ist eine Schimäre, eine falscher Freund, eine Versuchung, die Schlange mit dem Apfel. Bei wassergekühlten Rosten ist das Schutzziel Rostkühlung durch die Wasserkühlung mehr als gesichert. Damit werden Verfahrenstechniker der Errichter die Inbetriebnehmer oder der Betriebsingenieur zu leicht in die Versuchung geführt die Primärluft nah- bis unterstöchiometrisch zu fahren. Der Rost muss ja nicht mehr mit Luft gekühlt werden. Aber was unten schief läuft kann ein Stück weiter oben nicht mehr gut gemacht werden. Fehlendes nicht erzeugtes SO<sub>3</sub> kann nicht mehr nachträglich formiert werden. Und es ist SO<sub>3</sub>, das in der Rauchgasphase die Sulfatisierung der Chloride bewirkt oder eben nicht.

In der Länge sind die Roste in vier bis fünf Luft-Zonen aufgeteilt die Aufteilung in den Rostwagen ist meist identisch mit den Luftzonen. Wenn das nicht so ist unterschiedliche Teilung von Luftzonen und ansteuerbaren Rostwagen dann gibt es ein Problem bei der Feuerführung dass Luftvarianz und Rostschürung nicht in der gleichen Fläche gleichsinnig wirken.

Es bedarf en passant auch der Beachtung, dass mit steigender Feuerungsleistung die Roste nicht länger werden sondern breiter, Die „Kühlwirkung“ der Seitenwände bleibt nahezu unverändert auch bei höherer Feuerungsleistung, die aufgeprägte Strahlungswärme steigt über den linearen Faktor der Vergrößerung der Feuerungsleistung an..

Wenn der Brennstoff vom Zuteilertisch hoffentlich abgeworfen wird erfährt er eine erste Schürung er blättert auf. Auf die vergrößerte geöffnet Oberfläche beheizt die Infrarotstrahlung der Zünddecke trocknet und entgast. Wenn der Brennstoff vom Zuteilertisch mehr auf den Rost gleitet muss die notwendige Schürung vollständig von der Rostbewegung der ersten Rostzone übernommen werden. Zone zwei und drei sind üblich die Hauptverbrennungszone in der der hoch aufgehäufte Brennstoff nur unterstöchiometrisch verbrennen kann. Die letzte bzw. vorletzte Rostzone wird als Reservelänge für Brennstoff mit erhöhtem fixen Kohlenstoff oder feuchtem Brennstoff betrachtet.

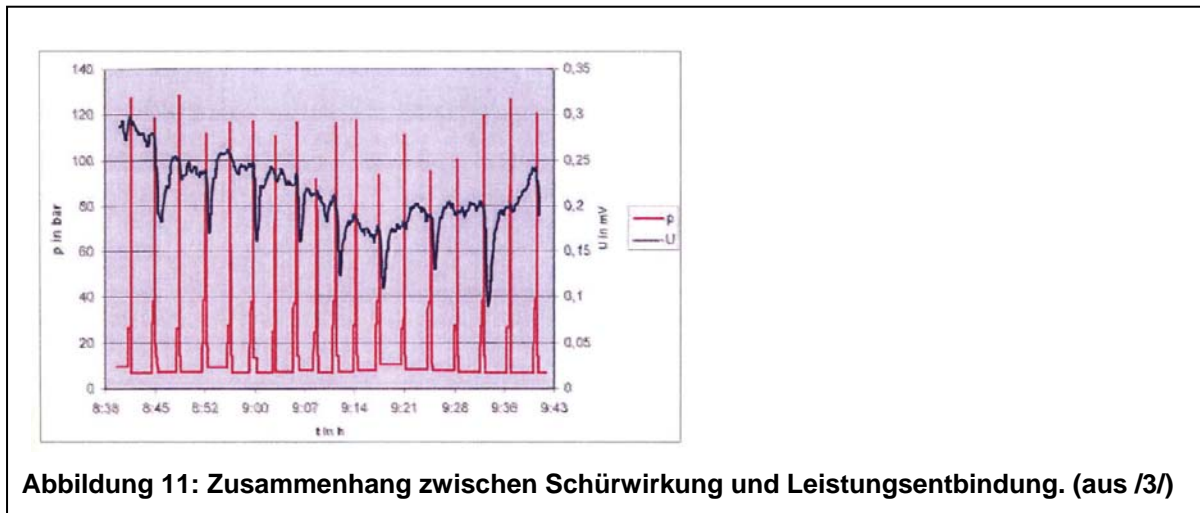
Mit der gezielten Nutzung der Rostbewegung zum Transport **und** Schürung des Brennstoffs noch bei wenig beheiztem bzw. getrocknetem grünen Brennstoff ist eine Verteilung des Brennstoffs längs des Rostes möglich, um damit hoher Überdeckung und dem parallelen lokalen Sauerstoffmangel zu vermeiden. Sauerstoffmangel bedeutet immer Verstärkung der Korrosion auch Sauerstoffmangel im Gutbett.

Die Feuerlage und Feuerlänge ist eine nutzbare Variable in der Prozessführung und nicht nur gottgewolltes Ergebnis des jeweiligen Brennstoffs. Mit einer unspektakulären Videokamera, deren Bild in hell-dunkel Pixelung umgewertet im Analogsignal die Feuerlänge anzeigt ist es unschwer möglich die Feuerlänge zu erfassen und mit Primärluft und Roststeuerung auch zu beherrschen. Wer das nicht kann, will das auch nicht, denn die Technik und positive Erfahrungen damit liegen vor, seit nahezu zwei Jahrzehnte.

## **8.2 Rostschürung ein Äquivalent für Primärluft**

Selbstverständlich wird die Leistung jeder Feststofffeuerung neben dem Brennstoffzuteiler mit der Varianz der Luft bei Rosten mit der Primärluft geregelt. Bei ausschließlicher Luftregelung ist es nachgewiesen möglich die Dampferzeugerleistung im Nachkommazentbereich konstant zu halten. Zu oft werden die Werkzeuge die in der Feuerung auf Anwendung verharren nicht

wahrgenommen und damit auch nicht eingesetzt. Die Schürung ist eines dieser Elemente, Schürung vergrößert die der Verbrennung zugängliche Brennstoffoberfläche verändert gleichzeitig den Druckverlust im Gutbett und kann damit auch ohne zusätzliche Primärluft den Umsatz anheben. Teuscher /3/ hat darüber berichtet, dass mit den Q-Punkt Messungen der Einfluss der Rosthübe auf die Leistungsveränderung nahezu verzögerungsfrei zu erkennen war (**Abb. 11**).

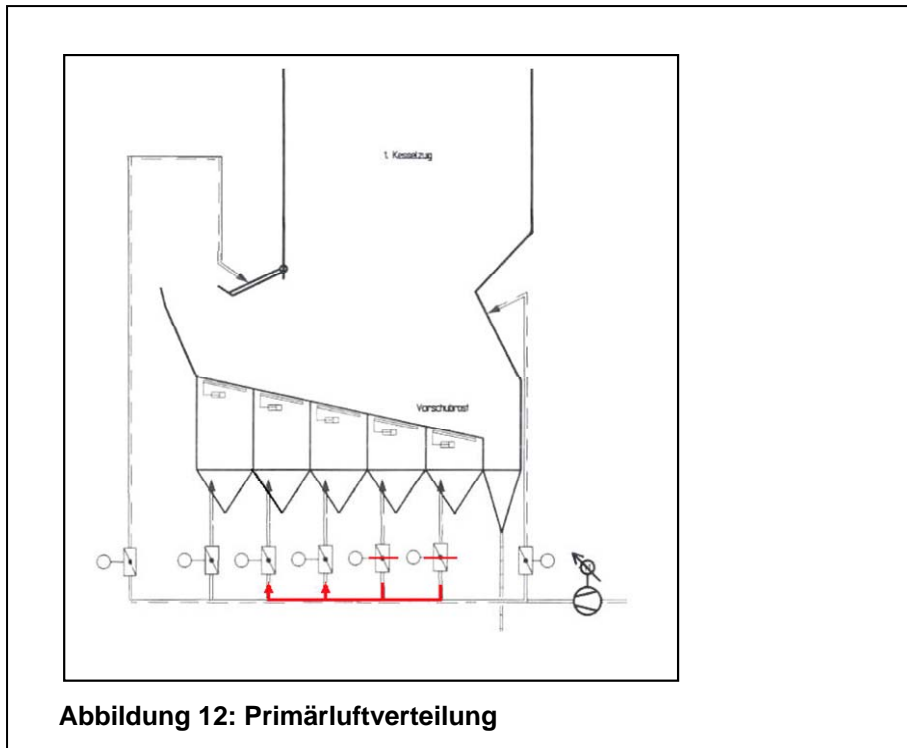


**Abbildung 11: Zusammenhang zwischen Schürwirkung und Leistungsentbindung. (aus /3/)**

### 8.3 Primärluft

Grundsätzlich gilt: Primärluft ist durch nichts zu ersetzen. Es hat sich gezeigt dass die Wärmebilanz im Gutbett neben der Freisetzung von Wärme durch die Verbrennung auch davon bestimmt wird dass die 78%<sub>Vol</sub> Stickstoff eben auch eine gewaltige Wärme aus der Hauptverbrennungszone abführen. Und dabei die Konzentration der unvermeidbar freigesetzten Eisenbeißer absenkt was bei Verfahren mit Sauerstoffanreicherung z.B. nicht der Fall ist. Oder bei Anlagen die auf dem Rost die Verbrennung nah- bis unterstöchiometrisch fahren und hoffen mit der Sekundärluft diesen Verfahrensfehler wieder auszubügeln. In nicht wenigen Anlagen stellt sich die mit den IT mögliche Berechnungstiefe als Nachteil im Betrieb heraus weil auch die Reserven heraus gerechnet wurden. Nicht eben selten ist dann ein Luftmangel in der zweiten Zone zu erleiden weil, weil der Brennstoff nach Primärluft schreit aber das oder die Gebläse am Ende sind (Frischlüfter + Saugzug). Einer der Praktikertricks ist dann die Luftschaukel, hier die **horizontale Luftschaukel (Abb. 12)**, d.h. das Verschieben von Primärluft aus der Ausbrandstrecke zu der Hauptverbrennungszone. Das ist die aus der Not geborene hilfreiche alte Schule. Im Hinblick auf das Korrosionsthema ist den Brennstoff so auf dem Rost zu verteilen dass das Brennstoff-Luftverhältnis an jedem Punkt aus-reichend dargestellt werden kann./9/ Die Ausbrandstrecke des Rostes ist oder war im Wesentlichen als eine Sicherheitslänge/-zeit gedacht , die Zeit verschafft um Bestandteile mit hohem fixen Kohlenstoff oder Dachpappe o.ä. vor dem Schlacke-fallschacht eben doch noch

auszubrennen. Diese bei allen Anlagen vorhandene Länge für eine korrosionsarme Prozessführung zu nutzen propagiert der Verfasser. Die Feuerungsregelung unterstützt dabei die Aufgabe, das Feuer auf eine möglichst große Rostfläche zu verteilen und dort annähernd konstant zu halten./4/



### 8.3.1 Unterstöchiometrische Primärluftführung

Die Primärluft hat neben dem Sauerstoffeintrag in den Brennstoff noch andere Aufgaben, den Rost zu kühlen und die Wärme aus dem Gutbett in den Dampferzeuger mitzunehmen.

Bei wassergekühlten Rosten ist das Schutzziel Rostkühlung durch die Wasserkühlung mehr als gesichert. Damit werden Verfahrenstechniker der Errichter Inbetriebnehmer oder Betriebsingenieur zu leicht in die Versuchung geführt die Primärluft nah- bis unterstöchiometrisch zu fahren. Der Rost muss ja nicht mehr mit Luft gekühlt werden. Aber was unten schiefläuft kann ein Stück weiter oben nicht mehr gut gemacht werden. Fehlendes nicht erzeugtes  $\text{SO}_3$  kann nicht mehr nachträglich formiert werden. Und es ist  $\text{SO}_3$ , das in der Rauchgasphase die Sulfatisierung der Chloride bewirkt oder eben nicht.

Betriebsergebnisse in einer mit biogenem Brennstoff befeuerten Anlage geben zu der begründeten Vermutung Anlass, dass entweder in der Feuerung  $\text{SO}_3$  mit hinreichendem Sauerstoffüberschuss gebildet wird /5/ oder das mit abgesenkter Sauerstoffversorgung erzeugte  $\text{SO}_2$  als Ballast durch die Anlage schleicht und schlimmstenfalls noch seinen unerwünschten Beitrag gibt zur Feststoff-(Alkali-)

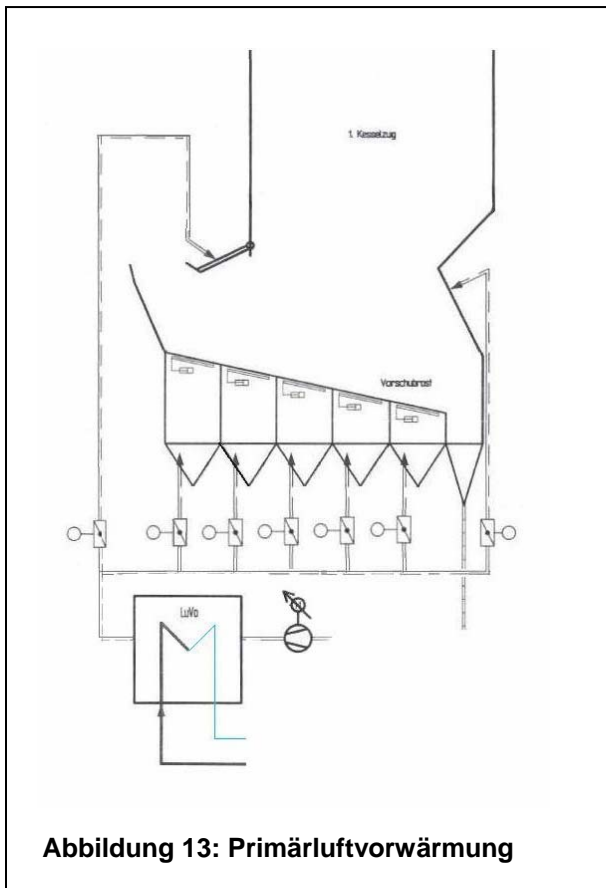
Sulfatisierung gibt. Was sich so schön plausibel anhört mit gestufter Verbrennung: unterstöchiometrisch auf dem Rost und Nachverbrennung mit Sekundär- oder sogar Tertiärluft ist eine Schimäre, eine falscher Freund, eine Versuchung, die Schlange mit dem Apfel.

Als zweites Argument gegen unterstöchiometrische Primärluft zeigt ein Beitrag über Redoxbedingungen in Feuerungen und mit unterschiedlichen Rückstandsqualitäten bei reduzierender und oxidierender Fahrweise, der Vergleich ging nicht zugunsten der reduzierenden Fahrweise aus./6/ Die Löslichkeit der reduzierend erzeugten Schwermetallverbindungen in der Schlacke ist deutlich höher als bei oxidierender Fahrweise. In realen Anlagen kann von verminderter oder ggf. nicht mehr gegebener Verwertbarkeit der Schlacke ausgegangen werden.

Daraus leitet der Verfasser nach einer persönlichen Saulus-Paulus Entwicklung die Abkehr von der bisher bevorzugten Rostverschmelzung und Sekundärluftnachverbrennung ab, auch wenn diese Meinungsänderung scheinbar gegen die bisherige Vermeidung der Hochtemperaturverbrennung auf dem Rost sprechen sollte.

### **8.3.2 Primärluftvorwärmung**

Bei feuchtem Brennstoff gleich hoher Wassergehalt wäre es schön wenn dem Prozesstreiber ein Sensor oder ein hergeleitetes Signal sagen würde jetzt liegt nasser Brennstoff auf dem Rost. Erfolgt bei konventioneller Prozessführung die Anhebung der Primärluft und dann schlägt die 17. BImSchV zu, der Behördenbrenner startet, schlecht für die Verdampferwände und Überhitzer. Wäre es da nicht viel besser die Primärlufttemperatur würde mit dem zuschaltbaren Dampf-Luvo angehoben und das Wasser ausgetrieben **Abb. 13**. Die notwendige Verdampfungs-wärme muss in jedem Fall aufgebracht werden besser durch eine der Primärluft aufgelastete Wärmebürde als durch Vergewaltigung der Feuerung **mit dem zusätzlichen Brennstoffanteil für die Engel** (frei nach J. Krüger). Wenn also die Anlage über eine Primärluftvorwärmung verfügt ist, die leichter zu aktivieren ist als die Behördenbrenner zu starten. Energetisch ist das ein Nullsummen-schäft die in der Feuerung zur Verdampfung des Brennstoffwassers notwendige Wärme wird von Dampf- zu Luftwärme. Aber der Zusatzbrennstoff wie Krüger formuliert: der Brennstoff für die Engel, diese Störgröße wird nicht notwendig. Außerdem erlaubt diese Methode über den Sauerstoffgehalt die Brennstoffqualität schneller zu interpretieren handelt es sich um einen heizwertarmen oder nur um einen nassen Müll.



## 8.4 Sekundärluft

### 8.4.1 Sekundärluftvorwärmung

Eigentlich schreit auch die Sekundärluft nach Vorwärmung, das wird aber selten so gemacht, so dass davon auszugehen ist, dass das Thema entweder noch nie wirklich diskutiert wurde oder Anlagenkonstrukteure die Anweisung haben kostentreibende Überlegungen gefälligst zu unterlassen **Abb 13**. Beim Blick im Betrieb auf die Sekundärluftdüsen fällt zunächst auf, dass sich an der Düsenmündung schwarze Wölkchen bilden und darüber eine Flamme in etwa der Form des Sekundärluftstrahls. Was können wir daraus lernen der Sekundärluftstrahl unterkühlt die vom Rost aufgehenden Schwelgase es entsteht Ruß und Teer. Das zu vertiefen überfrachtet den Beitrag aber vorgewärmte Sekundärluft muss seine Wärme schon nicht mehr aus der Feuerung holen und ob das was da in der Quench ausfällt wieder vollständig nachverbrennt? Was die Sekundärluftflamme natürlich auch zeigt ist die Anmutung: Mischung durch Sekundärluft so etwa wie ein Laternenpfahl in der Großstadt die wandelnden Flaneure mischt, bestenfalls wie eine Litfaßsäule.

## 8.5 Vertikale Luftschaukel

Die vertikale Luftschaukel ist eine makroskopische Möglichkeit bei der Primärluftregelung der Rauchgasanalyse am Kesselende das Signal:“ ausreichend Sauerstoff vorhanden“ zu entlocken obwohl Luftmangel im Gutbett herrscht. Ein Signal also das wahr ist aber nicht wirklich. Der knapp ausgelegte Saugzug kann die Summe aus Primär- und Sekundärluft und Brennstofffeuchte nicht mehr fördern. Der Kundige weiß was kommt, läuft die Primärluft sehr vor, dann ist es bei ausreichenden Aktoren einfaches Mittel der Wahl die Sekundärluft im Hinblick auf den Saugzug zu begrenzen bzw. abzusenken Absenkung der Sekundärluft ist die bessere Vertikalschaukel (**Abb. 14**).

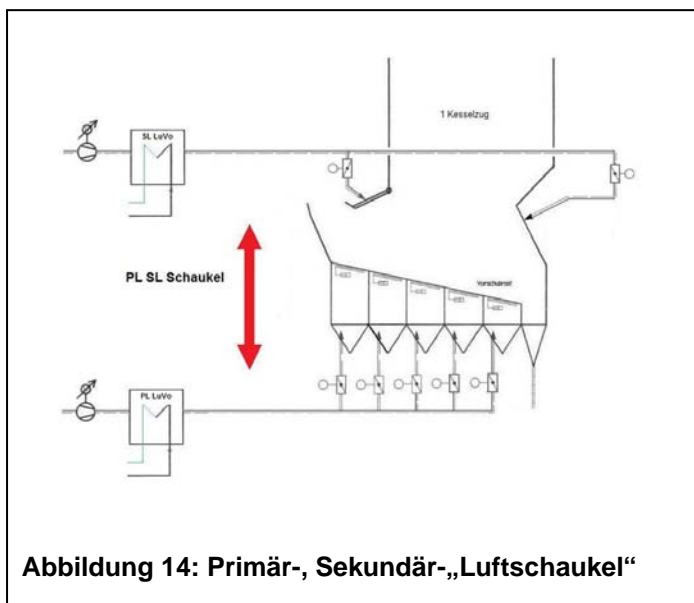


Abbildung 14: Primär-, Sekundär-,Luftschaukel“

Das implizite Wissen der begnadeten Operateure kann wo die Schraubchen vorhanden sind mit geschickter Vertrimmung (frisieren) der Sekundärluft im ersten Zug Kolbenströmung einstellen erkennbar am Funkenflug der bei richtiger Einstellung nur noch Aufwärtsbewegung zeigt. Das sind die gleichen Leute die aus einem Golf ein Dreamliner basteln. Gemessen wird nichts, das Auge des Experten prüft den Rauchgasstrom anhand des Funkenflugs und wenn da nichts mehr nach unten strömt/fällt dann ist der Idealzustand erreicht. Das kann man nicht verordnen das können nur einige wenige und auch nur dann wenn die Anlagenaktoren das hergibt. Nicht jede Konstruktion macht diesen Kniff möglich, aber einige schon und hier wäre es sträflich diesen Freiheitsgrad nicht zu nutzen. Die Kunst des Betriebsleiters-Prozesstreibers besteht darin dieses Manipulieren anlagenunschädlich zuzulassen und so zu fördern, dass viele Operateure die Methode beherrschen und dieses Wissen im Wettbewerb teilen.

## **8.6 Einfahrbetrieb**

Es ist keine Neuigkeit mehr dass es die erste auf den Rohren aufgebrachte Schicht ist, die im Wesentlichen den Korrosionsverlauf bestimmt. Lagen sich Chloride ab ist es nahezu gleichgültig wie weiter betrieben wird es gibt keinen Ausheilprozess. Ziel sollte es sein die Rohroberfläche mit Sulfaten zu versiegeln etwas hoch gegriffen aber grundsätzlich richtig. Wie kann das erreicht werden einen Brennstoff ausschließlich aus Hausmüll für etwa zwei Wochen komponieren und wenn vorhersehbar mir schwefelhaltigen Bestandteilen anfüttern niederkalorisch fahren in Teillast. Weil dann weniger Schwermetallchloride ausgetrieben werden. Zumindest versuchen, der zu erwartende Zugewinn ist größer als der notwendige Aufwand.

## **8.7 Druckabsenkung**

Druckabsenkung ist die letzte Patrone bevor der Betriebsleiter den Schlüssel unter die Flurplatten legt und die Anlage verlässt. Nehmen wir den worst case die Rohrwand ist schon unter der Mindestwandstärke, für neue Paneele reicht die Lieferzeit nicht Cladding ist bei Restwandstärken nahe 2 mm auch nicht mehr möglich, was also tun? Druckabsenkung ermöglicht die Zeit für die Beschaffung mit der Anlage unter Dampf zu überstehen und mit der niedrigeren Sattedampftemperatur die Korrosionsgeschwindigkeit auszubremsen. Das bedeutet wahrscheinlich in dieser Zeit auf die Stromerzeugung zu verzichten.

Offen und aufrichtig wie Kaufleute nun einmal sozialisiert sind, weiß der Techniker nicht oder nur selten wie es wirtschaftlich um die Anlage bestellt ist (die Klage ist der Gruß des Kaufmanns) und es wird mit sorgenvoll vorwurfsvollen Augen von Verlusten gesprochen. Natürlich werden keine Verluste eintreten sondern es handelt sich in 9 von 10 Fällen bei dem Verlust um entgangenen Gewinn, was nicht das gleiche ist.

Der noch zu verantwortende Druck ist mit der Finite Elemente Methode und dem Sachverständigen relativ einfach zu ermitteln. Es gibt bei dieser Vorgehensweise keine Unterbrechung der Entsorgung keine Müllhalden keine Zwischendeponien mit allfälliger Selbstentzündung, kein Gestank, keine öffentlichen Rechtfertigungen in der Lokalpresse. Im Übrigen sind Sattedampfbedingen bei 25 barü ein sicherer Hafen ohne jegliche Abzehrung keine thermische Belastung keine Korrosion, nie nicht.

## **9. Sensorik Aktorik**

Der Prozesstreiber muss in den Prozess Einsicht haben, im Wortsinn und im übertragenen Sinn. Für die Prozessbeobachtung und die Prozessführung müssen Werkzeuge vorhanden sein. Mächtige und wahre und doch einfache Werkzeuge. Werkzeuge, die Prozessdaten ermitteln und übermitteln sind Sensoren und die Werkzeuge die auf den Prozess einwirken Aktoren. Da ist ein Dampferzeuger, der



mit einem chaotischen Brennstoff befeuert wird. Aus dem Brennstoff ist nichts vor dem Feuer vorhersagbar. Es wirkt sich aber Wassergehalt, Zündverhalten Umsatzgeschwindigkeit und eher weniger der Heizwert schnell auf den Verbrennungsprozess aus und den Dampferzeuger aus. Um schnelle Prozess schnell zu erfassen muss der Sensor nahe am Prozess liegen, am besten im Prozess. Das Signal muss so unverzögert wie möglich bei der Signalverarbeitung im PLS vorliegen

Die Qualität der Prozessführung wurde in der Vergangenheit an der Höhe und Qualität der Emissionen gewertet auch der halogenisierten Kohlenwasserstoffe. Nach dem die Rauchgasreinigungsanlagen gute und weniger gute Verbrennungsergebnisse gleich glatt bügelt hat dieser Maßstab etwas an Wert verloren. Kohlenmonoxid könnte noch herangezogen werden. Aber sich niedriger CO Werte zu rühmen ist etwa so als würden wir Deutsche der Permanenzperiode den Sieg von Hermann über Varus vor genau 2000 Jahren in Anspruch nehmen. Niedrige CO Werte sind mittlerweile einfach selbstverständlich. Aschequalität und der Ausbrand sind wichtig, die Oxidation der Schwermetalle, das Vermeiden löslicher Bestandteile. Die Bildung von Spinellen ist ein anstrebenswertes Ziel. Bei dem schon geforderten und notwendigen täglichen Rundgang sagt dem Kundigen die Feuerlänge schon einige zur Qualität liegt das Feuer bis zum Schlackeabwurf dann ist es illusorisch auf einen guten Ausbrand zu hoffen. Der Ausbrand kann dann nur noch durch die geschickte Probenahme des Laboranten oder durch Nachreife der Asche auf der Halde nachgewiesen werden.

<b>Technik/Kosten</b>	<b>Signal</b>	<b>Technik</b>
Trichterbeschickung A, Kranwiegung S	schnell	einfach
Schurrenfüllung Mikrowellensensor S	schnell	einfach
Zuteilerweg und Geschwindigkeit S/A	schnell	einfach
Luft-Menge Stöchiometrie S/A	schnell	aufwendig
Luftaufteilung Primär- Sekundärluft A	schnell	aufwendig
Primärlufttemperatur S	schnell	einfach
Sekundärlufttemperatur S	schnell	einfach
Primärluftverteilung längs des Rostes A	schnell	aufwendig
Rostbewegung Transport Schürung S/A	schnell	einfach
Brennkammertemperatur S	schnell	einfach bis aufwendig
Verdampferleistung S	sehr schnell	einfach
Frischdampfleistung S	verzögert	einfach
Sauerstoffanalyse S	verzögert	aufwendig
Wärmestromsensoren S	sehr schnell	einfach

Die Sensorik beginnt im Bunker mit der **Greiferwiegung**, deren Bilanzierung gegen die Dampferzeugung eine Annäherung an den Heizwert erlaubt. Die **Mikrowellen-sonde** quer zur Schurre den Füllstand zeigt ein Maßstab Ursachen von Falschlufteinbruch zu detektieren. **Hublänge** und **Hubposition** und **Hubgeschwindigkeit** des **Zuteilers** helfen sektionales räumen der Schurre zu vermeiden und helfen den Brennstoff quasikontinuierlich in die Feuerung zu transportieren. Das Zuteilersignal zeigt allerdings nur, dass dieser sich bewegt, ein nur mittelbares Signal ob und dass auch Brennstoff transportiert wird.

**Primärluftmenge** aufgeteilt und gemessen über die Rostzonen besser auf den Rostfeldern, das **Rostfeld** wird gebildet mit der Schnittfläche von Rostbahn Verlauf mit dem Brennstoffstrom und der Rostzone: Verlauf quer zum Brennstoffstrom. Es existieren allerdings noch Anlagen mit der Lachnummer Herleitung der Luftmenge aus der Stellung der Drosselklappe.

Man kann die **Brennkammertemperatur** mit Strahlungsdetektoren ermitteln mit Schalldetektoren, mit IR Kameras mit an den Seitenwänden angebrachten Thermoelementen und mit von der Decke abgehängten Thermoelementen. Grundsätzlich gilt immer so einfach wie möglich nicht wegen der Investition sondern wegen des Aufwandes der Installation der Ausfallwahrscheinlichkeit bei allfälligen Betriebsereignissen und wegen des Aufwandes bei Pflege und der Instandhaltung.

**Sauerstoffanalyse RG** gibt eine qualitative Aussage zum Verbrennungsvorgang zu Brennstoffeigenschaften und zum Luft- Brennstoffverhältnis. Die Anordnung ist meistens am Kesselende dadurch ist das Signal unvermeidbar verfälscht, quantitativ durch unvermeidbaren Falschlufteinbruch zeitbezogen wegen einiger, vielen zehn Sekunden Verzögerung zum Ablauf in der Feuerung

**Feuchteanalyse RG** ein wichtiges Signal, allerdings auch aufwendig in Aufbau und Wartung das eine Analyse des Brennstoffs zulässt und von dem die notwendige Anhebung der Primärlufttemperatur abgeleitet werden. Vor Kamin angeordnet ist die Feuchte nicht oder nur bedingt zur Feuerungsregelung geeignet.

**Frischdampfsignal**, traditionell bei allen Anlagen vorhanden im Meßaufbau (Blende) unproblematisch. Bei entsprechender Überhitzung ein Signal, das wegen der Drosselung im Überhitzer den Verhältnissen in der Feuerung um mehr als einer Minute nacheilt. Trotz dieser Totzeit wird der Signalverarbeitung der FLR dieses Signal aufgeprägt und verschmiert/ verlängert eine mögliche kürzere Reaktionszeit. Besser wäre es den Sattdampfstrom nach der Trommel zu erfassen und dieses Signal in der FLR zu verarbeiten.

Besser, wirklich ist die **Sattdampferfassung am Ausgang Trommel** ein sehr elegantes einfaches Signal, das in der zeitlichen Nähe zum Feuerungsprozess dem Fischdampfsignal deutlich überlegen ist.

Eine absolute Neuerung ist die Bestimmung der **Wärmestromdichte /7/ (Abb. 15)** im Verdampferbereich, ein Signal, dessen Nutzung erst am Anfang steht und das der Prozessführung: FLR, DE, Korrosionsbekämpfung, neue bisher auch nicht denkbare Möglichkeiten öffnet. Aus dem Signal ist die Feuerungsleistung ableitbar, es sind korrosionsgefährdete Flächen lokalisierbar, Schief lagen in der Feuerung werden objektiv erkennbar, es ist sogar möglich die Feuerlage auf dem Rost zu benennen. Gegenüber dem Frischdampfsignal ist ein zeitlicher Vorsprung von mehr als einer Minute nachgewiesen. „Die Signale können absehbar für die Feuerungsleistungsregelung benutzt werden“ /8/. Bei anliegenden Flammen darf auf eine ablaufende Wandabzehrung geschlossen werden, die Wärmeflussensoren erfassen und lokalisieren den Ort wo die Flammen anliegt und erlaubt die Vertrimmung der Luftführung zur Beseitigung der Schief lage. Bei der Umsetzung der Wärmestromdichteerfassung muss nicht erst der Stillstand, die Störung erlitten werden sondern präventive Korrosionsminderung ist bereits in der Betriebsphase möglich. Wir wissen mittlerweile, dass erhöhte Wärme-stromdichte den Korrosionsverlauf beschleunigt. Diese Beschreibung hat das Stadium der Hypothese hinter sich gelassen, als effektive Theorie ist es legitim mit diesem Zusammenhang weiter zu arbeiten. Und wenn nicht dann ist diese Theorie im schlimmsten Fall als Wittgensteins Leiter hilfreich gewesen.

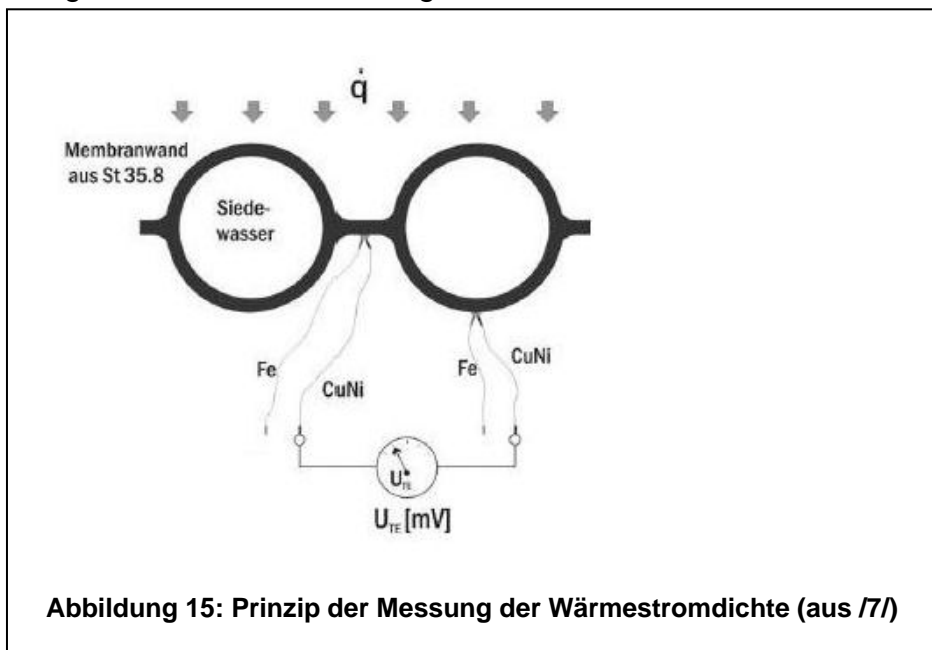


Abbildung 15: Prinzip der Messung der Wärmestromdichte (aus /7/)

## **Hauptsätze der Müll-Biomasse-EBS Korrosion**

Ein Ansatz, sich dem Phänomen Korrosion in einfachen Wahrheiten zu nähern

### **Hauptsätze der Müll-Biomasse-EBS Korrosion**

Erster Hauptsatz der MVA EBS Biomasse Korrosion:

**Ohne Belag keine Korrosion**

Zweiter Hauptsatz der MVA EBS Biomasse Korrosion:

**Die Feuerung ist Quelle der Korrosion**

Dritter Hauptsatz

**Die Korrosion geht mit der Wärmestromdichte**

Fünfter Hauptsatz

**Keine Anlage wird mit dem Brennstoff betrieben für den sie gebaut ist.**

Die Hauptsätze werden nach Popperscher Vorgabe bewusst offen gehalten.

## Literatur :

- /1/ Peeks, Willy: Essent Milieu Vigorously with waste November 2008
- /2/ EU 22 „Systematisierung und Bewertung von verfügbaren Maßnahmen zur Korrosionsminderung in der betrieblichen Praxis von MVA mittels partikelförmiger Rauchgasbestandteile“ Abschlussbericht Dokumentation Dezember 2004
- /3/ Teuscher, Anja: „Wärmestromsensorik und ihre Einsatzmöglichkeit im Rahmen der Feuerungsleistungsregelung in der MVA Stapelfeld“. Diplomarbeit FH Braunschweig-Wolfenbüttel 2009
- /4/ Projekt EU24 „Wirkungsgrad von Abfallverbrennungsanlagen; technische, ökologische und ökonomische Optimierung“
- /5/ Krüger, Jörg: „Zum Verhalten von Schwefel in Abfallverbrennungsverhalten“. In Thomé-Kozmiensky, K.J.; Beckmann, M.(Hrsg.)Energie aus Abfall, Band 6. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2009
- /6/ Müller, Christian und Valle, Missimilliano: “Untersuchung des Einflusses von Redoxbedingungen, Schwefel und Chlor auf die Verdampfung von Schwermetallen in Müllverbrennungsanlagen“ Müll und Abfall 12-2008
- /7/ Krüger, Sascha und Beckmann, Michael: „Wärmestromdichtemessung an Membranwänden“ Uhlig Symposion Februar 2009
- /8/ Sinn, Heino: „E.ON Nickelbasislegierungen im heißen Teil des Dampferzeugers- Erfahrungen der EEW Stapelfeld GmbH“ Uhlig Symposion Februar 2009
- /9/ Englmaier, Ludwig: „Primäre und sekundäre Korrosionsschutzmaßnahmen im MHKW Burgkirchen: Automatische Feuerungsleistungsregelung und Recladding“ Born Hrsg. Dampferzeugerkorrosion Freiberg 2005