

5.2 Eliminationsleistung simultan-aerobe Schlammstabilisierung

Kläranlage 6 mit simultan-aerobe Stabilisierung erzielte eine BPA-Ablaufkonzentration von $360 \text{ ng} \cdot \text{l}^{-1}$ (Anhang, Tabelle 8-30). Dieser Wert ist um bis zu $290 \text{ ng} \cdot \text{l}^{-1}$ höher als die in den Laborversuchen erzielten Konzentrationen von $70 - 300 \text{ ng} \cdot \text{l}^{-1}$ (Tabelle 5-1). Die von Woche 4 zu Woche 5 im Trockenrückstand der Nitrifikation von Versuch m1 und im Ablauf von Versuch m2 (Anhang, Tabelle 8-57) vermeintlich verdoppelten BPA-Konzentrationen sind nicht zu den anderen Meßwerten konsistent.

Tabelle 5-1: Bisphenol A-Konzentrationen bei der simultan-aeroben Schlammstabilisierung (Laborversuche) nach Erreichen eines annähernd stationären Zustandes

Versuch	ZL ($\text{ng} \cdot \text{l}^{-1}$)	DN flüssig ($\text{ng} \cdot \text{l}^{-1}$)	DN fest ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ TR}$)	NI flüssig ($\text{ng} \cdot \text{l}^{-1}$)	NI fest ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ TR}$)	AL ($\text{ng} \cdot \text{l}^{-1}$)
m1 °	869	126	43	103	86 ^(S1)	71
m2 °	860	223	55	167	26	302 ^(S2)
b1 *	12.660	380	415	n. d.	169	220
b2 *	12.280	240	392	n. d.	214	280

° Woche 5, * Woche 8; n. d.: nicht detektierbar;

AL: Ablauf; DN: Denitrifikation; NI: Nitrifikation; TR: Trockenrückstand; ZL: Zulauf;

^(S) von Wo. 4 zu Wo. 5 vermeintlich verdoppelte Konzentration ^(S1) im TR der NI bei Versuch m1 (40 auf $86 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ TR}$) bzw. ^(S2) im AL von Versuch m2 (158 auf $302 \text{ ng} \cdot \text{l}^{-1}$), obwohl die Konzentrationen von BPA in ^(S1) der DN und im AL bzw. in ^(S2) der DN und der NI weiter gesunken waren; bei ^(S2) deshalb sogar vermeintlich höhere Konzentration im AL als Gesamtkonzentration in NI

Die Elimination aus dem Abwasser, berechnet als Differenz zwischen Zu- und Ablaufkonzentration, betrug in den vier Experimenten in der jeweils letzten Versuchswoche 64 bis 98 % (Tabelle 5-2). Zu diesem Zeitpunkt hatte sich, außer möglicherweise in den Überständen der Nitrifikationsbecken in den Versuchen m1 und m2, ein quasi-stationärer Zustand mit BPA-Konzentrationen auf einem etwa gleichbleibenden Niveau eingestellt. Das ähnliche Niveau der Konzentrationen in den Abläufen der vier Versuche zeigt, daß die für die Versuche m1 und m2 berechneten Eliminationsleistungen (in Prozent) lediglich wegen der um Faktor 10 niedrigeren Zulaufkonzentrationen geringer ausfallen als in den Versuchen b1 und b2.

Tabelle 5-2: Bisphenol A-Elimination bei der simultan-aeroben Schlammstabilisierung (Laborversuche) nach Erreichen eines annähernd stationären Zustandes

Versuch	DN °	NI °	NK °	KA ° &
m1 (Wo. 5) ⁽¹⁾	59,0	28,9	3,7	91,5
m2 (Wo. 5) ⁽²⁾	40,2	40,1	0,4	64,3 (80) *
b1 (Wo. 8)	53,8	44,3	- 0,1	98,0
b2 (Wo. 8)	67,8	29,7	0,0	97,5

° (%); * Woche 4: 79,5 %, Massenbilanz: 79,9 % (siehe ⁽²⁾); & Berechnung der Gesamtelimination aus der Differenz der Konzentrationen in ZL und AL;

AL: Ablauf; DN: Denitrifikation; KA: Kläranlage; NI: Nitrifikation; NK: Nachklärung; TR: Trockenrückstand; Wo.: Woche; ZL: Zulauf;

⁽¹⁾ vermeintliche Verdoppelung der BPA-Konzentration im TR der NI von Wo. 4 zu Wo. 5, s. a. Tabelle 5-1; Berechnung der Massenbilanz mit einer BPA-Konzentration im TR der NI, die wie die Konzentrationen in der DN um 20 % niedriger liegt als in Wo. 4 ($34 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{TR}$);

⁽²⁾ vermeintliche Verdoppelung der Ablaufkonzentration von Wo. 4 zu Wo. 5, s. a. Tabelle 5-1; Berechnung der Massenbilanz mit einer BPA-Konzentration im AL gleich der im Überstand der NI ($167 \text{ng} \cdot \text{l}^{-1}$)

Abbildung 5-2 bis Abbildung 5-5 illustrieren die für die Elimination von Bisphenol A aufgestellten Massenbilanzen in der jeweils letzten Versuchswoche. Die Bilanz für Versuch m1 wurde mit einer BPA-Konzentration in der Feststoffphase der Nitrifikation von $34 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{TR}$ berechnet, die prozentuale Elimination in den einzelnen Becken in Versuch m2 mit einer BPA-Konzentration im Ablauf von $167 \text{ng} \cdot \text{l}^{-1}$ (s. Anmerkungen zu Tabelle 5-1, Tabelle 5-2).

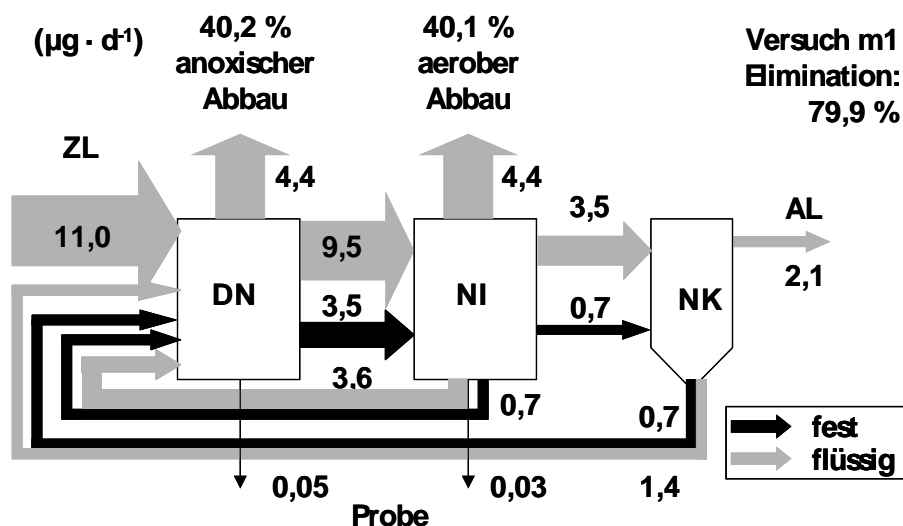


Abbildung 5-2: Massenbilanz des Abbaus von Bisphenol A bei der simultan-aeroben Klärschlammstabilisierung, Laborversuch m1

Berechnung der Gesamtelimination aus der Differenz der Konzentrationen in Zu- und Ablauf

Die grundlegende Charakteristik der Massenbilanzen ist in allen vier Fällen gleich. Ein Anteil von 40 – 70 % des zugeführten BPA wird bereits in der Denitrifikation unter

anoxischen Bedingungen eliminiert, ein weiterer bedeutender Anteil adsorbiert in der anoxischen Stufe an den Schlamm. In der belüfteten Nitrifikationsstufe wird die BPA-Masse anschließend, bezogen auf den Anlagenzufluß, um weitere 45 – 30 % verringert. Die Konzentrationen sinken dabei sowohl in der Wasser- als auch in der Feststoffphase. In den Versuchen b1 und b2 blieben die BPA-Konzentrationen im Trockenrückstand von Denitrifikation und Nitrifikation und im Überstand der Denitrifikation höher als in den Versuchen m1 und m2, verursacht möglicherweise von den um Faktor 15 höheren Zulaufkonzentrationen (Anhang, Tabelle 8-57).

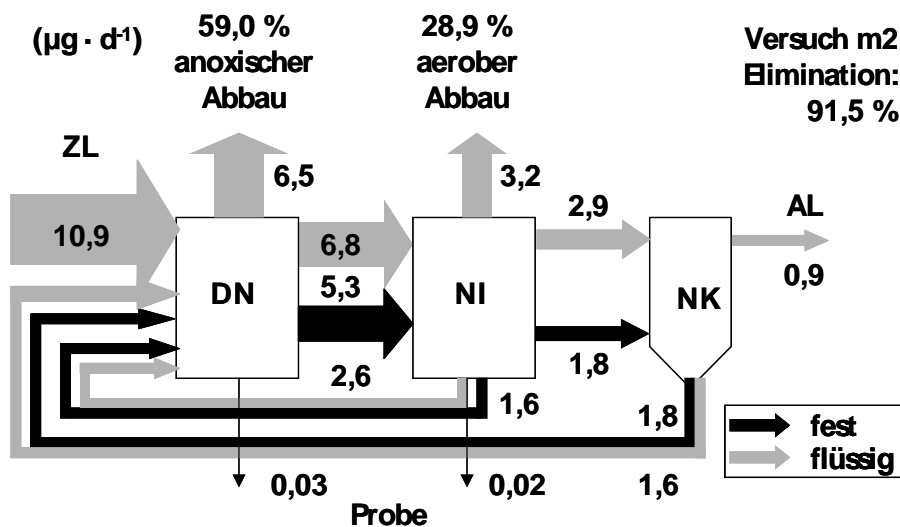


Abbildung 5-3: Massenbilanz des Abbaus von Bisphenol A bei der simultan-aeroben Klärschlammstabilisierung, Laborversuch m2
Berechnung der Gesamtelimination aus der Differenz der Konzentrationen in Zu- und Ablauf

Im Überstand der belüfteten Becken wurde die BPA-Konzentration in den Versuchen b1 und b2 unter die Nachweisgrenze reduziert, in den Versuchen m1 und m2 auf 100 bzw. 170 $\text{ng} \cdot \text{l}^{-1}$ (Tabelle 5-1). Möglicherweise wurde BPA in den Versuchen m1 und m2 von den Biozönosen der Nitrifikationsstufen nicht vollständig aus der Wasserphase eliminiert, weil es den Anlagen als Bestandteil eines Schadstoffgemisches zugeführt wurde (Kapitel 3.2.4) ^[51,454]. Es könnte wegen der multiplen Exposition zu einer Hemmung der BPA-abbauenden Mikroorganismen gekommen sein.

In allen vier Versuchen war ein Teil des an den Schlamm adsorbierten BPA unter den gegebenen Bedingungen einem Abbau nicht zugänglich. Da auch in den Versuchen b1 und b2 mit den Abläufen 2,5 bzw. 3,2 $\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ gelöstes BPA ausgetragen wurde, obwohl die Konzentrationen in den Überständen der Nitrifikationsbecken zuvor unter der

Nachweisgrenze waren, liegt Desorption von nicht abgebautem BPA vom belebten Schlamm während der Aufenthaltszeit in den Nachklärungen nahe.

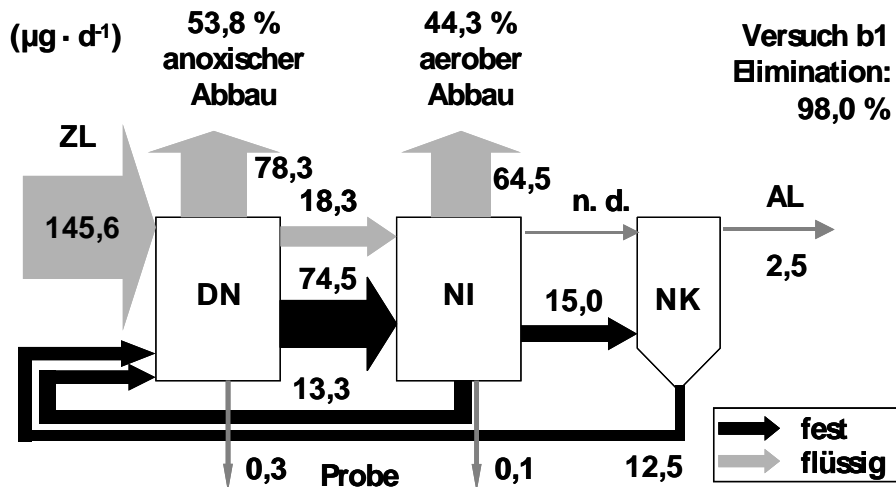


Abbildung 5-4: Massenbilanz des Abbaus von Bisphenol A bei der simultan-aeroben Klärschlammstabilisierung, Laborversuch b1
Berechnung der Gesamtelimination aus der Differenz der Konzentrationen in Zu- und Ablauf

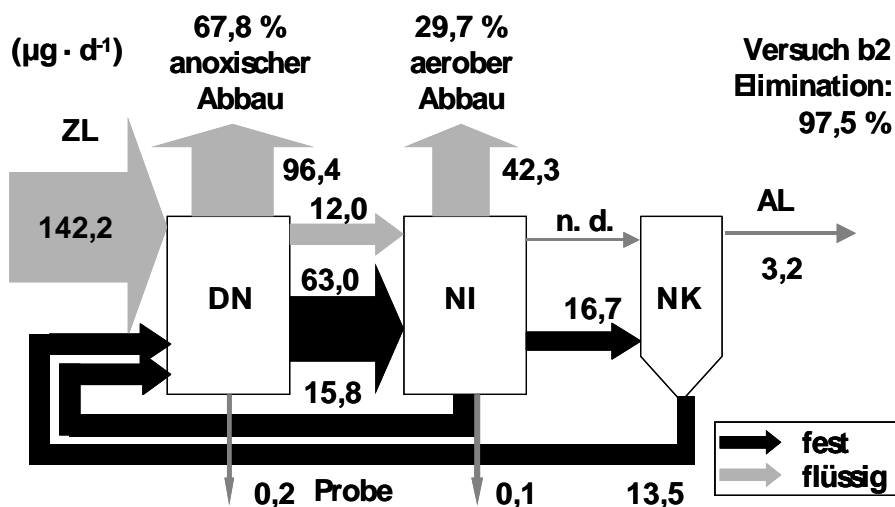


Abbildung 5-5: Massenbilanz des Abbaus von Bisphenol A bei der simultan-aeroben Klärschlammstabilisierung, Laborversuch b2
Berechnung der Gesamtelimination aus der Differenz der Konzentrationen in Zu- und Ablauf

BPA gilt als aerob gut bis sehr gut abbaubar (Kapitel 2.3.3.1). Die Elimination von 40 – 70 % des den Anlagen zugeführten BPA bereits in den Denitrifikationsstufen zeigt, daß BPA durch eine adaptierte Klärschlammbiozönose auch unter anoxischen Bedingungen rasch abgebaut werden kann. Bei ausreichendem Schlammalter und mit vorgeschalteter Denitrifikation ist die simultan-aerobe Stabilisierung zur Reduktion der BPA-Konzen-

trationen auf das Niveau der $LOEC_{\text{Wasser}}$ in der Lage^[488], nicht jedoch bis zur $PNEC_{\text{Wasser}}$. Dasselbe wurde bei Abbauprobungen mit E2 für E2 und dessen dominierendes Transformationsprodukt E1 festgestellt^[51,488]. Die Elimination von NP, OP, EE2, und ME mittels simultan-aeroben Stabilisierung war ebenfalls gut, aber deutlich niedriger als bei den natürlichen Steroiden und BPA^[51,489].