

De gedeeltelijke reiniging van organisch sterk vervuild afvalwater door middel van oxydatietoren gevuld met materiaal met ononderbroken reactieoppervlak*)

1. Algemeen

Nieuwe mogelijkheden op het gebied van de biologische behandeling van afvalwater doen zich voor bij de toepassing van filterelementen van kunststof. In tegenstelling tot lava-steenvulling is het specifieke oppervlak van kunststoffilterelementen niet begrensd door de open ruimte welke voor de biologische aangroei nodig is. De ruimte welke dit materiaal inneemt is zo gering, dat ook bij specifieke oppervlakken van 200 - 250 m²/m³ de open ruimte nog 95 % bedraagt.

De zekerheid dat geen verstopping zal optreden bij het gedeeltelijk reinigen van organisch sterk vervuild afvalwater hangt af van de vorm van de filterelementen respectievelijk van de doorsnede van de openingen tussen de reactieoppervlakken. Vrije doorgang voor afvalwater, slib en lucht moet mogelijk blijven ook nadat de biologische aangroei heeft plaatsgevonden [1].

De toepassing van oxydatiebedden met dit vulmateriaal heeft in de praktijk reeds goede resultaten opgeleverd bij de behandeling van afvalwater van de voedingsmiddelenindustrie [2 - 8]. Verder zijn er rapporten aanwezig over de praktische toepassing alsmede over proefnemingen voor de gedeeltelijke reiniging van afvalwater uit de celstof- en papierindustrie, alsmede over afvalwater uit de chemische industrie [8 - 10].

2. De gunstigste geometrische vormen van de elementen van de kunststofvulling

Volgens de resultaten van Rincke & Wolters [11], die vul-elementen met reactie-oppervlak van verschillende vorm hebben onderzocht, hangt de reinigingscapaciteit o.a. niet af van het werkelijke oppervlak van het materiaal, maar van het reactie-oppervlak dat aanwezig is nadat de biologische aangroei heeft plaatsgevonden.

Dit betekent dat de afstand tussen de diverse oppervlakken aan bepaalde afmetingen moet voldoen om met zekerheid dichtgroeien te voorkomen. Verder zijn scherpe hoeken tussen deze vlakken te vermijden. Volgens totnogtoe opgedane ervaringen zijn afstanden van minstens 15 - 18 mm voorwaarde om plaatselijke dichtgroei en daarmee uitvallen van reactie-oppervlakken te vermijden.

Waarnemingen tijdens proefnemingen hebben aangetoond dat hoeken van 90° van de vierkante doorsnede tot gunstige geometrische aangroeimogelijkheden leiden, indien het vierkant niet te klein wordt en zo lang de werkelijke reactiedoor-snedes in verband met de korte zijden niet de vorm van de ingeschreven cirkel benaderen. Bijzondere omstandigheden gelden voor buisvormige vulelementen met een cirkelvormige doorsnede. Het gedeelte van het werkzame bestanddeel van het uitwendige oppervlak is vanwege het grote verschil tussen de werkelijke en de voor de reactie benutte lengte der zijden gering. Indien de doorsnede van de buizen zeer klein wordt en indien de doorsnede van de ingeschreven cirkel van de ruimte die tussen de buizen overblijft niet circa 15 mm bedraagt, dragen deze buitenoppervlakken niet meer tot de reactie bij, aangezien deze dichtgroeien.

*) Een uitvoeriger beschrijving van dit onderwerp kan bij de schrijver aangevraagd worden: dr. ing. Rainer Born, D 43 Essen, Richard Wagner Strasse 38.

3. Het belang van ononderbroken reactie-oppervlakken voor het reinigingsproces

Het onttrekken van de in het afvalwater aanwezige stoffen geschiedt terwijl de afvalwaterfilm over de met biologische massa begroeide oppervlakken van de vulelementen stroomt. Volgens de modellen van Buckau [12] dient de totale stroomlengte van deze afvalwaterfilm verdeeld te worden in een aanvoergedeelte, waarin zich de diffusiegrenslaag ontwikkelt tot de volle dikte van de vloeistoffilm en een daarop aansluitend gedeelte waarin de diffusiegrenslaag geheel is ontwikkeld. Volgens zijn onderzoekingen kan deze aanvoer een aanzienlijke lengte bereiken. Bij toepassing van vulmateriaal, waarbij de reactieoppervlakken in lengte begrensd zijn omdat de elementen waaruit de vulling bestaat in lagen op elkaar worden gebouwd, bestaat in het algemeen geen directe aansluiting tussen deze lagen.

Daarom moet de filmvorming telkens weer in het bovenste deel van ieder element opnieuw plaatsvinden. De waargenomen verschillen in reinigingsvermogen zouden daarmee gedeeltelijk verklaard kunnen worden.

Ook worden secundaire verstoppingen voorkomen bij ononderbroken oppervlakken en kunnen die wel optreden bij vulsystemen die in lagen zijn opgebouwd. Bij de toepassing van draagroosters, die de afscheiding tussen die lagen vormen, wordt het verstoppingsgevaar vergroot omdat de doorlaatopeningen door de roosterstaven gekruist worden [13]. Volgens waarnemingen bij een in bedrijf zijnde installatie komen ook verstoppingen voor onder het draagrooster en boven de doorlaatopeningen van de eerste laag vulelementen. De oorzaak is te zoeken in de samenstelling van de biologische aangroei. Deze laat gedurende de cyclus van het stofwisselingsproces telkens in min of meer grote plakken van de ondergrond los. Hierdoor wordt het slib van het afvalwater uit de oxydatietoren verwijderd. De schuifkrachten, welke bij dit transport op de plakken inwerken, zijn over het algemeen niet voldoende om deze noemenswaard te verkleinen. Aangezien tussen de onderkant van het draagrooster en de bovenkant van de daaronderliggende vulelementen — vanwege de grote uitzettingscoëfficiënt van de kunststof — een vrije ruimte aanwezig moet zijn, moeten het afvalwater en het slib een open gedeelte passeren. De plakken slib, die door het voorgaande transport gedeeltelijk opgerold of in elkaar gedrukt zijn, herkrijgen hun oorspronkelijke vorm weer nadat zij het rooster gepasseerd en van de onderkant losgewerkt zijn. Aangezien de plakken een grotendeels tweedimensionale vorm hebben, neigen zij er toe de daaronderliggende toevoeropeningen te verstopen.

4. Reinigingsresultaten bij toepassing van vulmateriaal met ononderbroken reactie-oppervlakken

Eén van de daarvoor mogelijke technische oplossingen is de toepassing van geprofileerde PVC-folies, die door middel van stangen op een draagconstructie in de oxydatietoren worden opgehangen. Doordat deze folies zaagtandvormig geprofileerd zijn, wordt bij de juiste ophanging de vulling van de oxydatietoren verdeeld in ononderbroken doorgaande vierkante, verticale buizen. De hoeken tussen de reactieoppervlakken bedragen 90°. Het materiaal is leverbaar met een specifieke oppervlakte tot 190 m²/m³.

De tot nu toe toegepaste standaarduitvoering heeft een

Abwasseranfall	Q = 1400 m ³ /d = 60 m ³ /h			
BSB ₅ - Fracht	2880 kg/d			
BSB ₅ - Konzentration	2000 mg/l			
BSB ₅ - Ablaufkonzentration	400 - 600 mg			
Möglichkeiten	1	2	3	
C _{Ablauf} mg BSB ₅ / l	600	500	400	
Wirkungsgrad η %	70	75	80	
BSB ₅ - Abnahme kg/d	2016	2160	2304	
B _R - Original kg/m ³ · d	4,0	3,24	2,70	
Q _{Orig} + Q _{Rücklauf} m ³ /h	150	150	180	
B _R + Rücklauf kg/m ³ · d	5,8	4,45	3,8	
Tropfkörper Abmessungen	Volumen m ³	720	890	1060
	Höhe m	8	10	10
	Fläche m ²	90	89	106
q _F m ³ /m ² · h	1,67	1,68	1,70	
kWh/kg BSB ₅ - Abnahme	0,119	0,132	0,148	
Reaktionsvolumen/BSB ₅ - Abn.	0,36	0,41	0,46	
Vergleich zu Möglichkeit 1 in %				
BSB ₅ - Abnahme	100	107,2	114,3	
spez. Energiebedarf	100	119	138	
spez. Reaktionsvolumen	100	124	147	

Afb. 1 - Bemessungsmöglichkeiten und ihre Auswirkung auf spez. Energiebedarf und die Grösse des spez. Reaktionsvolumens.

specifieke oppervlakte van 135 m²/m³. Onder deze geometrische omstandigheden benadert de absolute lengte van de zijden, welke door het materiaal zijn gegeven, zo zeer die welke voor de reactie benut wordt, dat er slechts een klein verschil bestaat tussen het specifieke oppervlak van de geprofileerde folies en het werkelijke reactie-oppervlak.

Na omvangrijke proefnemingen met zowel afvalwater dat grotendeels eiwitten, als met afvalwater dat grotendeels koolhydraten bevatte, werden sinds kort drie oxydatietoren in bedrijf genomen voor de gedeeltelijke reiniging van afvalwater van thermochemische bedrijven.

Dicht bij de Hollandse grens wordt op dit ogenblik een oxydatietoren gebouwd met 400 m³ nuttig volume als eerste trap om een bestaande actief slib installatie te ontlasten. De gemeentelijke reinigingsinstallatie is daar sterk belast door aanvoer van organisch vervuild industrieel afvalwater o.a. uit een stocartonfabriek. In een ander geval moet de aanvoer van een reinigingsinstallatie, welke belast is met afvalwater uit een brouwerij, door middel van een oxydatietoren met 760 m³ nuttig volume voorgereinigd worden.

Onderstaand worden de op de resultaten van proefnemingen gebaseerde metingen van het afvalwater van een aardappelverwerkende industrie en van een papierfabriek weergegeven. Aan de hand van proefnemingen met afvalwater uit de aardappelverwerkende industrie werden drie meetmogelijkheden afhankelijk van verschillende rendementen onderzocht. Het naast elkaar stellen van de drie meetgrootheden in afbeelding 1 toont, dat het energieverbruik en het specifieke reactievolumen bij een stijgend rendement, vergeleken met de absolute afname van de BZV₅, belangrijk toenemen. Uit de verwerking van de resultaten der proefnemingen, die

bij de behandeling van het afvalwater van een papierfabriek naar voren kwamen, laten zich volgende afmetingen afleiden voor de gedeeltelijke reiniging van het afvalwater voor η totaal = 65 %.

Terugvoerhouding = 300 %.

Bruto ruimtebelasting = 3,4 kg BZV₅/m³ · d (incl. recirculatie).

Op deze basis heeft een papierfabriek met een hoeveelheid afvalwater Q = 700 m³/d en een vervuiling overeenkomend met B = 770 kg BZV₅/d een oxydatietoren met BIOPROFIL 135 nodig van volgende afmetingen:

hoogte = 6 m, oppervlakte = 78 m², volume = 468 m³.

Op afbeelding 2 is voor dit speciale geval een stromingschema opgesteld. Volgens de ervaringen, die met een oxydatietoren voor de behandeling van een thermochemisch bedrijf zijn opgedaan, kan van een algeheel slibvrij maken van het teruggevoerde water afgezien worden, zonder dat verstopping van de sproeier ontstaat.

Op grond hiervan werd voor de geprojecteerde installatie slechts voorzien in het slibvrij maken van één derde van de hoeveelheid water, welke wordt teruggevoerd. Deze mogelijkheid kan echter slechts ten volle benut worden, als de vulling een cirkelvormige doorsnede van de oxydatietoren toestaat en de robuuste, in de praktijk als goed bevonden draaiende sproeiers toegepast kunnen worden.

Afbeelding 3 geeft voor dit meetvoorbeeld een overzicht van de afname van de BZV₅, rekening houdend met terugpompen.

Samenvatting

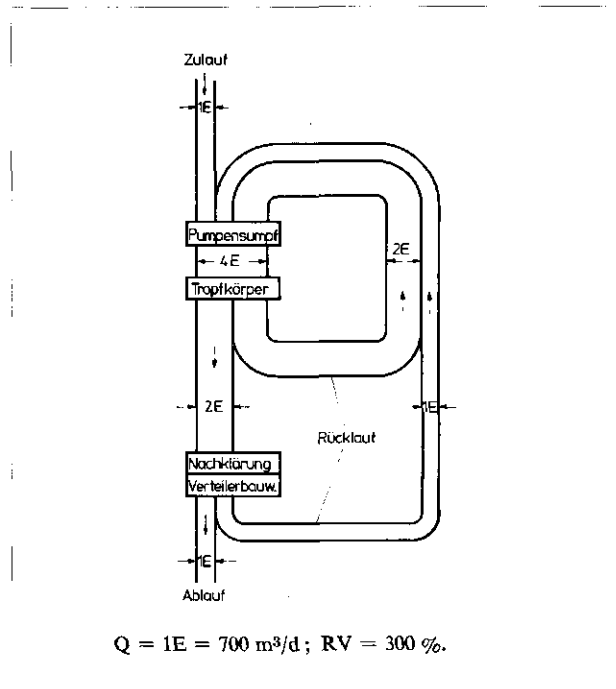
Niettegenstaande de grote open ruimte van ongeveer 95 % moeten aan de vorm van de vulelementen bepaalde eisen worden gesteld, samenhangend met bedrijfstechnische en reactie-technische voorwaarden.

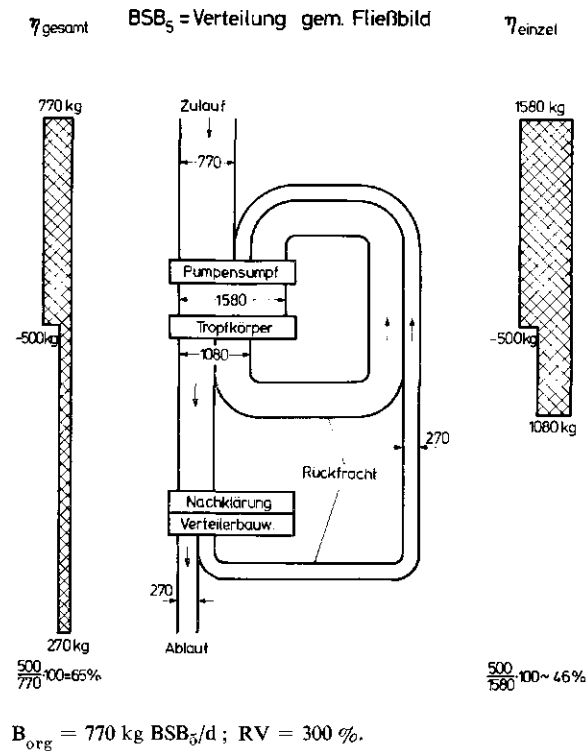
De afstanden tussen de reactie-oppervlakken mogen niet minder dan 15 - 18 mm bedragen.

Scherpe hoeken tussen de reactie-oppervlakken veroorzaken bovendien verlies van het totale reactie-oppervlak.

Verder bieden ononderbroken reactie-oppervlakken proces-technische voordelen.

Afb. 2 - Mengenfließbild für die Teilreinigung des Abwassers einer Papierfabrik.





Afb. 3 - Schema der BSB₅-Abnahme unter Berücksichtigung des Rückpumpens.

Er is slechts één aanloopafstand voor de ontwikkeling van de afvalwaterfilm welke zich over de gehele reactie-lengte uitwerkt.

Bovendien worden secundaire verstoppingen op de overgangplaatsen vermeden.

Aan de hand van proefresultaten met het afvalwater van een aardappelverwerkende industrie en een papierfabriek wordt de reinigingscapaciteit van een materiaal met ononderbroken reactie-oppervlakken door middel van meetvoorbeelden weergegeven.

Literatuur

1. Rincke, G. *Tropfkörperverfahren, Abwasserlandbehandlung*. Industrieabwässer, Wiener Mitteilungen Wasser-Abwasser-Gewässer H. 6, 1971.
2. Askew, M. W. *Plastic in Waste Treatment*. Process Biochemistry Dez. 1966, Jan. 1967.
3. Reynolds, L. F. and Chipperfield, P. N. J. *Principles Governing the Selection of Plastic Media for High Rate Biological Filtration*. International Congress on Industrial Waste Water, Stockholm 1970.
4. Hemming, M. C. *Experiences in The Treatment of Effluents from the Dairy and Milk Processing Industry Using Plastic Filter Media*. International Congress on Industrial Waste Water, Stockholm 1970.
5. Cornell, Howland, Hayes and Merryfield. *An Engineering Report on Pilot Plant Studies, Secondary Treatment of Potato Process Water*. Prepared for the Potato Processors of Idaho Association Sept. 1966.
6. Rincke, G. and Born, R. *Use of Trickling Filters with Synthetic Packing Elements for Wastewater from Food Industry*. International Congress on Industrial Waste Water, Stockholm 1970.
7. Krogh, O. *Use of Plastic Filter Beds in the Treatment of Slaughterhouse Wastes*. International Congress on Industrial Waste Water, Stockholm 1970.
8. Rincke, G. und Neumann, H. *Erfahrungen mit einem kunststoffgefüllten Tropfkörper zur biologischen Reinigung des Abwassers einer TKV*. TKV-Nachrichten 21 (1969) Nr. 2 S. 13 - 18.
9. Gehm, H. W. and Gellman, J. *Practice, Research and Development in Biological Oxidation of Pulp and Papermill Effluents*. Jour. WPCF 37 (1965) 10, 1392/98.
10. Middlebrooks, E. J. and Coogan, F. J. *Treatment of Kraft Mill Wastes with all Plastic Media Trickling Filter*. Water Research, 3 (1969) 203 - 214.
11. Rincke, G. and Wolters, N. *Technology of Plastic Medium Trickling Filters*. 5th International Water Pollution Research Conf. San Francisco 1970.
12. Buckau, F. *Stofftransport und Stoffabbau in einem Modell-tropfkörper mit laminarem Flüssigkeitsfilm*. Karlsruher Bericht zur Ingenieurbiologie H. 5, 1971.
13. Born, R. *Neue verfahrenstechnische Möglichkeiten der Abwasserreinigung durch den Einsatz von Tropfkörpern mit Kunststoff-Füllelementen*. DECHEMA-Monographie Bd 64 (1970), S. 151 - 158.
14. Neumann, H. *Das Klärwerk der TKV in Icker — ein Beispiel für Möglichkeiten des Belebungsverfahrens und für die des Einsatzes von Tropfkörpern mit Kunststoff-Füllelementen*. ATV Landesgruppentagung Osnabrück 1970.
15. Born, R. *Wasser, Luft und Betrieb* 15 (1971) Heft 11.