

Eigenschaften des Müll- Brennbettes im Feuerraum und Umsetzung in CFD-Simulationen

Dr. Ragnar Warnecke, GKS

Dipl.-Ing. Martin Weghaus, BNG

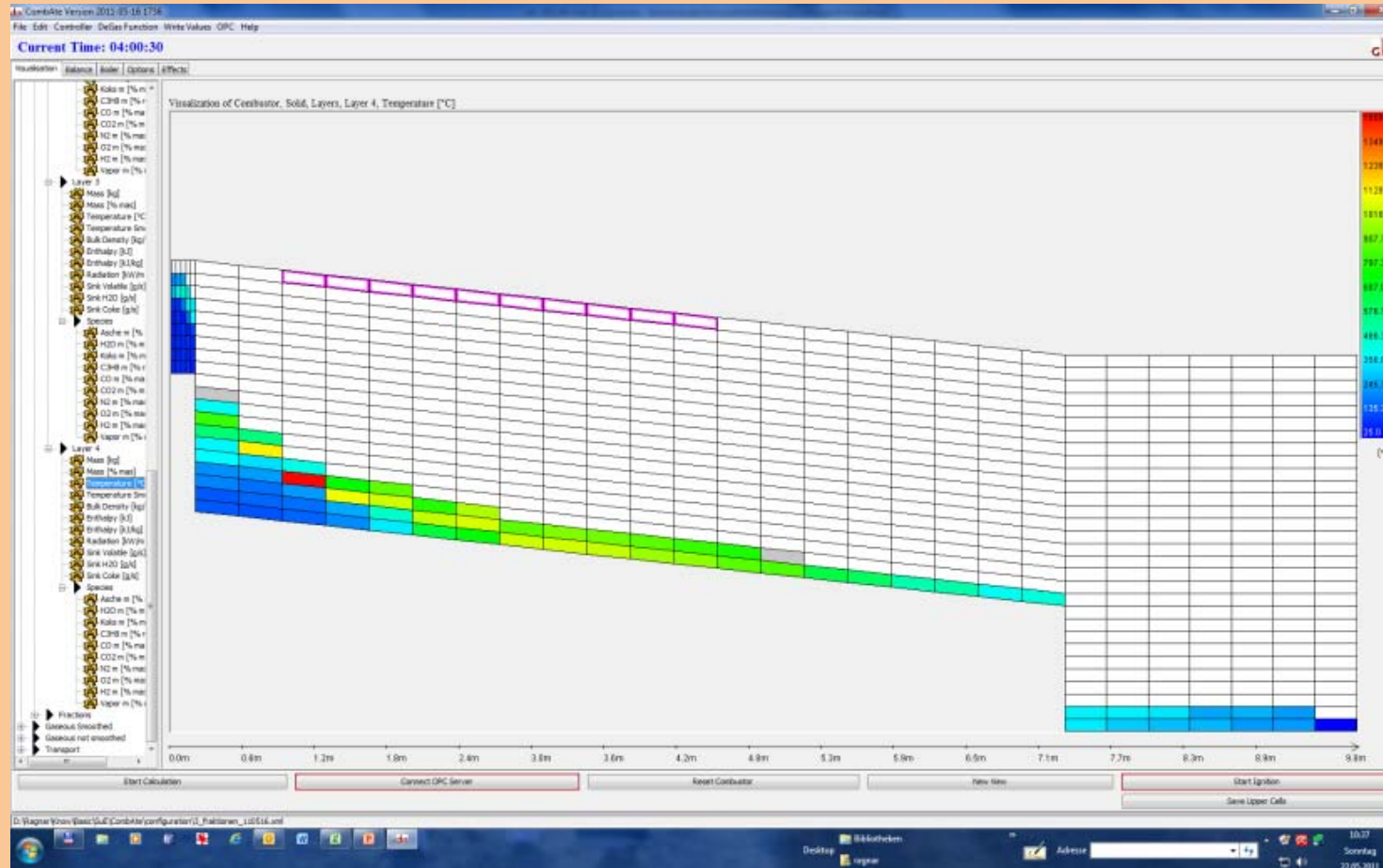
Dipl.-Ing. (FH) Volker Müller, GKS

Dipl.-Ing. (FH) Stefan Langer, GKS

Inhalt

1. Temperaturen im Brennbett
2. CFD-Simulationen
3. Sekundärluft-Optimierung
4. Interpretation und Ausblick

1. Temperaturen im Brennbett



Kaminofen: Stammholz mit Papier



Kaminofen: Scheitholz mit Papier



Bewertung

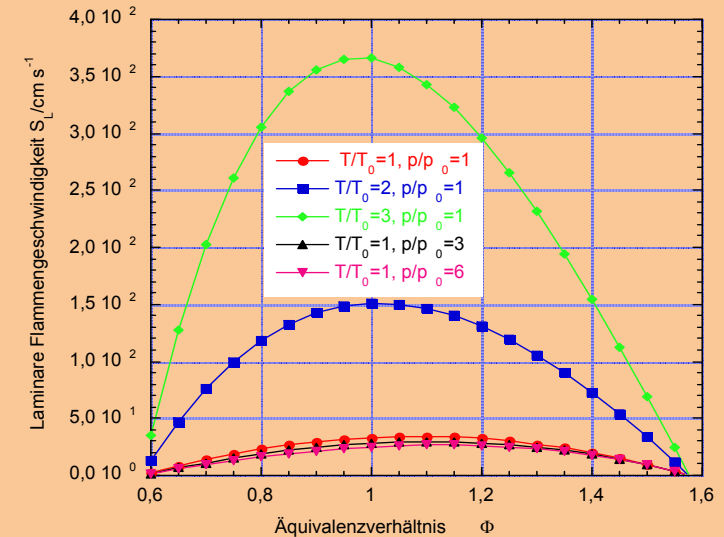
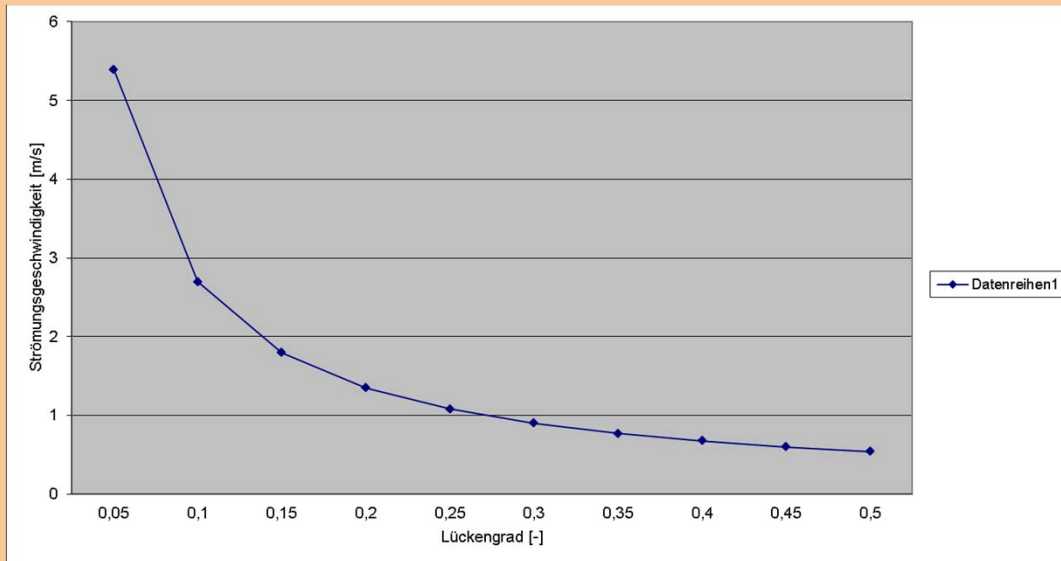
Die gleiche Masse an Brennstoff (rund 1,8 kg Eichenholz, 2 Jahre trocken gelagert) zündet:

- als Stammholz nicht –
Oberfläche rund 0,16 m²
- als Scheitholz gut –
Oberfläche rund 0,61 m²

D.h.: Eine Oberflächen-Vergrößerung um einen Faktor 4 verändert die Zündwilligkeit enorm!

Holzsplit:		
Gewicht:		1,8 kg
Glatt-Durchmesser:		150 mm
Glatt-Länge:		330 mm
Glatt-Volumen:		0,005832 m ³
Glatt-Dichte:		308,7 kg/m ³
Glatt-Oberfläche:		0,156 m ²
Holzsplit:		
Gewicht:		1,8 kg
Quasi-Durchmesser je Split:		38 mm
Quasi-Länge je Split:		330 mm
Quasi-Volumen je Split:		0,000374 m ³
Anzahl Split:		15,6 -
Quasi-Gesamt-Volumen:		0,005832 m ³
Quasi-Gesamt-Dichte:		308,7 kg/m ³
Quasi-Oberfläche je Split:		0,039 m ²
Quasi-Gesamtoberfläche:		0,614 m ²
Oberflächenverhältnis:		3,947 -

Frage: Gehen Flammen in die Schüttung?



Bockhorn, H.: Grundlagen der Verbrennungstechnik II, 2001

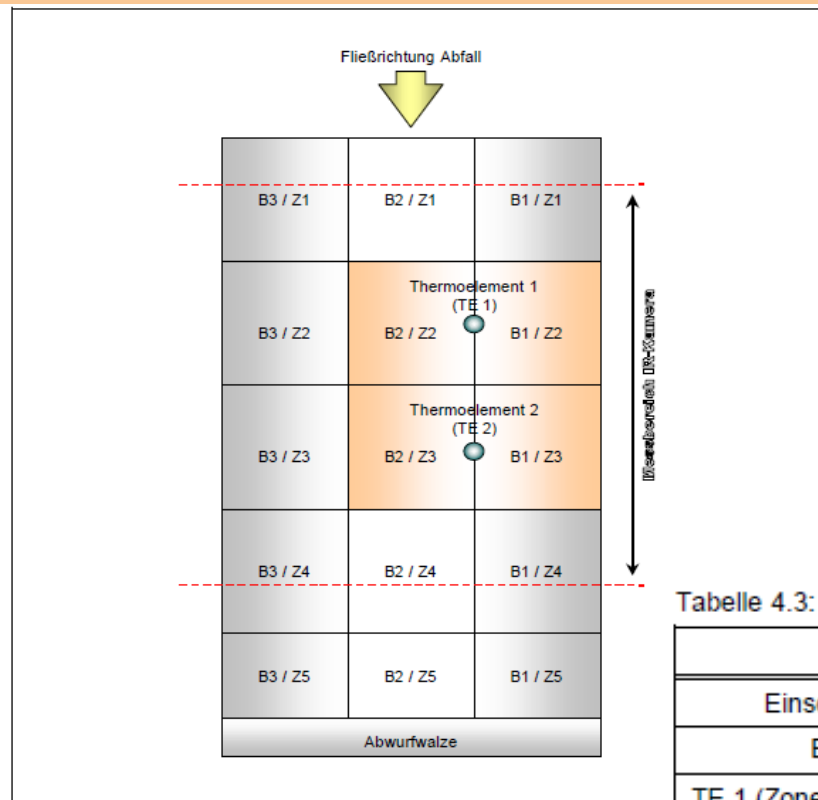
GKS-Rost-Verhältnisse:		Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Summe
Länge:	[m]	1,8	1,8	1,8	1,8	2,4	9,6
Breite:	[m]	3	3	3	3	3	3
Fläche:	[m ²]	5,4	5,4	5,4	5,4	7,2	28,8
Luft-Volumenstrom:	[m ³ i.N., tr./h]	1000	2500	4000	3000	1000	11500
Norm-Leerrohr-Strömungsgeschwindigkeit:	[m/s]	0,05144033	0,12860082	0,20576132	0,154320988	0,03858025	0,11091821
Lückengrad:	[-]	0,1	0,2	0,5	0,6	0,6	0,6
Norm-Lückengrad-Strömungsgeschwindigkeit:	[m/s]	0,51440329	0,64300412	0,41152263	0,257201646	0,06430041	0,18486368
Gastemperatur:	[°C]	80	250	700	800	500	1000
Ist-Lückengrad-Strömungsgeschwindigkeit:	[m/s]	0,66514418	1,23183572	1,46670887	1,010906103	0,18206673	0,86202003

Bisherige Temperatur-Untersuchungen

Bisher wurden verschiedene Versuche zur Aufnahme der Brennbetttemperatur gemacht:

- „Ball-Instrument“ der Uni. Sheffield (u.a. auch im GKS durch JRC)
- IR-Messungen der Brennbettoberflächentemperatur (u.a. auch durch KIT im GKS)
- „Einschubthermoelemente“ durch Roststäbe (von FES/bifa/Martin an Martin-Rost)

„Einschubthermoelemente“



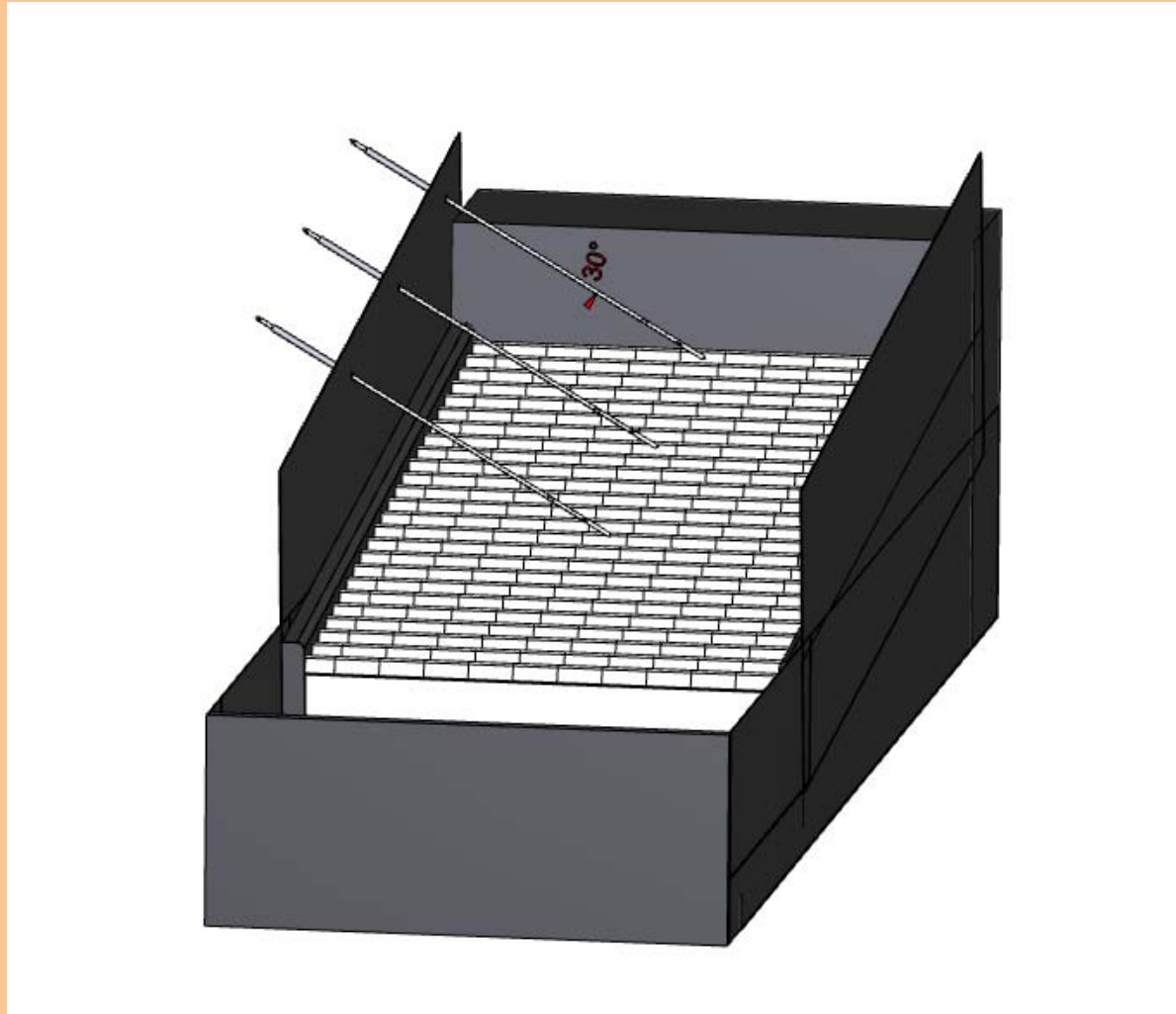
Messpunkte der Einschubthermoelemente im Verbrennungsrost in MVA A

Quelle: Projekt EU7, Bayerisches StMUG, 2004

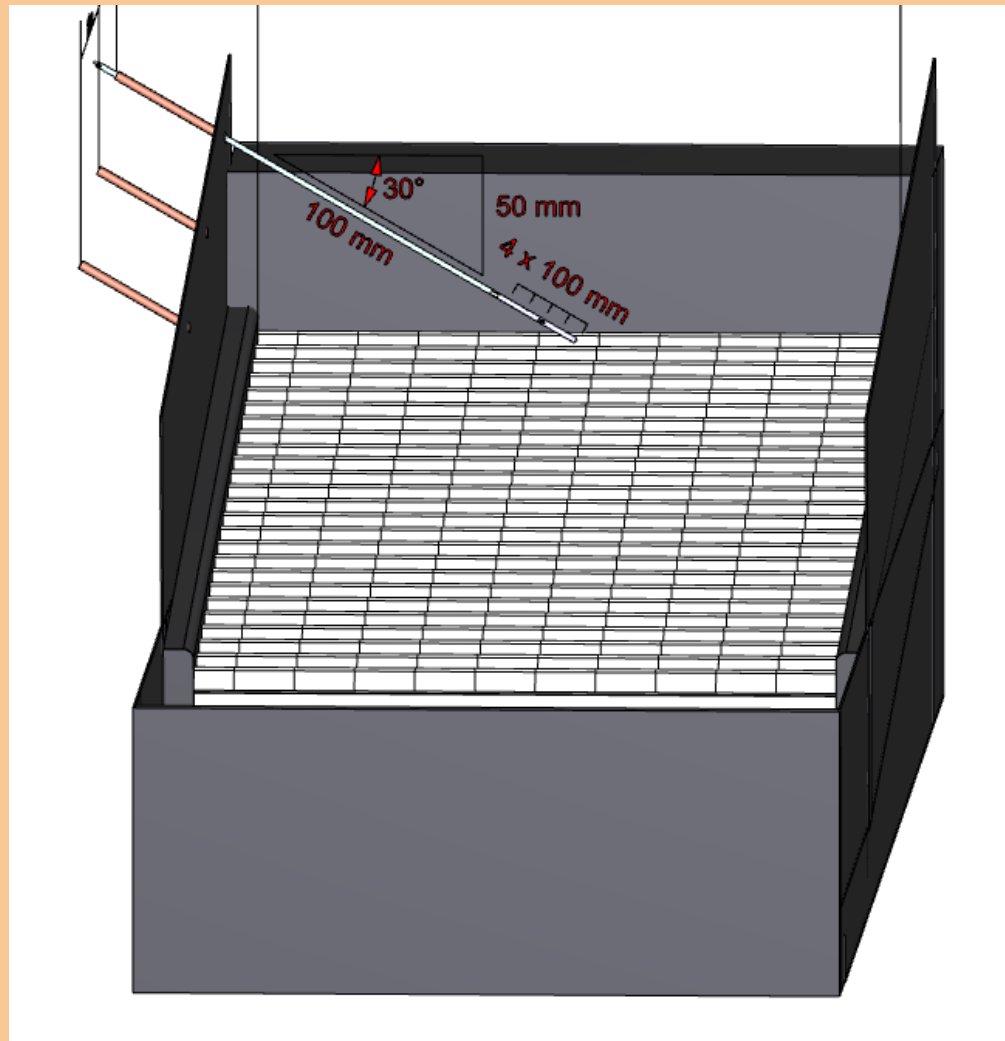
Tabelle 4.3: Thermoelemente im Rost – 18.11.03 (MVA A)

Zeitraum		08:58 – 09:23	09:23 – 10:38	10:38 – 14:13	14:13 – 19:00
Einschubtiefe [mm]		200	400	300	200
Bemerkung					
TE 1 (Zone 2)	Minimum [°C]	72	334	143	84
	Mittelwert [°C]	89	713	431	241
	Maximum [°C]	94	1.147	1.095	733
TE 2 (Zone 3)	Minimum [°C]	18	414	122	87
	Mittelwert [°C]	56	499	259	103
	Maximum [°C]	87	624	623	168

Brennbett im GKS



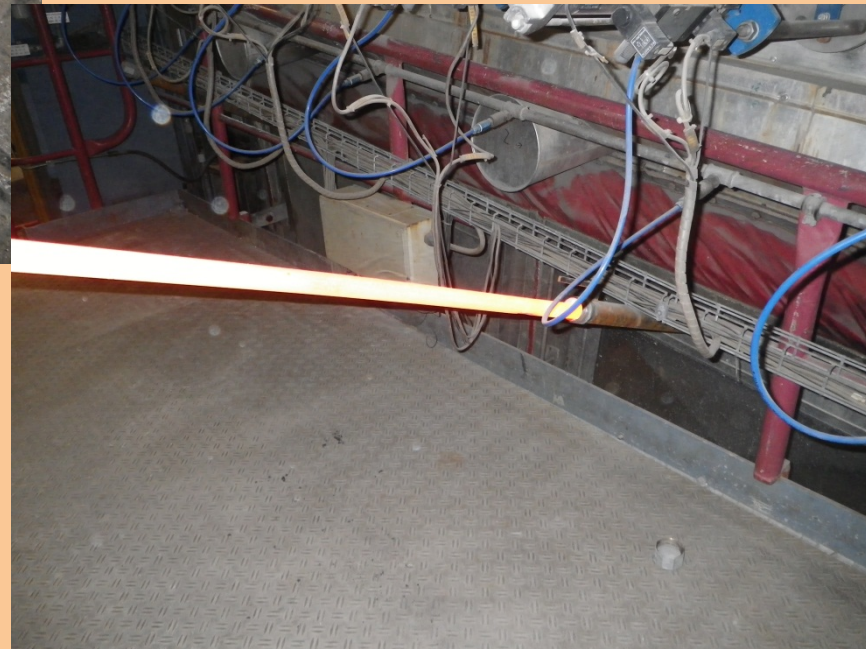
Messlanzen



Messslanzen

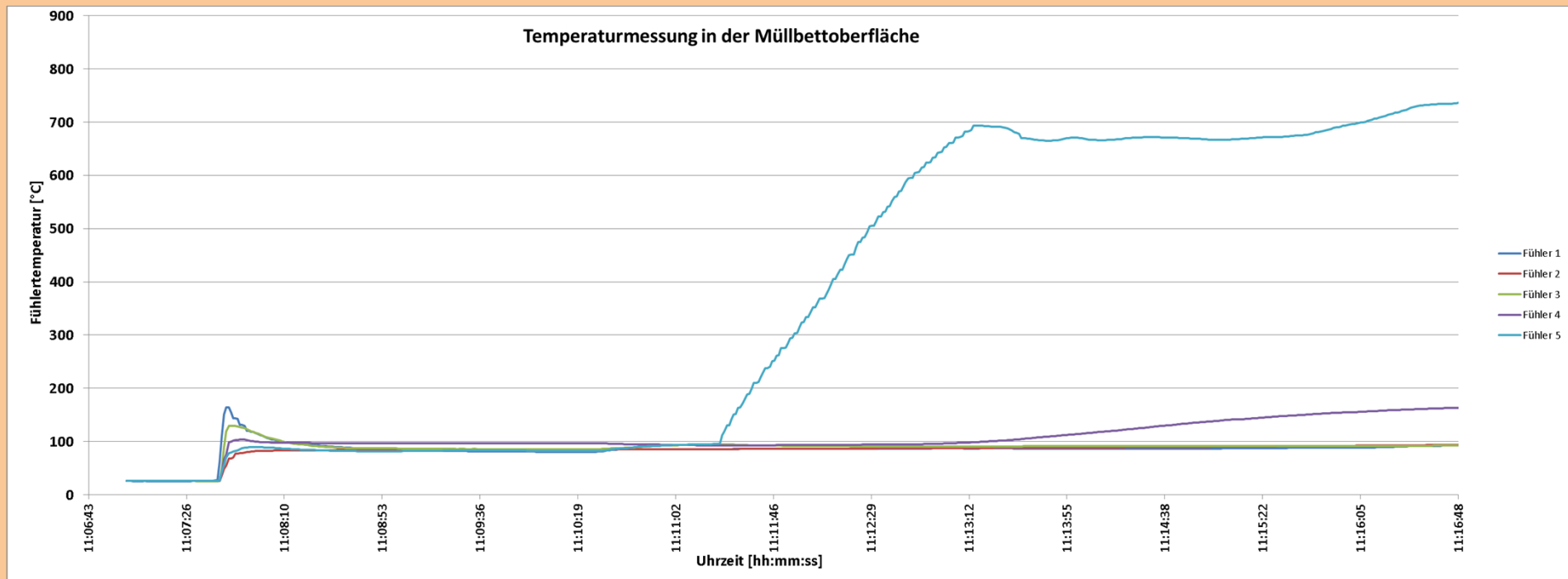


Messlanzen



Temperaturverlauf (m. UW-Vorwärmung)

Linie 11, Messstutzen 1



Brennbethöhe: 60 cm (ü. Roststab)

Höhe Stutzen 1: 0 cm "

Höhe Stutzen 5: 55 cm "

2. CFD-Simulationen

Wichtigkeit der Randbedingungen für CFD

Insbesondere: Austritt aus Brennbett
und Schütthöhe

Randbedingungen für CFD

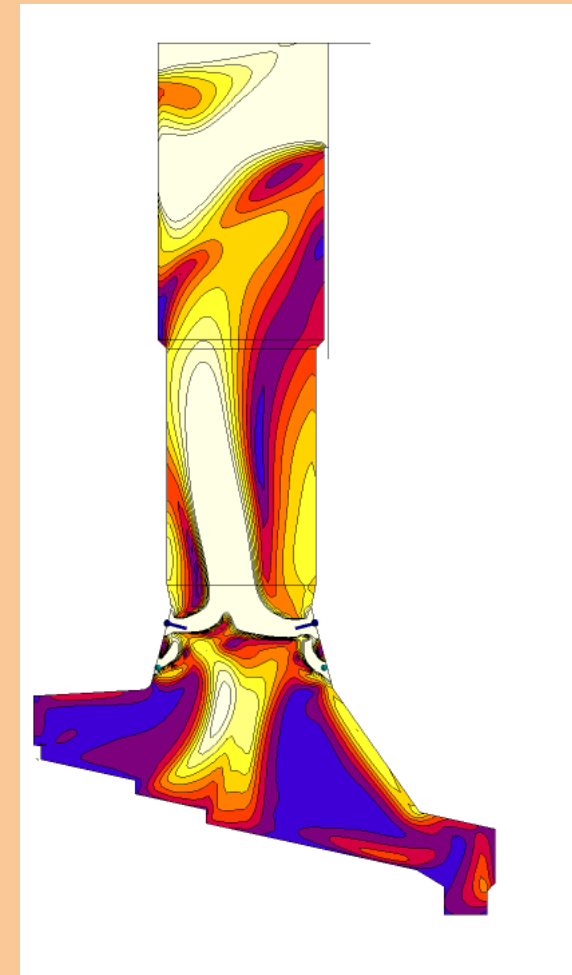
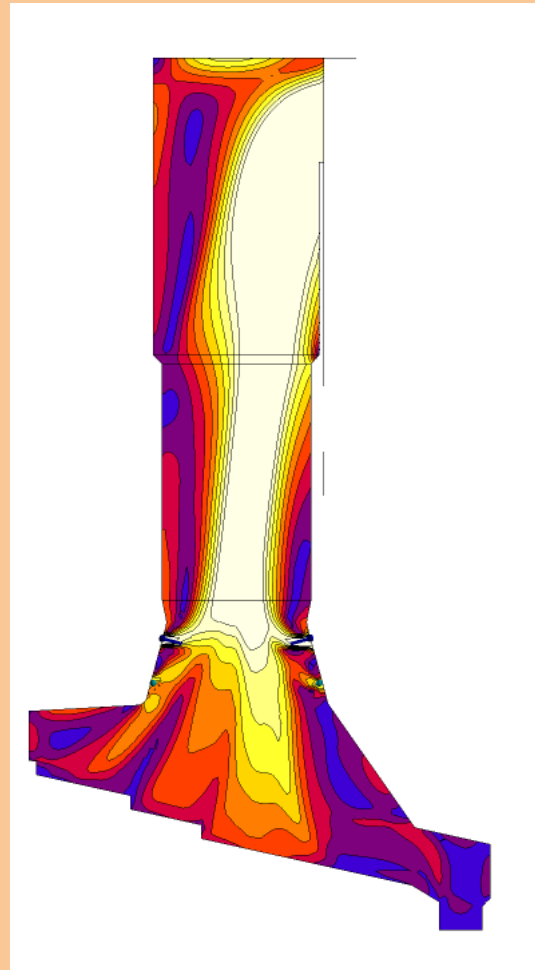
- Geometrie von Feuerung und Kessel
- Abströmbedingungen (z.B. in 2. Zug)
deshalb ganzen Kessel rechnen
- Wärmehaushalt:
 - Senke über Wände und WÜ
 - Einfluss der Strahlung (Anteil in den Zügen)
- Netzauflösung
- Reaktionsmodelle in der Gasphase (Kinetik!!!)
- Input in CFD!!! Aus Brennbett siehe vorn und sonstige Gas-Volumenströme (insb. SL)

Randbedingungen für CFD

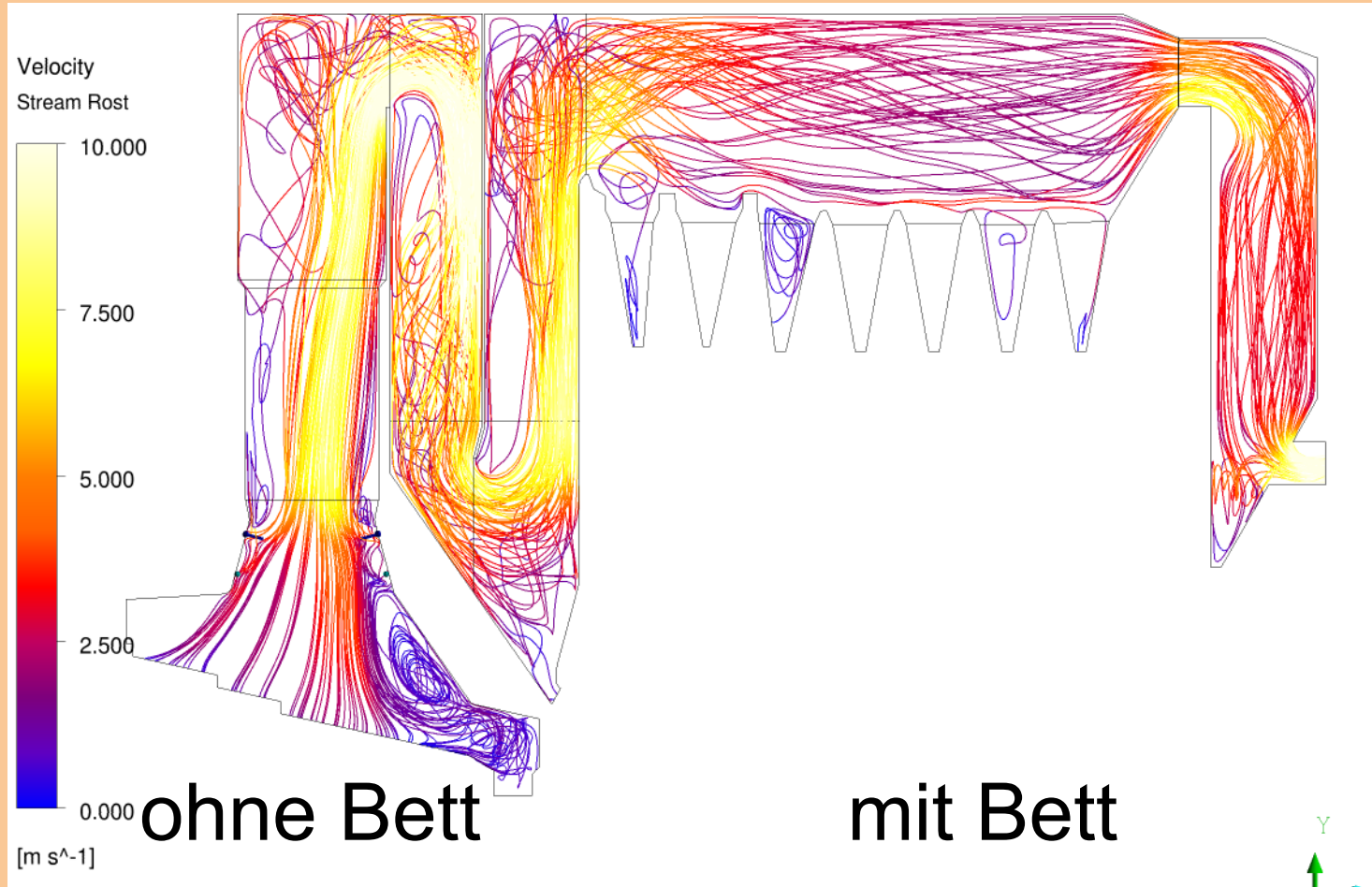
Wichtigkeit der Randbedingungen für CFD

Insbesondere: Austritt aus Brennbett
und Schütthöhe

Beispiel: Feuerlage

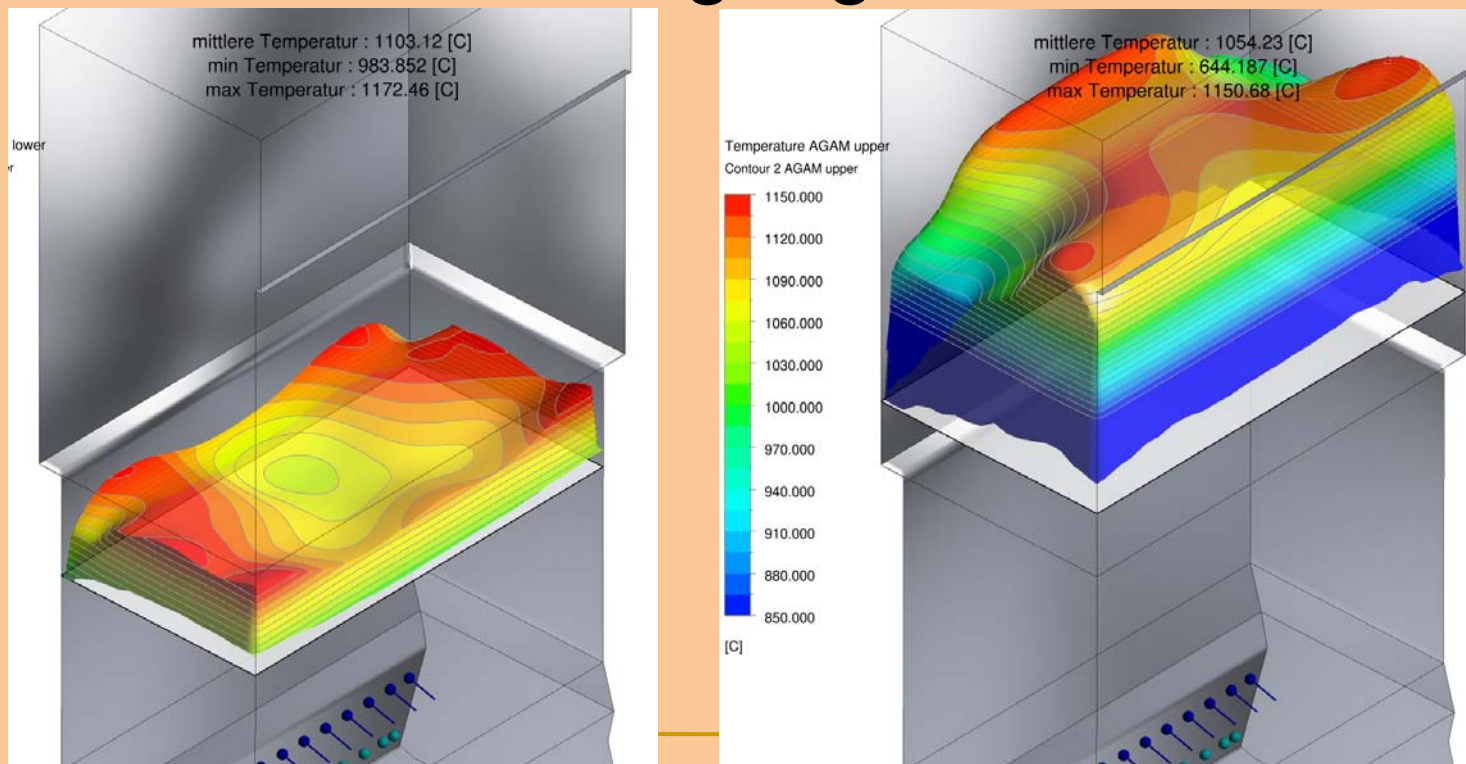


Beispiel: „Brennbett“



Wichtigkeit der Sekundärluft

- Ausbrand der Flüchtigen
- SL-Auslegung ist im Wesentlichen geometrische Auslegung



Sekundärluft-Optimierung

Verschiedene Konzepte vorstellbar:

- 1.a Kämmend
- 1.b Nicht-Kämmend
- 2.a ohne Wirbel
- 2.b Einfach-Wirbel
- 2.c Doppel-Wirbel (Mehrfach-Wirbel)
- 3.a Anstellwinkel: horizontal
- 3.b nach oben
- 3.c nach unten
- 4.a engste Stelle
- 4.b oberhalb engster Stelle
- 4.c unterhalb engster Stelle
- 5.a eine Ebene
- 5.b zwei Ebenen (mehrere Ebenen)

Sekundärluft-Optimierung

Verschiedene Konzepte vorstellbar:

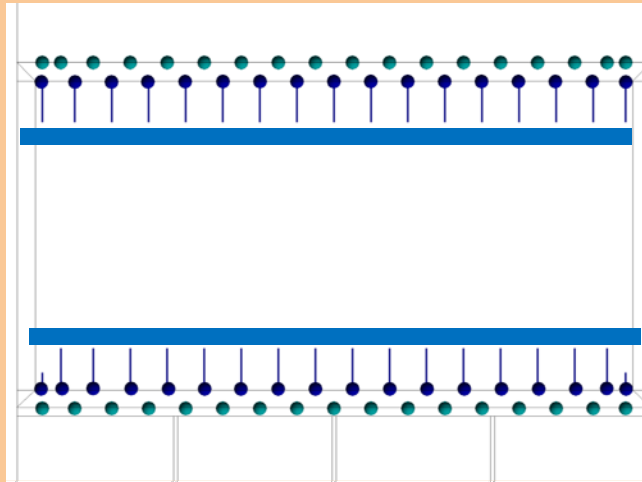
- 6.a Luft
- 6.b Rezi
- 6.c Luft mit Rezi (oder anderen Gasen (z.B. O₂))
- 7.a hoher Impuls (als Fkt. V. Vol.-str. u. Düsengeometrie)
- 7.b mittlerer Impuls
- 7.c niedriger Impuls
- 8.a Düsenabstand
- 9.a gleiche Düsen
- 9.b unterschiedliche Düsen
- 10.a von Vorder-/Rückwand
- 10.b von Seitenwand

Sekundärluft-Optimierung

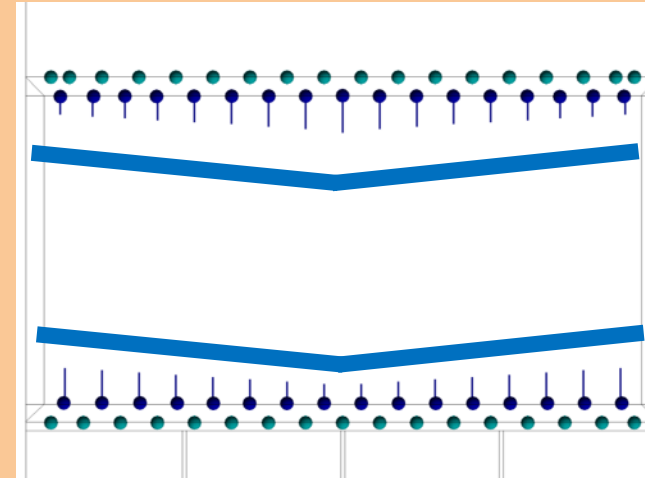
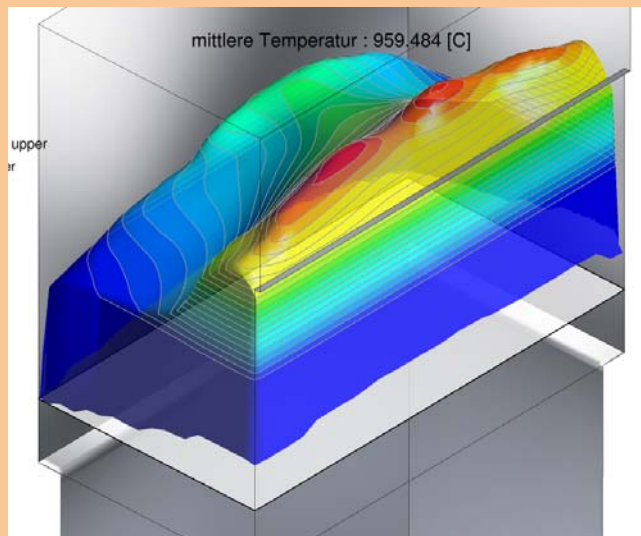
Schwerpunkte:

- Düsen unter engster Stelle
 - Argu.: Druckverlust vor engster Stelle
- DoWi mindestens gleich gut wie ohne Wirbel
 - Argu.: stabilisiert
- Kämmend ggf. Zwischendüsen
- Zähigkeit – Rezi aus GKS
- Impuls

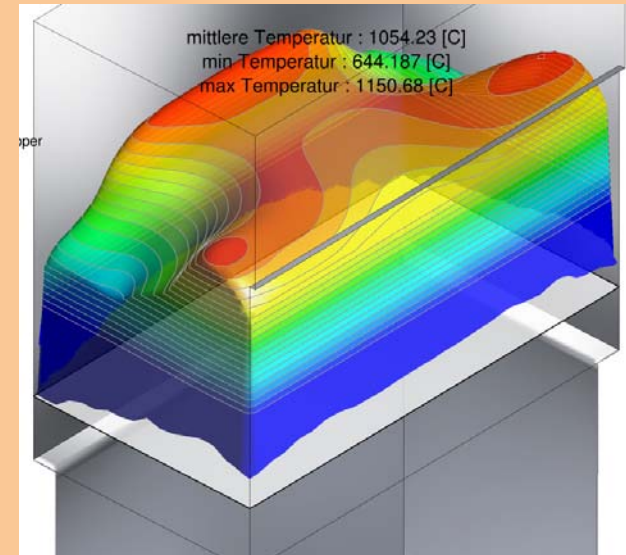
Sekundärluft-Optimierung



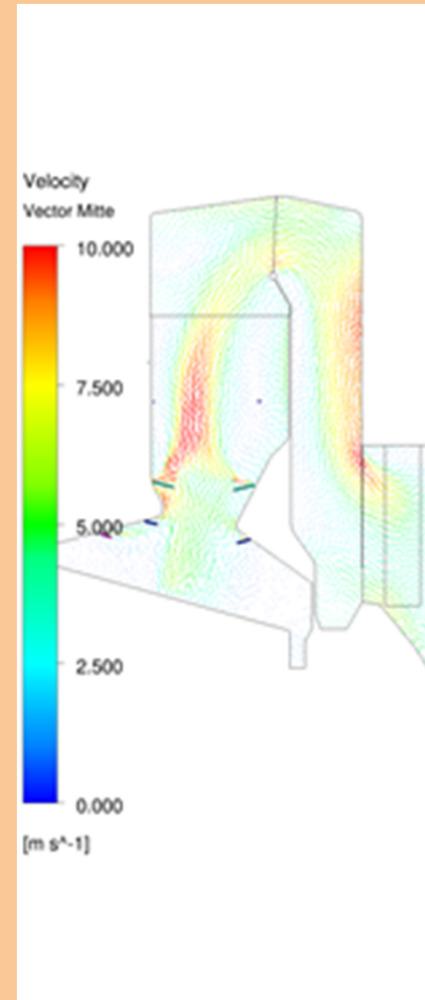
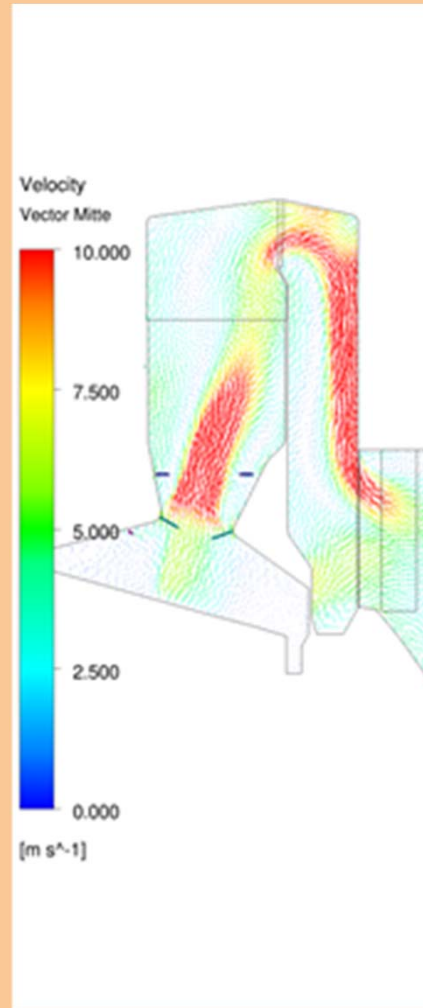
gleichverteilt



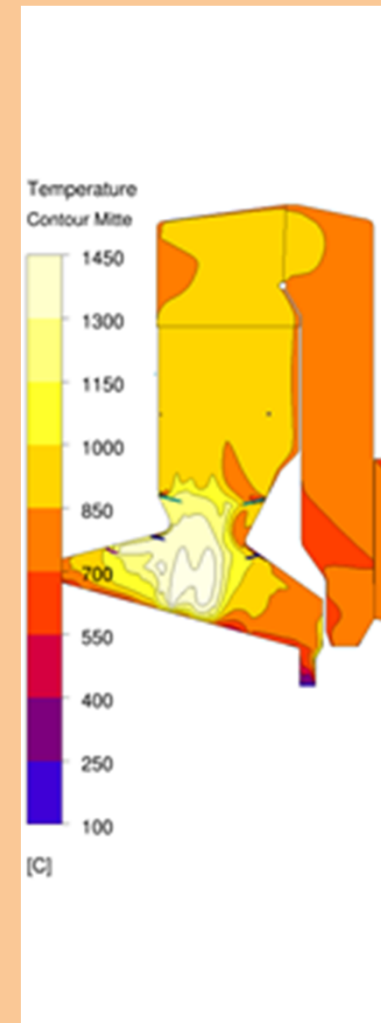
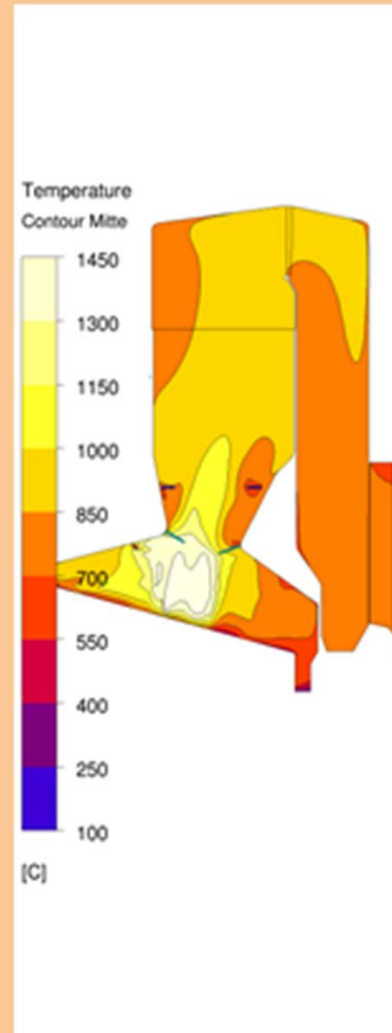
Doppelwirbel



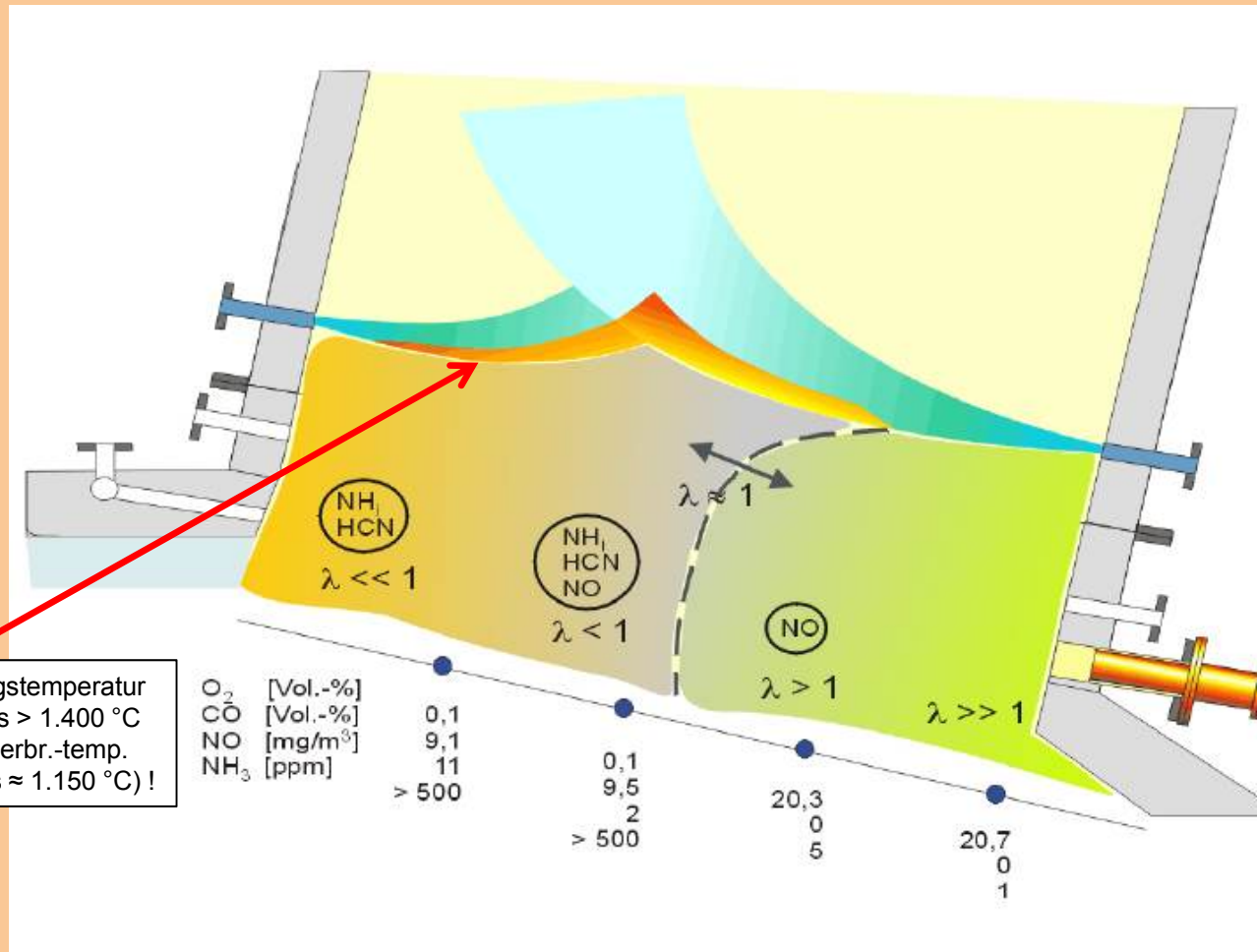
Position der SL



Position der SL



Lokale Verbrennungstemperatur



5. Interpretation und Ausblick

- Düsen unter engster Stelle
 - Argu.: Druckverlust vor engster Stelle
- DoWi mindestens gleich gut wie ohne Wirbel
 - Argu.: stabilisiert
- Kämmend ggf. Zwischendüsen
- Zähigkeit – Rezi aus GKS
- Impuls