

Erfahrungen mit dem Paques-UASB-System bei der anaeroben Reinigung von Abwasser der Papierindustrie: Die Anlage von Industriewater Eerbeek B.V.

L. H. A. Habets¹, C. W. M. Paasschens², N. Berlenbach³

Zusammenfassung

Dieser Aufsatz beschreibt die ungewöhnliche rechtliche Situation einer Kläranlage bei der Firma Industriewater Eerbeek B.V. in Holland. Diese Anlage behandelt die Abwässer von drei getrennten Papierfabriken mit einer Gesamtproduktion von circa 300 000 t jährlich. Im Jahr 1985 wurde ein Anaerobreaktor – UASB-System – errichtet, um die zunehmenden BSB-/CS₃-Frachten behandeln zu können. Dieser Bericht, der die Ergebnisse der Reinigung im ersten Betriebsjahr beschreibt, zeigt nochmals, daß die Kombination von anaerob und aerob zu außergewöhnlich guten Betriebsergebnissen führt.

1. Einleitung

Die anaerobe Behandlung von Abwasser der Papierindustrie ist nunmehr eine erprobte Technologie. Ein großer Teil der Entwicklungsarbeit wurde in den Niederlanden geleistet, wo nunmehr vier Großanlagen in der Papierindustrie arbeiten. Die neueste davon wurde bei Industriewater Eerbeek B.V., einer Firma in Privatbesitz, errichtet, die ausschließlich für die Behandlung des Abwassers von einigen Papierfabriken verantwortlich ist. Weiterhin wurden ähnliche Anlagen bei C. Davidson & Sons in Aberdeen, Schottland, und bei Tillmann, Zülpich, Deutschland, gebaut. Des weiteren befinden sich die Anlagen von Emin-Leydier, Frankreich, Mayr-Melnhof, Österreich, Lake Utopia, Kanada und MacMillan Bloedel, Kanada, in der Bauphase. Die Aufgabe dieses Berichtes ist nun, anhand der Anlage Industriewater Eerbeek B.V. (Bild 1) die Entwicklung, die zum Bau der Anaerob-

stufe führte, aufzuzeigen, sowie die Ergebnisse des ersten Betriebsjahres dieser Anlage vorzustellen.

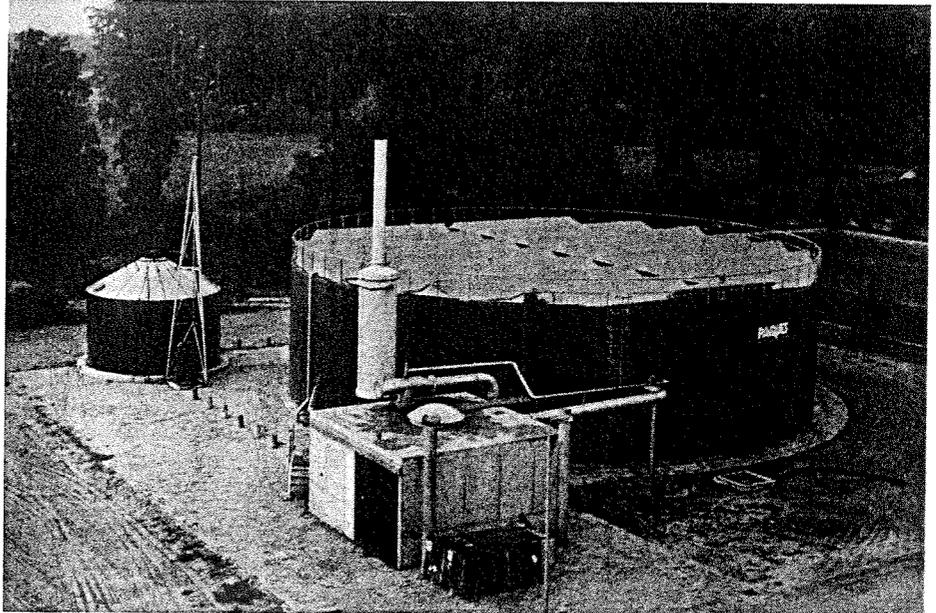
2. Entwicklung der Abwasserbehandlung bei Industriewater Eerbeek B.V.

Die Entwicklung begann in den 60er Jahren zu einer Zeit, in der für die Abgabe von Abwasser in die Umgebung keine Abgaben bekannt waren. Vier Papierindustrien in der Stadt Eerbeek, zwischen Apeldoorn und Arnhem, kamen überein, eine gemeinsame Abwasserreinigungsanlage zu bauen und die Betriebskosten aufgrund ihres jeweiligen An-

teils an der totalen Reinigungskapazität zu teilen. In den 70er Jahren bestand die Anlage aus einer konventionellen Abfolge von den Teilprozessen: Vorklärbecken, gefolgt von aerober Belebtschlammanlage und mechanischer Schlammwässerung.

Obwohl eine der beteiligten Fabriken ihren Betrieb im Jahre 1980 einstellte, nahm die Konzentration der Schmutzstoffe im Rohabwasser im Laufe der Jahre ständig zu. Im Jahr 1984 wurde es deshalb notwendig, den günstigsten Weg zur Steigerung der Kapazität der biologischen Anlage zu finden. Auf-

Bild 1: Ansicht der Anlage in Eerbeek.



¹L. H. A. Habets, Paques B.V., ²C. W. M. Paasschens, Industriewater Eerbeek B.V., ³N. Berlenbach, Passavant-Werke AG.

grund des Erfolges der Anaerobtechnologie bei Roermond Papier wurden umfangreiche Labor- und Pilotversuche in Eerbeek durchgeführt. Diese Versuche zeigten, daß die anaerobe Vorbehandlung aufgrund der im folgenden aufgeführten Vorteile die geeignetste Methode der Abwasservorbehandlung ist:

- ▷ relativ geringe Investitionskosten,
- ▷ Verringerung der Betriebskosten der Gesamtanlage,
- ▷ geringer Platzbedarf.

Im Jahr 1985 wurde deshalb eine anaerobe Großanlage errichtet.

3. Abwassercharakteristika

Das Rohabwasser bei Industriewater Eerbeek B.V. besteht aus den Abläufen von drei Papierfabriken mit den Charakteristika nach Tabelle 1. Die Fabrik De Hoop, zu Reed International gehörend, produziert 200 000 t corrugated Medium und Testliner jährlich aus Altpapier und ist die Hauptquelle der BSB₅/CSB-Fracht. KNP Vouwkarton produziert 75 000 t pro Jahr Faltschachtelkarton aus Zellstoff und ist die Hauptquelle des Sulfates, obwohl sie nur weniger als 20 Prozent der CSB-Fracht beibringt. Die dritte Fabrik Coldenhove produziert 12 000 t Umschlagpapier usw. jährlich und bildet nur einen kleineren Anteil an der gesamten Abwasserfracht.

4. Beschreibung der derzeitigen Anlage

Der Lageplan der Anlage bei Industriewater Eerbeek B.V. ist in Bild 2 gezeigt. Die drei Abwasserströme gelangen durch getrennte Leitungen in einen Sammelschacht, aus dem das Gesamtabwasser durch Schraubepumpen durch ein rotierendes Sieb zur Abtrennung der Feststoffe in das Vorklärbecken gefördert wird – Oberfläche = 1100 m². Dieses Vorklärbecken war ursprünglich zur Behandlung einer viel größeren Abwassermenge, als sie heute vorliegt, errichtet worden. Um die Entstehung von Geruchsstoffen durch die nunmehr lange hydraulische Aufenthaltszeit zu vermeiden, wird vor dem Becken reiner Sauerstoff zugegeben. Das abgesetzte Abwasser, das bisher direkt in die Belebungsbecken geflossen ist, fließt nun in den „Upflow - Anaerobic - Sludge - Blanket“-Reaktor, nachdem Nährstoffe – Harnstoff und Phosphorsäure – zugegeben wurden. Wenn die Wassermenge ein gewisses Maß überschreitet, wird sie entweder in ein Ausgleichsbecken geleitet oder gelangt direkt in das Belebungsbecken. Der UASB-Reaktor hat ein Volumen von 2200 m³, das eine hydraulische Aufenthaltszeit von circa 4½ Stunden ergibt. Im Reaktor werden die gelösten organischen Bestandteile hauptsächlich in Biogas – eine Mischung aus Methan und

| Fabrik | Abwassermenge (m ³ d ⁻¹) | CSB gelöst | | BSB ₅ gelöst | | Sulfat mg SO ₄ l ⁻¹ |
|------------|---|--------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|---|
| | | mg l ⁻¹ | t.d ⁻¹ | mg l ⁻¹ | t.d ⁻¹ | |
| De Hoop | 5 500 | 2 000 | 11,0 | 1 100 | 6,1 | 130 |
| KNP | 5 000 | 480 | 2,4 | 200 | 1,0 | 525 |
| Coldenhove | 1 500 | 200 | 0,3 | 90 | 0,14 | 160 |
| Gesamt | 12 000 | 1 000 | 13,7 | 500 | 7,24 | 300 |

Tabelle 1: Rohabwassercharakteristika

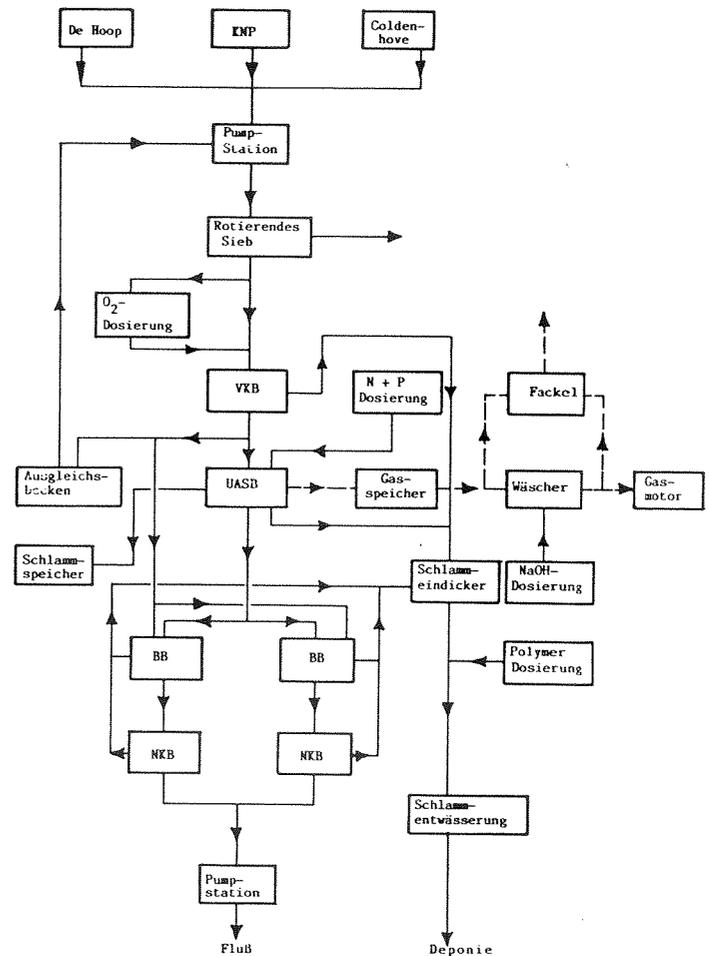


Bild 2: Schematische Darstellung der Abwasserbehandlung bei Industriewater Eerbeek.

Kohlendioxid – umgewandelt und bilden weiteren körnigen biologischen Schlamm. Das Biogas gelangt in einen 70 m³ fassenden Gas-speicher, bevor es von dort über einen Gas-wäscher zur Schwefelwasserstoffentfernung einem Gasmotor zur Erzeugung von 155 kW elektrischer Leistung zugeleitet wird. Überschüssiges Biogas wird abgefackelt. Der anaerobe Überschussschlamm wird periodisch aus dem Reaktor entfernt, entweder gelagert oder zu anderen Anlagen als Impfschlamm geliefert.

Das anaerob vorbehandelte Abwasser wird in einem der beiden bestehenden 4000-m³-Belebungsbecken aerob weiterbehandelt. Das ursprünglich notwendige zweite Belebungsbecken konnte, da es nicht mehr notwendig ist, außer Betrieb gesetzt werden. Die feinblasige Belüftung des Beckens erfolgt mit Hilfe von insgesamt 227 kW starken Gebläsen. Die Nachklärung findet in einem der zwei 33,8 m im Durchmesser aufweisenden Nachklärbecken statt. Der Ablauf wird in den IJsselfluß geleitet.

5. Betriebsergebnisse

Die ein Jahr dauernden Versuche in einer Pilotanlage haben gezeigt, daß trotz einer relativ niedrigen Abwassertemperatur von 23 °C und einer nur mittelmäßigen CSB-Konzentration von 600 bis 950 mg/l Abbauraten von circa 63 Prozent, bezogen auf CSB, und 76 Prozent, bezogen auf BSB, erwartet werden können. Dies würde die Verdoppelung der Kapazität der bestehenden, aeroben, biologischen Anlage bedeuten. Wegen des relativ geringen CSB-Niveaus und der niedrigen Temperaturen ist der großtechnische UASB-Reaktor mehr aufgrund der hydraulischen Aufenthaltszeit als der CSB-Raumbelastung dimensioniert worden.

Ende des Jahres 1985 wurde der Reaktor bei Industriewater Eerbeek B.V. mit 250 m³ körnigem Schlamm aus dem Reaktor der Papierfabrik Roermond geimpft. Wie man aus den Detailergebnissen, zusammengefaßt in Tabelle 2, ersehen kann, wurde der Reaktor im Januar 1986 in Betrieb genommen. Aus der Tabelle ist deutlich ersichtlich, daß die Großanlage wesentlich höhere Leistungen als die Pilotanlage erbringt, wobei CSB- und BSB-Abbauraten sich nunmehr bei circa 70 bzw. 80 Prozent stabilisiert haben. Vermutlich sind die besseren Ergebnisse der Großanlage durch die im Vergleich zu den Versuchen höheren Zulauf-CSB-Konzentrationen und höheren Temperaturen verursacht.

Die Änderungen in der Zusammensetzung des UASB-Zulaufes haben auch die Biogasproduktion begünstigt, die nunmehr bei circa 0,4 m³/kg CSB abgebaut liegt, was bedeutend höher als während der Versuche mit der Pilotanlage ist. Das Biogas besteht zu 75 bis 80 Prozent aus Methan, zu 18 bis 23 Prozent aus Kohlendioxid und 2,0 bis 2,6 Prozent aus Schwefelwasserstoff. Wegen der großen Gefahr von Geruchsproblemen in der Umgebung der Anlage wurden einige Maßnahmen getroffen – Dichtabdeckungen, Kompostfilter – um schwefelwasserstoffbezogene Gerüche zu vermeiden. Bis heute haben sich diese Maßnahmen als völlig ausreichend erwiesen.

Tabelle 2: Großmaßstabergebnisse der anaeroben Abwasseranlage bei Industriewater Eerbeek B.V.

| Monat (1986) | Zulauf | | Ablauf | | Reaktor Temp. °C | Reaktor Biogas Prod. m ³ d ⁻¹ | Abbaugrad % | |
|--------------|------------------------|-------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|------------------|---|-------------|------------------|
| | CSB mg l ⁻¹ | BSB ₅ mg l ⁻¹ | CSB mg l ⁻¹ | BSB ₅ mg l ⁻¹ | | | CSB | BSB ₅ |
| Januar | 928 | 478 | 380 | 161 | 26 | 777 | 59 | 66 |
| Februar | 840 | 403 | 312 | 119 | 27 | 1 029 | 63 | 70 |
| März | 907 | 442 | 289 | 102 | 28 | 1 867 | 68 | 77 |
| April | 898 | 432 | 242 | 77 | 29 | - | 73 | 82 |
| Mai | 996 | 510 | 279 | 80 | 31 | - | 72 | 84 |
| Juni | 1 025 | 522 | 297 | 85 | 32 | 3 030 | 71 | 84 |
| Juli | 976 | 507 | 287 | 88 | 32 | 2 517 | 71 | 83 |
| August | 1 158 | 630 | 296 | 90 | 30 | 3 352 | 74 | 86 |
| September | 941 | 503 | 328 | 115 | 31 | 2 629 | 65 | 77 |
| Oktober | 936 | 495 | 302 | 101 | 31 | 2 635 | 68 | 80 |
| November | 870 | 466 | 267 | 77 | 29 | 2 255 | 69 | 81 |
| Dezember | 1 005 | 549 | 320 | 113 | 29 | 2 923 | 68 | 79 |

Bemerkungen:

1. Anfangswassermenge 400 m³/h.
2. 19. März 1986: Zufluß erhöht von 400 auf 450 m³/h.
3. 20. November 1986: Zufluß erhöht von 450 auf 480 m³/h.
4. Ab 25. November 1986: Zufluß 500 m³/h.

Der Gaswäscher auf Natriumhydroxydbasis bringt die Schwefelwasserstoffkonzentration von 25 000 auf 100 ppm bei einem Verbrauch von weniger als 3,1 kg Natriumhydroxyd pro kg entferntem Schwefelwasserstoff. Durch die Energie, die der Gasmotor produziert, reduziert sich die Menge an elektrischer Energie, die dem öffentlichen Netz entnommen werden muß, von circa 180 000 kWh auf 80 000 kWh monatlich (Bild 3). Die Gebläse zeigen eine Reduktion der Leistungsaufnahme auf 118 kW im Vergleich zur ursprünglich installierten Belüftungskapazität von 227 kW. Um das gesamte Biogas nutzen zu können, wird im Jahr 1988 ein zweiter, identischer Gasmotor installiert. Es wird erwartet, daß hierdurch die Anlage bei Industriewater Eerbeek B.V. völlig energieautark betrieben werden kann.

Im ersten halben Jahr hat die Granularschlammhöhe im Reaktor auf circa 3 m zugenommen, wobei der Schlamm etwa 8 Prozent Trockensubstanz enthält. Die Überschussschlammproduktion beträgt 50 bis 100 m³ pro Woche. Durch die anaerobe Vorbehandlung und die damit verbundene wesentliche Verringerung der Menge an Über-

schussschlamm hat der Entwässerungsgrad des Überschussschlammes deutlich zugenommen. So erzeugt die Bandfilterpresse derzeit einen Schlammkuchen mit 33 Prozent Trockensubstanz, wohingegen die gleiche Maschine früher nur 25 Prozent Trockensubstanz im Filterkuchen erreichte. Die Verringerung der BSB-Fracht für die Belebtschlammanlage hat die Absetzeigenschaften des Belebtschlammes stark verbessert. Blähschlammprobleme, wie sie früher sehr häufig auftraten, sind vollständig verschwunden, was auch durch einen Schlammvolumenindex, SVI, von weniger als 100 ml/g dokumentiert wird. Ohne vorgeschaltete anaerobe Anlage lag der Schlammvolumenindex früher bei 200 bis 300 ml/g. Zudem hat die konstante Beschickung der nachgeschalteten Belebtschlammanlage, von deren zwei Straßen – wie schon erwähnt – nur eine in Betrieb ist, einen Ablauf von höchster Qualität ermöglicht – CSB: 75 ppm; BSB: 5 ppm. So sind heute die BSB-Konzentrationen im Ablauf der Werkskläranlage manchmal geringer als jene in dem als Vorfluter fungierenden Fluß.

7. Schlußfolgerungen

Die großmaßstäbliche anaerobe Behandlung des vereinigten Ablaufes aus drei Papierfabriken in Eerbeek in Holland hat die Ablaufqualität, die bei Pilotversuchen erreicht wurde, übertroffen. Durch weitgehende Nutzung des durch den anaeroben Prozeß entstehenden Biogases wird diese Anlage ab dem Jahre 1988 energieautark betrieben werden können. Schlammmentwässerung sowohl als Schlammindexwerte und Ergebnisse der Gesamtabwasserreinigung sind stabiler und besser als je zuvor. Die Erfahrungen bei Industriewater Eerbeek B.V. bestätigen nochmals, daß die Sanierung von überlasteten, aeroben Abwasserreinigungsanlagen mittels Anwendung von anaerober Vorreinigung zu einem wünschenswerten Betrieb führen kann. Trotz aller Vorteile der anaeroben Abwasserreinigung sind die Ablaufqualitäten der Anaerobstufe meistens noch nicht ausreichend für die direkte Einleitung in öffentliche Gewässer. Eine aerobe Nachbehandlung bleibt demzufolge oft notwendig. Allerdings reduziert sich die verbleibende BSB-Fracht auf circa 20 Prozent oder weniger der ursprünglichen Kapazi-

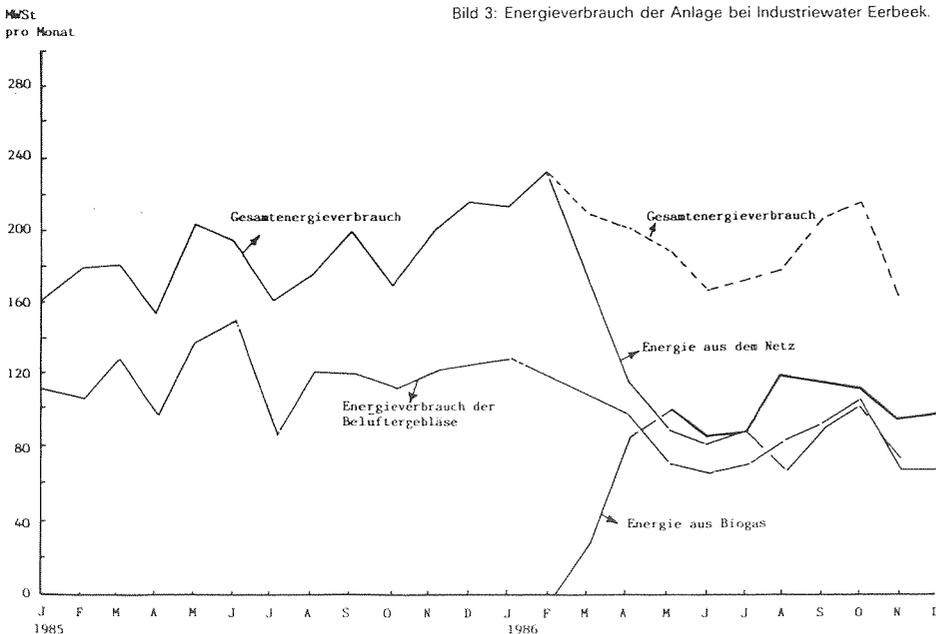


Bild 3: Energieverbrauch der Anlage bei Industriewater Eerbeek.

tät, und entsprechend kleiner werden die der anaeroben Stufe nachgeschalteten Belüftungsvolumina. Betrachtet man die totale BSB-Fracht von Abwässern industrieller Herkunft, so ist zukünftig zu erwarten, daß innerhalb von wenigen Jahren der größte Anteil dieser Frachten mittels anaerober Prozesse behandelt und abgebaut werden kann.

Literatur:

- [1] Habets, L. H. A., Knelissen, J. H., und Hack, P. J. F. M., Anaerobe Abwasserreinigung der Papierfabrik Roermond wirksam und kostengünstig. Wochenblatt für Papierfabrikation 1984, Nr. 20, 731-734.
- [2] Habets, L. H. A., und Berlenbach, N., „Anaerobe Abwasserreinigung, ein kostengünstiges und betriebssicheres Abwasserbehandlungsverfahren“. Abwassertechnik 1985, Nr. 3, 22-24.
- [3] Habets, L. H. A., „Experiences with full-scale and pilot-scale UASB anaerobic treatment of pulp-, paper- and board-mills effluents“. Paper presented at EUCEPA conference „Anaerobic treatment, a grown-up technology“ Amsterdam, September 1986.
- [4] Webb L. J., „Characteristics of mill effluents suitable for anaerobic treatment“. Paper presented at Pira conference „Cost effective treatment of papermill effluents using anaerobic technologies“. Pira, Leatherhead, January 1986.