

W. A. R. – Bibliothek  
Inv.-Nr. 14887

INSTITUT WAR – Bibliothek –  
Wasserversorgung, Abwassertechnik,  
Abfalltechnik und Raumheizung  
Technische Hochschule Darmstadt  
Petersenstraße 13, 64267 Darmstadt  
TEL. 06151 / 163659 + 162748  
FAX 06151 / 163758

10 CUT 12

Beitrag zur chemisch-oxidativen  
Abwasserbehandlung



Dirk Weichgrebe

CUTE<sup>TM</sup> TEC  
INSTITUT GARCH

Von der Fakultät für Bergbau, Hüttenwesen und Maschinenwesen  
der Technischen Universität Clausthal genehmigte Dissertation

WAR TU Darmstadt



57502177

Inhaltsverzeichnis	Seite
<b>1. Einleitung</b> .....	11
<b>2. Verfahrensüberblick</b> .....	13
2.1 Naßoxidation .....	13
2.2 Chemisch-oxidative Behandlung .....	14
<b>3. Theoretische Grundlagen der chemisch-oxidativen Behandlung</b>	18
3.1 Eigenschaften der Oxidationsmittel .....	18
3.1.1 Ozon .....	18
3.1.2 Wasserstoffperoxid .....	20
3.2 Ozonung .....	23
3.2.1 Absorption .....	24
3.2.2 Reaktionsmechanismus .....	29
3.2.3 Kinetische Betrachtung .....	35
3.3 Photolytisch induzierte Oxidation .....	38
3.3.1 Reaktionsmechanismus .....	39
3.3.2 Kinetische Betrachtung .....	42
3.4 Photokatalyse .....	51
3.4.1 Reaktionsmechanismus .....	54
3.4.2 Kinetische Betrachtung .....	56
<b>4. Versuchsanlagen</b> .....	58
4.1 Aufbau der Strahlenquelle .....	58
4.1.1 Tauchrohr .....	59
4.1.2 Strahler .....	60
4.1.3 Kühlung .....	64

4.2	Reaktoren .....	66
4.2.1	Standardapparatur im Labormaßstab .....	66
4.2.2	Treibstrahlschlaufenreaktor im Technikumsmaßstab .....	67
4.2.3	Prallstrahlreaktor im Pilotmaßstab .....	71
<b>5.</b>	<b>Versuchsaufbau und -durchführung .....</b>	<b>75</b>
5.1	Versuchsaufbau .....	75
5.2	Versuchsdurchführung .....	77
5.2.1	Oxidationsmittelbedarf der Ozonung .....	77
5.2.2	Oxidationsmittelbedarf der photolytisch induzierten Oxidation .....	77
5.2.3	Diskontinuierliche Versuche .....	79
5.2.4	Kontinuierliche Versuche .....	79
5.3	Abwassercharakteristik .....	80
5.3.1	Sickerwasser einer Hausmülldeponie .....	80
5.3.2	Abwasser aus einer Emulsionsspaltanlage .....	82
5.3.3	Abwasser aus der Munitionsmittelentsorgung .....	83
<b>6.</b>	<b>Meß- und Anlagentechnik .....</b>	<b>85</b>
6.1	Ozonerzeugung .....	85
6.2	Gasvolumenstrom .....	86
6.3	Flüssigkeitsvolumenstrom .....	86
6.4	pH-Wert und Temperatur .....	86
6.5	Ozonkonzentration in der Gasphase .....	87
6.6	Bestrahlungsstärke .....	87
<b>7.</b>	<b>Analytik .....</b>	<b>91</b>
7.1	Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) .....	91
7.2	Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB <sub>5</sub> ) .....	92
7.3	Konzentration des gesamten (TC), organischen (TOC) und anorganischen Kohlenstoffs (TIC) .....	92
7.4	Wasserstoffperoxidkonzentration .....	93
7.5	Adsorbierbare organische Halogenide (AOX) .....	94
7.6	Ozonkonzentration in der Flüssigphase .....	94

<b>8. Ergebnisse und Diskussion</b>	96
8.1 Ozonung	96
8.1.1 Kinetische Betrachtung	96
8.1.2 pH-Wert	99
8.1.3 Oxidationsmittelkonzentration	102
8.2 Photolytisch induzierte Oxidation	106
8.2.1 Kinetische Betrachtung	107
8.2.2 pH-Wert	110
8.2.3 Oxidationsmittelkonzentration	116
8.2.4 Strahlungsfluß	130
8.3 Photokatalyse	134
8.3.1 Kinetische Betrachtung	135
8.3.2 Elektronenakzeptor	136
8.3.3 pH-Wert	141
8.4 Veränderung der Summenparameter TOC, BSB <sub>5</sub> und AOX	144
8.5 Vergleichende Betrachtung	148
8.6 Verfahrensauswahl	152
<b>9. Zusammenfassung</b>	158
<b>10. Symbolverzeichnis</b>	162
<b>11. Literaturverzeichnis</b>	165
<b>12. Anhang</b>	186
A1 Henry-Koeffizient für Ozon in Wasser	186
A2 Säure-Base-Gleichgewicht H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> -HO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	187
A3 Säure-Base-Gleichgewicht (CO <sub>2</sub> )-HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	187
A4 Energiebänder an Halbleiteroberflächen	188
A5 Datenblatt der UV-Strahler	189
A6 Strahlerhalterung	192
A7 Geschwindigkeitskonstanten von O <sub>3</sub> und OH <sup>•</sup> -Radikalen	193