

Hinweise und Erläuterungen  
zum Anhang 18  
- Zuckerherstellung -  
der Allgemeinen Rahmen-Verwaltungsvorschrift  
über Mindestanforderungen an das  
Einleiten von Abwasser in Gewässer

Nur für den Dienstgebrauch

## Inhaltsverzeichnis

1	Anwendungsbereich	3
2	Abwasseranfall und Abwasserbehandlung	3
2.1	Herkunft, Menge und Beschaffenheit des Rohabwassers	3
2.1.1	Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren	4
2.1.2	Herkunft des Abwassers	4
2.1.3	Abwasseranfall und Abwasserbeschaffenheit	5
2.1.3.1	Erdtransportwasser sowie Rübenschwemm- und Rübenwasch- wasser	5
2.1.3.2	Ionenaustauscherwasser	6
2.1.3.3	Reinigungswasser	7
2.1.3.4	Überschußwasser aus der Wäsche von Schnitzeltrocknungs-brüden	7
2.1.3.5	Kondensatüberschuß	7
2.1.3.6	Fallwasserüberschuß	7
2.1.3.7	Sperr- und Kondensationswasser	8
2.2	Abwasservermeidungsverfahren und Abwasserbehandlungsverfahren	8
2.2.1	Maßnahmen zur Abwasservermeidung	8
2.2.2	Maßnahmen zur Abwasserbehandlung	9
2.3	Reststoffbehandlung und Reststoffverwertung	11
3	Auswahl der Parameter, für die Anforderungen zu stellen sind	11
3.1	Hinweise für die Auswahl der Parameter	11
3.2	Hinweise für die Auswahl von Parameter, die gegebenenfalls im Einzelfall zusätzlich begrenzt werden sollen	12
4	Anforderungen an die Abwassereinleitungen	12
4.1	Anforderungen nach § 7a WHG	12
4.2	Weitergehende Anforderungen	12
4.3	Alternative anlagenbezogene Anforderungen und Überwachungsregeln	13
4.4	Berücksichtigung internationaler und supranationaler Regelungen	13
5	Übergangsregelungen und -fristen (§ 7a Abs. 2 WHG)	13
6	Hinweise zur Fortschreibung	13
7	Literatur	13
8	Erarbeitung der Grundlagen	15

## **Hinweise und Erläuterungen zum Anhang 18 der Allgemeinen Rahmen- Abwasserverwaltungsvorschrift über Mindestanforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer**

### **- Zuckerherstellung -**

#### **1 Anwendungsbereich**

Dieser Anhang gilt für in Gewässer einzuleitendes Abwasser, dessen Schmutzfracht im wesentlichen aus der Gewinnung von festen und flüssigen Zuckern sowie Sirupen aus Zuckerrüben und Zuckerrohr stammt (Zuckerarten-VO vom 8. März 1976 "BGBl. I, S. 502"). Dazu gehören auch die Weiterverarbeitung von Zucker (Veredelungsbetriebe) und die Wäsche von Schnitzeltrocknungsbrüden und von Carbonatationsgas.

Dieser Anhang gilt nicht für das Einleiten von Abwasser aus:

- Kühlsystemen und der Betriebswasseraufbereitung (Anhang 31) u n d
- der Wäsche von Rauchgasen (Anhang 47)

Die Zuckererzeugung in Deutschland betrug in der Kampagne 1993/94 insgesamt 4.357.000 t, davon in den alten Bundesländern 3.327.000 t und in den neuen Bundesländern 1.029.000 t.

Die Anbaufläche beträgt insgesamt 530.000 ha, in den alten Bundesländern 380.000 ha und in den neuen Bundesländern 150.000 ha.

Darüber hinaus wurden in der Kampagne 1993/94 rd. 1.020.000 t Melasse erzeugt, die zum überwiegenden Teil in der Futtermittel- und Gärungsindustrie weiter verwendet wurde. Die Erzeugung von melassierten Trockenschnitzeln belief sich auf 1.909.000 t mit einem Anteil an Pellets von 95 %. Ferner wurden 268.000 t Naßschnitzel sowie 1.337.000 t Preßschnitzel ebenfalls als Futtermittel hergestellt.

Im Jahre 1995 wurde in Deutschland 37 Zuckerfabriken betrieben.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die Zuckerherstellung aus Rüben. Der Rohrzucker wird prinzipiell nach den gleichen Verfahren wie Rübenrohrzucker verarbeitet.

#### **2 Abwasseranfall und Abwasserbehandlung**

##### **2.1 Herkunft, Menge und Beschaffenheit des Rohabwassers**

Die einzelnen Zuckerfabriken unterscheiden sich hinsichtlich Art und Anteil der hergestellten Produkte, der z. T. dadurch bedingten unterschiedlichen Betriebswasserführung, der Produktionszeit, die bei Betrieben, welche z. B. Dicksaft einlagern oder Flüssigzucker herstellen, über die eigentliche Rübenkampagne hinausgeht, und durch die Art der Abwasserbehandlung.

### 2.1.1 **Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren**

Die Verarbeitungszeit der Rüben (Kampagne) erstreckt sich in der Regel von Ende September bis Mitte Dezember. Die Zuckerrüben werden bei der Ernte unterhalb des Blattansatzes geköpft (Entfernung von Kopf und Blättern) und gerodet. Zum Teil wird schon vor dem Transport in die Fabrik anhaftende Erde von den Rüben entfernt. Die weitere Verarbeitung zeigt Abbildung 1. In der Fabrik werden die Rüben unmittelbar oder nach Zwischenlagerung über Schwemmrinnen zur Verarbeitung transportiert. Nach einer Wäsche wird der Wurzelkörper in Schneidemaschinen durch rotierende Messer geschnitzelt. Aus den Rübenschnitzeln wird sodann in der Saftgewinnungsanlage der Zucker mit heißem Wasser im Gegenstrom extrahiert. Aus dem so gewonnenen Rohsaft wird bei der Saftreinigung der größte Teil der Nichtzuckerstoffe entfernt. Dies geschieht durch Alkalisieren mit Kalkmilch in mehreren Stufen und anschließendem Ausfällen des Calciums durch Einleiten von Carbonatationsgas (im wesentlichen Kohlendioxid). Hierbei fällt Carbonatationsschlamm an, der nach einer weitgehenden Entwässerung als Carbokalk verkauft wird.

**Siehe Anlage:** „Abb.1: Grundverfahrens-Schema der Zuckerherstellung verändert nach /2/“

Der filtrierte Dünnsaft hat einen Trockensubstanzgehalt von 15 bis 18 %. Er wird in einem mehrstufigen Prozeß zum Dicksaft mit einem Trockensubstanzgehalt von 68 bis 72 % eingedampft. Das verdampfte Wasser fällt als Kondensat an.

In der Kochstation kristallisiert der Zucker aus, anschließend werden mit Zentrifugen Zucker und anhaftender Muttersirup getrennt.

Der beim Zentrifugieren abgetrennte Muttersirup wird abermals auf Zucker verkocht, bis kein auskristallisierbarer Zucker mehr daraus gewonnen werden kann. Übrig bleibt die Melasse, ein Gemisch aus ca. 20 % Wasser, ca. 50 % Zucker und ca. 30 % stickstoffhaltigen Rübeninhaltsstoffen, das in der Hefe-, Alkohol- und Zitronensäureproduktion oder in der Futtermittelproduktion verwendet wird.

Zur Gewinnung einer höheren Reinheit wird der Zucker wieder aufgelöst und erneut kristallisiert. Dieser hochreine Zucker wird Raffinade genannt.

Der kristallisierte Zucker wird getrocknet, gesichtet, in Silos gelagert und in körniger Form oder weiter z. B. zu Würfeln, Flüssigzucker oder anderen Produkten verarbeitet.

### 2.1.2 **Herkunft des Abwassers**

Die Verarbeitung der Rüben ist sehr wasserintensiv. Für eine Tonne Zuckerrüben sind insgesamt etwa 15 m<sup>3</sup> Wasser erforderlich:

Schwemmwasser

5 - 8 m<sup>3</sup>/t

Waschwasser	1,5 - 2 m <sup>3</sup> /t
Fallwasser	4 - 6 m <sup>3</sup> /t
Frischwasser für die Saftgewinnung	0,3 - 0,4 m <sup>3</sup> /t
Kühl- und Sperrwasser	0,4 - 0,7 m <sup>3</sup> /t
<hr/>	
Insgesamt	11,2 - 17,1 m <sup>3</sup> /t

Durch Kreislaufführung kann der Abwasseranfall auf weniger als 1 m<sup>3</sup>/t gesenkt werden. Eine Übersicht über Anfallstellen, die externe Kreislaufführung und die Wieder- und Weiterverwendung des anfallenden Wassers gibt Abbildung 2. Bei der Zuckerherstellung lassen sich unterscheiden:

- organisch hoch belastetes Abwasser (Rübenschwemm- und -waschwasser, Erdtransportwasser aus den Erdteichen, z.T. Ionenaustauscherwasser aus der Dünnsaftenthärtung, Reinigungswasser und Überschußwasser aus der Wäsche von Schnitzeltrocknungsbrüden),
- organisch schwach belastetes Abwasser (Kondensate aus Carbonatation, Verdampferstation und Kochbrüden sowie Fallwasserüberschuß),
- gering oder nicht belastetes Sperr- und Kondensationswasser (Pumpensperr- und Kühlwasser sowie Kondensationswasser aus der Nachkondensation der Verkochung).

**Siehe Anlage:** „Abb. 2: Vereinfachtes Beispiel der Wasserwirtschaft einer Zuckerfabrik, verändert nach /2/“

### 2.1.3 Abwasseranfall und Abwasserbeschaffenheit

Eine Übersicht über die in Zuckerfabriken anfallenden Abwasserteilströme, ihre Belastung, ihre mögliche Weiterverwendung und ihre Behandlung gibt Tabelle 1.

**Siehe Anhang, Tabelle 1:** „Wasser- und Abwasserarten in der Zuckerindustrie verändert nach /3/“

#### 2.1.3.1 Erdtransportwasser sowie Rübenschwemm- und Rübenwaschwasser

Den angelieferten Rüben haften im Mittel 10 - 15 % erdige Bestandteile an. Unter schlechten Erntewetterverhältnissen (hohe Bodenfeuchtigkeit, Frostperioden) kann dieser Prozentsatz stark ansteigen. Beim Transport der Rüben über Schwemmrinnen zur Rübenwäsche nimmt das Schwemmwasser neben Rübenbruchstücken, Blattresten und Steinen, die über besondere Kraut- und Steinfänger entfernt werden, diese Erdreste auf. Der Schwemm- und Waschwasserkreislauf wird aus verschiedenen Gründen durch Kalkmilchzugabe alkalisch gehalten:

- Vermeidung von Geruchsemissionen

- Unterdrückung von Schaumbildung
- Vermeidung von Korrosion
- Unterdrückung von Zuckerverlusten
- bessere Absetzbarkeit der Erde

Aus diesem Kreislauf wird die Erde in Absetzanlagen abgetrennt (Sedimentation). Die abgesetzte Erde wird als sogenannter Erddickschlamm mit 18 bis 30 % Trockenmasse in Auf-landegelände aufgebracht. Das Wasser aus den Absetzanlagen wird zum Schwemmen und Waschen der Rüben wiederverwendet. Die den Rüben noch anhaftende Erde wird in einer Waschanlage (Trog-, Quirl- oder Trommelwäsche oder Vibrationsiebe) entfernt. Durch diese Kreislaufführung brauchen im Normalfall lediglich 0,3 bis 0,4 m<sup>3</sup> Zusatzwasser je Tonne Rüben bei der letzten Abbrausung der Rüben zugeführt werden. In Kampagnen mit stark verschmutzten Rüben muß ggf. mit erhöhtem Zusatzwassereinsatz und höherem Abwasseranfall gerechnet werden. Sedimentiertes Erdtransportwasser aus den Bodenabsetzteichen sowie überschüssiges Wasser aus dem Schwemm- und Waschwasserkreislauf werden der biologischen Reinigung zugeführt. Das Transportwasser weist einen CSB-Gehalt von 5 - 15 g/l und einen BSB<sub>5</sub>-Gehalt von 3 - 10 g/l auf, der durch Zucker, aus diesem entstehende organische Säuren sowie durch andere Zellbestandteile der Rübe verursacht wird. Je nach Einsatz von Fallwasser oder Kondensat als Zusatzwasser im Schwemm- und Waschwasserkreislauf können hier höhere Stickstoffgehalte auftreten.

Niederschlagswasser der befestigten Flächen des Fabrikgeländes kann durch Rübenbestandteile stärker verschmutzt sein. Es wird während der Kampagne dem Rübenschwemmwasser zugeführt.

### 2.1.3.2 Ionenaustauscherwasser

Ionenaustauscher werden vor allem eingesetzt zur Enthärtung von Dünnsäften (Austausch von Erdalkali- gegen Alkali-Ionen), um Inkrustationen beim Eindampfen des Saftes zu vermeiden, ferner zur Erhöhung der Zuckerausbeute durch Austausch der Alkali-Ionen gegen Magnesium-Ionen (sog. Quentin-Verfahren).

Weiterhin werden Ionenaustauscher bei der Herstellung von flüssigen Zuckern zur Entfärbung und Vollentsalzung der Zuckerlösungen und zur Invertierung (saure Spaltung) des Zuckers (Gewinnung von Invertzuckersirupen) eingesetzt. Das Abwasser der Invertzuckerherstellung hat eine CSB- bzw. BSB<sub>5</sub>-Konzentration von 6 bzw. 4 g/l und weist Chloridkonzentrationen von 3 - 4 g/l auf.

Das bei der Regeneration der Ionenaustauscher benötigte Wasser (z. B. 0,05 bis 0,08 m<sup>3</sup> je Tonne Rüben bei der Dünnsaftenthärtung und 0,07 - 0,13 m<sup>3</sup> je Tonne Rüben beim Quentin-Verfahren) fällt als Abwasser mit einem CSB-Gehalt von 3 bis 5 g/l an. Die organische Belastung wird hauptsächlich durch Zucker und lösliche Nichtzuckerstoffe verursacht. Durch die eingesetzten Regenerationsmittel erhält das Abwasser einen höheren Salzgehalt.

Zur Abtrennung von Saccharose aus Melasse und zur Trennung von Glucose/Fruktose-Gemischen werden vereinzelt spezielle Trennverfahren, wie z. B. chromatographische Verfahren, eingesetzt.

Zur Gewinnung von Flüssigzucker aus Melasse werden Zucker- und Nichtzuckerbestandteile durch Flüssigkeitschromatographie mit Wasser als Elutionsmittel nach dem Prinzip des Ionenausschlusses aufgetrennt. Dazu werden mit einwertigen Kationen beladene Kationenaustauscher-Harze eingesetzt, die die Eigenschaft haben, der Trennsäule zugeführte einwertige Kationen nicht aufzunehmen, während die Zuckerbestandteile gespeichert werden, so daß eine Fraktionierung stattfindet. Die Saccharosefraktion wird anschließend unter Einsatz von

Ionenaustauschern entfärbt und entmineralisiert. Bei der Ionenausschlußchromatographie fällt Abwasser mit einer CSB-Belastung von ca. 0,1 g/l an.

### **2.1.3.3 Reinigungswasser**

Reinigungswasser fällt in unregelmäßigen Zeitabständen und, insbesondere am Schluß der Kampagne, an unterschiedlichen Stellen der Zuckerfabrikation bei der Reinigung von Gefäßen, Verdampfern, Wärmetauschern usw. in der Größenordnung von 0,02 - 0,1 m<sup>3</sup> je t Rüben an. Die Inhaltsstoffe sind überwiegend organischer Art. Daneben können auch Neutralsalze aus den verwendeten Säuren und Laugen vorkommen. Das Reinigungswasser wird zusammen mit dem anderen hochbelasteten Abwasser aufbereitet.

### **2.1.3.4 Überschußwasser aus der Wäsche von Schnitzeltrocknungsbrüden**

Die Brüden aus der Schnitzeltrocknung werden in einigen Fabriken durch Gaswäscher geführt, in denen Staubteilchen mit Kreislaufwasser niedergeschlagen werden. Das Überschußwasser des Waschwasserkreislaufes (ca. 0,02 m<sup>3</sup> je t Rüben) hat eine CSB-Belastung von 1 bis 5 g/l.

### **2.1.3.5 Kondensatüberschuß (Restkondensate)**

Zuckerrüben bestehen zu ca. 76 % aus Wasser. Dieses Wasser wird bei der Zuckergewinnung größtenteils verdampft. Das Kondensat fällt in den einzelnen Stufen der Verdampfstation bzw. nach Nutzung der Brüden für verschiedene Heiz- und Anwärmzwecke an. Das Kondensat wird meist zur Extraktion benutzt, aber auch im Zuckerhaus und in einigen Fällen als Zusatzwasser im Schwemm- und Waschwasserkreislauf eingesetzt. Der nicht verwertbare Überschuß (Überschußkondensat) hat eine CSB-Konzentration von 200 - 400 mg/l, die zum größten Teil durch flüchtige organische Stoffe wie Alkohole verursacht wird. Außerdem enthalten Kondensate 50 bis 200 mg/l Ammonium-Stickstoff überwiegend aus der sich ergebenden Verseifung während der Saftreinigung mittels Kalkmilch und CO<sub>2</sub> des aus den Rüben stammenden Glutamins (stickstoffhaltiger Inhaltsstoff der Rübe).

Je nach Wiederverwendungsgrad des Kondensats fallen bei der Zuckerherstellung je Tonne Rüben 0,4 bis 0,6 m<sup>3</sup> Überschußkondensat an.

### **2.1.3.6 Fallwasserüberschuß**

Die Verdampfungskristallisation wird unter vermindertem Druck (100 - 250 mbar Unterdruck) bei Temperaturen von 65 - 80 °C durchgeführt. Hierzu werden die Kochbrüden mit Einspritzwasser niedergeschlagen. Das dabei entstehende Fallwasser weist eine Temperatur von 40 bis 55 °C auf und enthält wasserdampfllüchtige organische Stoffe.

Das Fallwasser wird in Kühltürmen oder Kühl- bzw. Verdüsungsteichen gekühlt. Hierbei verdunsten in Abhängigkeit von der Außentemperatur unterschiedlich große Wassermengen.

Das Fallwasser wird meistens im Kreislauf unter Zusatz von Kondensat zum Ausgleich der Verdunstungsverluste verwendet; überschüssiges Fallwasser wird biologisch gereinigt. Ein anderes Verfahren besteht darin, die Kondensation der Kochbrüden in eine Vorkondensation mit Wärmenutzung und eine Nachkondensation der restlichen Brüden aufzuteilen. Bei der Vorkondensation handelt es sich um einen Kreislauf mit Überschußkondensatanfall, die Nachkondensation erfolgt unter Einspritzung von Frischwasser im Durchlaufverfahren, wobei schwach belastetes Kondensationswasser anfällt. Das Überschußwasser der Vorkondensation enthält bis zu 90 % der Schmutzbelastung der Brüden. Dieser Teilstrom entspricht in seiner Zusammensetzung etwa den Restkondensaten und ist wie diese biologisch zu reinigen.

### **2.1.3.7 Sperr- und Kondensationswasser**

Sperrwasser fällt an verschiedenen Stellen der Zuckerfabrik an, wie bei den Kreisel- und Wasserringpumpen, die unkondensierbare Gase (z. B. Luft, Kohlendioxid) beim Kochprozeß absaugen. Ferner zählt hierzu das Fallwasser der Nachkondensation. Dieses ist kaum verunreinigt, kann aber über 40 °C warm sein. Es wird entweder zum Ergänzen der innerbetrieblichen Kreisläufe oder über Kühlanlagen als Kühlwasser wiederverwendet oder unmittelbar abgeleitet. Der Abwasseranfall je Tonne liegt bei 0,4 bis 0,7 m<sup>3</sup>. Bei der Wäsche des Kalkfengases zur Feststoffabtrennung fällt Waschwasser an (Waschwasser des Carbonatationsgases). Dieses Waschwasser enthält je nach Beschaffenheit der eingesetzten Rohstoffe Kalk in ungelöster Form und geringe Gehalte an Schwermetallen. Dieses Abwasser wird meist dem Schwemmwasser zugegeben.

## **2.2 Abwasservermeidungsverfahren und Abwasserbehandlungsverfahren**

### **2.2.1 Maßnahmen zur Abwasservermeidung**

Durch eine Vorabscheidung von Rübenerde auf dem Feld oder eine weitgehende Trockenerdeabscheidung in der Fabrik mit Rückführung auf die Felder kann der Abwasseranfall wesentlich reduziert werden.

Eine wesentliche innerbetriebliche Maßnahme ist die Einrichtung von Wasserkreisläufen.

Hierzu gehören:

- die Kreislaufführung des Rübenschwemm- und -waschwassers (Durch Feststoffabscheidung mittels Krautfänger wird die Belastung dieses Kreislaufwassers merkbar verringert)
- weitgehende Entwässerung der eingedickten Erde vor Auflandung und damit Erhöhung der rückführbaren Schwemm- und Waschwassermenge
- Wiederverwendung von Kondensaten z. B.
  - zur Extraktion der Schnitzel

- zur Rübenwäsche
- als Löse-, Deck- und Einziehwasser im Zuckerhaus- zur Regeneration von Ionenaustauschern
- zur Herstellung von Kalkmilch und als Absüßwasser- als Zusatzwasser bei Brüdenwaschanlagen

Bei Durchführung dieser Maßnahmen fallen nur noch  $0,4 - 0,6 \text{ m}^3$  Restkondensate je t Rüben an. Weiterhin können durch innerbetriebliche Kreislaufschließung und zwischengeschaltete Verfahrensschritte (z. B. Reinigung) bestimmte Abwasserteilströme vermieden werden.

Durch Verwendung von Preßfilterautomaten und Trockentransport des Carbokalkes gelingt es, den Anfall an Carbonatationsschlammtransportwasser zu vermeiden; Absüß- und Presswasser werden dabei in den Produktionsprozeß zurückgenommen.

Dadurch wird der Anfall an hochbelastetem Abwasser je Tonne Rüben auf  $0,4 - 0,8 \text{ m}^3$  reduziert. Eine erhöhte Abwasserbelastung durch gelöste organische Stoffe aus Rübenbruchstücken kann durch Verringerung von Fallhöhen und Vermeidung von Kanten im Transport- und Waschbereich vermieden werden.

### **2.2.2 Maßnahmen zur Abwasserbehandlung**

Das Abwasser der Zuckerfabriken hat bei  $\text{BSB}_5$ -Konzentrationen bis zu  $6.000 \text{ mg/l}$  und  $\text{CSB}$ -Konzentrationen bis zu  $10.000 \text{ mg/l}$  ein  $\text{BSB}_5/\text{CSB}$ -Verhältnis von etwa  $1 : 1,5$  und ist somit biologisch gut abbaubar. Das Abwasser hat einen verhältnismäßig hohen Stickstoffgehalt in Form von Aminosäure und Ammonium. Der Phosphorgehalt ist dagegen gering. Bei Belebungsanlagen ist ggf. eine Zudosierung erforderlich. Wegen in der Zuckerrübe enthaltener schwer abbaubarer Inhaltsstoffe wie Polysaccharide und Huminstoffe verbleibt im behandelten Abwasser ein höherer Rest-CSB als bei häuslichem Abwasser.

Im allgemeinen wird das Abwasser der Zuckerfabriken zweistufig behandelt.

#### **Zweistufige biologische Anlagen**

In der Zuckerindustrie haben sich in den letzten Jahren kombinierte Verfahren aus anaerober Vorbehandlung als erste Stufe und aerober Nachbehandlung durchgesetzt. Bei diesen Verfahren wird in der Regel eine Trennung des hochbelasteten von dem gering belasteten Abwasser vorgenommen. Dabei wird der Anaerobreaktor ausschließlich mit hochbelastetem Abwasser beschickt. Dadurch wird einerseits das Schlammrückhaltesystem entlastet und andererseits der Wirkungsgrad der Anlage erhöht. Das anaerob vorbehandelte Abwasser wird in der Regel zusammen mit den organisch gering belasteten Abwässern, die überwiegend aus Kondensatüberschüssen bestehen, in der Aerobstufe gemeinsam behandelt. Durch die anaerobe Vorbehandlung wird auch einer Blähschlamm- und Blähschlamm-Bildung entgegengewirkt. Entscheidend für diese Entwicklung waren der vergleichsweise geringe Energiebedarf, der geringe Überschußschlammfall sowie die Vermeidung von Gerüchen bei geschlossener Bauweise. Die Kohlenhydrate werden meist in Vorversäuerungsteichen mit  $1 - 3$  Tagen Aufenthaltszeit hydrolysiert. Ist die Hydrolyse vor Einlauf in den Methanreaktor nicht ausreichend, so ist der Einsatz von Ausgleichs- und Vorversäuerungstanks notwendig. Das Abwasser wird vor Einleitung in diese Tanks angewärmt.

Die Betriebstemperatur von  $30 - 37 \text{ °C}$  im Anaerobreaktor wird im Normalfall mit Abwärme aufrechterhalten. Der erwünschte pH-Bereich von  $6,8$  bis  $7,5$  stellt sich bei gut arbeitenden

Anlagen selbsttätig ein. Das gewonnene Biogas, das zu ca. 75 - 80 % aus Methan und zu 20 - 25 % aus Kohlendioxid besteht, wird zur Energiegewinnung genutzt.

Die Methangärung wird zur Teilreinigung des hochbelasteten Abwassers, vorzugsweise des Schwemm- und Waschwassers, eingesetzt. In der Regel wird ein CSB-Abbau von 80 - 90 %, in einzelnen Fällen auch bis 95 %, erreicht. Der BSB<sub>5</sub>-Abbau liegt zwischen 85 - 98 %. Die angewendeten Verfahren unterscheiden sich im wesentlichen durch die Art des Schlammrückhaltes sowie der Umwälzung des Tankinhaltes. Die CSB-Raumbelastungen liegen bei 5 bis 15 kg/m<sup>3</sup>.

Das Anfahren der Anaerob-Anlagen zum Kampagnebeginn bereitet im allgemeinen keine Schwierigkeiten. Zu Betriebsschwierigkeiten kann es kommen, wenn bei der Reinigung des gekalkten Schwemm- und Waschwassers im Methanreaktor verstärkt Kalk abgeschieden wird. In solchen Fällen empfiehlt sich bei durchmischten Reaktoren die Abtrennung der Calciumcarbonatpartikel vom Bakterien Schlamm mit Hilfe von Hydrozyklonen bzw. Zentrifugen.

In einem nachgeschalteten aeroben Verfahrensschritt wird das Abwasser einer Endreinigung unterzogen. Bei einer Schlammbelastung von unter 0,1 kg BSB<sub>5</sub>/kg TS · d werden Betriebswerte unter 250 mg/l CSB und 25 mg/l BSB<sub>5</sub> im Ablauf erreicht. Bei dieser geringen Schlammbelastung kann mit einer weitgehenden Nitrifikation des Ammonium-Stickstoffes (unter 10 mg/l NH<sub>4</sub>-N) gerechnet werden.

Die erforderliche Denitrifikation erfolgt mit gleicher Technologie wie im kommunalen Bereich. In einigen Fällen wurden höhere Nitritkonzentrationen festgestellt, deren Ursache noch näher erforscht werden muß.

### **Ammoniakstrippung / Biologische Reinigung**

Rüben enthalten 15 - 30 mol  $\alpha$ -Amino-Stickstoff je Tonne Rübe (entspricht 200 - 400 g Stickstoff). Der Hauptanteil des Ammoniums stammt aus Überschußkondensat.

Zur Entfernung des Ammoniums aus den Kondensaten kann auch eine Strippanlage betrieben werden. Bei Temperaturen von 40 - 70 °C und pH-Werten um 10 wurde der Ammoniumstickstoffgehalt dabei von rd. 130 mg/l auf etwa 2 mg/l verringert. Damit kann auf eine biologische Nitrifikation und Denitrifikation verzichtet werden. Das gestrippte Kondensat wird z. T. als Brauchwasser in der Fabrik wieder eingesetzt, das restliche Überschußkondensat wird der biologischen Reinigung in belüfteten Teichen zugeführt.

### **Abwasserstapelung / Teichverfahren**

Vereinzelt werden noch Abwasserstapelteiche eingesetzt.

Dem Verfahren stehen entgegen:

- der große Flächenbedarf für eine ausreichende Stickstoffelimination
- evtl. störender Geruch im Frühjahr/Frühsummer bei unbelüfteten Teichen
- unerwünschte Massenentwicklungen von Algen während der Vegetationsperiode
- bei ungenügender Dichtung Gefahr von Grundwasserverunreinigungen

Bei unbelüfteten Teichen wird das Abwasser in flache (max. 1,2 m) Erdbecken geleitet und dort der natürlichen Selbstreinigung überlassen.

Durch eine zusätzliche künstliche Belüftung wird die Reinigungsleistung von Stapel- bzw. Abwasserteichen verbessert.

## 2.3 Reststoffbehandlung und Reststoffverwertung

Bei der Zuckerherstellung entstehen als Nebenprodukte Futtermittel (z. B. Trockenschnitzel), Düngemittel (Karbokalk) und Melasse.

Die anfallenden Reststoffe können wie folgt verwertet werden:

- Erde:  
Sie wird direkt auf Gelände aufgelandet, das der Landwirtschaft wieder zur Verfügung gestellt wird, oder erst nach mehrjähriger Zwischenlagerung ausgefahren und auf Felder verbracht.
- Sand aus Sandklassierern des Schwemmwasserkreislaufes:  
Der abgeschiedene Sand wird auf landwirtschaftlich genutzte Böden zurückgebracht oder z. B. in der Bauindustrie oder im Wegebau wiederverwertet.
- Schlamm biologischer Kläranlagen:  
Er wird zusammen mit der Rübenerde landwirtschaftlich verwertet. Im Vergleich zur Rübenerde ist dieser Anteil unbedeutend (unter 1 %).
- Steine aus Steinefängern:  
Sie werden zur Straßenbefestigung verwendet.
- Kalksplitt und Asche des Kalkofens:  
Beim Brennen des Kalkes nicht umgesetzte Kalksteinreste (Kalksplitt) und die dort anfallende Asche werden im Wegebau verwendet.
- Rübenkleinteile:  
Im Schwemm- und Waschwasserkreislauf abgetrennte Rübenkleinteile und Krautreste werden entweder in die Schnitzeltrocknung geführt oder an die Landwirte abgegeben.

Soweit die Reststoffe nicht verwertet werden, sind sie gemäß den abfallrechtlichen Vorschriften zu entsorgen.

## 3 Auswahl der Parameter, für die Anforderungen zu stellen sind

### 3.1 Hinweise für die Auswahl der Parameter

Der **chemische Sauerstoffbedarf** (CSB) ist ein Maß für die chemisch oxidierbaren Inhaltsstoffe. Der CSB wurde aufgenommen, weil er als Summenparameter die Beurteilung der Abbauleistung der Abwasserbehandlungsanlage ermöglicht. Mit dem CSB werden auch die schwer abbaubaren organischen Stoffe erfaßt. Er ist ein für die Abwasserabgabe maßgebender Parameter.

Mit dem **biologischen Sauerstoffbedarf** (BSB<sub>5</sub>) werden die im Abwasser vorhandenen biologisch abbaubaren, organischen Inhaltsstoffe erfaßt. Der BSB<sub>5</sub> wurde aufgenommen, weil er ein geeigneter Summenparameter zur Beurteilung der biologischen Reinigungsleistung ist. Er ist ein Maß für die durch die Einleitung zu erwartende Sauerstoffzehrung im Gewässer.

**Ammonium-Stickstoff** ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) ist ein Pflanzennährstoff. Er wurde aufgenommen, weil er bei der Nitrifikation im Gewässer einen erheblichen Sauerstoffbedarf aufweist. Bei einer Erhöhung des pH-Wertes kann Ammoniak entstehen, das auf Wasserorganismen schädigend wirkt. Stickstoffverbindungen fördern als Nährstoffe das Algenwachstum und können neben Phosphor limitierender Faktor für die Eutrophierung werden.

**Stickstoff** (als Summe von Ammonium-, Nitrit- und Nitratstickstoff) wurde aufgenommen, weil er als Nährstoff das Algenwachstum fördert. Stickstoff kann neben Phosphor limitierender Faktor für die Eutrophierung werden. Er ist ein für die Abwasserabgabe maßgebender Parameter.

**Phosphor** ( $\text{P}_{\text{ges}}$ ) wurde aufgenommen, weil er als Pflanzennährstoff das Algenwachstum fördert. Phosphor ist in vielen Gewässern limitierender Faktor für die Eutrophierung. Er ist ein für die Abwasserabgabe maßgebender Parameter.

### **3.2 Hinweise für die Auswahl von Parameter, die gegebenenfalls im Einzelfall zusätzlich begrenzt werden sollen**

Im Einzelfall kann es erforderlich sein, weitere Parameter wie den pH-Wert und die Temperatur zu begrenzen.

## **4 Anforderungen an die Abwassereinleitungen**

### **4.1 Anforderungen nach § 7a WHG**

Siehe Anhang 18 zur Rahmen-Abwasserverwaltungsvorschrift.

Die in anderen Anhängen zur Rahmen-AbwasserVwV festgelegte Regelung, daß die Stickstoff-Überwachungswerte nur bei einer Abwassertemperatur von 12 °C und größer im Ablauf des biologischen Reaktors der Abwasserbehandlungsanlage gelten, wurde in Anhang 18 nicht aufgenommen, da

- im Ablauf des biologischen Reaktors während der Kampagne erfahrungsgemäß höhere Temperaturen als 12 °C vorliegen,
- bei Stapelung des Abwassers in Teichen diese erst abgelassen werden dürfen, wenn auch die Anforderungen für Stickstoff erfüllt sind.

Entsprechend den a.a.R.d.T. zur ordnungsgemäßen Behandlung des Abwassers in einer biologischen Kläranlage kann die Zudosierung von Phosphorverbindungen erforderlich sein; deshalb ist ein Wert für Gesamtphosphor von 2,0 mg/l festgelegt, der mit den vorhandenen Möglichkeiten der Meß- und Dosiertechnik eingehalten werden kann.

### **4.2 Weitergehende Anforderungen**

Wenn aus Gründen des Gewässerschutzes weitergehende Anforderungen an die Einleitung zu stellen sind, können durch geeignete Maßnahmen geringere Schadstofffrachten erreicht werden.

Dies können sein:

- weitere Einengung der Wasserkreisläufe und Verstärkung der sonstigen innerbetrieblichen Maßnahmen,
- Erweiterung der biologischen Anlage (z. B. durch Erhöhung des Schlammalters, Intensivierung des Sauerstoffeintrages, Immobilisierung des Belebtschlammes durch Schaffung oder Vergrößerung von Aufwuchsflächen),
- weitergehende Reinigung, wie z. B. Filtration, Biofiltration oder Flockungfiltration.

#### **4.3 Alternative anlagenbezogene Anforderungen und Überwachungsregeln**

keine

#### **4.4 Berücksichtigung internationaler und supranationaler Regelungen**

entfällt

### **5 Übergangsregelungen und -fristen (§ 7a Abs. 2 WHG)**

Soweit die Anforderungen noch nicht eingehalten sind, erscheint für die Errichtung bzw. Erweiterung betriebseigener Abwasserreinigungsanlagen unter Berücksichtigung der Planungs- und Ausführungsfristen ein Zeitraum bis zu fünf Jahren angemessen.

### **6 Hinweise zur Fortschreibung**

Eine Fortschreibung dieses Anhangs ist angezeigt, wenn die derzeit in Entwicklung befindlichen Technologien zur Stickstoffentfernung aus den Abwässern der Zuckerherstellung verwirklicht und optimiert wurden. Dies ist in etwa drei bis fünf Jahren zu erwarten.

### **7 Literatur**

- /1/ Arbeitsbericht der ATV-Arbeitsgruppe 2.6.1: "Verminderung und Bekämpfung von Blähschlamm und Schwimmschlamm "  
Korrespondenz Abwasser 35 (1988), Nr. 2, 152 - 164

- /2/ Arbeitsbericht der ATV-Arbeitsgruppe 7.2.3:  
"Abwasser aus Zuckerfabriken"  
Korrespondenz Abwasser 37 (1990), Nr. 3, 285 - 289
- /3/ Balkwitz W. J. und P. Fischer  
"Anaerobe Abwasserbehandlung mit integrierter Nitrifikation/Denitrifikation in der  
Zuckerfabrik Jülich"  
Zuckerindustrie 116 (1991), Nr. 3, 185 - 188
- /4/ Bode, H.:  
"Vergleich der kombinierten anaerob-aeroben mit der ausschließlich aeroben Behandlung  
von Zucker- und Pektinabwasser"  
gwf-wasser/abwasser 127 (1986), H. 3, 122 - 129
- /5/ Buchholz K. und D. Schliephake:  
"Über die Kampagne 1988 und neuere technische Entwicklungen"  
Zuckerindustrie 114, (1989), Nr. 4, 275 - 290
- /6/ Dankert, H.-J. und I. Pascik:  
"Anaerob-aerobe Behandlung von Abwässern aus der Zuckerherstellung. Ein neues  
Verfahren der Lehrter Zucker AG".  
Zuckerindustrie 108 (1983), Nr. 9, 847 - 852
- /7/ Duschek, O.:  
"Betriebserfahrungen mit der anaeroben Reinigung des Abwassers der Zuckerfabrik Enns"  
Wiener Mitteilungen - Wasser, Abwasser, Gewässer, Band 65, 1986
- /8/ Guttek, U.:  
"Reinigung von Zuckerfabriksabwasser - ein wichtiger Beitrag zum Umweltschutz"  
Lebensmittelindustrie 36 (1989), H. 6, 248 - 250
- /9/ Nähle, C.:  
"Stand der Abwasserreinigung in der Zuckerindustrie"  
Zuckerindustrie 114 (1989), Nr. 9, 703 - 705
- /10/ Nähle, C.:  
"Purification of Waste Water in Sugar Factories - Anaerobic an Aerobic Treatment, N-  
Elimination"  
Zuckerindustrie 115 (1990), Nr. 1, 27 - 32
- /11/ Nähle, C.:  
"Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Gesamt-P-Gehalt und  
Algenvorkommen in Teichwasserproben"  
Korrespondenz Abwasser 37 (1990), Nr. 4, 393 - 397
- /12/ Schiweck, H. und C. Nähle:  
"Eliminierung von Ammonium aus Kondensaten und Fallwasserüberschußwasser durch  
Ausstrippung mit Luft"  
Zuckerindustrie 115 (1990), Nr. 8, 639 - 647

/13/ Nähler, C.:

"Stickstoff-Eliminierung in Oxidationsteichen von Zuckerfabriken"  
KA 9/91 S. 1224 - 1229

## **8 Erarbeitung der Grundlagen**

Die Grundlagen für die Fortschreibung dieser Verwaltungsvorschrift wurden in der Zeit von Juli 1988 bis September 1990 in einem Gesprächskreis von Behördenvertretern unter Leitung von Herrn Dr. Grett (Amt für Land- und Wasserwirtschaft Kiel) erarbeitet.

Nur für den Dienstgebrauch

Art	Menge m <sup>3</sup> /t Rüben	spezifische Schmutzfracht kg CSB/t Rüben	Art der Belastung	Mögliche Weiterverwendung als	Behandlung
Erdtransportwasser, Überschuß an Schwemm- und Waschwasser	0,3 - 0,4	2 (-4)	Erde Org. Verunreinigungen	Brauchwasser für Schwemm- und Waschwasserkreislauf	Mechan. Klärung Biologische Reinigung
Ionenaustauscher- wasser	0,05 - 0,13	0,15 - 0,30	Wärme Neutralsalze Org. Verbindungen	-	Kühlung Biologische Reinigung
Reinigungswasser	ca. 0,02	<0,1	Neutralsalze Org. Verbindungen	-	Biologische Reinigung
Überschußwasser aus der Wäsche von Schnitzeltrocknungs- brüden	ca. 0,02	ca. 0,1	Staub Neutralsalze Org. Verbindungen	-	Mechan. Klärung Biologische Reinigung
Kondensatüberschuß	0,4 - 0,6	0,1 - 0,15	Wärme N-Verbindungen Org. Verbindungen	-Extraktionswasser -Auflösewasser u.a. Zwecke im Zuckerhaus -Rückspül- u. Regenerationswasser für Ionenaustauscher	Kühlung Biologische Reinigung
Fallwasserüberschuß	unterschiedl. je nach Verfahren	0,05 - 0,15	Wärme N-Verbindungen Org. Verbindungen	-Brauchwasser für Schwemm- u. Waschwasserkreislauf -Reinigungswasser	Kühlung Biologische Reinigung
Pumpensperr- und Kühlwasser	0,4 - 0,7		Wärme	-Brauchwasser für Schwemm- u. Waschwasserkreislauf -Reinigungswasser	Kühlung

CSB der abgesetzten Proben!

Tabelle 1: Wasser- und Abwasserarten in der Zuckerindustrie verändert nach /3/