

Emissionsmessungen nicht regelmäßig überwachter Schadstoffe im Abgas von Großfeuerungsanlagen und Gasturbinen

Ergänzende Messungen zur Ermittlung von
Einzelparametern zur ergänzenden Berichtserstattung
über das Emissionsverhalten von Großfeuerungs- und
Gasturbinenanlagen

TEXTE 106/2022

Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3717 52 101 0
FB000813

Emissionsmessungen nicht regelmäßig überwachter Schadstoffe im Abgas von Großfeuerungsanlagen und Gasturbinen

Ergänzende Messungen zur Ermittlung von Einzelparametern zur
ergänzenden Berichtserstattung über das Emissionsverhalten von
Großfeuerungs- und Gasturbinenanlagen

von

Bernhard Thull, Chalid Tawfik, Gaylord Höß
TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Westendstraße 199, 80686 München

Unter Verwendung von zusätzlich ermittelten Messdaten durch:

ANECO Institut für Umweltschutz GmbH & Co., Wehnerstraße 1-7, 41068
Mönchengladbach

Dr. Sporenberg
Umweltschutz Meßtechnik GmbH, Heideweg 2, 02953 Bad Muskau

TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co. KG, Große Bahnstraße 31, 22525
Hamburg

TÜV Rheinland Energy GmbH, Am grauen Stein, 51105 Köln

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

Durchführung der Studie:

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Geschäftsfeld Umwelttechnik
Westendstraße 199
80686 München

Abschlussdatum:

März 2022

Redaktion:

Fachgebiet III 2.1 – Übergreifende Angelegenheiten,
Chemische Industrie, Feuerungsanlagen
Kristina Juhrich

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, September 2022

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den
Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung

Deutschland ist aufgrund verschiedener Übereinkommen (Genfer Luftreinhaltekonvention, POPs Protokoll und Schwermetallprotokoll) verpflichtet, jährlich Emissionen für rund 25 Schadstoffe an die UNECE zu berichten. Allerdings beschränkt sich die Überwachung der Emissionen in die Luft aus Großfeuerungs- und Gasturbinenanlagen in Deutschland nur auf wenige Luftschadstoffe und teilweise auf die Erhebung von Summenparametern.

Die Kenntnisse über typische Reingaskonzentrationen der Einzelparameter und/oder von weiteren Schadstoffen aus diesen Anlagen sind lückenhaft; für sie liegen kaum aktuelle und keine systematisch erhobenen Daten vor.

Es wurden abhängig vom Brennstoff (Braunkohle, Steinkohle, Erdgas) und von der Feuerungstechnik, sowie den in den Anlagen vorhandenen Abgasreinigungseinrichtungen, die Reingaskonzentrationen von Schwermetallen (Pb, Cd, As, Cr, Cu, Ni, Se, V, Zn), von persistenten organischen Stoffen, von VOC (NMVOC), PM₁₀, PM_{2.5} und von dem klimawirksamen Stoff Methan messtechnisch erhoben.

Hierzu wurden von mehreren bekanntgegebene Messstellen, die ohnehin mit der Überwachung von Feuerungs- und Gasturbinenanlagen beauftragt waren, im Rahmen dieses Forschungsvorhabens die zusätzlich notwendigen Probenahmen durchgeführt. Die Probenahme und Analyse dieser weiteren Komponenten im Rahmen von ohnehin geplanten Messungen wurden durch den TÜV SÜD koordiniert. Außerdem wurden notwendige weitere Einzelmessungen der entsprechenden Schadstoffe durch den TÜV SÜD durchgeführt.

Abstract

Germany is obliged under various conventions (Geneva Convention on Air Pollution Control, POPs Protocol and Heavy Metals Protocol) to report annual emissions of around 25 pollutants to the UNECE. However, monitoring of emissions to air from large combustion and gas turbine plants in Germany is limited to only a few air pollutants and in some cases, it is limited to the collection of sum parameters.

The knowledge about typical clean gas concentrations of individual parameters and/or of other pollutants from these plants is fragmentary; there are hardly current and no systematically collected data available.

Depending on the fuel (lignite, hard coal, natural gas) and the firing technology as well as the waste gas purification facilities in the plants, measurements were taken of the clean gas concentrations of heavy metals (Pb, Cd, As, Cr, Cu, Ni, Se, V, Zn), of persistent organic substances, of VOCs (NMVOC), PM₁₀, PM_{2.5} and of the climate-impacting substance methane.

For this purpose, the additionally required sampling was carried out within the scope of this research project by several notified test laboratories, which were in any case charged with the monitoring of combustion and gas turbine plants. The sampling and analysis of these additional components within the scope of already planned measurements were coordinated by TÜV SÜD. In addition, necessary further individual measurements of the corresponding pollutants were carried out by TÜV SÜD.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	8
Abkürzungsverzeichnis	14
Zusammenfassung	16
Summary	31
1 Einleitung und Aufgabenstellung	45
1.1 Einleitung	45
1.2 Aufgabenstellung	46
1.3 Arbeitspaket 1: Auswahl der Anlagen	46
1.4 Arbeitspaket 2	47
1.5 Arbeitspaket 2 a)	47
1.6 Arbeitspaket 2 b)	48
1.7 Arbeitspaket 3	49
1.8 Arbeitspaket 4	49
1.9 Arbeitspaket 5	50
2 Methoden und eingesetzte Messverfahren	50
2.1 Normierung	50
2.2 Sauerstoffbezug	50
2.3 Berücksichtigung der Messunsicherheit	51
2.4 Bestimmungsgrenzen	51
3 Polychlorierte Dibenzodioxine und furane (PCDD/PCDF), Polychlorierte Biphenyle (PCB), Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Indeno(1,2,3-cd)pyren, Hexachlorbenzol und Pentachlorbenzol	52
3.1 Messverfahren/VDI-Richtlinien	52
3.2 Messobjekte	52
3.3 Messplatzaufbau	52
3.4 Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/PCDF), dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle (PCB)	54
3.5 Analytische Bestimmung	54
3.6 Verfahrenskenngrößen und Maßnahmen zur Qualitätssicherung	57
4 Pentachlorbenzol (PentaCBz) und Hexachlorbenzol (HexaCBz)	57
4.1 Analytische Bestimmung	57
4.2 Verfahrenskenngrößen und Maßnahmen zur Qualitätssicherung	57

5	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK nach EPA) (incl. Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Indeno(1,2,3-cd)pyren)	58
5.1	Analytische Bestimmung	58
5.2	Verfahrenskenngrößen und Maßnahmen zur Qualitätssicherung.....	58
6	Gasförmige organische Stoffe: VOC und Methan.....	58
6.1	Messverfahren	58
6.2	Messobjekte.....	58
6.3	Messplatzaufbau.....	58
6.4	Verfahrenskenngrößen und Maßnahmen zur Qualitätssicherung.....	60
7	Ermittlung der Massenkonzentration: PM10 und PM2.5.....	61
7.1	Messverfahren	61
7.2	Messobjekte.....	61
7.3	Messplatzaufbau.....	61
7.4	Verfahrensprinzip	62
7.5	Verfahrenskenngrößen und Maßnahmen zur Qualitätssicherung.....	62
8	Ermittlung der Massenkonzentration: Gesamtstaub und Schwermetalle	63
8.1	Messverfahren	63
8.2	Messobjekte.....	63
8.3	Messplatzaufbau.....	63
8.4	Verfahrenskenngrößen und Maßnahmen zur Qualitätssicherung.....	64
9	Messtermine.....	64
10	Anlagenbeschreibung und Messergebnisse	65
11	Richtlinienverzeichnis	138

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Aufbau der Probenahmeeinrichtung PCDD/PCDF.....	53
Abbildung 2:	Aufbau der Probenahmeeinrichtung FID.....	59
Abbildung 3:	Prinzip des FID	60
Abbildung 4:	Aufbau der Probenahmeeinrichtung PM10/PM2.5	61
Abbildung 5:	Prinzip des Impaktors	62
Abbildung 6:	Aufbau der Probenahmeeinrichtung Gesamtstaub / Schwermetalle	63

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 :	Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Betriebsmesswerte	17
Tabelle 2 :	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Messwerte.....	18
Tabelle 3:	Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Betriebsmesswerte	19
Tabelle 4:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Messwerte	19
Tabelle 5:	Arbeitspaket 2b, Brennstoff Braunkohle, Betriebsmesswerte	21
Tabelle 6:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2b, Brennstoff Braunkohle, Messwerte	21
Tabelle 7:	Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Betriebsmesswerte	22
Tabelle 8:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Messwerte	23
Tabelle 9:	Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Betriebsmesswerte	23
Tabelle 10:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Messwerte	24
Tabelle 11:	Arbeitspaket 4, Brennstoff Steinkohle, Betriebsmesswerte	25
Tabelle 12:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 4, Brennstoff Steinkohle, Messwerte	25
Tabelle 13:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 4, Brennstoff Braunkohle, Betriebsmesswerte	27
Tabelle 14:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 4, Brennstoff Braunkohle, Messwerte	27
Tabelle 15:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas, Betriebsmesswerte.	28
Tabelle 16:	Ergebnisse Untersuchungen zum Arbeitspaket 5 Brennstoff Erdgas Messwerte	30
Table 17:	Results of the investigations for the work package 2a, fuel hard coal, plant measuring results	32
Table 18:	Results of the investigations for the work package 2a, fuel hard coal, measuring results	33
Table 19:	Results of the investigations for the work package 2a, fuel lignite, plant measuring results	34
Table 20:	Results of the investigations for the work package 2a, fuel lignite, measuring results	34
Table 21:	Results of the investigations for the work package 2b, fuel lignite, plant measuring results	36
Table 22:	Results of the investigations for the work package 2b, fuel lignite, measuring results	36
Table 23:	Results of the investigations for the work package 3, fuel hard coal, plant measuring results	37
Table 24:	Results of the investigations for the work package 3, fuel hard coal, measuring results	38
Table 25:	Results of the investigations for the work package 3, fuel lignite, plant measuring results	38
Table 26:	Results of the investigations for the work package 3, fuel lignite, measuring results	39

Table 27:	Results of the investigations for the work package 4, Fuel hard coal, plant measuring results	40
Table 28:	Results of the investigations for the work package 4, Fuel hard coal measuring results	40
Table 29:	Results of the investigations for the work package 4, fuel lignite, plant measuring results	42
Table 30:	Results of the investigations for the work package 4, fuel lignite, measuring results	42
Table 31:	Results of the investigations for the work package 5, fuel natural gas, plant measuring results	43
Table 32:	Results of the investigations for the work package 5, fuel natural gas, measuring results	44
Tabelle 33:	Übersicht AP1	46
Tabelle 34:	POPs	47
Tabelle 35:	Feinstaub und Schwermetalle	48
Tabelle 36:	Methan und VOC	49
Tabelle 37:	Staub und Schwermetalle	49
Tabelle 38:	Methan, VOC und POPs	50
Tabelle 39:	Messtermine zu den einzelnen Arbeitspaketen	64
Tabelle 40:	Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Anlagenbeschreibung	65
Tabelle 41:	Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Anlage 1, Betriebsmesswerte	66
Tabelle 42:	Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Anlage 2, Betriebsmesswerte	67
Tabelle 43:	Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Anlage 3, Betriebsmesswerte	67
Tabelle 44:	Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle Anlage 4, Betriebsmesswerte	68
Tabelle 45:	Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle Anlage 5, Betriebsmesswerte	69
Tabelle 46:	Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Anlage 6, Betriebsmesswerte	70
Tabelle 47:	Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Anlage 7, Betriebsmesswerte	70
Tabelle 48:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Anlage 1, Messwerte	71
Tabelle 49:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Anlage 2, Messwerte	72
Tabelle 50:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Anlage 3, Messwerte	73
Tabelle 51:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Anlage 4, Messwerte	73
Tabelle 52:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Anlage 5, Messwerte	74
Tabelle 53:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Anlage 6, Messwerte	74

Tabelle 54:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Anlage 7, Messwerte	75
Tabelle 55:	Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlagenbeschreibung	75
Tabelle 56:	Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 8, Betriebsmesswerte	76
Tabelle 57:	Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 9, Betriebsmesswerte	77
Tabelle 58:	Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 10, Betriebsmesswerte	78
Tabelle 59:	Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 11, Betriebsmesswerte	78
Tabelle 60:	Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 12, Betriebsmesswerte	79
Tabelle 61:	Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 13, Betriebsmesswerte	80
Tabelle 62:	Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 14, Betriebsmesswerte	81
Tabelle 63:	Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 15, Betriebsmesswerte	81
Tabelle 64:	Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 16, Betriebsmesswerte	82
Tabelle 65:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 8, Messwerte	83
Tabelle 66:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 9, Messwerte	83
Tabelle 67:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 10, Messwerte	84
Tabelle 68:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 11, Messwerte	85
Tabelle 69:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 12, Messwerte	85
Tabelle 70:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 13, Messwerte	86
Tabelle 71:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 14, Messwerte	86
Tabelle 72:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 15, Messwerte	87
Tabelle 73:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 16, Messwerte:	88
Tabelle 74:	Anlagen zum Arbeitspaket 2b, Brennstoff Braunkohle, Anlagenbeschreibung	88
Tabelle 75:	Arbeitspaket 2b, Brennstoff Braunkohle, Anlage 9, Betriebsmesswerte	89
Tabelle 76:	Arbeitspaket 2b, Brennstoff Braunkohle, Anlage 10, Betriebsmesswerte	89
Tabelle 77:	Arbeitspaket 2b, Brennstoff Braunkohle, Anlage 14, Betriebsmesswerte	90
Tabelle 78:	Arbeitspaket 2b, Brennstoff Braunkohle, Anlage 15, Betriebsmesswerte	91
Tabelle 79:	Arbeitspaket 2b, Brennstoff Braunkohle, Anlage 16, Betriebsmesswerte	92
Tabelle 80:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2b, Brennstoff Braunkohle, Anlage 9, Messwerte	92

Tabelle 81:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2b, Brennstoff Braunkohle, Anlage 10, Messwerte	93
Tabelle 82:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2b, Brennstoff Braunkohle, Anlage 14, Messwerte	94
Tabelle 83:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2b, Brennstoff Braunkohle, Anlage 15, Messwerte	94
Tabelle 84:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2b, Brennstoff Braunkohle, Anlage 16, Messwerte	95
Tabelle 85:	Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlagenbeschreibung.....	95
Tabelle 86:	Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlage 1, Betriebsmesswerte	96
Tabelle 87:	Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlage 2, Betriebsmesswerte	97
Tabelle 88:	Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlage 3, Betriebsmesswerte	97
Tabelle 89:	Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlage 4, Betriebsmesswerte	98
Tabelle 90:	Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlage 7, Betriebsmesswerte	99
Tabelle 91:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlage 1, Messwerte	100
Tabelle 92:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlage 2, Messwerte	100
Tabelle 93:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlage 3, Messwerte	101
Tabelle 94:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlage 4, Messwerte	101
Tabelle 95:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlage 7, Messwerte	101
Tabelle 96:	Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Anlagenbeschreibung	102
Tabelle 97:	Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Anlage 8, Betriebsmesswerte	102
Tabelle 98:	Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Anlage 9, Betriebsmesswerte	103
Tabelle 99:	Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Anlage 11, Betriebsmesswerte	104
Tabelle 100:	Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Anlage 12, Betriebsmesswerte	105
Tabelle 101:	Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Anlage 13, Betriebsmesswerte	105
Tabelle 102:	Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Anlage 17, Betriebsmesswerte	106
Tabelle 103:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Anlage 8, Messwerte	107
Tabelle 104:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Anlage 9, Messwerte	107
Tabelle 105:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Anlage 11, Messwerte	108
Tabelle 106:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Anlage 12, Messwerte	108

Tabelle 107:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Anlage 13, Messwerte	108
Tabelle 108:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Anlage 17, Messwerte	109
Tabelle 109:	Arbeitspaket 4, Brennstoff Steinkohle, Anlagendaten	109
Tabelle 110:	Arbeitspaket 4, Brennstoff Steinkohle, Anlage 1, Betriebsmesswerte	110
Tabelle 111:	Arbeitspaket 4, Brennstoff Steinkohle, Anlage 2, Betriebsmesswerte	111
Tabelle 112:	Arbeitspaket 4, Brennstoff Steinkohle, Anlage 3, Betriebsmesswerte	111
Tabelle 113:	Arbeitspaket 4, Brennstoff Steinkohle, Anlage 4, Betriebsmesswerte	112
Tabelle 114:	Arbeitspaket 4, Brennstoff Steinkohle, Anlage 7, Betriebsmesswerte	113
Tabelle 115:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 4, Brennstoff Steinkohle, Anlage 1, Messwerte	114
Tabelle 116:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 4, Brennstoff Steinkohle, Anlage 2, Messwerte	115
Tabelle 117:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlage 3, Messwerte	116
Tabelle 118:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlage 4, Messwerte	117
Tabelle 119:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlage 7, Messwerte	118
Tabelle 120:	Arbeitspaket 4, Brennstoff Braunkohle, Anlagenbeschreibung	119
Tabelle 121:	Arbeitspaket 4, Brennstoff Braunkohle, Anlage 8, Betriebsmesswerte	119
Tabelle 122:	Arbeitspaket 4, Brennstoff Braunkohle, Anlage 11, Betriebsmesswerte	120
Tabelle 123:	Arbeitspaket 4, Brennstoff Braunkohle, Anlage 12, Betriebsmesswerte	121
Tabelle 124:	Arbeitspaket 4, Brennstoff Braunkohle, Anlage 13, Betriebsmesswerte	121
Tabelle 125:	Arbeitspaket 4, Brennstoff Braunkohle, Anlage 17, Betriebsmesswerte	122
Tabelle 126:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 4, Brennstoff Braunkohle, Anlage 8, Messwerte	123
Tabelle 127:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 4, Brennstoff Braunkohle, Anlage 11, Messwerte	124
Tabelle 128:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 4, Brennstoff Braunkohle, Anlage 12, Messwerte	125
Tabelle 129:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 4, Brennstoff Braunkohle, Anlage 13, Messwerte	126
Tabelle 130:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 4, Brennstoff Braunkohle, Anlage 17, Messwerte	127
Tabelle 131:	Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas, Anlagenbeschreibung	128
Tabelle 132:	Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas, Anlagenbeschreibung	128

Tabelle 133:	Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas, Anlage 18, Betriebsmesswerte.....	128
Tabelle 134:	Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas, Anlage 19, Betriebsmesswerte.....	129
Tabelle 135:	Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas, Anlage 20, Betriebsmesswerte.....	130
Tabelle 136:	Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas, Anlage 21, Betriebsmesswerte.....	130
Tabelle 137:	Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas, Anlage 22, Betriebsmesswerte.....	131
Tabelle 138:	Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas, Anlage 23, Betriebsmesswerte.....	132
Tabelle 139:	Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas, Anlage 24, Betriebsmesswerte.....	132
Tabelle 140:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas; Anlage 18, Messwerte	133
Tabelle 141:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas; Anlage 19, Messwerte	133
Tabelle 142:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas; Anlage 20, Messwerte	135
Tabelle 143:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas; Anlage 21, Messwerte	135
Tabelle 144:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas; Anlage 22, Messwerte	136
Tabelle 145:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas; Anlage 23, Messwerte	136
Tabelle 146:	Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas; Anlage 24, Messwerte	137

Abkürzungsverzeichnis

AMS	Automatische Messeinrichtung
As	Arsen
BaP	Benzo-(a)-pyren
BbF	Benzo-(b)-fluoranthren
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
BG	Bestimmungsgrenze
BkF	Benzo-(k)-fluoranthren
I123P	Indeno-1-2-3-cd-pyren
Cd	Cadmium
CO	Kohlenmonoxid
Cr	Chrom
Cu	Kupfer
ELV	Emission Limit Value (Emissionsgrenzwert)
FID	Flammenionisationsdetektor
FWL	Feuerungswärmeleistung
GC/ MS	Kopplung eines Gas-Chromatographiegerätes (GC) mit einem Massenspektrometer (MS)
GC/ HRMS	Kopplung eines Gas-Chromatographiegerätes (GC) mit einem hochauflösendem Massenspektrometer (High Resolution MS)
HRGC/ HRMS	Kopplung eines hochauflösenden Gas-Chromatographiegerätes (High Resolution GC) mit einem hochauflösendem Massenspektrometer (High Resolution MS)
HCB	Hexachlorbenzol
HCl	Chlorwasserstoff
IED	Industrial Emissions Directive
MCP	Medium Combustion Plants (Directive)
Mn	Mangan
Ni	Nickel
NMVOC	Non-Methane Volatile Organic Compounds
NO ₂	Stickstoffdioxid
O ₂	Sauerstoff
Pb	Blei
PCB	Polychlorierte Biphenyle (nach WHO)
PCDD	Polychlorierte Dibenzodioxine

PCDF	Polychlorierte Dibenzofurane
PeCB	Pentachlorbenzol
PM 2.5	Feinstaub mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner als 2.5 Mikrometer
PM 10	Feinstaub mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner als 10 Mikrometer
POP	persistente organische Schadstoffe (persistent organic pollutants)
Sb	Antimon
Se	Selen
SO ₂	Schwefeldioxid
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
TEF	Toxizitätsäquivalentfaktoren
TEQ	Toxizitätsäquivalent
Ti	Titan
TÜV	Technischer Überwachungsverein
TVOC	Total Volatile Organic Compounds
V	Vanadium
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VOC	Volatile Organic Compounds
WHO	World Health Organization
XAD2	XAD2 ist ein hydrophobes organisches poröses Polymer, dient als Sorptionsmittel und besteht aus Styrol-Divinylbenzol-Harz
Zn	Zink

Zusammenfassung

Deutschland ist unter dem Kyoto-Protokoll und der Klimarahmenkonvention verpflichtet, im Rahmen eines Inventarberichtes jährlich über seine nationalen Treibhausgas-Emissionen zu berichten.

Zu diesem Zweck werden brennstoffspezifische Emissionsfaktoren für insgesamt 25 verschiedene Schadstoffe benötigt. Allerdings beschränkt sich die Überwachung der Emissionen in die Luft aus Großfeuerungs- und Gasturbinenanlagen in Deutschland nur auf wenige Luftschadstoffe und teilweise auf die Erhebung von Summenparametern. Die Kenntnisse über typische Reingaskonzentrationen der Einzelparameter und/oder von weiteren Schadstoffen aus diesen Anlagen sind lückenhaft; für sie liegen keine aktuellen und systematisch erhobenen Daten vor. Von daher wurden im Rahmen dieses Projektes einzelstoffbezogene Reingaskonzentrationen von Schwermetallen (Pb, Cd, As, Cr, Cu, Ni, Se, V, Zn), von persistenten organischen Stoffen (Dioxine und Furane, Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Indeno (1,2,3-cd)pyrene, Hexachlorbenzol und PCBs, sowie von NMVOC messtechnisch erhoben.

Der Messumfang wurde Komponenten- und anlagenspezifisch in 5 Arbeitspakete aufgeteilt:

Es wurde, aus dem deutschen Anlagenpark eine repräsentative Auswahl an Großfeuerungsanlagen getroffen, die nach 13. oder 17. BImSchV genehmigt sind. Bei der Auswahl wurden folgende Kriterien beachtet. Bezüglich der Braunkohlen wurden Anlagen aus den 3 Revieren Lausitz, Mitteldeutschland und Rheinland ausgewählt. Für die Steinkohlen wurden jeweils Staubfeuerungen mit trockenem und flüssigem Ascheabzug ausgewählt. Da insgesamt die Staubfeuerungen überwiegen lag bei diesen Anlagen der Schwerpunkt. Bezüglich des Brennstoffes Erdgas wurden vier Kesselfeuerung und drei Gasturbinen ausgewählt. Generell sollten die Anlagen für den Deutschen Anlagenpark repräsentativ sein und es wurden keine atypischen Sonderfälle betrachtet.

Die Auswahl der Anlagen erfolgte in Zusammenarbeit zwischen dem BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. und dem Umweltbundesamt.

Die Messkampagnen umfassten arbeitspaketspezifisch folgende Schadstoffe:

Dioxine / Furane (PCDD/F)
Polychlorierte Biphenyle (PCBs) (Angabe als WHO TEQ)
Hexachlorbenzol (HexaCBz)
Pentachlorbenzol (PeCBz)
Benzo(a)pyren (BaP)
Benzo(b)fluoranthren (BbF)
Benzo(k)fluoranthren (BkF)
Indeno(1,2,3-cd)pyren (I123P)
Feinstaub mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner als 10 Mikrometer (PM 10)
Feinstaub mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner als 2,5 Mikrometer (PM 2.5)
Arsen (As)
Blei (Pb)
Cadmium (Cd)
Chrom (Cr)
Kupfer (Cu)
Nickel (Ni)
Selen (Se)
Vanadium (V)
Zink (Zn)
Methan (CH₄)
Flüchtige organische Verbindungen „volatile organic compounds“ (VOC)

Im Folgenden werden die ausgewählten Anlagen dargestellt und den Ergebnissen der Emissionsmessungen gegenübergestellt.

Die Tabellen fassen die Ergebnisse der Einzelmessungen zusammen. Dargestellt werden jeweils Minimum, Maximum, Mittelwert und Median der durchgeführten Einzelmessungen. Die Betriebswerte einer Spalte stellen nicht jeweils eine Wertemenge für einen Betriebspunkt oder eine Betriebszeit dar. So treten die höchsten Emissionen nicht zwangsläufig bei der höchsten Feuerungswärmeleistung und auch nicht zwangsweise bei höchster Abgasfeuchte oder dem höchsten O₂-Gehalt. Da auf Grundlage der Messwerte Emissionsfaktoren für die Erstellung nationaler Inventare berechnet werden, werden die normierten Messwerte angegeben. Die Messunsicherheit wird nicht abgezogen oder dazu addiert. Bei Werten, die unterhalb der Bestimmungsgrenze lagen, ist die halbe Bestimmungsgrenze angegeben. Diese Werte sind in roter Schrift gekennzeichnet.

Tabelle 1 : Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Betriebsmesswerte

Komponente		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median
Betriebsbedingungen					
FWL	MW	180	2.100	1.116	1.421
elektr. Leistung	MW	48	839	470	639
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m ³ /h	251.268	2.438.200	1.492.163	1.917.030
Abgastemperatur	°C	54	142	81	81
Abgasfeuchte	Vol. %	10	15	13	14
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine	keine
Emissionen					
O ₂	Vol. %	3,8	8,1	5,7	4,6
NO ₂	mg/m ³	51,5	198,4	137,8	157,2
SO ₂	mg/m ³	29,5	207,2	121,4	138,5
HCl	mg/m ³	2,9	3,4	3,2	3,2
CO	mg/m ³	3,2	40,2	8,3	5,8
Gesamtstaub	mg/m ³	0,1	6,4	2,4	1,5

Tabelle 2 : Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Messwerte

Komponente		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median
Dioxine / Furane	ng/m ³	0,0004	0,0010	0,0006	0,001
Polychlorierte Biphenyle	ng/m ³	0,0001	0,0003	0,0002	0,000
Hexachlorbenzol	µg/m ³	0,0006	0,0500	0,0191	0,005
Pentachlorbenzol	µg/m ³	0,0006	0,0500	0,0190	0,005
Benzo(a)pyren	µg/m ³	0,0005	0,1000	0,0222	0,010
Benzo(b)fluoranthren	µg/m ³	0,0007	0,1000	0,0260	0,010
Benzo(k)fluoranthren	µg/m ³	0,0006	0,1000	0,0259	0,010
Indeno(1,2,3=cd)pyrene	µg/m ³	0,0006	0,1000	0,0259	0,010
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	278	368	337	346

Zusammenfassend gibt es folgende Anmerkungen:

- ▶ An keiner der Steinkohlebefeuerten Kraftwerksanlagen wurden POP Konzentrationen ermittelt, die die ELVs deutscher oder europäischen Richtlinien erreichen oder übersteigen (z.B. IE-Richtlinie, MCP, TA-Luft und 13. BImSchV)
- ▶ Viele der Mess- und Analysenergebnisse liegen unterhalb der Bestimmungsgrenze. Diese Ergebnisse wurden in den Tabellen mit 50% der BG wiedergegeben. Auch die Anreicherung der Konzentrationen über einen Zeitraum von 6 Stunden bei den POPs führte nicht zu Konzentrationen, die über der Bestimmungsgrenze liegen.
- ▶ Eine Besonderheit in der Bewertung der Ergebnisse ergibt sich aus der Ermittlung der Messergebnisse durch unterschiedliche Messstellen, von denen man jedoch aufgrund der Akkreditierung nach DIN EN ISO 17025 ein einheitliches Vorgehen in der Probenahme erwarten kann. Es ergeben sich jedoch wesentliche Variationen in den Ergebnissen, durch die unterschiedlichen Nachweis- und Bestimmungsgrenzen, die von den analytischen Laboren zu den einzelnen Proben angegeben werden.
- ▶ Durch diese Besonderheit der Unterschiede in der analytischen Genauigkeit einzelner Prüflabore kommt es dazu, dass aufgrund der Angaben zur Bestimmungsgrenze eines Labors der Maximalwert der Komponente unterhalb von 50% der Bestimmungsgrenze liegt, während der Mittelwert gültige Messergebnisse eines Labors mit einer geringeren Bestimmungsgrenze enthält.
- ▶ Aus diesem Sachverhalt erklärt sich ein schwarz markierter Mittelwert und ein rot markierter Maximalwert in der Tabelle.
- ▶ Die Messergebnisse bewegen sich im Wesentlichen unterhalb der Bestimmungsgrenze und werden hier mit 50% der Bestimmungsgrenze wiedergegeben.

- Werte oberhalb der Bestimmungsgrenze des analysierenden Labors wurden lediglich an Anlage 7 bei den Einzelmessungen 1 und 2 von 3 bei der Analyse der Komponente Hexachlorbenzol und bei der Einzelmessung 2 für die Komponente Benzo(b)fluoranthen bestimmt.

Tabelle 3: Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Betriebsmesswerte

Komponente		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median
Betriebsbedingungen					
FWL	MW	192	2.800	1.513	1.702
elektr. Leistung	MW	77	1.110	571	645
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	274.522	3.953.680	2.082.108	1.690.000
Abgastemperatur	°C	61	166	80	66
Abgasfeuchte	Vol. %	9	29	22	24
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine	keine
Emissionen					
O ₂	Vol. %	2,9	8,9	5,4	5,4
NO ₂	mg/m³	126,8	209,2	167,6	167,9
SO ₂	mg/m³	0,8	231,6	80,5	58,8
HCl	mg/m³	-	-	-	-
CO	mg/m³	1,0	180,8	65,1	31,0
Gesamtstaub	mg/m³	0,1	7,5	3,5	3,3

Tabelle 4: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Messwerte

Komponente		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median
Dioxine / Furane	ng/m³	0,0003	0,0009	0,0006	0,0006
Polychlorierte Biphenyle	ng/m³	0,0001	0,0006	0,0002	0,0001
Hexachlorbenzol	µg/m³	0,0004	0,0018	0,0009	0,0009
Pentachlorbenzol	µg/m³	0,0005	0,0029	0,0011	0,0009

Benzo(a)pyren	µg/m ³	0,0004	0,0023	0,0008	0,0006
Benzo(b)fluoranthen	µg/m ³	0,0004	0,0177	0,0022	0,0007
Benzo(k)fluoranthen	µg/m ³	0,0005	0,0041	0,0011	0,0009
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	µg/m ³	0,0004	0,0022	0,0008	0,0006
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	392	601	442	417

Zusammenfassend gibt es folgende Anmerkungen:

- ▶ An keiner der Braunkohlebefeuerten Kraftwerksanlagen wurden POP Konzentrationen ermittelt, die die ELVs deutscher oder europäischen Richtlinien erreichen oder übersteigen (z.B. IE-Richtlinie, MCP, TA-Luft und 13. BImSchV)
- ▶ Viele der Mess- und Analysenergebnisse liegen unterhalb der Bestimmungsgrenze. Diese Ergebnisse wurden in den Tabellen mit 50% der BG wiedergegeben. Auch die Anreicherung der Konzentrationen über einen Zeitraum von 6 Stunden bei den POPs führte nicht zu Konzentrationen, die über der Bestimmungsgrenze liegen.
- ▶ Eine Besonderheit in der Bewertung der Ergebnisse ergibt sich einerseits aus der Ermittlung der Messergebnisse durch unterschiedliche Messstellen, von denen man jedoch aufgrund der Akkreditierung nach DIN EN ISO 17025, ein einheitliches Vorgehen in der Probenahme erwarten kann. Es ergeben sich wesentliche Variationen in den Ergebnissen, durch die unterschiedlichen Nachweis- und Bestimmungsgrenzen, die von den Laboren in der Analytik der Proben angegeben werden.
 - Durch diese Besonderheit der Analytik kommt es dazu, dass aufgrund der Angaben zur Bestimmungsgrenze eines Labors der Maximalwert der Komponente unterhalb von 50% der Bestimmungsgrenze liegt, während der Mittelwert gültige Messergebnisse eines Labors mit einer geringeren Nachweisgrenze enthält.
 - Aus diesem Sachverhalt erklärt sich ein schwarz markierter Mittelwert und ein rot markierter Maximalwert in der Tabelle.
- ▶ Die Messergebnisse bewegen sich im Wesentlichen unterhalb der Bestimmungsgrenze und werden hier mit 50% der Bestimmungsgrenze wiedergegeben.
- ▶ Werte oberhalb der Bestimmungsgrenze des analysierenden Labors wurden lediglich an Anlage 9 bei den Einzelmessungen 1, 2 und 3 bei der Analyse der Komponente Pentachlorbenzol und bei der Einzelmessung 1 für die Komponente Benzo(a)pyren bestimmt.
- ▶ Die Analysenergebnisse für Hexachlorbenzol, Pentachlorbenzol, Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen und Indeno(1,2,3-cd)pyrene bestimmt an Anlage 10 wurden nicht in diese Betrachtung aufgenommen, da die Bestimmungsgrenzen des Labors für diese Komponenten von den Bestimmungsgrenzen der anderen involvierten Labore um mehrere 10er Potenzen nach oben abweicht.

Tabelle 5: Arbeitspaket 2b, Brennstoff Braunkohle, Betriebsmesswerte

Komponente		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median
Betriebsbedingungen					
FWL	MW	1.068	2.000	1.615	1.880
elektr. Leistung	MW	361	805	600	700
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	1.016.000	3.953.680	2.429.019	2.506.300
Abgastemperatur	°C	65	107	75	68
Abgasfeuchte	Vol. %	16	29	25	26
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine	keine
Emissionen					
O ₂	Vol. %	2,9	8,9	5,7	5,3
NO ₂	mg/m³	123,7	210,2	175,6	192,3
SO ₂	mg/m³	20,3	248,2	111,6	93,1
HCl	mg/m³	-	-	-	-
CO	mg/m³	4,0	197,7	88,2	116,5
Gesamtstaub	mg/m³	1,4	7,5	3,5	2,9

Tabelle 6: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2b, Brennstoff Braunkohle, Messwerte

Komponente		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median
Blei	mg/m³	0,0013	0,0432	0,0088	0,0046
Cadmium	mg/m³	0,0000	0,0013	0,0005	0,0003
Arsen	mg/m³	0,0005	0,0037	0,0011	0,0008
Chrom	mg/m³	0,0002	0,0517	0,0069	0,0008
Kupfer	mg/m³	0,0006	0,0192	0,0053	0,0030

Nickel	mg/m ³	0,0009	0,0079	0,0028	0,0024
Selen	mg/m ³	0,0002	0,0297	0,0048	0,0011
Vanadium	mg/m ³	0,0002	0,0037	0,0009	0,0006
Zink	mg/m ³	0,0089	0,0539	0,0214	0,0191
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	416	601	460	418

Zusammenfassend gibt es folgende Anmerkungen:

- An keiner der Braunkohlebefeuerten Kraftwerksanlagen wurden Schwermetall-Konzentrationen ermittelt, die die ELVs deutscher oder europäischen Richtlinien erreichen oder übersteigen (z.B. IE-Richtlinie, MCP, TA-Luft und 13. BImSchV)
- Alle Mess- und Analysenergebnisse liegen oberhalb der Bestimmungsgrenze.
- Es ergeben sich bei den Schwermetallen nur unwesentliche Variationen in den Ergebnissen der involvierten Labore da es sich bei der Bestimmung um eine Standardanalyse der Labore handelt.
- Die Messergebnisse bewegen sich in der Bandbreite, in der diese Komponenten auch an anderen Anlagen bestimmt wurden.

Tabelle 7: Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Betriebsmesswerte

Komponente		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median
Betriebsbedingungen					
FWL	MW	455	1.718	1.219	1.354
elektr. Leistung	MW	182	748	521	617
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m ³ /h	917.400	2.438.200	1.976.417	2.156.101
Abgastemperatur	°C	52	142	80	55
Abgasfeuchte	Vol. %	10	15	12	13
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine	keine
Emissionen					
O ₂	Vol. %	4,0	9,7	5,4	4,5
NO ₂	mg/m ³	60,2	266,9	143,6	170,7
SO ₂	mg/m ³	49,8	480,8	130,3	100,4

HCl	mg/m ³	3,2	3,2	3,2	3,2
CO	mg/m ³	3,1	58,5	14,0	9,0
Gesamtstaub	mg/m ³	0,1	5,4	1,8	1,5

Tabelle 8: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Messwerte

Komponente		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median
Methan	mg/m ³	0,2	5,3	0,6	0,2
VOC	mg/m ³	0,3	6,5	0,9	0,3
NM VOC	mg/m ³	0,3	1,2	0,5	0,3
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	317	368	347	354

Zusammenfassend gibt es folgende Anmerkungen:

- ▶ An keiner der Steinkohlebefeuerten Kraftwerksanlagen wurden VOC-Konzentrationen ermittelt, die die ELVs deutscher oder europäischen Richtlinien erreichen oder übersteigen (z.B. IE-Richtlinie, MCP, TA-Luft und 13. BImSchV)
- ▶ Die Richtlinie VDI 3481 Blatt 4 beschreibt das automatische Messverfahren zur gleichzeitigen, kontinuierlichen Bestimmung der Emissionen des gesamten gasförmigen organisch gebundenen Kohlenstoffs ("Gesamt-C") und des Methan-Anteils ("Methan-C") im Rauchgas mittels des Flammenionisationsdetektor (FID). Aus der Differenz der beiden Messgrößen ergibt sich die Messgröße "Gesamt-C ohne Methan-C Anteil", also die Summe der Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe.
 - Die Restorganik der staubförmigen Komponenten im Rauchgas wird bei diesem, in der Emissionsüberwachung üblicherweise eingesetzten Messverfahren, nicht berücksichtigt.
- ▶ Die Messergebnisse bewegen sich in der Bandbreite, in der diese Komponenten auch an anderen Anlagen, mit gleichen Brennstoffen, bestimmt wurden.

Tabelle 9: Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Betriebsmesswerte

Komponente		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median
Betriebsbedingungen					
FWL	MW	178,0	2.800	1.339	1.160
elektr. Leistung	MW	71,2	1.107	523	485
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m ³ /h	294.350	3.430.000	1.819.510	1.669.512
Abgastemperatur	°C	66,0	160,5	82,8	68,3

Abgasfeuchte	Vol. %	11,0	30,4	24,9	27,2
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine	keine
Emissionen					
O ₂	Vol. %	3,4	6,7	5,0	5,1
NO ₂	mg/m ³	99,3	219,2	159,9	166,4
SO ₂	mg/m ³	3,6	248,0	103,4	89,2
HCl	mg/m ³	-	-	-	-
CO	mg/m ³	1,0	122,1	38,0	24,6
Gesamtstaub	mg/m ³	0,5	10,4	5,1	5,3

Tabelle 10: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Messwerte

Komponente		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median
Methan	mg/m ³	0,2	0,4	0,3	0,2
VOC	mg/m ³	0,2	1,5	0,5	0,3
NM VOC	mg/m ³	0,3	1,3	0,4	0,3
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	356	480	415	404

Zusammenfassend gibt es folgende Anmerkungen:

- ▶ An keiner der Braunkohlebefeuerten Kraftwerksanlagen wurden VOC-Konzentrationen ermittelt, die die ELVs deutscher oder europäischen Richtlinien erreichen oder übersteigen (z.B. IE-Richtlinie, MCP, TA-Luft und 13. BImSchV)
- ▶ Die Richtlinie VDI 3481 Blatt 4 beschreibt das automatische Messverfahren zur gleichzeitigen, kontinuierlichen Bestimmung der Emissionen des gesamten gasförmigen organisch gebundenen Kohlenstoffs ("Gesamt-C") und des Methan-Anteils ("Methan-C") im Rauchgas mittels des Flammenionisationsdetektor (FID). Aus der Differenz der beiden Messgrößen ergibt sich die Messgröße "Gesamt-C ohne Methan-C Anteil", also die Summe der Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe.
 - Die Restorganik der staubförmigen Komponenten im Rauchgas wird bei diesem, in der Emissionsüberwachung üblicherweise eingesetzten Messverfahren, nicht berücksichtigt.
- ▶ Die Messergebnisse bewegen sich in der Bandbreite, in der diese Komponenten auch an anderen Anlagen, mit gleichen Brennstoffen, bestimmt wurden.

Tabelle 11: Arbeitspaket 4, Brennstoff Steinkohle, Betriebsmesswerte

Komponente		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median
Betriebsbedingungen					
FWL	MW	518	1.540	1.076	1.166
elektr. Leistung	MW	208	749	512	540
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m ³ /h	976.500	2.404.000	1.862.180	1.978.100
Abgastemperatur	°C	54	142	80	55
Abgasfeuchte	Vol. %	10	15	13	14
Abweichung von genehmigter Betriebsweise	-	keine	keine	keine	keine
Emissionen					
O ₂	Vol. %	4,0	9,3	5,4	4,5
NO ₂	mg/m ³	56,4	222,6	138,0	170,4
SO ₂	mg/m ³	28,6	168,8	99,4	99,8
HCl	mg/m ³	2,9	3,9	3,3	3,2
CO	mg/m ³	4,0	22,8	10,3	7,3
Gesamtstaub	mg/m ³	0,1	7,1	2,1	1,5

Tabelle 12: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 4, Brennstoff Steinkohle, Messwerte

Komponente		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median
PM10	mg/m ³	0,46	11,00	3,61	1,95
PM2.5	mg/m ³	0,18	5,20	1,90	1,35
Blei	mg/m ³	0,0001	0,0125	0,0022	0,0003
Cadmium	mg/m ³	0,0001	0,0008	0,0002	0,0001
Arsen	mg/m ³	0,0001	0,0227	0,0036	0,0001
Chrom	mg/m ³	0,0003	0,0039	0,0012	0,0007
Kupfer	mg/m ³	0,0002	0,0042	0,0020	0,0020

Nickel	mg/m ³	0,0003	0,0150	0,0037	0,0009
Selen	mg/m ³	0,0010	0,0310	0,0110	0,0069
Vanadium	mg/m ³	0,0001	0,0051	0,0010	0,0001
Zink	mg/m ³	0,0030	0,0202	0,0099	0,0079
Gesamtstaub ¹	mg/m ³	1,42	7,94	5,33	6,26
Spezifisches Rauchgasvolumen ¹	m ³ /GJ	317	368	347	354

¹Dieser Wert stammt aus der kontinuierlichen Messung unter Berücksichtigung der Vorgaben der 13.BImSchV.

Zusammenfassend gibt es folgende Anmerkungen:

- ▶ An keiner der Steinkohlebefeuerten Kraftwerksanlagen wurden Gesamt-Staub und Schwermetall-Konzentrationen ermittelt, die die ELVs deutscher oder europäischen Richtlinien erreichen oder übersteigen (z.B. IED Richtlinie, MCP, TA-Luft und 13. BImSchV)
- ▶ Die Richtlinie VDI 2066 Blatt 10 beschreibt das diskontinuierliche Messverfahren zur Messung der Emissionen von PM₁₀ und PM_{2,5} an geführten Quellen nach dem Impaktionsverfahren. Das Verfahren beruht auf dem Prinzip der Impaktion. Während der Probenahme wird die Partikelfraktion in drei Gruppen mit aerodynamischen Durchmessern größer 10 µm, zwischen 10 µm und 2,5 µm und kleiner 2,5 µm geteilt. Die Fraktion mit aerodynamischen Durchmessern größer 10 µm wird bei der Auswertung gemäß VDI2066 Blatt 10 nicht berücksichtigt.
- ▶ Die das Verhältnis der angegebene Gesamtstaubkonzentration zu den PM₁₀ und PM_{2.5} Messungen, das aus den Messwerten der kontinuierlichen Emissionsmessung des Betreibers zeitgleich zu den Impaktormessungen ermittelt wurde, entspricht weitestgehend nicht den Erwartungswerten. Es wurde davon ausgegangen, dass der wesentliche Teil der Staubemissionen Feinstaub ist. Die hier vorliegenden Ergebnisse bestätigen diese Annahme nur teilweise und zeigen ein deutlich differenzierteres Bild als zu erwarten war.
- ▶ Die an der Anlage 7 ermittelten Messergebnisse, für die Gesamtstaubkonzentration und den PM_{10/2,5} Anteil, sind nicht kohärent. Die mittels der betriebseigenen kontinuierlichen Messeinrichtung ermittelte Gesamtstaubkonzentration ist geringer als die Summenkonzentration der Einzelmessung von PM_{10/2,5}. Die Ergebnisse sind unter Beachtung der jeweils Verfahrensbedingten Messunsicherheiten noch im plausiblen Bereich, sind jedoch für die Verteilungsauswertung in Bezug auf den Gesamtstaub nicht verwertbar.
- ▶ Die Messergebnisse zu den Schwermetallanteilen am Gesamtstaub bewegen sich in der Bandbreite, in der diese Komponenten auch an anderen Anlagen, mit gleichen Brennstoffen, bestimmt wurden.

Tabelle 13: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 4, Brennstoff Braunkohle, Betriebsmesswerte

Komponente		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median
Betriebsbedingungen					
FWL	MW	179	2.800	1.275	945
elektr. Leistung	MW	72	1.062	475	378
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	294.350	3.430.000	1.703.401	1.295.100
Abgastemperatur	°C	65	161	86	68
Abgasfeuchte	Vol. %	11	30	25	29
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine	keine
Emissionen					
O ₂	Vol. %	3,2	6,5	5,0	5,0
NO ₂	mg/m³	141,0	181,2	164,8	165,7
SO ₂	mg/m³	3,1	201,0	63,4	69,0
HCl	mg/m³	-	-	-	-
CO	mg/m³	1,0	138,8	29,7	17,4
Gesamtstaub	mg/m³	0,5	10,3	5,8	6,5

Tabelle 14: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 4, Brennstoff Braunkohle, Messwerte

Komponente		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median
PM10	mg/m³	0,21	0,40	0,33	0,36
PM2.5	mg/m³	0,10	0,21	0,14	0,15
Blei	mg/m³	0,0003	0,5544	0,0377	0,0008
Cadmium	mg/m³	0,0001	0,1357	0,0102	0,0001
Arsen	mg/m³	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001
Chrom	mg/m³	0,0001	0,0092	0,0013	0,0005

Kupfer	mg/m ³	0,0002	0,0053	0,0015	0,0008
Nickel	mg/m ³	0,0002	0,0050	0,0012	0,0006
Selen	mg/m ³	0,0002	0,0099	0,0019	0,0011
Vanadium	mg/m ³	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001
Zink	mg/m ³	0,0007	0,0494	0,0119	0,0067
Gesamtstaub ¹	mg/m ³	0,25	6,80	2,11	0,93
Spezifisches Rauchgasvolumen ¹	m ³ /GJ	341	480	404	403

¹Dieser Wert stammt aus der kontinuierlichen Messung unter Berücksichtigung der Vorgaben der 13. BImSchV.

Zusammenfassend gibt es folgende Anmerkungen:

- An keiner der Braunkohlebefeuernden Kraftwerksanlagen wurden Gesamt-Staub und Schwermetall-Konzentrationen ermittelt, die die ELVs deutscher oder europäischen Richtlinien erreichen oder übersteigen (z.B. IED Richtlinie, MCP, TA-Luft und 13. BImSchV)
- Die Richtlinie VDI 2066 Blatt 10 beschreibt das diskontinuierliche Messverfahren zur Messung der Emissionen von PM₁₀ und PM_{2,5} an geführten Quellen nach dem Impaktionsverfahren. Das Verfahren beruht auf dem Prinzip der Impaktion. Während der Probenahme wird die Partikelfraktion in drei Gruppen mit aerodynamischen Durchmessern größer 10 µm, zwischen 10 µm und 2,5 µm und kleiner 2,5 µm geteilt. Die Fraktion mit aerodynamischen Durchmessern größer 10 µm wird bei der Auswertung gemäß VDI 2066 Blatt 10 nicht berücksichtigt.
Sowohl die gefundene Gesamtstaubkonzentration, die aus den Messwerten der kontinuierlichen Emissionsmessung des Betreibers zeitgleich zu den Impaktormessungen ermittelt wurde, als auch die PM_{2,5} und PM₁₀ Konzentrationen bewegen sich im Bereich der Nachweisgrenze. Die Werte werden mit 50% BG angegeben.
- Die Messergebnisse zu den Schwermetallanteilen am Gesamtstaub bewegen sich in der Bandbreite, in der diese Komponenten auch an anderen Anlagen, mit gleichen Brennstoffen, bestimmt wurden.

Tabelle 15: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas, Betriebsmesswerte

Komponente		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median
Betriebsbedingungen					
FWL	MW	3	214	86	96
elektr. Leistung	MW	0	61	41	46
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m ³ /h	3.650	734.000	247.721	236.500
Abgastemperatur	°C	91	443	175	133

Abgasfeuchte	Vol. %	6	17	12	14
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine	keine
Emissionen					
O ₂	Vol. %	2,6	16,6	10,4	13,5
NO ₂	mg/m ³	1,1	78,8	39,5	39,5
CO	mg/m ³	0,4	63,9	18,8	13,1

Tabelle 16: Ergebnisse Untersuchungen zum Arbeitspaket 5 Brennstoff Erdgas Messwerte

Komponente		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median
Methan	mg/m ³	0,2	11,2	2,3	0,2
VOC	mg/m ³	0,3	14,6	3,7	0,3
NMVOC	mg/m ³	0,3	5,3	1,7	0,3
Benzo(a)pyren	µg/m ³	0,0005	0,0070	0,0033	0,0025
Benzo(b)fluoranthen	µg/m ³	0,0005	0,0070	0,0033	0,0025
Benzo(k)fluoranthen	µg/m ³	0,0005	0,0070	0,0033	0,0025
Indeno(1,2,3 cd)pyren	µg/m ³	0,0005	0,0070	0,0033	0,0025
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	312	859	537	384

Zusammenfassend gibt es folgende Anmerkungen:

- ▶ An keiner der Erdgasbefeuerten Kraftwerksanlagen wurden VOC-Konzentrationen ermittelt, die die ELVs deutscher oder europäischen Richtlinien erreichen oder übersteigen (z.B. IE-Richtlinie, MCP, TA-Luft und 13. BImSchV)
- ▶ Die Richtlinie VDI 3481 Blatt 4 beschreibt das automatische Messverfahren zur gleichzeitigen, kontinuierlichen Bestimmung der Emissionen des gesamten gasförmigen organisch gebundenen Kohlenstoffs ("Gesamt-C") und des Methan-Anteils ("Methan-C") im Rauchgas mittels des Flammenionisationsdetektor (FID). Aus der Differenz der beiden Messgrößen ergibt sich die Messgröße "Gesamt-C ohne Methan-C Anteil", also die Summe der Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe.
- ▶ Die Restorganik der staubförmigen Komponenten im Rauchgas wird bei diesem, in der Emissionsüberwachung üblicherweise eingesetzten Messverfahren, nicht berücksichtigt.
- ▶ Die Messergebnisse bewegen sich in der Bandbreite, in der diese Komponenten auch an anderen Anlagen, mit gleichen Brennstoffen, bestimmt wurden.
- ▶ An der Anlage Nr. 20 wurden im Vergleich zu den anderen untersuchten Anlagen erhöhte Konzentrationen bei Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen und Indeno(1,2,3 cd)pyren ermittelt. Hier mussten bei der Probenahme Kompromisse eingegangen werden, deren Einfluss nicht ausgeschlossen werden kann. Es konnte im laufenden Betrieb kein eigenes Probenahmesystem des Messinstituts verwendet werden. Die Installation einer Sonde war aus Sicherheitsbelangen nicht möglich. Zur Realisierung einer Probennahme wurde die Sonde und die beheizte Probenahmeleitung der installierten kontinuierlichen Messeinrichtung verwendet. Es können Anreicherungen der untersuchten Komponenten in der Vergangenheit in diesem System nicht ausgeschlossen werden. Da diese Messergebnisse unplausibel hoch erschienen, wurden sie nicht mit in die Auswertung einbezogen.

Summary

Germany is obliged under the Kyoto Protocol and the Framework Convention on Climate Change to report annually on its national greenhouse gas emissions in an inventory report.

For this purpose, fuel-specific emission factors are required for a total of 25 different pollutants. However, the monitoring of emissions into the air from large combustion and gas turbine plants in Germany is limited to only a few air pollutants and in some cases to the collection of sum parameters. The knowledge about typical clean gas concentrations of individual parameters and/or of other pollutants from these plants is fragmentary; no current and systematically collected data are available for them. Consequently, this project evaluates measurements of clean gas concentrations for heavy metals (Pb, Cd, As, Cr, Cu, Ni, Se, V, Zn), persistent organic substances (dioxins and furane, benzo(a)pyrene, benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, indeno(1,2,3-cd)pyrene, hexachlorobenzene and PCBs, as well as NMVOC.

The scope of measurement is subclassified into 5 work packages according to components and plants:

Results of a representative selection of large German combustion plants, which are regulated by the 13th or 17th BImSchV, were evaluated.

The following criteria were considered in the selection:

- ▶ Lignite, plants from the 3 districts of Lausitz, Central Germany and Rhineland
- ▶ Hard coals dust firing systems with dry and liquid ash discharge As dust firing systems predominate, the focus was on these plants.
- ▶ Four different boiler firing systems with natural gas

In general, the plants should be representative for the German plant park. No atypical special cases were considered. The plants were selected in cooperation between BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. and the Federal Environment Agency.

The measurement campaigns covered the following pollutants, depending on the work package:

- ▶ Dioxins / Furans (PCDD/F)
- ▶ Polychlorinated biphenyls (PCBs) (expressed as WHO TEQ)
- ▶ Hexachlorobenzene (HexaCBz)
- ▶ Pentachlorobenzene (PeCBz)
- ▶ Benzo(a)pyrene (BaP)
- ▶ Benzo(b)fluoranthene (BbF)
- ▶ Benzo(k)fluoranthene (BkF)
- ▶ Indeno(1,2,3-cd)pyrene (I123P)
- ▶ Particulate matter with an aerodynamic diameter of less than 10 micrometres (PM 10)
- ▶ Particulate matter with an aerodynamic diameter of less than 2.5 micrometres (PM 2.5)
- ▶ Arsenic (As)
- ▶ Lead (Pb)
- ▶ Cadmium (Cd)
- ▶ Chromium (Cr)
- ▶ Copper (Cu)
- ▶ Nickel (Ni)
- ▶ Selenium (Se)
- ▶ Vanadium (V)
- ▶ Zinc (Zn)
- ▶ Methane (CH₄)
- ▶ Volatile organic compounds (VOC)

In the following tables the results of selected plants are presented and compared with the results of the emission measurements.

The tables summaries the results of the individual measurements. The operating values of a column do not represent a set of values for an operating point or an operating time. For example, the highest emissions do not necessarily occur at the highest firing rate and not necessarily at the highest flue gas moisture or the highest O₂ content. The minimum, maximum, average, and median values of the individual measurements are shown. Since emission factors for the preparation of national inventories are calculated because of the measured values, the standardized measured values are given. The measurement uncertainty is not subtracted or added. For values below the limit of quantification, half the limit of quantification is given.

Table 17 : Results of the investigations for the work package 2a, fuel hard coal, plant measuring results

Komponente		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median
Betriebsbedingungen					
FWL	MW	180	2.100	1.116	1.421
elektr. Leistung	MW	48	839	470	639
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m ³ /h	251.268	2.438.200	1.492.163	1.917.030
Abgastemperatur	°C	54	142	81	81
Abgasfeuchte	Vol. %	10	15	13	14
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine	keine
Emissionen					
O ₂	Vol. %	3,8	8,1	5,7	4,6
NO ₂	mg/m ³	51,5	198,4	137,8	157,2
SO ₂	mg/m ³	29,5	207,2	121,4	138,5
HCl	mg/m ³	2,9	3,4	3,2	3,2
CO	mg/m ³	3,2	40,2	8,3	5,8
Gesamtstaub	mg/m ³	0,1	6,4	2,4	1,5

Table 18: Results of the investigations for the work package 2a, fuel hard coal, measuring results

Komponente		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median
Component		Minimum	Maximum	Mean value	Median
Dioxins / Furans	ng/m ³	0,0004	0,0010	0,0006	0,001
Polychlorinated biphenyls	ng/m ³	0,0001	0,0003	0,0002	0,000
Hexachlorobenzene	µg/m ³	0,0006	0,0500	0,0191	0,005
Pentachlorobenzene	µg/m ³	0,0006	0,0500	0,0190	0,005
Benzo(a)pyrene	µg/m ³	0,0005	0,1000	0,0222	0,010
Benzo(b)fluoranthene	µg/m ³	0,0007	0,1000	0,0260	0,010
Benzo(k)fluoranthene	µg/m ³	0,0006	0,1000	0,0259	0,010
Indeno(1,2,3=cd)pyrene	µg/m ³	0,0006	0,1000	0,0259	0,010
Specific flue gas volume	m ³ /GJ	278	368	337	346

In summary, the following comments can be made:

- ▶ No POP concentrations have been determined at any of the hard coal-fired power plants that reach or exceed the ELVs of German or European directives (e.g. IED, MCP, TA-Luft and 13th BImSchV)
- ▶ Many of the measurement and analysis results are below the determination limit. These results were reflected in the tables with 50% of the BG. Also, the accumulation of the concentrations over a period of 6 hours for the POPs did not lead to concentrations above the limit of determination. A special feature in the evaluation of the results is the determination of the measurement results by different measuring points from which, however, a uniform sampling procedure can be expected due to the accreditation according to DIN EN ISO 17025. There are significant variations in the results due to the different detection and determination limits specified by the laboratories in the analysis of the samples. Due to this special feature of the analysis, the maximum value of the component is below 50% of the limit of quantification, whereas the mean value contains valid measurement results of a laboratory with a lower detection limit. This explains a black marked mean value and a red marked maximum value in the table.
- ▶ The measurement results are essentially below the detection limit and are shown here with 50% of the detection limit.
- ▶ Values above the limit of quantification of the analysing laboratory were only determined on plant no.7 for the individual measurements 1 and 2 of 3 for the analysis of the component hexachlorobenzene and for the individual measurement 2 for the component benzo(b)fluoranthene.

Table 19: Results of the investigations for the work package 2a, fuel lignite, plant measuring results

Component		Minimum	Maximum	Mean value	Median
Operating conditions					
Rated thermal input	MW	192	2.800	1.512	1.702
Electr. power	MW	77	1.110	571	645
Flue gas volume flow (normal dry)	m ³ /h	274.522	3.953.680	2.082.108	1.690.000
Exhaust gas temperature	°C	61	166	80	66
Exhaust gas humidity	Vol. %	9	29	22	24
Deviation from the approved mode of operation		none	none	none	none
Emissions					
O ₂	Vol. %	2,9	8,9	5,4	5,4
NO ₂	mg/m ³	126,8	209,2	167,6	167,9
SO ₂	mg/m ³	0,8	231,6	80,5	58,8
HCl	mg/m ³	-	-	-	-
CO	mg/m ³	1,0	180,8	65,1	31,0
total dust	mg/m ³	0,1	7,5	3,5	3,3

Table 20: Results of the investigations for the work package 2a, fuel lignite, measuring results

Component		Minimum	Maximum	Mean value	Median
Dioxins / Furans	ng/m ³	0,0003	0,0009	0,0006	0,0006
Polychlorinated biphenyls	ng/m ³	0,0001	0,0006	0,0002	0,0001
Hexachlorobenzene	µg/m ³	0,0004	0,0018	0,0009	0,0009
Pentachlorobenzene	µg/m ³	0,0005	0,0029	0,0011	0,0009

Benzo(a)pyrene	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0004	0,0023	0,0008	0,0006
Benzo(b)fluoranthene	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0004	0,0177	0,0022	0,0007
Benzo(k)fluoranthene	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0005	0,0041	0,0011	0,0009
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0004	0,0022	0,0008	0,0006
Specific flue gas volume	m^3/GJ	392	601	442	417

In summary, the following comments can be made:

- No POP concentrations have been determined at any of the lignite coal-fired power plants that reach or exceed the ELVs of German or European directives (e.g. IED, MCP, TA-Luft and 13th BImSchV)
- Many of the measurement and analysis results are below the determination limit. These results were reflected in the tables with 50% of the BG. Also, the accumulation of the concentration ratios over a period of 6 hours for the POPs did not lead to concentrations above the limit of determination. A special feature in the evaluation of the results is the determination of the measurement results by different measuring points from which, however, a uniform sampling procedure can be expected due to the accreditation according to DIN EN ISO 17025. There are significant variations in the results due to the different detection and determination limits specified by the laboratories in the analysis of the samples. Due to this special feature of the analysis, the maximum value of the component is below 50% of the limit of quantification, whereas the mean value contains valid measurement results of a laboratory with a lower detection limit.
This explains a black marked mean value and a red marked maximum value in the table.
The measurement results are essentially below the detection limit and are shown here with 50% of the detection limit.
- Values above the limit of determination of the analysing laboratory were only determined on Plant no. 9 for the individual measurements 1, 2 and 3 in the analysis of the component pentachlorobenzene and for the individual measurement 1 for the component benzo(a)pyrene.
- The analytical results for hexachlorobenzene, pentachlorobenzene, benzo(a)pyrene, benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene and indeno(1,2,3-cd)pyrene determined on plant no. 10 were not included in this consideration because the limits of quantification of these components by the laboratory differ by several with the powers of 10 from the results of the other laboratories involved in the analysis.

Table 21: Results of the investigations for the work package 2b, fuel lignite, plant measuring results

Component		Minimum	Maximum	Mean value	Median
Operating conditions					
Rated thermal input	MW	1.068	2.000	1.615	1.880
Electr. power	MW	361	805	600	700
Flue gas volume flow (normal dry)	m³/h	1.016.000	3.953.680	2.429.019	2.506.300
Exhaust gas temperature	°C	65	107	75	68
Exhaust gas humidity	Vol. %	16	29	25	26
Deviation from the approved mode of operation		none	none	none	none
Emissions					
O2	Vol. %	2,9	8,9	5,7	5,3
NO2	mg/m³	123,7	210,2	175,6	192,3
SO2	mg/m³	20,3	248,2	111,6	93,1
HCl	mg/m³	-	-	-	-
CO	mg/m³	4,0	197,7	88,2	116,5
total dust	mg/m³	1,4	7,5	3,5	2,9

Table 22: Results of the investigations for the work package 2b, fuel lignite, measuring results

Component		Minimum	Maximum	Mean value	Median
Lead	mg/m³	0,0013	0,0432	0,0088	0,0046
Cadmium	mg/m³	0,0000	0,0013	0,0005	0,0003
Arsenic	mg/m³	0,0005	0,0037	0,0011	0,0008
Chromium	mg/m³	0,0002	0,0517	0,0069	0,0008
Copper	mg/m³	0,0006	0,0192	0,0053	0,0030
Nickel	mg/m³	0,0009	0,0079	0,0028	0,0024

Selenium	mg/m ³	0,0002	0,0297	0,0048	0,0011
Vanadium	mg/m ³	0,0002	0,0037	0,0009	0,0006
Zinc	mg/m ³	0,0089	0,0539	0,0214	0,0191
Specific flue gas volume	m ³ /GJ	416	601	460	418

In summary, the following comments can be made:

- ▶ At none of the lignite, coal-fired power plants were heavy metal concentrations determined that reach or exceed the ELVs of German or European directives (e.g. IED, MCP, TA-Luft and 13th BIm-SchV).
- ▶ All measurement and analysis results are above the determination limit. A special feature in the evaluation of the results is the determination of the measurement results by different measuring points, from which a uniform sampling procedure can be expected due to the accreditation according to DIN EN ISO 17025. There are only insignificant variations in the results of the laboratories involved for the heavy metals because the determination is a standard analysis of the laboratories.
- ▶ The measurement results are within the range in which these components were also determined at other plants.

Table 23: Results of the investigations for the work package 3, fuel hard coal, plant measuring results

Component		Minimum	Maximum	Mean value	Median
Operating conditions					
Rated thermal input	MW	455	1.718	1.219	1.354
Electr. power	MW	182	748	521	617
Flue gas volume flow (normal dry)	m ³ /h	917.400	2.438.200	1.976.417	2.156.101
Exhaust gas temperature	°C	52	142	80	55
Exhaust gas humidity	Vol. %	10	15	12	13
Deviation from the approved mode of operation		none	none	none	none
Emissions					
O ₂	Vol. %	4,0	9,7	5,4	4,5
NO ₂	mg/m ³	60,2	266,9	143,6	170,7
SO ₂	mg/m ³	49,8	480,8	130,3	100,4
HCl	mg/m ³	3,2	3,2	3,2	3,2

CO	mg/m ³	3,1	58,5	14,0	9,0
total dust	mg/m ³	0,1	5,4	1,8	1,5

Table 24: Results of the investigations for the work package 3, fuel hard coal, measuring results

Component		Minimum	Maximum	Mean value	Median
Methane	mg/m ³	0,2	5,3	0,6	0,2
VOC	mg/m ³	0,3	6,5	0,9	0,3
NM VOC	mg/m ³	0,3	1,2	0,5	0,3
Specific flue gas volume	m ³ /GJ	317	368	347	354

In summary, the following comments can be made:

- ▶ None of the hard coal -fired power plants has been found to have VOC concentrations that meet or exceed the ELVs of German or European directives (e.g. IED directive, MCP, TA-Luft and 13th BIm-SchV)
- ▶ The guideline VDI 3481 Part 4 describes the automatic measuring procedure for the simultaneous, continuous determination of the emissions of total gaseous organically bound carbon ("total C") and the methane content ("methane C") in the flue gas using the flame ionisation detector (FID). The difference between the two measured quantities results in the measured quantity "total C without methane C content", i.e. the sum of the non-methane hydrocarbons.
- ▶ The residual organic matter of the dust-like components in the flue gas is not considered in this measuring method, which is usually used in emission monitoring.
- ▶ The measurement results are within the range in which these components were also determined at other plants using the same fuels.

Table 25: Results of the investigations for the work package 3, fuel lignite, plant measuring results

Component		Minimum	Maximum	Mean value	Median
Operating conditions					
Rated thermal input	MW	178	2.800	1.339	1.160
Electr. power	MW	71	1.107	523	485
Flue gas volume flow (normal dry)	m ³ /h	294.350	3.430.000	1.819.510	1.669.512

Exhaust gas temperature	°C	66	161	83	68
Exhaust gas humidity	Vol. %	11	30	25	27
Deviation from the approved mode of operation		keine	keine	keine	keine
Emissions					
O ₂	Vol. %	3,4	6,7	5,0	5,1
NO ₂	mg/m ³	99,3	219,2	159,9	166,4
SO ₂	mg/m ³	3,6	248,0	103,4	89,2
HCl	mg/m ³	-	-	-	-
CO	mg/m ³	1,0	122,1	38,0	24,6
total dust	mg/m ³	0,5	10,4	5,1	5,3

Table 26: Results of the investigations for the work package 3, fuel lignite, measuring results

Component		Minimum	Maximum	Mean value	Median
Methane	mg/m ³	0,2	0,4	0,3	0,2
VOC	mg/m ³	0,2	1,5	0,5	0,3
NM VOC	mg/m ³	0,3	1,3	0,4	0,3
Specific flue gas volume	m ³ /GJ	356	480	415	404

In summary, the following comments can be made:

- ▶ None of the examined lignite-fired power plants emitted VOC concentrations that meet or exceed the ELVs of German or European directives (e.g., IED, MCP, TA-Luft and 13th BImSchV)
- ▶ The guideline VDI 3481 Part 4 describes the automatic measuring procedure for the simultaneous, continuous determination of the emissions of total gaseous organically bound carbon ("total C") and the methane content ("methane C") in the flue gas using the Flame Ionisation Detector (FID). The difference between the two measured quantities results in the measured quantity "total C without methane C content", i.e., the sum of the non-methane hydrocarbons.
- ▶ The residual organic matter of the dust-like components in the flue gas is not considered in this measuring method, which is usually used in emission monitoring.
- ▶ The measurement results are within the range in which these components were also determined at other plants using the same fuels.

Table 27: Results of the investigations for the work package 4, Fuel hard coal, plant measuring results

Component		Minimum	Maximum	Mean value	Median
Operating conditions					
Rated thermal input	MW	518	1.540	1.076	1.166
Electr. power	MW	208	749	512	540
Flue gas volume flow (normal dry)	m³/h	976.500	2.404.000	1.862.180	1.978.100
Exhaust gas temperature	°C	54	142	80	55
Exhaust gas humidity	Vol. %	10	15	13	14
Deviation from the approved mode of operation		none	none	none	none
Emissions					
O ₂	Vol. %	4,0	9,3	5,4	4,5
NO ₂	mg/m³	56,4	222,6	138,0	170,4
SO ₂	mg/m³	28,6	168,8	99,4	99,8
HCl	mg/m³	2,9	3,9	3,3	3,2
CO	mg/m³	4,0	22,8	10,3	7,3
total dust	mg/m³	0,1	7,1	2,1	1,5

Table 28: Results of the investigations for the work package 4, Fuel hard coal measuring results

Component		Minimum	Maximum	Mean value	Median
PM ₁₀	mg/m³	0,46	11,00	3,61	1,95
PM _{2.5}	mg/m³	0,18	5,20	1,90	1,35
Lead	mg/m³	0,0001	0,0125	0,0022	0,0003
Cadmium	mg/m³	0,0001	0,0008	0,0002	0,0001
Arsenic	mg/m³	0,0001	0,0227	0,0036	0,0001

Chromium	mg/m ³	0,0003	0,0039	0,0012	0,0007
Copper	mg/m ³	0,0002	0,0042	0,0020	0,0020
Nickel	mg/m ³	0,0003	0,0150	0,0037	0,0009
Selenium	mg/m ³	0,0010	0,0310	0,0110	0,0069
Vanadium	mg/m ³	0,0001	0,0051	0,0010	0,0001
Zinc	mg/m ³	0,0030	0,0202	0,0099	0,0079
Total Dust ¹	mg/m ³	1,42	7,94	5,33	6,26
Specific flue gas volume	m ³ /GJ	317	368	347	354

¹This value originates from the continuous measurement considering the specifications of the 13th BImSchV.

In summary, the following comments can be made:

- At none of the examined hard coal-fired power plants were total dust and heavy metal concentrations determined that reach or exceed the ELVs of German or European directives (e.g. IED, MCP, TA-Luft and 13th BImSchV)
- The guideline VDI 2066 part 10 describes the discontinuous measurement procedure for measuring the emissions of PM₁₀ and PM_{2.5} at guided sources according to the impaction method. The procedure is based on the principle of impaction. During sampling, the particle fraction is divided into three groups with aerodynamic diameters larger than 10 µm, between 10 µm and 2.5 µm and smaller than 2.5 µm. The fraction with aerodynamic diameters larger than 10 µm is not considered in the evaluation according to VDI2066 part 10.
The specified total dust concentration, which was determined from the measured values of the operator's continuous emission measurement at the same time as the impactor measurements, does not correspond to the expected values as far as possible. It was assumed that the major part of the dust emissions will be fine dust, but the measurements could not prove this with certainty.
The measurement results determined at plant 7 for the total dust concentration and the PM₁₀/2.5 fraction are not coherent. The total dust concentration determined by means of the company's own continuous measuring equipment is lower than the sum concentration of the individual measurement of PM₁₀/2.5. The results are still in the plausible range, considering the respective process-related measurement uncertainties, but are not usable for the distribution evaluation in relation to the total dust.
- The measurement results for the heavy metal components in the total dust are within the range in which these components were also determined at other plants using the same fuels.

Table 29: Results of the investigations for the work package 4, fuel lignite, plant measuring results

Component		Minimum	Maximum	Mean value	Median
Operating conditions					
Rated thermal input	MW	179	2.800	1.275	945
Electr. power	MW	72	1.062	475	378
Flue gas volume flow (normal dry)	m³/h	294.350	3.430.000	1.703.401	1.295.100
Exhaust gas temperature	°C	65	161	86	68
Exhaust gas humidity	Vol. %	11	30	25	29
Deviation from the approved mode of operation		none	none	none	none
Emissions					
O ₂	Vol. %	3,2	6,5	5,0	5,0
NO ₂	mg/m³	141,0	181,2	164,8	165,7
SO ₂	mg/m³	3,1	201,0	63,4	69,0
HCl	mg/m³	-	-	-	-
CO	mg/m³	1,0	138,8	29,7	17,4
total dust	mg/m³	0,5	10,3	5,8	6,5

Table 30: Results of the investigations for the work package 4, fuel lignite, measuring results

Component		Minimum	Maximum	Mean value	Median
PM ₁₀	mg/m³	0,21	0,40	0,33	0,36
PM _{2.5}	mg/m³	0,10	0,21	0,14	0,15
Lead	mg/m³	0,0003	0,5544	0,0377	0,0008
Cadmium	mg/m³	0,0001	0,1357	0,0102	0,0001
Arsenic	mg/m³	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001
Chromium	mg/m³	0,0001	0,0092	0,0013	0,0005

Copper	mg/m ³	0,0002	0,0053	0,0015	0,0008
Nickel	mg/m ³	0,0002	0,0050	0,0012	0,0006
Selenium	mg/m ³	0,0002	0,0099	0,0019	0,0011
Vanadium	mg/m ³	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001
Zinc	mg/m ³	0,0007	0,0494	0,0119	0,0067
Total Dust ¹	mg/m ³	0,25	6,80	2,11	0,93
Specific flue gas volume	m ³ /GJ	341	480	404	403

¹This value originates from the continuous measurement considering the specifications of the 13th BImSchV.

In summary, the following comments can be made:

- ▶ None of the lignite-fired power plants has been found to have total dust and heavy metal concentrations that meet or exceed the ELVs of German or European directives (e.g. IED directive, MCP, TA-Luft and 13th BImSchV)
- ▶ The guideline VDI 2066 part 10 describes the discontinuous measurement procedure for measuring the emissions of PM10 and PM2.5 at guided sources according to the impaction method. The procedure is based on the principle of impaction. During sampling, the particle fraction is divided into three groups with aerodynamic diameters larger than 10 µm, between 10 µm and 2.5 µm and smaller than 2.5 µm. The fraction with aerodynamic diameters larger than 10 µm is not considered in the evaluation according to VDI2066 part 10.
- ▶ Both the total dust concentration found, which was determined from the measured values of the operator's continuous emission measurement at the same time as the impactor measurements, and the PM 2.5 and PM 10 concentrations are within the detection limit. The values are stated as 50% BG.
- ▶ The measurement results for the heavy metal components in the total dust are within the range in which these components were also determined at other plants using the same fuels.

Table 31: Results of the investigations for the work package 5, fuel natural gas, plant measuring results

Component		Minimum	Maximum	Mean value	Median
Operating conditions					
Rated thermal input	MW	3	214	86	96
Electr. power	MW	0	61	41	46
Flue gas volume flow (normal dry)	m ³ /h	3.650	734.000	247.721	236.500
Exhaust gas temperature	°C	91	443	175	133

Exhaust gas humidity	Vol. %	6	17	11	11
Deviation from the approved mode of operation		none	none	none	none
Emissions					
O ₂	Vol. %	2,6	16,6	10,4	13,5
NO ₂	mg/m ³	1,1	78,8	39,5	39,5
CO	mg/m ³	0,4	63,9	18,8	13,1

Table 32: Results of the investigations for the work package 5, fuel natural gas, measuring results

Component		Minimum	Maximum	Mean value	Median
Methan	mg/m ³	0,2	11,2	2,3	0,2
VOC	mg/m ³	0,3	14,6	3,7	0,3
NM VOC	mg/m ³	0,3	5,3	1,7	0,3
Benzo(a)pyren	µg/m ³	0,0005	0,0070	0,0033	0,0025
Benzo(b)fluoranthen	µg/m ³	0,0005	0,0070	0,0033	0,0025
Benzo(k)fluoranthen	µg/m ³	0,0005	0,0070	0,0033	0,0025
Indeno(1,2,3 cd)pyren	µg/m ³	0,0005	0,0070	0,0033	0,0025
Specific flue gas volume	m ³ /GJ	312	859	537	384

In summary, the following comments can be made:

- ▶ None of the natural gas-fired power plants have been found to have VOC concentrations that meet or exceed the ELVs of German or European directives (e.g. IED, MCP, TA-Luft and 13th BImSchV)
- ▶ The guideline VDI 3481 Part 4 describes the automatic measuring procedure for the simultaneous, continuous determination of the emissions of total gaseous organically bound carbon ("total C") and the methane content ("methane C") in the flue gas using the flame ionisation detector (FID). The difference between the two measured quantities results in the measured quantity "total C without methane C content", i.e. the sum of the non-methane hydrocarbons.
- ▶ The residual organic matter of the dusty components in the flue gas is not considered in this measuring method, which is usually used in emission monitoring.
- ▶ The measurement results are within the range in which these components were also determined at other plants using the same fuels.
- ▶ In comparison to the other plants investigated, increased concentrations of benzo(a)pyrene, benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene and indeno(1,2,3 cd)pyrene were determined at plant

no. 20. Here, compromises had to be made during sampling, the influence of which cannot be ruled out. It was not possible to use the measuring institute's own sampling system during operation. The installation of a probe was not possible for safety reasons. To realise a sampling, the probe and the heated sampling line of the installed continuous measuring system were used. Accumulations of the investigated components in the past cannot be excluded in this system. As these measurement results seemed implausibly high, they were not included in the evaluation.

1 Einleitung und Aufgabenstellung

1.1 Einleitung

Deutschland ist unter dem Kyoto-Protokoll und der Klimarahmenkonvention verpflichtet, im Rahmen eines Inventarberichtes jährlich über seine nationalen Treibhausgas-Emissionen zu berichten. Weitere Verpflichtungen zur Berichterstattung von Luftschadstoffen ergeben sich aus dem Übereinkommen über weiträumige, grenzüberschreitende Luftverunreinigung (Convention on Longrange Trans-boundary Air Pollution (CLRTAP), „Genfer Luftreinhaltekonvention“), der UN Economic Commission for Europe (UNECE) einschließlich seiner Protokolle. Zu diesem Zweck werden brennstoffspezifische Emissionsfaktoren für insgesamt 25 verschiedene Schadstoffe benötigt. Allerdings beschränkt sich die Überwachung der Emissionen in die Luft aus Großfeuerungs- und Gasturbinenanlagen in Deutschland auf nur wenige Luftschadstoffe und teilweise auf die Erhebung von Summenparametern. Die Kenntnisse über typische Reingaskonzentrationen der Einzelparameter und/oder von weiteren Schadstoffen aus diesen Anlagen sind lückenhaft; für sie liegen keine aktuellen und systematisch erhobenen Daten vor. Von daher sind im Rahmen dieses Projektes einzelstoffbezogene Reingaskonzentrationen von Schwermetallen (Pb, Cd, As, Cr, Cu, Ni, Se, V, Zn), von persistenten organischen Stoffen (Dioxine und Furane, Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Indeno (1,2,3-cd)pyrene, Hexachlorbenzol, Pentachlorbenzol und PCBs, sowie von NMVOC messtechnisch erhoben worden. Hierzu wurde eine (oder ggf. in Zusammenarbeit mehrere) § 29b Messstellen des BImSchG beauftragt, die ohnehin mit der Überwachung von Feuerungs- und Gasturbinenanlagen beauftragt sind (z.B. mit regelmäßig wiederkehrenden Einzelmessungen oder mit der Kalibrierung und Prüfung der Funktionstüchtigkeit der Messeinrichtungen) im Rahmen dieses Forschungsvorhabens die notwendigen Messungen zu koordinieren sowie die weiteren Einzelmessungen der entsprechenden Schadstoffe vornehmen. Dabei wurden die fehlenden Komponenten möglichst bei ohnehin vorgenommenen Messungen mitbestimmt.

Hinweis:

Eine Vielzahl der im Rahmen der Messungen ermittelten Konzentrationen liegen unterhalb der Bestimmungsgrenze. Insbesondere für die Summenbildung bei Messergebnissen muss eine Festlegung zum Umgang mit solchen Ergebnissen gefunden werden.

Berücksichtigt man die Bestimmungsgrenzen nicht, muss in einigen Fällen ein Konzentrationswert z.B.

„0,0 µg/m³“ angegeben werden, was jedoch nicht unbedingt den Tatsachen entspricht. Ebenfalls entspricht es nicht den Tatsachen, wenn die volle Bestimmungsgrenze als Konzentrationswert angegeben wird, bzw. in der Summenbildung (z.B. von PCDD/F, PAK Total, PCB nach WHO) berücksichtigt wird.

Auch die Berücksichtigung der halben Bestimmungsgrenze ist gängige Praxis.

Alle Einzelwerte, die in diesem Bericht unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen, werden jeweils mit der halben Bestimmungsgrenze angegeben und entsprechend bei der Summenbildung berücksichtigt. Auch die Vorgabe der halben Bestimmungsgrenze ist willkürlich, solange der wahre Wert nicht bekannt ist, ist jedoch die übliche Praxis bei der Wiedergabe von Werten kleiner der bestimmungsgrenze

Werte, die im Bericht mit der halben Bestimmungsgrenze angegeben werden, werden in Tabellen andersfarbig (rot) dargestellt (bei Summenwerten nur dann, wenn alle Einzelkomponenten unterhalb der

Bestimmungsgrenze liegen. Die Ergebnisse der PCDD/F-Messungen werden unter Verwendung der Äquivalenzfaktoren nach 13. BImSchV in der Fassung vom 19. Dezember 2017 berechnet (Äquivalenzfaktoren WHO-TEF 2005).

Darüber hinaus sind alle Ergebnisse auf einen Bezugssauerstoffgehalt von 3 Prozent bei Feuerungsanlagen für flüssige und gasförmige Brennstoffe, 6 Prozent bei Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe und Biobrennstoffe, 15 Prozent bei Gasturbinenanlagen sowie 5 Prozent bei Gasmotoranlagen.

im Abgas, ohne Berücksichtigung der Bezugssauerstoffregel für die installierten Rauchgasreinigungseinrichtungen

1.2 Aufgabenstellung

Die Analyseergebnisse dienen als Grundlage zur Bestimmung von Emissionsfaktoren, die zur Berechnung des Deutschen Inventars dienen. Dieser 2. Schritt ist allerdings nicht Gegenstand dieses Projektes.

1.3 Arbeitspaket 1: Auswahl der Anlagen

Insgesamt gliederte sich das Projekt in zwei größere Themenblöcke. Zum einen wurden, um den Messaufwand möglichst gering zu halten, möglichst viele Komponenten bei ohnehin von den Betreibern geplanten Messungen mit analysiert. Zum anderen wurden zusätzlich eigenständige Messungen der noch fehlenden Parameter durchgeführt. Dabei wurden die jeweilige Anlage in einem für sie typisch durchschnittlichen Last- und Betriebszustand betrieben. Die Tabelle 33 gibt einen Überblick über die Anzahl an Messungen und Zusatzanalysen. Die in der Tabelle 33 angegebene Anlagenanzahl beinhaltet auch die Mehrfachmessung einzelner Anlagen. Die Kombination aus den Zusatzanalysen und Einzelmessungen führt dazu, dass aus dem deutschen Anlagenpark eine repräsentative Auswahl an Großfeuerungsanlagen getroffen wurde, die nach 13. oder 17. BImSchV genehmigt sind. Bei der Auswahl wurden möglichst folgende Kriterien beachtet:

- Bezüglich der Braunkohlen wurden aus den 3 Revieren Lausitz, Mitteldeutschland und Rheinland jeweils eine Anlage ausgewählt.
- Für die Steinkohlen wurden, jeweils Staubfeuerungen mit trockenem und flüssigem Ascheabzug ausgewählt. Wirbelschichtfeuerungen waren sowohl bezüglich der Braunkohlen als auch Steinkohlen von Interesse. Da insgesamt die Staubfeuerungen überwiegen, lag dort der Schwerpunkt.
- Bezüglich Erdgases wurden jeweils eine Kesselfeuerung und eine Gas- und Dampfturbinenanlage (GuD Anlage) ausgewählt.

Generell sollten die Anlagen für den Deutschen Anlagenpark repräsentativ sein und keine atypischen Sonderfälle betrachtet werden. Die Auswahl der Anlagen wurde mit dem Umweltbundesamt abgestimmt. Der Verband wurde bereits im Vorfeld von dem Projekt informiert und wurde ebenfalls in die Abstimmung und Koordinierung mit eingebunden. Für die ausgewählten Anlagen sind im Bericht Angaben zu den installierten Abgasreinigungssystemen enthalten.

Tabelle 33: Übersicht AP1

Komponente	Art der Bestimmung	Anzahl
Persistente Organische Schadstoffe (POPs)	Keine eigenständige Messung, Zusatzanalyse weiterer Schadstoffe bei ohnehin geplanter Messung	10 x Braunkohle 10 x Steinkohle Schadstoffe siehe Arbeitspaket 2a Tabelle 34

Schwermetalle & Feinstaub	Keine eigenständige Messung, Zusatzanalyse weiterer Schadstoffe bei ohnehin geplanter Messung	14 x Braunkohle 10 x Steinkohle Schadstoffe siehe Arbeitspaket 2b Tabelle 35
Methan & VOC	Eigenständige Messung inklusive Probenahme	4 x Braunkohle 4 x Steinkohle Schadstoffe siehe Arbeitspaket 3 Tabelle 36
Schwermetalle & Feinstaub	Eigenständige Messung inklusive Probenahme	6 x Kohle Schadstoffe siehe Arbeitspaket 4 Tabelle 37
Methan, VOC & PAK	Eigenständige Messung inklusive Probenahme	5 x Erdgas Schadstoffe siehe Arbeitspaket 5 Tabelle 38

1.4 Arbeitspaket 2

Die für die Teilarbeitspakete 2a) und 2b) aufgelisteten POPs und Schwermetalle wurden im Rahmen von ohnehin geplanten Messungen bei jeweils 9 Braunkohle- und 7 Steinkohlebefeuernden Anlagen

bestimmt. Für die zusätzlichen Analysen zu AP 2 war es erforderlich, die von den einzelnen Betreibern beauftragten Messinstitute bei der Auswertung dieser Komponenten mit einzubeziehen.

1.5 Arbeitspaket 2 a)

Während der ohnehin in der 13. BImSchV vorgeschriebenen Messung für Dioxine/ Furane für Kohlekraftwerke wurden folgende Komponenten betrachtet:

Tabelle 34: POPs

Komponente	Sonstige Hinweise
Dioxine/ Furane (PCDD/F)	Angabe als WHO TEQ
Polychlorierte Biphenyle (PCBs)	
Hexachlorbenzol (HCB)	
Pentachlorbenzol	
Benzo(a)pyren	
Benzo(b)fluoranthren	
Benzo(k)fluoranthren	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	
Spezifisches Rauchgasvolumen	bezogen auf Normzustand nach § 2 Absatz 1 der 13. BImSchV sowie mit Angabe des Bezugs-

	O ₂ -Gehaltes (in m ³ /GJ)
--	--

Die während der Messung ohnehin bestimmten Dioxin/ Furan-konzentrationen werden ebenfalls mit angegeben.

Für die Anlagen wurden zum Zeitpunkt der Messung die normierten Halbstundenmittelwerte aus der automatischen Messeinrichtung (AMS) für NO und NO₂, angegeben als NO₂, SO₂ (SO₂ + SO₃, angegeben als SO₂), HCl, CO und Staub abgelesen (soweit vorhanden).

1.6 Arbeitspaket 2 b)

Für die 4 Kohlekraftwerke, die Abfälle mitverbrennen und dementsprechend nach 17.BImSchV genehmigt sind, wurden während der ohnehin vorgeschriebenen Schwermetallmessung folgende Metalle einzeln ausgewertet:

Tabelle 35: Feinstaub und Schwermetalle

Komponente	Sonstige Hinweise
PM 10	Nicht bestimmt
PM 2.5	Nicht bestimmt
Blei	
Cadmium	
Arsen	
Chrom	
Kupfer	
Nickel	
Selen	
Vanadium	
Zink	
Spezifisches Rauchgasvolumen	bezogen auf Normzustand nach § 2 Absatz 1 der 13. BImSchV sowie mit Angabe des Bezugs-O ₂ -Gehaltes (in m ³ /GJ)

Für die Anlagen wurden zum Zeitpunkt der Messung die normierten Halbstundenmittelwerte aus der automatischen Messeinrichtung (AMS) für NO und NO₂, angegeben als NO₂, SO₂ (SO₂ + SO₃, angegeben als SO₂), HCl, CO und Staub abgelesen (soweit vorhanden).

1.7 Arbeitspaket 3

An insgesamt 4 Steinkohle- und 4 Braunkohlekraftwerken wurden durch zusätzliche Einzelmessung folgende Parameter bestimmt:

Tabelle 36: Methan und VOC

Komponente	Sonstige Hinweise
Methan	
VOC	daraus wird NMVOC bestimmt
Spezifisches Rauchgasvolumen	bezogen auf Normzustand nach § 2 Absatz 1 der 13. BImSchV sowie mit Angabe des Bezugs-O ₂ -Gehaltes (in m ³ /GJ)

1.8 Arbeitspaket 4

Da nur einige Kohlekraftwerke regelmäßig Schwermetalle messen, wurden an insgesamt 6 Anlagen zusätzliche Einzelmessungen für die folgenden Komponenten durchgeführt.

Tabelle 37: Staub und Schwermetalle

Komponente	Sonstige Hinweise
PM 10	
PM 2.5	
Blei	
Cadmium	
Arsen	
Chrom	
Kupfer	
Nickel	
Selen	
Vanadium	
Zink	
Spezifisches Rauchgasvolumen	bezogen auf Normzustand nach § 2 Absatz 1 der 13. BImSchV sowie mit Angabe des Bezugs-O ₂ -Gehaltes (in m ³ /GJ)

1.9 Arbeitspaket 5

An insgesamt 4 mit Erdgas befeuerten Anlagen wurden im Rahmen von zusätzlichen Einzelmessungen folgende Komponenten bestimmt:

Tabelle 38: Methan, VOC und POPs

Komponente	Sonstige Hinweise
Methan	
VOC	daraus soll NMVOC bestimmt werden
Benzo(a)pyren	
Benzo(b)fluoranthren	
Benzo(k)fluoranthren	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	
Spezifisches Rauchgasvolumen	bezogen auf Normzustand nach § 2 Absatz 1 der 13. BImSchV sowie mit Angabe des Bezugs-O ₂ -Gehaltes (in m ³ /GJ)

Da auf Grundlage der Messwerte Emissionsfaktoren für die Erstellung nationaler Inventare berechnet werden, werden die normierten Messwerte angegeben.

Die Messunsicherheit wird nicht abgezogen oder dazu addiert. Insofern ist von der sonst üblichen Verfahrensweise bei der Grenzwertüberwachung abzuweichen.

Falls ein Wert unterhalb der Nachweisgrenze oder unterhalb der Bestimmungsgrenze liegt, ist die halbe Bestimmungsgrenze des entsprechenden Gerätes angegeben. Diese Werte sind in roter Schrift gekennzeichnet.

Für alle Messverfahren sind jeweils die einfache Messunsicherheit und ihr Bezug (häufig der obere Wert des Kalibrierbereiches) und der Kalibrierbereich angegeben.

2 Methoden und eingesetzte Messverfahren

Die Messungen wurden ausschließlich durch notifizierte und akkreditierte Prüflabore nach einschlägigen Richtlinien (DIN EN, VDI etc.) durchgeführt.

Die angewandten Methoden und eingesetzten Messverfahren werden nachfolgend dokumentiert.

2.1 Normierung

Da auf Grundlage der Messwerte Emissionsfaktoren für die Erstellung nationaler Inventare berechnet werden, werden nur normierte Messwerte angegeben.

2.2 Sauerstoffbezug

Alle Ergebnisse sind bezogen auf einen Bezugssauerstoffgehalt von

- ▶ 3 Prozent bei Feuerungsanlagen für flüssige und gasförmige Brennstoffe,
- ▶ 6 Prozent bei Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe und Biobrennstoffe,
- ▶ 15 Prozent bei Gasturbinenanlagen sowie
- ▶ 5 Prozent bei Gasmotoranlagen.

im Abgas, eine Berücksichtigung der Sauerstoffbezugsregel bei installierten Rauchgasreinigungseinrichtungen erfolgt in diesem Fall nicht.

2.3 Berücksichtigung der Messunsicherheit

Die Messunsicherheit wird nicht abgezogen oder dazu addiert. Insofern ist von der sonst üblichen Verfahrensweise bei der Grenzwertüberwachung abzuweichen. Für alle Messverfahren sind jeweils die einfache Messunsicherheit und ihr Bezug (häufig der obere Wert des Kalibrierbereiches) und der Kalibrierbereich angegeben.

2.4 Bestimmungsgrenzen

Eine Vielzahl der im Rahmen der Messungen ermittelten Konzentrationen liegen unterhalb der Bestimmungsgrenze. Insbesondere für die Summenbildung bei Messergebnissen muss eine Festlegung zum Umgang mit solchen Ergebnissen gefunden werden.

Berücksichtigt man die Bestimmungsgrenzen nicht, muss in einigen Fällen ein Konzentrationswert z.B.

„0,0 µg/m³“ angegeben werden, was jedoch nicht unbedingt den Tatsachen entspricht. Ebenfalls entspricht es nicht den Tatsachen, wenn die volle Bestimmungsgrenze als Konzentrationswert angegeben wird, bzw. in der Summenbildung (z.B. von PCDD/F, PAK Total, PCB nach WHO) berücksichtigt wird.

Auch die Berücksichtigung der halben Bestimmungsgrenze ist gängige Praxis.

Alle Einzelwerte, die in diesem Bericht unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen werden, jeweils mit der halben Bestimmungsgrenze angegeben und entsprechend bei der Summenbildung berücksichtigt. Auch die Vorgabe der halben Bestimmungsgrenze ist willkürlich, solange der wahre Wert nicht bekannt ist, ist jedoch die übliche Praxis bei der Wiedergabe von Werten kleiner der bestimmungsgrenze

Werte, die im Bericht mit der halben Bestimmungsgrenze angegeben werden, werden in Tabellen andersfarbig (rot) dargestellt (bei Summenwerten nur dann, wenn alle Einzelkomponenten unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen. Die Ergebnisse der PCDD/F-Messungen werden unter Verwendung der Äquivalenzfaktoren nach 13. BImSchV in der Fassung vom 19. Dezember 2017 berechnet (Äquivalenzfaktoren WHO-TEF 2005).

Eine Besonderheit in der Bewertung der Ergebnisse ergibt sich aus der Ermittlung der Messergebnisse durch unterschiedliche Prüflabore. Aufgrund der Akkreditierung nach DIN EN ISO 17025 kann hier jedoch von einem einheitlichen Vorgehen bei der Probenahme ausgegangen werden. Es ergeben sich jedoch wesentliche Variationen in den Ergebnissen durch die unterschiedlichen Nachweis- und Bestimmungsgrenzen der analytischen Verfahren und Probenahmeanwendungen. Diese werden von den analytischen Laboren zu den einzelnen Proben angegeben und unterscheiden sich teilweise deutlich.

Durch diese Unterschiede in der analytischen Genauigkeit einzelner Prüflabore kann es dazu kommen, dass aufgrund der unterschiedlichen Bestimmungsgrenzen der Labore der Maximalwert der Komponente unterhalb von 50% der Bestimmungsgrenze liegt, während der Mittelwert gültige Messergebnisse eines Labors mit einer geringeren Bestimmungsgrenze enthält.

Aus diesem Sachverhalt erklärt sich ein schwarz markierter Mittelwert und ein rot markierter Maximalwert in den Tabellen.

3 Polychlorierte Dibenzodioxine und furane (PCDD/PCDF), Polychlorierte Biphenyle (PCB), Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Indeno(1,2,3-cd)pyren, Hexachlorbenzol und Pentachlorbenzol

3.1 Messverfahren/VDI-Richtlinien

DIN EN 1948 - 1: Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Massenkonzentration von PCDD/PCDF und dioxinähnlichen PCB - Teil 1: Probenahme von PCDD/PCDF

DIN EN 1948 - 4: Emissionen aus stationären Quellen – Bestimmung der Massenkonzentration von PCDD/PCDF und dioxin-ähnlichen PCB – Teil 4: Probenahme und Analyse dioxin-ähnlicher PCB; Deutsche Fassung EN 1948-4:2010+A1:2013

VDI 3874: Messen von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH) GC/MS Verfahren

3.2 Messobjekte

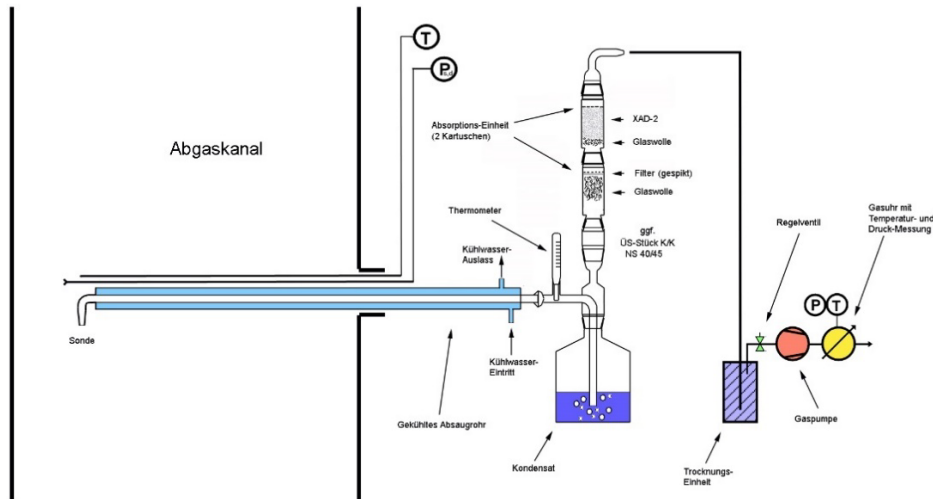
- polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/PCDF) gemäß 13. / 17. BImSchV
- dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle (PCB)
- polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)
(Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Indeno(1,2,3-cd)pyren)
- Pentachlorbenzol (PentaCBz) und Hexachlorbenzol (HexaCBz)

3.3 Messplatzaufbau

Entnahmesonde:	wassergekühlte Sonde mit Glasrohrinlet / Titan, Düse und Krümmer aus Titan, Länge xx m
Absorptionseinrichtung:	Kondensatgefäß zur weitgehenden Abscheidung der Abgasfeuchte - 1. Kartusche Glaswatte und Planfilter Munktell MK 360 Quarz Microfibre 50 mm, gespeikt - 2. Kartusche mit XAD2 gefüllt
Sorptionsmittel:	gereinigtes XAD-2
Sorptionsmittelmenge:	ca. 120 cm ³
Aufbau der Probenahmeeinrichtung:	wassergekühlte Sonde; Kondensatkolben; Kartusche 1; Planfilter; XAD-Kartusche 2; Vakuumpumpe mit vorgeschaltetem Massenflussregler und -zähler, Temperaturfühler
Durchfluss:	ca. 0,5 – 2,5 m ³ /h
Abstand zwischen Ansaugöffnung der	
Entnahmesonde und Sorptionsmittel:	je nach Sondenlänge (X,X m bis X,X m)
Probentransfer:	im Transportkoffer in Braunglasflaschen bzw. lichtgeschützten Kartuschen
Zeitraum zwischen Probenahme	
und Analyse:	ca. 3 bis 6 Tage

Beteiligung eines Fremdlabors: Die Analyse der Proben erfolgt durch das akkreditierte und nach § 29b BImSchG für die Bereiche M2 und N2 notifizierte Labor Eurofins GFA Lab Service, Hamburg.

Abbildung 1: Aufbau der Probenahmeeinrichtung PCDD/PCDF



Quelle: TÜV SÜD

Die Abbildung zeigt den Aufbau einer Probenahmeeinrichtung für PCDD/PCDF bestehend aus einem gekühlten Entnahmerohr mit an die Isokinetik angepasster Sonde. Durch dies wird das Probengas abgesaugt und durch die Adsorptionseinrichtung geleitet. Diese besteht aus einem Kondensatsammelgefäß und zwei nachgeschalteten XAD Abscheidern. Nach der Adsorptionsphase wird das abgesaugte Probenvolumen getrocknet und das Temperatur und Druck normierte Gasvolumen bestimmt. Die Adsorptionseinheiten gehen im Anschluss an die Probenahme ins Labor zur Aufbereitung und Analyse.

3.4 Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/PCDF), dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle (PCB)

3.5 Analytische Bestimmung

Beschreibung des Analysenverfahrens: Bestimmung des PCDD-/PCDF-Gehaltes mittels hochauflösender GC/HRMS

Aufarbeitung des Probenmaterials:

Zugabe der Extraktionsstandards an PCDD/F (siehe unten) und Extraktion der einzelnen Probenahmekompartimente Ausspülen der Sonde mit Aceton/Toluol vor Ort, Spüllösung wird mit der Probe vereinigt. Abrotieren des Lösungsmittels im Labor und vereinigen mit der Kondensatfraktion. Das Kondensat wird über Faltenfilter abfiltriert. Der staubbehaftete Faltenfilter und der Staubfilter werden ins Soxhlet gegeben und dort angesäuert. Die Wasserphase wird flüssig/flüssig extrahiert (3-mal mit je 100 ml Toluol je Liter wässriger Phase). Die Staubphase wird dem Soxhlet zugeführt. Alle oben aufgeführten festen Kompartimente werden im Soxhlet vereinigt und mit dem Extraktionsstandard versetzt. Der Extrakt der FI/FI Extraktion wird auf ca. 700 mL Toluol/Aceton 9:1 aufgefüllt und dient als Vorlage für die Soxhlet Extraktion. Der Extrakt wird am Rotationsverdampfer unter Vakuumkontrolle auf ca. 2 ml eingengt.

PAK-Fraktion (BaP)

Säulenchromatographische Aufreinigung der PAK-Fraktion:

Ein Aliquot von 10 % des Extrakts wird mit Quantifizierungsstandard (deuterierte PAK-Komponenten) versetzt und säulenchromatographisch an Silica-SPE-Säulen gereinigt (Laufmittel: Cyclohexan). Das Eluat wird im Stickstoffstrom auf ca. 200 µl eingengt, wobei dem Eluat zuvor der Wiederfindungsstandard zugefügt wird.

PCDD/F- und PCB-Fraktion

Säulenchromatographische Aufreinigung der PCDD/F- und PCB-Fraktion:

Vor der Säulenchromatographie wird das Extrakt mit Schwefelsäure ausgeschüttelt

1. SiO₂ / H₂SO₄; (komplettes Extrakt)
2. Al₂O₃; (Abtrennung der PCB-Fraktion, getrennte Messung der PCB-Fraktion)
3. Reinigung der DF-Fraktion über Florisil.

Vor der HRGC/HRMS-Analyse werden die gereinigten Extrakte (DF und PCB) mit Injektionsstandard (s.u.) versetzt, um die Wiederfindungsraten der vorher eingesetzten Extraktionsstandards bestimmen zu können. Die DF-Fraktion wird unter leichtem N₂-Strom im konischen Einsatz auf ca. 25 µl eingengt. Das Endvolumen der PCB-Fraktion beträgt 50 µl.

Quantitative Bestimmung PCDD/F-Fraktion

Die quantitative Bestimmung erfolgt nach der Isotopenverdünnungsmethode mit hochauflösender Gaschromatographie direkt gekoppelt an ein hochauflösendes Massenspektrometer. Das Massenspektrometer arbeitet im "selected ion monitoring"-Modus (SIM) bei einer Auflösung von mindestens 10 000. Es werden pro Homologengruppe mindestens 2 Massen aus dem Molekülionencluster bestimmt.

Es werden regelmäßig Leerwertanalysen (Toluol) durchgeführt, um eventuelle Querkontaminationen erkennen zu können.

Die Kalibrierung erfolgt nach der Isotopenverdünnungsmethode mit internen isotoopenmarkierten Standards. Es werden regelmäßig 8-Punkt-Kalibrierungen in Anlehnung DIN EN 1948 durchgeführt. Es erfolgt eine arbeitstägliche 1-Punkt-Kalibrierung.

Probenahmestandards:	¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8-PentaCDF
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8,9-HexaCDF
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF
Extraktionsstandards:	¹³ C ₁₂ -2,3,7,8-TetraCDD
	¹³ C ₁₂ -2,3,7,8-TetraCDD
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8-PentaCDD
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,7,8-HexaCDD
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,6,7,8-HexaCDD
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDD
	¹³ C ₁₂ -OctaCDD
	¹³ C ₁₂ -2,3,7,8-TetraCDF
	¹³ C ₁₂ -2,3,4,7,8-PentaCDF
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,7,8-HexaCDF
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,6,7,8-HexaCDF
	¹³ C ₁₂ -2,3,4,6,7,8-HexaCDF
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF
	¹³ C ₁₂ -OctaCDF
Spritzenstandards:	¹³ C ₁₂ -1,2,3,4-TetraCDD, ¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8,9-HexaCDD
Analysensystem:	Gaschromatograph HP 5890, Agilent 6890 plus und Trace GC
Temperaturprogramm:	120°C (1,5 min) – 40K/min – 210°C (0,5 min) – 2,5K/min – 270°C (0min) – 20K/min – 320°C (10 min)
Trennsäule:	Typ DB5 ms oder äquivalent, Länge: 60 m I.D.: 0,25 mm, df: 0,25µm; Trägergas Helium
Massenspektrometer:	Hochauflösendes Massenspektrometer VG AutoSpec inkl. Steuerungs- und Datenerfassungssystem (VAX station 3100 bzw. 4000,
Betriebssystem:	VMS bzw. Windows, Steuerungs- und Datenerfassungssoftware OPUS bzw. MassLynx)

Die Angabe der "Toxischen Äquivalente" erfolgt in TEF. Die Berechnungsfaktoren für die einzelnen Komponenten sind der u.a. Übersicht zu entnehmen.

Stoff	Aquivalenzfaktor (WHO-TEF 2005)
Polychlorierte Dibenzodioxine (PCDD)	
2,3,7,8 - Tetrachlordibenzodioxin (TCDD)	1
1,2,3,7,8 - Pentachlordibenzodioxin (PeCDD)	1
1,2,3,4,7,8 - Hexachlordibenzodioxin (HxCDD)	0,1
1,2,3,7,8,9 - Hexachlordibenzodioxin (HxCDD)	0,1

1,2,3,6,7,8	- Hexachlordibenzodioxin (HxCDD)	0,1
1,2,3,4,6,7,8	- Heptachlordibenzodioxin (HpCDD)	0,001
Octachlordibenzodioxin (OCDD)		0,0003

Polychlorierte Dibenzofurane (PCDF)

2,3,7,8	- Tetrachlordibenzofuran (TCDF)	0,1
2,3,4,7,8	- Pentachlordibenzofuran (PeCDF)	0,3
1,2,3,7,8	- Pentachlordibenzofuran (PeCDF)	0,03
1,2,3,4,7,8	- Hexachlordibenzofuran (HxCDF)	0,1
1,2,3,7,8,9	- Hexachlordibenzofuran (HxCDF)	0,1
1,2,3,6,7,8	- Hexachlordibenzofuran (HxCDF)	0,1
2,3,4,6,7,8	- Hexachlordibenzofuran (HxCDF)	0,1
1,2,3,4,6,7,8	- Heptachlordibenzofuran (HpCDF)	0,01
1,2,3,4,7,8,9	- Heptachlordibenzofuran (HpCDF)	0,01
Octachlordibenzofuran (OCDF)		0,0003

Für die dioxinähnlichen PCB-Isomere (coplanare PCB) werden die im Jahre 2005 durch die WHO aktualisierten Toxizitätsequivalenzfaktoren verwendet (WHO-TEF 2005; im Bericht kurz mit TEF bezeichnet):

Polychlorierte Biphenyle

Non ortho PCB

3,3',4,4'-TeCB	PCB 77	0,0001
3,4',4,5'-TeCB	PCB 81	0,0003
3,3',4,4',5-PeCB	PCB 126	0,1
3,3',4,4',5,5'-HxCB	PCB 169	0,03

Mono ortho PCB

2,3,3',4,4'-PeCB	PCB 105	0,00003
2,3,4,4',5-PeCB	PCB 114	0,00003
2,3',4,4',5-PeCB	PCB 118	0,00003
2',3,4,4',5-PeCB	PCB 123	0,00003
2,3,3',4,4',5-HxCB	PCB 156	0,00003
2,3,3',4,4',5'-HxCB	PCB 157	0,00003
2,3',4,4',5,5'-HxCB	PCB 167	0,00003
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB	PCB 189	0,00003

Isomerengruppen und Einzelisomere, die nicht nachgewiesen werden, werden bei der Berechnung der "Toxischen Äquivalente" mit 50 % der Bestimmungsgrenze berücksichtigt.

3.6 Verfahrenskenngrößen und Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Bei den vorliegenden Probenahmerandbedingungen und der verwendeten Analytik beträgt die Bestimmungsgrenze in der Regel mindestens:

▸ 2,3,7,8-TetraCDD: 0,0005 ng/m³

▸ PCB (Einzelsubstanz): 0,0002 ng/m³

Unsicherheitsbereich: ± 15 % am Grenzwert (0,1 ng ITEF/m³)

Qualitätssicherungsmaßnahmen: Dichtigkeitsprüfung der Probenahmeapparatur, Durchflusskontrolle, Feldblindwert, Bestimmung von Wiederfindungsraten durch Standardzugabe; Akkreditierung

4 Pentachlorbenzol (PentaCBz) und Hexachlorbenzol (HexaCBz)

4.1 Analytische Bestimmung

Die quantitative Bestimmung erfolgt nach der Isotopenverdünnungsmethode mit hochauflösender Gaschromatographie direkt gekoppelt an ein hochauflösendes Massenspektrometer. Das Massenspektrometer arbeitet im "selected ion monitoring"-Modus (SIM) bei einer Auflösung von mindestens 10 000. Es werden pro Homologengruppe mindestens 2 Massen aus dem Moleküllencluster bestimmt.

Es werden regelmäßig Leerwertanalysen (Toluol) durchgeführt, um eventuelle Querkontaminationen erkennen zu können.

Die Kalibrierung erfolgt nach der Isotopenverdünnungsmethode mit internen isotopenmarkierten Standards. Es werden regelmäßig 8-Punkt-Kalibrierungen in Anlehnung DIN EN 1948 durchgeführt. Es erfolgt eine arbeitstägliche 1-Punkt-Kalibrierung.

Analysensystem: Gaschromatograph HP 5890, Agilent 6890 plus und Trace GC

Temperaturprogramm: 120°C (1,5 min) – 40 K/min – 210°C (0,5 min) – 2,5 K/min – 270°C (0 min) – 20 K/min – 320°C (10 min)

Trennsäule: Typ DB5 ms oder äquivalent, Länge: 60 m I.D.: 0,25 mm, df: 0,25 µm; Trägergas Helium

Massenspektrometer: Hochauflösendes Massenspektrometer VG AutoSpec inkl. Steuerungs- und Datenerfassungssystem (VAX station 3100 bzw. 4000, Betriebssystem: VMS bzw. Windows, Steuerungs- und Datenerfassungssoftware OPUS bzw. MassLynx) Vergleich

4.2 Verfahrenskenngrößen und Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Querempfindlichkeiten: werden durch Probenaufbereitung minimiert

absolute Bestimmungsgrenze:	0,002 µg/m ³ je Einzelsubstanz
Unsicherheitsbereich:	ca. 15 %
Qualitätssicherungsmaßnahmen:	siehe 2.1.4.2

5 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK nach EPA) (incl. Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Indeno(1,2,3-cd)pyren)

5.1 Analytische Bestimmung

Kalibrierung nach der Isotopenverdünnungsmethode mit internen Standards

deuteriertes BaP 11 deuterierte PAK Einzelverbindungen, Wiederfindungsstandard Perylen d12

Analysengeräte (Hersteller/Typ):	Agilent 6890N
Temperaturprogramm:	50°C (1 min), 20°/min auf 280°C, 30 min
Trennsäule:	DB5-ms, 60 m, 0.25 mm ID, 0.25 µm Film
Massenspektrometer:	Agilent massenselektiver Detektor 5973 N
Quantifizierung:	11 deuterierte PAK Einzelverbindungen, Wiederfindungsstandard Perylen d12 _o

5.2 Verfahrenskenngrößen und Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Querempfindlichkeiten: wird durch Probenaufbereitung minimiert

Bestimmungsgrenze:	ca. 0,005 µg/m ³ (für B(a)P)
Unsicherheitsbereich:	± 15 %
Qualitätssicherungsmaßnahmen:	siehe 2.1.4.2

6 Gasförmige organische Stoffe: VOC und Methan

6.1 Messverfahren

DIN EN 12619: Emissionen aus stationären Quellen – Bestimmung der Massenkonzentration des gesamten gasförmigen organisch gebundenen Kohlenstoffs – Kontinuierliches Verfahren mit dem Flammenionisationsdetektor; Deutsche Fassung EN 12619:2013

DIN EN ISO 25140: Automatisches Verfahren zur Bestimmung der Methan-Konzentration mit dem Flammenionisationsdetektor (FID)

6.2 Messobjekte

VOC und Methan

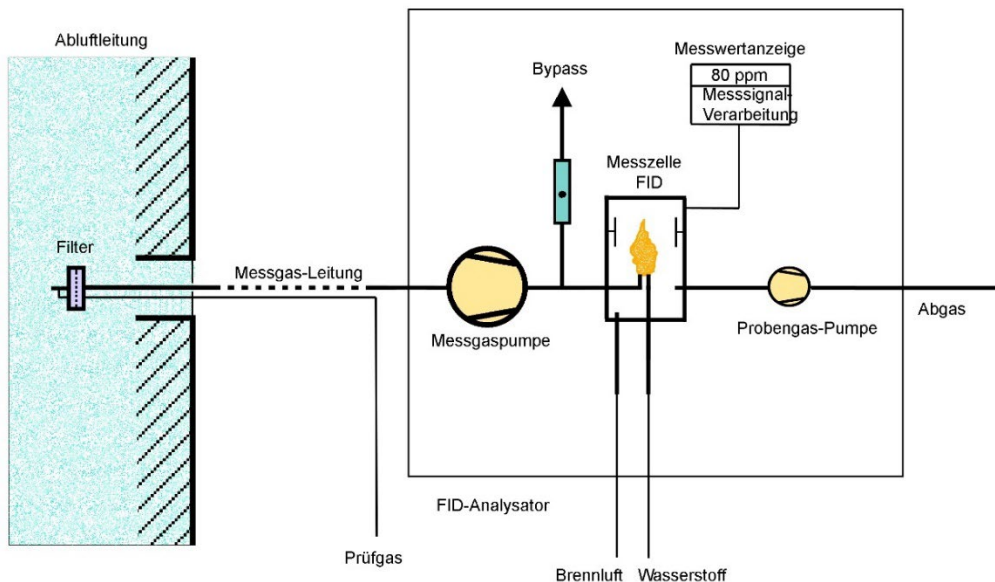
6.3 Messplatzaufbau

Entnahmesonde:	Edelstahl, Länge ca. 1,5 m beheizt auf 180 °C
Partikelfilter:	Sintermetallfilter beheizt auf 180 °C

Probegasleitung: beheizt auf 180 °C

Werkstoff der gasführenden Teile: Edelstahl und Teflon

Abbildung 2: Aufbau der Probenahmeeinrichtung FID



Quelle: TÜV SÜD

Die Grafik zeigt den Aufbau einer Gesamtkohlenstoffbestimmung mittels eines FID- Analysators. Das Probegasvolumen wird über eine beheizte Sonde mit eingebauter Filtereinheit und einer beheizten Probegasleitung der Messzelle im Analysator zugeführt.

Verfahrensprinzip

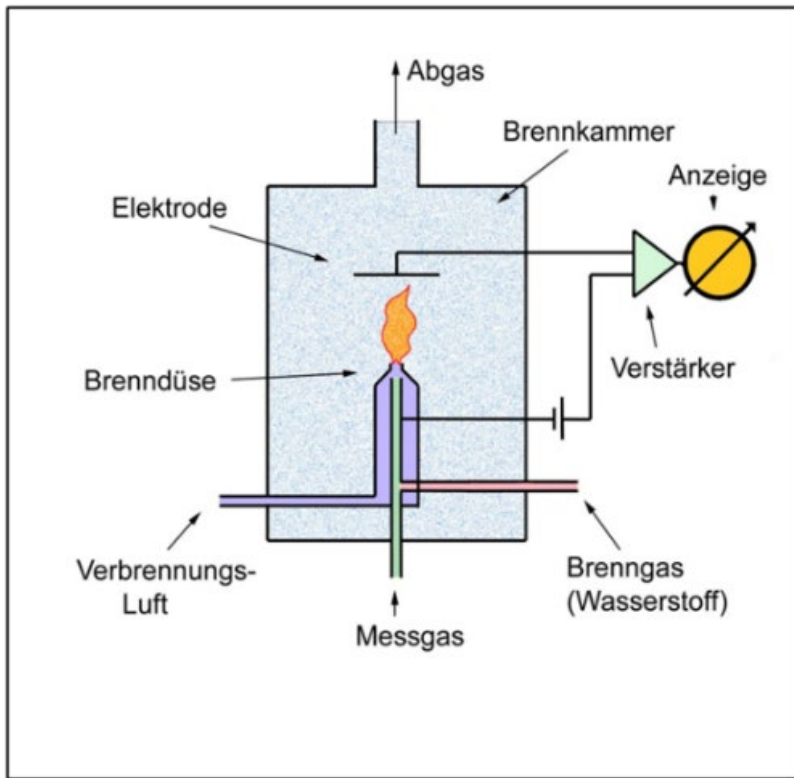
Das Messprinzip des Flammenionisationsdetektors (FID) basiert auf der Ionisation organisch gebundener Kohlenstoffatome in einer Wasserstoffflamme. Der dabei in einem elektrischen Feld (Gleichspannungsfeld) auftretende Ionenstrom wird elektrisch verstärkt und angezeigt.

Der bei der Verbrennung von Kohlenwasserstoffverbindungen entstehende Ionenstrom ist in einem weiten Bereich proportional der Masse pro Zeiteinheit der in die Flamme gebrachten Kohlenstoffatome. Organische Verbindungen mit Heteroatomen, z.B. N, O, S, Cl, sprechen im Allgemeinen mit geringerer Empfindlichkeit an. Um Anhand einer, z.B. mit Propan, ermittelten Kalibrierfunktion die tatsächliche Konzentration an Lösungsmittel zu bestimmen, muss der jeweilige Responsefaktor bekannt sein und berücksichtigt werden. Es gibt verschiedene Gerätekonfigurationen. Abbildung 3 veranschaulicht das Prinzip, bei dem das Probegas im Detektor in eine Wasserstoffflamme geleitet wird, die sich in einem elektrischen Gleichspannungsfeld befindet. Der bei der Verbrennung des Probengases verursachte Ionisationsstrom wird mit einer geeigneten Vorrichtung gemessen. Zur Bestimmung der Responsefaktoren sind Prüfgase bekannter Zusammensetzung erforderlich. In der Regel zertifizierte Prüfgase aus Druckgasflaschen.

Die Messspanne des FID wird mit Propan (C_3H_8), für das der in dieser Norm definierte Responsefaktor auf 1,00 gesetzt wurde, eingestellt. Das Messergebnis wird als TVOC in Milligramm je Kubikmeter angegeben. Um nur Methan zu bestimmen, ist der FID mit einem Konverter ausgestattet, der alle organischen

Verbindungen im Probengas, außer Methan, oxidiert. Die Differenzierung des Methananteils erfolgt durch Differenzbestimmung mit und ohne vorgeschalteten Katalysator.

Abbildung 3: Prinzip des FID



Quelle: TÜV SÜD

In der Messzelle wird das Messgas in einer Wasserstoffflamme verbrannt. Der dabei entstehende Ionisierungsstrom wird über Elektroden erfasst und ist unter Beachtung der Responsefaktoren proportional dem Gesamtkohlenstoff in der Gasprobe.

6.4 Verfahrenskenngrößen und Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Querempfindlichkeiten:	wird durch Probenaufbereitung minimiert
absolute Bestimmungsgrenze:	1 mg/m ³
relative Bestimmungsgrenze:	1 mg/m ³
Messunsicherheit:	2 % (bestimmt aus Kontrollstandards und Doppelbestimmungen)
Qualitätssicherungsmaßnahmen:	siehe 2.1.4.2

7 Ermittlung der Massenkonzentration: PM10 und PM2.5

7.1 Messverfahren

DIN EN ISO 23210: Emissionen aus stationären Quellen –Ermittlung der Massenkonzentration von PM10/PM2.5 im Abgas – Messung bei niedriger Konzentration mit Impaktoren (ISO23210:2009); Deutsche Fassung EN ISO 23210:2009

7.2 Messobjekte

PM10 und PM2.5

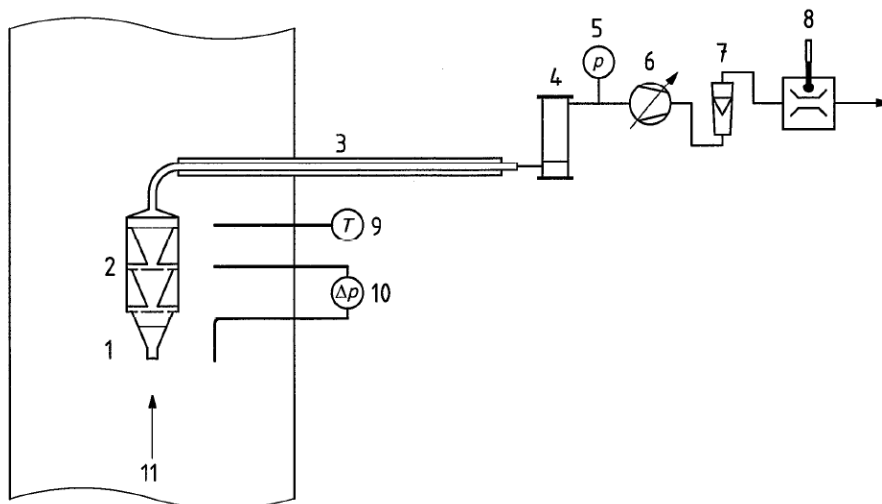
7.3 Messplatzaufbau

Impaktor: Gothe; 2-stufiger Kaskadenimpaktor Jonas II mit 3 cut-off-Fraktio-
nen ($d_{ae} > 10\mu\text{m}$, $d_{ae} = 10$ bis $2,5\mu\text{m}$, $d_{ae} < 2,5\mu\text{m}$)

Entnahmesonde: Edelstahl, Länge ca. X,X m

Werkstoff der gasführenden Teile: Titan

Abbildung 4: Aufbau der Probenahmeeinrichtung PM10/PM2.5



Legende

- | | |
|-------------------------|---------------------------------------|
| 1 Entnahmesonde | 7 Durchflussmessgerät |
| 2 zweistufiger Impaktor | 8 Gasvolumenmessgerät mit Thermometer |
| 3 Absaugrohr | 9 Temperaturmessgerät |
| 4 Trockenturm | 10 Staurohr mit Differenzdruckmesser |
| 5 Druckmessgerät | 11 Gasstrom im Abgaskanal |
| 6 Absaugaggregat | |

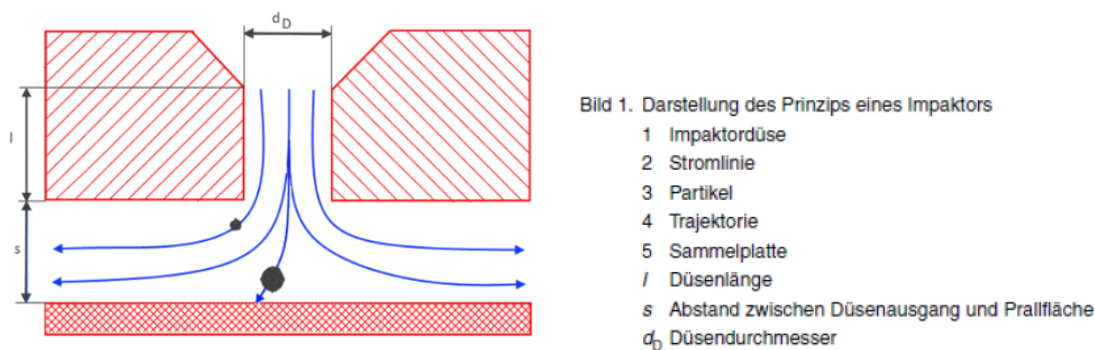
Quelle: TÜV SÜD

Die Abbildung zeigt eine Probenahmeeinrichtung zur Bestimmung der Korngröße einer Stauemission. Sie besteht aus einem Impaktor der in den Gasstrom eingebracht wird, mittels Entnahmerohr, Pumpe und Volumenstrommesseinrichtung wird isokinetisch ein Teilgasstrom durch den Impaktor gesaugt. Das Impaktorprinzip wird in der nächsten Abbildung beschrieben.

7.4 Verfahrensprinzip

Die Durchführung zur Bestimmung der Korngrößenverteilung in strömenden Gasen setzt eine ausführliche Messplanung voraus, wie sie allgemein in der Richtlinie VDI 2448 Blatt 1 beschrieben ist. Dazu gehören unter anderem die Festlegung des Messquerschnittes, die Anzahl und Anordnung der Messpunkte sowie die Probenahmedauer. Diese beträgt im Allgemeinen von 30 Minuten bis 2 Stunden (max. 50 h) in Abhängigkeit des Gesamtstaubgehaltes. Die Betriebsweise der Anlage ist bei der Messplanung so zu berücksichtigen, dass eine repräsentative Probenahme gewährleistet ist. Grundsätzlich sind die Messungen wie alle Partikel-Messungen in Form von Netzmessungen durchzuführen. Anhand der Anlagenkonfiguration (Anlage, Emissionserfassung, Abgasreinigung und Abgasführung) und Lage des Messquerschnittes sowie von bestehendem Vorwissen über die zu erwartende Schadstoffverteilung im Messquerschnitt wird die Anzahl der erforderlichen Messpunkte im Messquerschnitt und deren Verteilung auf den Messachsen gemäß VDI 2066 Blatt 1, DIN EN 13284-1 bei der Messplanung bestimmt. Als Besonderheit bei der Korngrößen-Messung ist jedoch zu beachten, dass der Probenahme-Volumenstrom weitgehend konstant gehalten werden muss, da sich sonst die Trenncharakteristik des Impaktors ändert. Aus diesem Grunde muss bei Messebenen mit stark inhomogenem Strömungsprofil eine Punktmessung am repräsentativen Netzkpunkt durchgeführt werden (Punkt 9.3 der RL). Es sollten möglichst anhand von Vormessungen die erforderlichen Informationen über die Gesamt-Staubbelastung erfasst werden, um daraus die Probenahme so festzulegen, dass einerseits wägbare Staubmassen auf den Filtern, andererseits aber auch eine Überladung vermieden wird. Besonderes Augenmerk ist auf die Abgasbedingungen wie Temperatur, saure Gase, Staubgehalt und Feuchte zu richten, da diese die Filtermaterialwahl, die Probenahmedauer und die Geräteanordnung bzw. den Einsatz von Zusatzgeräten, beeinflussen.

Abbildung 5: Prinzip des Impaktors



Quelle: TÜV SÜD

Das Impaktorprinzip nutzt das unterschiedliche Gewicht der Partikel zum Impaktieren der Partikel abhängig von ihrer Größe. Das mit den unterschiedlich großen Partikeln beladene Probegas wird in einer Düse auf eine genau vorgegebene Geschwindigkeit beschleunigt. Unterhalb der Düse befindet sich in einem Abstand ein Papierfilter, der vom Probegas umströmt wird. Schwere Partikel können der Gasströmung nicht folgen und landen auf dem Filter. Leichtere Partikel umströmen den Filter und gelangen in die nächste Abscheidestufe des Impaktors.

7.5 Verfahrenskenngrößen und Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Querempfindlichkeiten: wird durch Probenaufbereitung minimiert

absolute Bestimmungsgrenze: 0,3 mg/m³

relative Bestimmungsgrenze: 0,3 mg/m³

Messunsicherheit: 1 % (bestimmt aus Kontrollstandards und Doppelbestimmungen)

Qualitätssicherungsmaßnahmen: siehe 2.1.4.2

8 Ermittlung der Massenkonzentration: Gesamtstaub und Schwermetalle

8.1 Messverfahren

DIN EN 13284-1: Emissionen aus stationären Quellen – Ermittlung der Staubmassenkonzentration bei geringen Staubkonzentrationen Teil 1: Manuelles gravimetrisches Verfahren, deutsche Fassung EN 13284-1:2001

DIN EN 14385: Emissionen aus stationären Quellen – Bestimmung der Gesamtemission von As, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Ti und V; Deutsche Fassung EN 14385:2004

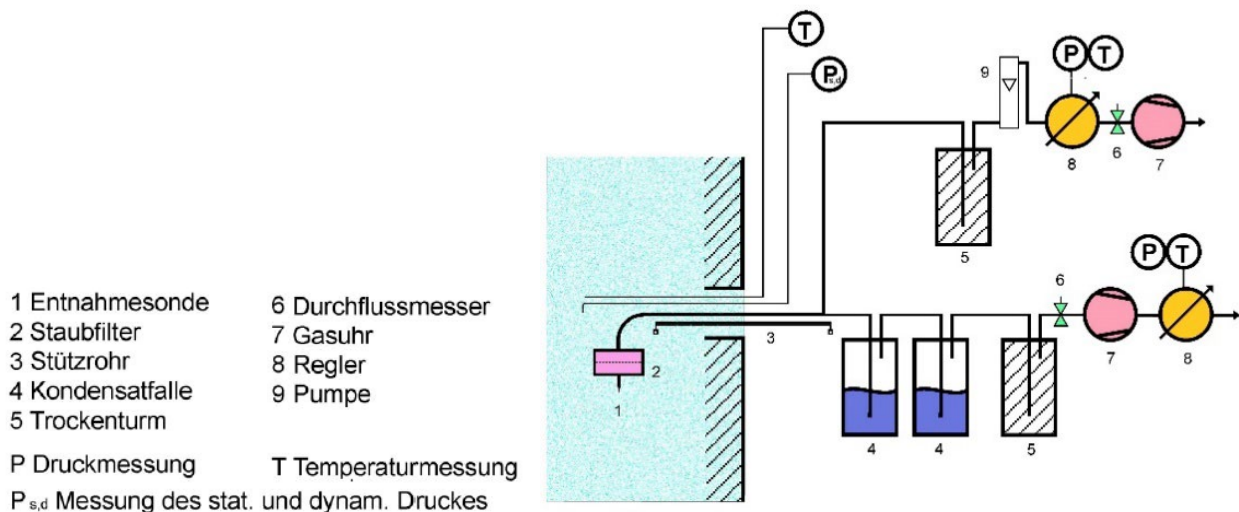
8.2 Messobjekte

Gesamtstaub und Staubinhaltsstoffe

8.3 Messplatzaufbau

Entnahmesonde: Titan
Filter: Planfilter im Titangehäuse
Trocknung: Silicagel
Durchfluss Regelung: Gasuhr/Masseflussregler

Abbildung 6: Aufbau der Probenahmeeinrichtung Gesamtstaub / Schwermetalle



Quelle: TÜV SÜD

Aufbauschema einer Gesamtstaubmesseinrichtung mit nachgeschalteten Adsorptionseinrichtungen zur Erfassung gasförmiger Bestandteile der Schwermetalle. Über eine am Filterhalter auf die Isokinetik abgestimmte Sonde wird mittels einer Pumpe ein Teilstrom des Abgases entnommen und über einen Filter geleitet, die Partikelförmigen Bestandteile des Gasstromes werden auf dem Filtermaterial zurückgehalten. Der Gasstrom wird anschließend über Impingerflaschen mit Adsorptionsflüssigkeit zur Abscheidung gasförmiger Schwermetallbestandteile geleitet. Zur Volumenbestimmung wird der Gasstrom Temperatur und Druck normiert mittels einer Gasuhr oder Massenströmmesseinrichtungen bestimmt.

Verfahrensprinzip

Grundsätzlich sind Staubgehaltsmessungen in Form von Netzmessungen durchzuführen. Die Bestimmung von Mindestanzahl und Lage der Messpunkte im Messquerschnitt erfolgt gemäß DIN EN 13284-1. Mit der beschriebenen Probenahme können auch Staubinhaltsstoffe erfasst werden, die anschließend im chemischen Labor analysiert werden. Bei Messungen der Schwermetalle nach DIN EN 14385 sind jedoch auch die speziellen Anforderungen zu beachten. Bei Anwesenheit von SO₃ kann es trotz Beheizung des Filters zur Schwefelsäureabscheidungen im Filter kommen. In diesem Fall muss die Schwefelsäure gemäß DIN EN 13284-1 durch Konditionierung der Filter (ausheizen bis 350 °C) eliminiert werden.

8.4 Verfahrenskenngrößen und Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Querempfindlichkeiten:	wird durch Probenaufbereitung minimiert
absolute Bestimmungsgrenze:	0,3 mg/m ³
relative Bestimmungsgrenze:	0,3 mg/m ³
Messunsicherheit:	5-15 % (indirekte Methode)
Qualitätssicherungsmaßnahmen:	siehe 2.1.4.2

9 Messtermine

In der nachfolgenden Tabelle sind die Termine der jeweiligen Messkampagnen zu den einzelnen Arbeitspaketen aufgeführt

Tabelle 39: Messtermine zu den einzelnen Arbeitspaketen

Anlage	Arbeitspaket 2a	Arbeitspaket 2b	Arbeitspaket 3	Arbeitspaket 4	Arbeitspaket 5
1	10. – 12.10.2019	-	06.05.2019	06.05.2019	-
2	14. – 26.09.2019	-	29.04.2019	29.-30.04.2019	-
3	20. – 22.08.2019	-	22.08.2019	20.- 21.08.2019	-
4	19. – 25.06.2019	-	27.08.2019	14.-15.12.2020	-
5	30.10. – 03.11.20	-	-	-	-
6	26. – 29.10.2020	-	-	-	-
7	09. – 12.10.2018	-	10.10.2018	10.- 11.10.2018	-
8	09. – 11.11.2020	-	09.05.2019	09.05.2019	-
9	26. – 28.06.2019	26. - 28.06.2019	01.07.2019	-	-
10	04. – 06.09.2019	04.-06.09.2019	-	-	-
11	02. – 04.07.2019	-	05.06.2019	05.-07.06.2019	-
12	03. – 06.09.2018	-	18.07.2019	18.07.2019	-
13	12. – 15.11.2018	-	17.06.2019	17.06.2019	-
14	04. – 06.09.2018	04. – 06.09.2018	-	-	-

15	09. – 11.10.2018	09. – 11.10.2018	-	-	-
16	16. – 18.10.2018	16. – 18.10.2018	-	-	-
17	-	-	04. – 11.08.2021 11.08.2021	04. -11.08.2021	-
18	-	-	-	-	17.12.2019
19	-	-	-	-	04.04.2019
20	-	-	-	-	02.07.2021
21	-	-	-	-	29.01.2019
22	-	-	-	-	17.02.2021
23	-	-	-	-	07.07.2021
24	-	-	-	-	30.11.2020

10 Anlagenbeschreibung und Messergebnisse

Die folgenden Tabellen stellen die Messwerte und Ergebnisse der einzeln untersuchten Anlagen zu den einzelnen Arbeitspaketen dar. Messwerte kleiner der Bestimmungsgrenze sind in roter Schrift dargestellt. Als Ergebnis werden 50% der Bestimmungsgrenze der einzelnen untersuchten Komponenten in den Tabellen wiedergegeben.

Tabelle 40: Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Anlagenbeschreibung

	Anlage 1	Anlage 2	Anlage 3	Anlage 4	Anlage 5	Anlage 6	Anlage 7
Feuerung	Kohlen- staub	Kohlen- staub	Kohlen- staub	Kohlen- staub	Kohle- staub	Kohle- staub	Kohle- staub
Inbetrieb- nahme	1988	2013	2015	2015	1989	1989	1984
Elekt. Bruttoleis- tung [MW]	410	790	827	827	69	62	838
Feue- rungswär- meleis- tung [MW]	981	1750	1677	1677	105	105	2100
Enta- schung	nass	trocken	trocken	trocken	nass	nass	nass

Rauchgas- reinigung	Elektrofil- ter DeNOx SCR Rauchgas- entschwe- felung	Elektrofil- ter DeNOx SCR Rauchgas- entschwe- felung	Elektrofil- ter DeNOx Rauchgas- entschwe- felung	Elektrofil- ter DeNOx Rauchgas- entschwe- felung	Elektrofil- ter DeNOx Kalkein- düsung im Feuer- raum Gewebebil- ter	Elektrofil- ter DeNOx Kalkein- düsung im Feuer- raum Gewebebil- ter	Elektrofil- ter DeNOx Rauchgas- entschwe- felung
------------------------	--	--	---	---	---	---	---

Tabelle 41: Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Anlage 1, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 1			Mittel- wert	Median
Datum		10.12.19	11.12.19	12.12.19		
Messzeit Start		8:20	8:10	7:45		
Messzeit Ende		14:20	14:10	13:45		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	898	947	938	928	938
elektr. Leistung	MW	340	365	330	345	340
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	1.355.410	1.373.220	1.357.870	1.362.167	1.357.870
Abgastemperatur	°C	102	96	96	98	96
Abgasfeuchte	Vol. %	15	12	14	14	14
Abweichung von genehmig- ter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	8,1	7,8	7,6	7,8	7,8
NO ₂	mg/m³	198,4	198,4	180,7	192,5	198,4
SO ₂	mg/m³	176,9	176,9	207,2	187,0	176,9
HCl	mg/m³	-	-	-	-	-
CO	mg/m³	3,8	4,3	40,2	16,1	4,3
Gesamtstaub	mg/m³	2,4	2,4	3,7	2,8	2,4

Tabelle 42: Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Anlage 2, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 2			Mittelwert	Median
Datum		24.09.19	25.09.19	26.09.19		
Messzeit Start		7:30	6:30	6:40		
Messzeit Ende		13:45	12:45	13:00		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	1.521	1.520	1.528	1.523	1.521
elektr. Leistung	MW	653	669	658	660	658
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	1.917.030	1.907.690	1.945.350	1.923.357	1.917.030
Abgastemperatur	°C	55	55	55	55	55
Abgasfeuchte	Vol. %	15	14	14	14	14
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	4,6	4,6	4,8	4,7	4,6
NO ₂	mg/m³	179,3	178,5	177,0	178,3	178,5
SO ₂	mg/m³	173,5	173,1	175,2	173,9	173,5
HCl	mg/m³	-	-	-	-	-
CO	mg/m³	13,1	12,0	12,7	12,6	12,7
Gesamtstaub	mg/m³	3,5	4,5	4,7	4,2	4,5

Tabelle 43: Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Anlage 3, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 3			Mittelwert	Median
Datum		20.08.19	21.08.19	22.08.19		
Messzeit Start		8:30	8:30	8:45		
Messzeit Ende		14:30	14:30	14:45		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	1.166	1.482	1.718	1.421	1.421
elektr. Leistung	MW	685	694	687	639	639

Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	2.157.788	2.161.390	2.149.496	2.156.225	2.157.788
Abgastemperatur	°C	54	54	55	54	54
Abgasfeuchte	Vol. %	15	15	15	15	15
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	4,5	4,4	4,5	4,5	4,5
NO ₂	mg/m³	61,7	57,1	63,3	60,7	61,7
SO ₂	mg/m³	76,2	70,0	63,6	70,0	70,0
HCl	mg/m³	-	-	-	-	-
CO	mg/m³	6,2	7,0	4,9	6,0	6,2
Gesamtstaub	mg/m³	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Tabelle 44: Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle Anlage 4, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 4			Mittelwert	Median
Datum		19.06.18	20.06.18	25.06.18		
Messzeit Start		9:06	9:02	9:15		
Messzeit Ende		15:25	15:25	15:30		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	1.421	1.421	1.421	1.421	1.421
elektr. Leistung	MW	639	639	639	639	639
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	2.002.100	1.995.600	1.974.800	1.990.833	1.995.600
Abgastemperatur	°C	54	54	55	54	54
Abgasfeuchte	Vol. %	15	15	15	15	15
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	3,9	3,8	4,1	3,9	3,9
NO ₂	mg/m³	58,0	51,5	55,1	54,9	55,1

SO ₂	mg/m ³	38,6	35,5	29,5	34,5	35,5
HCl	mg/m ³	-	-	-	-	-
CO	mg/m ³	3,2	3,2	4,0	3,5	3,2
Gesamtstaub	mg/m ³	0,9	1,0	0,8	0,9	0,9

Tabelle 45: Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle Anlage 5, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 5			Mittelwert	Median
Datum		30.10.20	02.11.20	03.11.20		
Messzeit Start		9:00	9:28	8:27		
Messzeit Ende		15:05	15:33	14:32		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	180	183	188	184	183
elektr. Leistung	MW	48	58	65	57	58
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m ³ /h	371.556	375.192	381.096	375.948	375.192
Abgastemperatur	°C	82	81	80	81	81
Abgasfeuchte	Vol. %	11	10	11	11	11
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	7,8	7,7	7,5	7,7	7,7
NO ₂	mg/m ³	141,7	145,5	145,6	144,3	145,5
SO ₂	mg/m ³	115,7	140,3	152,3	136,1	140,3
HCl	mg/m ³	-	-	-	-	-
CO	mg/m ³	5,8	5,8	5,4	5,7	5,8
Gesamtstaub	mg/m ³	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

Tabelle 46: Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Anlage 6, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 6			Mittelwert	Median
Datum		26.10.20	28.10.20	29.10.20		
Messzeit Start		10:20	9:35	9:00		
Messzeit Ende		16:25	15:40	15:05		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	204	203	202	203	203
elektr. Leistung	MW	66	60	49	58	60
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	331.248	332.891	334.608	332.915	332.891
Abgastemperatur	°C	81	83	81	82	81
Abgasfeuchte	Vol. %	11	11	11	11	11
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	7,2	7,2	7,3	7,2	7,2
NO ₂	mg/m³	155,7	157,2	160,5	157,8	157,2
SO ₂	mg/m³	145,9	138,5	151,4	145,3	145,9
HCl	mg/m³	-	-	-	-	-
CO	mg/m³	10,3	9,8	10,4	10,1	10,3
Gesamtstaub	mg/m³	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3

Tabelle 47: Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Anlage 7, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 7			Mittelwert	Median
Datum		09.10.18	10.10.18	11.10.18		
Messzeit Start		7:52	8:00	8:00		
Messzeit Ende		13:52	14:00	14:00		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100
elektr. Leistung	MW	839	838	839	839	839

Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	2.399.720	2.438.200	2.435.340	2.424.420	2.435.340
Abgastemperatur	°C	140	142	142	141	142
Abgasfeuchte	Vol. %	11	11	10	11	11
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	4,2	4,1	4,0	4,1	4,1
NO ₂	mg/m³	171,9	190,3	166,9	176,3	171,9
SO ₂	mg/m³	103,1	106,8	100,0	103,3	103,1
HCl	mg/m³	2,9	3,2	3,4	3,2	3,2
CO	mg/m³	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
Gesamtstaub	mg/m³	6,1	5,7	6,4	6,1	6,1

Tabelle 48: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Anlage 1, Messwerte

Komponente		Anlage 1			Mittelwert	Median
Datum		10.12.19	11.12.19	12.12.19		
Messzeit Start		8:20	8:10	7:45		
Messzeit Ende		14:20	14:10	13:45		
Dioxine / Furane	ng/m³	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007
Polychlorierte Biphenyle	ng/m³	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Hexachlorbenzol	µg/m³	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500
Pentachlorbenzol	µg/m³	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500
Benzo(a)pyren	µg/m³	0,1000	0,0500	0,1000	0,0833	0,1000
Benzo(b)fluoranthren	µg/m³	0,1000	0,0500	0,1000	0,0833	0,1000
Benzo(k)fluoranthren	µg/m³	0,1000	0,0500	0,1000	0,0833	0,1000
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	µg/m³	0,1000	0,0500	0,1000	0,0833	0,1000
Spezifisches Rauchgasvolumen	m³/GJ	368	361	356	362	361

Tabelle 49: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Anlage 2, Messwerte

Komponente		Anlage 2			Mittelwert	Median
Datum		24.09.19	25.09.19	26.09.19		
Messzeit Start		7:30	6:30	6:40		
Messzeit Ende		13:45	12:45	13:00		
Dioxine / Furane	ng/m ³	0,0006	0,0005	0,0006	0,0006	0,0006
Polychlorierte Biphenyle	ng/m ³	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Hexachlorbenzol	µg/m ³	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500
Pentachlorbenzol	µg/m ³	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500
Benzo(a)pyren	µg/m ³	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500
Benzo(b)fluoranthren	µg/m ³	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500
Benzo(k)fluoranthren	µg/m ³	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500
Indeno	µg/m ³	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	342	346	346	345	346

Tabelle 50: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Anlage 3, Messwerte

Komponente		Anlage 3			Mittelwert	Median
Datum		20.08.19	21.08.19	22.08.19		
Messzeit Start		8:30	8:30	8:45		
Messzeit Ende		15:00	15:00	15:15		
Dioxine / Furane	ng/m ³	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
Polychlorierte Biphenyle	ng/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Hexachlorbenzol	µg/m ³	-	-	-	-	-
Pentachlorbenzol	µg/m ³	-	-	-	-	-
Benzo(a)pyren	µg/m ³	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Benzo(b)fluoranthren	µg/m ³	-	-	-	-	-
Benzo(k)fluoranthren	µg/m ³	-	-	-	-	-
Indeno	µg/m ³	-	-	-	-	-
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	355	355	355	355	355

Tabelle 51: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Anlage 4, Messwerte

Komponente		Anlage 4			Mittelwert	Median
Datum		19.06.18	20.06.18	25.06.18		
Messzeit Start		9:06	9:02	9:15		
Messzeit Ende		15:25	15:25	15:30		
Dioxine / Furane	ng/m ³	0,0010	0,0008	0,0007	0,0008	0,0008
Polychlorierte Biphenyle	ng/m ³	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001
Hexachlorbenzol	µg/m ³	0,0031	0,0036	0,0031	0,0033	0,0031
Pentachlorbenzol	µg/m ³	0,0031	0,0036	0,0031	0,0033	0,0031
Benzo(a)pyren	µg/m ³	0,0012	0,0014	0,0012	0,0013	0,0012
Benzo(b)fluoranthren	µg/m ³	0,0012	0,0014	0,0012	0,0013	0,0012
Benzo(k)fluoranthren	µg/m ³	0,0012	0,0014	0,0012	0,0013	0,0012
Indeno	µg/m ³	0,0012	0,0014	0,0012	0,0013	0,0012
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	354	354	354	354	354

Tabelle 52: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Anlage 5, Messwerte

Komponente		Anlage 5			Mittelwert	Median
Datum		30.10.20	02.11.20	03.11.20		
Messzeit Start		9:00	9:28	8:27		
Messzeit Ende		15:05	15:33	14:32		
Dioxine / Furane	ng/m ³	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Polychlorierte Biphenyle	ng/m ³	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Hexachlorbenzol	µg/m ³	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050
Pentachlorbenzol	µg/m ³	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050
Benzo(a)pyren	µg/m ³	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100
Benzo(b)fluoranthren	µg/m ³	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100
Benzo(k)fluoranthren	µg/m ³	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100
Indeno	µg/m ³	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	341	343	345	343	343

Tabelle 53: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Anlage 6, Messwerte

Komponente		Anlage 6			Mittelwert	Median
Datum		26.10.20	28.10.20	29.10.20		
Messzeit Start		10:20	9:35	9:00		
Messzeit Ende		16:25	15:40	15:05		
Dioxine / Furane	ng/m ³	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Polychlorierte Biphenyle	ng/m ³	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Hexachlorbenzol	µg/m ³	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050
Pentachlorbenzol	µg/m ³	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050
Benzo(a)pyren	µg/m ³	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100
Benzo(b)fluoranthren	µg/m ³	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100
Benzo(k)fluoranthren	µg/m ³	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100
Indeno	µg/m ³	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100

Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	278	280	286	281	280
------------------------------	--------------------	-----	-----	-----	-----	-----

Tabelle 54: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Steinkohle, Anlage 7, Messwerte

Komponente		Anlage 7			Mittelwert	Median
Datum		09.10.18	10.10.18	11.10.18		
Messzeit Start		7:52	8:00	8:00		
Messzeit Ende		13:52	14:00	14:00		
Dioxine / Furane	ng/m ³	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007
Polychlorierte Biphenyle	ng/m ³	0,0001	0,0002	0,0002	0,0001	0,0002
Hexachlorbenzol	µg/m ³	0,0022	0,0014	0,0006	0,0014	0,0014
Pentachlorbenzol	µg/m ³	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
Benzo(a)pyren	µg/m ³	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
Benzo(b)fluoranthren	µg/m ³	0,0007	0,0019	0,0007	0,0011	0,0007
Benzo(k)fluoranthren	µg/m ³	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
Indeno	µg/m ³	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	317	323	322	321	322

Tabelle 55: Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlagenbeschreibung

	Anlage 8	Anlage 9	Anlage 10	Anlage 11	Anlage 12
Feuerung	Zirkulierende Wirbelschicht	Staubfeuerung	Staubfeuerung	Staubfeuerung	Staubfeuerung
Inbetriebnahme	1990	1997	2000	1972	1976
Elekt. Bruttoleistung [MW]	85	800	934	319	645
maximal genehmigte Feuerungswärmeleistung [MW]	240	2.100	2.400	855	1702
Entaschung	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken
Rauchgasreinigung	Primäre Entstickung	Primäre Entstickung	Primäre Entstickung	Primäre Entstickung	Primäre Entstickung

	Elektrofilter Kalkeindüsung Feuerraum	Elektrofilter Rauchgasent- schwefelung	Elektrofilter Rauchgasent- schwefelung	Elektrofilter Rauchgasent- schwefelung	Elektrofilter Rauchgasent- schwefelung
	Anlage 13	Anlage 14	Anlage 15	Anlage 16	
Feuerung	Staubfeuerung	Staubfeuerung	Staubfeuerung	Staubfeuerung	
Inbetrieb- nahme	2012	1965	1967	1974	
Elekt. Brutto- leistung [MW]	1110	373	361	700	
maximal ge- nehmigte Feu- erungswärme- leistung [MW]	2800	1180	1068	1960	
Rauchgasrei- nigung	Primäre Entstickung Elektrofilter Rauchgasent- schwefelung	Primäre Entstickung Elektrofilter Rauchgasent- schwefelung	Primäre Entstickung Elektrofilter Rauchgasent- schwefelung	Primäre Entstickung Elektrofilter Rauchgasent- schwefelung	

Tabelle 56: Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 8, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 8			Mittel- wert	Median
Datum		09.11.20	10.11.20	11.11.20		
Messzeit Start		9:50	7:30	7:20		
Messzeit Ende		15:50	13:30	13:20		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	221	215	192	209	215
elektr. Leistung	MW	88	86	77	84	86
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m ³ /h	274.522	290.665	289.626	284.938	289.626
Abgastemperatur	°C	153	148	166	156	153
Abgasfeuchte	Vol. %	10	9	10	10	10
Abweichung von genehmig- ter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						

O ₂	Vol. %	3,5	3,3	3,4	3,4	3,4
NO ₂	mg/m ³	140,8	167,9	134,1	147,6	140,8
SO ₂	mg/m ³	14,5	0,8	19,2	11,5	14,5
HCl	mg/m ³	-	-	-	-	-
CO	mg/m ³	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Gesamtstaub	mg/m ³	0,1	1,5	0,1	0,6	0,1

Tabelle 57: Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 9, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 9			Mittelwert	Median
Datum		26.06.19	27.06.19	28.06.19		
Messzeit Start		8:05	7:50	7:50		
Messzeit Ende		14:07	13:54	13:53		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	1.843	1.883	1.880	1.869	1.880
elektr. Leistung	MW	800	753	805	786	800
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m ³ /h	2.830.900	2.710.110	2.832.840	2.791.283	2.830.900
Abgastemperatur	°C	69	67	68	68	68
Abgasfeuchte	Vol. %	29	28	28	28	28
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	4,7	5,1	4,8	4,9	4,8
NO ₂	mg/m ³	126,8	135,4	130,2	130,8	130,2
SO ₂	mg/m ³	171,3	137,5	158,1	155,7	158,1
HCl	mg/m ³	-	-	-	-	-
CO	mg/m ³	13,6	5,4	7,7	8,9	7,7
Gesamtstaub	mg/m ³	1,5	1,9	1,6	1,7	1,6

Tabelle 58: Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 10, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 10			Mittelwert	Median
Datum		04.09.18	05.09.18	06.09.18		
Messzeit Start		8:35	8:35	8:35		
Messzeit Ende		14:35	14:35	14:35		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
elektr. Leistung	MW	778	778	778	778	778
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	3.858.700	3.876.660	3.953.680	3.896.347	3.876.660
Abgastemperatur	°C	69	69	69	69	69
Abgasfeuchte	Vol. %	28	29	29	29	29
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	2,9	2,9	3,1	3,0	2,9
NO ₂	mg/m³	147,8	133,3	142,5	141,2	142,5
SO ₂	mg/m³	221,9	231,6	213,7	222,4	221,9
HCl	mg/m³	-	-	-	-	-
CO	mg/m³	9,4	7,0	4,7	7,0	7,0
Gesamtstaub	mg/m³	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7

Tabelle 59: Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 11, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 11			Mittelwert	Median
Datum		02.07.19	03.07.19	04.07.19		
Messzeit Start		7:05	5:50	5:58		
Messzeit Ende		13:05	11:50	11:58		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	753	855	855	821	855
elektr. Leistung	MW	272	312	312	299	312

Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	1.122.000	1.285.800	1.282.900	1.230.233	1.282.900
Abgastemperatur	°C	62	62	62	62	62
Abgasfeuchte	Vol. %	22	22	22	22	22
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	6,8	7,2	6,8	6,9	6,8
NO ₂	mg/m³	167,8	171,9	166,0	168,6	167,8
SO ₂	mg/m³	111,0	83,5	98,2	97,6	98,2
HCl	mg/m³	-	-	-	-	-
CO	mg/m³	84,1	98,8	88,4	90,4	88,4
Gesamtstaub	mg/m³	1,3	3,2	4,0	2,8	3,2

Tabelle 60: Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 12, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 12			Mittelwert	Median
Datum		23.10.18	25.10.18	26.10.18		
Messzeit Start		7:58	7:45	7:06		
Messzeit Ende		13:58	13:45	13:06		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	1.702	1.702	1.702	1.702	1.702
elektr. Leistung	MW	645	645	645	645	645
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	1.672.200	1.611.100	1.706.000	1.663.100	1.672.200
Abgastemperatur	°C	63	66	65	65	65
Abgasfeuchte	Vol. %	23	26	25	25	25
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	5,8	5,5	5,5	5,6	5,5
NO ₂	mg/m³	161,9	160,6	161,8	161,5	161,8

SO ₂	mg/m ³	3,2	23,9	26,8	18,0	23,9
HCl	mg/m ³	-	-	-	-	-
CO	mg/m ³	24,0	31,0	37,7	30,9	31,0
Gesamtstaub	mg/m ³	3,5	6,7	5,5	5,2	5,5

Tabelle 61: Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 13, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 13			Mittelwert	Median
Datum		13.11.18	14.11.18	15.11.18		
Messzeit Start		8:07	7:54	7:57		
Messzeit Ende		14:17	14:04	14:07		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800
elektr. Leistung	MW	1.110	1.110	1.110	1.110	1.110
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m ³ /h	3.340.200	3.430.000	3.421.500	3.397.233	3.421.500
Abgastemperatur	°C	62	61	62	62	62
Abgasfeuchte	Vol. %	22	21	22	21	22
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	4,6	4,4	4,4	4,5	4,4
NO ₂	mg/m ³	174,0	172,3	170,0	172,1	172,3
SO ₂	mg/m ³	12,9	8,4	29,8	17,0	12,9
HCl	mg/m ³	-	-	-	-	-
CO	mg/m ³	25,9	18,7	16,4	20,3	18,7
Gesamtstaub	mg/m ³	5,5	5,1	5,7	5,4	5,5

Tabelle 62: Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 14, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 14			Mittelwert	Median
Datum		04.09.18	05.09.18	06.09.18		
Messzeit Start		7:45	7:35	7:43		
Messzeit Ende		13:45	13:35	13:43		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180
elektr. Leistung	MW	373	373	373	373	373
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	1.690.000	1.690.000	1.690.000	1.690.000	1.690.000
Abgastemperatur	°C	107	107	105	106	107
Abgasfeuchte	Vol. %	16	17	18	17	17
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	8,9	8,8	8,7	8,8	8,8
NO ₂	mg/m³	199,1	209,2	198,4	202,2	199,1
SO ₂	mg/m³	147,6	121,4	42,6	103,8	121,4
HCl	mg/m³	-	-	-	-	-
CO	mg/m³	147,6	130,8	141,8	140,1	141,8
Gesamtstaub	mg/m³	7,4	7,5	7,4	7,4	7,4

Tabelle 63: Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 15, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 15			Mittelwert	Median
Datum		09.10.18	10.10.18	11.10.18		
Messzeit Start		8:45	8:07	8:07		
Messzeit Ende		14:53	14:13	14:13		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	1.068	1.068	1.068	1.068	1.068
elektr. Leistung	MW	361	361	361	361	361

Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	1.026.500	1.016.000	1.035.000	1.025.833	1.026.500
Abgastemperatur	°C	65	66	65	65	65
Abgasfeuchte	Vol. %	24	26	25	25	25
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
NO ₂	mg/m³	180,7	200,3	188,3	189,7	188,3
SO ₂	mg/m³	26,1	28,3	24,7	26,3	26,1
HCl	mg/m³	-	-	-	-	-
CO	mg/m³	74,2	140,5	116,9	110,5	116,9
Gesamtstaub	mg/m³	3,0	3,5	2,9	3,1	3,0

Tabelle 64: Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 16, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 16			Mittelwert	Median
Datum		16.10.18	17.10.18	18.10.18		
Messzeit Start		8:24	8:03	8:04		
Messzeit Ende		14:30	14:09	14:10		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
elektr. Leistung	MW	700	700	700	700	700
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	2.760.000	2.760.000	2.760.000	2.760.000	2.760.000
Abgastemperatur	°C	65	65	65	65	65
Abgasfeuchte	Vol. %	27	25	26	26	26
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	5,8	5,4	5,2	5,5	5,4
NO ₂	mg/m³	196,2	203,5	184,9	194,9	196,2

SO ₂	mg/m ³	58,8	89,6	68,6	72,4	68,6
HCl	mg/m ³	-	-	-	-	-
CO	mg/m ³	180,8	171,4	176,7	176,3	176,7
Gesamtstaub	mg/m ³	3,4	3,8	3,3	3,5	3,4

Tabelle 65: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 8, Messwerte

Komponente		Anlage 8			Mittelwert	Median
Datum		09.11.20	10.11.20	11.11.20		
Messzeit Start		9:50	7:30	7:20		
Messzeit Ende		15:50	13:30	13:20		
Dioxine / Furane	ng/m ³	0,0006	0,0004	0,0006	0,0006	0,0006
Polychlorierte Biphenyle	ng/m ³	0,0006	0,0001	0,0002	0,0003	0,0002
Hexachlorbenzol	µg/m ³	0,0006	0,0006	0,0011	0,0008	0,0006
Pentachlorbenzol	µg/m ³	0,0007	0,0009	0,0015	0,0010	0,0009
Benzo(a)pyren	µg/m ³	0,0012	0,0012	0,0016	0,0013	0,0012
Benzo(b)fluoranthren	µg/m ³	0,0150	0,0053	0,0177	0,0127	0,0150
Benzo(k)fluoranthren	µg/m ³	0,0024	0,0012	0,0041	0,0026	0,0024
Indeno	µg/m ³	0,0022	0,0012	0,0016	0,0016	0,0016
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	480	480	480	480	480

Tabelle 66: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 9, Messwerte

Komponente		Anlage 9			Mittelwert	Median
Datum		26.06.19	27.06.19	28.06.19		
Messzeit Start		8:05	7:50	7:50		
Messzeit Ende		14:07	13:54	13:53		
Dioxine / Furane	ng/m ³	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Polychlorierte Biphenyle	ng/m ³	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Hexachlorbenzol	µg/m ³	0,0005	0,0005	0,0004	0,0005	0,0005
Pentachlorbenzol	µg/m ³	0,0018	0,0029	0,0026	0,0024	0,0026

Benzo(a)pyren	µg/m ³	0,0023	0,0009	0,0009	0,0014	0,0009
Benzo(b)fluoranthen	µg/m ³	0,0010	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009
Benzo(k)fluoranthen	µg/m ³	0,0010	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009
Indeno	µg/m ³	0,0010	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	469	432	458	453	458

Tabelle 67: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 10, Messwerte

Komponente		Anlage 10			Mittelwert	Median
Datum		04.09.18	05.09.18	06.09.18		
Messzeit Start		8:35	8:35	8:35		
Messzeit Ende		14:35	14:35	14:35		
Dioxine / Furane	ng/m ³	0,0005	0,0004	0,0005	0,0005	0,0005
Polychlorierte Biphenyle	ng/m ³	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Hexachlorbenzol	µg/m ³	0,1055	0,1055	0,1092	0,1067	0,1055
Pentachlorbenzol	µg/m ³	0,1055	0,1055	0,1092	0,1067	0,1055
Benzo(a)pyren	µg/m ³	0,0703	0,0703	0,0728	0,0711	0,0703
Benzo(b)fluoranthen	µg/m ³	0,0703	0,0703	0,0728	0,0711	0,0703
Benzo(k)fluoranthen	µg/m ³	0,0703	0,0703	0,0728	0,0711	0,0703
Indeno	µg/m ³	0,0703	0,0703	0,0728	0,0711	0,0703
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	596	595	601	597	596

Tabelle 68: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 11, Messwerte

Komponente		Anlage 11			Mittelwert	Median
Datum		02.07.19	03.07.19	04.07.19		
Messzeit Start		7:05	5:50	5:58		
Messzeit Ende		13:05	11:50	11:58		
Dioxine / Furane	ng/m ³	0,0006	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006
Polychlorierte Biphenyle	ng/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Hexachlorbenzol	µg/m ³	0,0010	0,0018	0,0005	0,0011	0,0010
Pentachlorbenzol	µg/m ³	0,0005	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005
Benzo(a)pyren	µg/m ³	0,0010	0,0012	0,0010	0,0011	0,0010
Benzo(b)fluoranthren	µg/m ³	0,0010	0,0012	0,0010	0,0011	0,0010
Benzo(k)fluoranthren	µg/m ³	0,0010	0,0012	0,0010	0,0011	0,0010
Indeno	µg/m ³	0,0010	0,0012	0,0010	0,0011	0,0010
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	404	404	404	404	404

Tabelle 69: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 12, Messwerte

Komponente		Anlage 12			Mittelwert	Median
Datum		23.10.18	25.10.18	26.10.18		
Messzeit Start		7:58	7:45	7:06		
Messzeit Ende		13:58	13:45	13:06		
Dioxine / Furane	ng/m ³	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Polychlorierte Biphenyle	ng/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Hexachlorbenzol	µg/m ³	0,0010	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009
Pentachlorbenzol	µg/m ³	0,0010	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009
Benzo(a)pyren	µg/m ³	0,0005	0,0005	0,0004	0,0005	0,0005
Benzo(b)fluoranthren	µg/m ³	0,0005	0,0005	0,0004	0,0005	0,0005
Benzo(k)fluoranthren	µg/m ³	0,0010	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009
Indeno	µg/m ³	0,0005	0,0005	0,0004	0,0005	0,0005
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	403	403	403	403	403

Tabelle 70: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 13, Messwerte

Komponente		Anlage 13			Mittelwert	Median
Datum		13.11.18	14.11.18	15.11.18		
Messzeit Start		8:07	7:54	7:57		
Messzeit Ende		14:17	14:04	14:07		
Dioxine / Furane	ng/m ³	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Polychlorierte Biphenyle	ng/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Hexachlorbenzol	µg/m ³	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009
Pentachlorbenzol	µg/m ³	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009
Benzo(a)pyren	µg/m ³	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Benzo(b)fluoranthren	µg/m ³	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Benzo(k)fluoranthren	µg/m ³	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009
Indeno	µg/m ³	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	392	392	392	392	392

Tabelle 71: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 14, Messwerte

Komponente		Anlage 14			Mittelwert	Median
Datum		04.09.18	05.09.18	06.09.18		
Messzeit Start		7:45	7:35	7:43		
Messzeit Ende		13:45	13:35	13:43		
Dioxine / Furane	ng/m ³	0,0007	0,0009	0,0009	0,0008	0,0009
Polychlorierte Biphenyle	ng/m ³	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Hexachlorbenzol	µg/m ³	0,0011	0,0016	0,0015	0,0014	0,0015
Pentachlorbenzol	µg/m ³	0,0011	0,0016	0,0015	0,0014	0,0015
Benzo(a)pyren	µg/m ³	0,0006	0,0008	0,0008	0,0007	0,0008
Benzo(b)fluoranthren	µg/m ³	0,0006	0,0008	0,0008	0,0007	0,0008
Benzo(k)fluoranthren	µg/m ³	0,0006	0,0008	0,0008	0,0007	0,0008
Indeno	µg/m ³	0,0006	0,0008	0,0008	0,0007	0,0008

Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	418	418	418	418	418
------------------------------	--------------------	-----	-----	-----	-----	-----

Tabelle 72: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 15, Messwerte

Komponente		Anlage 15			Mittelwert	Median
Datum		09.10.18	10.10.18	11.10.18		
Messzeit Start		8:45	8:07	8:07		
Messzeit Ende		14:53	14:13	14:13		
Dioxine / Furane	ng/m ³	0,0006	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007
Polychlorierte Biphenyle	ng/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Hexachlorbenzol	µg/m ³	0,0011	0,0006	0,0012	0,0010	0,0011
Pentachlorbenzol	µg/m ³	0,0011	0,0006	0,0012	0,0010	0,0011
Benzo(a)pyren	µg/m ³	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
Benzo(b)fluoranthren	µg/m ³	0,0006	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006
Benzo(k)fluoranthren	µg/m ³	0,0006	0,0012	0,0006	0,0008	0,0006
Indeno	µg/m ³	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	417	417	417	417	417

Tabelle 73: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2a, Brennstoff Braunkohle, Anlage 16, Messwerte:

Komponente		Anlage 16			Mittelwert	Median
Datum		16.10.18	17.10.18	18.10.18		
Messzeit Start		8:24	8:03	8:04		
Messzeit Ende		14:30	14:09	14:10		
Dioxine / Furane	ng/m ³	0,0006	0,0008	0,0006	0,0007	0,0006
Polychlorierte Biphenyle	ng/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Hexachlorbenzol	µg/m ³	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Pentachlorbenzol	µg/m ³	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Benzo(a)pyren	µg/m ³	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Benzo(b)fluoranthren	µg/m ³	0,0007	0,0007	0,0005	0,0006	0,0007
Benzo(k)fluoranthren	µg/m ³	0,0006	0,0011	0,0005	0,0007	0,0006
Indeno	µg/m ³	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	416	416	416	416	416

Tabelle 74: Anlagen zum Arbeitspaket 2b, Brennstoff Braunkohle, Anlagenbeschreibung

	Anlage 9	Anlage 10	Anlage 14	Anlage 15	Anlage 16
Feuerung	Staubfeuerung	Staubfeuerung	Staubfeuerung	Staubfeuerung	Staubfeuerung
Inbetriebnahme	1997	2000	2012	1967	1974
Elekt. Bruttoleistung [MW]	800	934	1110	361	700
max. genehmigte Feuerungswärmeleistung [MW]	2.100	2.400	2.800	1.068	1.960
Entaschung	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken
Rauchgasreinigung	Primäre Entstickung Elektrofilter Rauchgasentschwefelung	Primäre Entstickung Elektrofilter Rauchgasentschwefelung	Primäre Entstickung Elektrofilter Rauchgasentschwefelung	Primäre Entstickung Elektrofilter Rauchgasentschwefelung	Primäre Entstickung Elektrofilter Rauchgasentschwefelung

Tabelle 75: Arbeitspaket 2b, Brennstoff Braunkohle, Anlage 9, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 9			Mittelwert	Median
Datum		26.06.19	27.06.19	28.06.19		
Messzeit Start		10:57	9:14	8:41		
Messzeit Ende		12:27	10:44	10:11		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	1.843	1.883	1.880	1.869	1.880
elektr. Leistung	MW	800	753	805	786	800
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	2.830.900	2.710.110	2.832.840	2.791.283	2.830.900
Abgastemperatur	°C	69	67	68	68	68
Abgasfeuchte	Vol. %	29	28	28	28	28
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	4,7	5,2	4,8	4,9	4,8
NO ₂	mg/m³	123,7	139,8	131,6	131,7	131,6
SO ₂	mg/m³	135,6	170,2	170,5	158,7	170,2
HCl	mg/m³	-	-	-	-	-
CO	mg/m³	18,9	4,3	7,4	10,2	7,4
Gesamtstaub	mg/m³	1,4	2,1	1,6	1,7	1,6

Tabelle 76: Arbeitspaket 2b, Brennstoff Braunkohle, Anlage 10, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 10			Mittelwert	Median
Datum		04.09.18	05.09.18	06.09.18		
Messzeit Start		11:55	11:35	11:45		
Messzeit Ende		12:35	12:15	12:25		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

elektr. Leistung	MW	778	778	778	778	778
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	3.858.700	3.876.660	3.953.680	3.896.350	3.876.660
Abgastemperatur	°C	69	69	69	69	69
Abgasfeuchte	Vol. %	28	29	29	29	29
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	3,0	2,9	3,1	3,0	3,0
NO ₂	mg/m³	155,3	136,1	141,4	144,3	141,4
SO ₂	mg/m³	213,5	248,2	228,0	229,9	228,0
HCl	mg/m³	-	-	-	-	-
CO	mg/m³	5,7	6,9	4,0	5,5	5,7
Gesamtstaub	mg/m³	1,6	1,7	1,6	1,6	1,6

Tabelle 77: Arbeitspaket 2b, Brennstoff Braunkohle, Anlage 14, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 14			Mittelwert	Median
Datum		04.09.18	05.09.18	06.09.18		
Messzeit Start		10:45	9:05	7:52		
Messzeit Ende		11:50	10:05	8:52		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180
elektr. Leistung	MW	373	373	373	373	373
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	1.690.000	1.690.000	1.690.000	1.690.000	1.690.000
Abgastemperatur	°C	107	107	105	106	107
Abgasfeuchte	Vol. %	16	17	18	17	17
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	8,9	8,9	8,5	8,8	8,9

NO ₂	mg/m ³	201,1	210,2	200,2	203,8	201,1
SO ₂	mg/m ³	43,4	93,1	48,9	61,8	48,9
HCl	mg/m ³	-	-	-	-	-
CO	mg/m ³	128,3	116,5	158,7	134,5	128,3
Gesamtstaub	mg/m ³	7,0	7,5	7,3	7,3	7,3

Tabelle 78: Arbeitspaket 2b, Brennstoff Braunkohle, Anlage 15, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 15			Mittelwert	Median
Datum		09.10.18	10.10.18	11.10.18		
Messzeit Start		11:22	9:51	9:38		
Messzeit Ende		12:30	10:56	10:44		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	1.068	1.068	1.068	1.068	1.068
elektr. Leistung	MW	361	361	361	361	361
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m ³ /h	1.026.500	1.016.000	1.035.000	1.025.833	1.026.500
Abgastemperatur	°C	65	66	65	65	65
Abgasfeuchte	Vol. %	24	26	25	25	25
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	6,2	6,5	6,7	6,5	6,5
NO ₂	mg/m ³	194,6	203,2	210,1	202,6	203,2
SO ₂	mg/m ³	20,3	27,0	25,9	24,4	25,9
HCl	mg/m ³	-	-	-	-	-
CO	mg/m ³	73,8	134,5	122,5	110,3	122,5
Gesamtstaub	mg/m ³	2,9	3,9	2,8	3,2	2,9

Tabelle 79: Arbeitspaket 2b, Brennstoff Braunkohle, Anlage 16, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 16			Mittelwert	Median
Datum		16.10.18	17.10.18	18.10.18		
Messzeit Start		11:09	11:03	11:06		
Messzeit Ende		12:15	12:09	12:12		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
elektr. Leistung	MW	700	700	700	700	700
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	2.760.000	2.760.000	2.760.000	2.760.000	2.760.000
Abgastemperatur	°C	65	65	65	65	65
Abgasfeuchte	Vol. %	27	25	26	26	26
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	5,5	5,3	5,2	5,3	5,3
NO ₂	mg/m³	187,9	206,2	192,3	195,5	192,3
SO ₂	mg/m³	55,9	87,4	106,9	83,4	87,4
HCl	mg/m³	-	-	-	-	-
CO	mg/m³	182,1	161,2	197,7	180,3	182,1
Gesamtstaub	mg/m³	3,3	3,8	3,2	3,5	3,3

Tabelle 80: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2b, Brennstoff Braunkohle, Anlage 9, Messwerte

Komponente		Anlage 9			Mittelwert	Median
Datum		26.06.19	27.06.19	28.06.19		
Messzeit Start		10:57	9:14	8:41		
Messzeit Ende		12:27	10:44	10:11		
Blei	mg/m³	0,0141	0,0432	0,0120	0,0231	0,0141
Cadmium	mg/m³	0,0013	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012

Arsen	mg/m ³	0,0005	0,0007	0,0008	0,0007	0,0007
Chrom	mg/m ³	0,0008	0,0008	0,0005	0,0007	0,0008
Kupfer	mg/m ³	0,0105	0,0108	0,0084	0,0099	0,0105
Nickel	mg/m ³	0,0037	0,0024	0,0015	0,0025	0,0024
Selen	mg/m ³	0,0069	0,0069	0,0057	0,0065	0,0069
Vanadium	mg/m ³	0,0005	0,0011	0,0011	0,0009	0,0011
Zink	mg/m ³	0,0089	0,0170	0,0157	0,0139	0,0157
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	469	432	458	453	458

Tabelle 81: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2b, Brennstoff Braunkohle, Anlage 10, Messwerte

Komponente		Anlage 10			Mittelwert	Median
Datum		04.09.2018	05.09.2018	06.09.2018		
Messzeit Start		11:55	11:35	11:45		
Messzeit Ende		12:35	12:15	12:25		
Blei	mg/m ³	0,0028	0,0022	0,0019	0,0023	0,0022
Cadmium	mg/m ³	0,0004	0,0007	0,0004	0,0005	0,0004
Arsen	mg/m ³	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Chrom	mg/m ³	0,0004	0,0003	0,0002	0,0003	0,0003
Kupfer	mg/m ³	0,0006	0,0022	0,0052	0,0027	0,0022
Nickel	mg/m ³	0,0010	0,0017	0,0009	0,0012	0,0010
Selen	mg/m ³	0,0297	0,0069	0,0068	0,0145	0,0069
Vanadium	mg/m ³	0,0009	0,0009	0,0006	0,0008	0,0009
Zink	mg/m ³	0,0201	0,0161	0,0150	0,0171	0,0161
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	596	595	601	597	596

Tabelle 82: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2b, Brennstoff Braunkohle, Anlage 14, Messwerte

Komponente		Anlage 14			Mittelwert	Median
Datum		04.09.2018	05.09.2018	06.09.2018		
Messzeit Start		10:45	09:05	07:52		
Messzeit Ende		11:50	10:05	08:52		
Blei	mg/m ³	0,0013	0,0013	0,0020	0,0016	0,0013
Cadmium	mg/m ³	0,0002	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002
Arsen	mg/m ³	0,0024	0,0037	0,0022	0,0027	0,0024
Chrom	mg/m ³	0,0009	0,0014	0,0008	0,0010	0,0009
Kupfer	mg/m ³	0,0027	0,0017	0,0033	0,0026	0,0027
Nickel	mg/m ³	0,0079	0,0016	0,0016	0,0037	0,0016
Selen	mg/m ³	0,0060	0,0011	0,0005	0,0026	0,0011
Vanadium	mg/m ³	0,0037	0,0012	0,0006	0,0018	0,0012
Zink	mg/m ³	0,0183	0,0111	0,0268	0,0187	0,0183
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	418	418	418	418	418

Tabelle 83: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2b, Brennstoff Braunkohle, Anlage 15, Messwerte

Komponente		Anlage 15			Mittelwert	Median
Datum		09.10.2018	10.10.2018	11.10.2018		
Messzeit Start		11:22	09:51	09:38		
Messzeit Ende		12:30	10:56	10:44		
Blei	mg/m ³	0,0228	0,0050	0,0105	0,0128	0,0105
Cadmium	mg/m ³	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Arsen	mg/m ³	0,0009	0,0010	0,0006	0,0008	0,0009
Chrom	mg/m ³	0,0057	0,0037	0,0074	0,0056	0,0057
Kupfer	mg/m ³	0,0023	0,0024	0,0192	0,0080	0,0024
Nickel	mg/m ³	0,0035	0,0019	0,0034	0,0029	0,0034
Selen	mg/m ³	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Vanadium	mg/m ³	0,0005	0,0005	0,0002	0,0004	0,0005

Zink	mg/m ³	0,0323	0,0213	0,0539	0,0358	0,0323
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	417	417	417	417	417

Tabelle 84: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 2b, Brennstoff Braunkohle, Anlage 16, Messwerte

Komponente		Anlage 16			Mittelwert	Median
Datum		16.10.2018	17.10.2018	18.10.2018		
Messzeit Start		11:09	11:03	11:06		
Messzeit Ende		12:15	12:09	12:12		
Blei	mg/m ³	0,0048	0,0037	0,0046	0,0043	0,0046
Cadmium	mg/m ³	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Arsen	mg/m ³	0,0005	0,0008	0,0009	0,0007	0,0008
Chrom	mg/m ³	0,0256	0,0517	0,0215	0,0366	0,0366
Kupfer	mg/m ³	0,0030	0,0050	0,0026	0,0035	0,0030
Nickel	mg/m ³	0,0035	0,0032	0,0049	0,0039	0,0035
Selen	mg/m ³	0,0002	0,0004	0,0004	0,0003	0,0004
Vanadium	mg/m ³	0,0002	0,0006	0,0003	0,0004	0,0003
Zink	mg/m ³	0,0236	0,0191	0,0216	0,0214	0,0216
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	416	416	416	416	416

Tabelle 85: Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlagenbeschreibung

	Anlage 1	Anlage 2	Anlage 3	Anlage 4	Anlage 7
Feuerung	Kohlenstaub	Kohlenstaub	Kohlenstaub	Kohlenstaub	Kohlenstaub
Inbetriebnahme	1988	2013	2015	2015	1984
Elekt. Bruttoleistung [MW]	410	790	827	827	838
max. genehmigte Feuerungswärmeleistung [MW]	981	1.750	1.677	1.677	2.100

Entaschung	nass	trocken	trocken	trocken	nass
Rauchgasreinigung	Elektrofilter DeNOx / SCR Rauchgasentschwefelung	Elektrofilter DeNOx / SCR Rauchgasentschwefelung	DeNOx Elektrofilter Rauchgasentschwefelung	DeNOx Elektrofilter Rauchgasentschwefelung	Elektrofilter- Rauchgas- entschwefelung DeNOx

Tabelle 86: Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlage 1, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 1			Mittelwert	Median
Datum		06.05.19	06.05.19	06.05.19		
Messzeit Start		21:25	22:26	23:30		
Messzeit Ende		21:55	22:56	0:00		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	725	725	455	635	725
elektr. Leistung	MW	285	285	182	251	285
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	1.150.900	1.137.500	917.400	1.068.600	1.137.500
Abgastemperatur	°C	96	96	97	96	96
Abgasfeuchte	Vol. %	10	11	10	10	10
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	8,4	8,5	9,7	8,9	8,5
NO ₂	mg/m³	199,3	158,8	266,9	208,3	199,3
SO ₂	mg/m³	151,6	140,0	112,7	134,7	140,0
HCl	mg/m³	-	-	-	-	-
CO	mg/m³	5,4	58,5	17,7	27,2	17,7
Gesamtstaub	mg/m³	1,9	1,9	2,1	2,0	1,9

Tabelle 87: Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlage 2, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 2			Mittelwert	Median
Datum		29.04.19	29.04.19	29.04.19		
Messzeit Start		13:55	14:25	14:55		
Messzeit Ende		14:25	14:55	15:25		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	1.547	1.549	1.551	1.549	1.549
elektr. Leistung	MW	748	745	655	716	745
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	2.243.670	2.246.600	2.271.970	2.254.080	2.246.600
Abgastemperatur	°C	55	54	55	55	55
Abgasfeuchte	Vol. %	13	13	13	13	13
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	4,5	4,5	4,4	4,5	4,5
NO ₂	mg/m³	177,3	170,7	177,2	175,1	177,2
SO ₂	mg/m³	167,2	175,0	165,1	169,1	167,2
HCl	mg/m³	-	-	-	-	-
CO	mg/m³	13,6	15,6	13,2	14,2	13,6
Gesamtstaub	mg/m³	1,5	1,5	1,4	1,4	1,5

Tabelle 88: Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlage 3, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 3			Mittelwert	Median
Datum		22.08.19	22.08.19	22.08.19		
Messzeit Start		8:45	9:45	10:45		
Messzeit Ende		9:15	10:15	11:15		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	1.718	1.718	1.718	1.718	1.718
elektr. Leistung	MW	687	687	687	687	687

Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	2.156.101	2.160.389	2.144.337	2.153.609	2.156.101
Abgastemperatur	°C	52	52	52	52	52
Abgasfeuchte	Vol. %	13	13	13	13	13
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
NO ₂	mg/m³	64,3	60,2	65,3	63,3	64,3
SO ₂	mg/m³	54,5	91,0	49,8	65,1	54,5
HCl	mg/m³	-	-	-	-	-
CO	mg/m³	4,3	3,1	5,2	4,2	4,3
Gesamtstaub	mg/m³	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Tabelle 89: Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlage 4, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 4			Mittelwert	Median
Datum		27.08.19	27.08.19	27.08.19		
Messzeit Start		10:00	11:00	12:00		
Messzeit Ende		10:30	11:30	12:30		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	1.354	1.354	1.354	1353,6	1353,6
elektr. Leistung	MW	617	617	617	617,0	617,0
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	1.958.571	1.966.646	1.977.568	1967595,0	1966646,0
Abgastemperatur	°C	54	54	54	54,0	54,0
Abgasfeuchte	Vol. %	15	15	15	14,8	14,8
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
O ₂	Vol. %	5,2	5,2	5,1	5,2	5,2
NO ₂	mg/m³	62,3	64,7	63,2	63,4	63,2

SO ₂	mg/m ³	54,9	59,4	55,6	56,6	55,6
HCl	mg/m ³	-	-	-	-	-
CO	mg/m ³	6,1	7,0	6,9	6,6	6,9
Gesamtstaub	mg/m ³	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Tabelle 90: Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlage 7, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 7			Mittelwert	Median
Datum		10.10.18	10.10.18	10.10.18		
Messzeit Start		12:30	13:00	13:30		
Messzeit Ende		13:00	13:30	14:00		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	840	838	838	839	838
elektr. Leistung	MW	335	334	335	335	335
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m ³ /h	2.438.200	2.438.200	2.438.200	2.438.200	2.438.200
Abgastemperatur	°C	142	141	141	141	141
Abgasfeuchte	Vol. %	11	11	11	11	11
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	4,0	4,2	4,0	4,1	4,0
NO ₂	mg/m ³	223,9	213,6	186,7	208,0	213,6
SO ₂	mg/m ³	480,8	100,4	97,1	226,1	100,4
HCl	mg/m ³	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
CO	mg/m ³	29,5	15,0	9,0	17,8	15,0
Gesamtstaub	mg/m ³	5,2	5,4	5,4	5,3	5,4

Tabelle 91: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlage 1, Messwerte

Komponente		Anlage 1			Mittelwert	Median
Datum		06.05.2019	06.05.2019	06.05.2019		
Messzeit Start		21:25	22:26	23:30		
Messzeit Ende		21:55	22:56	0:00		
Methan	mg/m ³	1,0	0,9	5,3	2,4	1,0
VOC	mg/m ³	0,9	2,0	6,5	3,1	2,0
NMVOC	mg/m ³	0,3	1,1	1,2	0,9	1,1
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	368	361	356	362	361

Tabelle 92: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlage 2, Messwerte

Komponente		Anlage 2			Mittelwert	Median
Datum		29.04.2019	29.04.2019	29.04.2019		
Messzeit Start		13:55	14:25	14:55		
Messzeit Ende		14:25	14:55	15:25		
Methan	mg/m ³	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
VOC	mg/m ³	0,8	0,7	1,0	0,8	0,8
NMVOC	mg/m ³	0,7	0,5	0,9	0,7	0,7
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	342	346	346	345	346

Tabelle 93: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlage 3, Messwerte

Komponente		Anlage 3			Mittelwert	Median
Datum		22.08.2019	22.08.2019	22.08.2019		
Messzeit Start		8:45	9:45	10:45		
Messzeit Ende		9:15	10:15	11:15		
Methan	mg/m ³	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
VOC	mg/m ³	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
NMVOG	mg/m ³	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	355	355	355	355	355

Tabelle 94: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlage 4, Messwerte

Komponente		Anlage 4			Mittelwert	Median
Datum		27.08.2019	27.08.2019	27.08.2019		
Messzeit Start		10:00	11:00	12:00		
Messzeit Ende		10:30	11:30	12:30		
Methan	mg/m ³	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
VOC	mg/m ³	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
NMVOG	mg/m ³	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	354	354	354	354	354

Tabelle 95: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlage 7, Messwerte

Komponente		Anlage 7			Mittelwert	Median
Datum		10.10.2018	10.10.2018	10.10.2018		
Messzeit Start		12:30	13:00	13:30		
Messzeit Ende		13:00	13:30	14:00		
Methan	mg/m ³	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

VOC	mg/m ³	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
NMVOC	mg/m ³	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	317	323	322	321	322

Tabelle 96: Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Anlagenbeschreibung

	Anlage 8	Anlage 9	Anlage 11	Anlage 12	Anlage 13	Anlage 17
Feuerung	Zirkulierende Wirbelschicht	Staubfeuerung	Staubfeuerung	Staubfeuerung	Staubfeuerung	Staubfeuerung
Inbetriebnahme	1990	1997	1972	1976	2012	1996
Elekt. Bruttoleistung [MW]	85	800	319	645	1.110	490
max. genehmigte Feuerungs-wärmeleistung [MW]	240	2.100	855	1.702	2.800	1.265
Entaschung	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken
Rauchgasreinigung	Primäre Entstickung	Primäre Entstickung	Primäre Entstickung	Primäre Entstickung	Primäre Entstickung	Primäre Entstickung
	Kalkeindüsung Feuerraum Elektrofilter	Elektrofilter Rauchgasentschwefelung	Elektrofilter Rauchgasentschwefelung	Elektrofilter Rauchgasentschwefelung	Elektrofilter Rauchgasentschwefelung	Elektrofilter Rauchgasentschwefelung

Tabelle 97: Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Anlage 8, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 8			Mittelwert	Median
Datum		09.05.19	09.05.19	09.05.19		
Messzeit Start		10:28	11:28	13:36		
Messzeit Ende		10:58	11:58	14:06		

Betriebsbedingungen						
FWL	MW	178	179	179	179	179
elektr. Leistung	MW	71	72	72	71	72
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	294.350	294.350	294.350	294.350	294.350
Abgastemperatur	°C	157	158	161	159	158
Abgasfeuchte	Vol. %	11	11	11	11	11
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	3,4	3,5	3,6	3,5	3,5
NO ₂	mg/m³	155,3	162,2	170,2	162,6	162,2
SO ₂	mg/m³	95,3	81,5	110,5	95,8	95,3
HCl	mg/m³	-	-	-	-	-
CO	mg/m³	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Gesamtstaub	mg/m³	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Tabelle 98: Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Anlage 9, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 9			Mittelwert	Median
Datum		01.07.19	01.07.19	01.07.19		
Messzeit Start		16:15	16:45	17:15		
Messzeit Ende		16:45	17:15	17:45		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	1.226	1.503	1.503	1.411	1.503
elektr. Leistung	MW	532	601	601	578	601
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	2.043.920	2.043.920	2.043.920	2.043.920	2.043.920
Abgastemperatur	°C	67	67	67	67	67
Abgasfeuchte	Vol. %	26	25	26	25	26
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		

Emissionen						
O ₂	Vol. %	5,2	5,2	5,3	5,2	5,2
NO ₂	mg/m ³	106,5	99,3	117,3	107,7	106,5
SO ₂	mg/m ³	180,7	185,7	160,9	175,8	180,7
HCl	mg/m ³	-	-	-	-	-
CO	mg/m ³	27,5	32,0	30,9	30,2	30,9
Gesamtstaub	mg/m ³	1,4	1,5	1,4	1,5	1,4

Tabelle 99: Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Anlage 11, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 11			Mittelwert	Median
Datum		05.06.19	05.06.19	05.06.19		
Messzeit Start		13:00	13:30	14:00		
Messzeit Ende		13:30	14:00	14:30		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	855	829	855	846	855
elektr. Leistung	MW	315	292	312	306	312
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m ³ /h	1.295.100	1.254.790	1.289.430	1.279.773	1.289.430
Abgastemperatur	°C	69	68	69	69	69
Abgasfeuchte	Vol. %	30	29	30	30	30
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	6,7	6,7	6,1	6,5	6,7
NO ₂	mg/m ³	175,1	219,2	192,4	195,6	192,4
SO ₂	mg/m ³	93,7	69,3	84,7	82,6	84,7
HCl	mg/m ³	-	-	-	-	-
CO	mg/m ³	122,1	112,5	104,1	112,9	112,5
Gesamtstaub	mg/m ³	8,1	7,1	8,2	7,8	8,1

Tabelle 100: Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Anlage 12, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 12			Mittelwert	Median
Datum		18.07.19	18.07.19	18.07.19		
Messzeit Start		13:30	14:00	14:30		
Messzeit Ende		14:00	14:30	15:00		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	1.702	1.702	1.702	1.702	1.702
elektr. Leistung	MW	645	645	645	645	645
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	2.578.700	2.578.700	2.578.700	2.578.700	2.578.700
Abgastemperatur	°C	68	69	68	68	68
Abgasfeuchte	Vol. %	29	29	29	29	29
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	5,7	5,6	5,6	5,6	5,6
NO ₂	mg/m³	169,9	170,4	166,2	168,8	169,9
SO ₂	mg/m³	3,6	3,8	3,8	3,7	3,8
HCl	mg/m³	-	-	-	-	-
CO	mg/m³	17,8	17,5	17,5	17,6	17,5
Gesamtstaub	mg/m³	10,2	10,4	10,0	10,2	10,2

Tabelle 101: Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Anlage 13, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 13			Mittelwert	Median
Datum		17.06.19	17.06.19	17.06.19		
Messzeit Start		12:45	13:15	13:45		
Messzeit Ende		13:15	13:45	14:15		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800

elektr. Leistung	MW	1.101	1.107	1.100	1.103	1.101
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	3.430.000	3.430.000	3.430.000	3.430.000	3.430.000
Abgastemperatur	°C	68	68	68	68	68
Abgasfeuchte	Vol. %	29	29	29	29	29
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
NO ₂	mg/m³	170,3	166,6	173,0	170,0	170,3
SO ₂	mg/m³	34,2	28,5	12,3	25,0	28,5
HCl	mg/m³	-	-	-	-	-
CO	mg/m³	13,3	21,8	14,8	16,6	14,8
Gesamtstaub	mg/m³	6,8	6,7	6,6	6,7	6,7

Tabelle 102: Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Anlage 17, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 17			Mittelwert	Median
Datum		04.08.2021	04.08.2021	04.08.2021		
Messzeit Start		14:20	15:50	15:50		
Messzeit Ende		14:50	15:20	16:20		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	1.094	1.094	1.094	1.094	1.094
elektr. Leistung	MW	438	438	438	438	438
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	1.290.313	1.290.313	1.290.313	1.290.313	1.290.313
Abgastemperatur	°C	66	66	66	66	66
Abgasfeuchte	Vol. %	25	25	25	25	25
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine	keine	keine
Emissionen						
O ₂	Vol. %	4,0	5,0	5,0	4,7	5,0

NO ₂	mg/m ³	152,0	154,0	159,0	155,0	154,0
SO ₂	mg/m ³	248,0	227,0	237,0	237,3	237,0
HCl	mg/m ³	-	-	-	-	-
CO	mg/m ³	55,0	42,0	53,0	50,0	53,0
Gesamtstaub	mg/m ³	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0

Tabelle 103: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Anlage 8, Messwerte

Komponente		Anlage 8			Mittelwert	Median
Datum		09.05.2019	09.05.2019	09.05.2019		
Messzeit Start		10:28	11:28	13:36		
Messzeit Ende		10:58	11:58	14:06		
Methan	mg/m ³	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
VOC	mg/m ³	1,0	0,8	1,3	1,0	1,0
NMVOC	mg/m ³	0,7	0,5	1,0	0,7	0,7
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	480	480	480	480	480

Tabelle 104: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Anlage 9, Messwerte

Komponente		Anlage 9			Mittelwert	Median
Datum		01.07.2019	01.07.2019	01.07.2019		
Messzeit Start		16:15	16:45	17:15		
Messzeit Ende		16:45	17:15	17:45		
Methan	mg/m ³	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
VOC	mg/m ³	1,3	0,3	1,5	1,0	1,3
NMVOC	mg/m ³	1,1	0,3	1,3	0,9	1,1

Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	469	432	458	453	458
------------------------------	--------------------	-----	-----	-----	-----	-----

Tabelle 105: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Anlage 11, Messwerte

Komponente		Anlage 11			Mittelwert	Median
Datum		05.06.2019	05.06.2019	05.06.2019		
Messzeit Start		13:00	13:30	14:00		
Messzeit Ende		13:30	14:00	14:30		
Methan	mg/m ³	0,3	0,2	0,4	0,3	0,3
VOC	mg/m ³	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
NM VOC	mg/m ³	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	404	404	404	404	404

Tabelle 106: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Anlage 12, Messwerte

Komponente		Anlage 12			Mittelwert	Median
Datum		18.07.2019	18.07.2019	18.07.2019		
Messzeit Start		13:30	14:00	14:30		
Messzeit Ende		14:00	14:30	15:00		
Methan	mg/m ³	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
VOC	mg/m ³	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2
NM VOC	mg/m ³	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	403	403	403	403	403

Tabelle 107: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Anlage 13, Messwerte

Komponente		Anlage 13			Mittelwert	Median
Datum		17.06.2019	17.06.2019	17.06.2019		
Messzeit Start		12:45	13:15	13:45		

Messzeit Ende		13:15	13:45	14:15		
Methan	mg/m ³	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
VOC	mg/m ³	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
NMVOG	mg/m ³	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	392	392	392	392	392

Tabelle 108: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Braunkohle, Anlage 17, Messwerte

Komponente		Anlage 17			Mittelwert	Median
Datum		04.08.2021	04.08.2021	04.08.2021		
Messzeit Start		14:20	15:50	15:50		
Messzeit Ende		14:50	15:20	16:20		
Methan	mg/m ³	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
VOC	mg/m ³	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
NMVOG	mg/m ³	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	356	356	356	356	356

Tabelle 109: Arbeitspaket 4, Brennstoff Steinkohle, Anlagendaten

	Anlage 1	Anlage 2	Anlage 3	Anlage 4	Anlage 7
Feuerung	Kohlenstaub	Kohlenstaub	Kohlenstaub	Kohlenstaub	Kohlenstaub
Inbetriebnahme	1988	2013	2015	2015	1985
Elekt. Bruttoleistung [MW]	410	790	827	827	838
max. genehmigte Feuerungswärmeleistung [MW]	981	1.750	1.677	1.677	2.100
Entaschung	nass	trocken	trocken	trocken	nass

Rauchgasreinigung	DeNOx Elektrofilter Rauchgasentschwefelung	DeNOx Elektrofilter Rauchgasentschwefelung	DeNOx Elektrofilter Rauchgasentschwefelung	DeNOx Elektrofilter Rauchgasentschwefelung	Elektrofilter Rauchgasentschwefelung DeNOx
-------------------	--	--	--	--	--

Tabelle 110: Arbeitspaket 4, Brennstoff Steinkohle, Anlage 1, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 1			Mittelwert	Median
Datum		06.05.19	06.05.19	06.05.19		
Messzeit Start		20:05	21:40	23:00		
Messzeit Ende		21:10	22:45	0:05		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	733	725	518	659	725
elektr. Leistung	MW	287	285	208	260	285
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	1.159.100	1.155.000	976.500	1.096.870	1.155.000
Abgastemperatur	°C	94	96	96	96	96
Abgasfeuchte	Vol. %	10	11	10	10	10
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	8,4	8,5	9,3	8,7	8,5
NO ₂	mg/m³	211,7	200,5	222,6	211,6	211,7
SO ₂	mg/m³	104,9	149,5	117,3	123,9	117,3
HCl	mg/m³	-	-	-	-	-
CO	mg/m³	22,8	6,9	21,9	17,2	21,9
Gesamtstaub	mg/m³	1,8	2,0	2,0	1,9	2,0

Tabelle 111: Arbeitspaket 4, Brennstoff Steinkohle, Anlage 2, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 2			Mittelwert	Median
Datum		29.04.19	30.04.19	30.04.19		
Messzeit Start		17:15	6:50	16:35		
Messzeit Ende		18:19	7:55	17:38		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	1.515	1.540	1.487	1.514	1.515
elektr. Leistung	MW	749	747	728	741	747
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	1.762.350	1.978.100	2.180.300	1.973.580	1.978.100
Abgastemperatur	°C	55	55	55	55	55
Abgasfeuchte	Vol. %	15	14	14	14	14
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	4,2	4,2	4,3	4,2	4,2
NO ₂	mg/m³	170,8	173,2	178,2	174,1	173,2
SO ₂	mg/m³	165,8	168,8	163,8	166,1	165,8
HCl	mg/m³	-	-	-	-	-
CO	mg/m³	13,3	14,3	15,6	14,4	14,3
Gesamtstaub	mg/m³	1,4	1,5	1,6	1,5	1,5

Tabelle 112: Arbeitspaket 4, Brennstoff Steinkohle, Anlage 3, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 3			Mittelwert	Median
Datum		20.08.19	21.08.19	22.08.19		
Messzeit Start		8:30	8:30	8:45		
Messzeit Ende		14:30	14:30	14:45		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	1.166	1.166	1.166	1.166	1.166

elektr. Leistung	MW	685	685	685	685	685
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	2.148.913	2.143.766	2.162.962	2.151.880	2.148.913
Abgastemperatur	°C	54	54	54	54	54
Abgasfeuchte	Vol. %	15	15	15	15	15
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	4,5	4,5	4,2	4,4	4,5
NO ₂	mg/m³	62,3	77,3	56,4	65,3	62,3
SO ₂	mg/m³	82,4	78,0	71,8	77,4	78,0
HCl	mg/m³	0,0	0,0	0,0	-	-
CO	mg/m³	5,2	6,2	7,3	6,2	6,2
Gesamtstaub	mg/m³	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Tabelle 113: Arbeitspaket 4, Brennstoff Steinkohle, Anlage 4, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 4			Mittelwert	Median
Datum		28.08.19	28.08.19	28.08.19		
Messzeit Start		9:50	11:55	14:00		
Messzeit Ende		11:50	13:55	16:00		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	1.204	1.204	1.204	1.204	1.204
elektr. Leistung	MW	540	540	540	540	540
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	1.684.706	1.705.332	1.697.667	1.695.902	1.697.667
Abgastemperatur	°C	54	54	54	54	54
Abgasfeuchte	Vol. %	15	15	15	15	15
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	5,5	5,5	5,6	5,5	5,5

NO ₂	mg/m ³	65,1	66,6	66,4	66,0	66,4
SO ₂	mg/m ³	34,4	28,6	30,7	31,2	30,7
HCl	mg/m ³	-	-	-	-	-
CO	mg/m ³	9,4	6,4	9,1	8,3	9,1
Gesamtstaub	mg/m ³	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Tabelle 114: Arbeitspaket 4, Brennstoff Steinkohle, Anlage 7, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 7			Mittelwert	Median
Datum		10.10.18	11.10.18	11.10.18		
Messzeit Start		15:15	8:15	9:05		
Messzeit Ende		15:45	8:45	9:35		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	840	838	838	839	838
elektr. Leistung	MW	335	334	335	335	335
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m ³ /h	2.404.000	2.378.000	2.396.000	2.392.670	2.396.000
Abgastemperatur	°C	142	141	141	141	141
Abgasfeuchte	Vol. %	11	11	11	11	11
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	4,1	4,0	4,1	4,1	4,1
NO ₂	mg/m ³	187,8	160,6	170,4	172,9	170,4
SO ₂	mg/m ³	99,8	92,6	102,1	98,2	99,8
HCl	mg/m ³	3,2	2,9	3,9	3,3	3,2
CO	mg/m ³	4,0	6,8	5,2	5,3	5,2
Gesamtstaub	mg/m ³	5,6	7,1	7,1	6,6	7,1

Tabelle 115: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 4, Brennstoff Steinkohle, Anlage 1, Messwerte

Komponente		Anlage 1			Mittelwert	Median
Datum		06.05.19	06.05.19	06.05.19		
Messzeit Start		20:05	21:40	23:00		
Messzeit Ende		21:10	22:45	0:05		
PM10	mg/m ³	2,34	1,81	2,09	2,08	2,09
PM2.5	mg/m ³	1,50	1,30	1,40	1,40	1,40
Datum		06.05.19	06.05.19	06.05.19		
Messzeit Start		20:05	21:40	23:00		
Messzeit Ende		21:10	22:45	0:05		
Blei	mg/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Cadmium	mg/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Arsen	mg/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Chrom	mg/m ³	0,0039	0,0019	0,0027	0,0028	0,0027
Kupfer	mg/m ³	0,0029	0,0020	0,0026	0,0025	0,0026
Nickel	mg/m ³	0,0129	0,0120	0,0150	0,0133	0,0129
Selen	mg/m ³	0,0010	0,0023	0,0018	0,0017	0,0018
Vanadium	mg/m ³	0,0001	0,0006	0,0001	0,0003	0,0001
Zink	mg/m ³	0,0200	0,0171	0,0202	0,0191	0,0200
Gesamtstaub ¹	mg/m ³	4,50	4,60	7,90	5,67	4,60
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	368	361	356	362	361

¹Dieser Wert stammt aus der kontinuierlichen Messung unter Berücksichtigung der Vorgaben der 13.BIm-SchV.

Tabelle 116: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 4, Brennstoff Steinkohle, Anlage 2, Messwerte

Komponente		Anlage 2			Mittelwert	Median
Datum		29.04.19	30.04.19	30.04.19		
Messzeit Start		18:27	7:55	14:53		
Messzeit Ende		18:57	8:25	15:23		
PM10	mg/m ³	0,94	1,54	1,14	1,21	1,14
PM2.5	mg/m ³	0,30	0,60	0,50	0,47	0,50
Datum		29.04.19	30.04.19	30.04.19		
Messzeit Start		17:15	6:50	16:35		
Messzeit Ende		18:19	7:55	17:38		
Blei	mg/m ³	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Cadmium	mg/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Arsen	mg/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Chrom	mg/m ³	0,0006	0,0010	0,0007	0,0008	0,0007
Kupfer	mg/m ³	0,0004	0,0011	0,0002	0,0006	0,0004
Nickel	mg/m ³	0,0003	0,0006	0,0003	0,0004	0,0003
Selen	mg/m ³	0,0202	0,0310	0,0286	0,0266	0,0286
Vanadium	mg/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Zink	mg/m ³	0,0050	0,0079	0,0050	0,0060	0,0050
Gesamtstaub ¹	mg/m ³	7,94	7,03	6,92	7,30	7,03
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	342	346	346	345	346

¹Dieser Wert stammt aus der kontinuierlichen Messung unter Berücksichtigung der Vorgaben der 13.BIm-SchV.

Tabelle 117: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlage 3, Messwerte

Komponente		Anlage 3			Mittelwert	Median
Datum		-	-	-	-	-
Messzeit Start		-	-	-	-	-
Messzeit Ende		-	-	-	-	-
PM10	mg/m ³	-	-	-	-	-
PM2.5	mg/m ³	-	-	-	-	-
Datum		20.08.19	20.08.19	21.08.19		
Messzeit Start		12:00	14:10	10:45		
Messzeit Ende		14:00	16:10	12:45		
Blei	mg/m ³	0,0005	0,0003	0,0003	0,0004	0,0003
Cadmium	mg/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Arsen	mg/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Chrom	mg/m ³	0,0005	0,0004	0,0005	0,0005	0,0005
Kupfer	mg/m ³	0,0032	0,0009	0,0009	0,0017	0,0009
Nickel	mg/m ³	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
Selen	mg/m ³	0,0064	0,0079	0,0069	0,0071	0,0069
Vanadium	mg/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Zink	mg/m ³	0,0078	0,0041	0,0030	0,0050	0,0041
Gesamtstaub ¹	mg/m ³	-	-	-	-	-
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	355	355	355	355	355

¹Dieser Wert stammt aus der kontinuierlichen Messung unter Berücksichtigung der Vorgaben der 13.BIm-SchV.

Tabelle 118: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlage 4, Messwerte

Komponente		Anlage 4			Mittelwert	Median
Datum		14.12.20	14.12.20	15.12.20		
Messzeit Start		14:30	17:45	5:55		
Messzeit Ende		17:30	5:45	15:55		
PM10	mg/m ³	0,46	1,54	2,29	1,4	1,5
PM2.5	mg/m ³	0,18	1,24	2,03	1,2	1,2
Datum		28.08.19	28.08.19	28.08.19		
Messzeit Start		9:50	11:55	14:00		
Messzeit Ende		11:50	13:55	16:00		
Blei	mg/m ³	0,0002	0,0006	0,0003	0,0004	0,0003
Cadmium	mg/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Arsen	mg/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Chrom	mg/m ³	0,0003	0,0004	0,0005	0,0004	0,0004
Kupfer	mg/m ³	0,0002	0,0042	0,0004	0,0016	0,0004
Nickel	mg/m ³	0,0006	0,0009	0,006	0,0025	0,0009
Selen	mg/m ³	0,0163	0,0134	0,0157	0,0151	0,0157
Vanadium	mg/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Zink	mg/m ³	0,0030	0,0111	0,0037	0,0059	0,0037
Gesamtstaub ¹	mg/m ³	1,42	1,56	2,34	1,8	1,6
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	354	354	354	354	354

¹Dieser Wert stammt aus der kontinuierlichen Messung unter Berücksichtigung der Vorgaben der 13.BIm-SchV.

Tabelle 119: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 3, Brennstoff Steinkohle, Anlage 7, Messwerte

Komponente		Anlage 7			Mittelwert	Median
Datum		10.10.18	11.10.18	11.10.18		
Messzeit Start		15:15	8:15	9:05		
Messzeit Ende		15:45	8:45	9:35		
PM10	mg/m ³	9,70	8,50	11,00	9,73	9,70
PM2.5	mg/m ³	4,60	3,90	5,20	4,57	4,60
Datum		10.10.18	10.10.18	11.10.18		
Messzeit Start		11:15	13:10	8:45		
Messzeit Ende		12:15	14:10	9:45		
Blei	mg/m ³	0,0065	0,0106	0,0125	0,0099	0,0106
Cadmium	mg/m ³	0,0002	0,0005	0,0008	0,0005	0,0005
Arsen	mg/m ³	0,0112	0,0182	0,0227	0,0174	0,0182
Chrom	mg/m ³	0,0015	0,0018	0,0018	0,0017	0,0018
Kupfer	mg/m ³	0,0034	0,0037	0,0042	0,0038	0,0037
Nickel	mg/m ³	0,0015	0,0014	0,0017	0,0015	0,0015
Selen	mg/m ³	0,0049	0,0041	0,0045	0,0045	0,0045
Vanadium	mg/m ³	0,0044	0,0041	0,0051	0,0045	0,0044
Zink	mg/m ³	0,0094	0,0141	0,0170	0,0135	0,0141
Gesamtstaub ¹	mg/m ³	5,59	7,06	7,10	6,58	7,06
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	317	323	322	321	322

¹Dieser Wert stammt aus der kontinuierlichen Messung unter Berücksichtigung der Vorgaben der 13.BIm-SchV.

Tabelle 120: Arbeitspaket 4, Brennstoff Braunkohle, Anlagenbeschreibung

	Anlage 8	Anlage 11	Anlage 12	Anlage 13	Anlage 17
Feuerung	Zirkulierende Wirbelschicht	Staubfeuerung	Staubfeuerung	Staubfeuerung	Staubfeuerung
Inbetriebnahme	1990	1972	1976	2012	1996
Elekt. Bruttoleistung [MW]	85	319	645	1.110	490
max. genehmigte Feuerungswärmeleistung [MW]	240	855	1.702	2.800	1.265
Entaschung	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken
Rauchgasreinigung	Primäre Entstickung Kalkeindüsung Feuerraum Elektrofilter	Primäre Entstickung Elektrofilter Rauchgasentschwefelung	Primäre Entstickung Elektrofilter Rauchgasentschwefelung	Primäre Entstickung Elektrofilter Rauchgasentschwefelung	Primäre Entstickung Elektrofilter Rauchgasentschwefelung

Tabelle 121: Arbeitspaket 4, Brennstoff Braunkohle, Anlage 8, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 8			Mittelwert	Median
Datum		08.05.19	09.05.19	09.05.19		
Messzeit Start		13:54	10:54	14:08		
Messzeit Ende		15:54	12:54	16:08		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	179	179	179	179	179
elektr. Leistung	MW	72	72	72	72	72
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	294.350	294.350	294.350	294.350	294.350
Abgastemperatur	°C	157	158	161	159	158
Abgasfeuchte	Vol. %	11	11	11	11	11

Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	3,2	3,5	3,6	3,4	3,5
NO ₂	mg/m ³	160,1	161,0	163,4	161,5	161,0
SO ₂	mg/m ³	114,5	104,6	201,0	140,0	114,5
HCl	mg/m ³	-	-	-	-	-
CO	mg/m ³	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Gesamtstaub	mg/m ³	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Tabelle 122: Arbeitspaket 4, Brennstoff Braunkohle, Anlage 11, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 11			Mittelwert	Median
Datum		05.06.19	06.06.19	07.06.19		
Messzeit Start		14:30	14:30	14:20		
Messzeit Ende		16:00	16:00	15:50		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	855	855	532	747	855
elektr. Leistung	MW	242	254	157	218	242
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m ³ /h	1.295.100	1.295.100	806.510	1.132.237	1.295.100
Abgastemperatur	°C	69	69	69	69	69
Abgasfeuchte	Vol. %	30	29	30	30	30
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	6,4	6,5	6,3	6,4	6,4
NO ₂	mg/m ³	179,1	181,2	147,5	169,3	179,1
SO ₂	mg/m ³	94,8	116,3	15,3	75,5	94,8
HCl	mg/m ³	-	-	-	-	-
CO	mg/m ³	138,8	102,3	71,3	104,1	102,3
Gesamtstaub	mg/m ³	9,0	10,1	1,3	6,8	9,0

Tabelle 123: Arbeitspaket 4, Brennstoff Braunkohle, Anlage 12, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 12			Mittelwert	Median
Datum		18.07.19	18.07.19	18.07.19		
Messzeit Start		10:30	12:05	13:40		
Messzeit Ende		12:00	13:35	15:10		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	1.702	1.702	1.702	1.702	1.702
elektr. Leistung	MW	645	645	645	645	645
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	2.578.700	2.578.700	2.578.700	2.578.700	2.578.700
Abgastemperatur	°C	68	69	68	68	68
Abgasfeuchte	Vol. %	29	29	29	29	29
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
NO ₂	mg/m³	170,2	166,2	166,9	167,8	166,9
SO ₂	mg/m³	3,1	3,7	3,7	3,5	3,7
HCl	mg/m³	-	-	-	-	-
CO	mg/m³	18,3	17,5	17,6	17,8	17,6
Gesamtstaub	mg/m³	10,2	10,1	10,3	10,2	10,2

Tabelle 124: Arbeitspaket 4, Brennstoff Braunkohle, Anlage 13, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 13			Mittelwert	Median
Datum		17.06.19	17.06.19	17.06.19		
Messzeit Start		11:35	13:15	14:55		
Messzeit Ende		13:05	14:45	16:25		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800

elektr. Leistung	MW	1.062	1.061	1.062	1.061	1.062
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	3.430.000	3.430.000	3.430.000	3.430.000	3.430.000
Abgastemperatur	°C	68	68	68	68	68
Abgasfeuchte	Vol. %	29	29	29	29	29
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	4,5	4,5	4,6	4,5	4,5
NO ₂	mg/m³	173,1	170,0	165,7	169,6	170,0
SO ₂	mg/m³	10,0	22,9	49,3	27,4	22,9
HCl	mg/m³	-	-	-	-	-
CO	mg/m³	12,8	26,0	17,4	18,7	17,4
Gesamtstaub	mg/m³	6,7	6,6	6,5	6,6	6,6

Tabelle 125: Arbeitspaket 4, Brennstoff Braunkohle, Anlage 17, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 17			Mittelwert	Median
Datum		10.08.21	10.08.21	11.08.21		
Messzeit Start		12:30	17:45	5:05		
Messzeit Ende		18:30	04:45	13:05		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	945	945	945	945	945
elektr. Leistung	MW	378	378	378	378	378
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	1.081.718	1.081.718	1.081.718	1.081.718	1.081.718
Abgastemperatur	°C	65	65	65	65	65
Abgasfeuchte	Vol. %	25	25	25	25	25
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine	keine	keine
Emissionen						
O ₂	Vol. %	5,0	5,3	5,0	5,1	5,0

NO ₂	mg/m ³	141,0	164,0	162,0	155,7	162,0
SO ₂	mg/m ³	69,0	69,0	73,0	70,3	69,0
HCl	mg/m ³	-	-	-	-	-
CO	mg/m ³	12,0	7,0	2,0	7,0	7,0
Gesamtstaub	mg/m ³	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0

Tabelle 126: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 4, Brennstoff Braunkohle, Anlage 8, Messwerte

Komponente		Anlage 8			Mittelwert	Median
Datum		09.05.19	09.05.19	09.05.19		
Messzeit Start		12:26	8:15	9:05		
Messzeit Ende		12:56	8:45	9:03		
PM10	mg/m ³	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
PM2.5	mg/m ³	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Datum		08.05.19	09.05.19	09.05.19		
Messzeit Start		13:54	10:54	14:08		
Messzeit Ende		15:54	12:54	16:08		
Blei	mg/m ³	0,0014	0,0008	0,0009	0,0010	0,0009
Cadmium	mg/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Arsen	mg/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Chrom	mg/m ³	0,0006	0,0019	0,0023	0,0016	0,0019
Kupfer	mg/m ³	0,0024	0,0012	0,0017	0,0018	0,0017
Nickel	mg/m ³	0,0008	0,0015	0,0017	0,0013	0,0015
Selen	mg/m ³	0,0026	0,0013	0,0006	0,0015	0,0013
Vanadium	mg/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Zink	mg/m ³	0,0114	0,0099	0,0158	0,0124	0,0114
Gesamtstaub ¹	mg/m ³	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	480	480	480	480	480

¹Dieser Wert stammt aus der kontinuierlichen Messung unter Berücksichtigung der Vorgaben der 13.BIm-SchV.

Tabelle 127: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 4, Brennstoff Braunkohle, Anlage 11, Messwerte

Komponente		Anlage 11			Mittelwert	Median
Datum		-	-	-	-	-
Messzeit Start		-	-	-	-	-
Messzeit Ende		-	-	-	-	-
PM10	mg/m ³	-	-	-	-	-
PM2.5	mg/m ³	-	-	-	-	-
Datum		05.06.19	06.06.19	07.06.19		
Messzeit Start		14:30	14:30	14:20		
Messzeit Ende		16:00	16:00	15:50		
Blei	mg/m ³	0,0008	0,0013	0,0003	0,0008	0,0008
Cadmium	mg/m ³	0,0130	0,0026	0,0009	0,0055	0,0026
Arsen	mg/m ³	0,0002	0,0002	0,0001	0,0002	0,0002
Chrom	mg/m ³	0,0005	0,0005	0,0003	0,0004	0,0005
Kupfer	mg/m ³	0,0007	0,0008	0,0003	0,0006	0,0007
Nickel	mg/m ³	0,0005	0,0004	0,0003	0,0004	0,0004
Selen	mg/m ³	0,0004	0,0005	0,0002	0,0004	0,0004
Vanadium	mg/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Zink	mg/m ³	0,0046	0,0067	0,0061	0,0058	0,0061
Gesamtstaub ¹	mg/m ³	-	-	-	-	-
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	404	404	404	404	404

¹Dieser Wert stammt aus der kontinuierlichen Messung unter Berücksichtigung der Vorgaben der 13.BIm-SchV.

Tabelle 128: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 4, Brennstoff Braunkohle, Anlage 12, Messwerte

Komponente		Anlage 12			Mittelwert	Median
Datum		-	-	-	-	-
Messzeit Start		-	-	-	-	-
Messzeit Ende		-	-	-	-	-
PM10	mg/m ³	-	-	-	-	-
PM2.5	mg/m ³	-	-	-	-	-
Datum		18.07.19	18.07.19	18.07.19		
Messzeit Start		10:30	12:05	13:40		
Messzeit Ende		12:00	13:35	15:10		
Blei	mg/m ³	0,0012	0,5544	0,0012	0,1856	0,0012
Cadmium	mg/m ³	0,0001	0,1357	0,0005	0,0454	0,0005
Arsen	mg/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Chrom	mg/m ³	0,0001	0,0008	0,0006	0,0005	0,0006
Kupfer	mg/m ³	0,0016	0,0036	0,0035	0,0029	0,0035
Nickel	mg/m ³	0,0006	0,0033	0,0025	0,0021	0,0025
Selen	mg/m ³	0,0008	0,0015	0,0007	0,0010	0,0008
Vanadium	mg/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Zink	mg/m ³	0,0189	0,0332	0,0494	0,0338	0,0332
Gesamtstaub ¹	mg/m ³	-	-	-	-	-
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	403	403	403	403	403

¹Dieser Wert stammt aus der kontinuierlichen Messung unter Berücksichtigung der Vorgaben der 13.BIm-SchV.

Tabelle 129: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 4, Brennstoff Braunkohle, Anlage 13, Messwerte

Komponente		Anlage 13			Mittelwert	Median
Datum		-	-	-	-	-
Messzeit Start		-	-	-	-	-
Messzeit Ende		-	-	-	-	-
PM10	mg/m ³	-	-	-	-	-
PM2.5	mg/m ³	-	-	-	-	-
Datum		17.06.19	17.06.19	17.06.19		
Messzeit Start		11:35	13:15	14:55		
Messzeit Ende		13:05	14:45	16:25		
Blei	mg/m ³	0,0004	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Cadmium	mg/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Arsen	mg/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Chrom	mg/m ³	0,0003	0,0003	0,0004	0,0003	0,0003
Kupfer	mg/m ³	0,0006	0,0003	0,0003	0,0004	0,0003
Nickel	mg/m ³	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Selen	mg/m ³	0,0009	0,0011	0,0012	0,0011	0,0011
Vanadium	mg/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Zink	mg/m ³	0,0047	0,0053	0,0037	0,0046	0,0047
Gesamtstaub ¹	mg/m ³	-	-	-	-	-
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	392	392	392	392	392

¹Dieser Wert stammt aus der kontinuierlichen Messung unter Berücksichtigung der Vorgaben der 13.BIm-SchV.

Tabelle 130: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 4, Brennstoff Braunkohle, Anlage 17, Messwerte

Komponente		Anlage 17			Mittelwert	Median
Datum		10.08.21	10.08.21	11.08.21		
Messzeit Start		12:30	17:45	5:05		
Messzeit Ende		18:30	04:45	13:05		
PM10	mg/m ³	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3
PM2.5	mg/m ³	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Datum		04.08.21	04.08.21	05.08.21		
Messzeit Start		13:15	15:33	8:30		
Messzeit Ende		15:15	17:33	10:30		
Blei	mg/m ³	0,0004	0,0004	0,0011	0,0006	0,0004
Cadmium	mg/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Arsen	mg/m ³	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Chrom	mg/m ³	0,0006	0,0005	0,0092	0,0034	0,0006
Kupfer	mg/m ³	0,0007	0,0002	0,0053	0,0021	0,0007
Nickel	mg/m ³	0,0006	0,0004	0,0050	0,0020	0,0006
Selen	mg/m ³	0,0045	0,0023	0,0099	0,0056	0,0045
Vanadium	mg/m ³	0,0002	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002
Zink	mg/m ³	0,0012	0,0007	0,0072	0,0030	0,0012
Gesamtstaub ¹	mg/m ³	6,8	1,6	3,5	4,0	3,5
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	341	341	341	341	341

¹Dieser Wert stammt aus der kontinuierlichen Messung unter Berücksichtigung der Vorgaben der 13.BIm-SchV.

Tabelle 131: Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas, Anlagenbeschreibung

	Anlage 18	Anlage 19	Anlage 20	Anlage 21
Feuerung	Gasfeuerung Kessel	Gasfeuerung Kessel	Gasfeuerung Turbine	Gasfeuerung Turbine
Inbetriebnahme	1973	1976	1995	1974
Elekt. Bruttoleistung [MW]	Turbine 1: 13 MW Turbine 2: 12 MW	-	180	60
max. genehmigte Feuerungswärmeleistung [MW]	91,6	58,1	360	227
Rauchgasreinigung	Low NOx Brenner mit Brennstoffstufung	Low NOx Brenner	Vormischbrenner Typ HR3	Vormischbrenner

Tabelle 132: Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas, Anlagenbeschreibung

	Anlage 22	Anlage 23	Anlage 24	
Feuerung	Gasfeuerung Turbine	Gasfeuerung Kessel	Gasfeuerung Turbine	
Inbetriebnahme	2008	2008	2014	
Elekt. Bruttoleistung [MW]	45	-	47	
max. genehmigte Feuerungswärmeleistung [MW]	140	17	147	
Rauchgasreinigung	Dry-Low NOx Brenner	Low NOx Brenner	Dry-Low NOx Brenner	

Tabelle 133: Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas, Anlage 18, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 18			Mittelwert	Median
Datum		17.12.19	17.12.19	17.12.19		
Messzeit Start		13:10	13:49	14:30		
Messzeit Ende		13:40	14:19	15:00		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	21	21	21	21	21

elektr. Leistung	MW	k.A.	k.A.	k.A.	-	-
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	28.917	28.917	28.917	28.917	28.917
Abgastemperatur	°C	113	113	113	113	113
Abgasfeuchte	Vol. %	14	14	14	14	14
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	6,3	6,2	6,3	6,3	6,3
NO ₂	mg/m³	78,5	77,4	78,8	78,2	78,5
CO	mg/m³	12,4	13,6	12,6	12,9	12,6

Tabelle 134: Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas, Anlage 19, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 19			Mittelwert	Median
Datum		04.04.19	04.04.19	04.04.19		
Messzeit Start		8:15	9:10	9:55		
Messzeit Ende		8:45	9:40	10:25		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	36	36	36	36	36
elektr. Leistung	MW	k.A.	k.A.	k.A.	-	-
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	48.033	47.665	48.967	48.222	48.033
Abgastemperatur	°C	155	155	155	155	155
Abgasfeuchte	Vol. %	17	17	17	17	17
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	2,6	2,8	2,8	2,7	2,8
NO ₂	mg/m³	60,6	62,6	63,6	62,3	62,6
CO	mg/m³	20,9	16,6	15,9	17,8	16,6

Tabelle 135: Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas, Anlage 20, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 20			Mittelwert	Median
Datum		02.07.21	02.07.21	-		
Messzeit Start		10:15	12:25	-		
Messzeit Ende		12:15	14:25	-		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	127	129	-	128	128
elektr. Leistung	MW	42	49	-	45	45
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	396.052	401.655	-	398.854	398.854
Abgastemperatur	°C	109	110	-	110	110
Abgasfeuchte	Vol. %	6	6	-	6	6
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	-		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	15,1	15,1	-	15,1	15,1
NO ₂	mg/m³	26,7	22,0	-	24,4	24,4
CO	mg/m³	0,8	1,2	-	1,0	1,0

Tabelle 136: Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas, Anlage 21, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 21			Mittelwert	Median
Datum		29.01.19	30.01.19	05.02.19		
Messzeit Start		13:35	10:53	9:35		
Messzeit Ende		19:15	16:56	15:35		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	210	209	214	211	210
elektr. Leistung	MW	57	56	60	57	57
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	734.000	728.000	734.000	732.000	734.000
Abgastemperatur	°C	443	443	443	443	443

Abgasfeuchte	Vol. %	6	6	6	6	6
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6
NO ₂	mg/m ³	61,3	61,0	63,9	62,1	61,3
CO	mg/m ³	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Tabelle 137: Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas, Anlage 22, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 22			Mittelwert	Median
Datum		17.02.21	17.02.21	17.02.21		
Messzeit Start		16:17	16:58	18:06		
Messzeit Ende		16:57	17:28	18:36		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	120	120	120	120	120
elektr. Leistung	MW	43	43	43	43	43
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m ³ /h	329.685	329.685	329.685	329.685	329.685
Abgastemperatur	°C	133	133	132	133	133
Abgasfeuchte	Vol. %	6	6	6	6	6
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	15	15	14	14,5	14,5
NO ₂	mg/m ³	40	39	39	39,2	39,4
CO	mg/m ³	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Tabelle 138: Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas, Anlage 23, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 23			Mittelwert	Median
Datum		07.07.21	07.07.21	07.07.21		
Messzeit Start		11:25	11:55	12:25		
Messzeit Ende		11:55	12:25	12:55		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	3	3	3	3	3
elektr. Leistung	MW	k.A.	k.A.	k.A.	-	-
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	3.820	3.650	3.780	3.750	3.780
Abgastemperatur	°C	156	156	156	156	156
Abgasfeuchte	Vol. %	15	15	15	15	15
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	5,4	5,3	5,6	5,4	5,4
NO ₂	mg/m³	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
CO	mg/m³	63,6	63,5	63,9	63,7	63,6

Tabelle 139: Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas, Anlage 24, Betriebsmesswerte

Komponente		Anlage 24			Mittelwert	Median
Datum		30.11.20	30.11.20	30.11.20		
Messzeit Start		14:00	14:30	15:00		
Messzeit Ende		14:30	15:00	15:30		
Betriebsbedingungen						
FWL	MW	103	95	97	98	97
elektr. Leistung	MW	58	61	60	60	60
Rauchgasvolumenstrom (norm trocken)	m³/h	256.000	227.000	246.000	243.000	246.000
Abgastemperatur	°C	96	91	92	93	92

Abgasfeuchte	Vol. %	7	7	7	7	7
Abweichung von genehmigter Betriebsweise		keine	keine	keine		
Emissionen						
O ₂	Vol. %	13,7	13,3	13,8	13,6	13,7
NO ₂	mg/m ³	6,8	2,8	2,7	4,1	2,8
CO	mg/m ³	29,9	27,1	30,2	29,0	29,9

Tabelle 140: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas; Anlage 18, Messwerte

Komponente		Anlage 18			Mittelwert	Median
Datum		17.12.19	17.12.19	17.12.19		
Messzeit Start		13:10	13:49	14:30		
Messzeit Ende		13:40	14:19	15:00		
Methan	mg/m ³	11,2	2,7	10,1	8,0	10,1
VOC	mg/m ³	14,6	0,25	12	9,0	12,0
NM VOC	mg/m ³	3,4	0,25	1,9	1,9	1,9
Benzo(a)pyren	µg/m ³	0,0070	0,0070	0,0067	0,0069	0,0070
Benzo(b)fluoranthren	µg/m ³	0,0070	0,0070	0,0067	0,0069	0,0070
Benzo(k)fluoranthren	µg/m ³	0,0070	0,0070	0,0067	0,0069	0,0070
Indeno(1,2,3 cd)pyren	µg/m ³	0,0070	0,0070	0,0067	0,0069	0,0070
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	312	314	313	313	313

Tabelle 141: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas; Anlage 19, Messwerte

Komponente		Anlage 19			Mittelwert	Median
Datum		04.04.19	04.04.19	04.04.19		
Messzeit Start		8:15	9:10	9:55		
Messzeit Ende		8:45	9:40	10:25		
Methan	mg/m ³	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
VOC	mg/m ³	4,3	2,7	5,5	4,2	4,3

NMVOC	mg/m ³	4,1	2,5	5,3	4,0	4,1
Benzo(a)pyren	µg/m ³	0,0025	0,0025	0,0026	0,0025	0,0025
Benzo(b)fluoranthren	µg/m ³	0,0025	0,0025	0,0026	0,0025	0,0025
Benzo(k)fluoranthren	µg/m ³	0,0025	0,0025	0,0026	0,0025	0,0025
Indeno(1,2,3 cd)pyren	µg/m ³	0,0025	0,0025	0,0026	0,0025	0,0025
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	384	368	382	378	382

Tabelle 142: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas; Anlage 20, Messwerte

Komponente		Anlage 20			Mittelwert	Median
Datum		02.07.21	02.07.21	-		
Messzeit Start		10:15	12:25	-		
Messzeit Ende		12:15	14:25	-		
Methan	mg/m ³	0,2	0,2	-	0,2	0,2
VOC	mg/m ³	0,3	0,3	-	0,3	0,3
NM VOC	mg/m ³	0,3	0,3	-	0,3	0,3
Benzo(a)pyren	µg/m ³	-	-	-	-	-
Benzo(b)fluoranthren	µg/m ³	-	-	-	-	-
Benzo(k)fluoranthren	µg/m ³	-	-	-	-	-
Indeno(1,2,3 cd)pyren	µg/m ³	-	-	-	-	-
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	859	855	-	857	857

Tabelle 143: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas; Anlage 21, Messwerte

Komponente		Anlage 21			Mittelwert	Median
Datum		29.01.19	30.01.19	05.02.19		
Messzeit Start		13:35	10:53	9:35		
Messzeit Ende		19:15	16:56	15:35		
Methan	mg/m ³	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
VOC	mg/m ³	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
NM VOC	mg/m ³	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Benzo(a)pyren	µg/m ³	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Benzo(b)fluoranthren	µg/m ³	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Benzo(k)fluoranthren	µg/m ³	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Indeno(1,2,3 cd)pyren	µg/m ³	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	712	710	699	707	710

Tabelle 144: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas; Anlage 22, Messwerte

Komponente		Anlage 22			Mittelwert	Median
Datum		17.02.21	17.02.21	17.02.21		
Messzeit Start		16:17	16:58	18:06		
Messzeit Ende		16:57	17:28	18:36		
Methan	mg/m ³	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
VOC	mg/m ³	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5
NM VOC	mg/m ³	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Benzo(a)pyren	µg/m ³	-	-	-	-	-
Benzo(b)fluoranthren	µg/m ³	-	-	-	-	-
Benzo(k)fluoranthren	µg/m ³	-	-	-	-	-
Indeno(1,2,3 cd)pyren	µg/m ³	-	-	-	-	-
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	824	825	829	826	825

Tabelle 145: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas; Anlage 23, Messwerte

Komponente		Anlage 23			Mittelwert	Median
Datum		07.07.21	07.07.21	07.07.21		
Messzeit Start		11:25	11:55	12:25		
Messzeit Ende		11:55	12:25	12:55		
Methan	mg/m ³	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
VOC	mg/m ³	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
NM VOC	mg/m ³	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Benzo(a)pyren	µg/m ³	-	-	-	-	-
Benzo(b)fluoranthren	µg/m ³	-	-	-	-	-
Benzo(k)fluoranthren	µg/m ³	-	-	-	-	-
Indeno(1,2,3 cd)pyren	µg/m ³	-	-	-	-	-
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	279	280	281	280	280

Tabelle 146: Ergebnisse Untersuchungen Arbeitspaket 5, Brennstoff Erdgas; Anlage 24, Messwerte

Komponente		Anlage 24			Mittelwert	Median
Datum		30.11.20	30.11.20	30.11.20		
Messzeit Start		14:00	14:30	15:00		
Messzeit Ende		14:30	15:00	15:30		
Methan	mg/m ³	5,5	5	5,5	5,3	5,5
VOC	mg/m ³	5,9	6,7	6,5	6,4	6,5
NMVOC	mg/m ³	0,4	1,7	1	1,0	1,0
Benzo(a)pyren	µg/m ³	-	-	-	-	-
Benzo(b)fluoranthren	µg/m ³	-	-	-	-	-
Benzo(k)fluoranthren	µg/m ³	-	-	-	-	-
Indeno(1,2,3 cd)pyren	µg/m ³	-	-	-	-	-
Spezifisches Rauchgasvolumen	m ³ /GJ	840	852	845	846	845

11 Richtlinienverzeichnis

RICHTLINIE 2010/75/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES

vom 24. November 2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung)

RICHTLINIE (EU) 2015/2193 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES

vom 25. November 2015 zur Begrenzung der Emissionen bestimmter Schadstoffe aus mittelgroßen Feuerungsanlagen in die Luft

Dreizehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Großfeuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen - 13. BImSchV) Verordnung über Großfeuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen vom 2. Mai 2013 (BGBl. IS. 1021, 1023, 3754), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 19. Dezember 2017 (BGBl. I S. 4007) geändert worden ist

Vierundvierzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über mittelgroße Feuerungs- Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen - 44. BImSchV) Verordnung über mittelgroße Feuerungs- Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen vom 13. Juni 2019 (BGBl. I S. 804)

Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24. Juli 2002

DIN EN 1948 - 1: Emissionen aus stationären Quellen – Bestimmung der Massenkonzentration von PCDD/PCDF und dioxin-ähnlichen PCB – Teil 1: Probenahme von PCDD/PCDF; Deutsche Fassung EN 1948-1:2006

DIN EN 1948 - 4: Emissionen aus stationären Quellen – Bestimmung der Massenkonzentration von PCDD/PCDF und dioxin-ähnlichen PCB – Teil 4: Probenahme und Analyse dioxin-ähnlicher PCB; Deutsche Fassung EN 1948-4:2010+A1:2013

VDI 3874: Messen von Emissionen - Messen von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH) GC/MS-Verfahren, Dezember 2006

DIN EN 12619: Emissionen aus stationären Quellen – Bestimmung der Massenkonzentration des gesamten gasförmigen organisch gebundenen Kohlenstoffs – Kontinuierliches Verfahren mit dem Flammenionisationsdetektor; Deutsche Fassung EN 12619:2013

VDI 3481 Blatt 4: Messen gasförmiger Emissionen - Messen der Konzentrationen von Gesamt-C und Methan-C mit dem Flammenionisationsdetektor (FID), Februar 2007

DIN EN ISO 23210: Emissionen aus stationären Quellen –Ermittlung der Massenkonzentration von PM10/PM2.5 im Abgas – Messung bei niedriger Konzentration mit Impaktoren (ISO 23210:2009); Deutsche Fassung EN ISO 23210:2009

VDI 2066 Blatt 10: Messen von Partikeln - Staubmessung in strömenden Gasen - Messung der Emissionen von PM10 und PM2,5 an geführten Quellen nach dem Impaktionsverfahren, Oktober 2004

DIN EN 14385: Emissionen aus stationären Quellen – Bestimmung der Gesamtemission von As, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Ti und V; Deutsche Fassung EN 14385:2004