

**Hans-Joachim Dieckmann**



**“Probenahmetechnik und Messverfahren für die Bilanzierung von Schwermetallen in kohlegefeuerten Kraftwerksanlagen”**

**Vortrag im Rahmen des BUA-Workshops „Auf den Spuren von Spuren!“, Münster, 7. September 2015**

# Einsatz von Brennstoffen und Reststoffen in Steinkohlefeuerungen

## Stoffgruppen

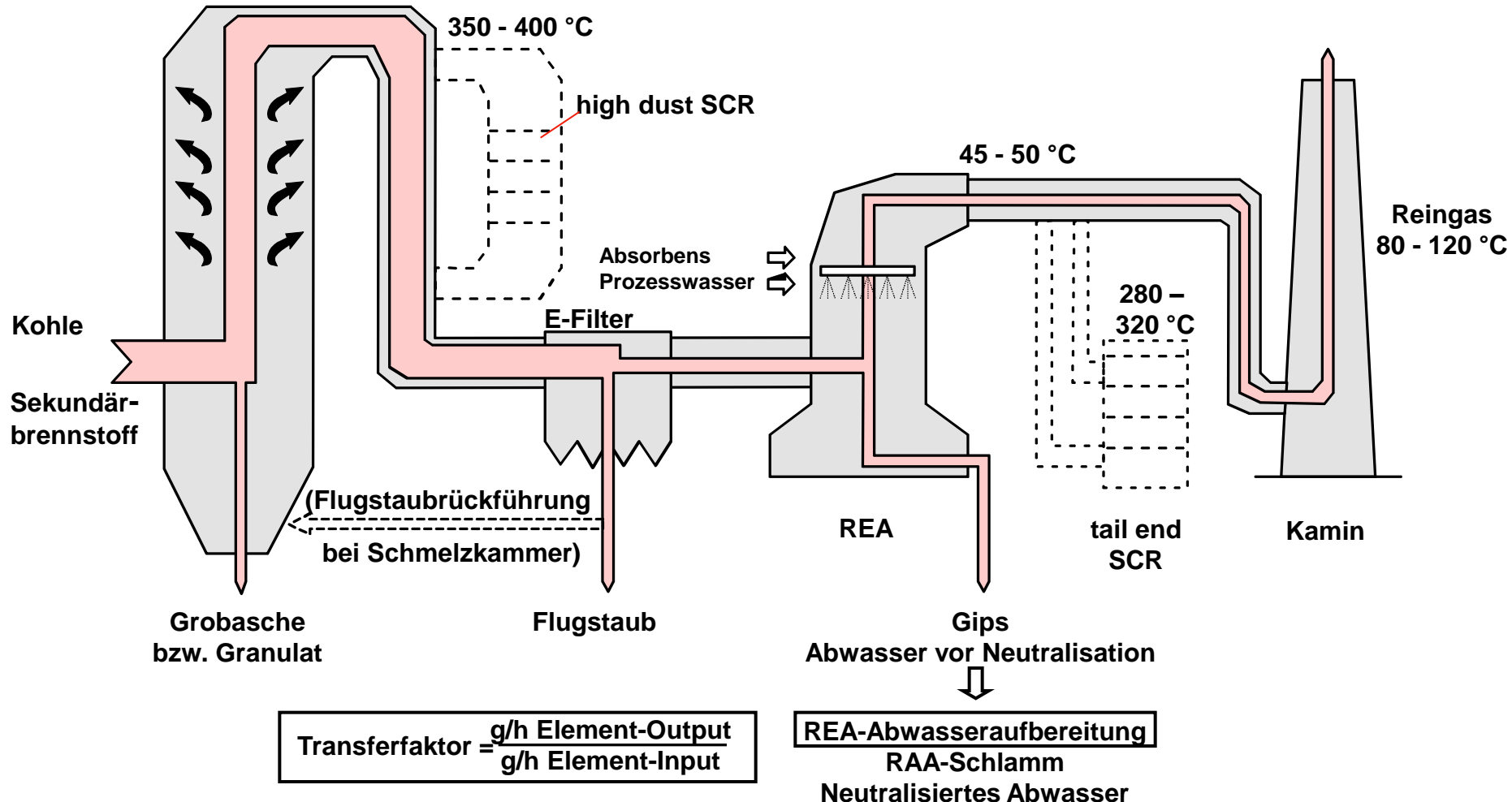
- Regelbrennstoffe (Brennstoffe im Sinne von Ziffer 1.2 des Anhangs zur 4. BImSchV) z.B. Steinkohle, Braunkohle, Aktivkoks, Petrolkoks, Kronocarb
- Ersatzbrennstoffe (sonstige Brennstoffe mit hohem Heizwert)  
z.B. Kommunaler Klärschlamm, Tiermehl, Tierfett, Ölpellets, Ionenaustauscher
- Stoffe zur Abfallvermeidung anlagenintern  
z.B. REA-Abwasseraufbereitungsschlamm, Kraftwerksreststoffe
- Einsatz- und sonst. Hilfsstoffe  
z.B. Kalkstein, Brauchwasser, aber auch Produktlauge und Luvo-Waschwasser

## Schwermetall-Emissionsgrenzwerte gemäß 13. und 17. BImSchV

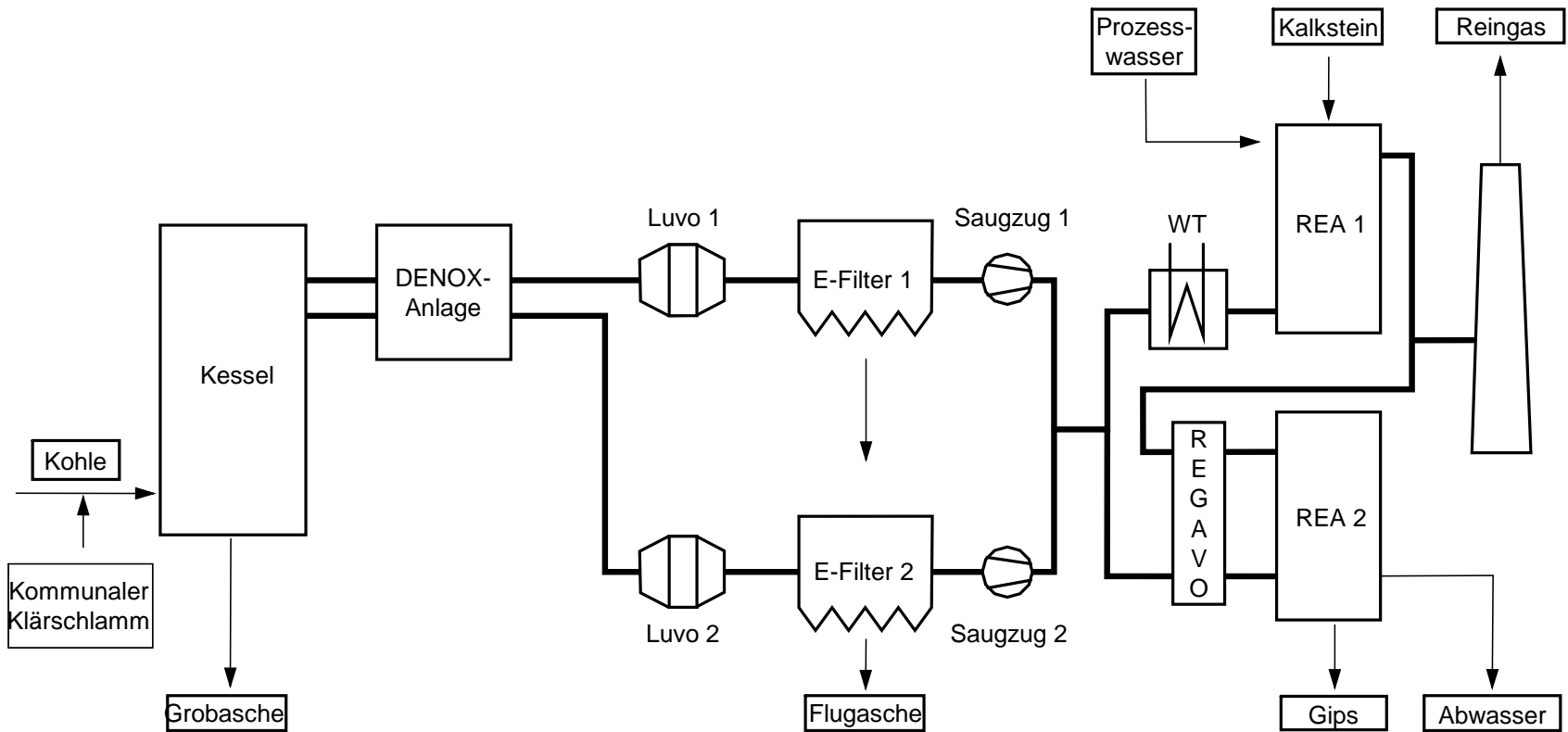
Abfallmitverbrennung bei < 25 % der betriebenen Feuerungswärmeleistung

	Tages- mittelwert [mg/m <sup>3</sup> ]	Halbstunden- mittelwert [mg/m <sup>3</sup> ]	Mittelwert über die Probenahmezeit [mg/m <sup>3</sup> ]
<b>Quecksilber</b>	<b>0,03</b>	<b>0,05</b>	-
<b>Cadmium + Thallium</b>	-	-	<b>0,05</b>
<b>Antimon, Arsen, Blei, Chrom, Kobalt, Kupfer, Mangan, Nickel, Vanadium, Zinn</b>	-	-	<b>0,5</b>
<b>Arsen, Benzo(a)pyren, Cadmium, Chrom, Kobalt</b>	-	-	<b>0,05</b>
Zusätzlich für Chlor und Fluor nach 17. BImSchV:			
<b>gasförmige anorganische Chlorverbindungen, angegeben als Chlorwasserstoff (HCl)</b>	<b>20</b>	<b>60</b>	-
<b>gasförmige anorganische Fluorverbindungen, angegeben als Fluorwasserstoff (HF)</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	-

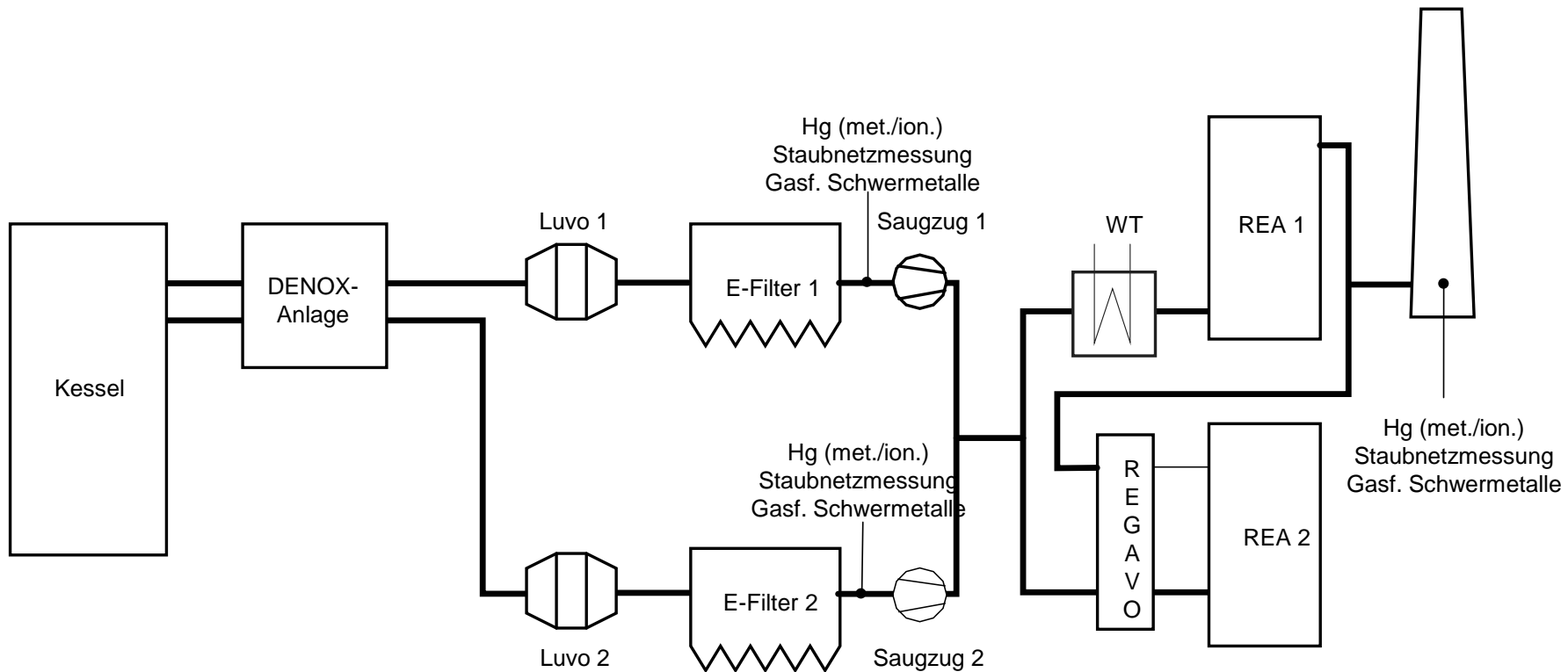
# Eintrag und Verbleib von Spurenelementen in steinkohlegefeuerten Kraftwerken



# Vereinfachte schematische Darstellung des Rauchgasweges und der wesentlichen Stoffströme



# 740 MW Kraftwerksblock mit trockenentaschter Kesselanlage Lage der Rauchgasprobenahmestellen



# Stoffstromprobenahmen im Versuchszeitraum der Mitverbrennung von kommunalem Klärschlamm

Datum	17.05.2004	18.05.2004	19.05.2004
Zeitraum	12:00 – 16:00	08:00 – 16:00	08:00 – 12:00
Betriebsbedingungen	Vollast	Vollast	Vollast
Kohlemischung	95 % Kohle	95 % Kohle	95 % Kohle
Sekundärbrennstoff	5 % Klärschlamm	5 % Klärschlamm	5 % Klärschlamm
<b><u>Stoffströme Asche</u></b>			
Kohle	12:00, 14:00, 16:00	08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00	08:00, 10:00, 12:00
Klärschlamm			
Grobasche	12:00, 14:00, 16:00	08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00	08:00, 10:00, 12:00
E-Filterstaub	12:00, 14:00, 16:00	08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00	08:00, 10:00, 12:00
E-Filter-Nachreinigung	12:00, 14:00, 16:00	08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00	08:00, 10:00, 12:00
<b><u>Stoffströme REA</u></b>			
Wäschersuspension	12:00, 14:00, 16:00	08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00	08:00, 10:00, 12:00
Gips	12:00, 14:00, 16:00	08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00	08:00, 10:00, 12:00
Abwasser n.	12:00, 14:00, 16:00	08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00	08:00, 10:00, 12:00
Prozesswasser	12:00, 14:00, 16:00	08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00	08:00, 10:00, 12:00
Kalkstein	12:00, 14:00, 16:00	08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00	08:00, 10:00, 12:00

# Immediat- und Elementaranalysenwerte der Kohlemischung (Südafrika-/Ruhrkohle)

Datum Zeitraum	17.05.2004		18.05.2004	17./18.05.2004	
	08:00 – 12:00	12:00 – 16:00	08:00 – 16.00	Durchschnitt	
Wassergehalt	%	8,94	9,06	9,21	9,11
Asche (roh)	%	9,34	10,18	10,20	10,02
Asche (wf)	%	10,25	11,20	10,34	11,02
Ballast	%	18,28	19,24	19,41	19,11
Flüchtige Bestandteile (roh)	%	31,55	31,52	31,81	31,67
Heizwert	MJ/kg	27,342	26,867	26,981	27,040
Kohlenstoff (roh)	%	69,00	68,13	68,35	68,46
Wasserstoff (roh)	%	4,04	4,01	4,05	4,04
Stickstoff (roh)	%	1,44	1,44	1,41	1,43
Schwefel (roh)	%	0,73	0,72	0,78	0,74
Chlor (roh)	%	0,077	0,077	0,095	0,086
Fluor (roh)	%	0,011	0,009	0,011	0,011
Sauerstoff (roh) als Rest	%	6,42	6,37	5,89	6,10



## Schwermetallgehalte in der reinen Kohlemischung (Südafrika-/Ruhrkohle)

Datum Zeitraum	17.05.2004		18.05.2004	17.05./18.05.2004	
	08:00 – 12:00	12:00 – 16:00	08:00 – 16:00	Durchschnitt	
Arsen	mg/kg	4,3	5,1	3,8	4,3
Cadmium	mg/kg	0,11	0,11	0,09	0,10
Kobalt	mg/kg	8,7	8,2	8,5	8,4
Chrom	mg/kg	22,3	16,7	21,0	20,2
Kupfer	mg/kg	18,6	16,7	17,2	17,4
Quecksilber	mg/kg	0,09	0,11	0,11	0,10
Mangan	mg/kg	44,7	46,5	47,5	46,5
Nickel	mg/kg	21	23	22	22
Blei	mg/kg	17,7	18,6	16,8	17,4
Antimon	mg/kg	1,9	1,5	1,0	1,3
Zinn	mg/kg	< 2	< 2	< 2	< 2
Thallium	mg/kg	0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Vanadium	mg/kg	35,4	34,4	34	34,4

# Immediat- und Elementaranalysenwerte von kommunalem Klärschlamm im Vergleich zur Kohlemischung (Südafrika-/Ruhrkohle)

Zeitraum		17.05.2004 12:00 – 16:00	18.05.2004 08:00 – 16:00	19.05.2004 08:00 – 12:00	17.05. - 19.05.2004 Durchschnitt	
Stoffstrom		Klärschlamm	Klärschlamm	Klärschlamm	Klärschlamm	Kohle
Wassergehalt	%	80,5	84,5	82,6	83,0	9,11
Asche (roh)	%	7,58	6,03	6,76	6,60	10,02
Asche (wf)	%	38,90	38,93	38,89	38,91	11,02
Ballast	%	87,63	95,03	89,36	89,60	19,13
Heizwert (roh)	MJ/kg	0,523	- 0,126	0,133	0,100	27,040
Kohlenstoff(roh)	%	6,08	4,79	5,39	5,26	68,46
Wasserstoff (roh)	%	0,92	0,72	0,79	0,79	4,04
Stickstoff (roh)	%	0,90	0,70	0,77	0,77	1,43
Schwefel (roh)	%	0,31	0,20	0,17	0,22	0,74
Chlor (roh)	%	0,04	0,07	0,10	0,07	0,09
Fluor (roh)	%	0,004	0,006	0,008	0,006	0,011
Sauerstoff (roh)	%	4,12	2,99	3,41	3,28	6,10
alsRest						

# Schwermetallgehalte im kommunalem Klärschlamm im Vergleich zur Kohlemischung (Südafrika-/Ruhrkohle)

Datum		17.05.2004	18.05.2004	19.05.2004	17.05. - 19.05.2004	
Zeitraum		12:00 - 16:00	08:00 - 16:00	08:00 - 12:00	Durchschnitt	
Stoffstrom		Klärschlamm	Klärschlamm	Klärschlamm	Klärschlamm	Kohle
Arsen	mg/kg	1,5	1,3	2,3	1,6	4,3
Cadmium	mg/kg	0,27	0,24	0,26	0,25	0,10
Kobalt	mg/kg	1,6	1,7	1,8	1,7	8,4
Chrom	mg/kg	13	9	13	11	20
Kupfer	mg/kg	57	46	44	49	17
Quecksilber	mg/kg	0,18	0,17	0,18	0,18	0,10
Mangan	mg/kg	94	128	231	145	46,5
Nickel	mg/kg	7	5	6	6	22
Blei	mg/kg	7,5	7,4	9,5	7,9	17,4
Antimon	mg/kg	0,8	1,4	1,5	1,2	1,3
Zinn	mg/kg	9,1	7,9	8,9	8,5	<2
Thallium	mg/kg	<0,2	< 0,2	<0,2	<0,2	<0,5
Vanadium	mg/kg	3,7	3,4	4,2	3,7	34,4

# Immediat- und Elementaranalysenwerte in der Brennstoffmischung

Datum		17.05.2004	18.05.2004	19.05.2004	17.05. - 19.05.2004	
Zeitraum		12:00 – 16:00	08:00 – 16:00	08:00 – 12:00	Kohle + Klär- schlamm Ø	Kohle Ø
Wassergehalt	%	12,52	12,66	13,37	12,80	9,11
Asche (roh)	%	10,15	10,00	9,32	9,90	10,02
Asche (wf)	%	11,58	12,59	11,89	11,35	11,02
Ballast	%	22,67	22,66	22,69	22,70	19,11
Heizwert (roh)	MJ/kg	26,001	25,596	25,589	25,696	27,040
Kohlenstoff(roh)	%	65,85	65,21	64,93	65,30	68,46
Wasserstoff (roh)	%	3,88	3,88	3,87	3,87	4,04
Stickstoff (roh)	%	1,41	1,39	1,37	1,39	1,43
Schwefel (roh)	%	0,71	0,74	0,68	0,71	0,74
Chlor (roh)	%	0,075	0,078	0,110	0,085	0,09
Fluor (roh)	%	0,011	0,010	0,011	0,011	0,011
Sauerstoff (roh) als Rest	%	5,39	6,03	6,34	5,93	6,10

# Verbrennungsrechnung für die vollständige Verbrennung der Brennstoffmischung für 6Vol% Sauerstoff, trockene Luft

Datum		17.05.2004	18.05.2004	19.05.2004	17.05. - 19.05.2004	
Zeitraum		12:00 – 16:00	08:00 – 16:00	08:00 – 12:00	Kohle + Klärschl. Ø	Kohle Ø
Spez, Rauchgasvolumen (i.N., tr., 6 % O <sub>2</sub> )	m <sup>3</sup> /kg	9,12	9,01	9,12	9,08	9,53
Spez, Rauchgasvolumen (i.N., f., 6 % O <sub>2</sub> )	m <sup>3</sup> /kg	9,70	9,60	9,71	9,67	10,09
CO <sub>2</sub> max.	Vol, %	18,66	18,72	18,73	18,70	18,70
Wassergehalt	Vol, %	6,05	6,27	6,05	6,12	5,60
Brennstoffmassenstrom (1711 MWth)	t/h	240	247	250	245	233
Rauchgasvolumenstrom (i.N., tr., 6 % O <sub>2</sub> )	10 <sup>6</sup> Nm <sup>3</sup> /h	2,18	2,22	2,29	2,23	2,22
Rauchgasvolumenstrom (i.N., f., 6 % O <sub>2</sub> )	10 <sup>6</sup> Nm <sup>3</sup> /h	2,32	2,37	2,43	2,37	2,33
SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> *	1.701	1.531	1.539	1.590	1.553

\*(i.N.tr., 6 % O<sub>2</sub>)

# Schwermetallgehalte in der Brennstoffmischung (roh) im Vergleich zur Kohle (roh)

Datum		17.05.2004	18.05.2004	19.05.2004	17. - 19.05.2004	
Zeitraum		12:00 – 16:00	08:00 – 16:00	08:00 – 12:00	Kohle + Klärschlamm Ø	Kohle Ø
Arsen	mg/kg	4,1	4,5	3,5	4,0	4,3
Cadmium	mg/kg	0,12	0,10	0,10	0,11	0,10
Kobalt	mg/kg	8,3	8,1	7,9	8,1	5,4
Chrom	mg/kg	21,9	18,6	19,0	19,8	20,2
Kupfer	mg/kg	20,5	19,2	17,2	19,0	17,4
Quecksilber	mg/kg	0,13	0,12	0,12	0,12	0,10
Mangan	mg/kg	47,1	52,8	53,1	51,0	46,5
Nickel	mg/kg	24	22	21	22,3	22
Blei	mg/kg	17,2	17,2	16,4	17,0	17,4
Antimon	mg/kg	1,8	1,5	0,55	1,28	1,30
Zinn	mg/kg	<2	< 2	<2	< 2	< 2
Thallium	mg/kg	0,5	< 0,5	<0,5	< 0,5	< 0,5
Vanadium	mg/kg	33,8	32,9	32,0	32,6	34,4

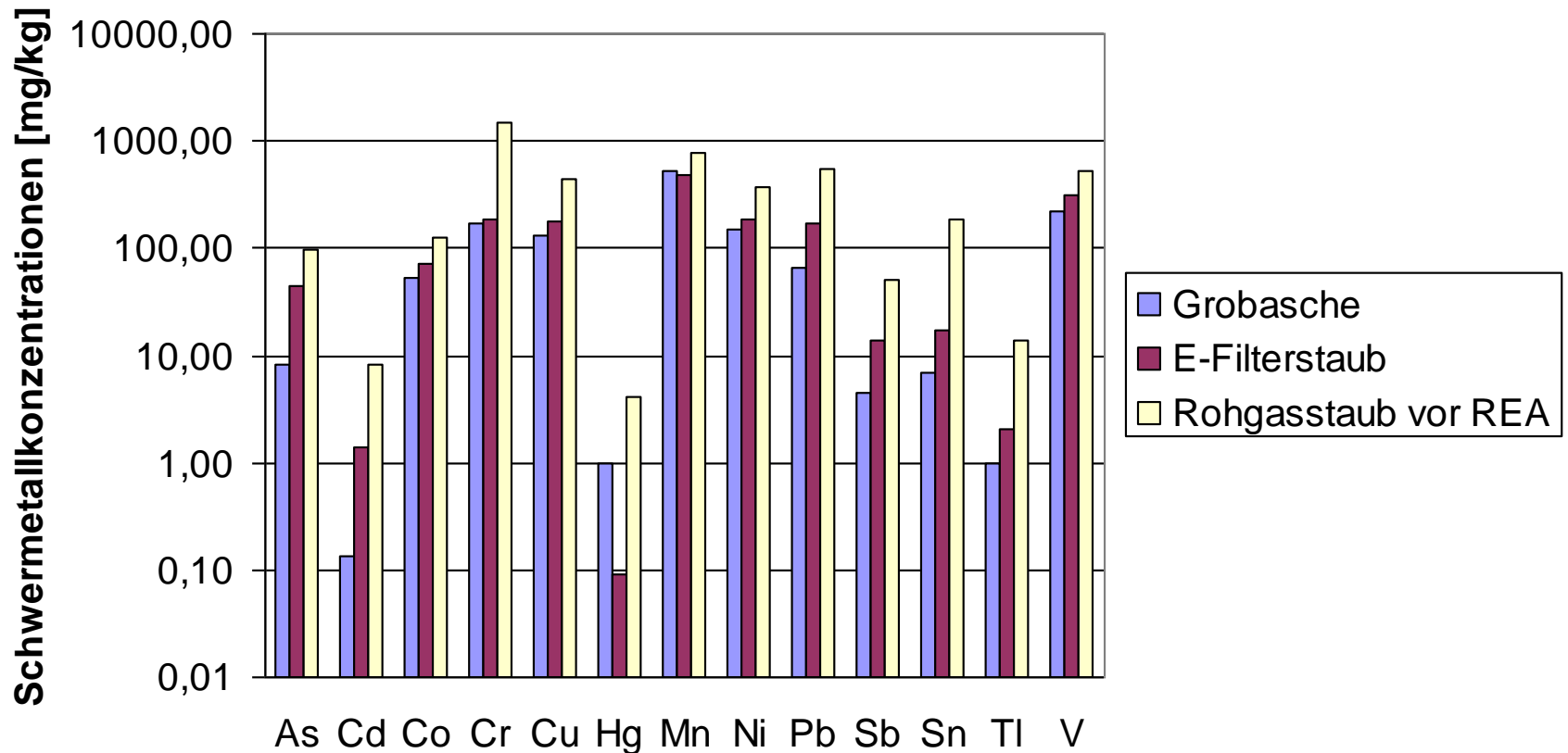
# Vergleich der durchschnittlichen Schwermetallkonzentration in Kohle-, Grob- und Flugasche bei der Mitverbrennung von 5 % kommunalem Klärschlamm

		Kohlenasche	Grobasche	Flugasche	Bemerkung
Arsen	mg/kg	42,6	9,8	39,5	flüchtig
Cadmium	mg/kg	1,04	0,20	0,94	flüchtig
Kobalt	mg/kg	82	53	66	nicht flüchtig
Chrom	mg/kg	206	179	183	nicht flüchtig
Kupfer	mg/kg	198	145	180	wenig flüchtig
Quecksilber	mg/kg	1,25	< 0,05	0,13	hoch flüchtig
Mangan	mg/kg	535	582	483	nicht flüchtig
Nickel	mg/kg	229	151	176	wenig flüchtig
Blei	mg/kg	177	66	146	flüchtig
Antimon	mg/kg	13,8	5,2	11	flüchtig
Zinn	mg/kg	< 20 *	7,4	16	flüchtig
Thallium	mg/kg	< 5 *	< 0,5	1,8	flüchtig
Vanadium	mg/kg	342	221	272	wenig flüchtig

\* 1,9 mg/kg Sn in Rohkohle (errechnet), entsprechend 17,9 mg/kg Sn in der Kohlenasche

\*\* 0,21 mg/kg Tl in Rohkohle (errechnet), entsprechen 2,0 mg/kg in der Kohlenasche

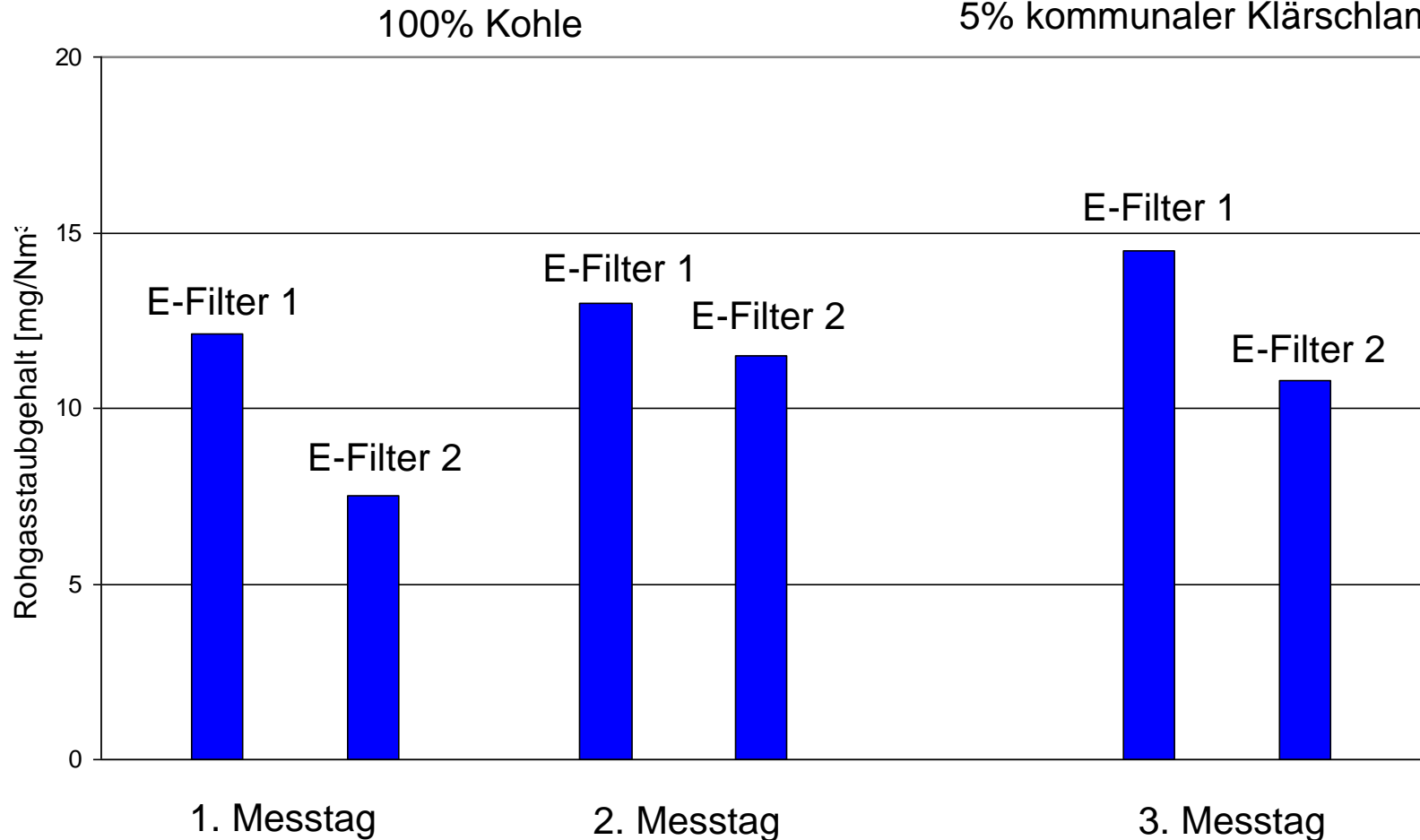
# Schwermetallkonzentrationen in Grobasche, E-Filterstaub und Rohgasstaub





# Staubkonzentrationen im Rohgas hinter E-Filter (vor REA-Wäscher)

95% Kohle  
5% kommunaler Klärschlamm



## Aschemassenströme

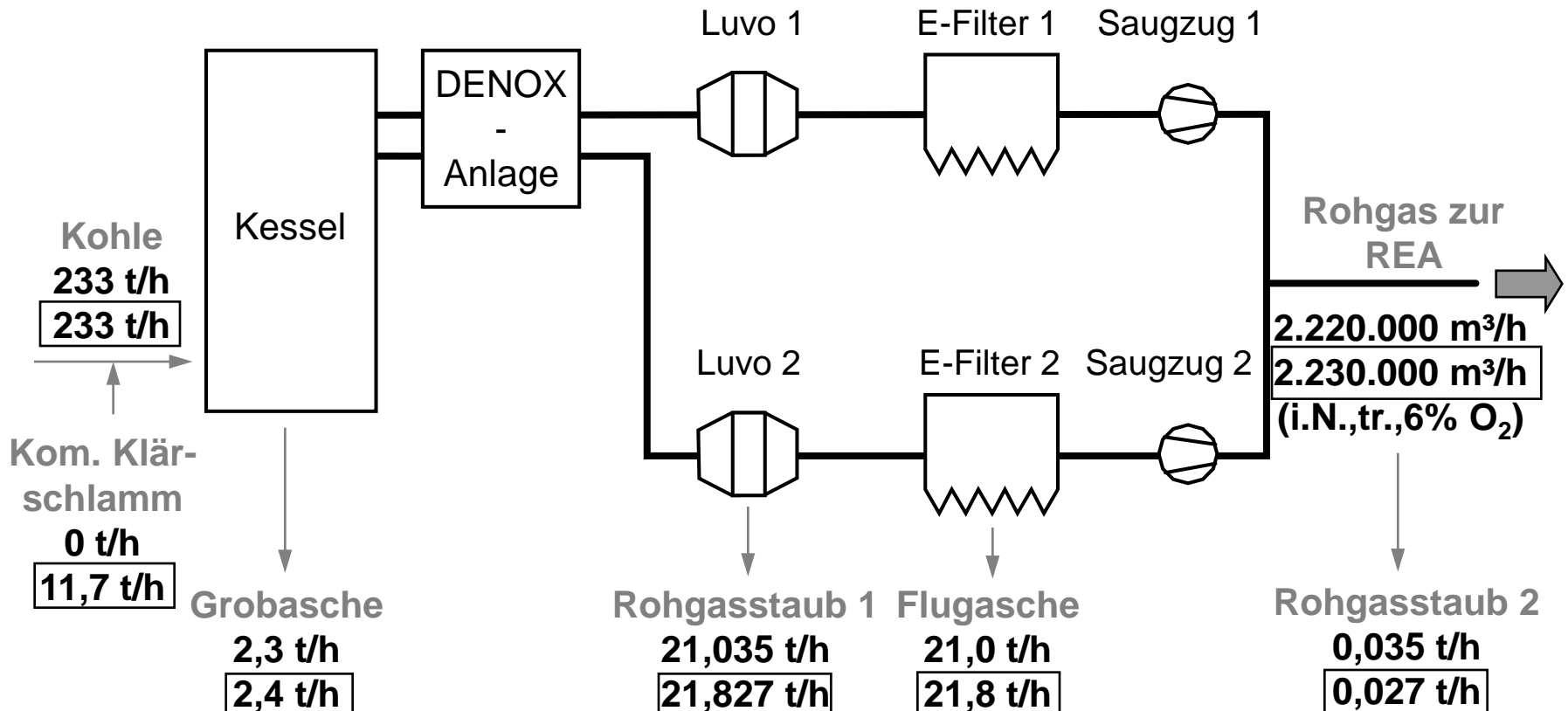
Messzeitraum

12.05. - 13.05.2004

17.05. - 19.05.2004

100% Kohle

Kohle + 5% Kommunaler Klärschlamm



# Durchschnittliche Chrom-Konzentrationen in den Aschemassenströmen

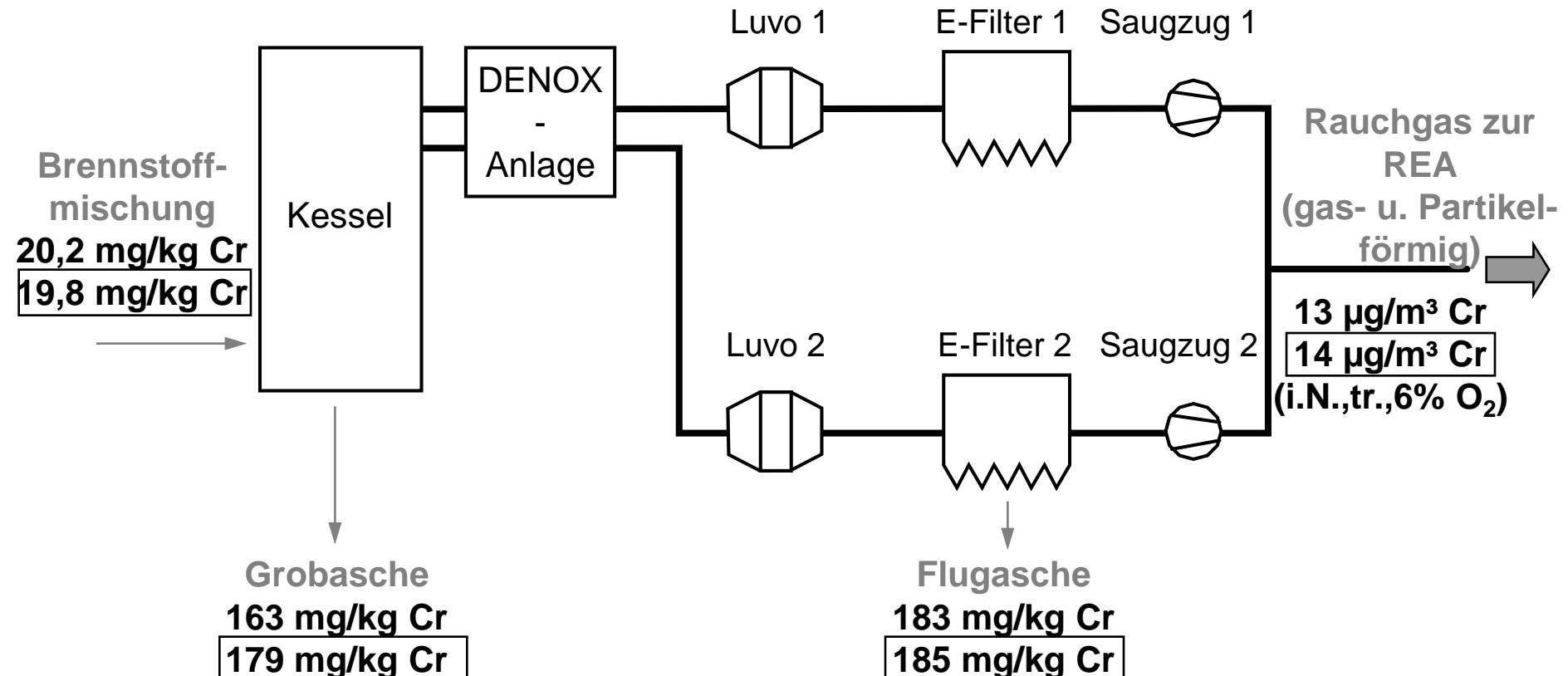
Messzeitraum

12.05. - 13.05.2004

100% Kohle

17.05 - 19.05.2004

Kohle + 5% Kommunaler Klärschlamm



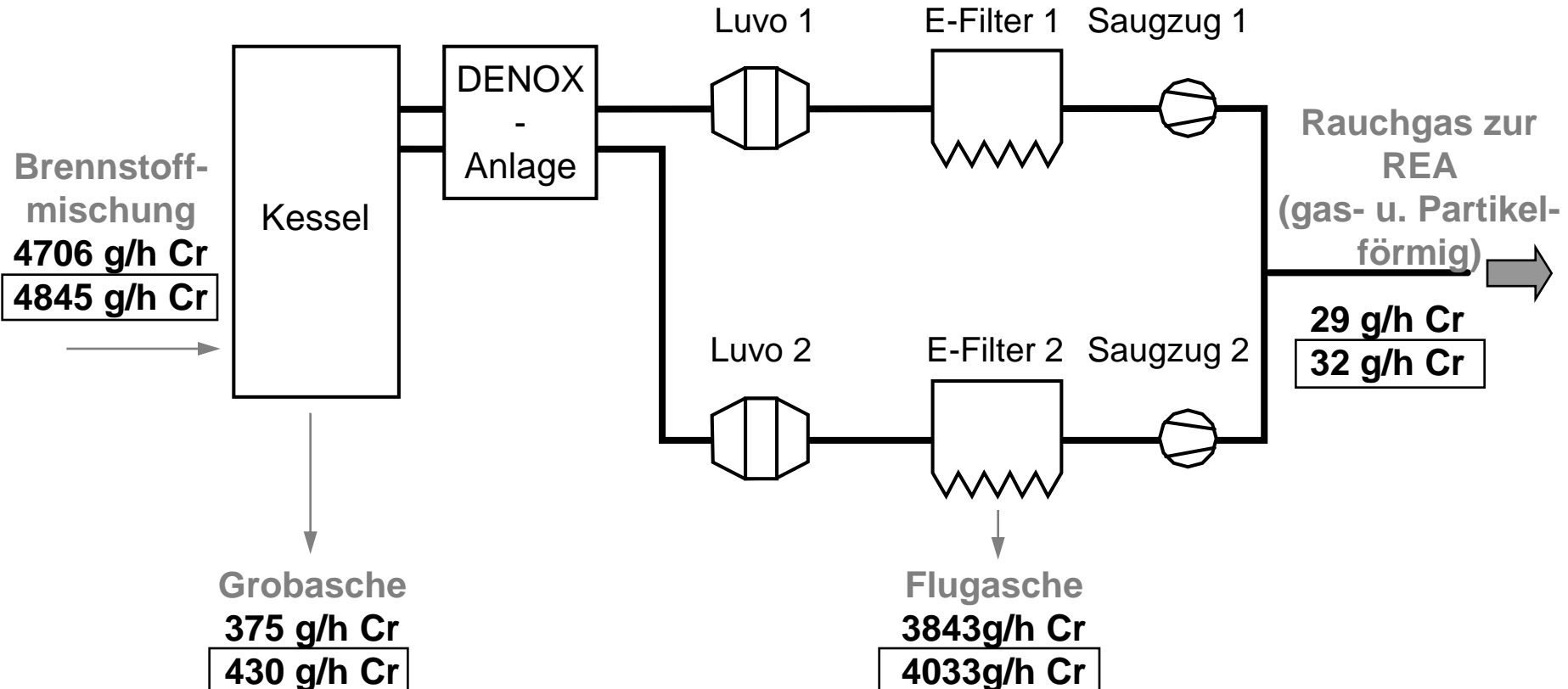
# Durchschnittliche Chrom-Frachten in den Aschemassenströmen

Messzeitraum  
12.05. - 13.05.2004  
17.05 - 19.05.2004

100% Kohle  
Kohle + 5% Kommunaler  
Klärschlamm

Bilanzergebnis:

Σ Eintrag:	4706 g/h	4845 g/h Cr
Σ Austrag:	4247 g/h	4495 g/h Cr
Wiederfindung:	90 %	93 %



# Durchschnittliche Blei-Konzentrationen in den Aschemassenströmen

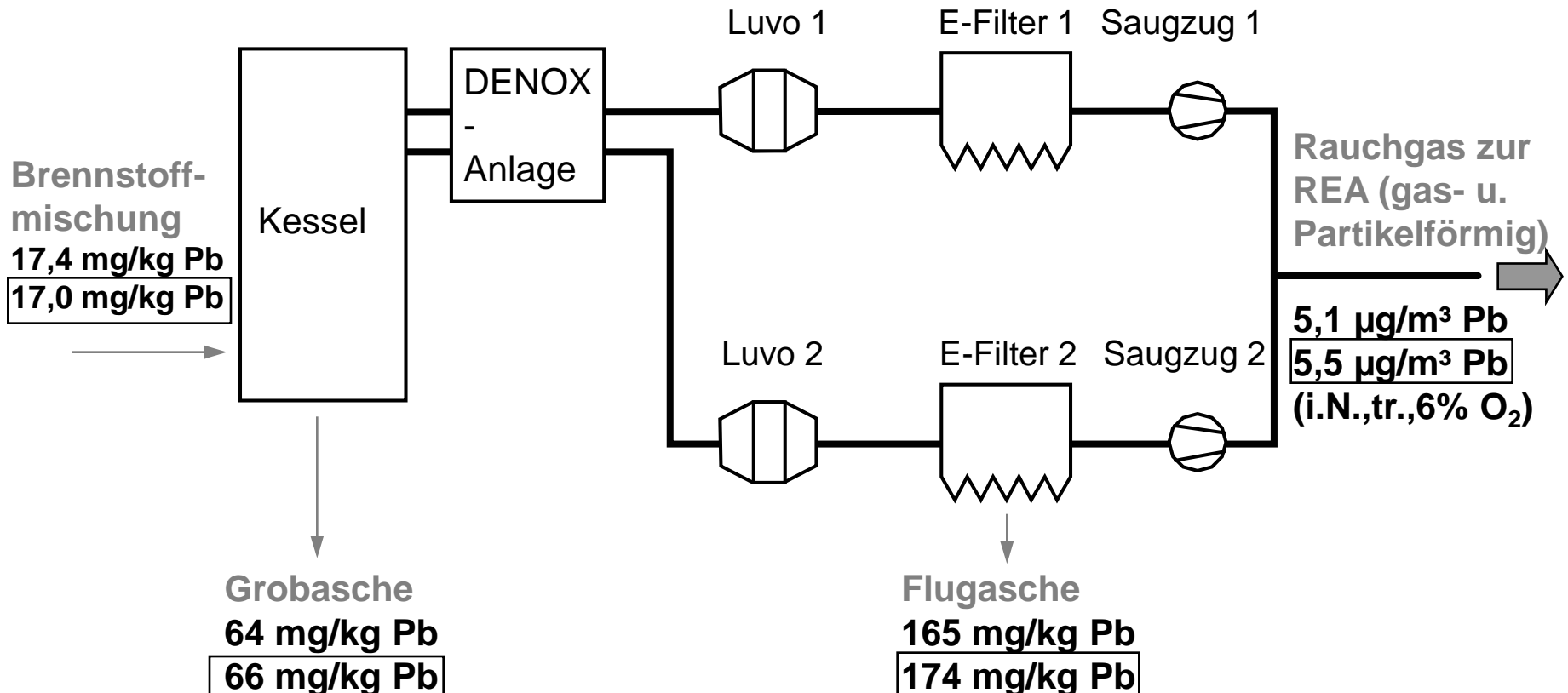
Messzeitraum

12.05. - 13.05.2004

100% Kohle

17.05 - 19.05.2004

Kohle + 5% Kommunaler Klärschlamm



# Durchschnittliche Blei-Frachten in den Aschemassenströmen

Messzeitraum

12.05. - 13.05.2004

17.05. - 19.05.2004

100% Kohle

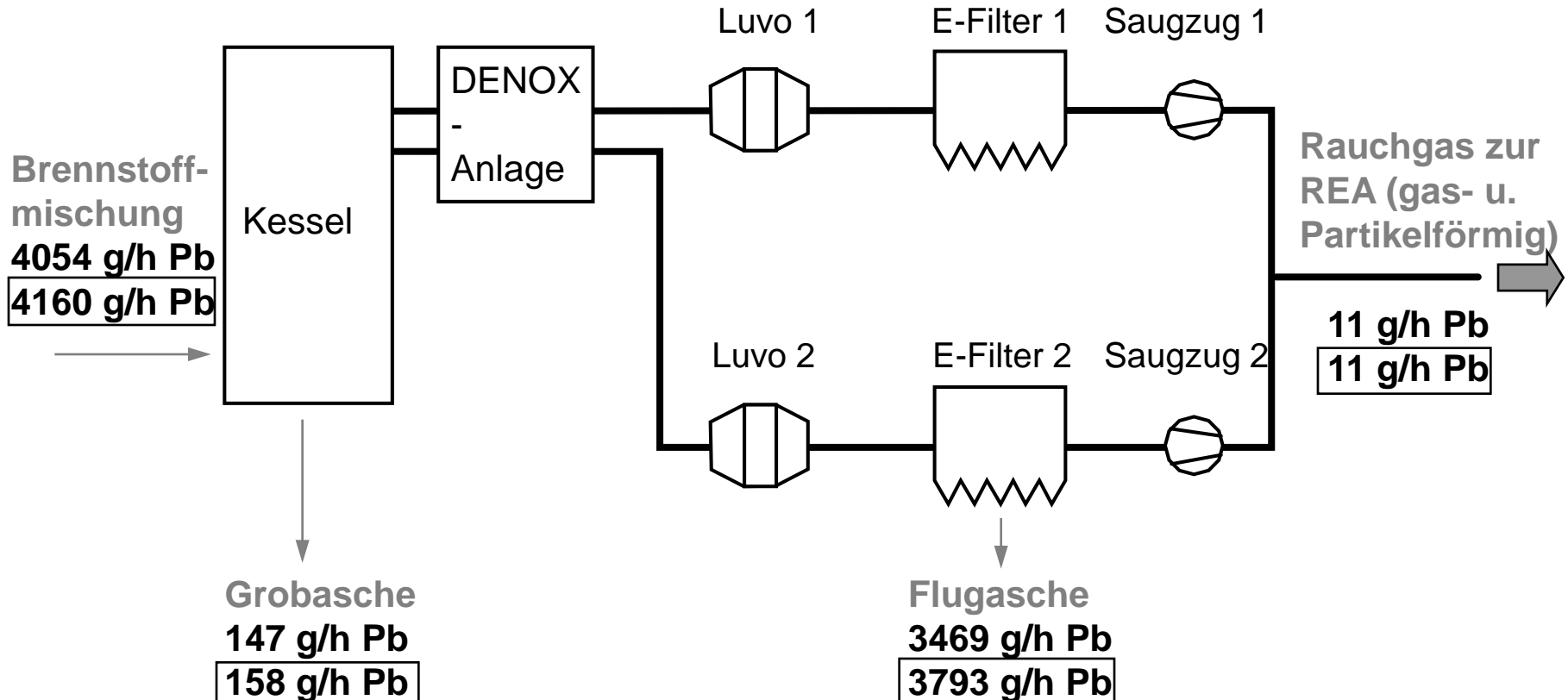
Kohle + 5% Kommunaler Klärschlamm

Bilanzergebnis:

Σ Eintrag: 4054 g/h 4160 g/h Pb

Σ Austrag: 3627 g/h 3962 g/h Pb

Wiederfindung: 90 % 95 %



# Quecksilber-Konzentrationen in den Aschemassenströmen

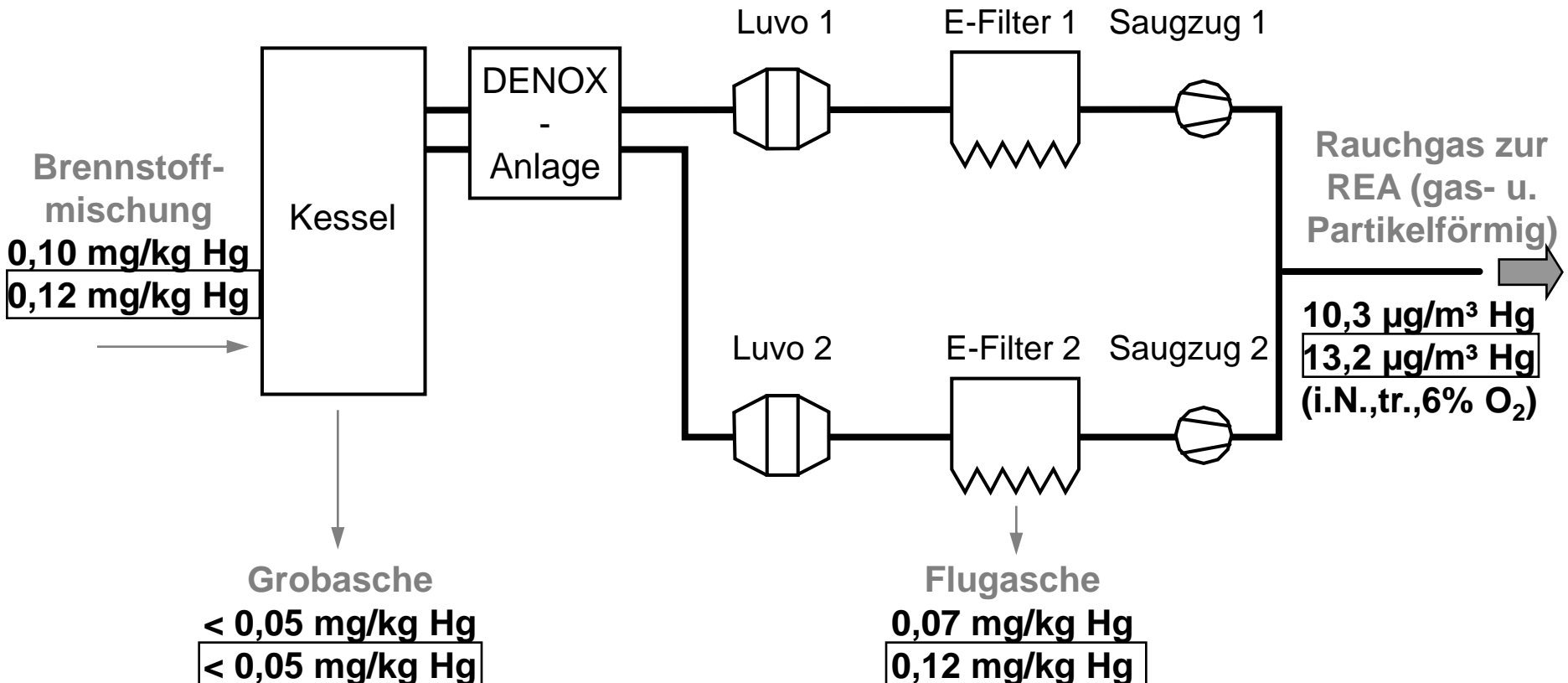
Messzeitraum

12.05. - 13.05.2004

100% Kohle

17.05. - 19.05.2004

Kohle + 5% Kommunaler Klärschlamm



# Quecksilber-Frachten in den Aschemassenströmen

Messzeitraum

12.05. - 13.05.2004

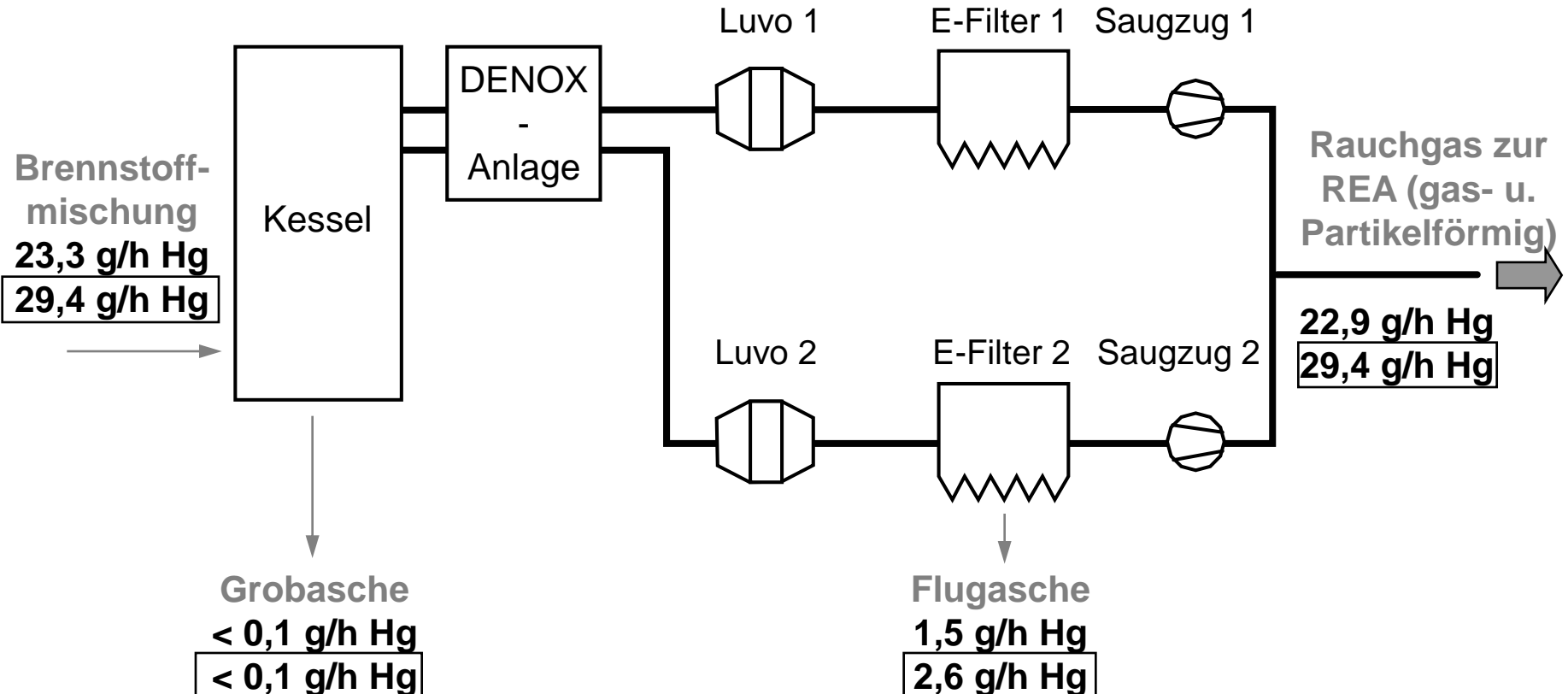
17.05 - 19.05.2004

100% Kohle

Kohle + 5% Kommunaler Klärschlamm

Bilanzergebnis:

$\Sigma$ Eintrag:	23,3 g/h	29,4 g/h Hg
$\Sigma$ Austrag:	24,4 g/h	32,0 g/h Hg
Wiederfindung:	104,7%	108,8 %





# REA-Stoffströme

**Messzeitraum**  
12.05. - 13.05.2004  
17.05 - 19.05.2004

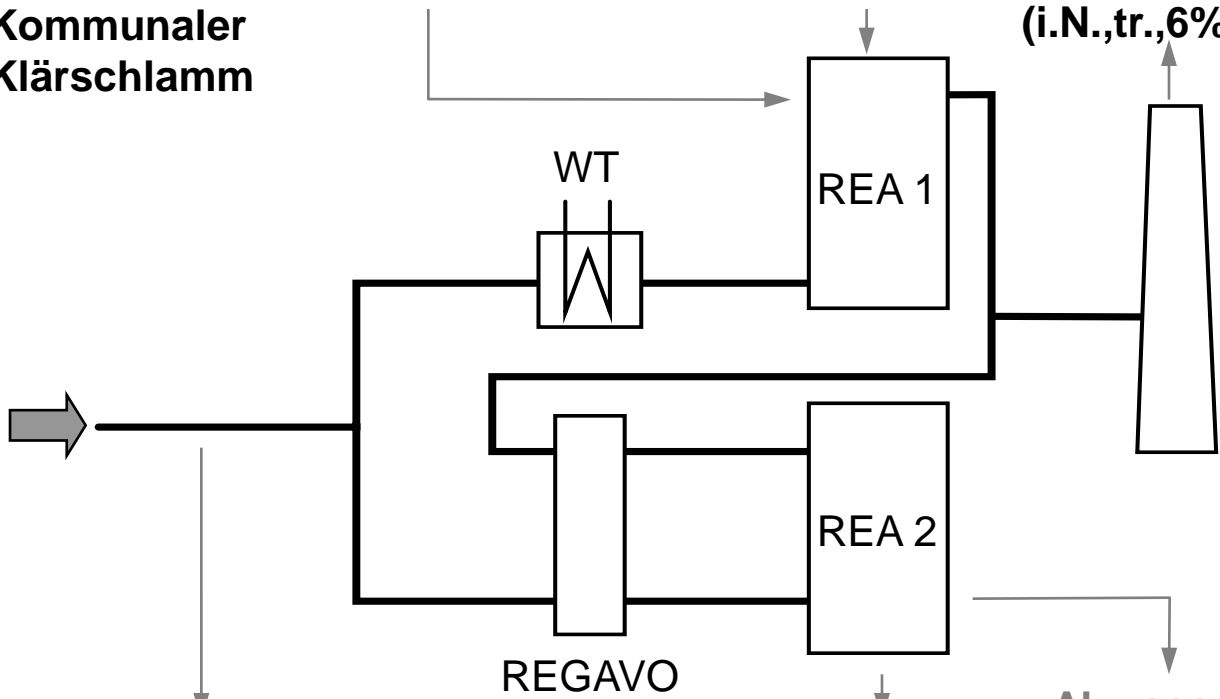
100% Kohle  
Kohle + 5%  
Kommunaler  
Klärschlamm

Prozesswasser  
115 t/h  
105 t/h

Kalkstein  
2,9 t/h  
3,0 t/h

Reingas  
2.220.000 m<sup>3</sup>/h  
2.230.000 m<sup>3</sup>/h  
(i.N.,tr.,6% O<sub>2</sub>)

Rohgas  
vom E-Filter



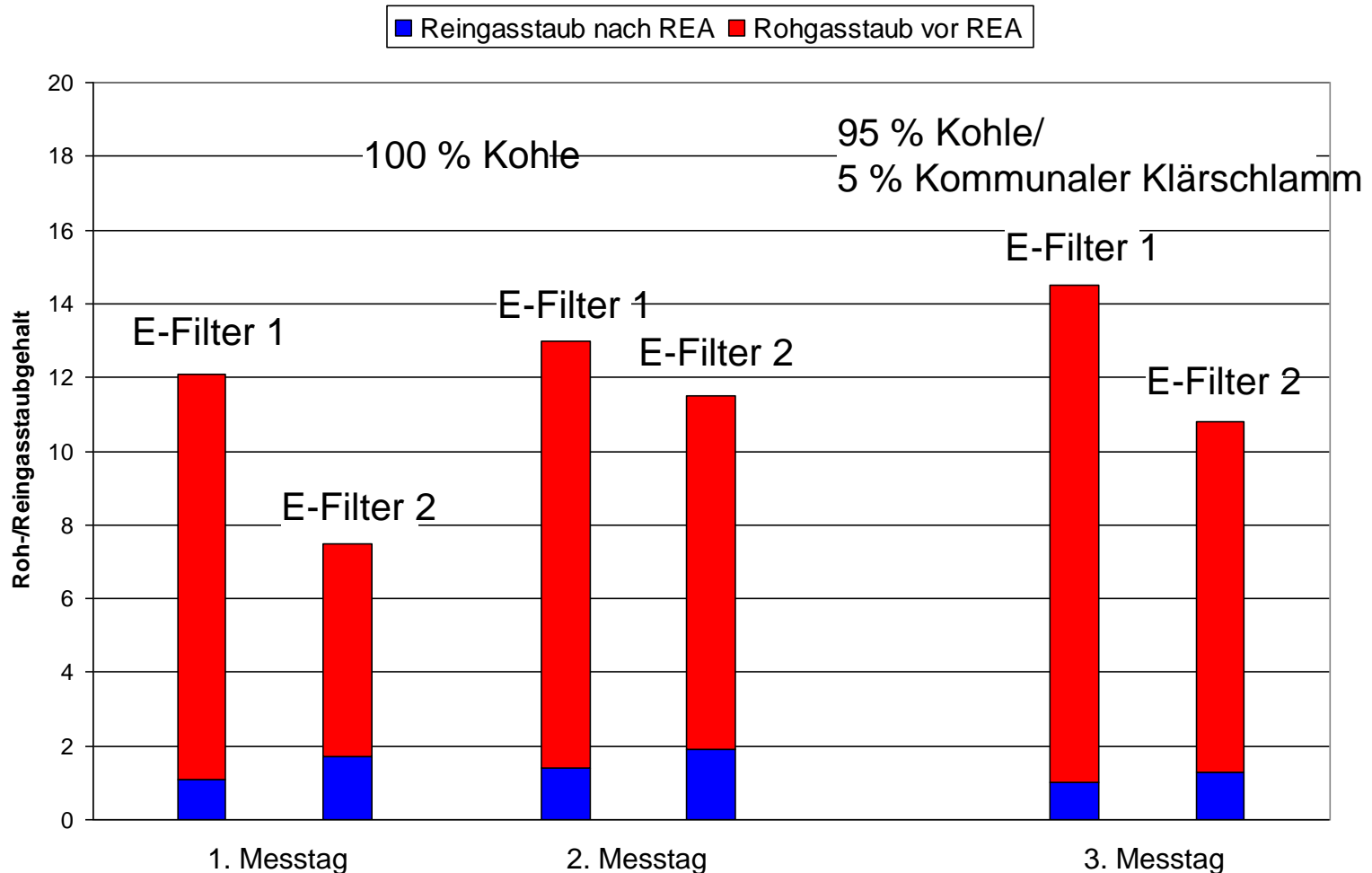
Rohgasstaub  
0,035 t/h  
0,027 t/h

REGAVO

Gips  
9,3 t/h  
9,4 t/h

Abwasser n.  
Neutralisation  
16 t/h  
16 t/h

# Roh- und Reingasstaubgehalt vor und hinter REA mit und ohne Zusatz von kommunalen Klärschlamm zur Kohle



# Aschemassen- und REA-Stoffströme im Untersuchungszeitraum mit und ohne Zusatz von kommunalem Klärschlamm zu Kohle

Messzeitraum

12.05. - 13.05.2004

17.05. - 19.05.2004

100% Kohle  
Kohle + 5%  
Kommunaler  
Klärschlamm

Prozesswasser

115 t/h

105 t/h

Kalkstein

2,9 t/h

3,0 t/h

Reingas

2.220.000 m<sup>3</sup>/h

2.230.000 m<sup>3</sup>/h

(i.N.,tr.,6% O<sub>2</sub>)

Rohgas  
vom E-Filter

2.220.000 m<sup>3</sup>/h

2.230.000 m<sup>3</sup>/h

(i.N.,tr.,6% O<sub>2</sub>)

WT



REGAVO

Gips

9,3 t/h

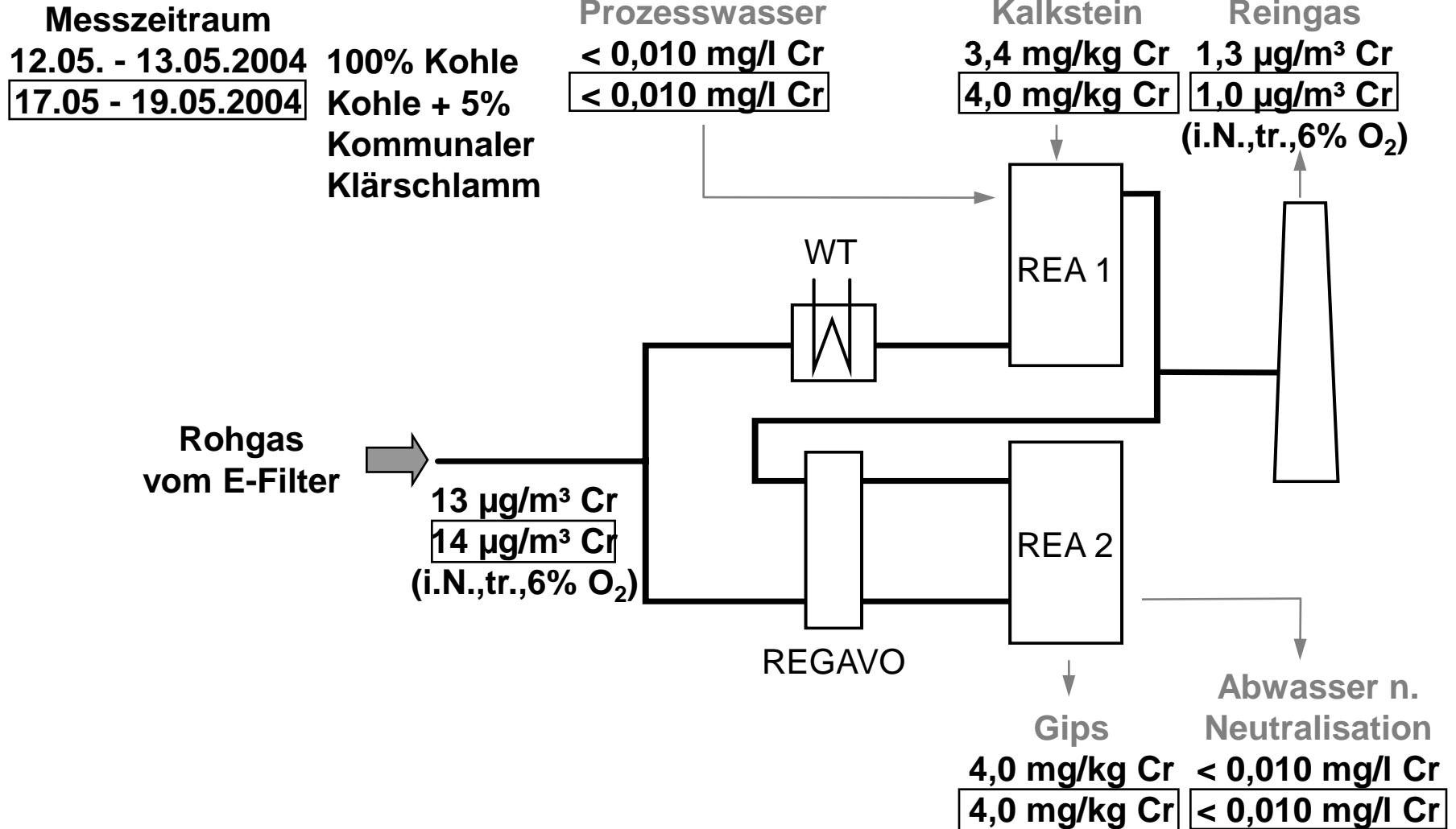
9,4 t/h

Abwasser n.  
Neutralisation

16 t/h

16 t/h

# Ergebnisse der Chrom-Gehalte in den Stoffströmen zwischen E-Filter und Kamin



# Ergebnisse der Chrombilanz über den gesamten Rauchgasweg

**Messzeitraum**  
**12.05. - 13.05.2004**  
**17.05 - 19.05.2004**

**100% Kohle**  
**Kohle + 5% Kommunaler Klärschlamm**

**Prozesswasser**

**< 1 g/h Cr**

**< 1 g/h Cr**

**Kalkstein**

**10 g/h Cr**

**12 g/h Cr**

**Reingas**

**2,7 g/h Cr**

**2,1 g/h Cr**

**Rohgas vom E-Filter**



**29 g/h Cr**

**32 g/h Cr**

WT



REA 1

REA 2

REGAVO

Gips

**37 g/h Cr**

**37 g/h Cr**

Abwasser n. Neutralisation

**< 0,2 g/h Cr**

**< 0,2 g/h Cr**

**Bilanzergebnis:**

**Σ Eintrag: 4716 g/h**

**4857 g/h Cr**

**Σ Austrag: 4258 g/h**

**4502 g/h Cr**

**Wiederfindung: 90 %**

**92 %**

# Ergebnisse der Blei-Konzentrationen in den Stoffströmen zwischen Kessel und Kamin

Messzeitraum

12.05. - 13.05.2004

17.05. - 19.05.2004

100% Kohle  
Kohle + 5%  
Kommunaler  
Klärschlamm

Prozesswasser

< 0,020 mg/l Pb

< 0,020 mg/l Pb

Kalkstein

2,9 mg/kg Pb

2,9 mg/kg Pb

Reingas

0,56  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Pb

0,27  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Pb

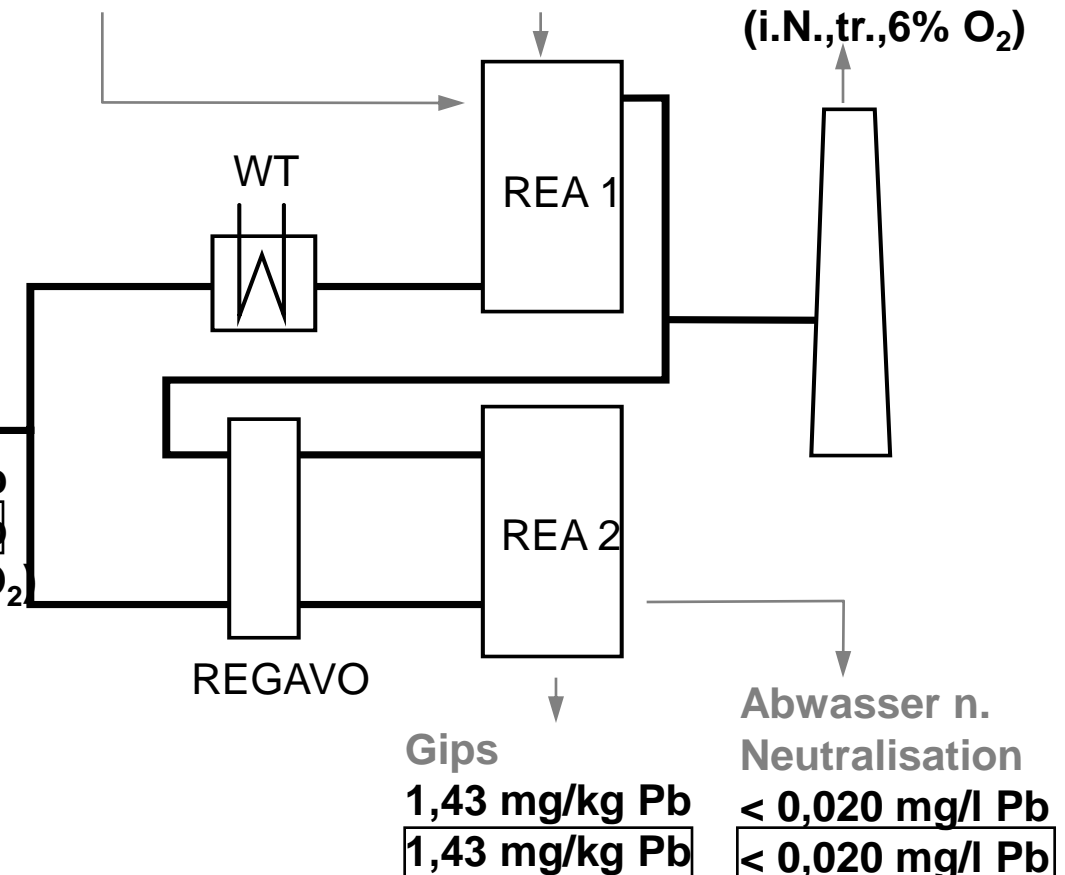
(i.N.,tr.,6% O<sub>2</sub>)

Rohgas  
vom E-Filter

5,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Pb

5,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Pb

(i.N.,tr.,6% O<sub>2</sub>)



REGAVO

Gips

1,43 mg/kg Pb

1,43 mg/kg Pb

Abwasser n.

Neutralisation

< 0,020 mg/l Pb

< 0,020 mg/l Pb

# Ergebnisse der Blei-Bilanz über den gesamten Rauchgasweg

Messzeitraum

12.05. - 13.05.2004

17.05 - 19.05.2004

100% Kohle  
Kohle + 5%  
Kommunaler  
Klärschlamm

Prozesswasser

< 2 g/h Pb

< 2 g/h Pb

Kalkstein

8,6 g/h Pb

8,7 g/h Pb

Reingas

1,2 g/h Pb

0,6 g/h Pb

Rohgas  
vom E-Filter

11 g/h Pb

11 g/h Pb

WT

REA 1

REA 2

REGAVO

Gips

13,0 g/h Pb

13,2 g/h Pb

Abwasser n.

Neutralisation

< 0,3 g/h Pb

< 0,3 g/h Pb

Bilanzergebnis:

Σ Eintrag: 4063 g/h

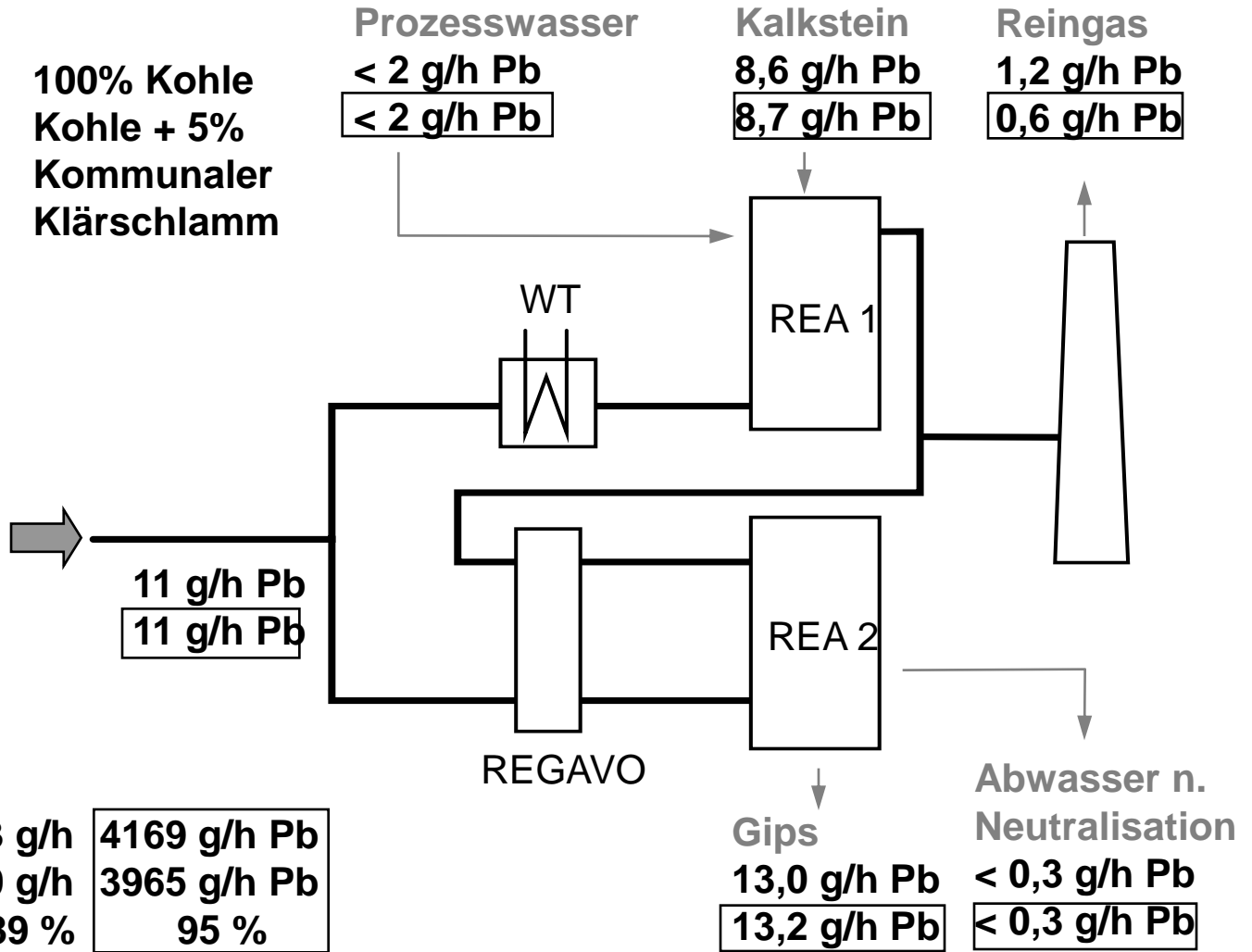
4169 g/h Pb

Σ Austrag: 3630 g/h

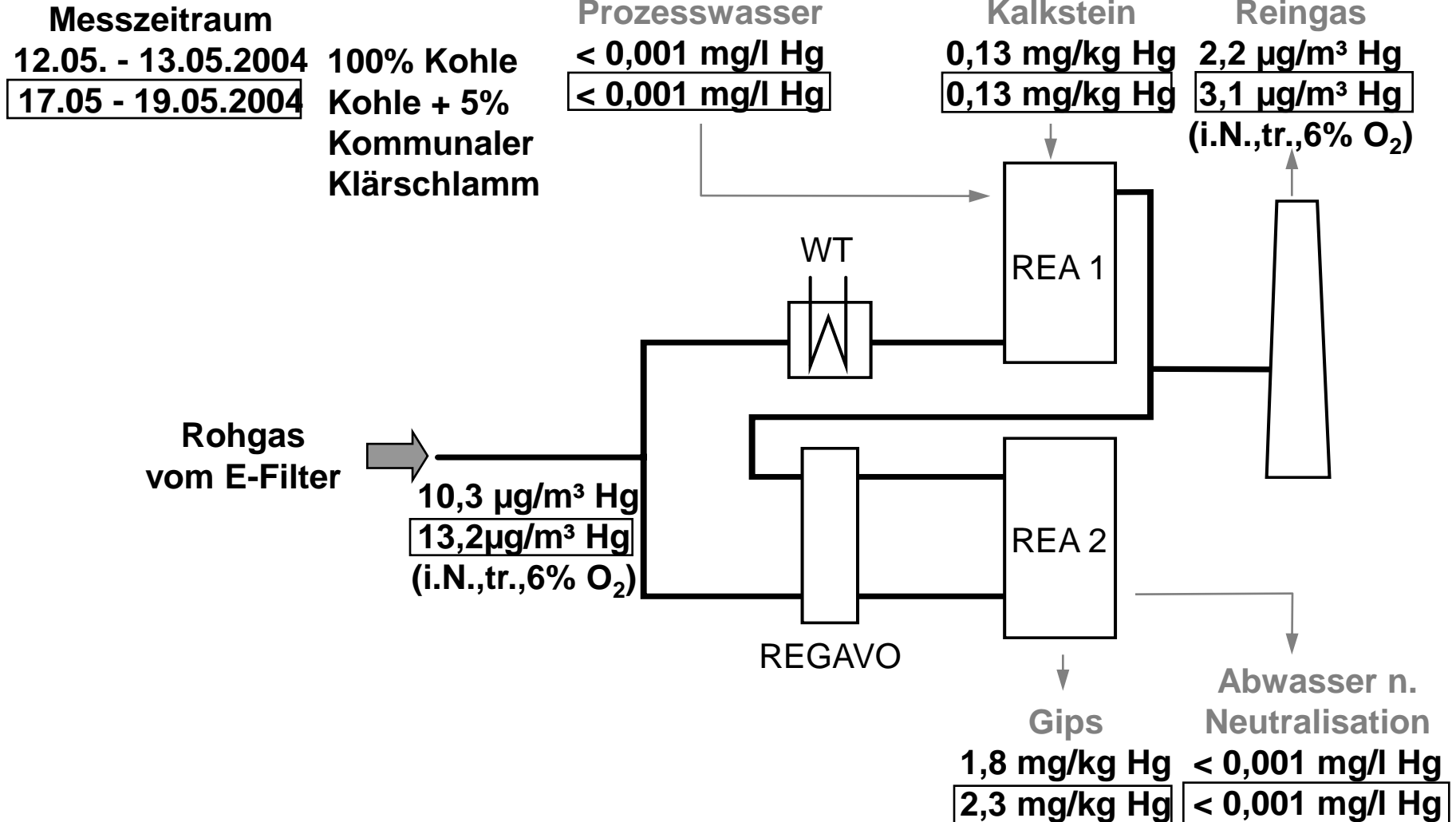
3965 g/h Pb

Wiederfindung: 89 %

95 %

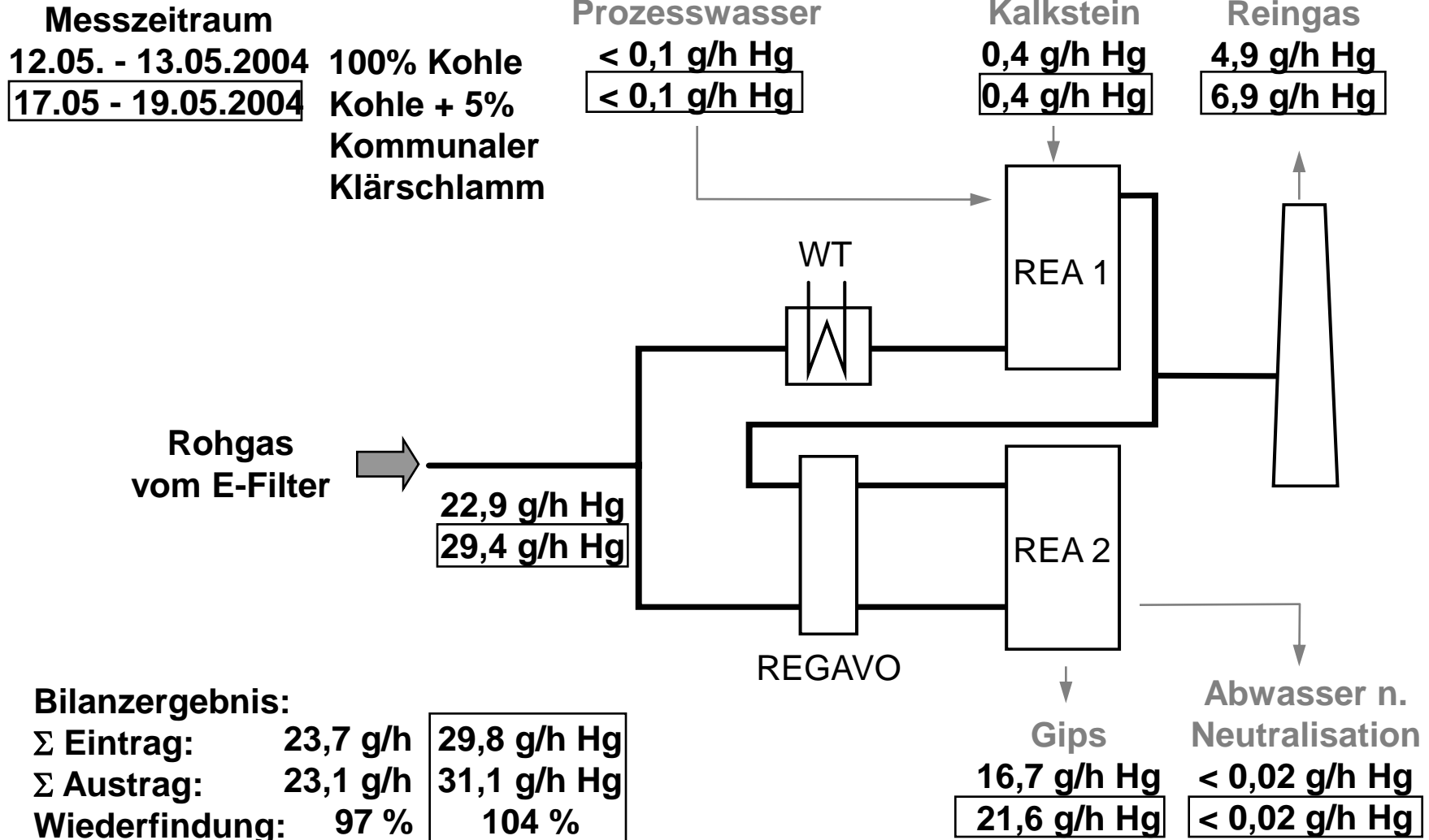


# Ergebnisse der Quecksilber-Konzentrationen in den Stoffströmen zwischen E-Filter und Kamin





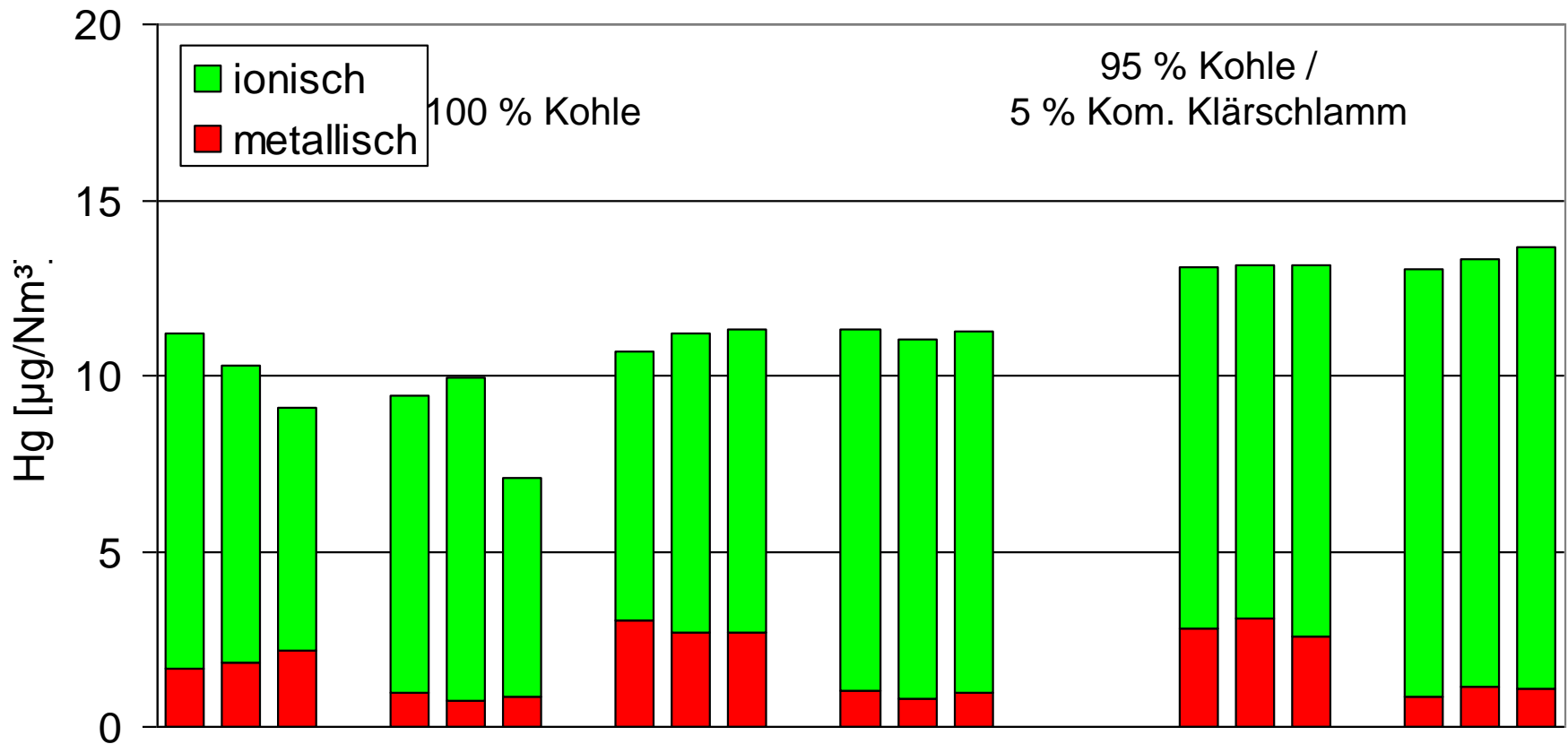
# Ergebnisse der Quecksilberbilanz über den gesamten Rauchgasweg



# Schwermetallbilanzergebnisse bei der Verbrennung von Kohlemischung mit 5 % kommunalem Klärschlamm

Element	Input		Summe g/h	Output			Summe g/h	Wiederfindung %
	Brennstoff g/h	REA g/h		Asche g/h	REA g/h	Reingas g/h		
As	979	2,7	<b>982</b>	979	< 5	0,21	<b>979</b>	99
Cd	26,9	0,7	<b>27,6</b>	31,2	< 9	0,01	<b>31,2</b>	113
Co	1.982	< 3	<b>1.982</b>	1.640	< 9	0,10	<b>1.640</b>	83
Cr	4.845	12	<b>4.857</b>	4.463	37	2,1	<b>4.502</b>	93
Cu	4.649	14,8	<b>4.664</b>	4.567	28,5	0,60	<b>4.596</b>	98
Hg	29,4	0,4	<b>29,8</b>	2,6	21,6	6,9	<b>31,1</b>	104
Mn	12.479	1.108	<b>13.587</b>	11.971	917	3,4	<b>12.892</b>	95
Ni	5.457	6,4	<b>5.463</b>	4.391	40,7	0,76	<b>4.433</b>	81
Pb	4.157	8,7	<b>4.169</b>	3.951	13,2	0,6	<b>3.965</b>	95
Sb	313	< 1,5	<b>313</b>	301,9	< 5	< 0,33	<b>302</b>	96
Sn	< 490	< 6	<b>&lt; 490</b>	432	< 18	1,0	<b>433</b>	-
Tl	< 122	< 1,5	<b>&lt; 122</b>	45	< 5	< 0,18	<b>45</b>	-
V	7.977	11,5	<b>7.889</b>	6,3	26	0,46	<b>6.853</b>	87

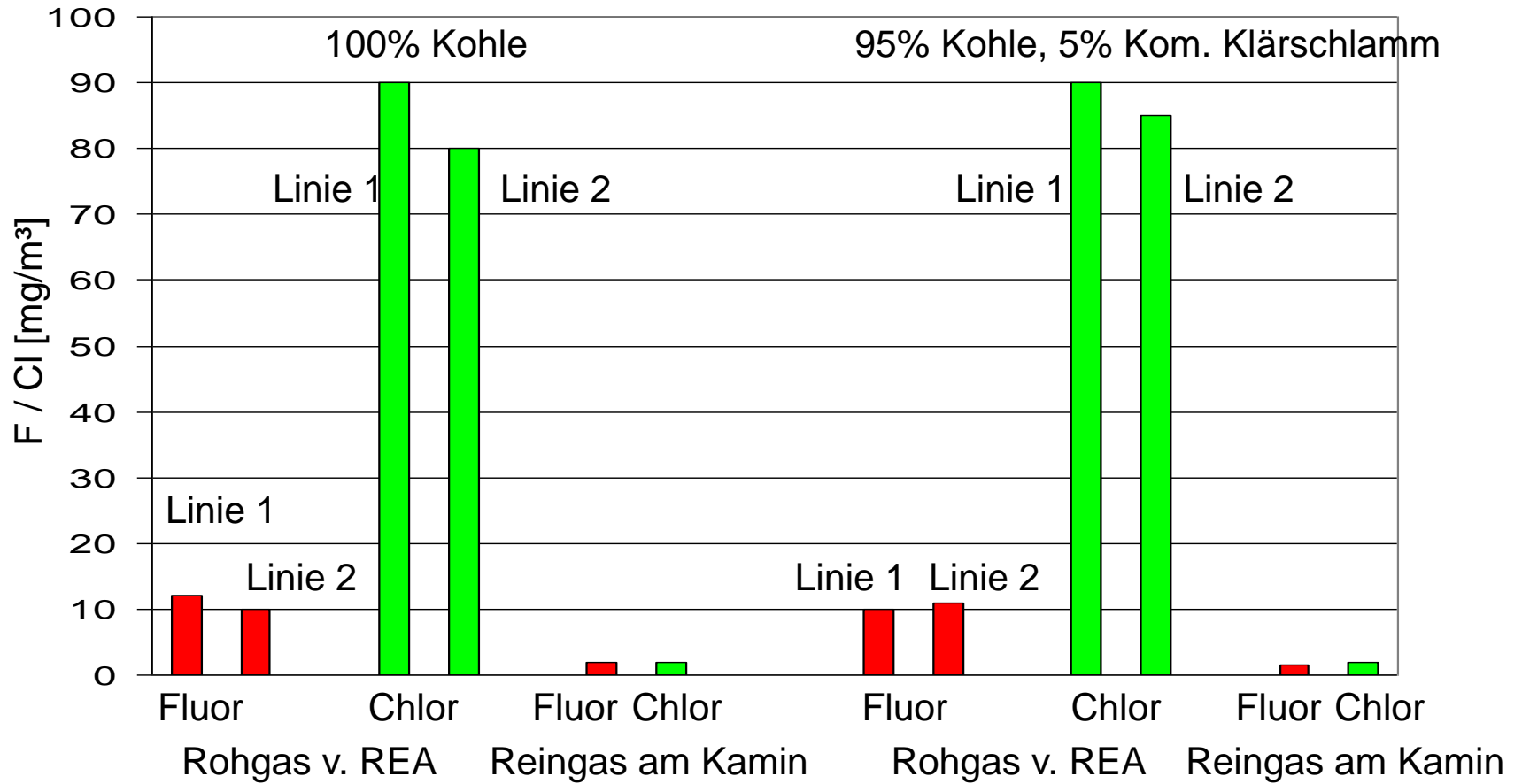
## Hg-Spezies-Verteilung im Rauchgas hinter E-Filter (vor REA-Wäscher)



# Hg-Spezies-Verteilung im Reingas am Kamin



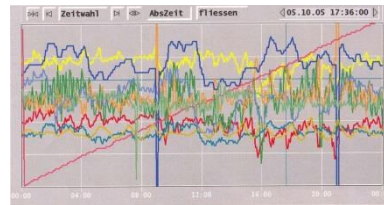
# Fluor- und Chlorgehalte im Roh- und Reingas



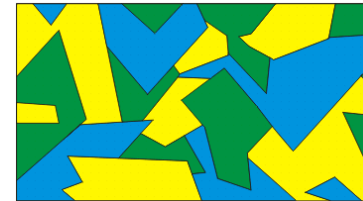
# Einflussgrößen auf die Präzision von Stoffflussanalysen

## - Betriebsparameter -

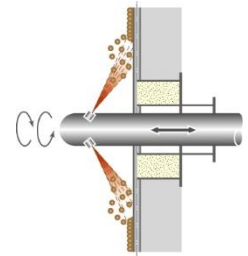
- Stationärer Betriebszustand



- Homogenität des Brennstoffs



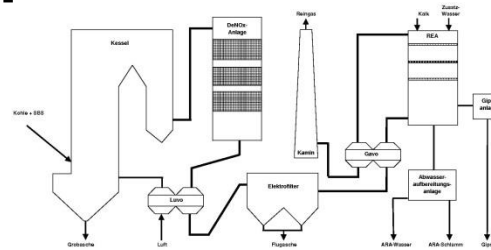
- Berücksichtigung spezieller Anlagenzustände (z.B. Rußblasen)



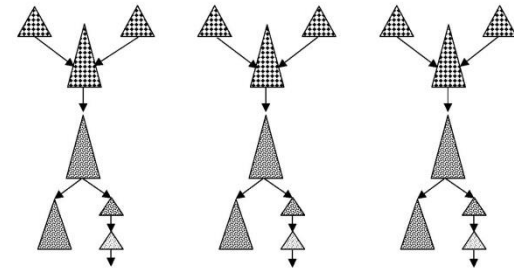
# Einflussgrößen auf die Präzision von Stoffflussanalysen

## - Messstellen- und Analysenparameter -

- Auswahl der Probenahmestellen



- Mindestumfang und Aufbereitung der Einzelproben



- Wahl geeigneter Analysenmethoden

