

# Inhalt

Seite

<b>1</b>	<b>Einführung .....</b>	<b>7</b>
<b>1.1</b>	<b>Grundlagen.....</b>	<b>7</b>
<b>1.2</b>	<b>Spezielle Aspekte der Thematik.....</b>	<b>9</b>
<b>1.3</b>	<b>Schlussfolgerungen .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Entwicklung der Methoden und vorbereitende Arbeiten .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Probenahme .....</b>	<b>13</b>
2.1.1	Probenahmestandorte .....	13
2.1.2	Probenahmezeitraum.....	16
2.1.3	Probenahmesystem.....	16
2.1.3.1	Probenahmepumpen .....	16
2.1.3.2	Filterkopfsysteme und verwendete Filter zur Erfassung der partikelgebundenen PAK / Nitro-PAK .....	17
2.1.3.3	Kartuschen für das Adsorbermedium und verwendetes Adsorberharz .....	19
2.1.3.4	Unterdruckaufnehmer mit Dataloggern .....	21
2.1.4	Probenaufbereitung für die weiterführenden Untersuchungen .....	25
2.1.5	Benennung der Proben.....	26
<b>2.2</b>	<b>Chemische Analytik .....</b>	<b>28</b>
2.2.1	Eingesetzte Chemikalien und Geräte.....	28
2.2.1.1	Chemikalien .....	28
2.2.1.2	Standardsubstanzen .....	28
2.2.1.3	Geräte.....	29
2.2.2	Probenaufbereitung .....	29
2.2.2.1	Nitro-PAK, PAK mit Festphasenextraktion .....	29
2.2.2.2	PAK.....	30
2.2.3	Analytische Verfahren für die Bestimmung von PAK und Nitro-PAK in PM1- und PM10- Staubextrakten .....	31
2.2.3.1	PAK.....	31
2.2.3.2	Nitro-PAK.....	33
2.2.4	Auswertungsverfahren/Qualitätskontrolle.....	38
2.2.5	Exemplarische Chromatogramme.....	39
2.2.5.1	PAK-Analytik .....	40
2.2.5.2	Nitro-PAK-Analytik .....	41

<b>2.3</b>	<b>Bestimmung der Mutagenität.....</b>	<b>45</b>
2.3.1	Probenvorbereitung für die Bestimmung der Mutagenität.....	46
2.3.2	Testdurchführung .....	46
<b>2.4</b>	<b>Statistische Verfahren .....</b>	<b>49</b>
<b>3</b>	<b>Ergebnisse der experimentellen Arbeiten, Daten.....</b>	<b>51</b>
<b>3.1</b>	<b>Probenahme .....</b>	<b>51</b>
3.1.1	Praktische Durchführung der Probenahme .....	51
3.1.1.1	Sommer 2004 .....	51
3.1.1.2	Winter 2004/2005 .....	52
3.1.2	Witterungsbedingungen bei der Probenahme .....	53
3.1.2.1	Witterung bei der Sommerbeprobung .....	54
3.1.2.2	Witterung bei der Winterbeprobung .....	56
3.1.3	Staubmengen und Probenvolumen .....	59
3.1.4	Probenaufbereitung für Analytik und Mutagenitätstests.....	62
3.1.4.1	Sommer.....	62
3.1.4.2	Winter .....	62
<b>3.2</b>	<b>PAK-Gehalte in Staub und Gasphase .....</b>	<b>63</b>
3.2.1	Bezogen auf die Luft (Gasphase, Partikelphase) .....	63
3.2.2	Bezogen auf die Staubmasse .....	69
<b>3.3</b>	<b>Nitro-PAK-Gehalte in Staub und Gasphase.....</b>	<b>75</b>
3.3.1	Bezogen auf die Luft (Gasphase, Partikelphase) .....	75
3.3.2	Bezogen auf die Staubmasse .....	81
<b>3.4</b>	<b>Ergebnisse der Mutagenitätsuntersuchungen.....</b>	<b>86</b>
3.4.1	Übersicht zur Biochemie .....	86
3.4.2	Mutagenität in Staub und Gasphase .....	89
3.4.2.1	Bezogen auf die Luft (Gasphase, Partikelphase) .....	89
3.4.2.2	Bezogen auf die Staubmasse .....	90
<b>3.5</b>	<b>Lufthygienische Daten.....</b>	<b>92</b>
3.5.1	Lufthygienisches Überwachungssystem Bayern (LÜB) des LfU .....	92
3.5.2	Luftüberwachung Brudermühltunnel der LH München.....	94

<b>4</b>	<b>Auswertung der experimentellen Ergebnisse .....</b>	<b>97</b>
<b>4.1</b>	<b>PAK-Gehalte .....</b>	<b>97</b>
4.1.1	Auswahl der zur Bewertung heranzuziehenden PAK, Gruppenbildung .....	97
4.1.2	PAK-Gehalte der Luft (Gasphase, Partikelphase) .....	104
4.1.2.1	Vergleich PM10 / PM1 .....	106
4.1.2.2	Standortbedingte Unterschiede für Gesamt-PAK .....	115
4.1.2.3	Vergleich Winter / Sommer für Gesamt-PAK .....	115
4.1.2.4	Standortbedingte Unterschiede für Einzel-PAK .....	117
4.1.2.5	Vergleich Winter / Sommer für Einzel-PAK .....	121
4.1.2.6	Vergleich zweier Winter-Messungen im Brudermühltunnel .....	126
4.1.2.7	Vergleich zweier Winter-Messungen am Luise-Kiesselbach-Platz .....	129
4.1.3	PAK-Gehalte bezogen auf die Staubmasse .....	132
4.1.3.1	Vergleich PM10 / PM1 .....	134
4.1.3.2	Standortbedingte Unterschiede für Gesamt-PAK .....	137
4.1.3.3	Vergleich Winter / Sommer für Gesamt-PAK .....	138
4.1.3.4	Standortbedingte Unterschiede für Einzel-PAK .....	138
4.1.3.5	Vergleich Winter / Sommer für Einzel-PAK .....	143
4.1.3.6	Vergleich zweier Winter-Messungen im Brudermühltunnel .....	148
4.1.3.7	Vergleich zweier Winter-Messungen am Luise-Kiesselbach-Platz .....	150
4.1.4	Toxizität der PAK-Komplexe – Ansätze in der Literatur .....	153
<b>4.2</b>	<b>Nitro-PAK-Gehalte .....</b>	<b>154</b>
4.2.1	Auswahl der zur Bewertung heranzuziehenden Nitro-PAK, Gruppenbildung .....	154
4.2.2	Nitro-PAK-Gehalte der Luft (Gasphase, Partikelphase) .....	157
4.2.2.1	Vergleich PM10/ PM1 .....	161
4.2.2.2	Vergleich der Probenahmestandorte Luise-Kiesselbach-Platz / Brudermühltunnel .....	169
4.2.2.3	Vergleich Winter / Sommer .....	175
4.2.2.4	Vergleich zweier Winter-Messungen im Brudermühltunnel .....	180
4.2.2.5	Vergleich zweier Winter-Messungen am Luise-Kiesselbach-Platz .....	182
4.2.2.6	Vergleich 2-Nitrofluoranthren / 3-Nitrofluoranthren .....	184
4.2.3	Nitro-PAK-Gehalte bezogen auf die Staubmasse .....	185
4.2.3.1	Vergleich der Staubfraktionen PM10 / PM1 .....	187
4.2.3.2	Vergleich der Probenahmestandorte Luise-Kiesselbach-Platz / Brudermühltunnel .....	194
4.2.3.3	Vergleich Winter / Sommer .....	197
4.2.3.4	Vergleich zweier Winter-Messungen im Brudermühltunnel .....	199
4.2.3.5	Vergleich zweier Winter-Messungen am Luise-Kiesselbach-Platz .....	201
<b>4.3</b>	<b>Mutagenität .....</b>	<b>203</b>
4.3.1	Allgemeines .....	203
4.3.2	Vergleich der Revertantenzahlen des Stammes YG-1024 (ohne S9-Mix) .....	205
4.3.2.1	Vergleich PM1 / PM10 .....	205
4.3.2.2	Verteilung der Mutagenität auf die Staubfraktionen PM1, PM10–PM1 und PM10 .....	206

4.3.2.3	Vergleich der Probenahmestandorte Luise-Kiesselbach-Platz / Brudermühltunnel, Luft- und Staubbezug .....	208
4.3.2.4	Vergleich Winter / Sommer, Luft- und Staubbezug .....	210
4.3.2.5	Vergleich der zusätzlichen Messungen im Winter .....	211
4.3.3	Vergleich der experimentell bestimmten mit berechneten Revertantenzahlen .....	213
4.3.4	Dinitropyrene: Bestimmungsgrenzen und Beitrag zur Mutagenität .....	221
4.3.5	Beziehung zwischen Mutagenität, PAK- und Nitro-PAK-Gehalten .....	221
<b>5</b>	<b>Beziehungen von PAK-, Nitro-PAK-Gehalt und Mutagenität mit lufthygienischen Daten .....</b>	<b>224</b>
5.1	Beziehungen mit NO <sub>x</sub> am Luise-Kiesselbach-Platz .....	225
5.2	Beziehungen mit CO .....	227
5.3	Beziehungen mit Ozon .....	232
5.4	Beziehungen mit PM10 und PM1 .....	235
5.5	Vergleich der PM10-Werte mit denen der festen Messstation am Luise- Kiesselbach-Platz .....	238
<b>6</b>	<b>Beantwortung der dem Forschungsvorhaben zugrunde liegenden Fragen .....</b>	<b>240</b>
6.1	<b>Basis .....</b>	<b>240</b>
6.1.1	Staubmengenverteilung und –konzentration .....	240
6.1.2	PAK-Gehalte .....	241
6.1.3	Nitro-PAK-Gehalte .....	243
6.1.4	Mutagenität .....	245
6.2	<b>Staubfraktionen PM1 / PM10 .....</b>	<b>246</b>
6.2.1	PAK .....	246
6.2.2	Nitro-PAK .....	247
6.2.3	Mutagenität .....	247
6.3	<b>PAK und Nitro-PAK in der Luft (Gasphase, Partikel) .....</b>	<b>247</b>
6.4	<b>Standorte Luise-Kiesselbach-Platz / Brudermühltunnel .....</b>	<b>248</b>
6.4.1	Staubkonzentration .....	248
6.4.2	PAK .....	248
6.4.3	Nitro-PAK .....	249
6.4.4	Mutagenität .....	250

<b>6.5</b>	<b>Jahreszeit Sommer / Winter .....</b>	<b>250</b>
6.5.1	Staubmenge und -konzentration .....	250
6.5.2	PAK.....	251
6.5.3	Nitro-PAK.....	251
6.5.4	Mutagenität.....	252
<b>6.6</b>	<b>Zuordnung der Mutagenität (PAK und Nitro-PAK) .....</b>	<b>253</b>
<b>6.7</b>	<b>Zusammenhänge zwischen den erfassten Parametern und lufthygienischen Messungen .....</b>	<b>254</b>
6.7.1	NO <sub>x</sub> .....	254
6.7.2	CO.....	254
6.7.3	PM10 LÜB .....	255
<b>6.8</b>	<b>Weitere Erkenntnisse.....</b>	<b>256</b>
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung, Ausblick.....</b>	<b>257</b>
<b>8</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>260</b>