

Optimierung des MHW Bremen auf Basis von CFD-Simulationen und Betriebserfahrungen nach dem Umbau

Dr.-Ing. T. Klasen¹⁾, Prof. Dr.-Ing. K. Görner²⁾, Dipl.-Ing. W. Auel³⁾, Dipl.-Ing. B. Sudau⁴⁾

¹⁾ Ingenieurbüro Thomas Klasen (Sipreu-Tec), Mülheim an der Ruhr

²⁾ Lehrstuhl für Umweltverfahrenstechnik und Anlagentechnik, Universität Duisburg-Essen

³⁾ ThyssenKrupp Xervon Energy GmbH, Duisburg

⁴⁾ Abfallbehandlung Nord GmbH, Bremen

Kurzfassung

Zur Erhöhung der Entsorgungssicherheit des anfallenden Abfalls wurden die seit 1969 in Betrieb befindlichen Verbrennungslinien 2 und 3 des MHW Bremen im Rahmen von Modernisierungen saniert. Hierbei sind vor allem der Austausch der vorhandenen Walzenrostfeuerung gegen eine wassergekühlte Vorschubrostfeuerung sowie die Konzeption einer neuen Feuerraumgeometrie in Kombination mit einer neuen Sekundärlufteindüsung zu nennen. Die Verbrennungsprozesse auf Basis dieses neuen Konzeptes wurden mit dem Werkzeug „CFD“ simulationstechnisch untersucht. Es wurden verschiedene Feuerraumgeometrien, Betriebsfälle sowie Sekundärlufteindüsungen abgebildet und ggf. modifiziert. Nach der Simulationsstudie wurde das MHW Bremen u.a. auf Grundlage dieser CFD-Optimierung modernisiert. Die ersten Messwerte ließen bereits sehr gute verbrennungstechnische Resultate erkennen. Die für das End-Konzept vorhergesagten Werte, z.B. geringe CO-Konzentrationen, wurden nach dem Umbau durch Messwerte bestätigt.

1 Einleitung

Seit 1969 betreibt die Abfallbehandlung Nord GmbH (ANO) in Bremen ein Müllheizwerk (MHW), in dem Industrie- und Hausmüll thermisch behandelt wird. Vor einigen Jahren hatte die ANO beschlossen, das MHW zu modernisieren und die Verbrennungskapazität zu erweitern, um die Entsorgungssicherheit für den anfallenden Abfalls zu gewährleisten. Kessel 1 wurde gänzlich neu errichtet, die Kessel 2 und 3 wurden saniert und Kessel 4 ist momentan in der Umbauplanung.

Den Auftrag für die Modernisierungsarbeiten des Müllheizkraftwerkes bekam die damalige LLS Standardkessel Service GmbH (heute: ThyssenKrupp Xervon Energy GmbH). Anlagenkomponenten wie Verbrennungsrost, Entschlacker, Feuerungsleistungsregelung, Verbrennungsluftsystem und Müllaufgabe mussten neu konzipiert bzw. angepasst werden. Die vorhandene Walzenrostfeuerung an den Kesseln 2 und 3 wurde gegen eine neue wassergekühlte Vorschubrostfeuerung ausgetauscht, bei dem die Kühlung der Roststäbe vor allem durch das durchströmende Kühlwasser erfolgt [1].

Im Vorfeld hatte LLS Standardkessel Service gemeinsam mit dem Essener Lehrstuhl für Umweltverfahrenstechnik und Anlagentechnik (LUAT) der Universität Duisburg-Essen CFD-Studien für die Kessel 2 und 3 des MHW Bremen durchgeführt. Für Müllverbrennungsanlagen können mit Hilfe von CFD-Programmen in Kombination mit Submodellen quantitative Aussagen zum Verbrennungsprozess, z.B. CO- und O₂-Konzentrationen, Geschwindigkeiten sowie Temperaturen, als auch qualitative Bewertungen über Korrosions-, Verschlackungs- und Verschmutzungsneigungen erzielt werden. Im Rahmen von diversen Forschungsstudien [z.B. 2 und 3] konnten u.a. Verbrennungsoptimierungen realisiert sowie Gebiete vorhergesagt werden, in denen die Gefahr von Anlagerungen oder Korrosionserscheinungen besteht. Grundsätzlich kann qualitativ gefolgert werden, dass an Stellen mit hohen Partikelkonzentrationen, eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für eine Verschlackung existiert (aerodynamische Wahrscheinlichkeit). Analog hierzu gilt, dass hohe CO-Werte in Wandnähe die Gefahr einer Korrosion deutlich vergrößern können. Direkte CO-Korrosion ist zwar relativ selten, allerdings kann sich die Aschezusammensetzung bei reduzierenden Bedingungen im Hinblick auf weitere Korrosionserscheinungen negativ verändern (Phasenzusammensetzung der Partikel). Für homogene Verhältnisse im 1. Zug ist die Zugabe der Sekundärluft von entscheidender Rolle. Als Idealvorstellung gelten konstante Geschwindigkeiten, Temperaturen und Spezieskonzentrationen. Ein homogenes Strömungsfeld bei klassischer Sekundärlufteindüsung ist Merkmal einer optimierten Verbrennung. Nur wenn die Hauptströmung, beginnend von der Müllbahn, in der Kesselmitte zentriert wird, kann bei ausreichender Sekundärlufteindringtiefe ein gleichmäßiger Verbrennungsvorgang eingehalten und eine frühzeitige sowie vollständige Aufoxidierung des Kohlenmonoxids gewährleistet werden.

2 Theorie

2.1 Beschreibung der Gasphase

Unter einer mathematischen Modellierung wird die Abbildung von chemischen und physikalischen Vorgängen mit Hilfe von mathematischen Beziehungen verstanden. Die Gleichungssysteme sind vorwiegend so komplex, dass sie nicht analytisch, sondern numerisch gelöst werden. Daher wird „CFD“ (Computational Fluid Dynamics) im Deutschen auch mit „Numerischer Strömungsberechnung“ übersetzt. Zur Beschreibung der homogenen Gasphase dient folgende differentielle Transportgleichung mit der allgemeinen Zustandsgröße ϕ (Euler-Darstellung) [4]:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \phi) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j \phi) = \frac{\partial}{\partial x_j} D_\phi \frac{\partial \phi}{\partial x_j} + S_\phi \quad (1)$$

Term 1	+	Term 2	=	Term 3	+	Term 4
zeitliche Änderung		konvektiver Transport		diffusiver Transport		Quelle bzw. Senke

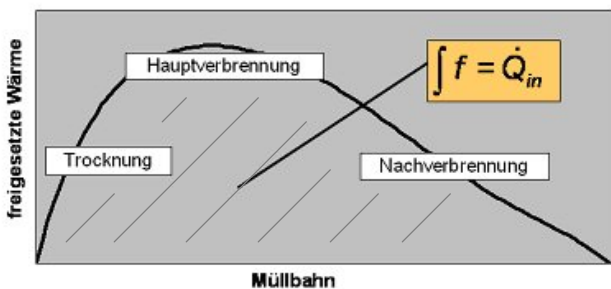
Die Bilanzgleichungen für die drei Teilbereiche Strömung, Wärmefreisetzung und Wärmeübertragung erhält man durch eine Substitution von ϕ mit der entsprechenden Größe des Teilbereiches:

- Geschwindigkeit u_i → Impulsbilanzgleichungen (Strömung, Turbulenz & Mischung)
- Enthalpie h → Enthalpiebilanzgleichungen (Wärmeübertragung & Strahlung)
- Spezies c_i → Speziesbilanzgleichungen (Stofftransport & chem. Reaktion)

Als Ergebnis einer solchen numerischen Berechnung erhält man 3-dimensionale Geschwindigkeits-, Temperatur- und Konzentrations- (C_xH_y , CO, CO₂, H₂O und O₂) Verteilungen. Die Modelle für die Gasphase können erfolgreich im Feuer- und Strahlraum angewendet werden. Für die heterogene Verbrennung auf dem Rost lassen sich diese Ansätze so nicht anwenden.

2.2 Beschreibung der heterogenen Verbrennung auf dem Rost

Probleme bereiten die in 2.1 beschriebenen Ansätze für das Festbett (heterogene Phase), da die chemischen und physikalischen Vorgänge, die auf dem Müllrost ablaufen, sehr komplex sind. Die wesentlichen Ursachen sind in der breiten und meist kaum zu definierenden Partikelgrößenverteilung des Mülls und seiner chemischen Zusammensetzung zu suchen. Infolgedessen stellt die Kopplung zwischen Müllbett und Feuerraum, insbesondere der Strahlungsaustausch sowie die Beschreibung der Transport- und Reaktionsvorgänge, ein großes Problem bei der Modellierung dar. Am LUAT wurde für die Müllbahn ein 1-dimensionales Submodell entwickelt, mit dem sich Temperatur-, Konzentrations- und Geschwindigkeitsprofile durch eine integrale Bilanzierung oberhalb des Rostes näherungsweise angeben lassen. Der gesamte thermische Input ist als Integral der Wärmefreisetzungsfunktion über der Müllbahn definiert (Bild 1).



$$\dot{H}_{f\ddot{u}} = \dot{m}_{M\ddot{u}ll} H_{u,M\ddot{u}ll} - [\dot{m} (H_{u,CO} \mu_{CO} + H_{u,CH_4} \mu_{CH_4})] \tag{2}$$

$$\rightarrow T_{th} = \frac{\dot{H}_{f\ddot{u}}}{c_p \dot{m}} \tag{3}$$

Bild 1: Typische Wärmefreisetzung über dem Rost

Der Anteil der fühlbaren Wärme beträgt je nach Luftaufteilung zwischen 50 und 80 % der gesamten Wärmemenge. Die latente Wärme wird erst bei der Oxidation von CO und C_xH_y frei. Ausgehend von einer Reaktionsannahme für C und H des Mülls mit dem Luft- und Müll-Sauerstoff zu CO, CO_2 , H_2O , O_2 und CH_4 , können die „Müllbahnprofile“ durch eine integrale Bilanzierung approximiert werden. In Abhängigkeit der Feuerraumgeometrie sowie des eingesetzten Rostes kann sich die Lage und der Peak der Hauptverbrennungszone verändern (Bild 2)

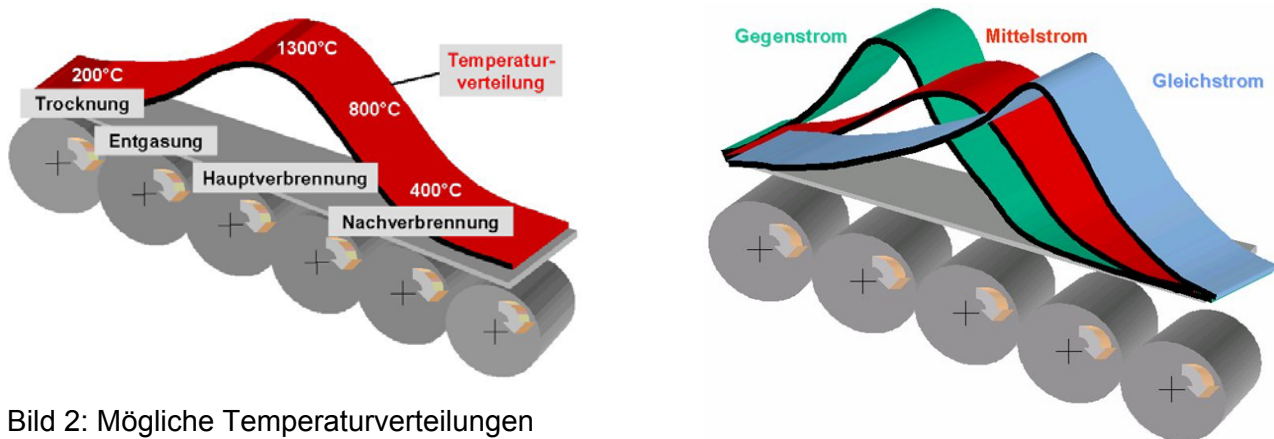


Bild 2: Mögliche Temperaturverteilungen

3 Müllheizwerk Bremen

3.1 Konzept von 1969

Die Ausgangssituation des Feuerungssystems zeigt Bild 3. Hierbei sind vor allem die ursprünglich sieben Walzen und die strömungstechnisch recht ungünstige Feuerraumgeometrie zu erwähnen. Da sich die simulationstechnischen Untersuchungen mit der Optimierung der Verbrennungslinien 2 und 3 befassen, sind ergänzend hierzu die Leistungsdaten der Kessel 2 und 3 vor dem Umbau in Tabelle 1 zusammengefasst.

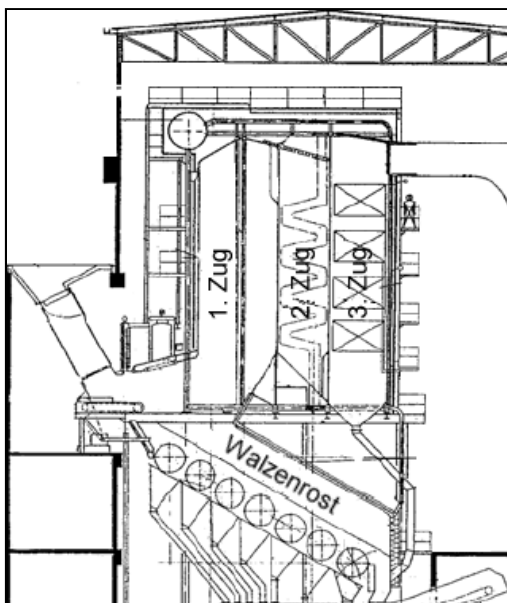


Bild 3: Kesselansicht vor dem Umbau

Parameter	Einheiten	Kessel 2 und 3
Mülldurchsatz	t/h	15
Müllheizwert	MJ/kg	5 - 10,5
Walzenbreite	m	3,7
Walzenlänge	m	10,8
Walzenanzahl	-	6 (7)
Bruttowärmeleistung	MWth	35
Dampfmenge	t/h	40
Dampfdruck Kesselaustritt	bar	22
Dampftemperatur Kesselaustritt	°C	217

Tabelle 1: Kessel- und Walzenrostparameter vor dem Umbau

In der Tabelle fällt auf, dass die Müllheizwerte (basierend auf den Daten von 1969) auf ca. 10 MJ/kg begrenzt waren.

3.2 Umbau-Konzept

Die in Bremen bei Linie 2 und 3 umgebaute Feuerraumgeometrie ist in Bild 4 dargestellt.

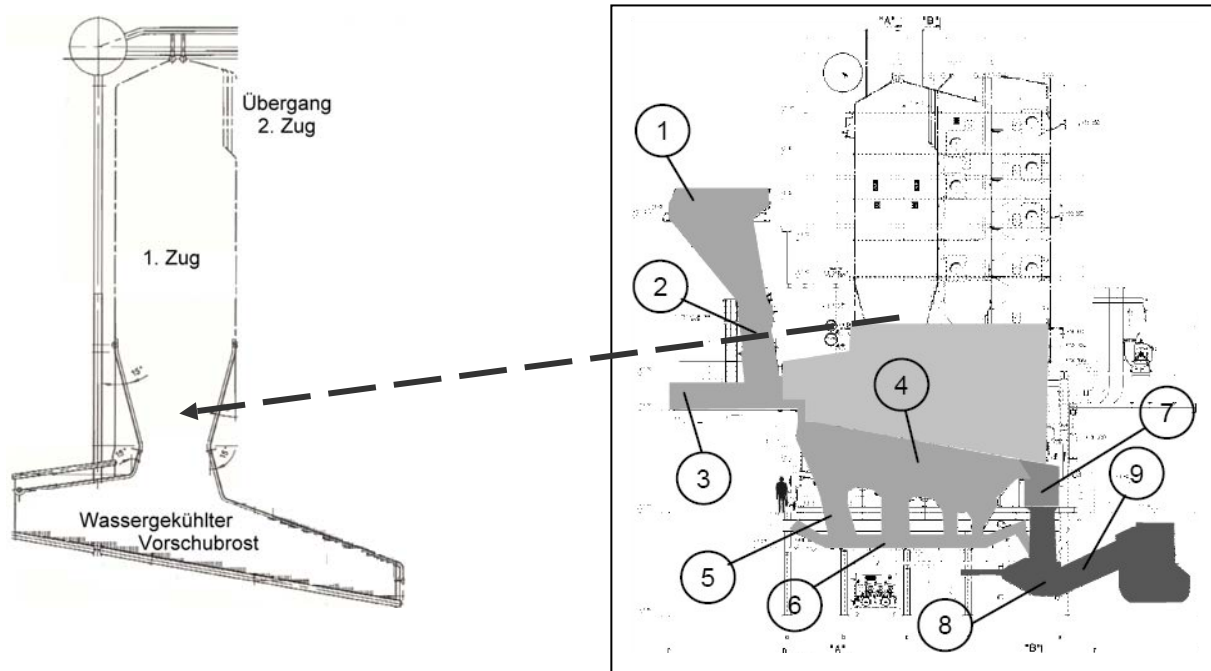


Bild 4: Kesselansicht nach dem Umbau

- 1 Aufgabetrichter
- 2 Aufgabeschacht
- 3 Aufgabeschieber
- 4 Rost mit Verbrennungsluftzufuhr
- 5 Aschetrichter
- 6 Ascheförderer
- 7 Schlackeschacht
- 8 Pressentschlacker
- 9 Schlackeaustrag

Ergänzend hierzu sind wiederum die feuerungstechnischen Parameter für die Linien 2 und 3 nach dem Umbau in Tabelle 2 zusammengestellt.

Parameter	Einheiten	Kessel 2 und 3
Mülldurchsatz	t/h	12
Müllheizwert	MJ/kg	8 - 15
Rostbreite	m	4,5
Rostlänge	m	10,9

Tabelle 2: Feuerungsparameter nach dem Umbau

Durch den Einsatz des wassergekühlten Rostes ist gewährleistet, dass die angestiegenen Müllheizwerte (bis 15 MJ/kg) recht problemlos verarbeitet werden können.

Die Sekundärluft wird über insgesamt vier Düsenreihen zugeführt, wobei jeweils zwei Reihen an der Vorder- sowie Rückwand angeordnet sind, wie Bild 5 zeigt.

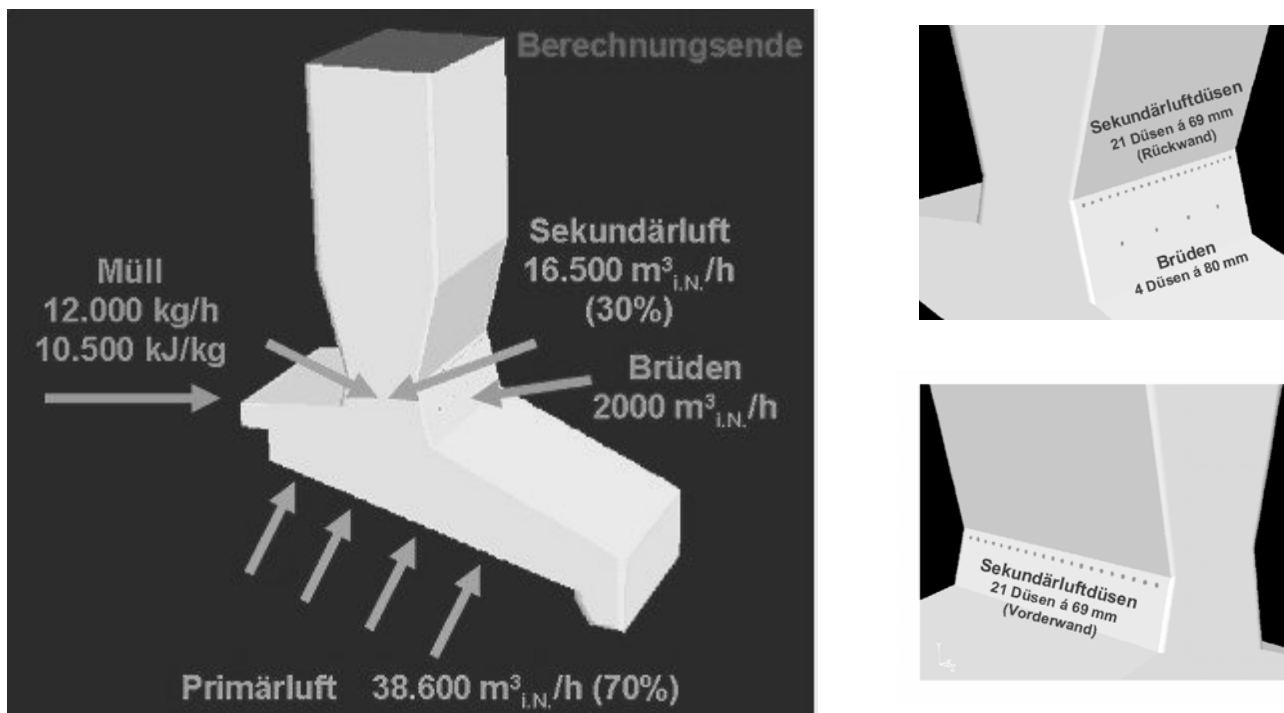


Bild 5: Feuerraumgeometrie und Betriebsdaten (Simulationsfall) des Heizwerkes Bremen (Verbrennungslinien 2 und 3)

Von der gesamten Verbrennungsluft werden 70 % als Primärluft unterhalb des Rostes zugegeben, 30 % der Gesamtluft sollen als Sekundärluft dafür sorgen, dass ausreichend Sauerstoff in der Kesselmitte vorhanden ist.

Im Rahmen der simulationstechnischen Studien wurden diverse Feuerraumgeometrien untersucht. Die linke Abbildung in Bild 6 zeigt den Ausgangszustand. Über eine veränderte Rückwandgeometrie (mittlere Darstellung) als Zwischenvariante wurde schließlich die rechte Anordnung gewählt. Vorteile dieser Geometrie liegen in der gleichmäßigen Anströmung, wie in Kapitel 4.3 noch ausführlich gezeigt wird.

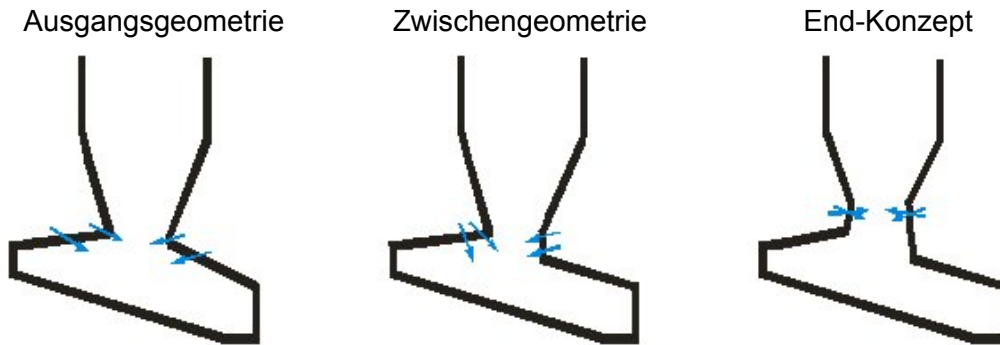


Bild 6: Schematische Übersicht über die untersuchten Feuerraumgeometrien

4 Simulationsergebnisse

4.1 Ausgangsgeometrie

Für einen Nennlastfall mit typischer Müllzusammensetzung wurde die in Kapitel 3 beschriebene Anlage simuliert (Bilder 7a-c).

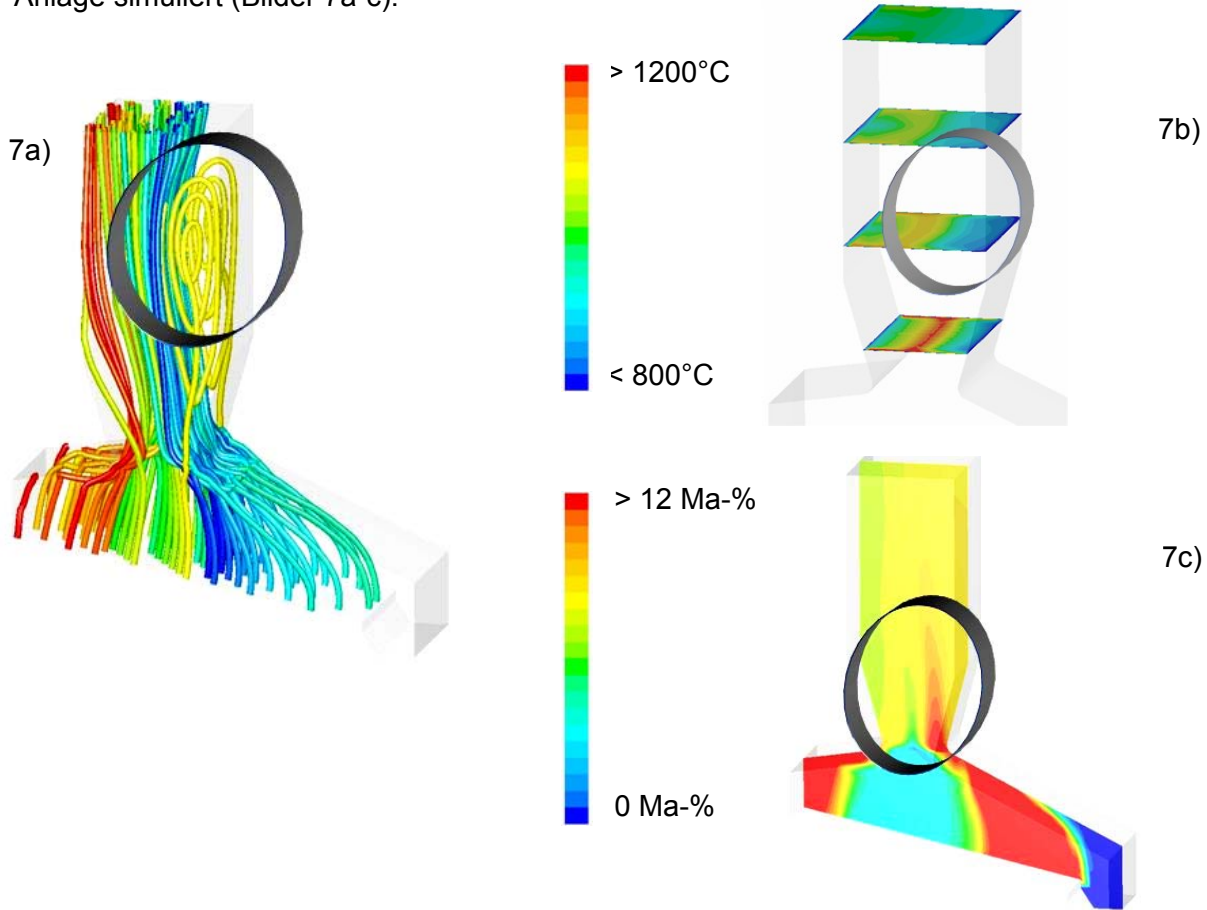


Bild 7 a-c: Stromlinien, Temperatur- und O₂-Verteilung (Ausgangsgeometrie)

Den Grafiken ist deutlich zu entnehmen, dass der Verbrennungsprozess nicht optimal abläuft. Anhand der Stromlinien ist im 1. Zug eine große Tot- bzw. Rezirkulationszone im Bereich der Rückwand zu beobachten. Demzufolge existieren dort geringe Temperaturen sowie hohe Sauerstoffkonzentrationen. Die Hauptströmung mit den zu verbrennenden Spezieskonzentrationen (CO und C_xH_y) wird zur Vorderwand abgelenkt. Die Folge sind Temperaturspitzen und niedrige O_2 -Werte. Sowohl in den horizontalen Ebenen (Temperatur, Bild 7b) als auch im vertikalen Schnitt (Sauerstoff, Bild 7c) können recht inhomogene Verteilungen festgestellt werden.

Ziel der weiteren Simulationsstudie war die Vergleichmäßigung dieser inhomogenen Profile. Durch Änderung der Sekundärlufteindüsung, z.B. Eindüsungswinkel oder Verteilung, konnte der Verbrennungsprozess in der Anlage Bremen nicht weiter bzw. nicht wesentlich optimiert werden. Folglich wurde zusätzlich die Feuerraumgeometrie variiert.

4.2 Zwischengeometrie

Zunächst wurde der Übergang „Feuerraum / 1.Zug“ in der Simulation modifiziert. Hierbei wurden u.a. neue Sekundärluftdüsenreihen (Winkel, Ort, ...) in die überarbeitete Geometrie integriert (mittlere Darstellung in Bild 6). Bild 8 zeigt die Sauerstoffverteilung in einem vertikalen Schnitt für diese neue Anordnung.

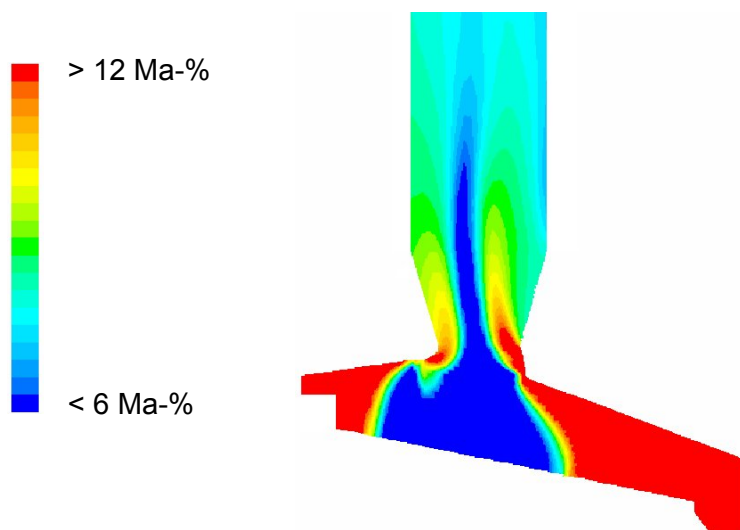


Bild 8: O_2 -Verteilung (Zwischengeometrie)

Grundsätzlich ist daran zu erkennen, dass die Zustände im Vergleich zum Ausgangszustand stabiler waren. Vor allem das schnelle Anlegen der Hauptströmung an die Vor- bzw. Rückwand konnte hierbei nicht mehr festgestellt werden. Allerdings waren auch für diese Konfiguration noch negative Effekte zu beobachten. Die Vorderwand-Sekundärluftstrahlen legen sich bei zu geringer Beaufschlagung an die Umlenkungskontur an, sodass eine ausreichende Eindringtiefe bis in die Kesselmitte verhindert wird.

4.3 End-Konzept

Da die veränderte Geometrie der Ausbranddecke durchaus positiv zu bewerten war, wurde die Zünddecke entsprechend modifiziert (rechte Darstellung in Bild 6). Eine Vorstudie, bei der nur Primärluft berücksichtigt wurde, sollte die Vorteile der neuen Feuerraumgeometrie bestätigen. Allein durch die neue Übergangskontur konnten Geschwindigkeitsspitzen abgebaut werden, was in Bild 9 deutlich zu erkennen ist.

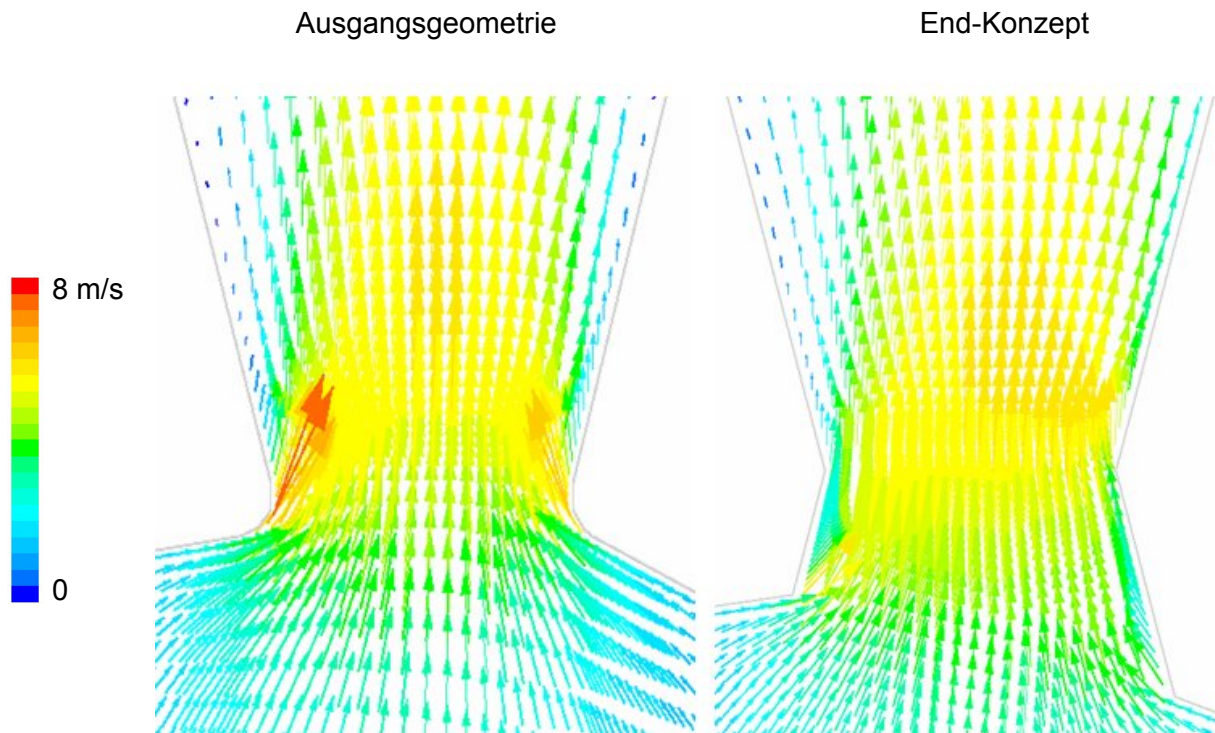
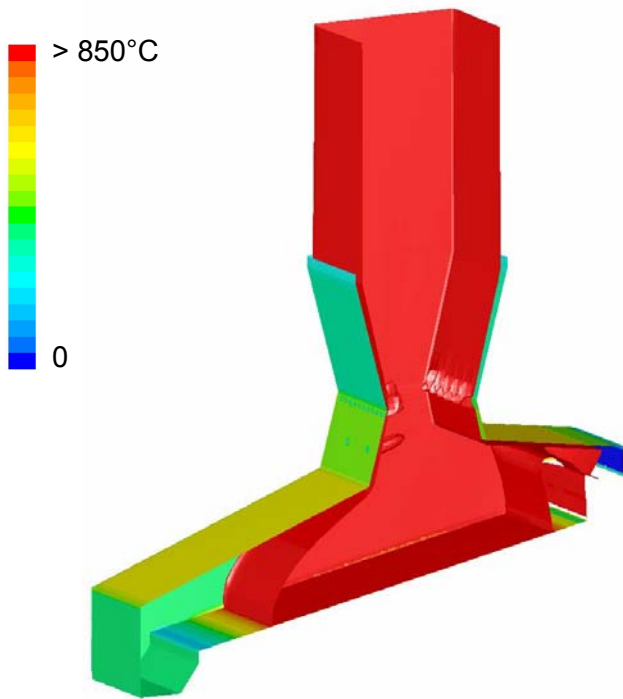


Bild 9: Geschwindigkeiten (Vergleich „Ausgangsgeometrie“ und „End-Konzept“)

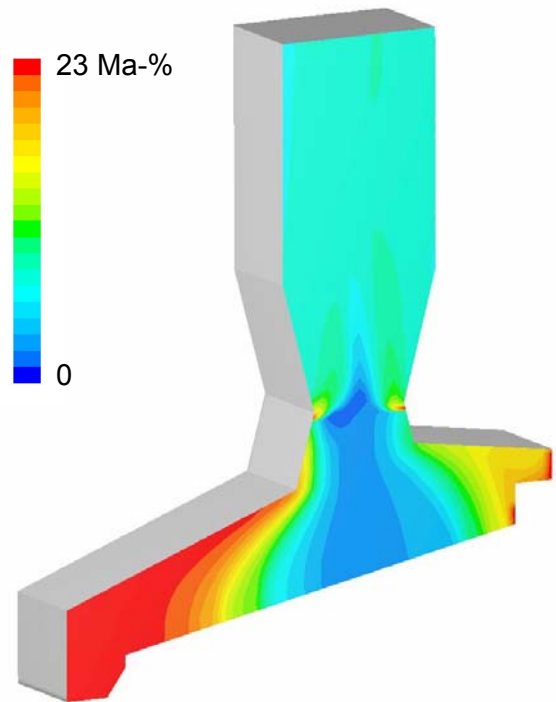
Durch die geringeren lokalen Geschwindigkeiten hat sich die Anströmsituation des 1. Zuges schon sichtbar verbessert. Darüber hinaus ist ebenfalls zu beobachten, dass weniger Totzonen im Bereich der Aufweitung existieren.

Die gerade beschriebenen Effekte basieren ausschließlich auf der Primärluftzuführung. Mit diesen positiven Erkenntnissen wurde anschließend eine Verbrennungs-Simulation des End-Konzeptes, d.h. mit Sekundärlufteindüsung sowie Verbrennungsreaktionen, durchgeführt. Die Resultate der CFD-Verbrennungsrechnung sind in Bild 10 a-d dargestellt.

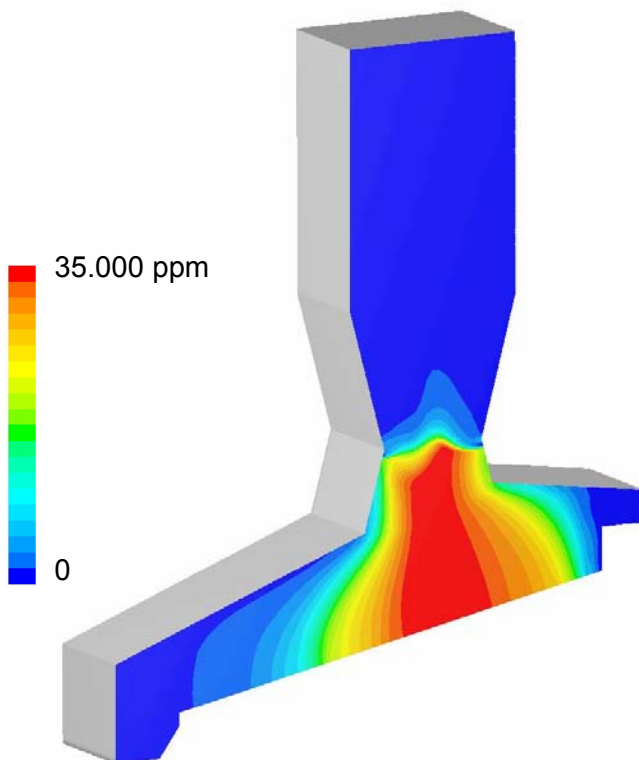
10a - Temperatur



10b - Sauerstoff



10c - Kohlenmonoxid



10d - Stromlinien

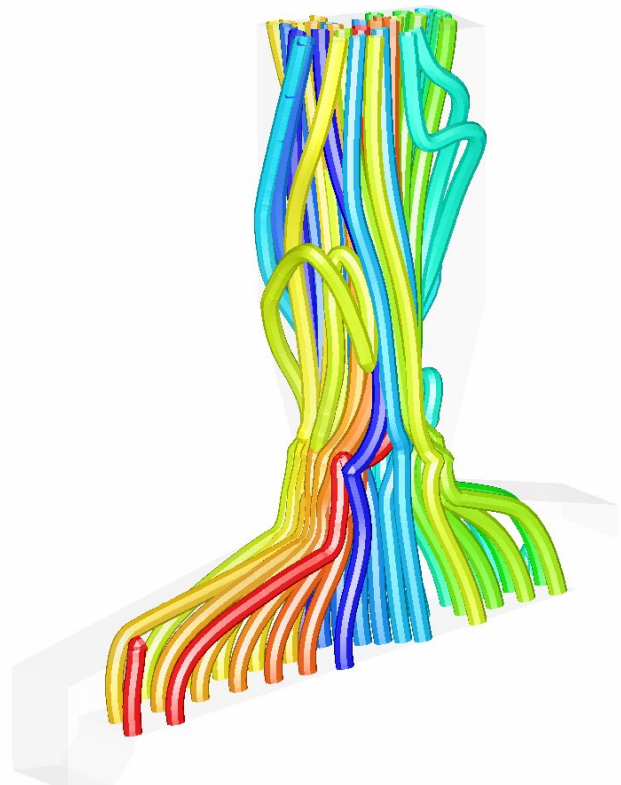


Bild 10 a-d: Temperatur-, O₂- sowie CO-Verteilungen und Stromlinien (End-Konzept)

Den Ergebnissen kann entnommen werden, dass der Feuerungsprozess gegenüber früheren Konzepten deutlich verbessert worden ist. Die Sekundärluft wird so zugeführt, dass praktisch im gesamten 1. Zug konstante Sauerstoff-Werte sowie sehr geringe CO-Konzentrationen erkennbar sind. Grund für diesen vollständigen CO-Ausbrand zu Beginn des 1. Zuges ist neben der optimierten Sekundärluftzuführung auch die neue Feuerraumgeometrie. Die Strömungsverhältnisse konnten vergleichmäßigt werden, was zur Folge hatte, dass Tot- bzw. Rezirkulationszonen eliminiert oder zumindest reduziert werden konnten. Im Feuer- und Nachbrennraum werden Temperaturen größer 850°C erreicht.

5 Betriebserfahrungen

Die für das End-Konzept vorausgesagten Zustände, z.B. geringe CO-Konzentrationen, wurden nach dem Umbau durch Messwerte bestätigt. Sowohl ThyssenKrupp Xervon Energy als auch ANO Bremen (z.B. in [5]) stellten im Vergleich zu den ursprünglichen Konzepten deutlich günstigere Bedingungen fest.

In Bild 11 sind die früheren und jetzigen CO-Betriebsmessungswerte der ANO Bremen aufgeführt. Die roten Balken kennzeichnen die CO-Werte des früheren Konzeptes (bis einschl. 2000), die grünen Balken stellen die CO-Mittelwerte der aktuellen Fahrweise dar. Von 1998 bis 2000 wurden CO-Werte von etwa 30 - 35 mg/m³_{i.N.} gemessen. Die jetzigen Beträge liegen ca. 25 % niedriger (bei etwa 20 - 25 mg/m³_{i.N.}).

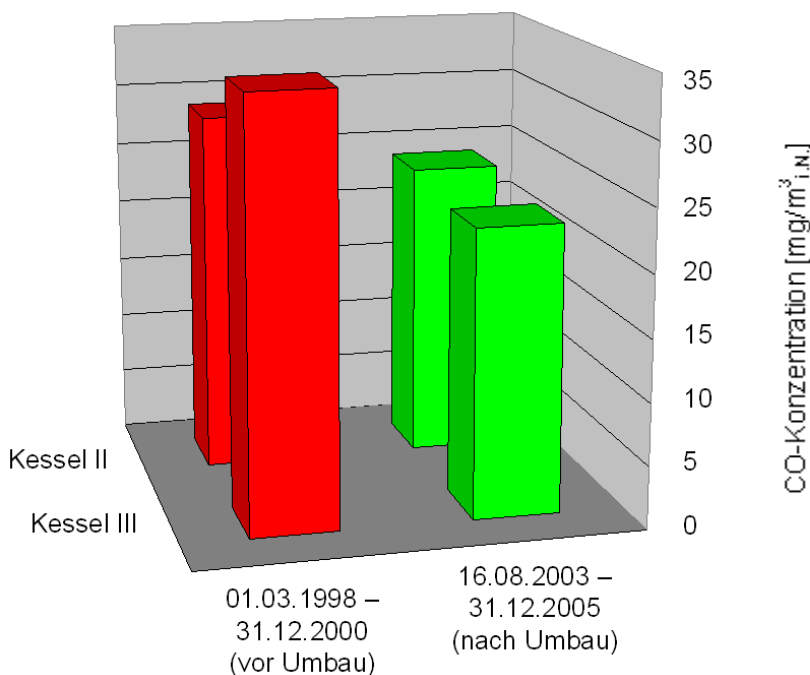


Bild 11: CO-Betriebsmessungen (Mittelwerte am Kesselende in mg/m³_{i.N.})

Im Februar 2006 führte Thyssen Krupp Xervon Energy interne Netzmessungen am Kessel 2 durch, um die positiven Effekte der Umbaumaßnahmen zu dokumentieren bzw. zu bestätigen. Die Lage der Messebenen sowie die Anordnung der insg. 14 Einzelmesspunkte ist in Bild 12 dargestellt.

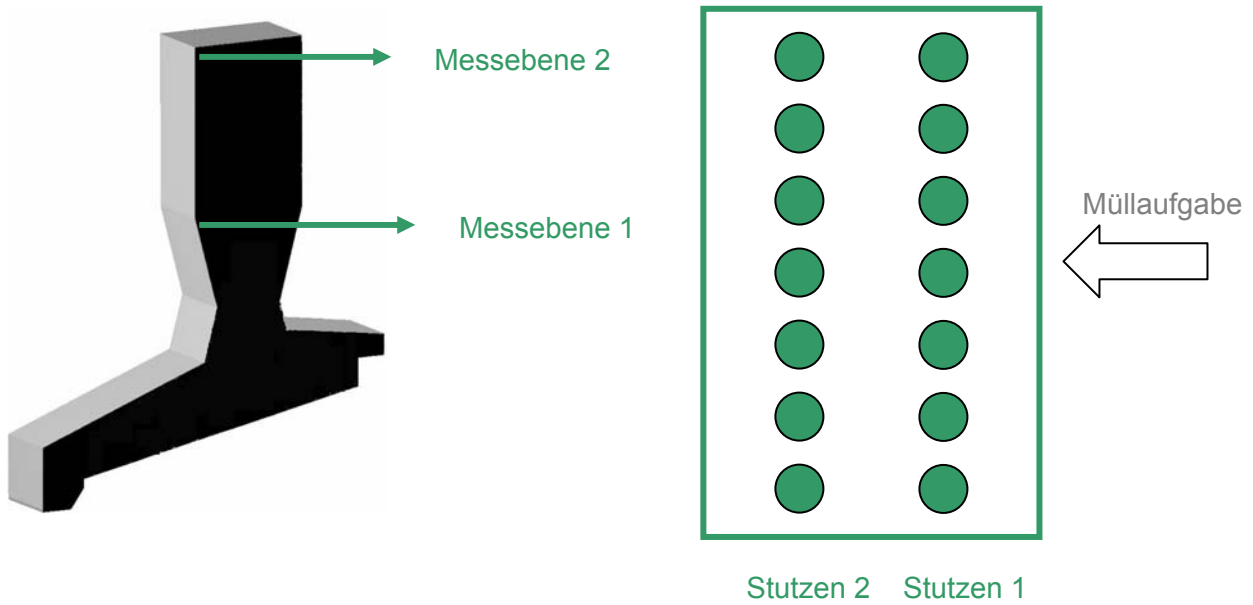


Bild 12: Netzmessung (Messebenen und Einzelmesspunkte)

Die gemessenen Temperaturen, Sauerstoff- und CO-Konzentrationen in Form von 10 Minuten-Mittelwerten sind in den Bildern 13-16 zusammengefasst. Zunächst sind die 14 gemessenen Temperaturmittelwerte in Bild 13 aufgeführt.

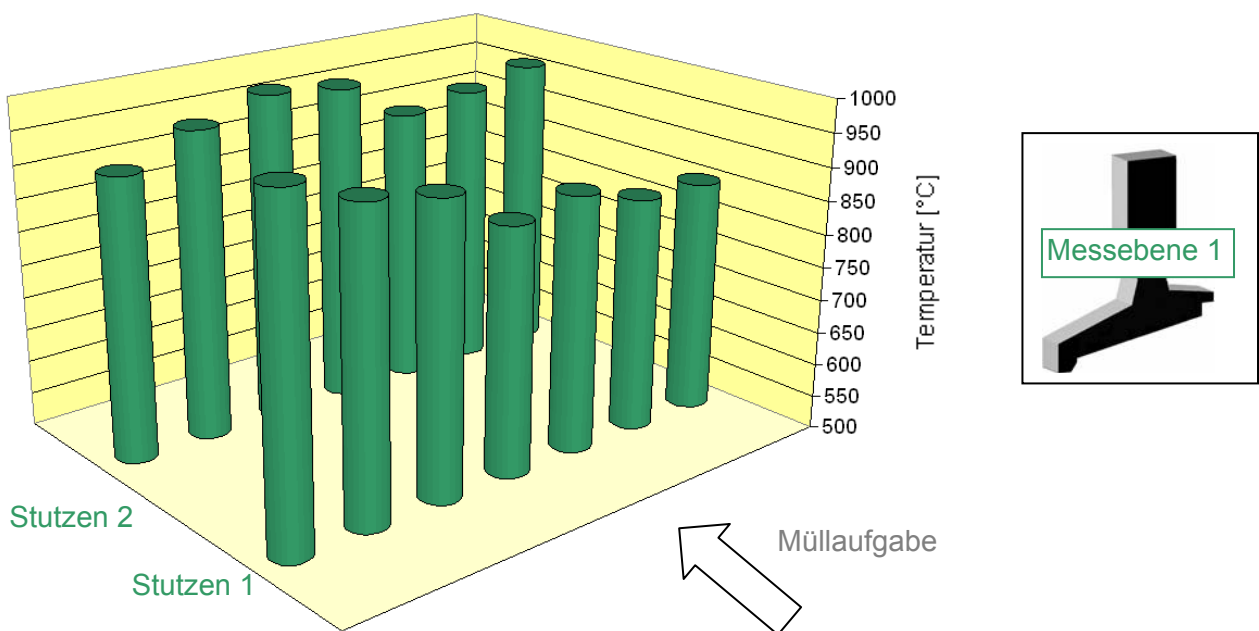


Bild 13: Gemessene Temperaturen in °C (Messebene 1)

Die gemessene Verteilung sieht für eine etwa 2,5-stündige Messung (14 x 10 Minuten-Mittelwerte) recht gleichmäßig aus und kein Temperaturwert lag unter 850°C. Es gibt 2 Stellen, an denen vergleichsweise leicht erhöhte Temperaturen zu erkennen sind, nämlich beim 1. Stutzen in der Nähe der linken Seitenwand sowie beim 2. Stutzen in der Kesselmitte. Dementsprechend findet man genau in diesem Bereich auch abgesenkte Sauerstoffwerte, wie in Bild 14 zu erkennen ist.

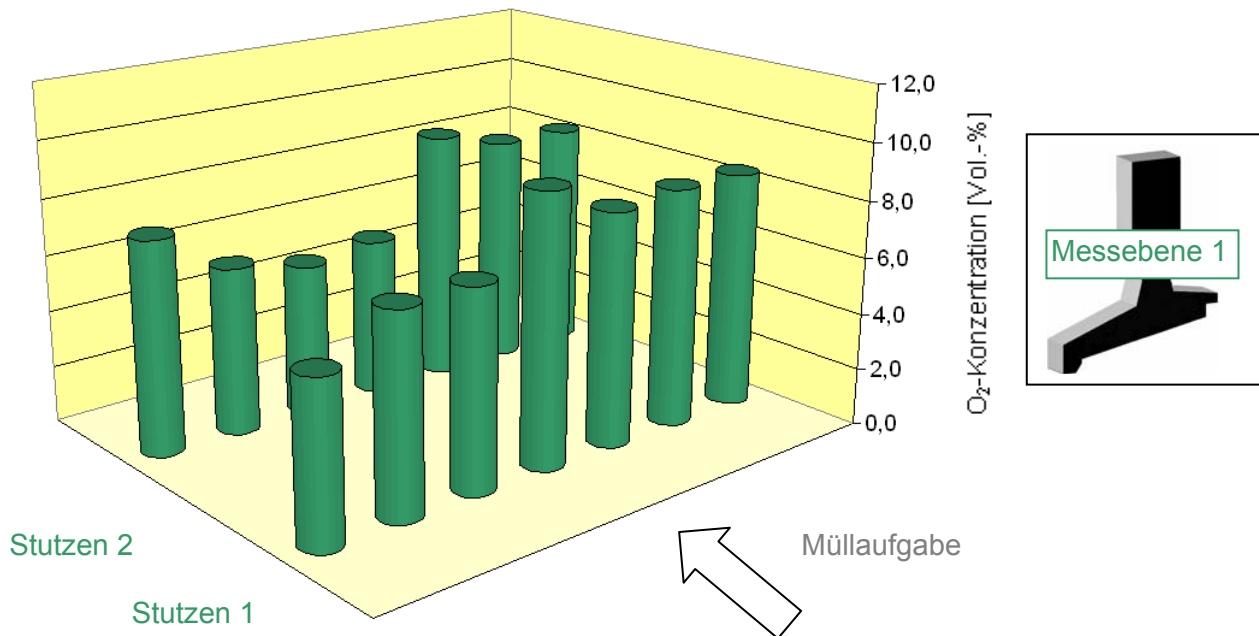


Bild 14: Gemessene Sauerstoffwerte in Vol.-% (Messebene 1)

Da im Bereich der rechten Seitenwand an jeweils 3 Messpunkten recht hohe Sauerstoffwerte gemessen worden sind (deutlich über 8 Vol.-%), deuten die Ergebnisse der Netzmessung auf eine kleine Rost-Schiefelage hin. Würde vor allem das Sekundärluftsystem nicht richtig ausgelegt worden sein, wäre die Eindringtiefe bei allen Sekundärluftdüsen zu gering, sodass in allen 7 Messpunkten niedrige O₂-Werte hätten gemessen werden müssen. Solche Schieflagen, beginnend vom Rost, sind jederzeit simulierbar, allerdings ist eine lückenlose Dokumentation der Abfallaufgabe und Lage auf dem Rost absolute Voraussetzung hierfür. Ansonsten wird üblicherweise nur eine Symmetriehälfte berechnet und die andere spiegelsymmetrisch in der Auswertung ergänzt.

Bei den drei geringeren Sauerstoffwerten muss außerdem erwähnt werden, dass innerhalb der 10 Minuten-Messung auch Einzelwerte im 2-stelligen Bereich gemessen worden sind. Dies bestätigt die Vermutung, dass die 3 Stellen mit Werten um 6 Vol.-% dauerhaft nicht in diesem Bereich liegen, sondern wie die anderen Messstellen deutlich über 6 Vol.-%.

Entsprechend den Sauerstoff- sowie Temperatur-Werten sind die festgestellten Schieflagen auf dem Rost auch anhand der CO-Messungen zu bestätigen, wie Bild 15 verdeutlicht.

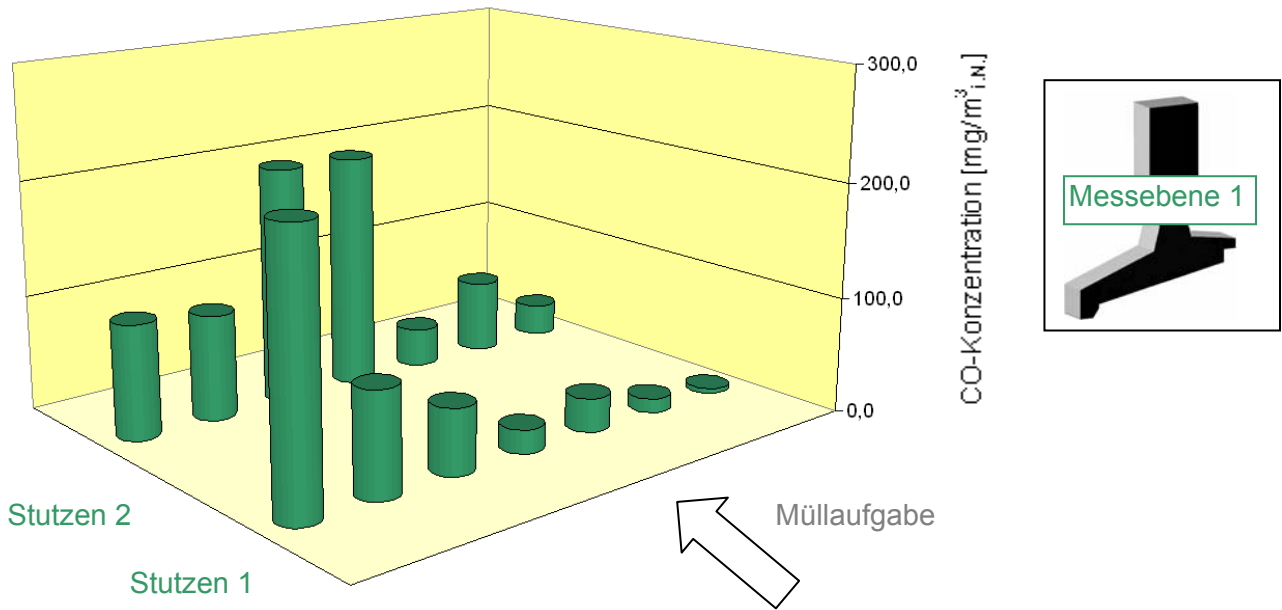


Bild 15: Gemessene CO-Werte in ppm (Messebene 1)

Die CO-Netzmessung in der unteren Messebene ergab, dass die CO-Werte in 11 von 14 Einzelpunkten teilweise bereits sehr deutlich unter 100 ppm lagen. Werte im 1-stelligen ppm-Bereich waren keine Seltenheit. Bei den drei schon erwähnten Messpunkten (linke Seitenwand bei Stutzen 1 sowie Kesselmitte bei Stutzen 2) lagen die CO-Werte bei den Momentaufnahmen über 100 ppm. Erstens sind diese Beträge für die Messebene 1, d.h. zu Beginn bzw. in der Mitte des 1. Zuges, allerdings nicht untypisch und zweitens wurden, wie erwähnt, innerhalb der 10 Minuten nicht gänzlich Werte über 100 ppm gemessen. Beispielsweise lag das Minimum beim Messpunkt „linke Seitenwand - Stutzen 1“ bei 12,8 ppm.

Abschließend soll anhand der Temperatur-Netzmessung der oberen Messebene (Ende 1. Zug) der positive Eindruck bestätigt werden (Bild 16).

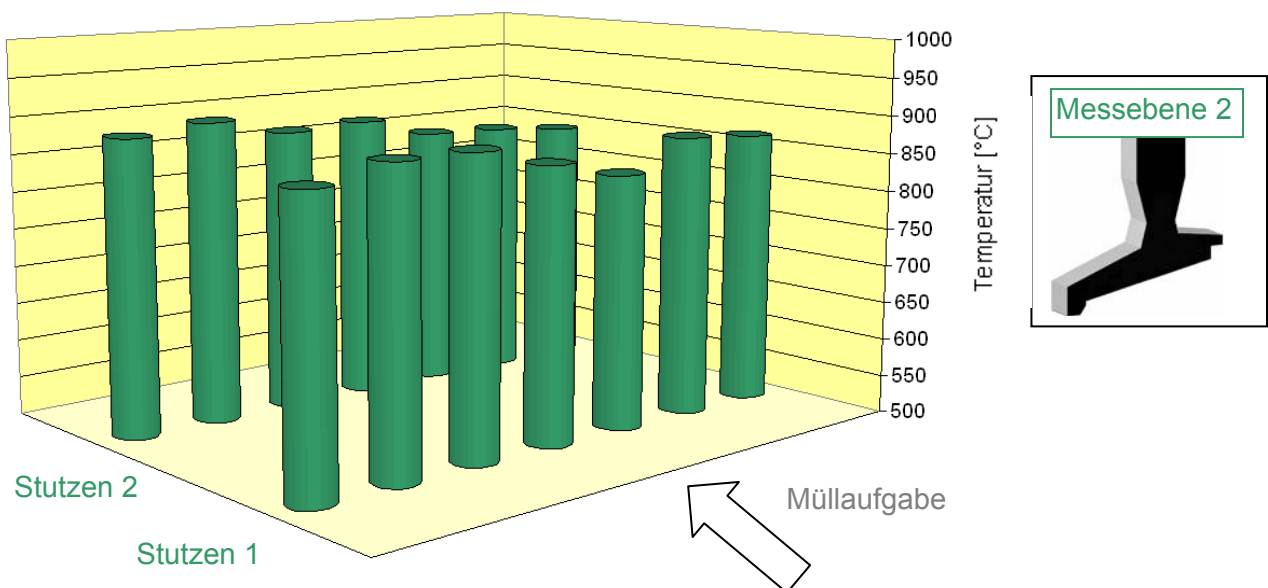


Bild 16: Gemessene Temperaturen in °C (Messebene 2)

Die Netzmessung sieht außergewöhnlich gleichmäßig aus, insbesondere wenn man wiederum bedenkt, dass zwischen dem ersten und dem letzten Messpunkt fast 2 Stunden lagen.

Demzufolge kann von zufrieden stellenden Ergebnissen und einer Bestätigung der vorhergesagten Simulationsresultate gesprochen werden.

6 Zusammenfassung

Zur Erhöhung der Entsorgungssicherheit des anfallenden Abfalls wurden die seit 1969 in Betrieb befindlichen Verbrennungslinien 2 und 3 im Rahmen von Modernisierungen saniert. Hierbei sind insbesondere der Austausch der vorhandenen Walzenrostfeuerung gegen eine wassergekühlte Vorschubrostfeuerung sowie die Konzeption einer neuen Feuerraumgeometrie zu nennen.

Die Feuerraumgeometrie in Kombination mit der Sekundärlufthdüsenanordnung wurde simulations-technisch untersucht und optimiert. Die Ausgangsgeometrie ließ noch große Wirbelzonen im Strömungsfeld erkennen, sodass Temperaturen unter 850°C in dieser Totzone existierten. Anschließend wurde eine Geometrie konzipiert, bei der die Rückwandkontur verändert wurde. Diese Veränderung bewirkte positive Effekte im Strömungsfeld, allerdings nur im Bereich der Rückwand. Infolgedessen wurde nach dieser Übergangsgeometrie ebenfalls die Vorderwandkontur neu gestaltet. Die Simulationsergebnisse ließen optimierte Verbrennungsbedingungen sowie homogene Verteilungen für das End-Konzept erkennen.

Abschließend kann also gefolgert werden, dass anhand der Anlage in Bremen erneut nachgewiesen wurde, dass CFD-Simulationen ein wichtiges Werkzeug für die Optimierung von Rostverbrennungsanlagen sein können.

6 Literatur

- [1] LLS Standardkessel Service: Produktinformation am Beispiel der ANO-Bremen, 2005
- [2] Klasen, T., Görner, K.: Einfluss von Feuerraumgeometrie und -wandmaterial auf den Verbrennungsprozess sowie Vorhersage von gefährdeten Gebieten innerhalb einer MVA, VGB-Konferenz: „Thermische Abfallverwertung 2000“, 20.-21.11.2000, Essen
- [3] Klasen, T., Görner, K.: Einfluss diverser Sekundärlufteindüsenkonzepte auf die Müllverbrennung - mittels CFD -, VDI-Tagung "Flammentag", 04.-05.09.2001, Essen
- [4] Görner, K.: Technische Verbrennungssysteme. Springer Verlag, Berlin, 1991
- [5] ANO Bremen: Umwelterklärung 2005