

Beziehungen zwischen ausgewählten chemischen Summenparametern und Toxizität bei Abwässern der chemischen Industrie

Georg Gellert

Staatliches Umweltamt Köln, Außenstelle Bonn, Friedrich-Ebert-Allee 144, 53113 Bonn;
Fax: +49 228/23 03 37; eMail: poststelle@stua-k.nrw.de

Diese Studie wurde durchgeführt um der Frage nachzugehen, ob es bei gereinigten Abwässern der chemischen Industrie Beziehungen zwischen den Konzentrationen von bestimmten chemischen Summenparametern und dem Toxizitätsgrad gibt.

Auf der chemischen Seite wurden Summenparameter ausgewählt, die Hinweise auf umweltschädliche Stoffe geben können wie AOX (bestimmt nach EN 1485:1996), TOC (nach EN 1484: 1997) und N_{ges} (nach DIN 38409-27:1992). Auf der toxikologischen Seite wurden Biotests herangezogen, die mit Leuchtbakterien (nach DIN 38412-431), Daphnien (nach DIN 38 412-30:1989) und Algen (nach DIN 38412-33:1991) durchgeführt worden sind. Fische blieben in diesem Zusammenhang unberücksichtigt, weil sie sich als zu unempfindlich gezeigt haben.

Die Abwasserproben stammten von 5 Betrieben (A, B, C, D, E) der chemischen Industrie, die zwischen 1996 und 1999 gezogen und untersucht worden sind. Die Prüfung auf Korrelationen wurde mit Hilfe des Rangkorrelationskoeffizienten von SPEARMAN durchgeführt.

In Tab. 1 sind die chemischen Analysenergebnisse zusammenfassend dargestellt. Auffällig ist, dass die höchsten AOX-Gehalte im Abwasser des Betriebes C gemessen worden sind. TOC und N_{ges} erreichten die höchsten Konzentrationen im Abwasser des Betriebes B. Unauffälligster Einleiter war der Betrieb D.

Tabelle 1. Charakterisierung der Abwasserproben hinsichtlich AOX, TOC und N_{ges}

Betrieb	n	AOX (mg/l)		TOC (mg/l)		N_{ges} (mg/l)	
		Mittelwert	SA	Mittelwert	SA	Mittelwert	SA
A	28	0,74	0,18	42,6	8,20	36,2	7,38
B	11	0,26	0,16	71,8	35,3	44,1	10,1
C	19	1,05	0,14	45,5	6,37	32,4	6,92
D	10	0,08	0,17	6,05	6,68	6,46	2,75
E	13	0,61	0,39	33,3	14,2	35,3	14,4

n, Probenumfang; SA, Standardabweichung

In Abb. 1 sind die Biotestergebnisse dargestellt. Vorab kann festgestellt werden, dass das Abwasser aller Betriebe, zumindest gelegentlich, gegenüber allen Testorganismen eine toxische Wirkung entfaltete. Den höchsten Toxizitätsgrad wies das Abwasser des Betriebes C auf, gefolgt vom Abwasser der Betriebe A und D. Das Abwasser des Betriebes B wies nur gelegentlich toxische Eigenschaften auf.

Wie die Ergebnisse auch zeigen, ist der Grad der Toxizität abhängig von der Produktionsrichtung eines Betriebes. Dieser Faktor beeinflusst auch gegenüber welchen Organismenarten das Abwasser schädigend wirkt.

Einteilung der Proben

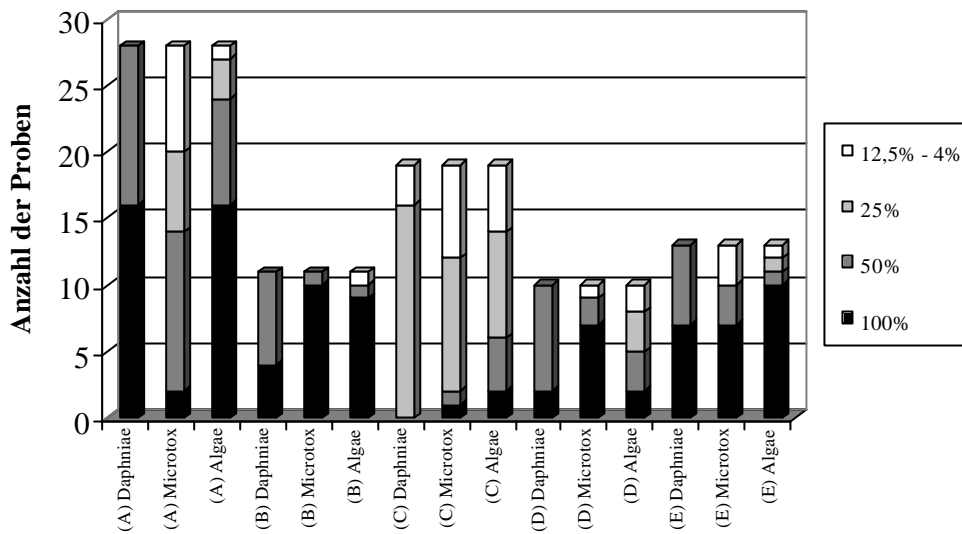


Abbildung 1. Einteilung der Abwasserproben hinsichtlich ihrer toxischen Eigenschaften. (100 % Abwasseranteil = nicht toxisch; 12,5 % - 4% Abwasseranteil = höchste Toxizitätsstufe im Rahmen dieser Untersuchung)

Die in der nachfolgenden Tab. 2 gezeigte unterschiedliche Empfindlichkeit der verschiedenen Biotests entspricht auch den Ergebnissen anderer Vergleichsuntersuchungen in der Literatur. Das Abwasser des Betriebes A (Produktion von Farben und Phenolen) war sehr leuchtbakterientoxisch. Auch Vasseur & Ferard (1984) machten diese Feststellung bei Abwässern, die bei der Synthetisierung derartiger Stoffe angefallen sind.

Tabelle 2. Empfindlichkeitsskala der eingesetzten Testorganismen je nach betrieblicher Abwasserzusammensetzung

Betrieb	Rang		
A	Leucht Bakterien <	Algen <	Daphnien
B	Daphnien <	Algen =	Leucht Bakterien
C	Daphnien <	Leucht Bakterien <	Algen
D	Algen <	Leucht Bakterien <	Daphnien
E	Leucht Bakterien <	Daphnien <	Algen

Das Abwasser des Betriebes C (Herstellung von Substanzen für pharmazeutische Produkte und für Pflanzenbehandlungsmitteln) war bei allen Untersuchungen besonders daphnientoxisch. Auch Munkittrick & Power (1991) machten diese Erfahrung und führen dies auf die Herstellung von pharmazeutischen Produkten zurück.

Das Abwasser des Betriebes D (Produktion von Basisstoffen für Detergentien) war auffallend toxisch gegenüber Algen. Für Zimmermann (1992) hängt dies ursächlich mit die Herstellung von Waschmittelprodukten zusammen.

In der Tabelle 3 sind die Korrelationskoeffizienten dargestellt. Es fällt besonders auf, dass die Ergebnisse aller Biotestverfahren mit den AOX-Werten korrelieren. Die höchste Korrelation weist die Paarung Leucht Bakterien/AOX auf, die Niedrigste (aber noch auf dem 1%-Niveau signifikant) die Kombination Algen/AOX. Die Biotestergebnisse spiegeln sich somit in den AOX-Konzentrationen wider. Die Parameter TOC und N_{ges} korrelieren nicht signifikant mit

den Biotestergebnissen. Steigende Konzentrationen derartiger Verbindungen führen nicht zwangsläufig zu einer steigenden Toxizität des Abwassers.

Tabelle 3. Grad des Zusammenhanges zwischen den Ergebnissen verschiedener Toxizitätstests und ausgewählten chemischen Summenparametern, dargestellt mit dem SPEARMAN Rang-Korrelationskoeffizienten (r_s)

Verfahren	Organismus	Chemischer Summenparameter		
		TOC	AOX	N _{ges}
Leuchtbakterien	<i>Vibrio fischeri</i>	0,19	0,52 ^a	0,12
Algen	<i>Scenedesmus subspicatus</i>	0,0	0,29 ^b	-0,03
Daphnien	<i>Daphnia magna</i>	0,19	0,41 ^c	-0,07

^ap < 0,01 % (zweiseitig) statistisch signifikant zu 99,99 %

^bp < 1 % (zweiseitig), statistisch signifikant zu 99 %

^cp < 0,1 % (zweiseitig) statistisch signifikant zu 99,9 %

Die schwächere Korrelation zwischen Algentoxizität und AOX-Konzentration steht vermutlich in Verbindung mit dem Nährstoffangebot. Entsprechend der Testvorschrift muss für das Algenwachstum ein definiertes Nährstoffmedium angeboten werden. Zu diesem Nährstoffangebot müssen noch die anorganischen N- (Ammonium und Nitrat) und P-Verbindungen (anorg. Phosphate), die in den Abwasserproben enthalten sind, hinzugerechnet werden. Dieses Überangebot an Nährstoffen führt zu einer Maskierung von toxischen Effekten. Dieses Phänomen wird in der Literatur von Turbak et al. 1986 und Mayer et al. 1998) beschrieben.

Der Rangkorrelationskoeffizienten von SPEARMAN zeigt, dass nur Phosphat signifikant (p < 5 % zweiseitig; n=30) mit dem Algenwachstum korreliert. Steigende Ammonium- und Nitratangebote führen nicht unbedingt zu einem verstärkten Algenwachstum.

Ein anderer Umstand, die zur Unterschätzung algentoxischer Stoffe im Abwasser führen kann, ist neben der Nährstoffproblematik, auch der Abbau von toxischen Verbindungen durch Licht, welches für den Algentest unverzichtbar ist (Walsh et al. 1982).

Fazit: AOX ist ein guter Indikator für toxische Eigenschaften von Abwasserproben der chemische Industrie. Im Falle dass es zu Überschreitungen bei der Bestimmung dieses Parameters kommt, ist die Bestimmung der Toxizität unerlässlich.

Literatur

- Mayer, P., Frickmann, J., Christensen, E. & N. Nyholm: Influence of growth conditions on the results obtained in algal toxicity tests. *Env. Toxicol. Chem.* 17 (1998), 1091-1098
- Munkittrick, K. R. & E. A. Power: The relative sensitivity of Microtox, daphnid, rainbow trout and feathed minnow acute lethality tests. *Env. Toxicol. Water Qual.* 6 (1991), 35-62.
- Turbak, S. C., Olson, S. B. & G. A. McFeters: Comparison of algal assay systems for detecting waterborne herbicides and metals. *Wat. Res.* 20 (1986), 91-96.
- Vasseur, P. & J. F. Ferard: Comparaison des tests Microtox et daphnie pour l'évaluation de la toxicité aigue d'effluents industriels. *Env. Poll. A* 34 (1984), 225-235.
- Walsh, G. E., Duke, K. M. & R. B. Foster: Algae and crustaceans as indicator of bioactivity of industrial wastes. *Wat. Res.* 16 (1982), 879-883.
- Zimmerman, U.: Vergleichende Untersuchungen ausgewählter Abwasserproben von industriellen Einleitern mit biologischen Verfahren. *Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz* 137 (1992), 1-98.