

# **Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft**

vertreten durch das

## **Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie**

Sachgebiet: Bio- und Gentechnik

**Abschlussbericht** Nr.: 208/03  
Berichtszeitraum: 01.09.2002 – 30.09.2003  
Seitenzahl: 46  
Tabellen: 27  
Abbildungen: 8

zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben

### **Untersuchung, Bewertung und Verminderung von Emissionen ausgewählter, die Gewässerbeschaffenheit beeinträchtigender Abwasserinhaltsstoffe im Freistaat Sachsen**

#### **Teilprojekt 3:**

#### **Erfassungen der Gehalte und Wirkungen gefährlicher Stoffe in Abwassereinleitungen – Studie über effektbezogene Abwasseruntersuchungen von ausgewählten Abwasserdirekteinleitungen im Freistaat Sachsen**

**Aktenzeichen 13-8802.3522/64-3**  
**Werkvertrag vom 17./18.07.2002**

#### **Autoren**

Dipl.-Chem. Dr. Peter Roth  
Dipl.-Biol. Dr. Detlef Dietzmann  
Dipl.-Biol. Ulf Biermann

#### **Durchführende Institution**

Dr. Roth bioTEST – Biologisches und chemisches Umweltlabor  
Bismarckstraße 39  
04249 Leipzig  
Tel./Fax (0341) 42 90 308 / - 324  
eMail dr.roth-biotest@t-online.de  
www.roth-biotest.de

#### **Projektleiter**

Dipl.-Chem. Dr. Peter Roth

Leipzig, 30.09.2003

Dr. Roth

## **Inhaltsverzeichnis**

Inhaltsverzeichnis.....	2
Verzeichnis der Tabellen.....	3
Verzeichnis der Abbildungen.....	5
Verzeichnis der Abbildungen.....	5
Erläuterung von Abkürzungen und Maßeinheiten .....	6
Veranlassung/Zielstellung .....	8
Material und Methoden.....	8
Ergebnisse .....	12
Gültigkeitskriterien .....	12
Einzelergebnisse der Biotests .....	12
B 1.....	13
B 2.....	14
B 3.....	15
B 4.....	16
B 5.....	17
Einzelergebnisse der chemischen Analytik und der Vor-Ort-Prüfungen.....	18
Diskussion .....	33
Zusammenfassung.....	43
Literaturverzeichnis .....	44
Danksagung .....	46

## **Verzeichnis der Tabellen**

Tab. 1:	Vom StUFA Chemnitz ausgewählte und beprobte Abwassererzeuger und im Rahmen des Berichts verwendete Kurzbezeichnungen. ....	9
Tab. 2:	Probenahmeterminale durch das StUFA Chemnitz und Termine der Probenübergabe an den Auftragnehmer. ....	9
Tab. 3:	Charakterisierung der Abwassererzeuger mit Probenahmestelle und Einleitungsgewässer.....	10
Tab. 4:	Angewandte Verfahren für die Durchführung der öko- und gentoxikologischen Tests. ....	11
Tab. 5:	Ergebnisse der öko- und gentoxikologischen Untersuchungen der Abwasserproben des Direkteinleiters B 1.....	13
Tab. 6:	Ergebnisse der öko- und gentoxikologischen Untersuchungen der Abwasserproben des Direkteinleiters B 2.....	14
Tab. 7:	Ergebnisse der öko- und gentoxikologischen Untersuchungen der Abwasserproben des Direkteinleiters B 3.....	15
Tab. 8:	Ergebnisse der öko- und gentoxikologischen Untersuchungen der Abwasserproben des Direkteinleiters B 4.....	16
Tab. 9:	Ergebnisse der öko- und gentoxikologischen Untersuchungen der Abwasserproben des Direkteinleiters B 5.....	17
Tab. 10:	Ergebnisse der Vor-Ort-Prüfungen und der chemischen Analyse der Proben des Abwassererzeugers B 1 durch das StUFA Chemnitz.....	18
Tab. 11:	Ergebnisse der Vor-Ort-Prüfungen und der chemischen Analyse der Proben des Abwassererzeugers B 2 durch das StUFA Chemnitz.....	19
Tab. 12:	Ergebnisse der Vor-Ort-Prüfungen und der chemischen Analyse der Proben des Abwassererzeugers B 3 durch das StUFA Chemnitz.....	20
Tab. 13:	Ergebnisse der Vor-Ort-Prüfungen und der chemischen Analyse der Proben des Abwassererzeugers B 4 durch das StUFA Chemnitz.....	21
Tab. 14:	Ergebnisse der Vor-Ort-Prüfungen und der chemischen Analyse der Proben des Abwassererzeugers B 5 durch das StUFA Chemnitz.....	22
Tab. 15:	Minimal- und Maximalwerte der Vor-Ort-Prüfungen und der chemischen Analysen der Proben aus dem Zeitraum 1997 bis 2001 (StUFA Chemnitz).....	23
Tab. 16:	Ergebnisse der Vor-Ort-Prüfungen und der chemischen Analysen der Proben aus dem Zeitraum 1997 bis 2001. Probenahmestelle B 1. ....	24
Tab. 17:	Ergebnisse der Vor-Ort-Prüfungen und der chemischen Analysen der Proben aus dem Zeitraum 1997 bis 2001. Probenahmestelle B 2. ....	25
Tab. 18:	Ergebnisse der Vor-Ort-Prüfungen und der chemischen Analysen der Proben aus dem Zeitraum 1997 bis 2001. Probenahmestelle B 3. ....	27

Tab. 19:	Ergebnisse der Vor-Ort-Prüfungen und der chemischen Analysen der Proben aus dem Zeitraum 1999 bis 2001. Probenahmestelle B 4. ....	29
Tab. 20:	Ergebnisse der Vor-Ort-Prüfungen und der chemischen Analysen der Proben aus dem Zeitraum 1997 bis 2001. Probenahmestelle B 5. ....	30
Tab. 21:	Ergebnisse der statistischen Auswertung der Giftigkeitswerte der 16 untersuchten Abwasserstichproben von Direkteinleitern der Textilindustrie im Freistaat Sachsen im Untersuchungszeitraum 2002/2003.....	32
Tab. 22:	Vor- und Nachteile effektbezogener Untersuchungen und chemischer Einzelstoffanalytik in komplexen Abwässern (REEMTSMA und KLINKOW, 2001).....	33
Tab. 23:	Vergleich der Ergebnisse der Fisch-Tests ( $G_F$ -Werte) zwischen Dr. Roth bioTEST und StUFA Chemnitz sowie Beurteilung der Einhaltung des Anforderungswerts nach Anhang 38 von $G_F = 2$ in Klammern. ....	35
Tab. 24:	Vergleich der Ergebnisse von Fisch- und Fischei-Test ( $G_F$ - und $G_{Ei}$ -Werte). ....	36
Tab. 25:	Vergleich der statistischen Auswertung der Biotestergebnisse behandelter Abwässer direkt einleitender Betriebe des Abwasserherkunftsbereichs Anhang 38 (Textilherstellung, Textilveredlung) mit Literaturdaten aus Deutschland (in kursiver Schreibweise, DIEHL und HAGEDORF, 1998). ....	36
Tab. 26:	Verbale Einschätzung der Ökotoxizität der geprüften Abwässer auf die Testorganismen bzw. die aquatische Lebensgemeinschaft im Vorfluter nach den laboreigenen Biotestergebnissen. ....	37
Tab. 27:	Abhängigkeit zwischen chemischen Daten (StUFA Chemnitz; im Rahmen der Direkteinleiter-Kontrolle erhoben) und Giftigkeitswerten mit Rangkorrelationskoeffizient nach SPEARMAN $r$ , Irrtumswahrscheinlichkeit $p$ und Stichprobenumfang $n$ . ....	39

## Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1:	Grafische Darstellung der Ergebnisse der öko- und gentoxikologischen Untersuchungen von vier Abwasserstichproben des Direkt-einleiters B 1. ....	13
Abb. 2:	Grafische Darstellung der Ergebnisse der öko- und gentoxikologischen Untersuchungen von vier Abwasserstichproben des Direkt-einleiters B 2. ....	14
Abb. 3:	Grafische Darstellung der Ergebnisse der öko- und gentoxikologischen Untersuchungen von zwei Abwasserstichproben des Direkt-einleiters B 3. ....	15
Abb. 4:	Grafische Darstellung der Ergebnisse der öko- und gentoxikologischen Untersuchungen von vier Abwasserstichproben des Direkt-einleiters B 4. ....	16
Abb. 5:	Grafische Darstellung der Ergebnisse der öko- und gentoxikologischen Untersuchungen von vier Abwasserstichproben des Direkt-einleiters B 5. ....	17
Abb. 6:	Positive Korrelation zwischen CSB-Gehalt und Fischgiftigkeit ( $G_F$ -Wert) von 16 geprüften Stichproben behandelter Abwässer direkt einleitender Betriebe des Abwasserherkunftsbereichs Anhang 38 (Textilherstellung, Textilveredlung).....	40
Abb. 7:	Positive Korrelation zwischen CSB-Gehalt und $G_F$ -Wert anhand der vom StUFA Chemnitz zur Verfügung gestellten Daten aus den Jahren 1997-2001 mit 81 geprüften Wertepaaren.....	40
Abb. 8:	Signifikante positive Korrelation nach SPEARMAN zwischen Chrom-Gehalt und $G_D$ -Wert der geprüften Abwässer.....	41

## Erläuterung von Abkürzungen und Maßeinheiten

Abb.	Abbildung(en)
AbwV	Abwasserverordnung
Ames-Test	Gentoxizitätstest mit Histidin-defizienten Bakterienstämmen <i>Salmonella typhimurium</i> TA100 und TA98 (Salmonella-Mikrosomen-Test) bei denen Gentoxine Mutationen im Genom induzieren, wodurch sich die spontanen Mutantenzahlen der Testorganismen erhöhen.
AOX	Adsorbierbares organisches Halogen
AQS	Analytische Qualitätssicherung
BSB <sub>5</sub>	Biologischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen
bzw.	beziehungsweise
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
EI.	Elektrische(n)
EN	Europäische Norm
F&E	Forschung und Entwicklung
$f_K$ -Wert	Korrekturfaktor im Leuchtbakterien-Test. Quotient aus der Leuchtintensität $I_t$ nach einer Inkubationszeit von 30 min und der Ausgangsintensität $I_0$ in den Kontrollansätzen.
FNU	Formazine Nephelometric Units (Dimension der Trübung)
G-Wert	Giftigkeitswert: Ganzzahliges Volumenverhältnis einer Mischung aus Abwasser mit Verdünnungswasser und ggf. Inokulum und anderen Nährlösungen.
G <sub>A</sub> -Wert	Giftigkeitswert Algen
G <sub>D</sub> -Wert	Giftigkeitswert Daphnien
G <sub>EI</sub> -Wert	Giftigkeitswert Fischeier/Fischembryonen
G <sub>EU</sub> -Wert	Giftigkeitswert Gentoxizität
G <sub>F</sub> -Wert	Giftigkeitswert Fische
G <sub>L</sub> -Wert	Giftigkeitswert Leuchtbakterien
° C	Grad Celsius
$I_0$	Leuchtintensität im Leuchtbakterien-Test vor Beginn der Inkubationszeit (Ausgangsintensität).
ISO	International Organization for Standardization
$I_t$	Leuchtintensität im Leuchtbakterien-Test nach Ablauf der Inkubationszeit.
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
$m^{-1}$	pro Meter (Dimension des Spektralen Absorptionskoeffizienten)

Max.	Maximum
mg/l	Milligramm pro Liter
$\mu\text{S/cm}$	Mikrosiemens pro Zentimeter (Dimension der El. Leitfähigkeit)
min	Minute(n)
Min.	Minimum
$n$	Stichprobenumfang
$\text{NH}_4\text{-N}$	Ammonium-Stickstoff
nm	Nanometer
$\text{NO}_2\text{-N}$	Nitrit-Stickstoff
$\text{NO}_3\text{-N}$	Nitrat-Stickstoff
$p$	Irrtumswahrscheinlichkeit
P gesamt	Phosphor gesamt
$r$	Korrelationskoeffizient nach Pearson
S9	S9-Extrakt zur metabolischen Aktivierung von Gentoxinen im umu-Test
SAK 436 nm	Spektraler Absorptionskoeffizient bei 436 nm
SBR	Sequencing Batch Reactor
Std.	Stunde(n)
StUFA Chemnitz	Staatliche(n) Umweltfachamt Chemnitz
Tab.	Tabelle(n)
TLUG	Thüringer Landesamt für Umwelt und Geologie
UBA	Umweltbundesamt
umu-Test	Gentoxizitätstest bei dem Gentoxine das sogenannte umuC-Gen von <i>Salmonella typhimurium</i> TA 1535/pSK 1002 induzieren, welches einer Schädigung der bakteriellen Erbsubstanz entgegenwirkt.
vgl.	vergleiche
Zahn-Wellens- Test	Statischer Test zur Bestimmung der aeroben biologischen Abbaubarkeit organischer Stoffe im wässrigen Medium.
z. B.	zum Beispiel

## **Veranlassung/Zielstellung**

Das biologische und chemische Umweltlabor Dr. Roth bioTEST wurde vom Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie mit der Bearbeitung des F&E-Projektes „Untersuchung, Bewertung und Verminderung von Emissionen ausgewählter, die Gewässerbeschaffenheit beeinträchtigender Abwasserinhaltsstoffe im Freistaat Sachsen. Teilprojekt 3: Erfassungen der Gehalte und Wirkungen gefährlicher Stoffe in Abwassereinleitungen – Studie über effektbezogene Abwasseruntersuchungen von ausgewählten Abwasserdirekteinleitungen im Freistaat Sachsen“ beauftragt. Grundlage der Arbeiten sollte die vom Umweltbundesamt veröffentlichte „Untersuchungsstrategie für gefährliche Stoffe in Abwassereinleitungen“ (REEMTSMA und KLINKOW 2001) sein, mit deren Hilfe das Umweltgefährdungspotential von Abwasserdirekteinleitungen anhand von Toxizität, Persistenz und Bioakkumulierbarkeit beurteilt werden kann.

Im Verlauf des Ausschreibungsverfahrens wurde der Umfang der Arbeiten erheblich reduziert. Auftragsgemäß sollten nunmehr vier Abwässer der Textilindustrie in Hinblick auf ihre akute Ökotoxizität (Testorganismen: Fische, Fischembryonen, Daphnien, einzellige Grünalgen, Leuchtbakterien) und Gentoxizität (umu-Test) nach insgesamt vier Beprobungsterminen untersucht werden. Die Auswahl der Unternehmen erfolgte durch das Staatliche Umweltfachamt Chemnitz. Nach zwei Beprobungsterminen wurde ein Abwasserdirekteinleiter aus dem Untersuchungsprogramm herausgenommen, da er den Betrieb am ausgewählten Standort eingestellt hatte. Dafür wurde ein weiterer Abwassererzeuger einbezogen. Der Gesamtauftragsumfang wurde dabei unverändert beibehalten.

Die Ergebnisse dieser effektbezogenen Abwasseruntersuchungen sollten mit den Resultaten der chemischen Prüfungen durch das StUFA Chemnitz verglichen werden. Im weiteren war vorgesehen, für den Anhang 38 (2002) „Textilherstellung und Textilveredlung“ zur Abwasserverordnung (1999) geeignete ökotoxikologische Parameter zu benennen und – wenn möglich – Vorschläge zur Reduzierung des von den geprüften Abwässern ausgehenden Umweltgefährdungspotentials zu erarbeiten.

Das Untersuchungsprogramm erstreckte sich über den Zeitraum September 2002 bis September 2003 mit jeweils 50 % der experimentellen Arbeiten in den beiden Kalenderjahren.

## **Material und Methoden**

Auftragsgemäß wurden die Abwasserdirekteinleitungen von fünf sächsischen Textilbetrieben untersucht. Die Probenahme erfolgte durch das StUFA Chemnitz. Die Proben wurden im StUFA Chemnitz abgeholt und gekühlt in das Labor des Auftragnehmers transportiert. Ein Teil der ökotoxikologischen Arbeiten wurde noch am gleichen Tag begonnen. Das restliche Probenmaterial wurde portioniert und bei  $-18^{\circ}\text{C}$  aufbewahrt.

In Tabelle 1 sind die beprobten Abwassererzeuger sowie die im Rahmen dieses Berichts verwendeten Kurzbezeichnungen aufgelistet.

Tab. 1: Vom StUFA Chemnitz ausgewählte und beprobte Abwassererzeuger und im Rahmen des Berichts verwendete Kurzbezeichnungen.

<b>Abwassererzeuger</b>	<b>Kurzbezeichnung</b>
Betrieb 1	B 1
Betrieb 2	B 2
Betrieb 3	B 3
Betrieb 4	B 4
Betrieb 5	B 5

Die Termine der Probenentnahme und der Probenübergabe sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Detailliertere Angaben zu den Bedingungen der Probenentnahme und den aufgenommenen Vor-Ort-Parametern folgen in den Tabellen 2 und 3 sowie im Kapitel „Ergebnisse“.

Tab. 2: Probenahmeterminale durch das StUFA Chemnitz und Termine der Probenübergabe an den Auftragnehmer.

<b>Abwassererzeuger</b>	<b>Probenahmeterminale</b>	<b>Probenübergabeterminale</b>
B 1	05.09.02	06.09.02
	10.10.02	11.10.02
	18.02.03	18.02.03
	13.05.03	14.05.03
B 2	06.09.02	06.09.02
	11.10.02	11.10.02
	18.02.03	18.02.03
	14.05.03	14.05.03
B 3	06.09.02	06.09.02
	11.10.02	11.10.02
B 4	06.09.02	06.09.02
	11.10.02	11.10.02
	18.02.03	18.02.03
	14.05.03	14.05.03
B 5	26.02.03	26.02.03
	13.05.03	14.05.03

Die dem Auftragnehmer vorliegenden Angaben zum Produktionsprofil, Stand der angewandten Abwasserbehandlung, Probenahmestelle und Einleitungsgewässer der ausgewählten Abwasserdirekteinleiter gibt die Tabelle 3 wieder.

Tab. 3: Charakterisierung der Abwassererzeuger mit Probenahmestelle und Einleitungsgewässer.

Abwassererzeuger	Produktionsprofil	Stand der Abwasserbehandlung	Probenahmestelle	Einleitungsgewässer
B 1	Lohnveredler (Veredlung, Vorbehandeln, Färben, Rauhen, Scheren, Schleifen, Knautschen, vorrangig Maschinenware, Gewirke)	Biologische Kläranlage (2 SBR) als erste Ausbaustufe der Endlösung. Inbetriebnahme einer Entfärbung für 2004 geplant.	Ablauf Ausgleichsteich	Gewässer 1
B 2	Lohnveredler (Bleichen, Färben, Appretieren von Gewirken und Gestriicken)	Abwasserbehandlungsanlage mit 2 in Reihe geschalteten offenen Misch-, Ausgleichs- und Absetzbecken.	Kontrollschacht Ablauf Misch- und Ausgleichsbecken	Gewässer 2
B 3	Lohnveredler (Filamentgarne, Texturieren, Färben, Garne und Stückware)	Abwasserbehandlungsanlage mit 2 in Reihe geschalteten Vierkammergruben.	Kontrollschacht Ablauf Misch- und Ausgleichsbecken	Gewässer 3
B 4	Eigenveredler (vorrangig Gewebe)	Anlage nach dem Stand der Technik mit trägergestützter Biologie (Braunkohlenkoks), Adsorption (Braunkohlenkoks), Filtration (Kiesfilter, Aktivkohle), Umkehrosmose.	Probenahme- hahn Ablauf Produktions- abwasser- behandlungs- anlage	Gewässer 3
B 5	Eigenveredler (vorrangig Garne, unterschiedliches Material)	Belüfteter Abwassertank mit 60 m <sup>3</sup> Fassungsvermögen.	Ablauf Stahlbehälter	Gewässer 4

Die ökotoxikologischen und gentoxikologischen Arbeiten erfolgten nach den in Tabelle 4 aufgeführten Verfahren.

Tab. 4: Angewandte Verfahren für die Durchführung der öko- und gentoxikologischen Tests.

Kurz-Bezeichnung	Verfahren	Methode
Fisch-Test	Bestimmung der nicht akut giftigen Wirkung von Abwasser gegenüber Fischen über Verdünnungsstufen Testorganismus: <i>Leuciscus idus</i> L. (Goldorfe)	DIN 38412 L 31 (1989) unter Berücksichtigung des AQS-Merkblatts P-9/1 (LAWA 1994)
Fischei-Test	Bestimmung der nicht akut giftigen Wirkung von Abwasser auf die Entwicklung von Fischeiern über Verdünnungsstufen Prüfung mit Embryonen von <i>Brachydanio rerio</i> (Zebrafisch)	DIN 38 415 T 6 (2001)
Daphnien-Test	Bestimmung der nicht akut giftigen Wirkung von Abwasser gegenüber Daphnien über Verdünnungsstufen Testorganismus: <i>Daphnia magna</i> STRAUS (Großer Wasserfloh)	DIN 38412 L 31 (1989) unter Berücksichtigung des AQS-Merkblatts P-9/2 (LAWA 2000)
Algen-Test	Bestimmung der nicht giftigen Wirkung von Abwasser gegenüber Grünalgen über Verdünnungsstufen Testorganismus: <i>Scenedesmus subspicatus</i>	DIN 38412 L 33 (1991) unter Berücksichtigung des AQS-Merkblatts P-9/3 (LAWA 1998) Auswertekriterium: Zellzahl
Leuchtbakterien-Test	Bestimmung der Hemmwirkung von Wasserproben auf die Lichtemission von <i>Vibrio fischeri</i> . Teil 1: Verfahren mit frisch gezüchteten Bakterien Testorganismus: <i>Vibrio fischeri</i>	EN ISO 11348 L 34 (1998) / DIN 38412 L 34 (L 341) (1993) unter Berücksichtigung des AQS-Merkblatts P-9/5 (LAWA 1996)
umu-Test	Bestimmung des erbgutverändernden Potentials von Wasser- und Abwasserinhaltsstoffen mit dem umu-Test Testorganismus: <i>Salmonella typhimurium</i> TA1535/pSK 1002	DIN 38415 T 3 (1996) unter Berücksichtigung des AQS-Merkblatts P-9/6 (LAWA 1998)

Für den umu-Test ergibt sich folgender Unterschied zwischen der DIN 38415 T 3 und dem AQS-Merkblatt P-9/6. Während nach der DIN-Norm als  $G_{EU}$ -Wert die kleinste Verdünnungsstufe angegeben wird, die eine Induktionsrate  $< 1,5$  bewirkt, kann gemäß AQS-Merkblatt der kleinste Wert von G angegeben werden, bei dem eine Induktionsrate  $< 1,3$  gemessen wird. Beide Auswerteverfahren wurden genutzt und die sich daraus ergebenden Resultate aufgeführt.

Eine Probe gilt als mutagen, wenn bei mindestens einer der beiden Testvarianten mit oder ohne metabolische Aktivierung, das heißt mit bzw. ohne S9-Rattenleberhomogenisat zur Aktivierung von Gentoxinen, die genannte Induktionsrate erzielt oder überschritten wird. Testbedingt ergibt sich als kleinste Verdünnungsstufe, die im umu-Test geprüft werden kann die Verdünnung 1:1,5.

## Ergebnisse

Im Teilprojekt 3 – Erfassungen der Gehalte und Wirkungen gefährlicher Stoffe in Abwasser-einleitungen - Studie über effektbezogene Abwasseruntersuchungen von ausgewählten Abwasserdirekt-einleitungen im Freistaat Sachsen - wurden durch das Umweltlabor Dr. Roth bioTEST 16 Abwasserstichproben in Biotests öko- und gentoxikologisch untersucht. In allen Fällen wurden die folgenden Gültigkeitskriterien der Biotests erreicht bzw. eingehalten:

### Gültigkeitskriterien

#### Fisch-Test:

- In den Kontrollansätzen (ohne Abwasser) überlebten alle Fische.
- Der Sauerstoffgehalt am Versuchsende betrug mindestens 4 mg/l.

#### Fischei-Test:

- Mindestens 90 % der Embryonen in den externen Kontrollansätzen (ohne Abwasser) überlebten im Testzeitraum von 48 Std.
- In den Ansätzen mit der Referenzsubstanz 3,4-Dichloranilin (3,7 mg/l) waren nach Ablauf des Testzeitraums von 48 Std. mindestens 2 von 10 Embryonen tot.

#### Daphnien-Test:

- In den Kontrollansätzen (ohne Abwasser) behielten alle Daphnien ihre Schwimmfähigkeit.
- In den Ansätzen mit der Referenzsubstanz Kaliumdichromat (1,2 mg/l) lag die Schwimmunfähigkeit der Daphnien nach 24 Std. zwischen 40 und 60 %.
- Der Sauerstoffgehalt am Versuchsende betrug mindestens 2 mg/l.

#### Algen-Test:

- In den Kontrollansätzen (ohne Abwasser) stieg die Algenzellzahl während der Versuchsdauer auf mehr als das 30fache der Ausgangszellzahl.

#### Leuchtbakterien-Test:

- Der  $f_K$ -Wert lag zwischen 0,6 und 1,8 (der  $f_K$ -Wert ist ein Korrekturfaktor und stellt den Quotienten aus der Leuchtintensität  $I_t$  nach einer Inkubationszeit von 30 min und der Ausgangsintensität  $I_0$  in den Kontrollansätzen (ohne Abwasser) dar).
- Die Abweichung der Parallelbestimmungen von ihrem Mittelwert lag sowohl in den Kontrollansätzen (ohne Abwasser) als auch in den Testansätzen nicht über 3 % bzw. 3 Prozentpunkte.
- Die Hemmwirkung der Referenzsubstanz Zinksulfat-Heptahydrat (25 mg  $Zn^{2+}/l$ ) betrug zwischen 20 und 80 %.

#### umu-Test:

- Die Referenzansätze mit 4-Nitrochinolin-1-oxid (Ansätze ohne S9) bzw. Aminoanthracen (Ansätze mit S9) wiesen Induktionsraten  $> 2$  auf.
- Alle Wachstumsfaktoren lagen über 0,5.
- Das Mindestwachstum der Kontrollansätze betrug mehr als 140 FNU.

### Einzelergebnisse der Biotests

In den Tabellen 5 bis 9 sowie in den Abbildungen 1 bis 5 sind die Ergebnisse der öko- und gentoxikologischen Untersuchungen für die einzelnen Abwassererzeuger dargestellt. Zum Vergleich enthalten die Tabellen 10 bis 14 die vom StUFA Chemnitz zur Verfügung gestellten Ergebnisse der Vor-Ort-Prüfungen und der chemischen Analysen der gleichen Proben und die Tabellen 15 bis 20 Analyseergebnisse aus den Jahren 1997 bis 2001.

**B 1**

Das Abwasser des Textilveredlers B 1 zeigte in vier untersuchten Stichproben nur eine geringe Toxizität und zwar in den Parametern Algen- und Leuchtbakterien-Test. Als höchster Giftigkeitswert wurde ein  $G_A$ -Wert von 4 ermittelt. Weder in den Tests mit Fischen und Fischembryonen noch in der Untersuchung der Gentoxizität mit und ohne metabolische Aktivierung wurde eine toxische Wirkung festgestellt.

Tab. 5: Ergebnisse der öko- und gentoxikologischen Untersuchungen der Abwasserproben des Direkteinleiters B 1.

Parameter	05.09.2002	10.10.2002	18.02.2003	13.05.2003
Fisch-Test ( $G_F$ -Wert)	1	1	1	2
Fischei-Test ( $G_{EI}$ -Wert)	1	1	1	1
Daphnien-Test ( $G_D$ -Wert)	1	1	1	1
Algen-Test ( $G_A$ -Wert)	4	4	3	1
Leuchtbakterien-Test ( $G_L$ -Wert)	1	3	3	3
umu-Test ohne S9 ( $G_{EU}$ -Wert nach DIN)	1,5	1,5	1,5	1,5
umu-Test mit S9 ( $G_{EU}$ -Wert nach DIN)	1,5	1,5	1,5	1,5
umu-Test ohne S9 ( $G_{EU}$ -Wert nach AQS)	1,5	1,5	1,5	1,5
umu-Test mit S9 ( $G_{EU}$ -Wert nach AQS)	1,5	1,5	1,5	1,5

Algen-Test, Leuchtbakterien-Test:  $G_{A,L} = 1$  bedeutet Verdünnung 1 : 1,25

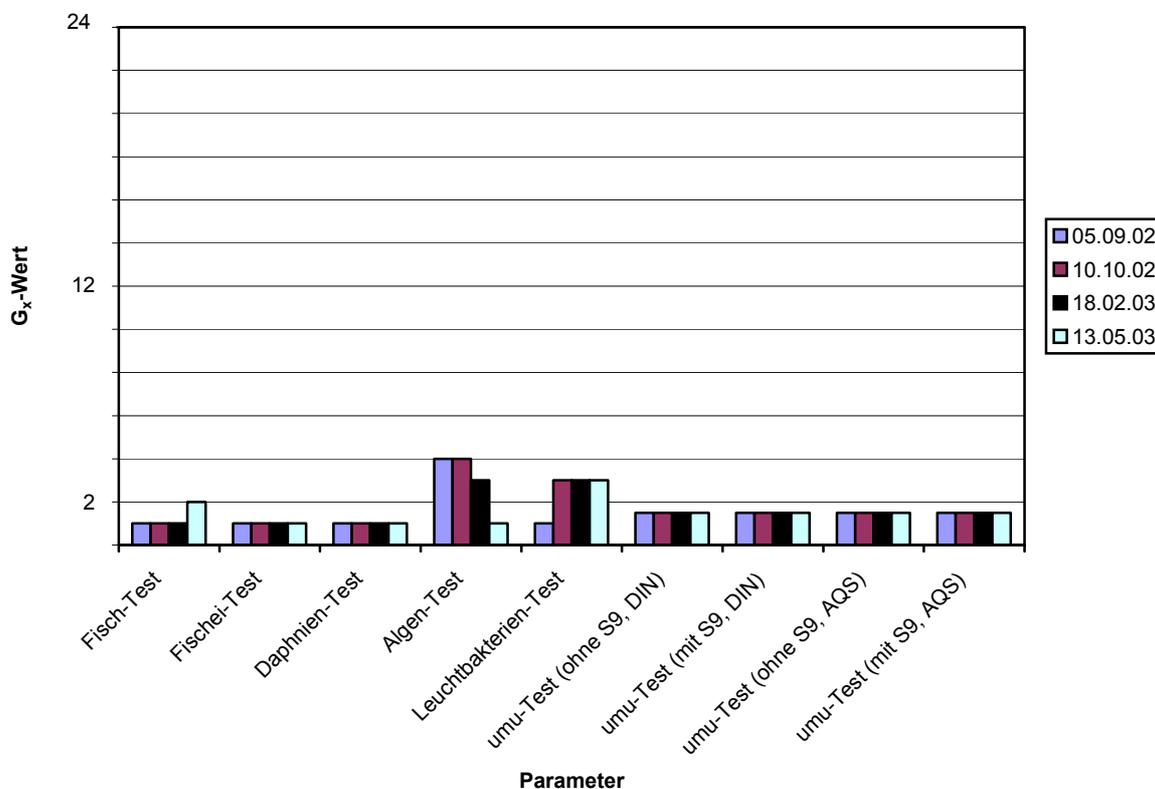


Abb. 1: Grafische Darstellung der Ergebnisse der öko- und gentoxikologischen Untersuchungen von vier Abwasserstichproben des Direkteinleiters B 1.

**B 2**

Das Abwasser des Textilveredlers B 2 wies bei allen Probenahmeterminen eine deutliche Ökotoxizität auf, die mit einem  $G_L$  von 24 ihr Maximum erreichte. Ein gentoxischer Effekt wurde bei den vier untersuchten Stichproben nicht beobachtet.

Tab. 6: Ergebnisse der öko- und gentoxikologischen Untersuchungen der Abwasserproben des Direkteinleiters B 2.

Parameter	06.09.2002	11.10.2002	18.02.2003	14.05.2003
Fisch-Test ( $G_F$ -Wert)	3	4	8	12
Fischei-Test ( $G_{EI}$ -Wert)	8	4	12	6
Daphnien-Test ( $G_D$ -Wert)	3	4	3	4
Algen-Test ( $G_A$ -Wert)	8	2	3	4
Leuchtbakterien-Test ( $G_L$ -Wert)	3	16	12	24
umu-Test ohne S9 ( $G_{EU}$ -Wert nach DIN)	1,5	1,5	1,5	1,5
umu-Test mit S9 ( $G_{EU}$ -Wert nach DIN)	1,5	1,5	1,5	1,5
umu-Test ohne S9 ( $G_{EU}$ -Wert nach AQS)	1,5	1,5	1,5	1,5
umu-Test mit S9 ( $G_{EU}$ -Wert nach AQS)	1,5	1,5	1,5	1,5

Algen-Test, Leuchtbakterien-Test:  $G_{A,L} = 1$  bedeutet Verdünnung 1 : 1,25

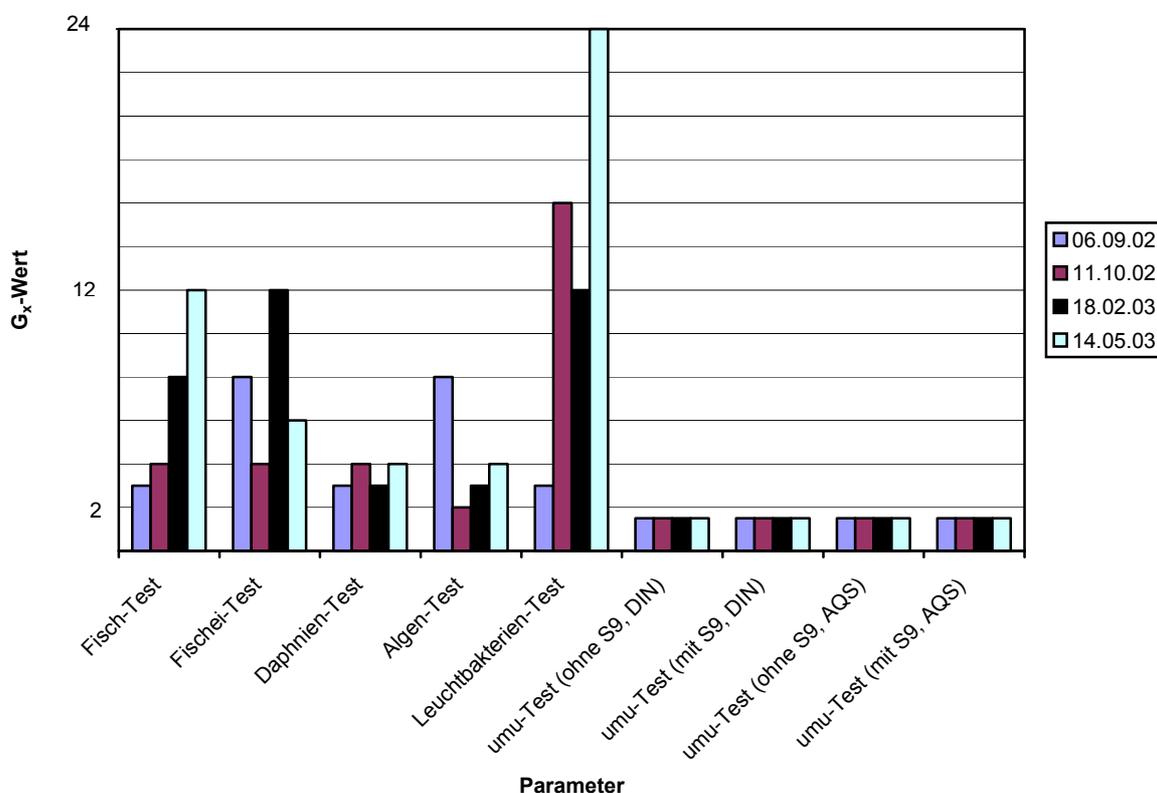


Abb. 2: Grafische Darstellung der Ergebnisse der öko- und gentoxikologischen Untersuchungen von vier Abwasserstichproben des Direkteinleiters B 2.

**B 3**

Die zwei geprüften Abwasserstichproben des Textilveredlers B 3 wiesen eine deutliche Ökotoxizität auf, die mit einem  $G_L$  von 24 ihr Maximum erreichte. Ein geringer gentoxischer Effekt wurde lediglich ohne metabolische Aktivierung (S9) beobachtet ( $G_{EU} = 3$  am 11.10.02). Legt man bei der Auswertung den strengeren Maßstab des AQS-Merkblattes an, führten beide Stichproben zu einem  $G_{EU}$ -Wert von 6.

Tab. 7: Ergebnisse der öko- und gentoxikologischen Untersuchungen der Abwasserproben des Direkteinleiters B 3.

Parameter	06.09.2002	11.10.2002
Fisch-Test ( $G_F$ -Wert)	6	6
Fischei-Test ( $G_{Ei}$ -Wert)	4	6
Daphnien-Test ( $G_D$ -Wert)	12	6
Algen-Test ( $G_A$ -Wert)	8	6
Leuchtbakterien-Test ( $G_L$ -Wert)	12	24
umu-Test ohne S9 ( $G_{EU}$ -Wert nach DIN)	1,5	3
umu-Test mit S9 ( $G_{EU}$ -Wert nach DIN)	1,5	1,5
umu-Test ohne S9 ( $G_{EU}$ -Wert nach AQS)	6	6
umu-Test mit S9 ( $G_{EU}$ -Wert nach AQS)	1,5	1,5

Algen-Test, Leuchtbakterien-Test:  $G_{A,L} = 1$  bedeutet Verdünnung 1 : 1,25

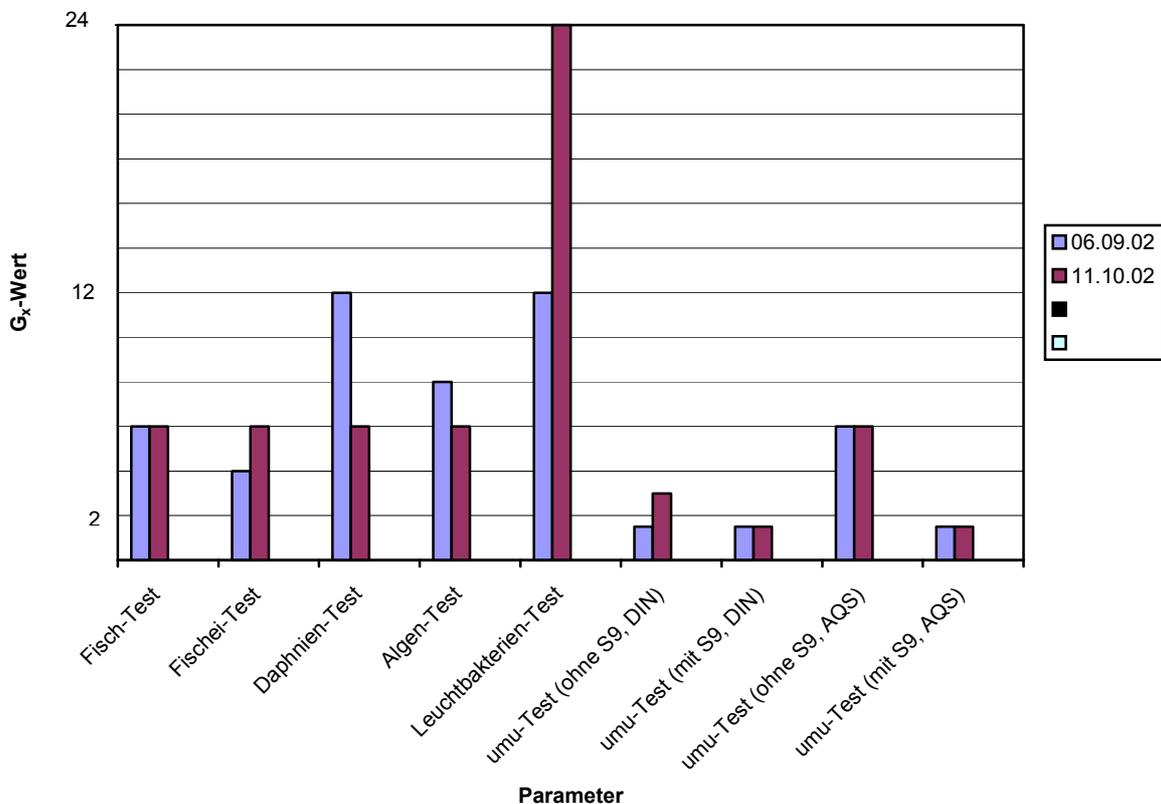


Abb. 3: Grafische Darstellung der Ergebnisse der öko- und gentoxikologischen Untersuchungen von zwei Abwasserstichproben des Direkteinleiters B 3.

**B 4**

Die vier geprüften Abwasserstichproben des Textilveredlers B 4 wiesen überwiegend eine geringe Ökotoxizität mit G-Werten zwischen 1 und 3 auf. Lediglich ein Ergebnis ( $G_L = 12$  am 11.10.02) fällt hierbei aus dem Rahmen. Ein gentoxischer Effekt wurde bei den vier untersuchten Stichproben nicht festgestellt.

Tab. 8: Ergebnisse der öko- und gentoxikologischen Untersuchungen der Abwasserproben des Direkteinleiters B 4.

Parameter	06.09.2002	11.10.2002	18.02.03	14.05.03
Fisch-Test ( $G_F$ -Wert)	2	2	1	3
Fischei-Test ( $G_{Ei}$ -Wert)	1	1	1	1
Daphnien-Test ( $G_D$ -Wert)	2	1	1	1
Algen-Test ( $G_A$ -Wert)	1	3	1	1
Leuchtbakterien-Test ( $G_L$ -Wert)	1	12	1	1
umu-Test ohne S9 ( $G_{EU}$ -Wert nach DIN)	1,5	1,5	1,5	1,5
umu-Test mit S9 ( $G_{EU}$ -Wert nach DIN)	1,5	1,5	1,5	1,5
umu-Test ohne S9 ( $G_{EU}$ -Wert nach AQS)	1,5	1,5	1,5	1,5
umu-Test mit S9 ( $G_{EU}$ -Wert nach AQS)	1,5	1,5	1,5	1,5

Algen-Test, Leuchtbakterien-Test:  $G_{A,L} = 1$  bedeutet Verdünnung 1 : 1,25

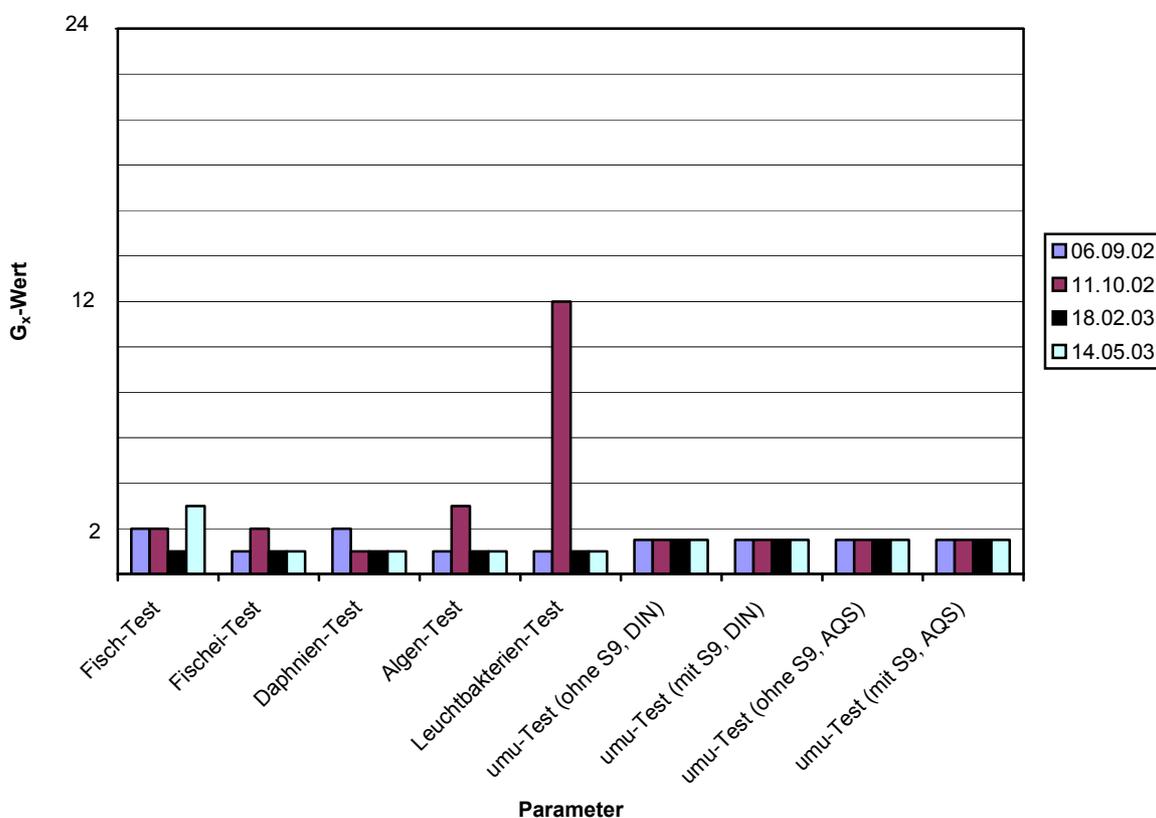


Abb. 4: Grafische Darstellung der Ergebnisse der öko- und gentoxikologischen Untersuchungen von vier Abwasserstichproben des Direkteinleiters B 4.

**B 5**

Die zwei untersuchten Abwasserstichproben des Textilveredlers B 5 wiesen eine Ökotoxizität mit G-Werten zwischen 1 und 16 auf. Ein gentoxischer Effekt wurde nicht festgestellt.

Tab. 9: Ergebnisse der öko- und gentoxikologischen Untersuchungen der Abwasserproben des Direkteinleiters B 5.

Parameter	26.02.2003	13.05.2003
Fisch-Test ( $G_F$ -Wert)	2	3
Fischei-Test ( $G_{EI}$ -Wert)	4	2
Daphnien-Test ( $G_D$ -Wert)	2	1
Algen-Test ( $G_A$ -Wert)	8	2
Leuchtbakterien-Test ( $G_L$ -Wert)	4	16
umu-Test ohne S9 ( $G_{EU}$ -Wert nach DIN)	1,5	1,5
umu-Test mit S9 ( $G_{EU}$ -Wert nach DIN)	1,5	1,5
umu-Test ohne S9 ( $G_{EU}$ -Wert nach AQS)	1,5	1,5
umu-Test mit S9 ( $G_{EU}$ -Wert nach AQS)	1,5	1,5

Algen-Test, Leuchtbakterien-Test:  $G_{A,L} = 1$  bedeutet Verdünnung 1 : 1,25

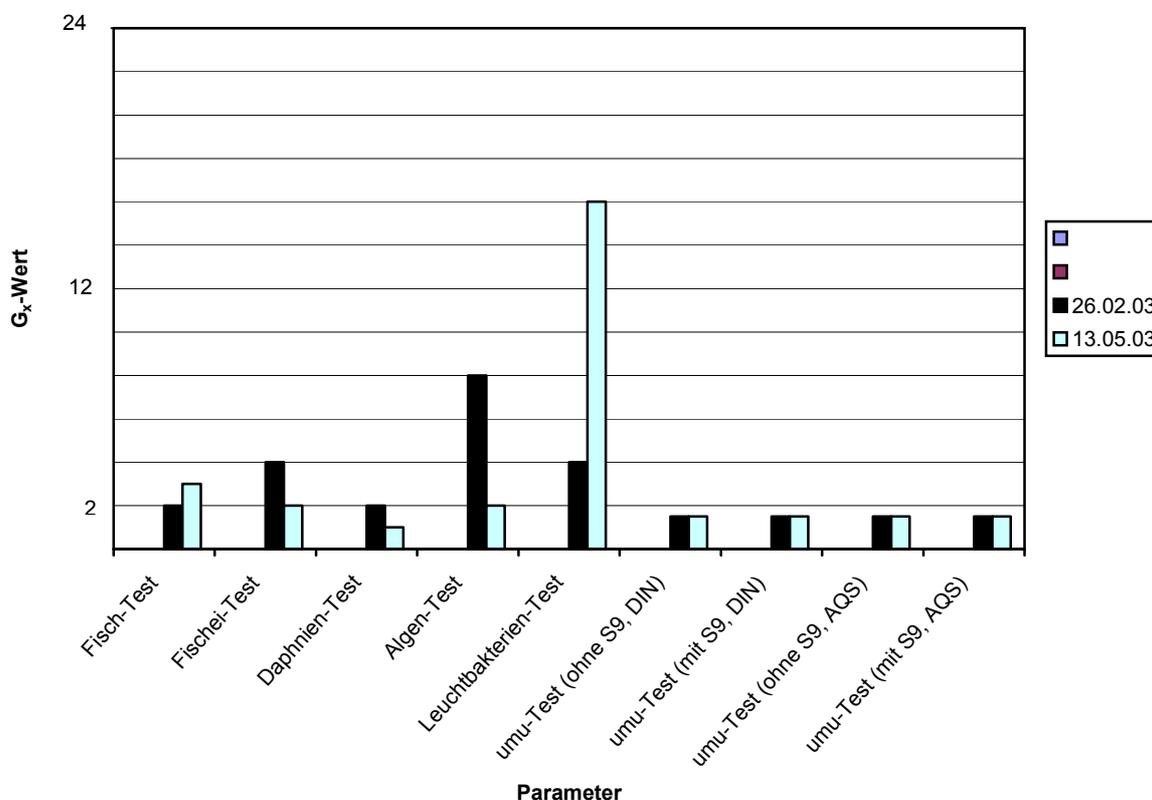


Abb. 5: Grafische Darstellung der Ergebnisse der öko- und gentoxikologischen Untersuchungen von vier Abwasserstichproben des Direkteinleiters B 5.

### Einzelergebnisse der chemischen Analytik und der Vor-Ort-Prüfungen

Tab. 10: Ergebnisse der Vor-Ort-Prüfungen und der chemischen Analyse der Proben des Abwassererzeugers B 1 durch das StUFA Chemnitz.

Parameter	Dimension	B 1			
		05.09.2002	10.10.2002	17.02.2003	13.05.2003
Probenahmetermin		05.09.2002	10.10.2002	17.02.2003	13.05.2003
Uhrzeit		11:12	8:38 – 8:48	8:15 – 8:25	11:40–11:50
Art der Probenahme		Stichprobe	qualifizierte Stichprobe	qualifizierte Stichprobe	qualifizierte Stichprobe
Farbe		rot	leicht rot	leicht rot	rötlich
Trübung		sehr schwach	gering	-	mäßig
Geruch		leicht dumpf	leicht dumpf	-	dumpf
Schwimmstoffe		-	-	-	-
Schwebstoffe		-	sehr gering	sehr gering	-
Schaumbildung		gering	mäßig	gering	gering
Abwasservolumenstrom	m <sup>3</sup> /h	0,04	2,5	16,2	15,1
Temperatur	°C	34,8	30,7	20,9	31,3
pH-Wert		7,3	7,2	7,2	7,5
El. Leitfähigkeit	µS/cm	1 030	1 698	1 032	1 743
CSB	mg/l	171	148	105	98
BSB <sub>5</sub>	mg/l	9	6	5	< 3
NH <sub>4</sub> -N	mg/l	0,74	0,088	2,1	2,9
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	0,13	0,290	0,23	0,14
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	< 0,05	0,005	< 0,05	< 0,05
P gesamt	mg/l	0,96	0,666	0,31	0,35
AOX	mg/l	0,068	< 0,010	0,041	0,052
Chrom	mg/l	0,05	0,026	< 0,015	< 0,015
Kupfer	mg/l	< 0,02	< 0,010	0,025	0,043
Nickel	mg/l	-	-	-	-
Zinn	mg/l	-	-	-	-
Zink	mg/l	-	-	-	-
SAK 436 nm	m <sup>-1</sup>	7,1	7,9	3,3	3,2
SAK 525 nm	m <sup>-1</sup>	5,4	5,9	2,0	3,0
SAK 620 nm	m <sup>-1</sup>	2,4	3,5	1,1	1,3
Sulfid	mg/l	< 0,02	< 0,04	< 0,02	< 0,02
Sulfit	mg/l	0,7	< 1	0,2	< 0,2
Fisch-Test (G <sub>F</sub> -Wert)		1	1	1	1

- es liegen keine Ergebnisse vor

Tab. 11: Ergebnisse der Vor-Ort-Prüfungen und der chemischen Analyse der Proben des Abwassererzeugers B 2 durch das StUFA Chemnitz.

Parameter	Dimension	B 2			
		06.09.2002	11.10.2002	18.02.2003	14.05.2003
Probenahmetermin		06.09.2002	11.10.2002	18.02.2003	14.05.2003
Uhrzeit		8:25 – 8:35	8:40 – 8:50	8:30 – 8:40	8:30 – 8:40
Art der Probenahme		qualifizierte Stichprobe	qualifizierte Stichprobe	qualifizierte Stichprobe	qualifizierte Stichprobe
Farbe		rot	rot	violett	rot-grau
Trübung		mäßig	mäßig	mäßig	mäßig
Geruch		leicht faulig	leicht faulig	leicht faulig	leicht faulig
Schwimmstoffe		-	-	-	-
Schwebstoffe		mäßig	mäßig	gering	mäßig
Schaumbildung		mäßig	gering	gering	-
Abwasservolumenstrom	m <sup>3</sup> /h	1,8 <sup>1)</sup>	1,8 <sup>1)</sup>	1,1 <sup>1)</sup>	0,72 <sup>1)</sup>
Temperatur	°C	23,8	18,2	12,4	19,5
pH-Wert		7,7	7,3	7,6	7,3
El. Leitfähigkeit	µS/cm	1 313	1 445	1 871	1 206
CSB	mg/l	389	441	1 165	687
BSB <sub>5</sub>	mg/l	-	-	-	-
NH <sub>4</sub> -N	mg/l	0,224	1,0	0,991	0,464
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	< 0,1	< 0,1	6,37	< 0,1
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	0,022	0,065	0,538	0,011
P gesamt	mg/l	0,74	1,99	1,16	1,40
AOX	mg/l	< 0,010	< 0,010	0,039	< 0,010
Chrom	mg/l	0,027	0,130	0,038	0,036
Kupfer	mg/l	< 0,010	0,016	< 0,010	< 0,010
Nickel	mg/l	-	-	-	-
Zinn	mg/l	-	-	-	-
Zink	mg/l	-	-	-	-
SAK 436 nm	m <sup>-1</sup>	17,8	23,5	21,0	8,7
SAK 525 nm	m <sup>-1</sup>	22,9	24,0	22,1	6,6
SAK 620 nm	m <sup>-1</sup>	9,9	12,4	17,3	3,3
Sulfid	mg/l	0,858	0,31	0,686	< 0,04
Sulfit	mg/l	-	-	-	-
Fisch-Test (G <sub>F</sub> -Wert)		6	6	6	8

- es liegen keine Ergebnisse vor

<sup>1)</sup> umgerechnet aus Schätzwerten in l/s

Tab. 12: Ergebnisse der Vor-Ort-Prüfungen und der chemischen Analyse der Proben des Abwassererzeugers B 3 durch das StUFA Chemnitz.

Parameter	Dimension	B 3	
Probenahmetermin		06.09.2002	11.10.2002
Uhrzeit		9:30 – 9:40	9:30
Art der Probenahme		qualifizierte Stichprobe	qualifizierte Stichprobe
Farbe		blau	leicht grau
Trübung		mäßig	gering
Geruch		faulig	leicht faulig
Schwimmstoffe		-	-
Schwebstoffe		mäßig	mäßig
Schaumbildung		-	-
Abwasservolumenstrom	m <sup>3</sup> /h	1,1 <sup>1)</sup>	1,4 <sup>1)</sup>
Temperatur	°C	34,4	34,0
pH-Wert		6,6	6,4
El. Leitfähigkeit	µS/cm	646	770
CSB	mg/l	575	764
BSB <sub>5</sub>	mg/l	-	-
NH <sub>4</sub> -N	mg/l	0,739	2,06
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	< 0,1	< 0,1
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	0,005	< 0,002
P gesamt	mg/l	0,54	0,543
AOX	mg/l	0,020	< 0,010
Chrom	mg/l	0,200	0,230
Kupfer	mg/l	< 0,010	< 0,010
Nickel	mg/l	-	-
Zinn	mg/l	-	-
Zink	mg/l	-	-
SAK 436 nm	m <sup>-1</sup>	10,7	8,2
SAK 525 nm	m <sup>-1</sup>	11,1	6,3
SAK 620 nm	m <sup>-1</sup>	11,7	6,1
Sulfid	mg/l	< 0,04	1,11
Sulfit	mg/l	-	-
Fisch-Test (G <sub>F</sub> -Wert)		8	2

- es liegen keine Ergebnisse vor
- <sup>1)</sup> umgerechnet aus Schätzwerten in l/s

Tab. 13: Ergebnisse der Vor-Ort-Prüfungen und der chemischen Analyse der Proben des Abwassererzeugers B 4 durch das StUFA Chemnitz.

Parameter	Dimension	B 4			
		06.09.2002	11.10.2002	18.02.2003	14.05.2003
Probenahmetermin		06.09.2002	11.10.2002	18.02.2003	14.05.2003
Uhrzeit		10:25-10:35	10:20-10:30	10:40-10:50	9:30
Art der Probenahme		qualifizierte Stichprobe	qualifizierte Stichprobe	qualifizierte Stichprobe	Stichprobe
Farbe		leicht gelb	dunkelgrau	farblos	leicht hellgrau
Trübung		sehr gering	mäßig	-	sehr gering
Geruch		leicht dumpf	dumpf	leicht faulig	leicht faulig
Schwimmstoffe		-	-	-	-
Schwebstoffe		sehr gering	mäßig	sehr gering	gering
Schaumbildung		sehr gering	gering	gering	sehr gering
Abwasservolumenstrom	m <sup>3</sup> /h	108	40	92	44
Temperatur	°C	33,1	34,5	25,2	28,3
pH-Wert		7,5	7,4	7,3	7,4
El. Leitfähigkeit	µS/cm	1 275	2 120	1 032	1 268
CSB	mg/l	136	635	98	70
BSB <sub>5</sub>	mg/l	21	176	23	13
NH <sub>4</sub> -N	mg/l	8,27	23,2	0,457	31,5
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	13,1	< 0,1	0,136	0,2
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	0,073	0,025	0,043	< 0,02
P gesamt	mg/l	0,375	0,951	0,247	0,07
AOX	mg/l	0,016	< 0,010	< 0,010	0,012
Chrom	mg/l	0,016	0,036	< 0,010	< 0,015
Kupfer	mg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,04
Nickel	mg/l	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,02
Zinn	mg/l	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,02
Zink	mg/l	0,040	0,044	0,016	< 0,025
SAK 436 nm	m <sup>-1</sup>	3,6	10,5	1,7	1,0
SAK 525 nm	m <sup>-1</sup>	1,7	5,0	0,8	0,5
SAK 620 nm	m <sup>-1</sup>	1,2	2,9	0,6	0,3
Sulfid	mg/l	< 0,04	0,66	0,352	0,77
Sulfit	mg/l	2,8	< 1	< 2,0	2,1
Fisch-Test (G <sub>F</sub> -Wert)		1	2	1	2

- es liegen keine Ergebnisse vor

Tab. 14: Ergebnisse der Vor-Ort-Prüfungen und der chemischen Analyse der Proben des Abwassererzeugers B 5 durch das StUFA Chemnitz.

Parameter	Dimension	B 5	
Probenahmetermin		26.02.2003	13.05.2003
Uhrzeit		12:40-12:50	8:57 – 9:07
Art der Probenahme		qualifizierte Stichprobe	qualifizierte Stichprobe
Farbe		rot-braun	grau
Trübung		stark	stark
Geruch		leicht dumpf	-
Schwimmstoffe		-	-
Schwebstoffe		mäßig	gering
Schaumbildung		mäßig	mäßig
Abwasservolumenstrom	m <sup>3</sup> /h	1,1 <sup>1)</sup>	2,2 <sup>1)</sup>
Temperatur	°C	20,4	22,8
pH-Wert		7,4	7,0
El. Leitfähigkeit	µS/cm	1 060	1 661
CSB	mg/l	362	377
BSB <sub>5</sub>	mg/l	84	110
NH <sub>4</sub> -N	mg/l	20,5	1,8
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	0,34	0,25
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	0,21	< 0,05
P gesamt	mg/l	0,38	0,57
AOX	mg/l	0,12	0,1
Chrom	mg/l	-	-
Kupfer	mg/l	0,043	0,078
Nickel	mg/l	-	-
Zinn	mg/l	-	-
Zink	mg/l	-	-
CSV <sub>Mn</sub>	mg/l	40,5	41,9
Abf. Stoffe	mg/l	34,2	31,4
SAK 436 nm	m <sup>-1</sup>	66,7	9,9
SAK 525 nm	m <sup>-1</sup>	68,7	8,4
SAK 620 nm	m <sup>-1</sup>	22,7	7,4
Sulfid	mg/l	-	-
Sulfit	mg/l	-	-
Fisch-Test (G <sub>F</sub> -Wert)		1	2

- es liegen keine Ergebnisse vor  
<sup>1)</sup> umgerechnet aus Schätzwerten in l/s

Nachfolgend werden die seit 1997 vorliegenden Untersuchungsergebnisse der chemischen Analytik aufgelistet, die vom StUFA Chemnitz zur Verfügung gestellt worden sind. In die Tabellen 16 bis 21 wurden nur diejenigen Parameter aufgenommen, die auch im Rahmen der aktuellen Beprobungen untersucht wurden.

Tab. 15: Minimal- und Maximalwerte der Vor-Ort-Prüfungen und der chemischen Analysen der Proben aus dem Zeitraum 1997 bis 2001 (StUFA Chemnitz).

Parameter	Dimension	B 1 <sup>1)</sup>		B 2 <sup>2)</sup>		B 3 <sup>3)</sup>		B 4 <sup>4)</sup>		B 5 <sup>5)</sup>	
		Min.	Max.								
Temperatur	°C	20,0	33,4	13,9	25,8	22,7	36,8	17,9	31,7	3,1	29,0
pH-Wert		6,9	10,6	7,7	9,6	6,4	8,2	6,8	8,2	6,8	10,0
El. Leitfähigkeit	µS/cm	347	2 950	1 004	2 600	587	7 330	718	2 480	188	2 360
CSB	mg/l	122	873	173	1 220	367	843	71	267	51	575
BSB <sub>5</sub>	mg/l	<3	330	35	650	101	196	7	50	8	283
NH <sub>4</sub> -N	mg/l	<1	18,77	<1	10,1	<1	5,32	0,84	46,1	0,5	11
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	0,2	2,27	<0,05	6,8	<0,25	4,1	0,14	9,14	0,015	2,415
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	<0,05	0,51	<0,02	1,84	<0,01	0,06	0,02	3,93	<0,012	0,33
P gesamt	mg/l	0,75	7,97	0,27	2,45	0,26	2,2	0,25	4,14	0,17	5,7
AOX	mg/l	0,08	0,49	0,05	0,36	<0,01	0,2	<0,01	0,091	0,016	0,29
Chrom	mg/l	0,01	0,2	<0,005	0,12	0,06	0,36	<0,01	0,215	<0,01	0,13
Kupfer	mg/l	<0,01	0,15	<0,01	0,305	<0,01	0,08	0,01	0,04	0,01	0,2
Nickel	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01	<0,02
Zinn	mg/l	-	-	-	-	-	-	1,16	1,16	-	-
Zink	mg/l	0,11	0,2	-	-	<0,01	0,12	<0,01	0,28	0,23	0,86
SAK 436 nm	m <sup>-1</sup>	5	29,9	5,9	32,9	4,8	24,8	0,5	5,4	0,4	44,5
SAK 525 nm	m <sup>-1</sup>	2,6	28	3,7	33,2	3,6	23	0,3	3,2	0,1	39,8
SAK 620 nm	m <sup>-1</sup>	1,6	25,6	4	29,7	2,9	21,5	0,2	2,8	0,1	24,5
Sulfid	mg/l	<0,02	0,75	<0,02	4,5	1,65	23	<0,02	12,35	0,45	0,91
Sulfit	mg/l	<0,2	100	<0,02	56	1,31	13,1	<0,2	21	0,2	104
Fischgiftigkeit (GF-Wert)		1	16	1	16	2	8	1	6	1	6

- 1) Mai 1997 – Juni 2001
  - 2) Mai 1997 – Oktober 2001
  - 3) Februar 1997 – August 2001
  - 4) Mai 1999 – August 2001
  - 5) Februar 1997 – August 2001
- es liegen keine Ergebnisse vor

Tab. 16: Ergebnisse der Vor-Ort-Prüfungen und der chemischen Analysen der Proben aus dem Zeitraum 1997 bis 2001. Probenahmestelle B 1.

Parameter	Dimension	12.06.01	05.03.01	04.05.00	29.03.00	15.12.99	25.10.99	07.09.99	22.04.99	06.01.99	25.11.97	08.10.97	30.05.97	13.05.97
Temperatur	°C	29,6	20	30,3	28,1	27,4	26,1	30,2	31	30,5	22,5	33,2	29,3	33,4
pH-Wert		6,9	7,5	10,6	10,1	10,2	9,3	10,3	10,5	10,4	10,1	8,21	10,5	10,2
Ei. Leitfähigkeit	µS/cm	1191	1900	590	1070	1050	1824	1387	989	820	1433	1460	347	2950
CSB	mg/l	123	122	587	873	-	733	820	806	557	467	609	507	628
BSB <sub>5</sub>	mg/l	7	< 3	-	264	-	290	330	-	187	173	182	256	160
NH <sub>4</sub> -N	mg/l	1,26	< 0,5	1,4	18,77	-	-	< 1	< 1	< 1	1,3	< 1	< 1	< 1
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	0,26	< 0,05	0,068	0	-	-	0,19	0,22	0,41	-	1,3	0,28	0,51
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	0,2	0,24	1,72	2,268	-	-	1,9	1,7	0,71	-	1,2	1,7	1,6
P gesamt	mg/l	2,9	7,97	-	-	-	-	2,1	2,6	0,75	1,1	3,5	1,9	3,8
AOX	mg/l	0,08	0,1	-	0,2	-	-	0,062	0,085	0,29	0,15	0,2	0,49	0,39
Chrom	mg/l	0,075	0,021	-	0,034	-	-	0,01	0,003	0,02	0,016	0,075	0,2	0,07
Kupfer	mg/l	0,04	0,058	-	< 0,02	-	-	0,07	0,02	0,02	0,05	0,15	< 0,01	0,01
Nickel	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Zink	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	0,11	-
SAK 436 nm	m <sup>-1</sup>	5,5	5	-	7,8	-	-	29,9	-	11	-	7,5	20,1	20,9
SAK 525 nm	m <sup>-1</sup>	2,9	2,6	-	5,4	-	-	28	-	6,5	-	3,9	24,4	23,7
SAK 620 nm	m <sup>-1</sup>	3,1	1,6	-	3,3	-	-	23	-	4,6	-	2,1	25,6	22,7
Sulfid	mg/l	< 0,02	< 0,02	-	< 0,025	-	-	0,26	-	-	0,75	0,29	0,21	0,07
Sulfit	mg/l	3,3	< 0,2	-	1,9	-	-	6,4	-	22	55	100	59	55
Fischgiftigkeit (GF)		1	-	8	12	-	2	16	4	6	4	4	8	8

Tab. 17: Ergebnisse der Vor-Ort-Prüfungen und der chemischen Analysen der Proben aus dem Zeitraum 1997 bis 2001. Probenahmestelle B 2.

Parameter	Dimension	12.04.01	23.03.01	09.03.01	02.02.01	18.01.01	04.10.00	03.07.00	31.05.00	15.03.00	03.12.99	29.09.99	06.09.99	23.06.99
Temperatur	°C	18,5	15,4	17,2	15,4	13,9	18,8	23,7	19,7	14,6	17,1	24,3	21,3	23,5
pH-Wert		7,7	7,9	9	7,8	9,2	8,8	9,2	9,4	9,3	8,6	8,7	8,9	8,8
El. Leitfähigkeit	µS/cm	1560	1534	1800	1460	2070	1877	2450	2880	2440	1950	2160	2170	2300
CSB	mg/l	352	324	1220	484	732	379	-	544	371	415	466	256	286
BSB <sub>5</sub>	mg/l	132	92	650	-	186	101	-	147	66	150	170	110	82
NH <sub>4</sub> -N	mg/l	3,78	0,98	3,85	-	1,96	3,43	-	2,66	2,38	< 1	< 1	< 1	3,3
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	0,051	1,51	0,75	-	< 0,05	1,836	-	0,083	0,76	0,078	< 0,02	3,6	< 0,02
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	0,027	0,075	< 0,05	-	0,06	0,691	-	0,087	0,05	< 0,25	0,58	0,49	0,49
P gesamt	mg/l	0,64	0,94	1,97	-	1,93	1,67	-	2,45	1,66	1,2	1,9	1,1	0,77
AOX	mg/l	0,057	0,045	0,36	-	0,095	0,05	0,17	0,24	0,16	0,05	0,09	0,084	0,11
Chrom	mg/l	0,095	0,038	< 0,01	-	0,016	0,04	-	0,044	< 0,015	0,1	0,04	< 0,01	0,02
Kupfer	mg/l	0,033	0,053	0,048	-	0,022	< 0,02	-	< 0,02	< 0,02	0,016	0,01	0,05	< 0,01
Nickel	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SAK 436 nm	m <sup>-1</sup>	22	12,1	21,2	-	14,4	13,1	-	17,9	12,1	11,6	22,1	25,6	13,6
SAK 525 nm	m <sup>-1</sup>	18,4	10,9	20,6	-	13,9	13	-	22,4	16,9	9,6	18	25	12
SAK 620 nm	m <sup>-1</sup>	14	8,3	14,3	-	8,7	6,5	-	9,5	7,4	5,4	17	19	8,6
Sulfid	mg/l	1,56	0,22	0,24	-	< 0,02	0,35	< 0,02	4,5	0,18	-	-	-	-
Sulfit	mg/l	< 0,2	0,8	0,91	-	< 0,2	< 0,2	-	-	8,9	56	32	19	39
Fischgiftigkeit (GF)		2	6	12	12	16	4	-	4	6	4	4	8	2

Tab. 17: Probenahmestelle B 2 (Fortsetzung).

Parameter	16.03.99	10.02.99	13.11.98	07.10.98	03.07.98	11.06.98	30.03.98	04.12.97	14.11.97	08.08.97	23.05.97
Temperatur	18,2	19,9	17,3	22,6	25,8	25,2	14,1	17,1	20,4	22,6	17,3
pH-Wert	9	9,4	8,4	8,3	9,3	9,6	9,5	9,6	7,85	7,7	8,9
El. Leitfähigkeit	2600	2350	1880	2160	2560	2100	1990	2490	2190	1390	1440
CSB	591	401	273	403	407	550	173	369	338	223	181
BSB <sub>5</sub>	220	120	65	123	122	154	35	115	-	51	45
NH <sub>4</sub> -N	2	-	1	1,7	< 1	0,14	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
NO <sub>2</sub> -N	1,6	-	2,7	0,09	0,055	< 0,012	0,54	< 0,012	0,14	0,03	0,73
NO <sub>3</sub> -N	5,2	-	6,8	0,45	0,69	0,63	5,7	0,82	0,72	1	3,7
P gesamt	1,1	0,27	0,7	1,1	1,9	1,6	0,64	0,8	0,77	0,95	2
AOX	0,09	0,27	0,1	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,15	0,095	0,083
Chrom	0,04	-	0,02	0,12	0,02	< 0,01	< 0,01	-	-	< 0,005	-
Kupfer	0,02	-	0,04	0,01	0,12	0,02	0,01	-	-	< 0,01	-
Nickel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,01	-
SAK 436 nm	12,5	8	12,9	32,9	11,4	28,1	17,8	29,3	12,6	7,4	7,8
SAK 525 nm	12	15	11,9	33,2	8,5	22,1	22,9	29,1	9,6	6,4	6,6
SAK 620 nm	8,5	13	8,5	29,7	5,3	15,8	17,6	23,1	5,4	4	5,6
Sulfid	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	0,11	-
Sulfit	20	-	13	17	27	18	< 0,02	-	-	7,4	-
Fischgiftigkeit (GF)	3	3	2	2	6	8	1	4	4	4	6

Tab. 18: Ergebnisse der Vor-Ort-Prüfungen und der chemischen Analysen der Proben aus dem Zeitraum 1997 bis 2001. Probenahmestelle B 3.

Parameter	Dimension	19.10.01	20.08.01	04.07.01	10.05.01	30.03.01	26.02.01	23.01.01	12.09.00	20.06.00	07.04.00	29.02.00	13.01.00	22.11.99
Temperatur	°C	26,4	34	30,2	30,3	26,7	27,8	23,6	31,2	32,5	31,4	24,3	21,4	27,6
pH-Wert		6,9	6,9	7	6,4	7	6,7	6,9	6,4	6,5	7,1	6,7	6,8	7,1
El. Leitfähigkeit	µS/cm	616	614	651	648	700	587	723	648	743	669	743	760	670
CSB	mg/l	-	507	-	527	773	605	622	843	692	653	515	706	544
BSB <sub>5</sub>	mg/l	-	141	-	101	-	124	174	180	-	183	129	171	130
NH <sub>4</sub> -N	mg/l	-	3,9	-	0,56	-	2,45	3,4	5,32	-	3,15	-	1,54	1,7
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	-	< 0,05	-	< 0,05	-	< 0,05	< 0,05	< 0,05	-	< 0,05	-	< 0,05	0,029
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	-	0,09	-	0,105	-	0,25	0,098	0,115	-	0,113	-	0,052	< 0,25
P gesamt	mg/l	-	0,43	-	0,26	-	0,43	0,78	0,69	-	0,87	-	0,44	1,1
AOX	mg/l	-	0,12	-	0,029	-	0,025	0,095	0,042	-	0,06	-	< 0,01	0,17
Chrom	mg/l	-	0,19	-	0,123	-	0,22	0,36	0,19	0,33	-	0,31	0,18	0,14
Kupfer	mg/l	-	0,08	-	0,058	-	< 0,02	< 0,02	< 0,02	-	< 0,02	-	0,043	< 0,01
Nickel	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zink	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,075	< 0,01
SAK 436 nm	m <sup>-1</sup>	-	12,8	-	-	14,9	9,4	15,3	9,1	-	14	10,4	9,5	24,8
SAK 525 nm	m <sup>-1</sup>	-	9	-	-	10,8	7,2	9,5	6,5	-	11,7	8,3	7	23
SAK 620 nm	m <sup>-1</sup>	-	7,9	-	-	9	17,4	9,3	6,4	-	12,1	7,4	6,1	21
Sulfid	mg/l	1,65	13	4,1	5,6	5,5	9,3	10,95	6,2	-	3,8	3,65	5,15	20
Sulfit	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,31	-	-
Fischgiftigkeit (GF)		2	8	-	2	-	4	8	8	6	6	4	3	4

Tab. 18: Probenahmestelle B 3 (Fortsetzung).

Parameter	Dimension	20.07.99	02.07.99	07.05.99	09.04.99	05.01.99	03.09.98	14.07.98	16.06.98	14.04.98	04.03.98	19.01.98	09.10.97	11.07.97	17.04.97	24.02.97
Temperatur	°C	36,1	36,8	33,2	32,4	22,7	35,8	32,7	32,3	31,3	28,9	31,3	34	34,4	24,5	29,3
pH-Wert		7,1	7,3	6,9	6,9	7,1	7	7	7,5	7,3	7,3	7,5	8,2	7,8	7,5	7,2
Ei. Leitfähigkeit	µS/cm	775	7330	800	736	740	3130	720	770	680	670	670	649	710	733	740
CSB	mg/l	586	519	485	531	420	625	491	367	522	669	384	550	630	778	468
BSB <sub>5</sub>	mg/l	-	110	110	160	156	196	178	160	176	163	106	120	155	167	-
NH <sub>4</sub> -N	mg/l	-	-	-	1,1	3,7	< 1	< 1	1,6	-	-	1,4	< 1	< 1	1	1,7
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	-	-	-	0,11	< 0,012	< 0,012	0,06	< 0,012	-	-	< 0,012	< 0,012	< 0,012	-	-
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	-	-	-	< 0,25	0,29	< 0,25	< 0,25	0,69	-	-	4,1	0,79	0,22	-	-
P gesamt	mg/l	-	-	-	0,79	0,64	1,4	1,7	1,9	-	-	0,96	0,8	1,1	2,2	1,2
AOX	mg/l	-	-	-	0,02	0,054	0,068	0,012	0,014	-	-	0,045	0,2	0,044	0,108	0,13
Chrom	mg/l	-	-	-	0,07	0,13	0,06	0,15	0,21	-	-	0,13	-	0,25	-	-
Kupfer	mg/l	-	-	-	< 0,01	< 0,005	< 0,01	0,01	< 0,01	-	-	< 0,01	-	< 0,01	-	-
Nickel	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,01	-	< 0,01	-	-
Zink	mg/l	-	-	-	0,03	0,04	0,041	0,05	< 0,01	-	-	0,12	-	0,05	-	-
SAK 436 nm	m <sup>-1</sup>	-	15,6	14,5	5	11	4,8	15	18,3	11,6	21,6	8,5	14	8,9	11,6	11,6
SAK 525 nm	m <sup>-1</sup>	-	14	12	3,9	8,2	3,6	14,4	16,1	9,9	21,1	8,3	10,5	7,4	9,4	10,3
SAK 620 nm	m <sup>-1</sup>	-	15	9,9	3,2	7,4	2,9	13	14,3	11,3	21,5	8,4	9,1	6,6	7,7	9,7
Sulfid	mg/l	23	8,8	14	9,7	6,9	8,1	11	9,9	14	6,1	3,9	11	7,1	8,6	16
Sulfit	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fischgiftigkeit (GF)		-	-	-	2	2	3	2	2	-	2	3	2	6	2	3

Tab. 19: Ergebnisse der Vor-Ort-Prüfungen und der chemischen Analysen der Proben aus dem Zeitraum 1999 bis 2001. Probenahmestelle B 4.

Parameter	Dimension	14.08.01	16.05.01	22.03.01	21.11.00	07.08.00	29.06.00	05.04.00	07.12.99	11.11.99	05.10.99	13.07.99	04.05.99
Temperatur	°C	31,7	28,1	27,8	24,7	28,9	28,9	27,3	23,8	25,1	27,4	25,6	17,9
pH-Wert		7,7	7,4	7,5	7,9	7,8	7,6	7,3	8	8,2	7,4	6,8	7,3
El. Leitfähigkeit	µS/cm	1918	1477	1707	1650	1900	1880	2480	1770	1391	1265	718	810
CSB	mg/l	103	-	117	71	71	247	156	165	-	75	127	267
BSB <sub>5</sub>	mg/l	7	-	22	13	-	10	32	50	-	22	28	39
NH <sub>4</sub> -N	mg/l	2,8	36,78	46,1	0,84	-	2,94	19,96	14	-	10	10	10
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,311	-	3,93	< 0,05	< 0,02	-	0,039	0,024	0,032
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	< 0,25	0,215	0,14	9,139	-	1,29	0,225	< 0,25	-	1,2	2	< 0,25
P gesamt	mg/l	0,58	-	0,31	0,46	0,84	3,14	4,14	0,87	-	0,25	0,48	0,85
AOX	mg/l	0,045	-	< 0,01	< 0,01	-	0,11	0,045	0,091	-	0,033	0,02	0,06
Chrom	mg/l	0,015	-	0,03	0,215	-	0,019	0,017	0,015	-	< 0,01	0,02	0,02
Kupfer	mg/l	0,04	-	0,03	< 0,02	-	< 0,02	< 0,02	< 0,01	-	< 0,01	0,02	0,02
Nickel	mg/l	< 0,02	-	< 0,02	< 0,02	-	< 0,02	< 0,02	< 0,01	-	< 0,02	< 0,01	< 0,01
Zink	mg/l	0,28	-	< 0,03	< 0,01	-	0,03	0,02	0,18	-	0,02	0,08	0,1
SAK 436 nm	m <sup>-1</sup>	2,4	-	3,2	0,5	-	1,7	1,6	2,2	-	3,5	5,4	0,8
SAK 525 nm	m <sup>-1</sup>	1,4	-	1,6	0,3	-	1,1	1,2	1,6	-	3,1	3,2	0,5
SAK 620 nm	m <sup>-1</sup>	1	-	1,3	0,2	-	1	1,1	1,1	-	2,8	2,6	0,4
Sulfid	mg/l	1,39	12,55	2,35	< 0,02	-	< 0,02	0,22	0,17	1,5	1,8	0,22	0,23
Sulfit	mg/l	< 0,2	3,9	1,3	< 0,2	-	< 0,2	< 0,2	1,2	21	18	5,2	< 1
Fischgiftigkeit (GF)		1	6	4	2	-	1	3	1	-	2	1	1

Tab. 20: Ergebnisse der Vor-Ort-Prüfungen und der chemischen Analysen der Proben aus dem Zeitraum 1997 bis 2001. Probenahmestelle B 5.

Parameter	Dimension	07.08.01	31.05.01	05.03.01	08.02.01	04.10.00	18.04.00	08.02.00	04.11.99	12.08.99	15.03.99	18.12.98	01.09.98	05.06.98
Temperatur	°C	20,7	22,2	9,7	3,1	15,1	25,3	16,1	22,9	-	21,3	17,7	24,9	24
pH-Wert		7	6,9	6,9	7,2	7,1	8,8	7,7	8,9	7,02	7,9	10	8,2	7,3
Ei. Leitfähigkeit	µS/cm	1300	1315	700	1260	-	-	188	2190	1120	2040	2360	2340	1984
CSB	mg/l	274	246	51	94	514	156	323	426	522	415	356	424	575
BSB <sub>5</sub>	mg/l	64	60	9	20	8	161	37	-	170	170	152	154	283
NH <sub>4</sub> -N	mg/l	2,7	3,57	1,26	<0,5	-	4,03	2,38	1,6	11	1,9	1,3	4,4	3,2
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	<0,05	<0,05	0,16	0,054	<0,05	0,24	0,15	0,1	<0,02	<0,02	0,33	0,03	<0,012
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	0,015	0,116	0,61	0,31	-	0,82	2,415	0,52	0,52	0,53	0,53	0,53	0,44
P gesamt	mg/l	0,52	1,08	0,17	0,18	-	-	0,96	0,98	2,2	2,1	5,7	2,1	1,3
AOX	mg/l	0,045	0,11	0,036	0,1	0,016	0,145	0,018	0,11	0,04	0,06	0,12	0,29	0,23
Chrom	mg/l	0,018	0,018	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,01	0,023	<0,01	0,03	<0,01	<0,01
Kupfer	mg/l													
Nickel	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,013	<0,01	<0,02	<0,02	<2,02
Zink	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SAK 436 nm	m <sup>-1</sup>	14,5	6,5	0,9	8,5	0,4	7,1	16,3	19,1	10,9	15,5	26,1	44,5	44,4
SAK 525 nm	m <sup>-1</sup>	11,4	3,1	0,6	3,3	0,1	3,8	5,7	13	8,2	12	11,8	35,1	39,8
SAK 620 nm	m <sup>-1</sup>	3,5	1,6	0,4	1,1	0,1	2,4	1,5	11	5,4	5,2	7,8	23	24,5
Sulfid	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfit	mg/l		0,7	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<1	18	-	17	100	36	54
Fischgiftigkeit (GF)		2	4	1	1	2	3	3	2	3	6	2	3	2

Tab. 20: Probenahmestelle B 5 (Fortsetzung).

Parameter	Dimension	28.04.98	06.01.98	27.11.97	19.03.97	04.02.97
pH-Wert		8,32	8,1	6,8	7,4	8,7
Temperatur	°C	21,2	8,2	17,5	7,6	12
El. Leitfähigkeit	µS/cm	1400	1020	1795	1297	1380
CSB	mg/l	466	127	402	253	328
BSB <sub>5</sub>	mg/l	175	35	153	-	-
NH <sub>4</sub> -N	mg/l	2,4	-	1,6	1,3	6,4
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	<0,012	-	<0,012	0,06	0,04
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	0,44	-	0,67	1,5	1,4
P gesamt	mg/l	1,1	-	1,5	1,7	2,9
AOX	mg/l	0,053	-	0,2	0,2	0,2
Chrom	mg/l	0,04	-	0,12	0,04	0,13
Kupfer	mg/l				0,07	0,13
Nickel	mg/l	<0,02	-	0,01	-	-
Zink	mg/l	-	-	0,86	0,27	0,23
SAK 436 nm	m <sup>-1</sup>	8,7	-	19,2	21,6	35
SAK 525 nm	m <sup>-1</sup>	6,3	-	11,8	17,4	22,2
SAK 620 nm	m <sup>-1</sup>	3,3	-	9,1	8,1	8,8
Sulfid	mg/l	-	-	0,91	0,45	0,86
Sulfit	mg/l	36	0,89	104	5,2	13
Fischgiftigkeit (GF)		2	-	2	3	4

Die folgende Aufstellung zeigt statistische Daten aller durchgeführten Biotests, geordnet nach den Testorganismen.

Tab. 21: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Giftigkeitswerte der 16 untersuchten Abwasserstichproben von Direkteinleitern der Textilindustrie im Freistaat Sachsen im Untersuchungszeitraum 2002/2003.

Parameter	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	80 % Perzentil	90 % Perzentil
Fisch-Test (G <sub>F</sub> -Wert)	1	12	3,56	2,50	6,00	7,00
Fischei-Test (G <sub>Ei</sub> -Wert)	1	12	3,44	2,00	6,00	7,00
Daphnien-Test (G <sub>D</sub> -Wert)	1	12	2,75	1,50	4,00	5,00
Algen-Test (G <sub>A</sub> -Wert)	1	8	3,69	3,00	6,00	8,00
Leuchtbakterien-Test (G <sub>L</sub> -Wert)	1	24	8,50	3,50	16,00	20,00
umu-Test ohne S9 (G <sub>EU</sub> -Wert nach DIN)	1,5	3	1,59	1,50	1,50	1,50
umu-Test mit S9 (G <sub>EU</sub> -Wert nach DIN)	1,5	1,5	1,50	1,50	1,50	1,50
umu-Test ohne S9 (G <sub>EU</sub> -Wert nach AQS)	1,5	6	2,06	1,50	1,50	3,75
umu-Test mit S9 (G <sub>EU</sub> -Wert nach AQS)	1,5	1,5	1,50	1,50	1,50	1,50

Algen-Test, Leuchtbakterien-Test: G<sub>A,L</sub> = 1 bedeutet Verdünnung 1 : 1,25

Der Tabelle 21 ist zu entnehmen, dass die direkt eingeleiteten Abwässer der Textilindustrie Toxizitäten im Hinblick auf alle angewandten Biotests aufweisen. Als maximaler Wert wurden im Fisch-, Daphnien-, und Fischei-Test ein Giftigkeitswert von G<sub>F,D,Ei</sub> = 12 ermittelt. Im Leuchtbakterien-Test lag der Maximalwert bei G<sub>L</sub> = 24, im Algen-Test dagegen nur bei G<sub>A</sub> = 8.

Eine Gentoxizität mit Maximalwerten von G<sub>EU</sub> = 3 bzw. 6 ohne metabolische Aktivierung durch die Verwendung eines Rattenleberhomogenisats (S9) wurde nur bei einem Abwassererzeuger festgestellt, der nach zwei Probenahmeterminen aus dem Untersuchungsprogramm herausfiel. Bei metabolischer Aktivierung mit S9 wurde wie bei den anderen 12 Stichproben insgesamt keine Gentoxizität nachgewiesen.

## Diskussion

Für die Bewertung komplexer Matrices, z. B. von industriellem Abwasser, bietet die effektbezogene Untersuchung Vor- und Nachteile gegenüber der Einzelstoffuntersuchung. Wesentliche Unterschiede sind in Tabelle 22 dargestellt.

Tab. 22: Vor- und Nachteile effektbezogener Untersuchungen und chemischer Einzelstoffanalytik in komplexen Abwässern (REEMTSMA und KLINKOW, 2001).

	<b>Effektbezogene Untersuchung</b>	<b>Einzelstoffuntersuchung</b>
<b>Vorteile</b>	<p>Es wird die toxische Wirkung des Gesamtabwassers erfasst, ohne dass die Inhaltsstoffe bekannt sein müssen.</p> <p>Es werden synergistische und antagonistische Wirkungen erfasst.</p> <p>Es werden Hinweise auf die Bioverfügbarkeit der toxischen Substanzen erhalten.</p>	<p>Die Kenntnis der chemischen Zusammensetzung erlaubt direkte Maßnahmen zur Reduzierung gefährlicher Stoffe im Abwasser.</p> <p>Die Bewertung von Effekten auf den Menschen ist aus den Einzelstoffen ist mit Hilfe bekannter Daten besser möglich als aus Öko- und Gentoxizität des Gesamtabwassers.</p>
<b>Nachteile</b>	<p>Die Einleitung gefährlicher Abwasserinhaltsstoffe kann leichter reduziert werden, wenn ihre Identität und Konzentration bekannt sind.</p> <p>Die Zuordnung der Toxizität zu den sie verursachenden Einzelstoffen ist zumindest problematisch und kaum ohne hohen experimentellen Aufwand zu erzielen.</p>	<p>Die chemische Erfassung von Inhaltsstoffen und Abbauprodukten ist nur unvollständig möglich.</p> <p>Die Korrelation zwischen Einzelstoff und seiner toxischen Wirkung in der komplexen Matrix Abwasser kann nicht vorausgesetzt werden.</p>

Alle in diesem F&E-Vorhaben untersuchten Abwasserproben aus der Textilindustrie wiesen eine Toxizität auf. Unter Toxizität wird hier sowohl die Wachstumshemmung, die Verhaltensänderung als auch der Tod der Versuchsorganismen verstanden. Es wurden Toxizitäten gegenüber den Testorganismen aus allen Trophie-Ebenen des aquatischen Ökosystems (Bakterien, Algen, Pflanzenfresser, Fleischfresser) beobachtet. Die festgestellte Toxizität tritt in Abhängigkeit des verwendeten Testorganismus unterschiedlich in Erscheinung und variiert zudem bei den einzelnen Testorganismen in der Stärke.

Beim Vergleich der Ergebnisse der einzelnen ökotoxikologischen und gentoxikologischen Tests ist festzustellen, dass die Giftigkeit der Abwässer gegenüber den Testorganismen unterschiedlich ist. Die Abweichung um eine Verdünnungsstufe wird dabei nicht als tatsächlicher Unterschied gewertet. Einzelne Biotests zeigten keine oder nur eine geringe Hemmung an (vgl. Abb. 1), während andere Testorganismen nicht nur gehemmt sondern nachhaltig vergiftet wurden. Eine mögliche Erklärung für diese Beobachtung ergibt sich aus der unterschiedlichen Wirkungsweise von Schadstoffen auf die verschiedenen Testorganismen. Die Schadstoffresorption erfolgt im Vergleich von Einzeller und Wirbeltier auf verschiedenen Pfaden und mit unterschiedlicher Intensität. Bekanntermaßen wirken zudem Stoffgruppen unterschiedlich auf die Testorganismen ein. Einen Überblick über ökotoxikologische Testverfahren geben STEINBERG et al. (1995).

Im umu-Test zum Nachweis der Gentoxizität fiel lediglich das Abwasser der Fa. B 3 auf. Es zeigte zu beiden Probenahmeterminen eine geringe Gentoxizität in den Ansätzen ohne S9-

Fraktion zur metabolischen Aktivierung von Gentoxinen. Die anderen Abwässer zeigten keinen gentoxischen Effekt. JÄGER und MEYER (1995) konnten mit Hilfe des Ames-Tests – ein weiterer Test zur Bestimmung des erbgutverändernden Potentials - an unbehandelten Abwässern der Textilveredlungsindustrie in 12 von 45 Proben eine mutagene Wirkung nachweisen. Nach einer simulierten biologischen Abwasserbehandlung (Zahn-Wellens-Test) stellten sie nur noch in 2 der 12 mutagenen Abwässer im Ames-Test ein erbgutveränderndes Potential fest. Nach MILTENBURGER (1997) sind die Testergebnisse von umu- und Ames-Test nicht stets identisch, jedoch existiert eine gute Übereinstimmung der Negativbefunde, das heißt Ausschluss von Mutagenität. Danach weisen biologisch behandelte Abwässer der Textilindustrie selten eine mutagene Wirkung auf, wie die eigenen Untersuchungen und die von JÄGER und MEYER (1995) belegen.

Innerhalb der Proben einzelner Erzeuger sind sowohl gute Übereinstimmungen (siehe Abb. 1) als auch starke Unterschiede innerhalb eines Biotest-Parameters festzustellen (siehe Abb. 2). Hierbei ist besonders der Leuchtbakterien-Test hervorzuheben, der empfindlicher als die anderen Biotests für die geprüften Abwässer zu sein scheint. Er lieferte die höchsten G-Werte ( $G_L = 24$ , Proben „B 3“ vom 10.10.02 und „B 2“ vom 14.05.03). Außerdem waren die Unterschiede in den G-Werten beim Leuchtbakterien-Test sowohl zwischen den einzelnen Abwasserproben eines Einleiters als auch im Vergleich zu den anderen Testorganismen am höchsten. Danach folgten der Daphnien-Test ( $G_D = 12$ , Probe „B 3“ vom 05.09.02), Fisch-Test ( $G_F = 12$ , Probe „B 2“ vom 14.05.03) und Fischei-Test ( $G_{Ei} = 12$ , Probe „B 2“ vom 18.02.03), die mit einem maximalen G-Wert von 12 auf gleicher Höhe liegen. Im Algen-Test wurde ein maximaler G-Wert von 8 ( $G_A = 8$ , Proben „B 2“ vom 06.09.02, „B 3“ vom 06.09.02 und „B 5“ vom 26.02.03) erzielt. Da auch der Median für diesen Biotest am niedrigsten liegt, scheinen Grünalgen der Art *Scenedesmus subspicatus* unempfindlicher auf die Abwasserinhaltsstoffe zu reagieren als die anderen Testorganismen.

Die im Labor Dr. Roth bioTEST durchgeführten Fisch-Tests führten nahezu zu den gleichen Ergebnissen wie die, deren Resultate vom StUFA Chemnitz für die gleichen Probenahmetermine zur Verfügung gestellt wurden. Lediglich in zwei Fällen wurde ein Unterschied von 2 (Probe „B 2“ vom 06.09.02) bzw. von 3 Verdünnungsstufen (Probe „B 3“ vom 11.10.02) festgestellt. Nach laboreigenen Ergebnissen wurde eine Überschreitung des Anforderungswertes von  $G_F = 2$  nach Anhang 38 zur AbwV (2002) in 50 % der Fälle beobachtet (siehe Tab. 23).

Der Erzeuger B 1 hält den Anforderungswert in allen untersuchten Stichproben ein. B 4 und B 5 produzieren ebenfalls ein Abwasser, das den Anforderungswert nach den vom StUFA Chemnitz geführten Untersuchungen einhält, jedoch wurde abweichend dazu im Labor Dr. Roth bioTEST in je einer Probe vom Mai 2003 eine geringfügige Überschreitung ( $G_F = 3$ ) festgestellt. Das Abwasser des Erzeugers B 2 genügt in keinem Fall dem Anforderungswert, hier wurde in 8 unabhängigen Untersuchungen eine Überschreitung ermittelt. Der Erzeuger B 3 hat in drei von vier Untersuchungen eine Überschreitung des Anforderungswertes gezeigt, wobei der Unterschied von 3 Verdünnungsstufen zwischen den Ergebnissen des StUFA Chemnitz ( $G_F = 2$ , Einhaltung) und von Dr. Roth bioTEST ( $G_F = 6$ , Überschreitung) vom 11.10.2002 nicht aufgeklärt werden konnte.

Tab. 23: Vergleich der Ergebnisse der Fisch-Tests ( $G_F$ -Werte) zwischen Dr. Roth bioTEST und StUFA Chemnitz sowie Beurteilung der Einhaltung des Anforderungswerts nach Anhang 38 von  $G_F = 2$  in Klammern.

	B 1 05.09.2002	B 2 06.09.2002	B 3 06.09.2002	B 4 06.09.0202	B 5 -
Dr. Roth bioTEST	1 (Einhaltung)	3 (Überschreitung)	6 (Überschreitung)	2 (Einhaltung)	-
StUFA Chemnitz	1 (Einhaltung)	6 (Überschreitung)	8 (Überschreitung)	1 (Einhaltung)	-
	B 1 10.10.02	B 2 11.10.02	B 3 11.10.02	B 4 11.10.02	B 5 -
Dr. Roth bioTEST	1 (Einhaltung)	4 (Überschreitung)	6 (Überschreitung)	2 (Einhaltung)	-
StUFA Chemnitz	1 (Einhaltung)	6 (Überschreitung)	2 (Einhaltung)	2 (Einhaltung)	-
	B 1 18.02.03	B 2 18.02.03	B 3 -	B 4 18.02.03	B 5 26.02.03
Dr. Roth bioTEST	1 (Einhaltung)	8 (Überschreitung)	-	1 (Einhaltung)	2 (Einhaltung)
StUFA Chemnitz	1 (Einhaltung)	6 (Überschreitung)	-	1 (Einhaltung)	1 (Einhaltung)
	B 1 13.05.03	B 2 14.05.03	B 3 -	B 4 14.05.03	B 5 13.05.03
Dr. Roth bioTEST	2 (Einhaltung)	12 (Überschreitung)	-	3 (Überschreitung)	3 (Überschreitung)
StUFA Chemnitz	1 (Einhaltung)	8 (Überschreitung)	-	2 (Einhaltung)	2 (Einhaltung)

- nicht geprüft bzw. es liegen keine Ergebnisse vor

Ein Vergleich zwischen den Ergebnissen von Fisch- und Fischei-Test zeigt ebenfalls eine weitgehende Übereinstimmung (vgl. Tab. 24). Der Fischei-Test führte überwiegend - in 12 von 16 Fällen - zu gleichen Ergebnissen wie der Fisch-Test. In den anderen 4 Fällen waren die Ergebnisse zumindest ähnlich, denn die Abweichungen betragen maximal 3 Verdünnungsstufen. Es wird somit dokumentiert, dass der Fisch-Test durch den Fischei-Test ersetzt werden kann. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass sich ein Ergebnis im Fischei-Test auf 10 Individuen und im Fisch-Test dagegen nur auf 3 Tiere pro geprüfter Verdünnungsstufe stützt, liegt im Fischei-Test das Resultat mit dem geringeren statistischen Fehler vor.

Tab. 24: Vergleich der Ergebnisse von Fisch- und Fischei-Test ( $G_F$ - und  $G_{EI}$ -Werte).

	B 1 05.09.2002	B 2 06.09.2002	B 3 06.09.2002	B 4 06.09.2002	B 5 -
$G_F$ -Wert	1	3	6	2	-
$G_{EI}$ -Wert	1	8	4	1	-
	B 1 10.10.02	B 2 11.10.02	B 3 11.10.02	B 4 11.10.02	B 5 -
$G_F$ -Wert	1	4	6	2	-
$G_{EI}$ -Wert	1	4	6	2	-
	B 1 18.02.03	B 2 18.02.03	B 3 -	B 4 18.02.03	B 5 26.02.03
$G_F$ -Wert	1	8	-	1	2
$G_{EI}$ -Wert	1	12	-	1	4
	B 1 13.05.03	B 2 14.05.03	B 3 -	B 4 14.05.03	B 5 13.05.03
$G_F$ -Wert	2	12	-	3	3
$G_{EI}$ -Wert	1	6	-	1	2

Im bundesweiten Vergleich der statistischen Auswertung der für Sachsen ermittelten Giftigkeitswerte mit Literaturdaten (DIEHL und HAGENDORF, 1998) von behandelten Abwässern aus direkt einleitenden Betrieben des Abwasserherkunftsbereichs Anhang 38 AbwV liegt Sachsen in den Ergebnissen für den Fisch-, Daphnien- und Leuchtbakterien-Test über den Literaturangaben (vgl. Tab. 25). Ein Vergleich von Fischei- und Algen-Test war aufgrund mangelnder Vergleichsdaten nicht möglich.

Tab. 25: Vergleich der statistischen Auswertung der Biotestergebnisse behandelter Abwässer direkt einleitender Betriebe des Abwasserherkunftsbereichs Anhang 38 (Textilherstellung, Textilveredlung) mit Literaturdaten aus Deutschland (in kursiver Schreibweise, DIEHL und HAGENDORF, 1998).

Parameter	Anzahl	Maximum	Mittelwert	Median	80 %-Perzentil	90 %-Perzentil
Fisch-Test ( $G_F$ -Wert)	16 25	12 6	3,56 2,52	2,5 2	6 3	7 4
Fischei-Test ( $G_{EI}$ -Wert)	16 -	12 -	3,44 -	2,0 -	6 -	7 -
Daphnien-Test ( $G_D$ -Wert)	16 21	12 6	2,75 1,67	1,5 1	4 2	5 2
Algen-Test ( $G_A$ -Wert)	16 7	8 16	3,69 3,86	3,0 2	6 -	8 -
Leuchtbakterien-Test ( $G_L$ -Wert)	16 17	24 16	8,50 3,12	3,5 2	16 4	20 4

- es liegen keine Angaben vor

Eine Bewertung der Ergebnisse kann bei der geringen Stichprobenzahl nur mit großer Zurückhaltung erfolgen. Die Erzeuger B 1 und B 4 geben offenbar Abwasser ab, das sowohl auf Fische als auch auf Fischembryonen und Daphnien nicht oder nur gering toxisch zu wirken scheint ( $G$ -Werte 1 bis 2, Ausnahme  $G_F = 3$ , Probe „B 4“ vom 14.05.03). Der Vergleich der Ergebnisse von Fisch- und Fischei-Test liefert bei diesen Abwässern mit Ausnahme der Probe „B 4“ vom 14.05.03 mit  $G_F = 3$  und  $G_{Ei} = 1$  bei beiden Probenahmeterminen keine Unterschiede (vgl. Abb. 1 und 4). Auch eine Gentoxizität wurde hier nicht nachgewiesen. Die Testorganismen Alge und Leuchtbakterium werden dagegen stärker beeinflusst ( $G_A$ -Werte bis 4,  $G_L$ -Werte bis 12).

Die Erzeuger B 2, B 3 und B 5 geben im Vergleich zu den beiden anderen Erzeugern offenbar ein giftigeres Abwasser ab, da hier neben der Beeinflussung von Leuchtbakterien, Daphnien und Algen auch eine Toxizität sowohl gegenüber Fischembryonen als auch Fischen zu beobachten war. Eine Gewichtung zwischen diesen Erzeugern wird nach zum Teil nur zwei Untersuchungsgängen („B 3“ und „B 5“) nur mit Vorbehalt vorgenommen. Stuft man die Abwasserdirekteinleiter anhand der erzielten Biotest-Resultate und der Anforderung für den  $G_F$ -Wert nach Anhang 38 AbwV (max.  $G_F = 2$ ) bezüglich ihrer Gefährdung der aquatischen Lebensgemeinschaft im Vorfluter verbal ein ohne den zeitlichen Verlauf und den Wasserdurchfluss des Vorfluters berücksichtigen zu können, ergibt sich folgende Aufstellung:

Tab. 26: Verbale Einschätzung der Ökotoxizität der geprüften Abwässer auf die Testorganismen bzw. die aquatische Lebensgemeinschaft im Vorfluter nach den laboreigenen Biotestergebnissen.  
( $G$ -Wert = 1, 2 oder 3 führte zur Einschätzung gering,  $G$ -Wert = 4, 6 oder 8 führte zur Einschätzung mäßig,  $G$ -Wert = 12 oder höher führte zur Einschätzung hoch)

Testorganismus	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5
Fisch	gering <sup>1)</sup>	hoch <sup>2)</sup>	mäßig <sup>3)</sup>	gering <sup>4)</sup>	gering <sup>5)</sup>
Daphnie	gering	mäßig	hoch	gering	gering
Alge	mäßig	mäßig	mäßig	gering	mäßig
Leuchtbakterium	gering	hoch	hoch	gering	hoch
Fischei / Fischembryo	gering	hoch	mäßig	gering	mäßig
Gesamteinschätzung der Ökotoxizität	gering	hoch	hoch	gering	mäßig

- 1) mit Einhaltung des Anforderungswerts ( $G_F = 2$ ) nach Anhang 38, AbwV in 4 von 4 Fällen.
- 2) mit Überschreitung des Anforderungswerts ( $G_F = 2$ ) nach Anhang 38, AbwV in 4 von 4 Fällen.
- 3) mit Überschreitung des Anforderungswerts ( $G_F = 2$ ) nach Anhang 38, AbwV in 2 von 2 Fällen.
- 4) mit Überschreitung des Anforderungswerts ( $G_F = 2$ ) nach Anhang 38, AbwV in 1 von 4 Fällen.
- 5) mit Überschreitung des Anforderungswerts ( $G_F = 2$ ) nach Anhang 38, AbwV in 1 von 2 Fällen.

Bei der verbalen Einschätzung wurde eine ähnliche Abstufung wie die von DANNENBERG (1994) für Daphnien – und Leuchtbakterien-Test vorgeschlagenen Toxizitätsklassen gewählt: bis  $\leq 2$  nicht toxisch, 3 bis 10 schwach bis mäßig toxisch, 11 bis 35 stark toxisch und  $> 35$  sehr stark toxisch. Nach JÄGER et al. (1996) gibt es noch keine anerkannte Festlegung für die Bewertung der toxischen Wirkung von Abwässern.

Die Schwankungsbreite der Zusammensetzung des Abwassers von einem Erzeuger über die in den Tabellen 16 - 21 betrachteten Zeiträume ist groß. Vermutlich werden die Öko-/Gentoxizitäten in Abhängigkeit vom Probenahmetermin ähnlichen Schwankungen unterliegen. Im

Rahmen der ökotoxikologischen Betrachtung ist anzumerken, dass der geringe Stichprobenumfang von  $n = 16$  geprüften Abwasserproben bei der variablen chemischen Zusammensetzung der Abwässer eine detaillierte Charakterisierung der Einflussfaktoren erschwert. Dennoch sind einige Aussagen zur akuten Ökotoxizität geprüfter Parameter ableitbar. Die Angaben zu den Abhängigkeiten zwischen chemischen Einzelparametern und effektbezogener Abwassercharakterisierung beruhen auf der Berechnung der Rangkorrelation nach SPEARMAN, da einige Größen im KOLMOGOROV-SMIRNOW-Test von der Normalverteilung abweichen (vgl. WEBER 1986). Dabei kann der Korrelationskoeffizient  $r$  einen Wert zwischen -1 und +1 annehmen, wobei der Wertebereich nahe Null eine geringe Abhängigkeit und ein Betrag nahe 1 einen starken Zusammenhang der Wertepaare bedeutet.

An ausgewählten chemischen Parametern wurde eine Korrelation zum Giftigkeitswert geprüft (siehe Tab. 27). Bei einigen dieser Parameter wurde eine Korrelation zu Giftigkeitswerten nachgewiesen (z. B. CSB-Gehalt :  $G_{F^-}$ ,  $G_{Ei^-}$ ,  $G_{D^-}$  und  $G_L$ -Wert, Chrom-Gehalt :  $G_{F^-}$ ,  $G_{Ei^-}$ ,  $G_{D^-}$  und  $G_L$ -Wert).

Dabei sind sogar hoch signifikante positive Abhängigkeiten festgestellt worden. Das bedeutet, dass mit steigendem Gehalt der chemischen Substanz eine Zunahme der Giftigkeit einhergeht. Die Irrtumswahrscheinlichkeit  $p$ , mit der einer Stoffkonzentration eine bestimmte Giftigkeit zugeordnet werden kann, wurde mit einer Signifikanzanalyse berechnet. Die Abhängigkeit kann für 95 % der Wertepaare ( $p \leq 0,05$ ) als signifikant angenommen werden bzw. ab 99 % ( $p \leq 0,01$ ) als hoch signifikant gelten. Allen höheren Irrtumswahrscheinlichkeiten ( $p > 0,05$ ) wird keine Bedeutung beigemessen, so dass diese Zusammenhänge als zufällig erachtet werden müssen.

Tab. 27: Abhängigkeit zwischen chemischen Daten (StUFA Chemnitz; im Rahmen der Direktleiter-Kontrolle erhoben) und Giftigkeitswerten mit Rangkorrelationskoeffizient nach SPEARMAN  $r$ , Irrtumswahrscheinlichkeit  $p$  und Stichprobenumfang  $n$ .

Parameter	Statistische Maßzahl	G <sub>F</sub>	G <sub>EI</sub>	G <sub>D</sub>	G <sub>A</sub>	G <sub>L</sub>
CSB	$r$	0,715**	0,693**	0,618*	0,287	0,582*
	$p$	0,002	0,003	0,011	0,280	0,018
	$n$	16	16	16	16	16
BSB <sub>5</sub> <sup>1)</sup>	$r$	0,428	0,315	0,174	-0,315	-0,044
	$p$	0,217	0,376	0,631	0,376	0,903
	$n$	10	10	10	10	10
NH <sub>4</sub> -N	$r$	-0,045	-0,159	-0,411	-0,334	0,136
	$p$	0,869	0,557	0,114	0,207	0,614
	$n$	16	16	16	16	16
NO <sub>3</sub> -N <sup>1)</sup>	$r$	-0,338	-0,333	-0,500*	-0,224	-0,480
	$p$	0,201	0,207	0,049	0,404	0,060
	$n$	16	16	16	16	16
NO <sub>2</sub> -N <sup>1)</sup>	$r$	-0,159	-0,143	-0,279	-0,442	-0,370
	$p$	0,555	0,597	0,296	0,087	0,159
	$n$	16	16	16	16	16
P gesamt	$r$	0,432	0,463	0,345	0,184	0,367
	$p$	0,095	0,071	0,191	0,495	0,162
	$n$	16	16	16	16	16
AOX <sup>1)</sup>	$r$	-0,194	-0,467	-0,477	-0,328	-0,585
	$p$	0,472	0,068	0,062	0,215	0,017
	$n$	16	16	16	16	16
Chrom <sup>1)</sup>	$r$	0,578*	0,542*	0,644*	0,425	0,561*
	$p$	0,030	0,045	0,013	0,129	0,037
	$n$	14	14	14	14	14
Kupfer <sup>1)</sup>	$r$	-0,231	-0,616*	-0,622**	-0,619*	-0,486
	$p$	0,389	0,011	0,010	0,011	0,056
	$n$	16	16	16	16	16
Nickel <sup>1)</sup>	$r$	a	a	a	a	a
	$p$	a	a	a	a	a
	$n$	4	4	4	4	4
Zinn <sup>1)</sup>	$r$	-0,816	0,000	0,577	-0,258	-0,258
	$p$	0,184	1,000	0,423	0,742	0,742
	$n$	4	4	4	4	4
Zink <sup>1)</sup>	$r$	0,316	0,632	-0,447	0,400	0,800
	$p$	0,684	0,368	0,553	0,600	0,200
	$n$	4	4	4	4	4
SAK 436 nm	$r$	0,488	0,427	0,372	0,037	0,183
	$p$	0,055	0,099	0,156	0,891	0,498
	$n$	16	16	16	16	16
SAK 525 nm	$r$	0,509*	0,370	0,402	0,046	0,079
	$p$	0,044	0,158	0,123	0,865	0,770
	$n$	16	16	16	16	16
SAK 620 nm	$r$	0,520*	0,383	0,402	0,043	0,112
	$p$	0,039	0,144	0,123	0,873	0,678
	$n$	16	16	16	16	16
Sulfid <sup>1)</sup>	$r$	0,457	0,622*	0,377	0,113	0,435
	$p$	0,101	0,018	0,184	0,700	0,120
	$n$	14	14	14	14	14
Sulfit <sup>1)</sup>	$r$	0,409	0,730*	0,638	0,337	0,360
	$p$	0,314	0,040	0,089	0,414	0,381
	$n$	8	8	8	8	8

<sup>1)</sup> Konzentrationsangaben der Urliste mit „< Nachweisgrenze“ wurden mit der jeweils angegebenen Nachweisgrenze berücksichtigt.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig), Irrtumswahrscheinlichkeit  $p \leq 0,05$  signifikant.

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig), Irrtumswahrscheinlichkeit  $p \leq 0,01$  hoch signifikant.

a Kann nicht berechnet werden, da mindestens eine der Variablen konstant ist.

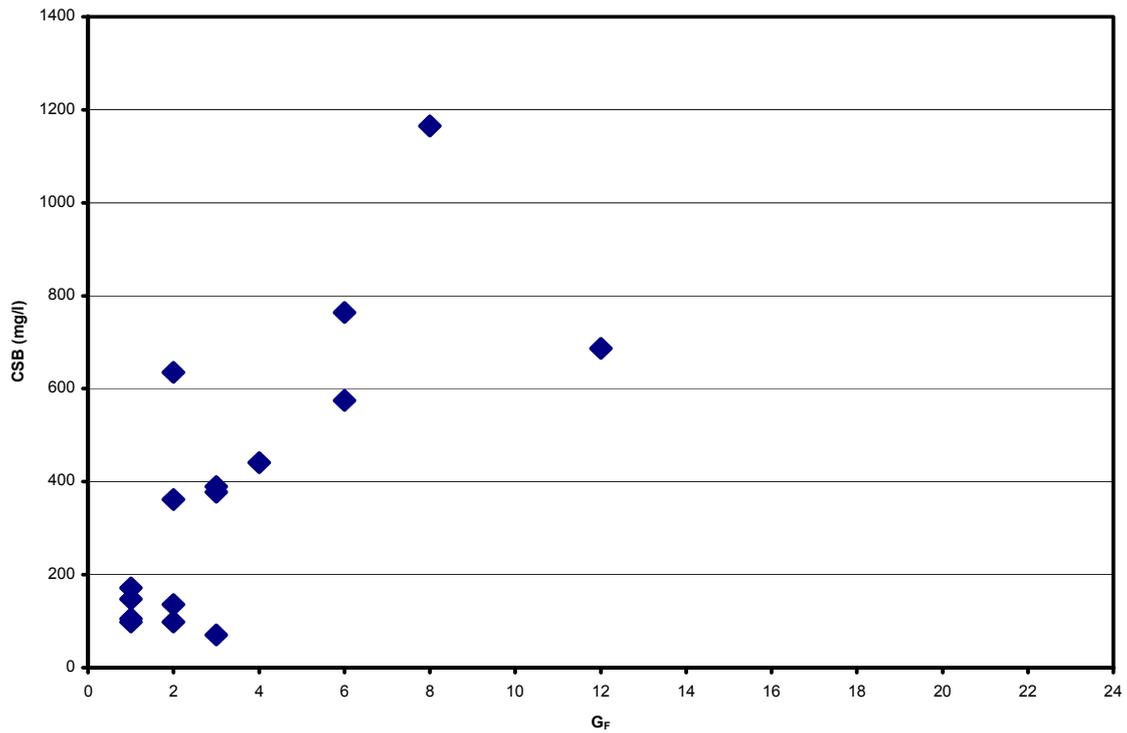


Abb. 6: Positive Korrelation zwischen CSB-Gehalt und Fischgiftigkeit ( $G_F$ -Wert) von 16 geprüften Stichproben behandelter Abwässer direkt einleitender Betriebe des Abwasserherkunftsbereichs Anhang 38 (Textilherstellung, Textilveredlung).

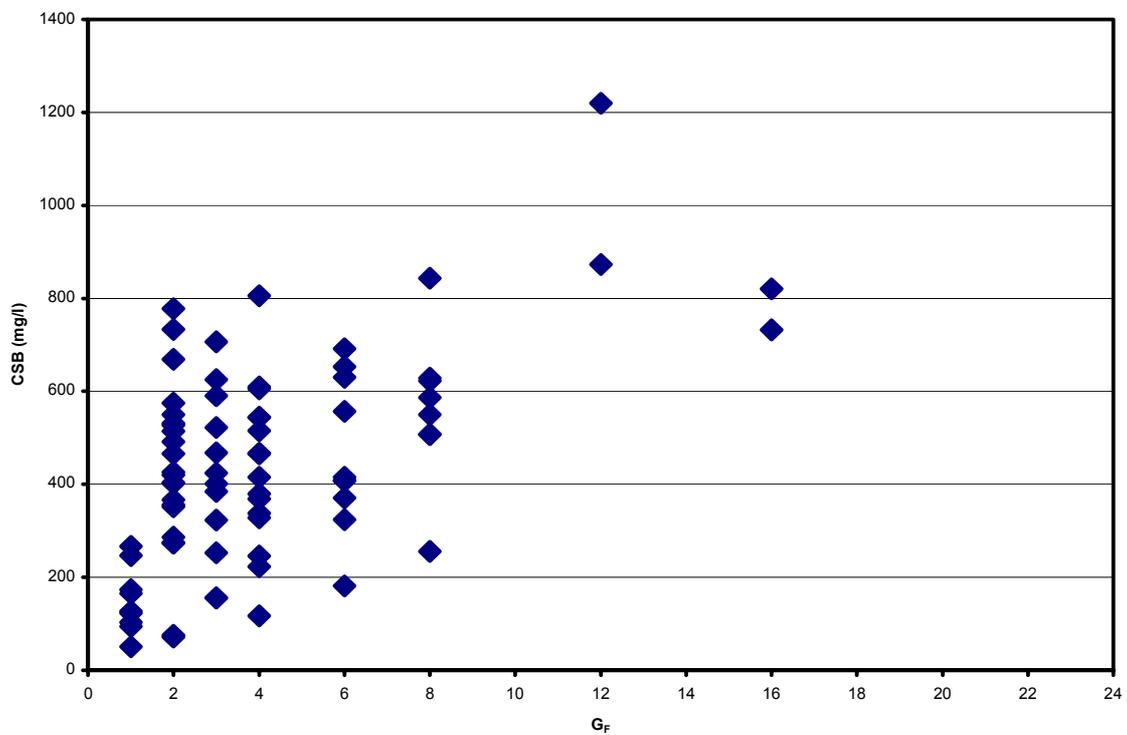


Abb. 7: Positive Korrelation zwischen CSB-Gehalt und  $G_F$ -Wert anhand der vom StUFA Chemnitz zur Verfügung gestellten Daten aus den Jahren 1997-2001 mit 81 geprüften Wertepaaren.

Für die Fisch- wie für die Fischeigiftigkeit ist eine hoch signifikante positive Korrelation zum CSB-Gehalt des Abwassers nachgewiesen worden. Exemplarisch wird diese Korrelation zwischen CSB und Fischgiftigkeit in Abbildung 6 graphisch dargestellt. Diese positive Korrelation lässt sich ebenfalls an den vom StUFA Chemnitz zur Verfügung gestellten Daten aus den Jahren 1997 bis 2001 (siehe Tab. 17 bis 21) bestätigen, wie die Abbildung 7 zeigt. Hier wurde eine Abhängigkeit mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,484$  auf einem zweiseitigen Signifikanzniveau von  $<0,0005$  ermittelt. Als weiteres Beispiel sei hier noch die Abhängigkeit der Daphnien-Toxizität zur steigenden Chromkonzentration dargestellt.

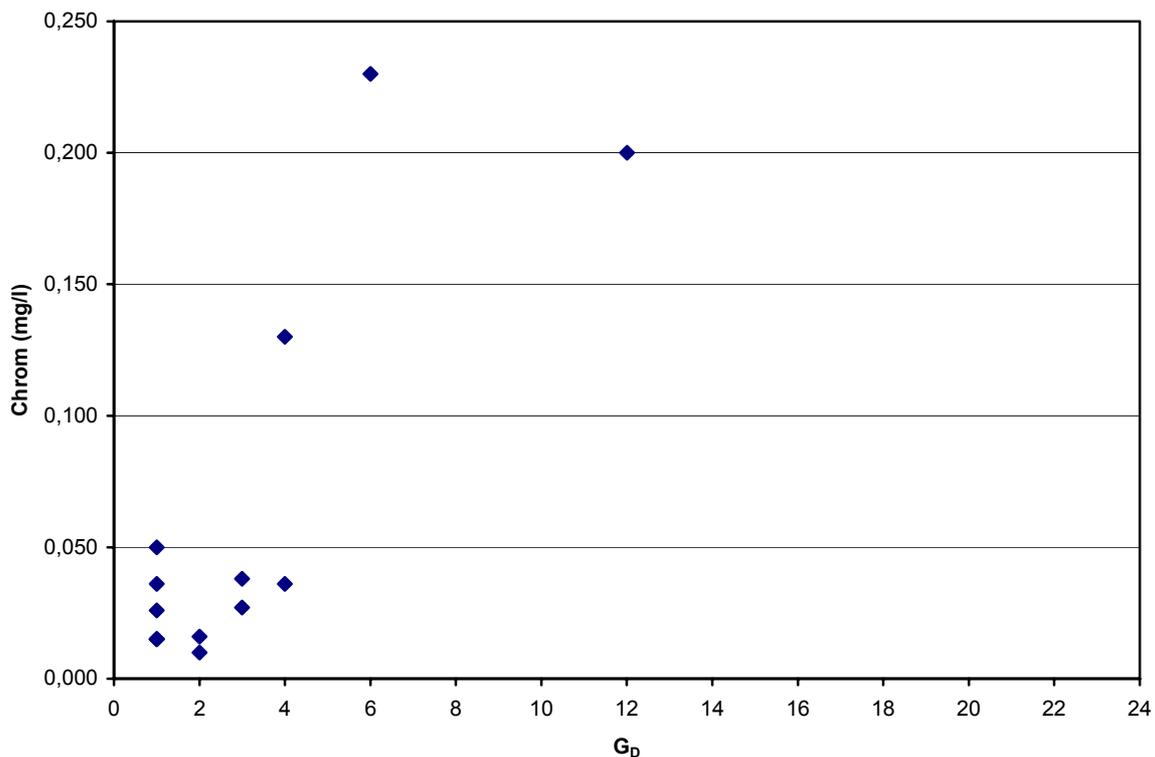


Abb. 8: Signifikante positive Korrelation nach SPEARMAN zwischen Chrom-Gehalt und G<sub>D</sub>-Wert der geprüften Abwässer.

Die Punktwolken der Abbildungen 6 bis 8 verdeutlichen, dass mit steigender Konzentration des chemischen Parameters eine Erhöhung der Toxizität einhergeht und damit eine positive Korrelation vorliegt.

Es ist ferner anzunehmen, dass die nachgewiesenen Toxizitäten darüber hinaus auch auf Substanzen zurückzuführen sind, die im Rahmen der Direkteinleiterkontrolle nicht geprüft wurden und deren Gehalte nicht zu auffälligen Konzentrationswerten bei den sie erfassenden Summenparametern führten. In Anlagen der Textilindustrie kommt eine große Fülle von Input-Materialien (Textile Rohmaterialien, Textilhilfsmittel, Chemikalien und Farbstoffe) wie auch technologischer Verfahren und Prozesse zum Einsatz. Diese Vielfalt spiegelt sich letztlich auch in den Emissionen der Textilindustrie wider. So finden sich im Abwasser stets eine Reihe von biologisch leicht, schwer und nicht abbaubaren Verbindungen, die teilweise nur mit chemisch-physikalischen Verfahren, wie Fällung/Flockung, Aktivkohleadsorption, Ozonisierung, zu entfernen sind (SCHÖNBERGER und SCHÄFER, 2002). Auch eine synergistische Wirkung mehrerer Parameter ist vorstellbar. Inwieweit sich die hier untersuchten chemischen Parameter gegenseitig beeinflussen, wurde im Rahmen dieser Auswertung nicht geprüft, da die Werte in Tabelle 27 keine Anhaltspunkte für entsprechende Zusammenhänge liefern.

Grundsätzlich wird im Vollzug der wiederkehrende Einsatz von Fischei-, Daphnien-, Algen-, Leuchtbakterien-Test für notwendig erachtet, steht doch jeder Testorganismus stellvertretend für eine andere Organismengruppe der aquatischen Lebensgemeinschaft. Als Beurteilungskriterium für einen genotoxischen Effekt ist der umu-Test sinnvoll. Bei der Erstuntersuchung sollten alle diese Biotests Anwendung finden. Danach kann in Anlehnung an die Empfehlungen von DIEHL und HAGENDORF (1998) das Untersuchungsintervall des kompletten Testprogramms auf 3 Jahre heraufgesetzt werden, um etwaige Fortschritte im Niveau des Standes der Abwasserreinigung oder aber Toxizitätsverlagerungen im Abwasser feststellen zu können.

Als Parameter, die sich für die routinemäßige ökotoxikologische Beurteilung von Abwässern nach Anhang 38 AbwV besonders eignen, werden der Fischei-Test und der Daphnien-Test angesehen. Die Tests liefern innerhalb von 24 Stunden (Daphnien-Test) bzw. 48 Stunden (Fischei-Test) ein Ergebnis und sind im Hinblick auf den Tierschutz nicht so kritisch einzustufen wie der Fisch-Test. Der Algen-Test scheint nicht empfindlich genug zu sein und der Leuchtbakterien-Test wiederum zu empfindlich. Möglicherweise wirken sich bei den letztgenannten Biotests die branchenüblichen Färbungen und Trübungen des Abwassers besonders nachteilig aus. Der Auffassung von DIEHL und HAGENDORF (1998), dass diese Tests insbesondere bei der Beurteilung stark gefärbter bzw. getrüebter Proben ungeeignet sind, kann zumindest für geringe Verdünnungsstufen nur beigepflichtet werden.

Möglichkeiten der Reduzierung des von den geprüften Abwässern ausgehenden Gefährdungspotentials liegen in der weitergehenden Reduzierung des CSB und des Chromgehaltes. Diese Aussage stützt sich auf die statistisch abgesicherte Auswertung zur Korrelation chemischer Parameter mit den ermittelten Giftigkeitswerten.

## Zusammenfassung

Mit dem Ziel der Einschätzung ihres Umweltgefährdungspotentials auf die aquatische Lebensgemeinschaft erfolgte eine effektbezogene Charakterisierung von behandelten Abwässern aus fünf sächsischen Betrieben der Textilindustrie anhand der ökotoxikologischen Parameter Fisch-, Fischei-, Daphnien-, Algen- und Leuchtbakterien-Toxizität sowie der Gentoxizität (umu-Test).

An vier Probenahmeterminen, verteilt über den Untersuchungszeitraum 09/2002 bis 09/2003, wurden insgesamt 16 mehrheitlich qualifizierte Stichproben untersucht. Dabei erwiesen sich die Abwässer aller Erzeuger in mindestens zwei Biotests als toxisch. Unter Toxizität wird hier sowohl die Wachstumshemmung, die Verhaltensänderung als auch der Tod der Testorganismen verstanden. Einerseits wurde eine Variation der toxischen Wirkung der Abwässer, die aus verschiedenen Betrieben und zu verschiedenen Zeitpunkten genommen wurden, festgestellt, andererseits zeigte sich, dass die festgestellte Toxizität auch von dem verwendeten Testorganismus abhing. Damit war es möglich, mit den ausgewählten Biotests eine toxische Wirkung von Abwässern der beprobten Erzeuger nachzuweisen.

Als maximale Giftigkeitswerte wurden ein  $G_L$ -Wert von 24, ein  $G_{F,D,EI}$ -Wert von 12, und ein  $G_A$ -Wert von 8 ermittelt. Gentoxische Proben wurden im umu-Test lediglich bei einem Abwassererzeuger nachgewiesen, der jedoch seinen Betrieb nach zwei Probenahmeterminen eingestellt hat. Die Gentoxizität betrug maximal  $G_{EU} = 3$  bei Auswertung nach DIN bzw.  $G_{EU} = 6$  bei Auswertung nach AQS-Richtlinie.

Da der Median der angewandten Biotests einen Wert von 3,5 nicht überstieg, können die ermittelten Toxizitäten überwiegend als gering eingestuft werden. Eine Überschreitung des Anforderungswertes von  $G_F = 2$  nach Anhang 38 (2002) zur AbwV wurde nach laboreigenen Ergebnissen jedoch in 50 % der Fälle beobachtet.

Die Ableitung einer Korrelation zwischen chemischen Einzelstoffen - die Ergebnisse der chemischen Abwasseruntersuchungen wurden vom StUFA Chemnitz zur Verfügung gestellt - und öko-/gentoxikologischen Parametern ist trotz des geringen Stichprobenumfangs ( $n = 16$ ) möglich. Es wurde mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,644 eine signifikante, zweiseitige Abhängigkeit nach SPEARMAN zwischen der Chromkonzentration im Abwasser und der Daphnien-Toxizität nachgewiesen. Bei den Summenparametern zeigte sich bei hohen Korrelationskoeffizienten eine teilweise hoch signifikante, positive Korrelation zwischen CSB-Gehalt und Fisch-, Fischei- bzw. Leuchtbakterien-Toxizität.

Grundsätzlich sollte im Vollzug der wiederkehrende Einsatz von Fischei-, Daphnien-, Algen-, und Leuchtbakterien- Test erfolgen, da jeder Testorganismus stellvertretend für eine andere Organismengruppe der aquatischen Lebensgemeinschaft steht. Die Überwachung der Gentoxizität im umu-Test sollte in diesem Rahmen mit vorgenommen werden. In Anlehnung an die Empfehlungen von DIEHL und HAGENDORF (1998) kann nach einer Erstuntersuchung unter Einbeziehung aller oben genannten Biotests das Untersuchungsintervall des kompletten Testprogramms auf 3 Jahre heraufgesetzt werden, um etwaige Fortschritte im Niveau des Standes der Abwasserreinigung oder aber Toxizitätsverlagerungen im Abwasser feststellen zu können.

Als Parameter, die sich für die routinemäßige ökotoxikologische Beurteilung von Abwässern nach Anhang 38 (2002) besonders eignen, wird der Fischei-Test und der Daphnien-Test angesehen. Beide Tests liefern innerhalb von 48 Stunden ein Ergebnis und sind in ethischer Hinsicht nicht so kritisch einzustufen wie der Fisch-Test.

## Literaturverzeichnis

Abwasserverordnung - AbwV (2002)

Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer - (Abwasserverordnung - AbwV) in der Neufassung der Bekanntmachung vom 15. Oktober 2002. BGBl. I, 4057,4550.

Anhang 38 (2002)

Textilherstellung, Textilveredlung. In der Neufassung der Bekanntmachung vom 15. Oktober 2002. BGBl. I, 4047.

DANNEBERG, R. (1994)

Der Einsatz von Toxizitätstests bei der Beurteilung von Abwässern. Wasser, Abwasser 135, 178-180.

DIEHL, K.; HAGENDORF, U. (1998)

Datensammlung Bioteste - Erhebungen, Bewertung, Empfehlungen. UBA-Texte 9/98.

DIN 38 415 T 6 (2001)

Bestimmung der nicht akut giftigen Wirkung von Abwasser auf die Entwicklung von Fischeiern über Verdünnungsstufen. Beuth Verlag, Berlin, Wien, Zürich.

DIN 38415 T 3 (1996)

Bestimmung des erbgutverändernden Potentials von Wasser- und Abwasserinhaltsstoffen mit dem umu-Test. Beuth Verlag, Berlin, Wien, Zürich.

DIN 38412 L 341 (1993)

Bestimmung der Hemmwirkung von Abwasser auf die Lichtemission von *Photobacterium phosphoreum* – Leuchtbakterien-Abwassertest. Erweiterung des Verfahrens DIN 38412 L 34 (L 341). Beuth Verlag, Berlin, Wien, Zürich.

DIN 38412 L 33 (1991)

Bestimmung der nicht giftigen Wirkung von Abwasser gegenüber Grünalgen über Verdünnungsstufen. Beuth Verlag, Berlin, Wien, Zürich.

DIN 38412 L 31 (1989)

Bestimmung der nicht akut giftigen Wirkung von Abwasser gegenüber Fischen über Verdünnungsstufen. Beuth Verlag, Berlin, Wien, Zürich.

DIN 38412 L 30 (1989)

Bestimmung der nicht akut giftigen Wirkung von Abwasser gegenüber Daphnien über Verdünnungsstufen. Beuth Verlag, Berlin, Wien, Zürich.

EN ISO 11348 L 34-1 (1998)

Bestimmung der Hemmwirkung von Wasserproben auf die Lichtemission von *Vibrio fischeri*. Teil 1: Verfahren mit frisch gezüchteten Bakterien. Beuth Verlag, Berlin, Wien, Zürich.

JÄGER, I.; GARTISER, ST.; WILLMUND, R. (1996)

Anwendung von biologischen Testverfahren an Abwässern der Textilindustrie. Acta hydrochim. hydrobiol. 24. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, 22-30.

JÄGER, I.; MEYER, G. (1995)

Toxizität und Mutagenität von Abwässern der Textilproduktion. Abschlussbericht zum F&E-Vorhaben 102 06 519. UBA, Berlin.

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA (2000)

AQS-Merkblatt P-9/2 zu den Rahmenempfehlungen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) für die Qualitätssicherung bei Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchungen. Bestimmung der nicht akut giftigen Wirkung von Abwasser gegenüber Daphnien über Verdünnungsstufen (DIN 38412 L 30). Erich Schmidt Verlag, Berlin.

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA (1998)

AQS-Merkblatt P-9/3 zu den Rahmenempfehlungen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) für die Qualitätssicherung bei Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchungen. Bestimmung der nicht akut giftigen Wirkung von Abwasser gegenüber Grünalgen (Scenedesmus-Chlorophyll-Fluoreszenztest) über Verdünnungsstufen (DIN 38412 L 33). Erich Schmidt Verlag, Berlin.

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA (1998)

AQS-Merkblatt P-9/6 zu den Rahmenempfehlungen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) für die Qualitätssicherung bei Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchungen. Bestimmung des erbgutverändernden Potentials von Wasser- und Abwasserinhaltsstoffen mit dem umu-Test (DIN 38415 T 3). Erich Schmidt Verlag, Berlin.

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA (1996)

AQS-Merkblatt P-9/5 zu den Rahmenempfehlungen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) für die Qualitätssicherung bei Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchungen. Bestimmung der Hemmwirkung von Abwasser auf die Lichtemission von Photobakterium phsphoreum – Leuchtbakterien-Abwassertest. Erweiterung des Verfahrens DIN 38412 – L34 (DIN 38412 L 34). Erich Schmidt Verlag, Berlin.

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA (1994)

AQS-Merkblatt P-9/1 zu den Rahmenempfehlungen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) für die Qualitätssicherung bei Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchungen. Bestimmung der nicht akut giftigen Wirkung von Abwasser gegenüber Fischen über Verdünnungsstufen (DIN 38412 L 31). Erich Schmidt Verlag, Berlin.

MILTENBURGER, H. G: (1997)

Quantitative Beurteilung von Mutagenität in Abwasserströmen der chemischen Industrie. Abschlussbericht FKZ 20206513. UBA, Berlin.

REEMTSMA, T.; KLINKOW, N. (2001)

Untersuchungsstrategie für gefährliche Stoffe in Abwassereinleitungen der Industrie. UBA-Texte 07/01. Forschungsbericht 299 22 297. UBA, Berlin.

SCHÖNBERGER, H.; SCHÄFER, TH. (2002)

Beste verfügbare Techniken in Anlagen der Textilindustrie. Integrierter Umweltschutz bei bestimmten industriellen Tätigkeiten (IVU-Richtlinie). Anlagen zur Vorbehandlung oder zum Färben, Bedrucken und Ausrüsten von Fasern oder Textilien. UBA Berlin, F&E-Nr.:20094329, UBA-FB 000325.

STEINBERG, CH.; KLEIN, J.; BRÜGGEMANN, R. (1995)

Ökotoxikologische Testverfahren. Übersicht über bestehende Testverfahren, Modellierung in der Ökotoxikologie, Empfehlungen für Normung und Forschung. ecomed, Landsberg.

WEBER, E. (1986)

Grundriss der biologischen Statistik. Anwendungen der mathematischen Statistik in Forschung, Lehre und Praxis. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 9. Aufl..

## **Danksagung**

Wir danken den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Sächsischen Landesamts für Umwelt und Geologie sowie des Staatlichen Umweltfachamts Chemnitz, insbesondere Frau Sylvia Rohde, Frau Margot Lindner und Herrn Weiß für die angenehme Zusammenarbeit, kooperative Auftragsabwicklung und die Bereitstellung von Proben- und Datenmaterial.