

Dipl.-Chem. Dirk Brinkmann, Hannover

**Untersuchungen zum
mikrobiologischen Abbau
von Diesel-Hauptbestandteilen
und polyaromatischen
Kohlenwasserstoffen und deren
On-line-Analyse in einem
Drehrohrreaktor**

Reihe **15**: Umwelttechnik

Nr. **163**

1. Verzeichnisse**1.1. Inhaltsverzeichnis**

1. Verzeichnisse	V
1.1. Inhaltsverzeichnis	V
1.2. Abkürzungsverzeichnis	VIII
1.3. Symbolverzeichnis	IX
2. Allgemeiner Überblick	1
2.1. Kontaminierte Standorte, Begriffsbestimmung	1
2.2. Bewertung von Bodenkontaminationen und Sanierungsziele	2
2.3. Strategien zur Sicherung und Dekontamination von Altlasten	4
2.3.1. Chemisch-physikalische Verfahren	6
2.3.2. Thermische Verfahren	7
2.3.3. Biologische Verfahren	7
2.3.3.1. In-situ-Verfahren	8
2.3.3.2. Landfarming, Beet- und Mietentechnik	9
2.3.3.3. Reaktorverfahren	10
2.4. Mikrobiologischer Abbau organischer Verbindungen	12
2.4.1. Mikrobiologischer Abbau von Alkanen	14
2.4.2. Mikrobiologischer Abbau von polyaromatischen Kohlenwasserstoffen	15
2.4.3. Potentielle Limitierungen beim mikrobiologischen Abbau	17
2.4.3.1. Biotische Limitierungen des Abbaus	17
2.4.3.2. Substratspezifische Limitierungen des Abbaus	20
2.5. Physikalische Daten ausgewählter Kohlenwasserstoffe	22
2.5.1. Physikalische Daten ausgewählter Diesel-Bestandteile (n-Alkane)	22
2.5.2. Physikalische Daten der 16 EPA-PAK	23
3. Material und Methoden	25
3.1. Versuchsanlage	25
3.2. On-line-Messungen	27
3.2.1. Redoxspannung, pH-Wert, Temperatur und rH-Wert	27
3.2.2. Bestimmung von Kohlendioxid und Sauerstoff	29
3.2.2.1. Massenspektrometrische Kohlendioxid- und Sauerstoffanalyse	29
3.2.2.2. IR-spektroskopische Analyse von Kohlendioxid	31

3.2.2.3. Paramagnetische Analyse von Sauerstoff.....	32
3.2.2.4. Kohlendioxidproduktionsrate und Sauerstoffaufnahme.....	32
3.2.3. Bestimmung von Kohlenwasserstoffen.....	33
3.2.3.1. Elektrochemische Analyse von Kohlenwasserstoffen.....	33
3.2.3.2. IR-spektroskopische Analyse von Kohlenwasserstoffen.....	34
3.2.3.3. Massenspektrometrische Analyse von Kohlenwasserstoffen.....	35
3.2.4. Massenspektroskopische Bestimmung von PAK.....	37
3.3. Off-line-Messungen.....	40
3.3.1. Bestimmung des Wassergehalts.....	40
3.3.2. Bestimmung von Kohlenstoff.....	41
3.3.3. Bestimmung von Makronährstoffen.....	41
3.3.3.1. Stickstoff-Analyse.....	42
3.3.3.2. Phosphat-Analyse.....	42
3.3.4. Bestimmung von Kohlenwasserstoffen (n-Alkanen).....	43
3.3.4.1. Extraktion der Kohlenwasserstoffe.....	43
3.3.4.2. Festphasenextraktion.....	43
3.3.4.3. Kohlenwasserstoff-Analytik.....	44
3.3.5. Bestimmung von polyaromatischen Kohlenwasserstoffen.....	45
3.3.5.1. Extraktion der polyaromatischen Kohlenwasserstoffe.....	45
3.3.5.2. Festphasenextraktion.....	46
3.3.5.3. PAK-Analytik.....	46
3.4. Charakterisierung des Bodens.....	48
3.4.1. Rheologische Untersuchung des Bodenschlammes.....	51
4. Ergebnisse und Diskussion.....	53
4.1. Charakterisierung des Drehrohrreaktors.....	53
4.1.1. Verhältnis von Oberfläche und Schlammvolumen.....	53
4.1.2. Begasungsrate und Gasverweilzeitverteilung.....	56
4.1.3. Energieeintrag und Energiedissipation.....	57
4.1.4. Sauerstoffeintrag, Kohlendioxidfreisetzung und Reaktordrehzahl.....	60
4.2. Charakterisierung des Bodens.....	63
4.2.1. Rheologie der Bodensuspension.....	63
4.2.2. Pufferkapazität des Bodens.....	71
4.2.3. Sauerstoffsättigung, Redoxspannung und rH-Wert.....	76
4.3. Probenahme und Extraktion von Analyten.....	78
4.3.1. Einfluß der Probenmenge.....	78

4.3.2. Schadstoffverteilung in Bodenfraktionen.....	82
4.3.3. Einfluß des Wassergehalts auf die Extraktion.....	83
4.3.4. Vergleich unterschiedlicher Extraktionsverfahren.....	87
4.3.5. Schadstofffreisetzung bei der Reaktorbehandlung.....	91
4.3.6. Schadstoffzusammensetzung.....	93
4.4. Kohlenstoff-Umsetzungen.....	94
4.4.1. Kohlenstoffgehalt von Feststoffproben.....	94
4.4.2. Gelöstkohlenstoff.....	96
4.4.3. Kohlendioxid und Sauerstoff.....	100
4.5. Nährstoff-Umsetzungen.....	102
4.5.1. Stickstoff.....	103
4.5.2. Phosphor.....	108
4.6. Abbau von Schadstoffen.....	109
4.6.1. Abbau der im Boden vorhandenen PAK.....	109
4.6.2. Abbau von PAK bei künstlicher Kontaminierung.....	113
4.6.3. Abbau von Diesel bei künstlicher Kontaminierung.....	127
4.7. On-line-Analyse von Schadstoffen.....	135
4.7.1. Bestimmung von PAK.....	136
4.7.2. Massenspektroskopische PAK-Bestimmung im Modellsystem.....	139
4.7.3. Massenspektroskopische PAK-Bestimmung bei der Reaktorbehandlung.....	141
4.7.4. Bestimmung von Kohlenwasserstoffen.....	146
4.7.5. Bestimmung von Kohlenwasserstoffen im Modellsystem.....	146
4.7.6. Bestimmung von Kohlenwasserstoffen bei der Reaktorbehandlung.....	151
5. Zusammenfassung und Ausblick.....	159
6. Anhang.....	163
6.1. Liste der im Boden nachweisbaren Substanzen.....	163
6.2. Diesel-Chromatogramme.....	166
6.3. Daten zum Nachweis von Alkanen in der Gasphase.....	178
6.4. Geschwindigkeitskonstanten der KW-Abgasanalytik.....	179
6.5. Berechnete KW-Konzentration im Abgas.....	180
7. Literatur.....	182