

Ebeling, W. (1986): Betriebserfahrungen mit dem Wurzelraumverfahren. –
Schriftenr. WAR, 26: 31-49, 6 Abb., 1 Tab.; Darmstadt.

BETRIEBSERFAHRUNGEN MIT DEM WURZELRAUMVERFAHREN

W. Ebeling, Braunschweig

1. Allgemeines

Auf der Suche nach preiswerten und eigenständigen Lösungen für die Abwasserreinigung im ländlichen Bereich wird insbesondere von umweltbewußten Bürgern, Vereinigungen und Verbänden das Wurzelraumverfahren als Zukunftstechnologie oft euphorisch propagiert.

Dabei wird immer wieder auf die über 10 Jahre alten Erfahrungen mit der Pilotanlage Othfresen, deren Konzeption und wissenschaftliche Betreuung in den Händen Prof. Dr. Kickuths liegt, hingewiesen.

In den folgenden Ausführungen sollen die Erfahrungen aus Sicht der Wasserwirtschaft dargestellt werden.

Aussagekräftige Ergebnisse über die Abbauleistung der Anlage liegen erst aus jüngster Zeit, nämlich ab dem Jahre 1984, vor, da erst von da ab ein regelmäßiger Ablauf in den Vorfluter Innerste erfolgte.

Bis zum Jahre 1981 gab es überhaupt keinen Ablauf aus der Anlage, die sogenannten Ablaufwerte stammen aus einem Kontrollbrunnen bzw. einer Aufgrabung neben dem Brunnen. Die Ergebnisse zeigten durchweg sehr gute Werte hinsichtlich der biochemischen Parameter, aber auch hinsichtlich des Stickstoffabbaus.

Leider stellten sich ab meßbarem Ablauf in den Vorfluter diese Verhältnisse nur noch teilweise ein. So lagen die biochemischen Parameter BSB₅ und CSB nach wie vor im Bereich gut arbeitender konventioneller Kläranlagen, der vorher beobachtete Stickstoffabbau bestätigte sich allerdings nicht. Die ebenfalls propagierte Phosphatelimination durch Anlagerung an die Bodenkrume der Anlage konnte ebenfalls nicht bestätigt werden.

2. Theorie des Verfahrens

Die offensbare Diskrepanz zwischen den Messungen des Institutes für Ökochemie und auch des Wasserwirtschaftsamtes Braunschweig aus der Anfangszeit der Anlage zu den neueren Werten lassen sich nur durch das Verhalten des Mediums Wasser selbst in der Anlage erklären:

Die Theorie des Wurzelraumverfahrens geht davon aus, daß das Abwasser auf dem mit ca. 1 % geneigten, mit Schilf bepflanzten Gelände versickert und innerhalb des durchwurzelten Bodens entlang der etwa horizontal verlaufenden Wurzeln und in den Hohlräumen abgestorbener Wurzeln entsprechend dem Geländegefälle die Anlage durchfließt. Am Ende der Entsorgungstrecke wird es entweder in einem Graben oder einer Dränage gefaßt und in den Vorfluter abgeleitet.

Unterhalb der durchwurzelten Schicht ist daher ein undurchlässiger Bodenkörper oder auch eine künstliche Abdichtung erforderlich, um das Wasser am Versickern in das Grundwasser zu hindern.

Die Reinigung des Abwassers soll nicht unmittelbar durch das Schilf erfolgen, sondern durch Mikroorganismen im belebten Boden wie bei der klassischen Abwasserlandbehandlung. Im Gegensatz dazu ist es beim Wurzelraumverfahren jedoch erforderlich, Sauerstoff in den wassergesättigten Boden zu bringen und die schon erwähnten Wasserleitfähigkeiten herzustellen.

Beide Aufgaben werden dem Schilf übertragen, das über sein Luftleitgewebe zur Versorgung der eigenen Wurzeln mit Luftsauerstoff einen Überschuß an die im Wurzelbereich siedelnden aeroben Mikroorganismen abgeben soll. Damit sollen sich im Wurzelraum aerobe und im weiter von den Wurzeln entfernten Bereich anaerobe Verhältnisse einstellen, die über den üblichen Kohlenstoffabbau hinaus durch Nitrifikation und Denitrifikation eine Reduzierung der Stickstoffverbindungen zum elementaren Stickstoff bewirken sollen. Dieser soll dann gasförmig an die Atmosphäre abgegeben werden.

Aufgrund der hohen Verdunstungsleistungen des Schilfes soll außerdem eine erhebliche Reduzierung der Wassermengen erfolgen. Als Verdunstungsleistungen werden 1300 - 1800 mm pro Jahr angegeben.

3. Die Praxis in Othfresen

Würde das Verfahren so arbeiten, wie theoretisch beschrieben, und wären entsprechende Ablaufwerte tatsächlich zu verzeichnen, gäbe es keinen Grund, dem Verfahren kritisch gegenüberzustehen.

Leider sieht, wie eingangs erwähnt, die Praxis in Othfresen erheblich anders aus.

3.1 Betrieb bis 1984

Bis zum Jahr 1984 wurde das Abwasser nur durch einen Grobrechen gereinigt mittels Druckleitung über zwei alternativ betriebene 60 m lange Verteilrinnen in das Schilfgelände eingeleitet. Das Wasser sollte direkt unterhalb der Rinne innerhalb eines eingezäunten Lastbereiches von 50 x 60 m² versickern und im belebten Wurzelraum des Schilfes dem Geländegefälle folgend abfließen. Der überwiegende Teil der Gesamtfläche soll als Feuchtbiotop für den Naturschutz erhalten werden. Am tiefsten Punkt des Geländes wird das Wasser in einem Sammelbecken erfaßt und über ein Mönchbauwerk mit einstellbarer Wehrklappe in die Innerste eingeleitet. Es zeigte sich jedoch, daß das Wasser überwiegend oberflächlich und nicht im Wurzelraum des Schilfs die Anlage durchfließt.

3.2 Betrieb ab 1985

Im Herbst 1984 wurde die Anlage wie folgt umgebaut, da über die vorhandene Rinnenlänge von 2 x 60 m keine nennenswerte Einrieselung in den Wurzelraum des Schilfes erreicht werden konnte bei 20,5 ha Gesamtfläche, davon etwa 15 ha Feuchtfläche. Der Rest von etwa 5 ha liegt so hoch, daß er nur für die Ableitung des Niederschlagswassers

nutzbar ist. Das heißt, daß der Niederschlag auf die Gesamtfläche im Ablauf mit erfaßt wird. Bei im Mittel 700 mm beträgt dieser Anteil immerhin fast 50 % der Abwassermenge der 4.400 angeschlossenen EGW.

Der im Pumpwerk Ötthfresen vorhandene Rechen wurde gegen einen Feinstrechen ausgetauscht, auf dem Schilfgelände wurden anstelle der Verteilrinnen 2 Absetzteiche gebaut, deren Überläufe in einen 270 m langen ausgespiegelten Eiarieselungsgraben münden. Aus diesem Graben soll das Wasser über die schilfseitige Böschung in das auf 5 m³/EGW dimensionierte Schilfbeet einsickern.

Am Ende des ca. 1 % geneigten Schilfbeetes ist ein Sammelgraben angeordnet worden, der das vollgereinigte Wasser nach der Wurzelraumpassage wieder aufnehmen soll. Aus diesem Graben wird das Wasser mit einer Rohrleitung durch die Umwallung in das unbelastete Feuchtbiotop abgeleitet und nach Passage dieses Bereiches über das vorhandene Ableitungsbauwerk in die Innerste eingeleitet.

Gesicherte Zulaufmengen beim Abwasser liegen erst seit 1985 vor, da mit dem Umbau auch eine induktive Mengenmessung eingebaut worden ist. Bis dahin wurden die Wassermengen über die Pumpenlaufzeiten in Ötthfresen ermittelt, wobei beim Betrieb von 2 Pumpen auf eine Leitung erheblich überhöhte Zuflüsse errechnet worden sind. Die in den Jahren ab 1981 veröffentlichten Monatssummen von bis zu 60.000 m³ konnten 1985 nicht bestätigt werden. Nach Messung liegen die Zuflüsse maximal bei 30.000 m³/Monat. Die aus den Zahlen der Vorjahre errechnete hydraulische Überlastung der Anlage ist damit unzutreffend.

Nach dem Umbau stand für die Beurteilung des Verfahrens eine Qualitätsmeßstelle ab Ablauf des Schilfbeetes zur Verfügung. Die Ergebnisse der staatlichen Überwachung als auch die Daten der Eigenkontrolle der Gemeinde zeigen, daß im Schilfbeet bisher eine vollbiologische Reinigung der Abwässer nicht erreicht wird.

Nur am Ablauf in die Innerste sind gleich gute Werte wie in den Vorjahren zu verzeichnen. Hier stehen allerdings 15 ha Feucht- und Wasserfläche für die Reinigung des Abwassers zur Verfügung, was etwa $34 \text{ m}^2/\text{EGW}$ entspricht. Diese Verhältnisse sind als Bemessungsgrundlage für andere Anlagen nicht übertragbar, zumal die Reinigung entgegen den propagierten Leistungen nur den Kohlenstoffabbau umfaßt.

3.3 Abbauleistungen der Anlage

Wie eingangs erwähnt, wurden die amtlichen Ablaufwerte der Anlage aus einem Peilrohr bzw. einer Aufgrabung direkt daneben etwa 100 m von der südlichen Verteilrinne entfernt entnommen, da bis zum Herbst 1981 kein Ablauf in den Vorfluter existierte. Die BSB_5 -Werte lagen immer unter 20 mg/l und im Mittel der Jahre 1975 bis 1982 bei 11 mg/l .

Auch die $\text{NH}_4\text{-N}$ -Werte zeigten eine sehr weitgehende Abwasserreinigung an, da der höchste Wert noch unter 10 mg/l lag und das Mittel bei $2,8 \text{ mg/l}$.

Diese Werte verschoben sich insbesondere durch die Probenahme am Ablauf im Jahre 1984. Während der BSB_5 noch im Mittel bei $12,6 \text{ mg/l}$ lag, war eine deutlich höhere $\text{NH}_4\text{-N}$ -Konzentration zu beobachten, die unter Einschluß des verdünnenden Regenwassers im Mittel bei $18,2 \text{ mg/l}$ lag. Trotz der Überdimensionierung der Gesamtanlage nitrifizierte die Anlage nicht.

Nach dem Umbau im Herbst 1984 konnten ab 1985 erstmalig Abflüsse aus dem auf $5 \text{ m}^2/\text{EGW}$ dimensionierten Schilfbeet analysiert werden. Nun zeigte sich, daß auch der BSB_5 im Mittel nur noch bei $71,4 \text{ mg/l}$ lag, unter Berücksichtigung der Werte aus der Eigenkontrolle im Mittel auch nur Werte um die 50 mg/l erreichte. Die $\text{NH}_4\text{-N}$ -Werte lagen mit $26,0 \text{ mg/l}$ gleich denen, die an der Meßstelle Ablauf Absetzteich gemessen wurden.

Es muß damit festgestellt werden, daß das Schilfbeet trotz des über 10 Jahre ans Abwasser adaptierten Schilfes bisher weder eine ausreichende biologische Reinigung erbringt und daß eine Nitrifikation überhaupt nicht stattfindet.

Die Phosphatwerte, die ebenfalls ab Umbau der Anlage regelmäßig monatlich mit untersucht werden, zeigen ebenfalls keine P-Elimination an, da die Werte an allen Meßstellen zwischen 4 und 9 mg/l P schwanken.

4. Hydraulische Mängel der Anlage

Die Theorie des Wurzelraumverfahrens kann nur in die Praxis umgesetzt werden, wenn das Abwasser tatsächlich den vorgeschriebenen Weg durch den Untergrund einschlägt und das Schilf in der Lage ist, zu allen Jahreszeiten den für den Abbau der Abwasserinhaltsstoffe notwendigen Sauerstoff zu liefern.

Beide Voraussetzungen müssen angezweifelt werden, wobei die zweite Voraussetzung erst dann zum Tragen kommt, wenn die erste erfüllt ist. Diese Problematik soll hier nicht weiter betrachtet werden.

Aufgrund von mehrjährigen Erfahrungen mit der Anlage müssen erhebliche Zweifel angemeldet werden, daß das Wasser überhaupt zu einer nennenswerten etwa horizontalen Fließbewegung im Wurzelraum veranlaßt werden kann.

Folgende Beobachtungen lassen den Schluß zu, daß die Theorie nicht haltbar ist:

1. Bereits 1975 wurde vom Wasserwirtschaftsamt Braunschweig festgestellt, daß das Wasser die Anlage mindestens teilweise oberflächlich durchfließt und daß sich im Schilf wasserführende Rinnale dem Geländegefälle folgend gebildet hatten.

2. Im Jahre 1983 waren Rinnen im Schilf bis ca. 10 m vor das innerhin 450 m vom Zulauf entfernte Ablaufbecken entstanden. Infolge anhaltender Trockenheit erfolgte kein Ablauf aus der Anlage, der Wasserspiegel im Sammelbecken vor dem Ablauf war ca. 0,5 m unter die Wehrkante bzw. unter das Geländeniveau abgesunken. Trotzdem floß das Wasser in Rinnen auf der Oberfläche ab und versickerte nicht auf dem langen Fließweg. Die Qualität wies eindeutig Abwassercharakter auf.
3. Im Frühjahr 1984 wurde ein Färbeversuch auf der Anlage durchgeführt, der den spontanen Nachweis erbrachte, daß das Wasser innerhalb von 0,5 h etwa 50 m weit und nach ca. 2 h ca. 100 m weit im Gelände oberflächlich abgeflossen war. Der Ablauf in den Vorfluter wurde nach 9 Tagen erreicht, das angefärbte Wasser floß etwa 14 Tage lang ab. Der gleichzeitig mit beprobte, als sogenannter Ablauf dienende Peilbrunnen zeigte während der ganzen Zeit keine Färbung, obwohl das Abwasser im Bogen um den Brunnen herumgeflossen war.
4. Während der Probenahme aus dem Peilbrunnen wurde festgestellt, daß der Wasserspiegel durch die tägliche Probenahme unter den umgebenden Wasserspiegel außerhalb des Rohres absank. Der ca. 1,5 m tiefe Brunnen im Durchmesser DN 200 konnte mühelos leer-geschöpft werden, ein Anstieg des Wassers im Rohr konnte erst nach Tagen wieder beobachtet werden.
5. Im Herbst 1984 wurde die Anlage umgebaut. Zu diesem Zwecke sollte der Wasserspiegel im gesamten Teichgelände abgesenkt werden, um die Tiefbauarbeiten im Trockenen durchführen zu können. Das Öffnen des Grundablasses im Sammelbecken vor dem Ablauf und die Absenkung des Wasserspiegels dort um 1,5 m bewirkte jedoch keinerlei Wasserspiegelsenkung im Schilfgelände, nicht einmal in unmittelbarer Umgebung dieses Sammelbeckens.

Über Monate konnte beobachtet werden, wie das Abwasser von der schilfbewachsenen Böschungskante in das Becken abstürzte. Die freigelegten Böschungsflächen des in Erdbauweise hergestellten Sammelbeckens zeigten keine meßbaren Wasseraustritte aus dem Bereich des Wurzelhorizontes.

6. Im Zuge der Baumaßnahmen wurde hinter der südlichen der beiden Zulauftrinnen in das Gelände ein Absetzbecken in Erdbauweise von 2,5 m Tiefe ausgebaggert. Obwohl der Wasserspiegel etwa in Geländehöhe liegt und das Schilf 10 Jahre an das Abwasser adaptiert war, blieb das Becken trocken. Ein Wasserzutritt aus dem Wurzelhorizont des Schilfes konnte über Wochen nicht beobachtet werden.

7. Zur Verbesserung der Einsickerung in den Wurzelraum wurde im Zuge der gleichen Umbaumaßnahmen ein 270 m langer Graben gebaggert, der als Ersatz für die als zu klein erachteten 2 x 60 m langen Verteiltrinnen gedacht ist. Obwohl beim Herstellen die Schilfwurzeln und alten Wurzelgänge auf ganzer Länge des Grabens angeschnitten worden sind, versickert das Abwasser weiterhin nicht, sondern läuft im Tiefpunkt des Geländes oberflächlich auf kürzestem Wege durch das inzwischen auf 5 m³/EGW dimensionierte Schilfbeet.

8. Zur Abgrenzung des Lastbereiches, also des dimensionierten Schilfbeetes, ist eine Verwallung entgegen den Regeln der Technik auf dem Schilf gegründet und aufgeschüttet worden und auf beiden Seiten der Verwallung sind zusätzlich Gräben im durchwurzelten Boden ausgehoben worden, wobei das dabei gewonnene durchwurzelte Bodenmaterial für die Dammschüttung verwendet wurde.

Das Wasser wird durch ein Mönchbauwerk aus dem belasteten Schilfbeet abgeleitet. Der Stau betrug bis zu 0,4 m. Nennenswerte Sickerverluste durch den Wurzelhorizont des Schilfes von Gräben zu Gräben traten nicht auf. Der Damm einschließlich des schilfdurchwachsenen Untergrundes ist praktisch undurchlässig trotz des 10 Jahre ans Abwasser adaptierten Schilfes.

9. Nach ersten Qualitätsmessungen vor und nach dem Schilfbeet ist keine ausreichende Reinigungsleistung nachweisbar, nur am Auslauf in den Vorfluter ergeben sich weiterhin ähnliche Verhältnisse wie im Vorjahr vor dem Umbau.

5. Weitere Mängel

Neben den mit der Wurzelraumtheorie untrennbaren Dingen hat die Anlage Mängel, die allerdings durch Umbau veränderbar sind, wie die oft bemängelte Geruchsentwicklung durch den frei an der Luft ausfaulenden Primärschlamm, die Verbreitung von Krankheitskeimen durch Vögel und Insekten und die unmöglichen Arbeitsbedingungen für das Personal hinsichtlich der Räumung des Primärschlammes.

Hinzu kommt die lange Einfahrzeit solcher Anlagen, die mit bis zu 3 Jahren angegeben wird und die völlig ungesicherte Betriebsweise im Winter.

Wurzelraumanlagen sind betrieblich nicht steuerbar, beim Absterben des Schilfes muß mit mehrjährigen Regenerationszeiten gerechnet werden.

Im Winter läßt die Reinigungsleistung der Anlage selbst an der Meßstelle Einleitung in den Vorfluter nach, neben einem Anstieg der biochemischen Parameter ist der gesamte Ablaufbereich mit Schwefelbakterien dicht belegt und das Wasser ist noch fäulnisfähig.

Finanziell liegt in einer Wurzelraumanlage kein Vorteil für den Betreiber, da solche Anlagen ohne ausreichende Betriebssicherheit schon in der Herstellung teurer sind als vergleichsweise problemlose Oxidationsteichanlagen. So sind in Othfresen dem eigentlichen Schilfbeet noch ein automatischer Feinstreichen und ein Absetzbecken vorgeschaltet worden. Die erforderliche Schilffläche beträgt immer noch 5 m²/Einwohner bei reinem häuslichen Abwasser und Ableitung im Trennverfahren.

6. Zusammenfassung

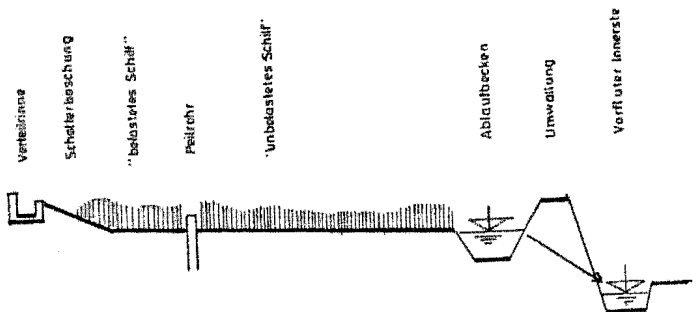
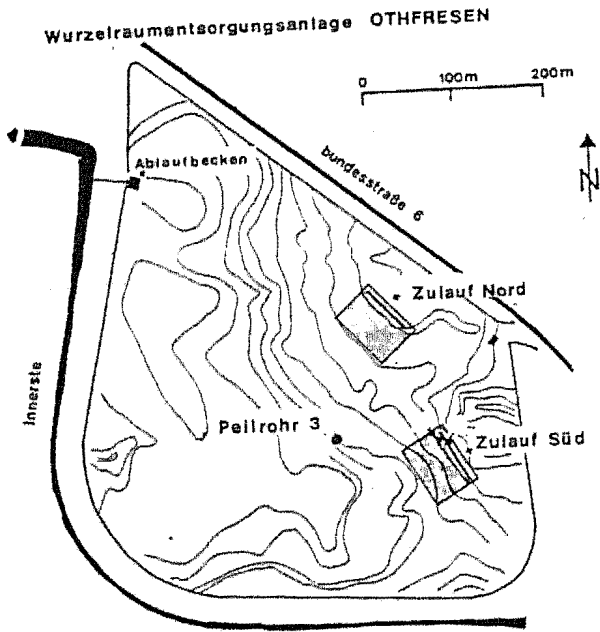
Die mit der inzwischen 10 Jahre alten Wurzelraumkläranlage Othfresen gemachten Erfahrungen lassen den Schluß zu, daß zumindest im humiden Klima Mitteleuropas und bei bindigem Boden im Schilfbeet und einer Bemessung auf 2 - 5 m³/Einwohner keine ausreichenden Reinigungsergebnisse zu erwarten sind. Es konnte bisher nur beobachtet werden, daß der überwiegende Teil des Abwassers oberirdisch und nicht durch den Wurzelraum des Schilfes abfließt.

Wenn Wurzelraumkläranlagen mit Wasserüberstau betrieben werden, wirken sie wie bewährte Oxidationsteiche. Die durch das Schilf bedingte geringere Sauerstoffaufnahme über die Grenzfläche Luft - Wasser wird jedoch zu schlechterer Sauerstoffversorgung führen als bei Anlagen ohne Schilf mit ungehindertem Luft- und Lichtzutritt über die Wasseroberfläche.

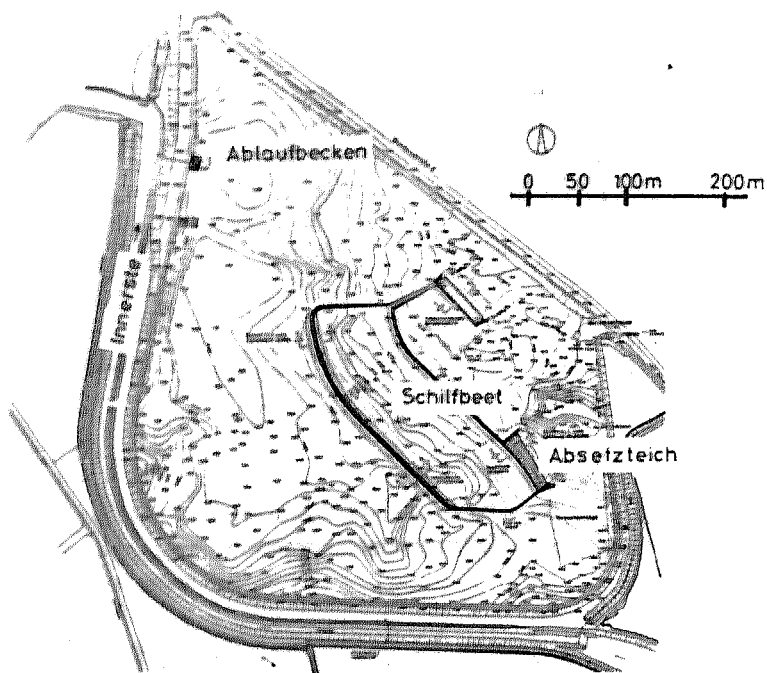
Wenn das Wasser nicht durch den Wurzelhorizont abfließt, bleiben auch die propagierten Reinigungsleistungen hinsichtlich Stickstoff und Phosphor reine Theorie.

Im Winterbetrieb hat sich gezeigt, daß das in den Vorfluter abgegebene Wasser trotz der Überdimensionierung der Anlage noch stark fäulnisfähig ist und sich dichte Beläge von Schwefelbakterien im Ablaufbereich bilden.

Endgültige Aussagen über den tatsächlichen Wirkungsgrad werden spätestens in 3 Jahren vorliegen, wenn die Anlage als endgültig eingearbeitet angesehen werden muß.

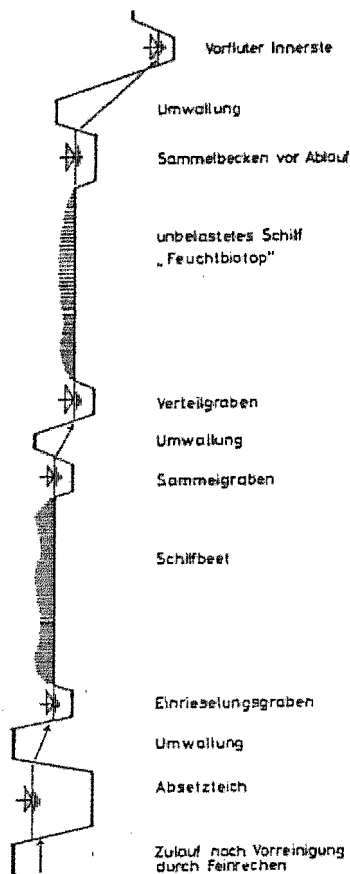


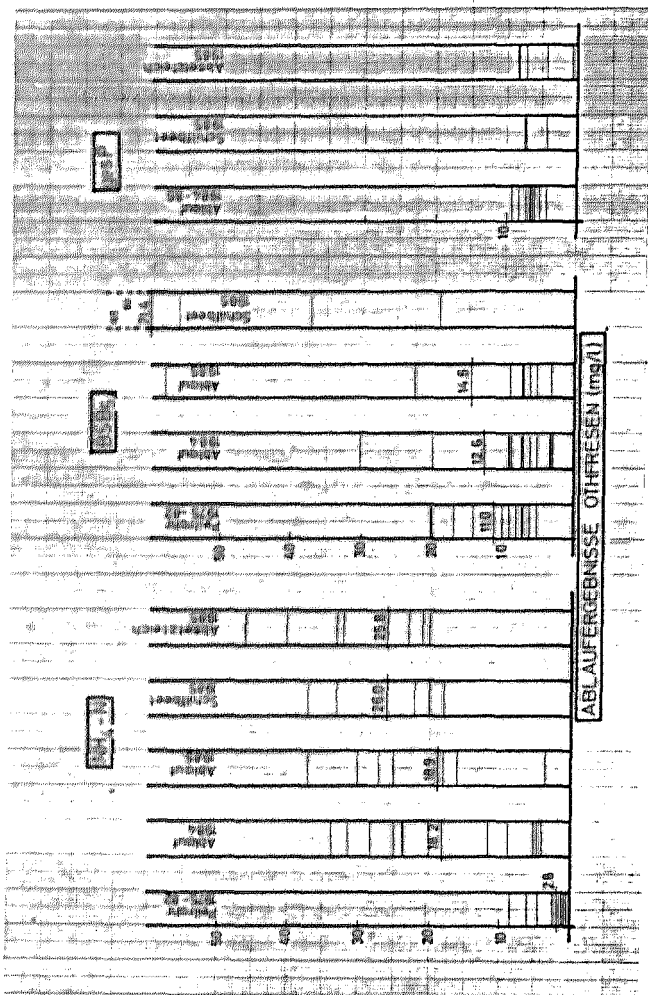
Lageplan und
Abwasserfließbild vor dem Umbau der Anlage

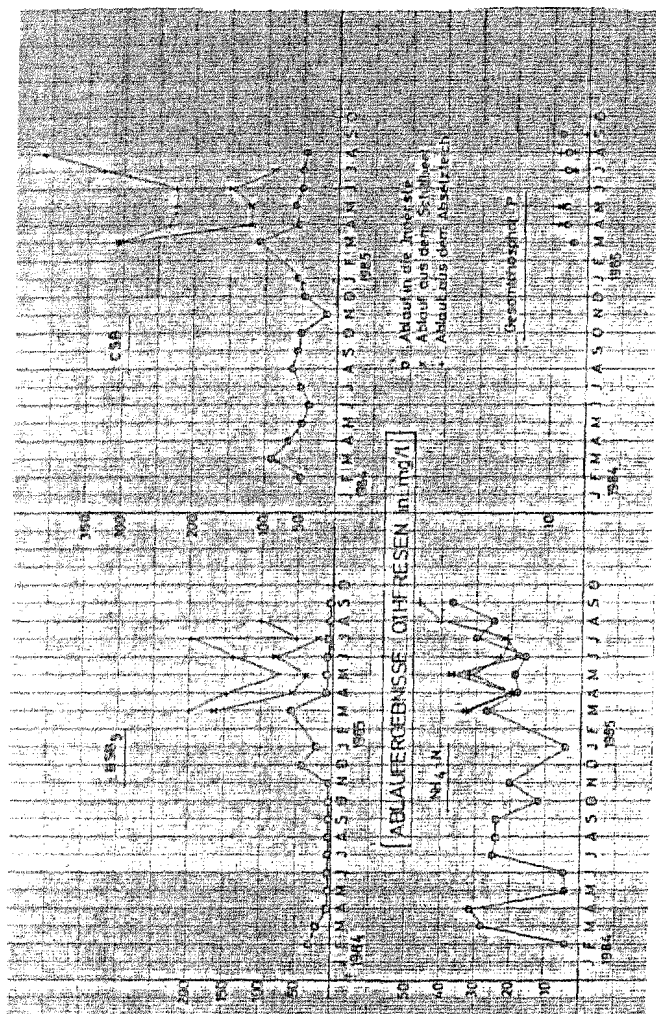


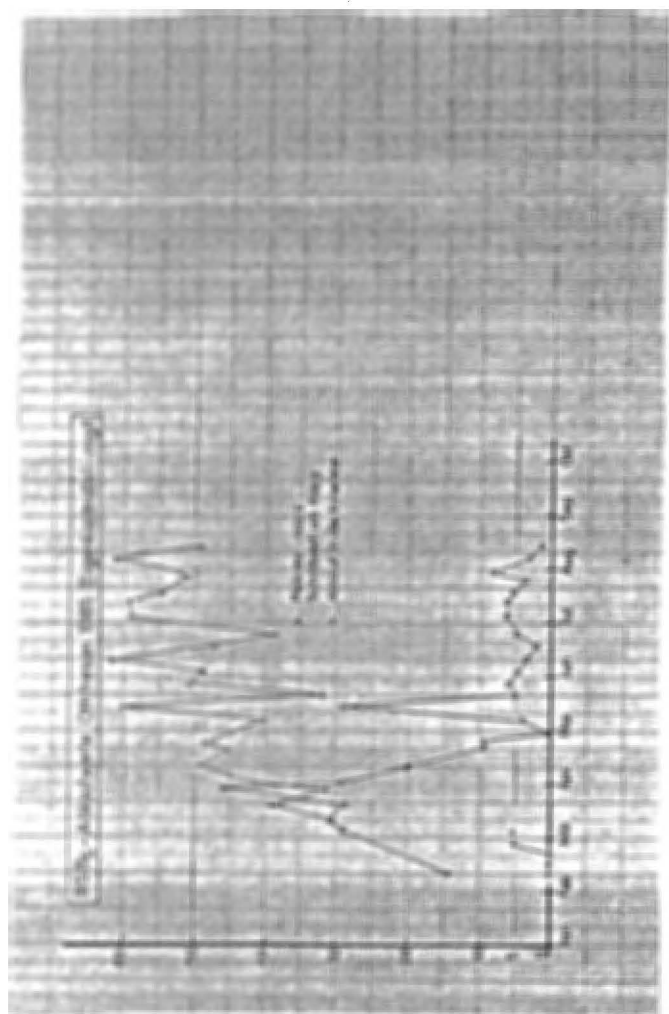
Wurzelraumkläranlage OTHFRESEN
Lageplan nach Umbau 1984

ABWASSERFLIEßBILD WURZELRAUMANLAGE OTHRESEN









Entsorgungsleistungen Othfresen im Vergleich ohne
Berücksichtigung von Verdunstung und Niederschlag

Messung:	Prof. Kickuth 1977 aus Jahresbericht 3.000 EGV	Gemeinde/WMA Göttingen 1985 4.400 EGV
Jährliche Wassermenge		
Zulauf	87.759 m³	337.996 m³ (aus 8 Monaten)
BSB ₅ Zulauf	510 mg/l	150 mg/l
BSB ₅ Ablauf	10 mg/l	10 mg/l
NI ₄ -N Zulauf		25,8 mg/l
Gesamt-N Zulauf	77,5 mg/l	
NI ₄ -N Ablauf		18,9 mg/l
Gesamt-N Ablauf	0 mg/l	
Entsorgungsleistung	(510 - 10) x 87.759 = 43.879	(150 - 10) x 337.996 = 47.319
BSB ₅ (kg/a)	bei 0,54 ha Fläche: 81.259 kg/ (ha x a)	bei 15 ha Fläche: 3.154 kg/ (ha x a)
Entsorgungsleistung		
N (kg/a)	(77,5 - 0) x 87.759 = 6.801	(25,8 - 18,9) x 337.996 = 2.332
	bei 0,54 ha Fläche: 12.595 kg/ (ha x a)	bei 15 ha Fläche: 155 kg/ (ha x a)

Literaturverzeichnis

- (1) Kickuth, R.
Klages, F. W.: Gutachten zur Einleitung von Abwässern der Gemeinde Othfresen in den ehemaligen Klärteich der Grube Ida Universität Göttingen, 1971
- (2) Kickuth, R.: Jahresberichte zum Modellprojekt Othfresen
Göttingen 1974 - 1977
Kassel 1978 - 1983
- (3) Gemen, R. L.: Stickstoffmetabolik in einem abwasserbelasteten Feuchtbiotop - am Beispiel des Entsorgungsprojektes Othfresen
Kassel 1981
- (4) Kopp, R.: Das Verfahren der Wurzelraumentsorgung - Eine Alternative zur konventionellen Klärtechnik
Hannover 1982
- (5) Kickuth, R.: Das Wurzelraumverfahren - ein kostengünstiges Klärverfahren für den dezentralen Einsatz in Kommunen und Gewerbe
Der Tropenlandwirt 1982
- (6) Kickuth, R.: Einige Dimensionierungsgrundsätze für das Wurzelraumverfahren
Hamburger Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft 1983
- (7) Karpas, U.: Wurzelraumentsorgung - Untersuchung eines nicht konventionellen Klärverfahrens anhand einiger Mikroorganismen
Göttingen 1980
- (8) Braun, E.: Abwasserreinigung mit den Kräften der Natur
Darmstädter Echo 1981
- (9) Utz, R.: Wie es zum "Entsorgungsprojekt Othfresen" kam
Beiträge zur chemischen Kommunikation in Bio- und Ökosystemen 1978
- (10) Bucksteeg, K.
Schleypen, P.: Abwasserreinigung in unbelüfteten Teichen und in Pflanzenkläranlagen
15. Essener Tagung Aachen 1983

- (11) Deutscher Bundestag Abwasserbeseitigung im ländlichen
10. Wahlperiode Raum
Drucksache 10/1257 vom 09.04.1984
- (12) Bönsch, B.: Wurzelraum-Kläranlagen nach Kickuth
Spenge-Wallenbrück 1984
- (13) Geiler, N.: Wurzelraumverfahren
Eine Alternative für den ländlichen
Raum
Handelsblatt 24.04.1985

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. Winfried Ebeling
c/o Bezirksregierung Braunschweig
Bohlweg 38
3300 Braunschweig