



www.thermische-abfallbehandlung.de

15. Fachtagung

Thermische Abfallbehandlung



...gutes Engineering

Titel des Vortrages:

**Reengineering der Vergasungsanlage in Bleicherode für
DSD-Brennstoffe, Stand der Arbeiten und Perspektiven !**

Autoren:

Madeleine Berger, VER Verfahrensingenieure GmbH

Michael Pfeiffer, DEUSA International GmbH

Dr.-Ing. Sascha Schröder, VER Verfahrensingenieure GmbH

Norbert Topf, VER Verfahrensingenieure GmbH

Dr. rer. nat. Reiner Zimmermann, DEUSA International GmbH

Reengineering: Vergasungsanlage für DSD-Brennstoffe

Gliederung des Vortrages:

1. Arbeitsschwerpunkte der VER GmbH/Sachsen
2. Warum Vergasung und nicht Verbrennung
3. LQV[®] Luft-Querstrom-Vergasung, eine Entwicklung der VER GmbH/Sachsen 1993-2002
4. Thermolyseanlage der Firma Deusa International GmbH /Thüringen – > Sachstand
5. Versuchsergebnisse zur Brenngasreinigung aus der Thermolyseanlage 2008/2009
6. DMSV[©] DEUSA-Mehrstufen-Vergaser, Neugestaltung der Thermolyseanlage in Bleicherode/Thüringen
7. Zusammenfassung

Arbeitsschwerpunkt: VER Verfahrensingenieure GmbH

Ist die Entwicklung von Technologien sowie die Planung und der Bau von Anlagen zur rohstofflichen sowie energetischen Nutzung fester Kohlenstoffträger, wie zum Beispiel Biomasse, Produktionsrückstände oder Abfälle, für die Industriezweige Energie- und Rohstoffwirtschaft.

www.ver-gmbh.com

Leistungsspektrum: VER Verfahrensingenieure GmbH

■ Aufbereitung und Veredelung

- TMA[®] Thermisch-Mechanische-Aufbereitung,
- DFT[®] Dampf-Fluid-Trocknung,
- DWT Dampf-Wirbelschicht-Trocknung,

■ Vergasungstechnologien

- LQV[®] Luft-Querstromvergasung,
- WSV Wirbelschichtvergasung,

■ Strom- und Wärmeproduktion

- LQV[®] VA2000 bis 2 MW_{th},
- CPP[®] CombiPowerPlus bis 25 MW_{th},

■ Erzeugung flüssiger Energieträger oder Industrierohstoffe

- CFP[®] CombiFuel-Prozess.

Vergasung vs. Verbrennung

Vergasung	Verbrennung
Luftverhältniszahl: $0 < \lambda < 1$	Luftverhältniszahl: $1 < \lambda < 5$
Umsetzung der chemisch gebundenen Energie des Feststoffes in chemisch gebundene Energie des Brenngases	Umsetzung der chemisch gebundenen Energie des Feststoffes in ausschließlich thermische Energie
Umsetzung der chemisch gebundenen Energie in Motoren und Gasturbinen mit hohem Wirkungsgrad: $\eta_{\text{elt}} \approx 30\% - 50\%$	Umsetzung der thermisch gebundenen Energie in Dampfkraft- und ORC-Prozessen mit vergleichsweise niedrigem Wirkungsgrad: $\eta_{\text{elt}} \approx 10\% - 20\%$
Motorische Verbrennung des Brenngases bei $1,1 < \lambda < 1,3$, dadurch geringes Abgasvolumen	Holzverbrennung bei $2 < \lambda < 3$, dadurch Mehrfaches des Abgasvolumens

Projekt: Entwicklung, Bau und Erprobung

VER Verfahrensingenieure GmbH

Breitscheidstr. 78

D-01237 Dresden

■ LQV[®] Luft-Querstrom-Vergasung

Zielstellung: Reaktivierung der LQV[®] Versuchsanlage sowie
Neubau einer Vergasungsanlage mit WSK[®]
Brenngasreinigung ab 2008.

Brennstoffe: Holz, Kohle und Sonderbrennstoffe.

VER GmbH: Verfahrensentwicklung, Planung, Bau, IB und
Versuchsdurchführung und Auswertung ab 2005.

LQV[®]Luft-Querstrom-Vergasung



SGF Standardbrennstoff



LSP Lackschlamm pellets



MBS Müllpellets

Bau der Anlage 1994/95

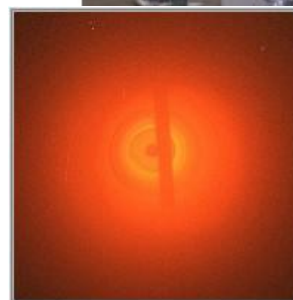
(genehmigt nach 17. BImSchV)

Testbetrieb 1995 bis 2001

(ca. 4.000 h Versuchsbetrieb)

Eingesetzte Brennstoff :

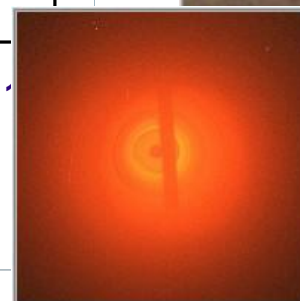
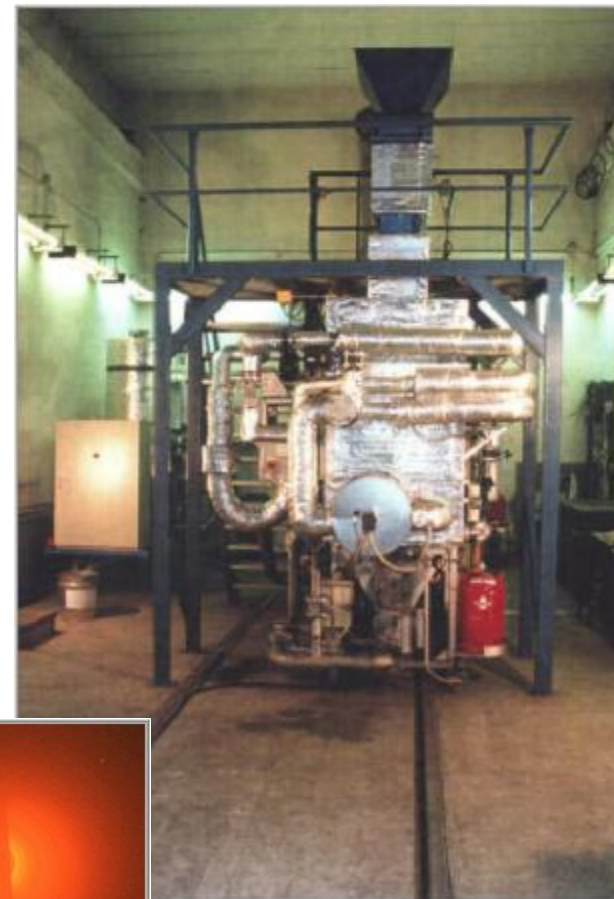
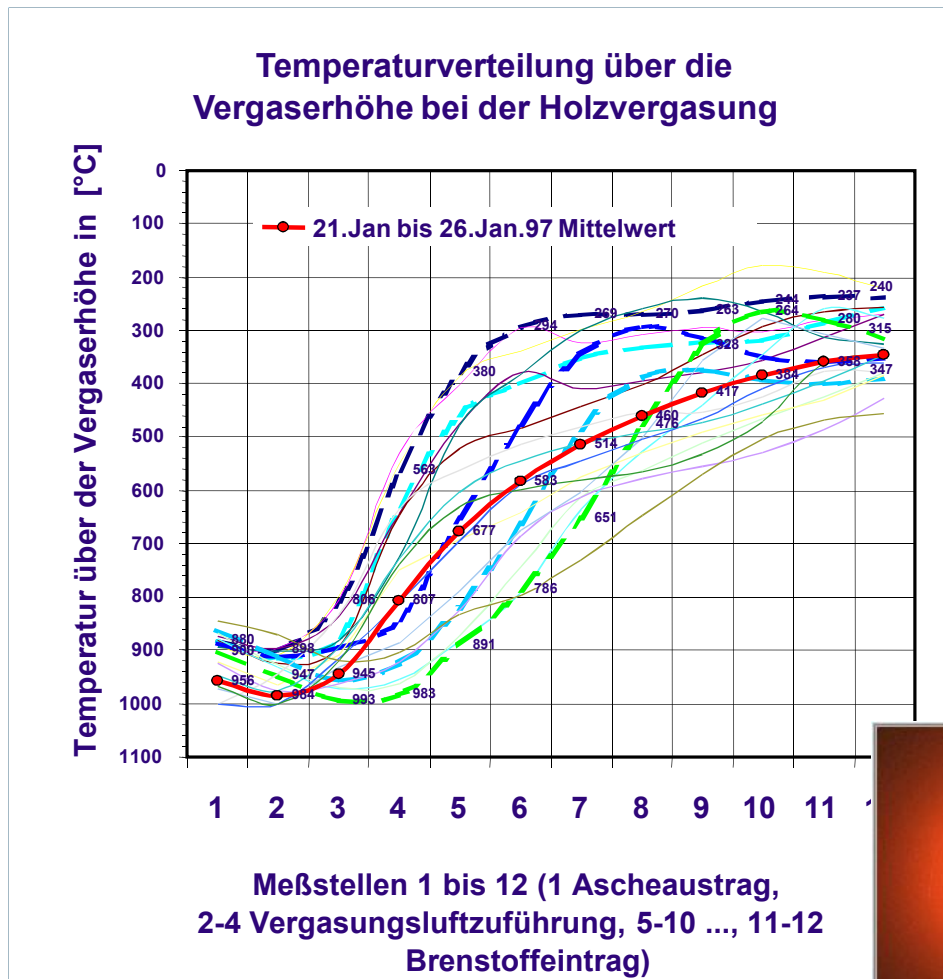
- HHS (NAVARO)
- Holz A1 bis A4
- SGF
- Klärschlämme
- Comtec-Stabilat
- MBS Fa. HerHof
- Lackschlamm pellets
- u.a.



LQV[®] 1994



LQV[®]Luft-Querstrom-Vergasung



LQV[®]1997

Quelle: http://www.ver-gmbh.com/Startseite/Neue_Dateien/LQV-150h_D_07.html

Projekt: Aufgaben und Leistungszeitraum

DEUSA International GmbH

Nordhäuser Str. 2

D-99752 Bleicherode

■ Thermolyse Anlage / Luft-Rost-Vergasung

Zielstellung: Erzeugung von Brenngas zur Strom- und Wärmeproduktion.

Brennstoffe: Vergasung von Sonderbrennstoffe mittels 3 Festbettvergaser, Leistung 3 * 10 MW.

VER GmbH: **Bau einer Brenngasreinigung und Erprobung 2008/2009**

Thermolyseanlage der DEUSA International GmbH

...mit einer neuen Gaserzeugungsanlage begegnet die DEUSA International GmbH der Kostenexplosion...

Quelle: Thüringer Allgemeine 06.12.2005



Gaserzeugungsanlage für Sonderbrennstoffe

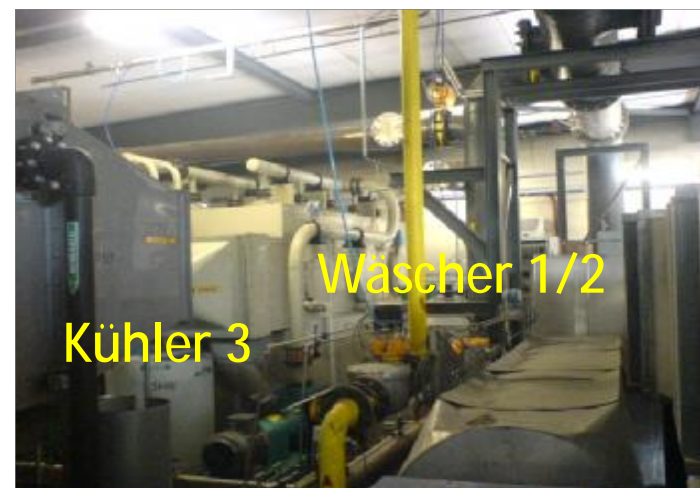
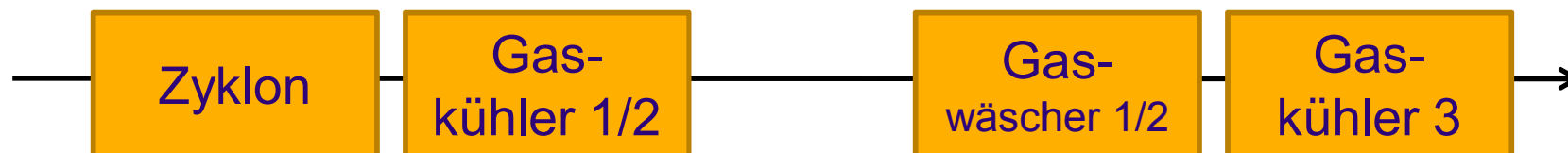


Luft-Rost-Vergaser



Brennstoffpellets

Prozesskette der Gasreinigung: Istzustand

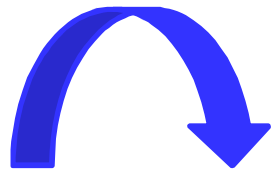


Rekombination von C-Verbindungen zu elementarem C (Rußbildung)

pH – Werteinstellung / HCL - Wäsche

Schwachstellenanalyse I

- Anlage wurden nach Konstruktionsprinzipien für Lüftungstechnische Anlagen ausgelegt und gebaut:
 - zu große Leitungslängen,
 - keine ausreichende thermische Materialbeständigkeit,
 - keine ausreichende chemische Materialbeständigkeit,
 - keine ausreichende thermische Isolierung,
 - Auslegung für zu geringen Nenndruck,
 - dauerhafte Gasdichtheit ist nicht gewährleistet.

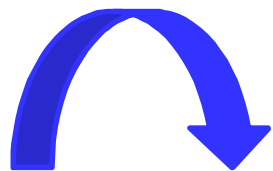


Die sicherheitstechnischen Mindestanforderungen für Gaserzeugungsanlagen wurden nicht erfüllt !

Schwachstellenanalyse II

■ Gaskonditionierung entspricht nicht dem Stand der Technik:

- kein kontrolliertes Abkühlen des Brenngases mit der Folge von Rußbildung und hohen Energieverlusten,
- Zyklon als Abscheider für Rußpartikel war nicht geeignet,
- Wärmeübertrager/Gaskühler sind konstruktionsbedingt nicht für Brenngasbehandlung geeignet,
- Abscheidung von Schwermetallen waren nicht vorgesehen,
- Reduktion von Dioxin und Furanen mittels Abscheider waren nicht vorgesehen.



Eine ungenügende Gasqualität sowie eine geringe Anlagenverfügbarkeit waren die Folge !

Thermo-Chemische Brennstoffuntersuchung

Mit steigender Temperatur traten Prozesse der Verflüchtigung und Ausgasung zunehmend deutlicher auf, wodurch die verbleibende Brennstoffmenge stetig abnahm.

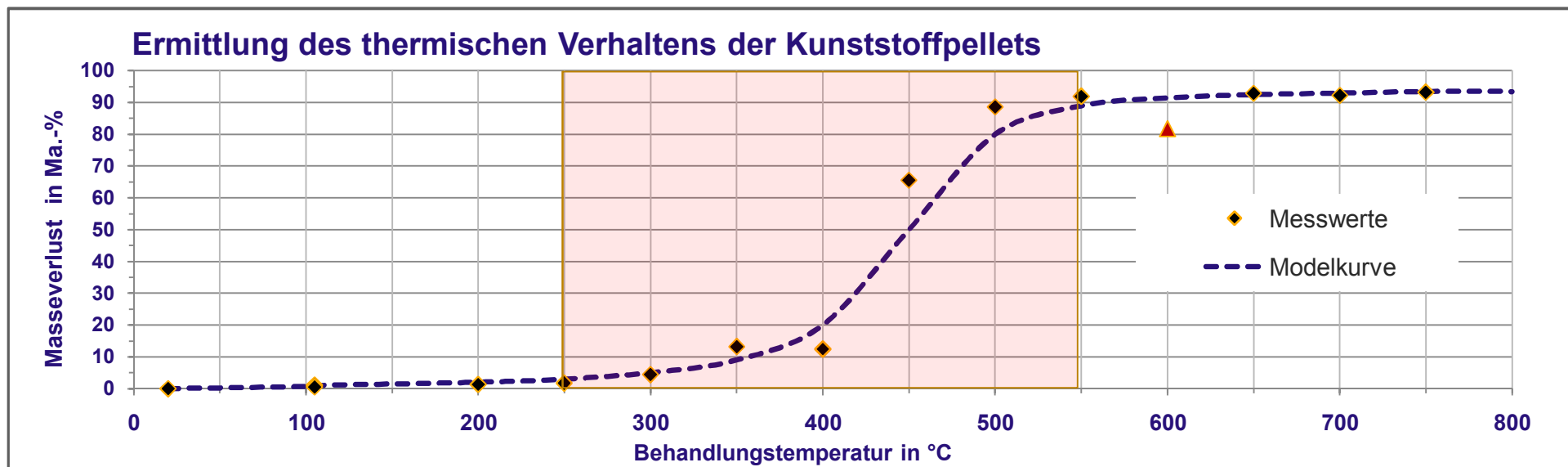
Wassergehalt	2,4	Ma.-%
Kohlenstoff	67,3	Ma.-%wf
Wasserstoff	9,6	Ma.-%wf
Sauerstoff	12,4	Ma.-%wf
Chlor	1,1	Ma.-%wf
Asche	7,9	Ma.-%wf
Hu	31.350,0	kJ/kg

Elementarzusammensetzung - Brennstoffpellets



Ab etwa 500°C traten Verluste bei leichtflüchtigen Elementen wie Natrium und Kalium auf und ab 600°C setzt die Austreibung von CO₂ aus Carbonaten ein. Bei Temperaturen von $\geq 750^\circ\text{C}$ befanden sich keine Carbonate mehr in der Asche.

Thermo-Chemische Brennstoffuntersuchung



Masseverlust der DSD-Pellets bei thermischer Behandlung

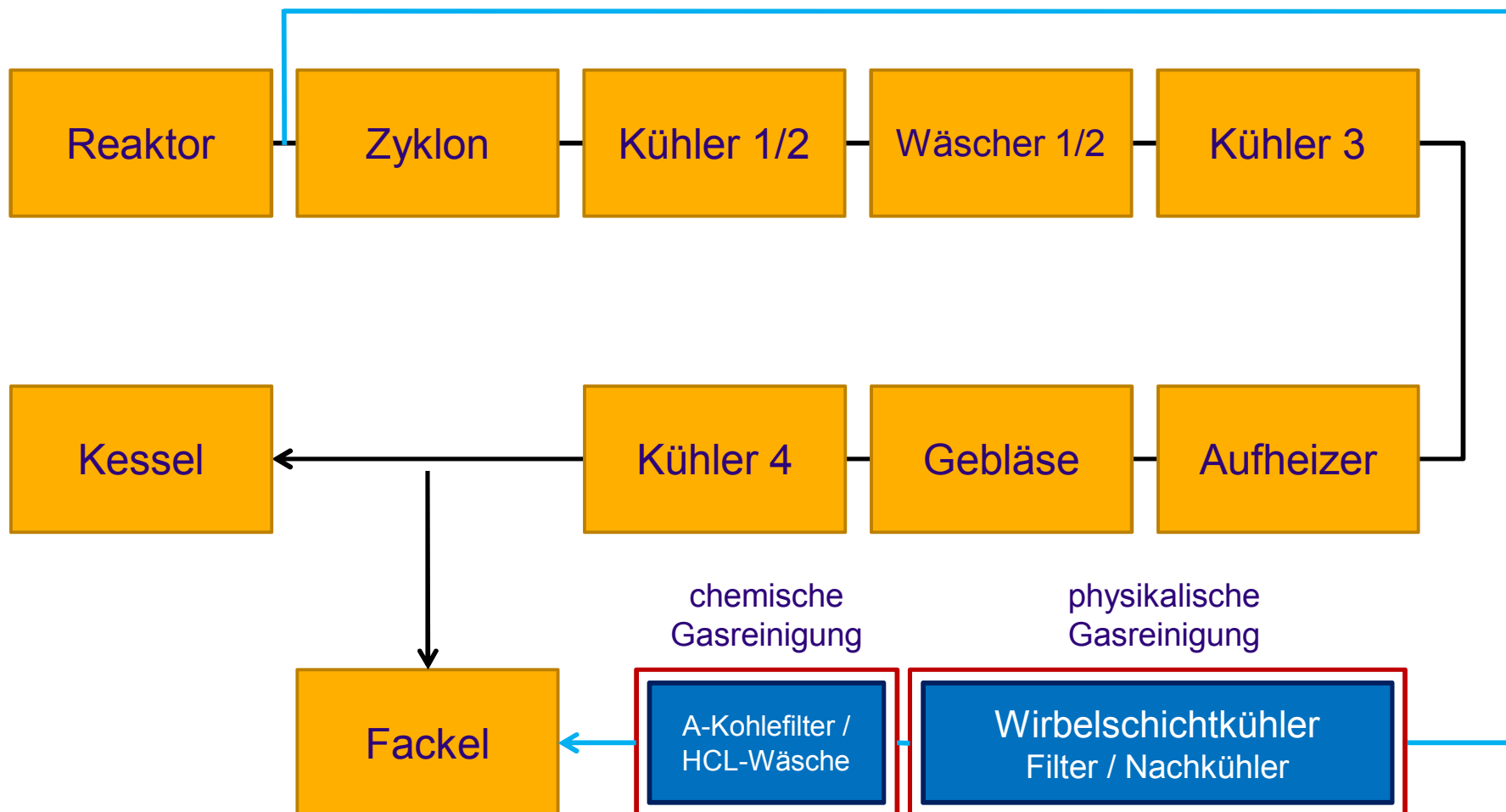


Parameter	Brenngas (Rech.) in Vol.-%
Kohlenmonoxyd	22,9
Kohlendioxyd	2,8
Methan	0,4
Wasserstoff	20,2
Stickstoff	51,9
Wasserdampf	1,9
Hu in kJ/ Nm³	5.218,0

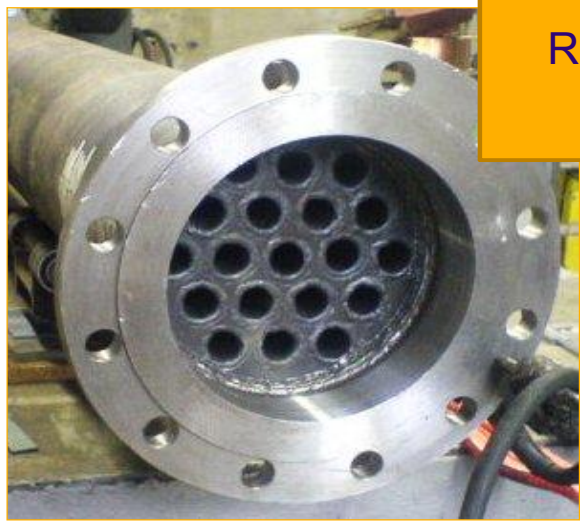
Die therm. Vergasungstemperatur wurde mit $t_{BG} = 725 \text{ °C}$ berechnet.

Die rechnerische Gasausbeute beträgt $4,7 \text{ Nm}^3/\text{kg}$ Brennstoff.

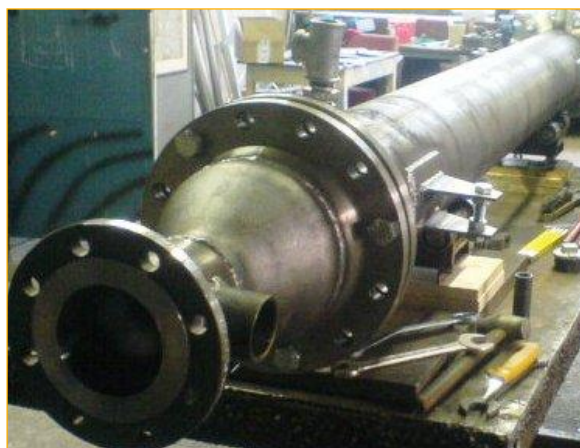
Versuchsphasen I und II



Versuchsphase I



Rohrbündel-
kühler



A-Kohlefilter /
HCL-Wäsche



Fertigung und Montage des Brenngaskühlers ; $A = 3,2 \text{ m}^2$ Kühlfläche

Montage der chem. Brenngasreinigung ; $V = 200 \text{ m}^3/\text{h}$

Versuchsaufbau / Brenngasanalyser



- | | |
|---------------------|------------------|
| 1. Bypassleitung | 6. Verdichter |
| 2. Rohgaskühler | 7. Gaswäscher |
| 3. Messstrecke 1 | 8. Messstrecke 2 |
| 4. Tuchfilter | 9. Bypassende |
| 5. Aktivkohlefilter | |

Rohgasanalyser für Pyrolysegase
mobile Gasanalyse mit VISIT03H



Dauermessung mit VISIT 03H sowie Online-Grafik mit Win-Data

Versuchsphase I



**Gaserzeugungsanlage
für Sonderbrennstoffe**

**VER GmbH – Testanlage zur
Brenngaskühlung und -
reinigung**



Rußschlamm aus Gasreinigungsanlage

Versuchsphase I 22.-24.09.2008

Gaskomponenten in Vol.-%	Erdgasbetrieb Zeitraum 23.09.2008 10:30 - 13:40 Uhr	Schwachgasbetrieb Zeitraum 23.09.2008 13:45-17:35 Uhr	Gaszusammensetzung (berechnet)
CO	3,9	4,4	22,9
H ₂	5,0	5,0	20,2
CH ₄	2,7	13,7	0,4
CO ₂	9,5	11,9	2,8
O ₂	3,9	0,7	0,0
H ₂ O _d	n.g.	n.g.	1,9
N ₂ (Rest)	75,0	64,3	51,8
Hu in kJ/Nm ³	< 2.000	> 6.000	5.218,4

Versuchsphase I | 22.-24.09.2008

	Rauchgasmessung im Zeitraum 23.09.2008 12:59–13:29 Uhr	Brenngasmessung im Zeitraum 23.09.2008 13:35–14:05 Uhr
Rohgasstaubgehalt in mg/Nm ³	63,4	1.019,7
Reingasstaubgehalt in mg/Nm ³	0,6	78,1

Zusammenfassung Teil I 22.-24.09.2008

- In der Meß-Kampagne vom 22.-24.09.2008 wurde mittels der im Bypass betriebenen chem. Brenngasreinigungsanlage Schadstoffreduktionen von ca. 92,4 % erreicht.
- Der mit dem Brenngas abgeführte Ruß, welcher energetisch so nicht nutzbar ist, verringert wesentlich den erreichbaren Gasheizwert.
- Eine prozessbedingte Um- und Neugestaltung des Vergasers kann zur Vermeidung der Rußbildung beitragen und führt unmittelbar zu einer höheren Gasausbeute sowie einer erhöhten Anlagenverfügbarkeit.
- Es wurde empfohlen, die Brenngasreinigungsanlage um den Teil der physikalischen Gasreinigung zu erweitern und mittels dieser weitere Untersuchungen durchzuführen.

WSK[®] Wirbelschichtbrenngaskühler im Einsatz



Stand: März 2010

Planung des WSK II von 10 bis 12/2008

Komponentenfertigung ab **03.01.2009**

Montagebeginn ab 01.02.2009

Montageende am **20.02.2009**

Transport auf Baustelle am 23.02.2009

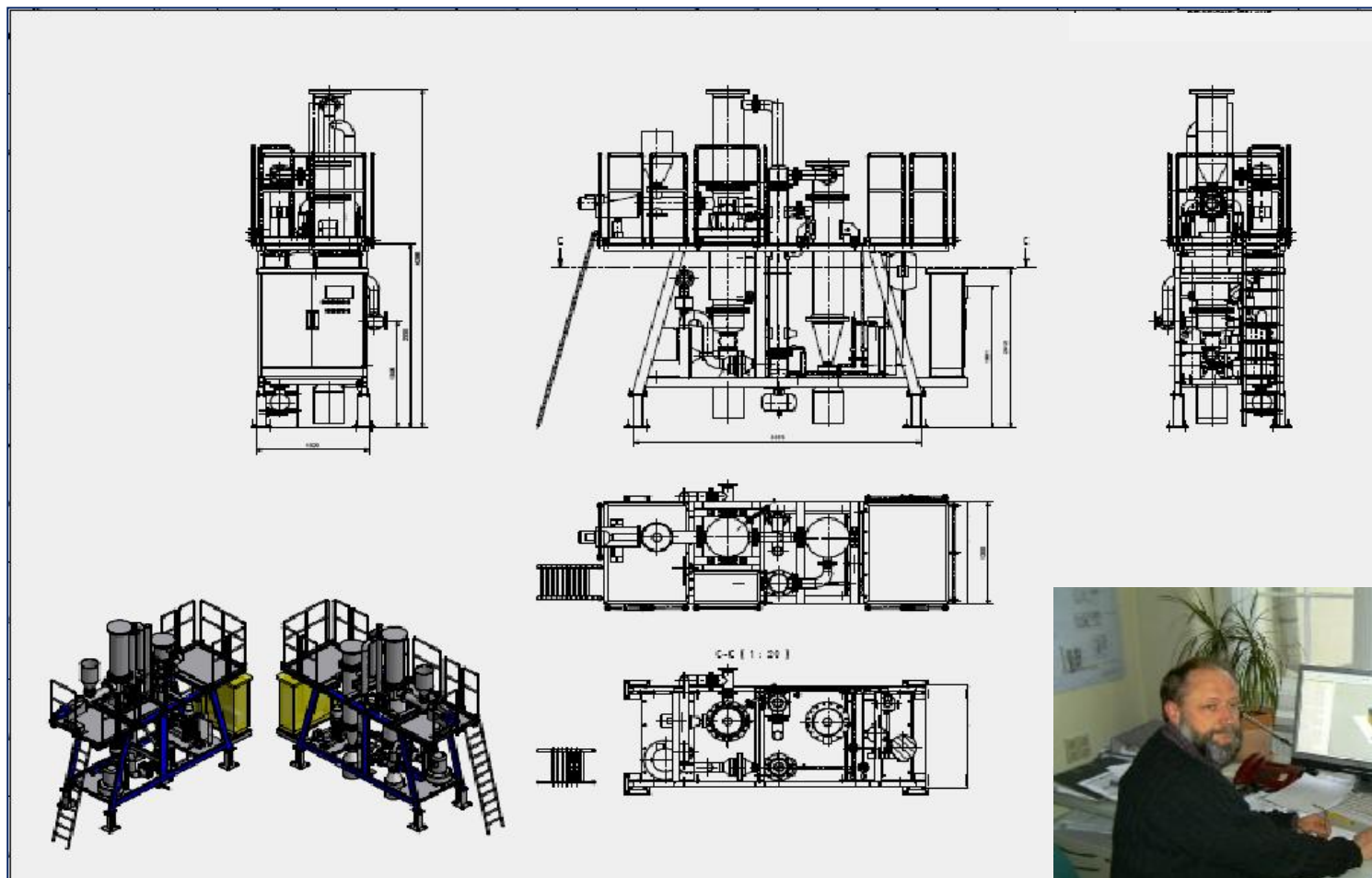
Kalt – und Heißtest am **24.02.2009**

Versuchsauswertung bis 27.03.2009

Ergebnisbericht fertiggestellt am **07.04.2009**

Basic-Engineering / Genehmigungsplanung laufen !

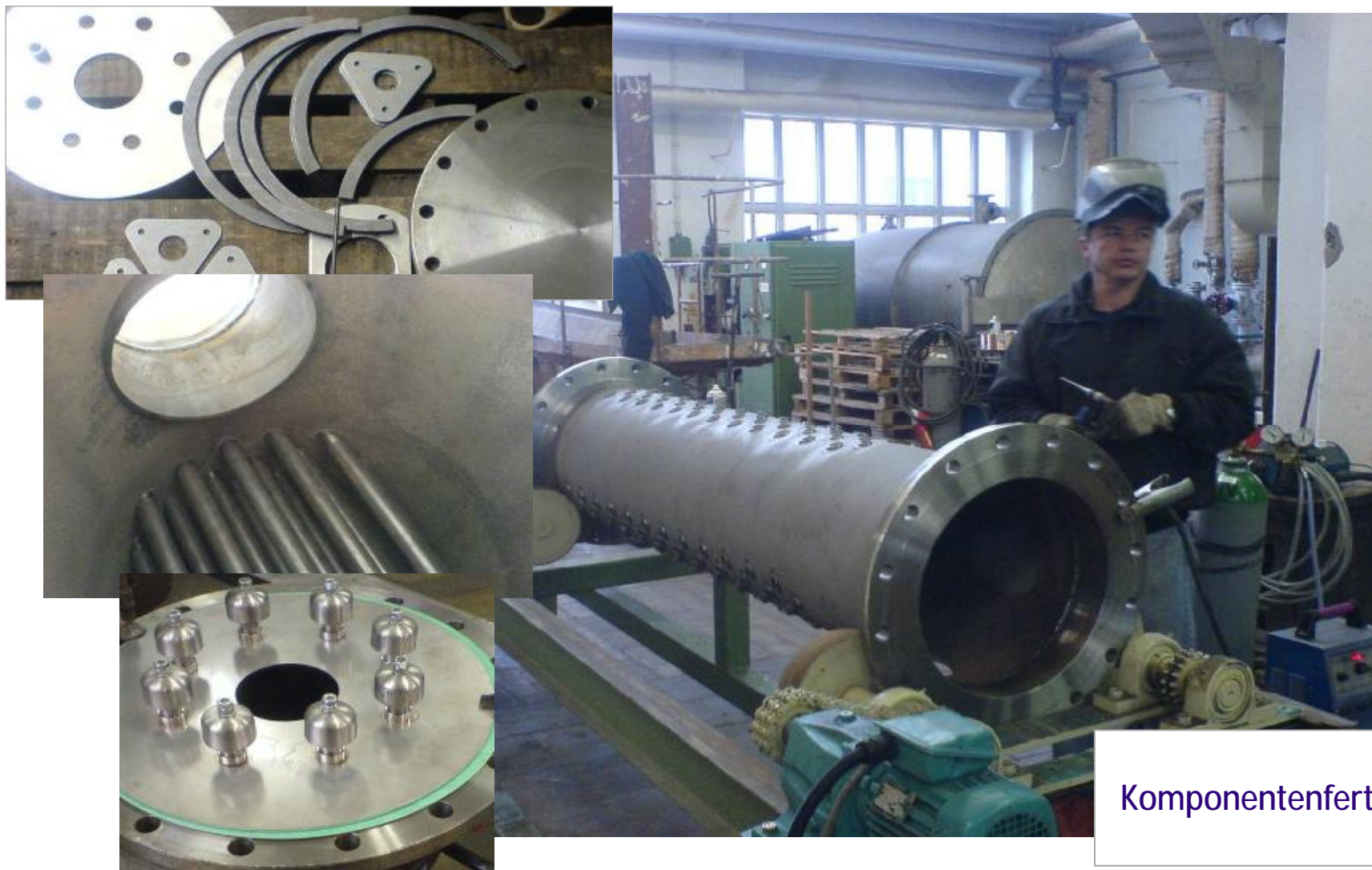
Versuchsphase II



Anlagendesign



Versuchsphase II



Komponentenfertigung

Versuchsphase II



Versandbereitschaft
20.02.2009; 22°Uhr

Versuchsphase II



Baugruppenmontage und
Herstellung der Anschlüsse
zur Gaserzeugungsanlage

Versuchsphase II



Anschluss der Testanlage
an die Brenngasfackel

Versuchsphase II

Ausgewählte Versuchsergebnisse

Diagramm	1	Druckverlust-Kennlinien des WSK-2
Diagramm	2	Darstellung des Temperaturverlaufes im Versuchsabschnitt 3
Tabelle	1	Brenngaszusammensetzung am 24.02.2009 gegen 20:00Uhr
Tabelle	2	Ergebnisse der Staubmessung am 24.02.2009
Diagramm	3	Ergebnisse der Staubgehaltsmessung vom 24.02.2009
Diagramm	4	Gehalte an Cadmium und Thallium im Roh- und Reingas
Diagramm	5	Gehalte an \sum (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn) im Roh- und Reingas
Diagramm	6	Gehalte an \sum (As, Cr, Co, Cd) im Roh- und Reingas

Versuchsphase II 22.-24.02.2009

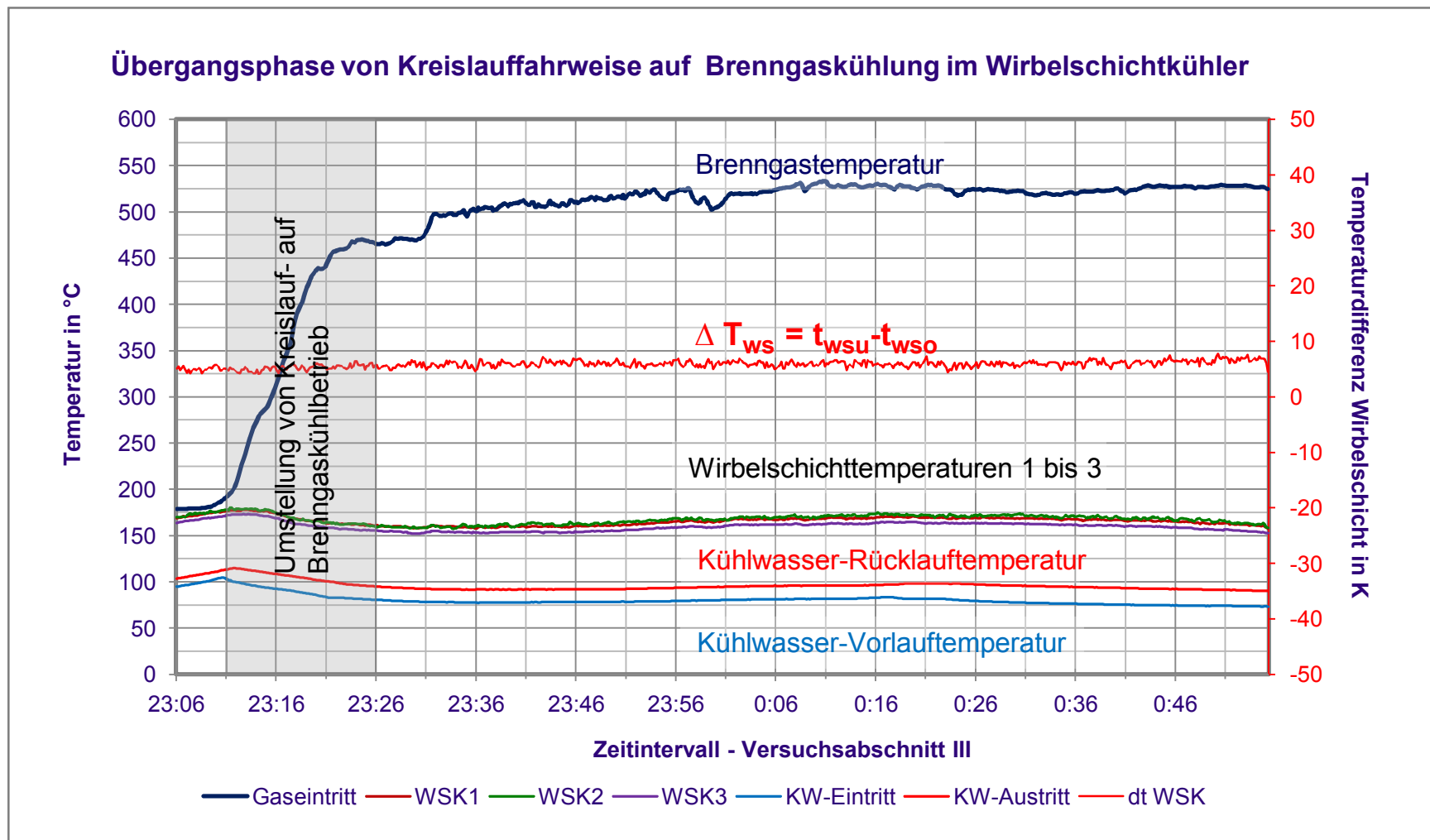


Diagramm 2 Darstellung des Temperaturverlaufs im Versuchsabschnitt 3

Versuchsphase II 22.-24.02.2009

Gaskomponenten in Vol.-%	Schwachgasbetrieb	Gaszusammensetzung (berechnet)
CO	4,0	22,9
H ₂	2,5	20,2
ΣC_nH_m	13,0	0,4
CO ₂	12,5	2,8
O ₂	1,5	0,0
N ₂	66,5	53,7
Hu in kJ/Nm ³	~ 5.400	5.218,4

Tabelle 1 Brenngaszusammensetzung am 24.02.2009 gegen 20:00Uhr

Versuchsphase II 22.-24.02.2009

Messungsnummer	Meßzeitraum		Mittlerer Gasvolumenstrom	Staubgehalt Rohgas	Staubgehalt Reingas	abgeschiedene Staubmenge	Abscheidegrad
	von	bis					
			Nm ³ /h	mg/Nm ³	mg/Nm ³	kg/h	%
1.1 u. 1.2	19:00	19:30	146,5	31.501	7,2	4,616	99,98
2.1 u. 2.2	19:30	20:00	153,5	81.897	4,9	12,572	99,99
3.1 u. 3.2	20:00	20:18	147,6	35.014	8,8	5,167	99,97

Tabelle 2 Ergebnisse der Staubmessung am 24.02.2009

Versuchsphase II 22.-24.02.2009

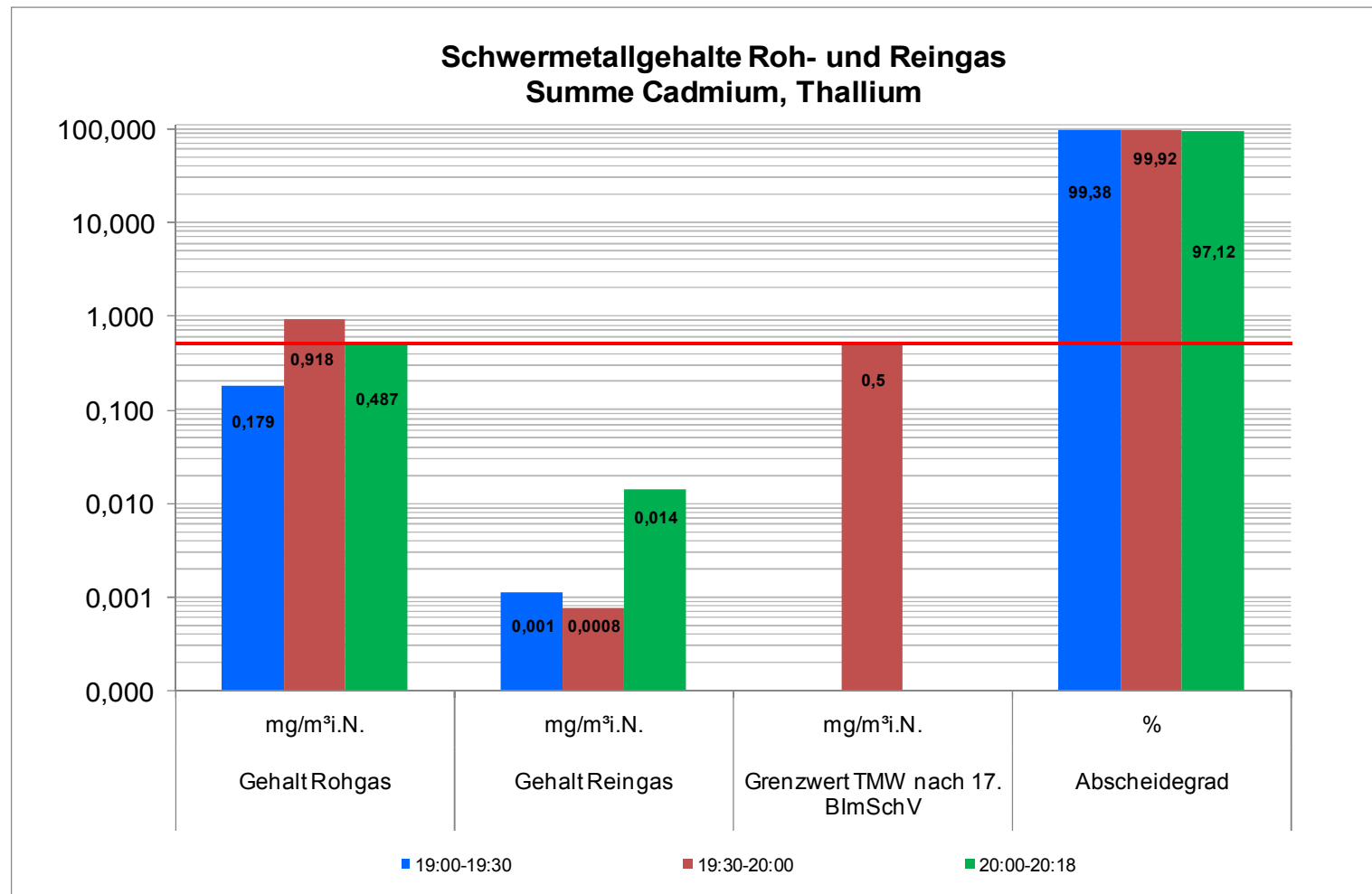


Diagramm 4 Gehalte an Cadmium und Thallium im Roh- und Reingas

Versuchsphase II 22.-24.02.2009

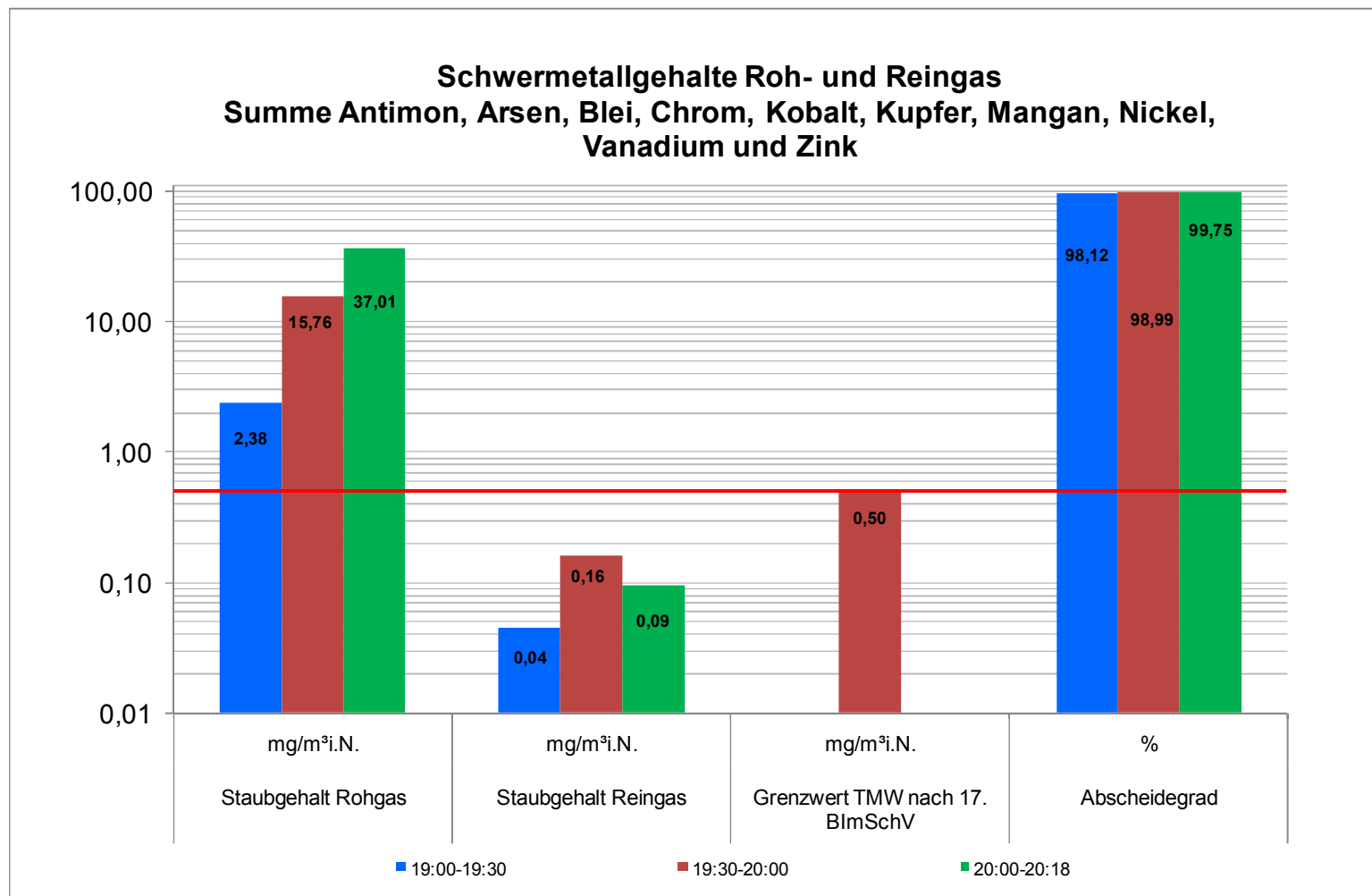


Diagramm 5 Gehalte an Σ (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn) im Roh- und Reingas

Versuchsphase II 22.-24.02.2009

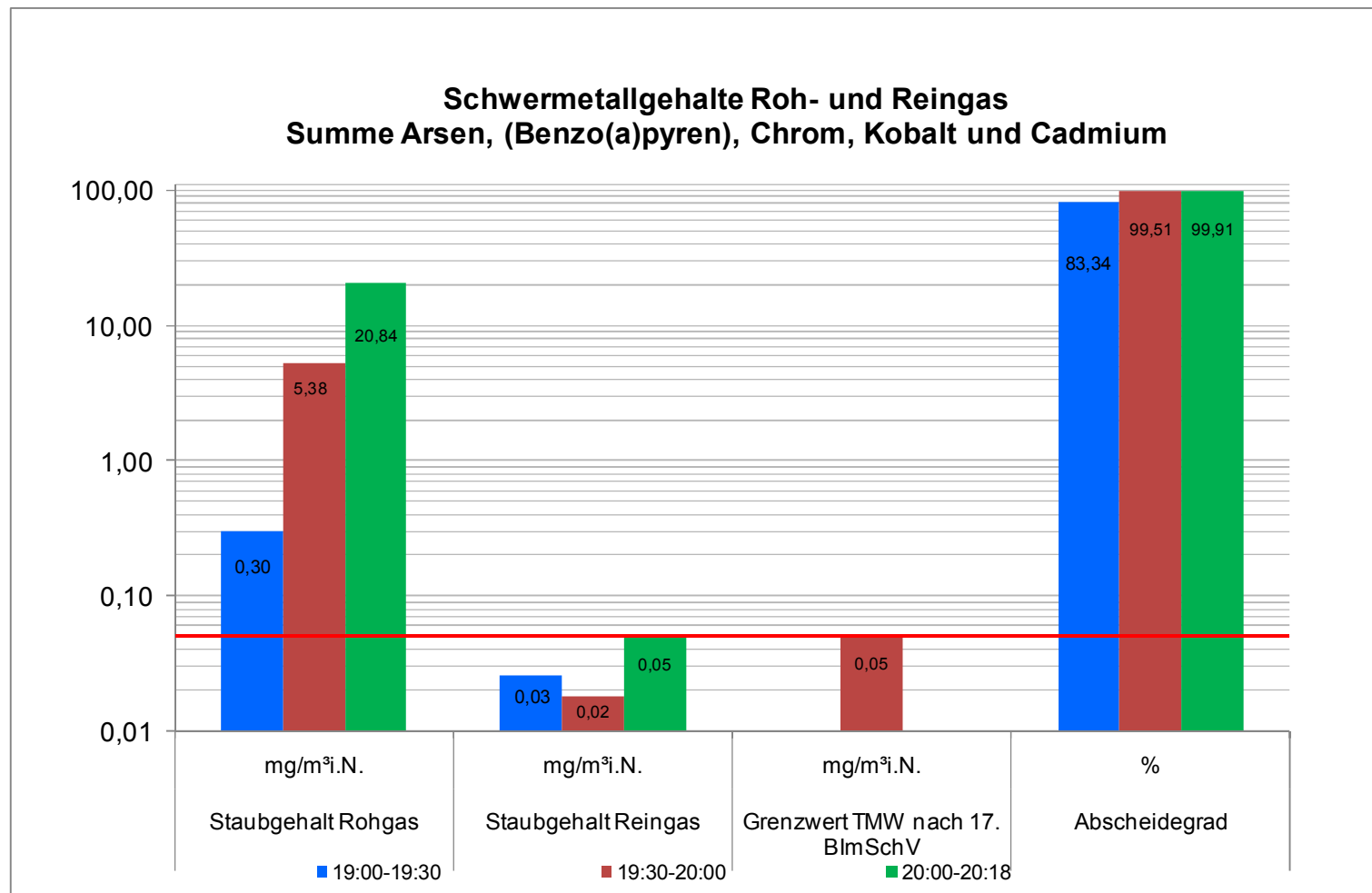
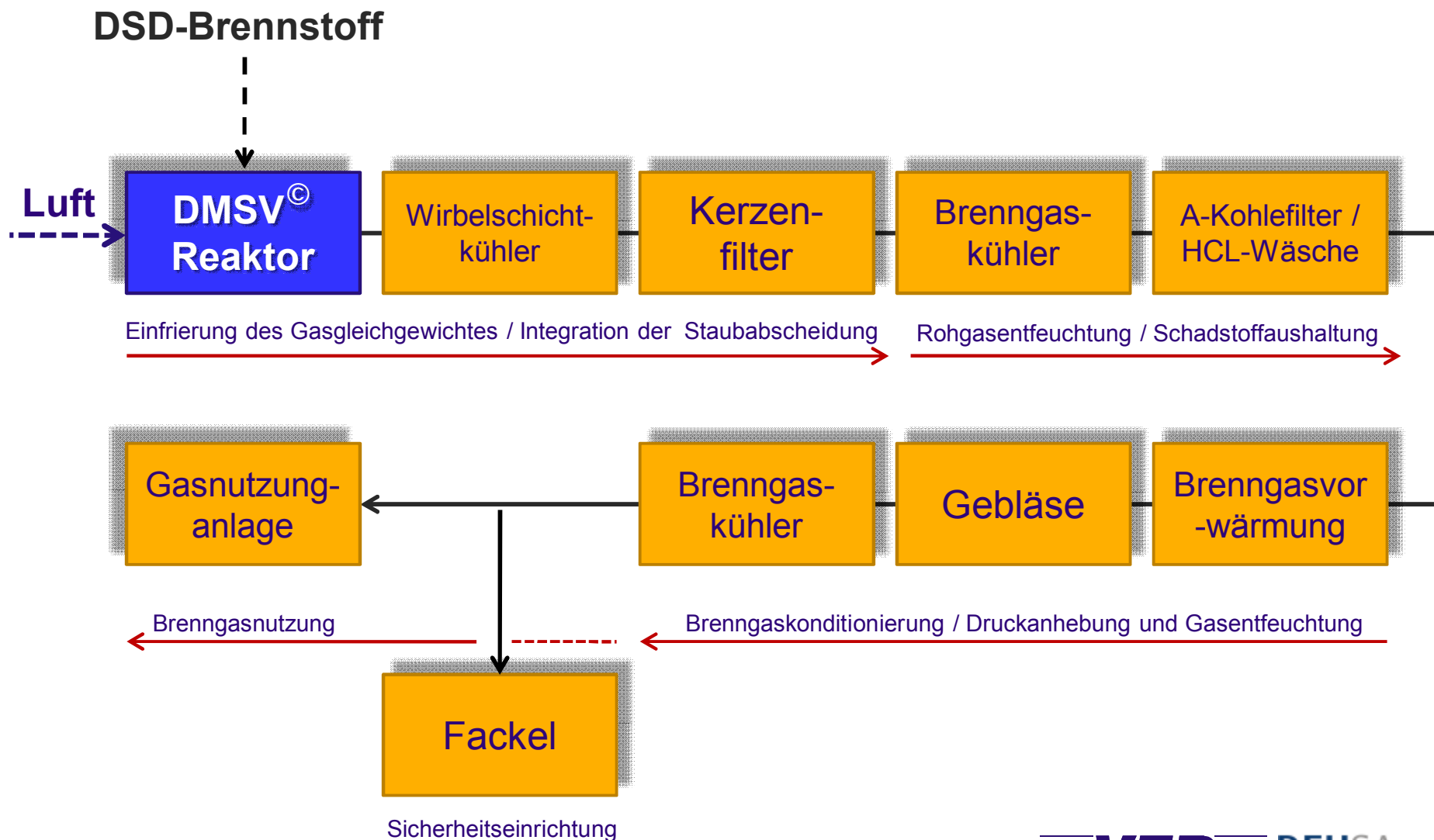


Diagramm 6 Gehalte an Σ (As, Cr, Co, Cd) im Roh- und Reingas

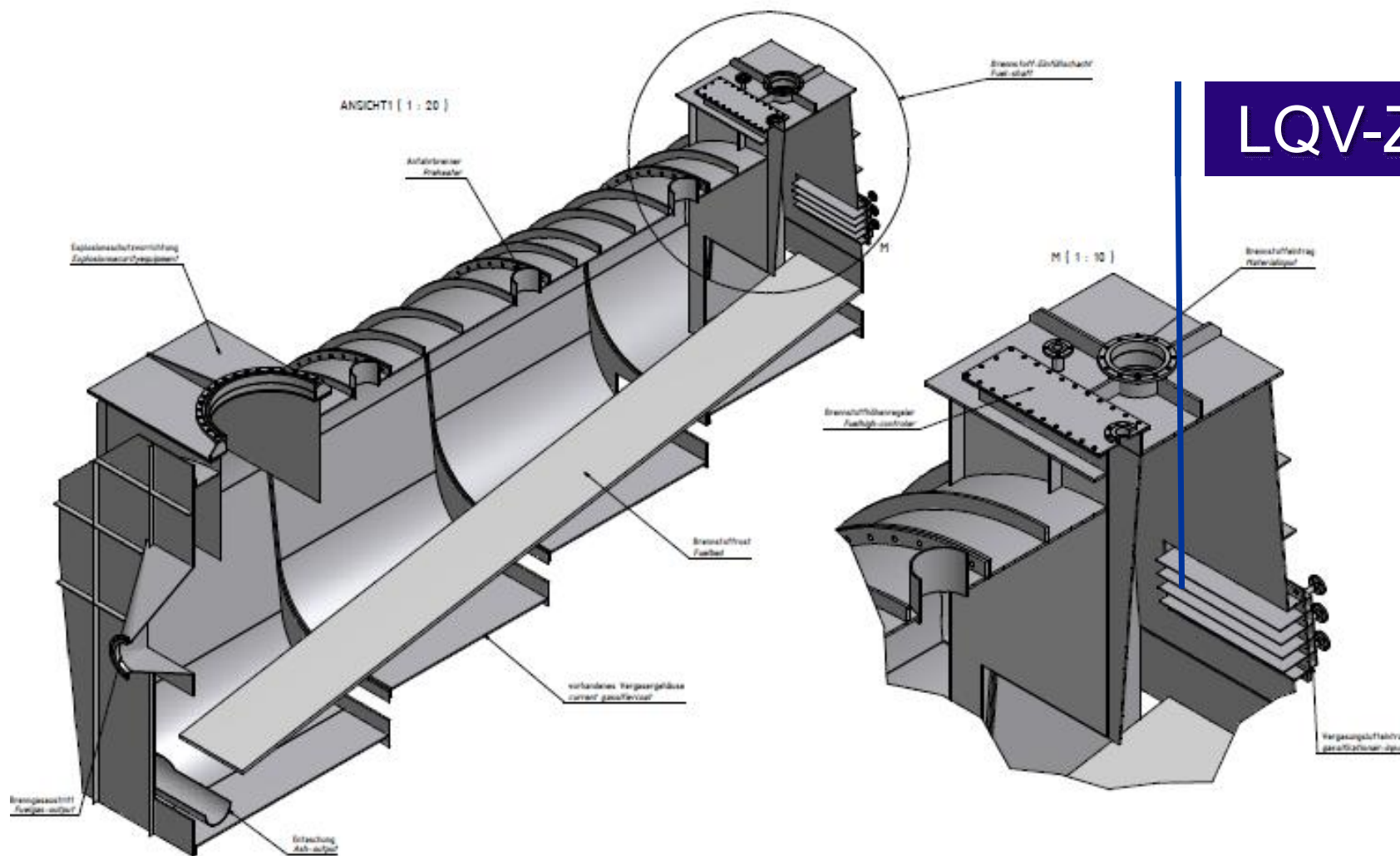
Zusammenfassung Teil II 22.-24.02.2009

- Das Verfahrensprinzip der Wirbelschichtkühlung konnte mittels des WSK II für Brenngase aus Sonderbrennstoff nachgewiesen werden.
- Ablagerungen von Feinstaub (Ruß) innerhalb der mehrstufigen Anlage zur Gasreinigung wurden durch den Einsatz entsprechender Verfahrens- und Apparatetechnik vermieden.
- Mittels des vorgestellten Brenngasreinigungssystems wurde der Nachweis erbracht, dass Reststaubgehalte im Reingas von kleiner 10 mg/Nm^3 sicher erreicht werden können.
- Mittels der Brenngasreinigung wurden ebenfalls die Schadstoffe im Brenngas (Schwermetalle) wesentlich reduziert. Die Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben (Grenzwerte der 17. BImSchV) ist somit sicher möglich.
- Der nächste Schritt bei der Umgestaltung der Vergasungsanlage für Sonderbrennstoff, der Firma DEUSA International GmbH, ist der Um- und Ausbau der Gesamtanlage entsprechend der Versuchsergebnisse sowie ein sich anschließender zweijähriger Versuchsbetrieb !

DMSV[©] Vergasungsanlage Prozesskette 2010

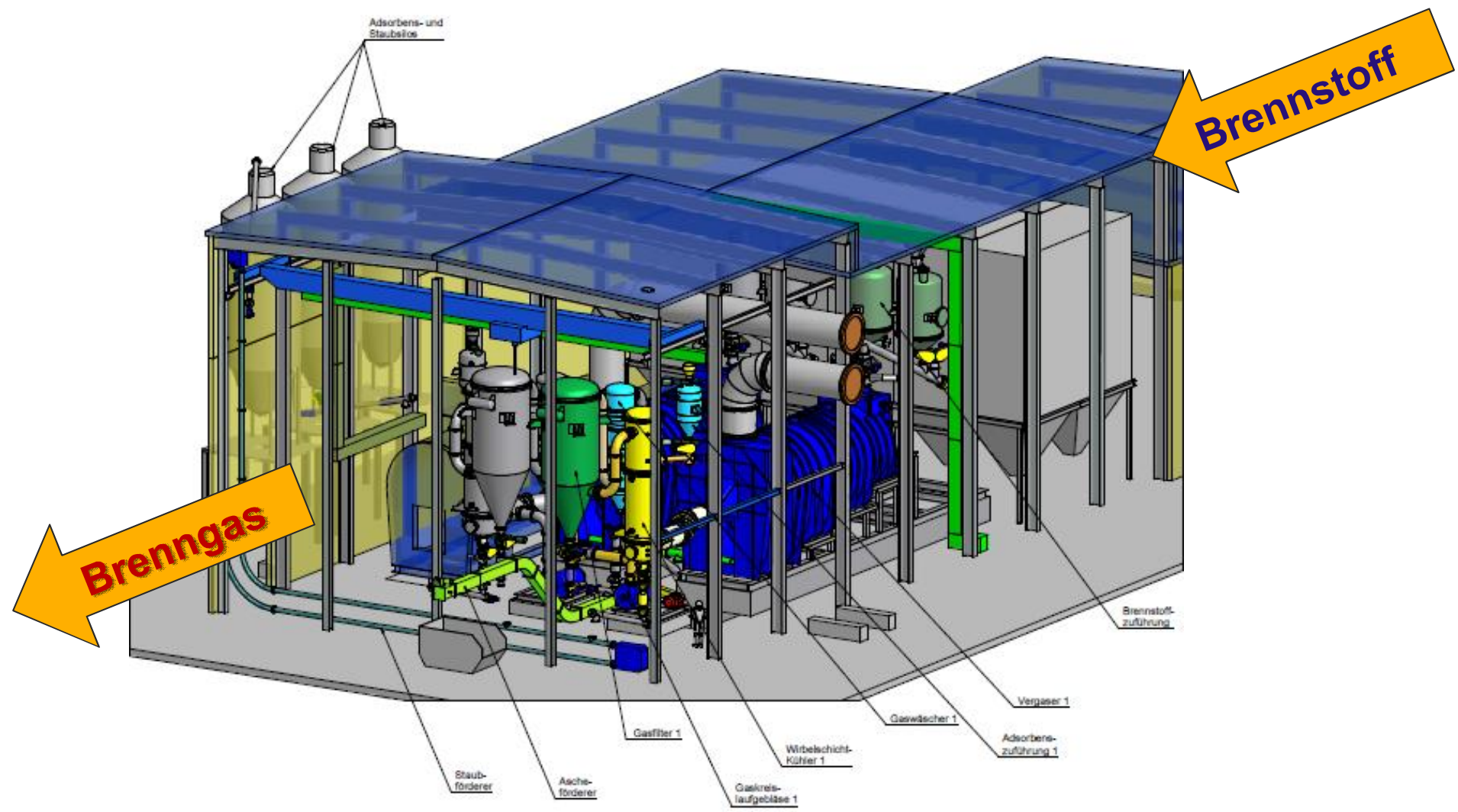


Umgestaltung des Vergasers mit LQV-Zone

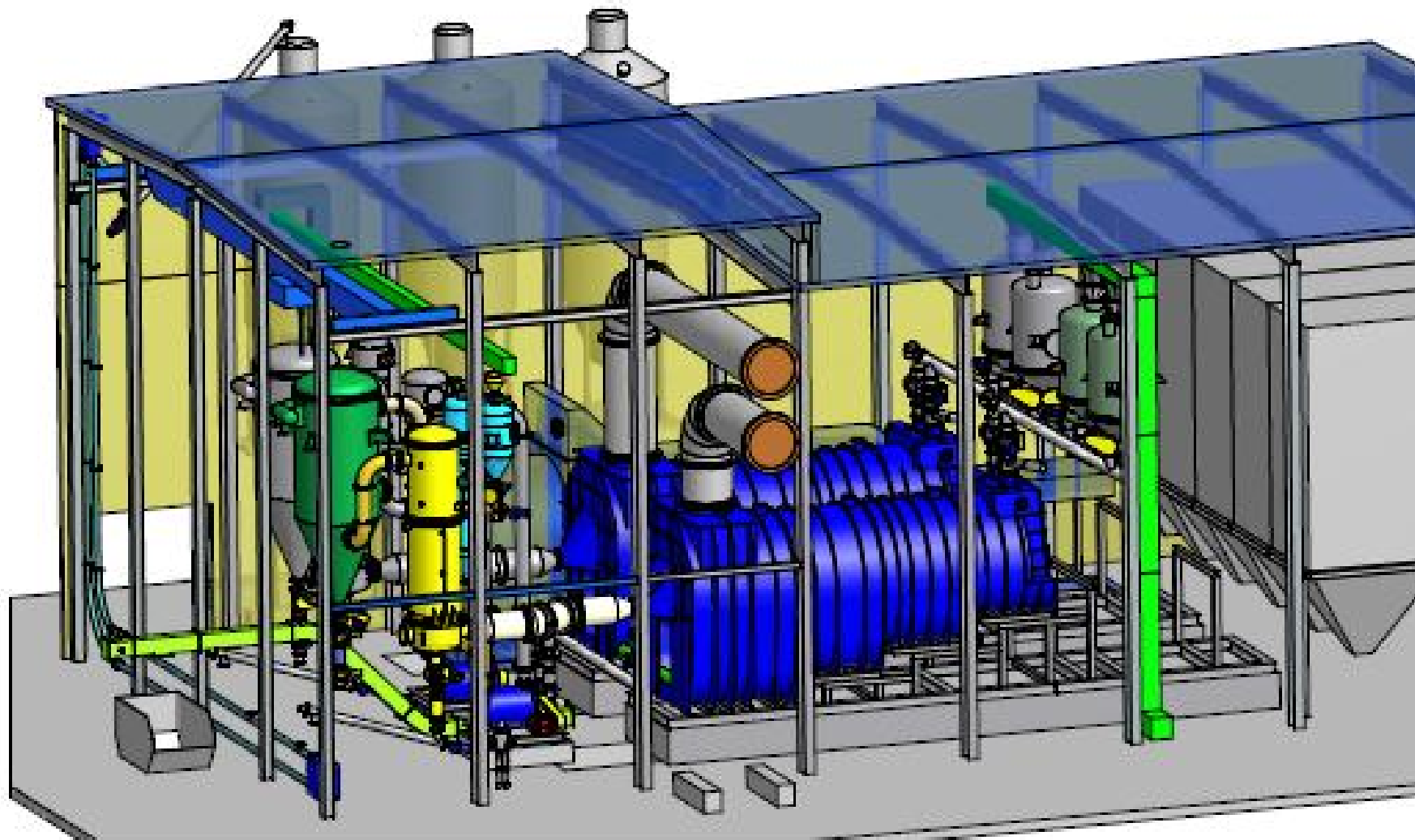


LQV-Zone

DMSV[©] Vergasungsanlage mit Brenngasreinigung



DMSV[©] Vergasungsanlage mit Brenngasreinigung



Reengineering: DMSV[©] Anlage für DSD-Brennstoff

...mit einer neuen Gaserzeugungsanlage begegnet die DEUSA International GmbH der Kostenexplosion...

Quelle: Thüringer Allgemeine 06.12.2005



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

www.DEUSA.de
www.ver-gmbh.com