Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 76 (1984)
Heft: 1-2

Artikel: Sauerstoffbiologie für die ARA Basel
Autor: Roth, Willy
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941176

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 24.10.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

keit durch Rührwerke konstant gehalten wird. Der Sand wird nach Entwässerung auf Deponie abgeführt. Zur biologischen Reinigung wird nur der zweifache Trockenwetteranfall (TWA) des Abwassers mit Schneckenpumpen ein zweites Mal gehoben. Die darüber hinaus anfallende Abwassermenge fliesst in freiem Gefälle in die Regenklärbekken. Das so mechanisch gereinigte Abwasser kann bei lang anhaltendem Regen in den Ablauf zum Rhein geleitet werden. Der Inhalt der Regenklärbecken wird bei Unterschreiten der Zuflussmenge unter zwei TWA in den Reinigungsprozess zurückgepumpt. Um Geruchsbelästigungen zu vermeiden, erfolgt die Reinigung der Regenklärbecken nach jeder Leerung automatisch mit einer grossen Spülwassermenge. Wahlweise kann auch das gesamte biologisch zu reinigende Abwasser oder nur ein Teilstrom vorgängig durch die zu Vorklärbecken umfunktionierten Regenklärbecken geleitet werden. Die Aufteilung des Abwassers auf drei biologische Reinigungsstrassen erfolgt nach dem Zwischenpumpwerk durch Drosselschützen, die von je einer Venturimessung automatisch gesteuert werden. Die biologische Reinigung des nicht abgesetzten Abwassers war ursprünglich nach einem speziellen Reinsauerstoff-Verfahren konzipiert, welches vier hintereinanderliegende geschlossene Kammern vorsah, in welchen Reinsauerstoff mittels Oberflächenbelüftern ins Abwasser eingebracht werden sollte. Im Verlauf der Ausführung der ARA zeigten Betriebserfahrungen von anderen Anlagen aber, dass das Sauerstoffverfahren bei bestimmten Voraussetzungen eine Anreicherung von gelöster Kohlensäure begünstigt.

Diese Kohlensäure wirkt auf die benetzten Betonflächen der Anlageteile nach den Belebtschlammreaktoren stark aggressiv. Zum Schutz des Betons und der Armierungseisen wurde deshalb eine Verfahrensänderung ausgeführt.

Von den vier hintereinander vom Abwasser durchflossenen Reaktorkammern werden nur noch die beiden ersten Kammern in der Gasphase mit Reinsauerstoff gefahren. Die dritte und vierte Kammer werden für die Strippung der Kohlensäure verwendet. Hier wird die Gasphase mit Luft durchspült, die anschliessend desodoriert wird. Versuche haben gezeigt, dass mit diesem Verfahren die Vorteile der Sauerstoffbegasung beibehalten werden können. Die Strippung mindert den Kohlensäuregehalt so weit ab, dass für den Beton keine nennenswerte Abbaugefahr mehr besteht. Es muss zwar in den Reaktorkammern mit einem abnehmenden Angriff auf den Beton gerechnet werden; die nach der Strippung durchflossenen Betonelemente vermögen jedoch der restlichen Kohlensäure im Wasser ausreichenden Widerstand zu leisten. Das über die Pipeline mit Hochdruck zugeführte Sauerstoffgas wird unmittelbar vor den Reaktoren auf Niederdruck entspannt und in die Reaktorkammern geleitet. Die Steuerung kann über den Druck in der ersten Reaktor-Gasphase oder aber über den Sauerstoffanteil im Gas erfolgen. Ausserdem können die Kreisel der ersten beiden Kammern drehzahlabhängig in zwei Stufen über den gelösten Sauerstoff gesteuert werden.

Die beiden letzten Kammern haben Kreisel mit kleinen Leistungen, die nur mit konstanten Drehzahlen laufen können. Für die Trennung des Belebtschlammes vom gereinigten Abwasser wurde pro Strasse ein rundes Nachklärbecken erstellt. Die Schlammräumung erfolgt mit Saugräumern. Die Regulierung der Rücklaufschlammenge erfolgt über Zentrifugalpumpen mit Gleichstrommotoren. Das Abwasser-Schlammgemisch wird dem Nachklärbecken durch Düker zentral zugeleitet. Eine Entgasung des Schlammes findet im Zentrum in einer Kreisringzone statt, wo auch eine weitgehende Vernichtung der kinetischen Energie erfolgt. Das Schlammgemisch unterströmt eine Ringtauchwand, bevor es mit sehr kleiner Geschwindigkeit in die Absetzzone eintritt. Das gereinigte Abwasser überströmt peripher in die Ablaufrinne. Für die Beseitigung von auftretendem Schwimmschlamm sind mechanische, radial arbeitende Räumeinrichtungen und eine Pumpanlage eingebaut. Für die Elimination von Phosphaten wird der biologischen Stufe Eisensulfat zudosiert. Der anfallende Schlamm wird mit dem Überschussschlamm abgezogen.

Adresse des Verfassers: *Friedrich Fischer,* Arbeitsgemeinschaft Abwasser Basel (Gruner AG, Basel, Holinger AG, Liestal, Burckhardt + Partner AG, Basel).

Sauerstoffbiologie für die ARA Basel

Willy Roth

In der Projektierungsphase für die Kläranlage der ARA Basel wurden mehrere Verfahrensvarianten bezüglich Investitions- und Betriebskosten untersucht. Als Grundlage dienten Pilotversuche mit Luft- und Sauerstoffsystemen, sodann Betriebserfahrungen in anderen städtischen Klärwerken. In Anlehnung an die bis anhin guten Erfahrungen mit der Kläranlage Hagnau – der ARA Birs II – wurde dann der Entscheid zugunsten einer «Sauerstoffbiologie» getroffen. Die Problemkreise, die als Grundlage zu diesem Entscheid führten, betreffen nicht nur die gute Eintragsmöglichkeit von hochkonzentriertem Sauerstoff O_2 in das Belebtschlamm-Abwassergemisch, sondern das ganze System der Kläranlage. Die Vorteile, die eine Sauerstoffbiologie im Vergleich zu einer mit Luft betriebenen Anlage aufweisen dürfte, waren zu der Zeit, da der Entscheid zu treffen war, die folgenden:

– Sauerstoffbiologien lassen eine Betriebsweise der Kläranlage zu, die 15 bis 30% weniger Überschuss-Schlamm ergibt.

– Als Folge der geringen Mengen an Überschuss-Schlämmen ergibt sich ein entsprechend kleinerer Energieverbrauch in der Schlammbehandlung und der anschliessenden Stufe der Schlammverbrennung.

– Es ist möglich, das System ohne Vorklärung zu betreiben, so dass die Handhabung des meist geruchsintensiven Vorklärschlammes entfällt und ein Bauwerk damit eingespart werden kann.

– Die üblicherweise bei O_2-Verfahren höheren Belebtschlamm-Konzentrationen sind gegenüber Lastschwankungen, insbesondere gegen plötzlich höhere Belastungen im zufliessenden Abwasser, auch in diesen zeitlichen Phasen theoretisch recht gut in der Lage, einen hohen Abbaugrad der organischen Schmutzlast zu gewährleisten.

– Das Geruchsproblem ist besser zu beherrschen. Die verfahrensbedingt geschlossene Bauweise der Biologiebekken sowie der vergleichsweise sehr kleine Restgasaustritt aus dem Becken (bei nicht modifiziertem Verfahren) lassen Geruchsemissionen leicht vermeiden.

Die in der ARA Birs II Anfang 1981 beobachteten Korrosionsschäden an den Betonbauwerken, die als starkes Negativum in Erscheinung traten, können durch Modifikationen des Verfahrens aufgefangen werden. Diese Änderungen schränken einen Teil der Vorteile quantitativ ein. Im ganzen dürften wesentliche Vorteile aber dennoch bestehen bleiben.

Um die erwähnten Argumente etwas zu erläutern, soll kurz das konventionelle Belebtschlamm-Verfahren gestreift

werden. Es besteht aus einer Sequenz von meistens vier Abscheide- und Reinigungsschritten:
– dem Sandfang zur Abtrennung rasch sedimentierender Feststoffe;
– der Vorklärung, in der langsamer absetzende Feststoffe in einem Bauwerk mit relativ grossen Verweilzeiten dem Abwasserstrom entnommen werden und den sogenannten Vorklärschlamm ergeben, der wesentliche Mengen organischer Anteile enthält;
– der biologischen Reinigungsstufe, die vorwiegend die gelösten, organischen Schmutzstoffe auf biochemischem Weg abbauen soll;
– der Nachklärung. Letztere dient der Abtrennung von Bioschlamm aus dem abfliessenden und gereinigten Abwasser. Ein Teil dieser Biomasse wird zum Belebungsbecken zurückgeführt, um dort für den Abbau hinreichend hohe Schlammkonzentrationen verfügbar zu halten. Der Rest wird als biologischer Überschuss-Schlamm der Schlammbehandlung und -verwertung oder -verbrennung zugeführt.
In die bezüglich dem biologischen Abbau zentrale Einheit, die Belebtschlamm-Stufe, ist Sauerstoff einzutragen. Der Eintrag kann auf verschiedene Weise erfolgen, nämlich durch:
– Einblasen von Luft. Der Sauerstoffgehalt der Luft beträgt 21 Volumenprozente. Der hohe Inertgasanteil (der Stickstoff) verhindert eine volle Nutzung des Luftsauerstoffs. Erfahrungsgemäss lassen sich dabei etwa 3 bis 4% effektiv ins Abwasser eintragen.
– Eintragen von technisch reinem Sauerstoff (etwa 98%ig), der aus Partialdruckgründen zu etwa 85 bis 95% genutzt, also ins Abwasser eingetragen werden kann. Bedingt durch den gut vierfach höheren Partialdruck des Sauerstoffs beim O_2-Verfahren wird die spezifische Eintragsgeschwindigkeit von O_2 in das Abwasser-Schlammgemisch erheblich grösser, als dies bei Lufteintrag der Fall sein kann.
Der technische Aufbau dieser «Sauerstoffbiologie» ist recht einfach.
Das Abwasser durchströmt, vermischt mit dem Belebtschlamm, nacheinander vier Kammern. In den Gasraum der ersten Kammer wird reiner Sauerstoff eingeblasen. Der in jeder Kammer angeordnete Rührer fördert den Eintrag des Sauerstoffs ins Abwasser, so dass er, im Wasser gelöst, der Biomasse verfügbar wird. Der kleinere, verbleibende Restgasstrom, der zugleich ausgetriebenes CO_2 mitführt, tritt aus der vierten Kammer in die Atmosphäre aus.
Der beim O_2-Verfahren durch den höheren O_2-Partialdruck bessere Sauerstoffeintrag in die Belebtschlamm-Masse lässt ein Betreiben der Belebungsstufe mit höheren Schlammgehalten zu. Während beim Luftverfahren Konzentrationen von 3 bis 4 g/l an Biomasse übliche Werte darstellen, kann in der Sauerstoffbiologie mit 5 bis 7 g/l, bei extremer Fahrweise gar bis 10 g/l, gefahren werden. Die Schlammbelastungswerte, die damit etwa im Verhältnis 1:2 gehalten werden können, lassen den Schluss zu, dass die Produktion von Bio-Überschuss-Schlamm bei der Sauerstoffbiologie etwa 15 bis 30% geringer sein dürfte. Sie ist jedoch mit einem höheren Verbrauch an Sauerstoff verbunden. Tatsächlich weisen Mittelwerte über einen längeren Zeitraum, die an der ARA Birs II gemessen wurden, auf eine in diesem Ausmass kleinere Schlammproduktion hin.
Diese Überschuss-Schlämme werden anschliessend in Zentrifugen entwässert und in der Verbrennungsanlage definitiv entsorgt. Die Verbrennung der Schlämme erfordert den Einsatz von fossilen Brennstoffen. Die kleinere Schlammproduktion beim Sauerstoff-Verfahren um 15 bis 30% ergibt somit eine direkte Einsparung von Brennstoff in eben diesem Ausmass.

Mit analogen Überlegungen lässt sich auch darlegen, dass mit dem O_2-Verfahren ein Betrieb ohne Vorklärung möglich ist. Es lässt sich damit der Bau eines notwendigerweise grossen Beckens vermeiden. Um jedoch das Verfrachten von schweren Feststoff-Teilen in das Belebtschlamm-Bekken zu vermeiden, hat bei der Fahrweise ohne Vorklärung der Sandfang eine hohe Abscheideleistung zu erbringen. Die ARA Birs II, die auf diese Weise betrieben wird, weist im ersten der vier Belebtschlamm-Becken längerfristig Ablagerungen auf, die im vorgängigen Sandfang abscheidbar sein sollten. Die ARA Basel ist in einer Weise ausgelegt, die den Betrieb sowohl mit wie auch ohne Vorklärung erlaubt. Die Konstruktion der Regenklärbecken lässt deren Betrieb als Vorklärbecken zu. Die für später vorgesehenen Vergleichsversuche mit beiden Varianten dürften in dieser Beziehung weitere, recht aufschlussreiche Erkenntnisse liefern.
Die höhere Konzentration an Belebtschlamm beim O_2-Verfahren hat auch direkt zur Folge, dass die gesamte Biomasse, die im Belebungsbecken verfügbar gehalten wird, entsprechend grösser ist. Es lassen sich damit Belastungsstösse auffangen, die bei kleinen Biomassen-Konzentrationen einen vorübergehend schlechteren Abbau ergeben würden.
In bezug auf den Gasdurchsatz, der Geruchsstoffe mittragen kann, lassen sich aus Partialdruck-Überlegungen die folgenden Schlüsse ziehen: Für die Plandaten der ARA Basel ergibt sich aus der Belastung und der Abwassermenge ein theoretischer Sauerstoffbedarf von etwa 27 Tonnen pro Tag. Beim Eintrag dieser Menge durch Lufteinblasen ergibt sich ein Luftvolumen von rund 40000 m^3/h.
Beim Sauerstoff-Verfahren bleiben hingegen die Restgasmengen sehr klein. Sie betragen für die erwähnten Plandaten ungefähr 1000 m^3/h. Geht man von der Annahme aus, dass beide Gasströme (aus abgedeckten Anlagen) einer Abgasreinigung zu unterziehen wären, ergäben sich, dem Gasdurchsatz entsprechend, viel grössere Dimensionen der Abluftwäscher für das Luftverfahren. Dieser Vorteil des O_2-Systems besteht jedoch nur, soweit das klassische Sauerstoff-Verfahren als solches betrieben werden kann. Nachdem nun das Reinsauerstoff-Verfahren der ARA Basel durch Strippen mittels Luft modifiziert werden musste, um Betonkorrosionen zu vermeiden, fällt dieser Vorteil vorerst nicht mehr ins Gewicht.
Es sind noch einige Überlegungen zum aktuellen Problem «Sauerstoffbiologie und Betonkorrosion» zu erwähnen. An der ARA Birs II sind an allen wasserbenetzten Teilen ab dem Einlauf in die Belebtschlamm-Stufe Korrosionsschäden an der Betonoberfläche festgestellt worden. Eingehende Untersuchungen haben ergeben, dass diese Schäden auf hohen Gehalt an CO_2 zurückzuführen sind. Sie sind damit eine Folge der Anwendung von Sauerstoff hoher Konzentration im Belebungsbecken. Die bei jedem biologischen Abbau von organischen Schmutzstoffen entstehende Kohlensäure

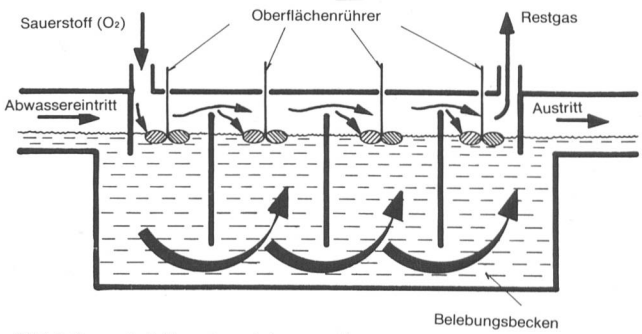

Bild 5. Sauerstoff-Abwasserreinigungsanlage.

wird beim Sauerstoff-Verfahren, bedingt durch den geringen Gasdurchsatz, im Abwasser angereichert. Die Konzentration an aggressiver Kohlensäure kann, wie Messungen ergeben haben, Beträge erreichen, die einen Abtrag des Betons von 1 bis 2 mm pro Jahr bewirken, obwohl die Qualität des Betons selbst (PC 300) dem heutigen Standard für derartige Bauwerke entspricht.

Diese Beobachtungen haben dazu geführt, dass das ursprüngliche Sauerstoff-Verfahren an der ARA Birs II, wie auch an der ARA Basel, modifiziert werden musste. Das Ziel dieser Modifikation war, eine Fahrweise der Anlagen zu finden, die Betonkorrosion vermeiden lässt und trotzdem die wesentlichen Vorteile des Sauerstoff-Verfahrens zu nutzen erlaubt. Die Verfahrensänderung, die einige bauseitige Massnahmen erforderte, besteht im Absenken der Konzentration an aggressiver Kohlensäure gegen den Auslauf des Abwassers aus der Belebungsstufe. Dies wird durch Oberflächenstrippen mittels Luft in den zwei letzten Kammern der Sauerstoffbiologie erreicht. Es wird notwendig sein, am Ende des Reaktors eine permanente Kontrolle der Aggressivität durch pH-Messungen durchzuführen. Die Versuche an der ARA Birs II mit dieser Modifikation haben ergeben, dass die Kohlensäure in hinreichendem Ausmass gestrippt und damit die Korrosion aller Betonteile nach dem Reaktor vermieden werden kann. In der Sauerstoffbiologie hingegen wird die Kohlensäure-Konzentration nach wie vor hohe Werte erreichen, wenn die Vorteile hoher Belebtschlamm-Konzentrationen aufrechterhalten werden. Der Bioreaktor wird daher weiterhin korrosiven Abtrag aufweisen. Zur Vermeidung von Schäden an der Betongrundstruktur wurde in der ARA Basel eine 25 mm dicke Spritzbetonschicht aufgetragen, die nur geringe Porosität aufweist und nur geringen Korrosionsabtrag ergeben wird. Es ist zu erwarten, dass diese Schutzschicht während 15 bis 20 Jahren ihre Funktion erfüllt und nachher wieder erneuert werden muss.

Mit der Möglichkeit, weiterhin mit hoher Belebtschlamm-Konzentration zu fahren, werden alle damit zusammenhängenden Vorteile des Sauerstoff-Verfahrens erhalten bleiben. Es sind dies:

- kleine Überschuss-Schlamm-Menge und damit
- geringerer Energieverbrauch in der Schlammverbrennung;
- gute Pufferwirkung der hohen Biomasse im Belebtschlamm-Becken.

Der Vorteil kleiner Restgasmengen hingegen fällt dahin, da das Volumen der Luft, die Kohlensäure austrägt, etwa 20000 m^3/h betragen wird. Um Geruchsemissionen auf alle Fälle zu vermeiden, wird dieses Restgas einer Abluftwäsche unterworfen, die separat zur Behandlung dieser Abluft errichtet worden ist.

Die beschriebene Modifikation des Sauerstoff-Verfahrens führt, im Vergleich zum ursprünglichen Verfahren, zu etwas höheren Betriebskosten. Eingehende kalkulatorische Vergleiche lassen aber den Schluss zu, dass die zu erwartenden Betriebskosten der ARA Basel deutlich tiefer liegen werden als jene einer Kläranlage gleicher Leistung, die mit Luft betrieben würde.

Adresse des Verfassers: *Willy Roth,* Ciba-Geigy AG, 4000 Basel.

Das Verfahrensprojekt für die Schlammbehandlung ARA Basel und ARA Ciba-Geigy/Roche

Fritz Weissenberger

Schlammeindicker

Die Schlämme der ARA Basel und der ARA Ciba-Geigy/Roche werden gemeinsam behandelt. Zur Eindickung dienen drei Rundeindicker, die im Normalfall im Mischbetrieb gefahren werden. Es ist aber möglich, den Schlamm aus der ARA Basel in zwei Eindickern und denjenigen der ARA Ciba-Geigy/Roche in einem Eindicker gesondert einzudikken. In diesem Fall kann die nachfolgende Entwässerung und Verbrennung getrennt für kommunalen und industriellen Schlamm gefahren werden. Der Flotationsschlamm aus der Flotationsanlage der ARA Ciba-Geigy/Roche kann nicht statisch eingedickt werden. Aus diesem Grund wird er in einem Flotbehälter gesondert gespeichert.

Schlammentwässerung

Die Schlammentwässerung ist in einem separaten Teil des Schlammbehandlungsgebäudes untergebracht. Sie besteht aus vier Dekantierzentrifugen und den zugehörigen Flockungshilfsmittel-Aufbereitungsanlagen. Im Fall, dass nicht Mischschlamm entwässert werden kann, stehen für den ARA-Basel-Schlamm zwei Dekantierzentrifugen und

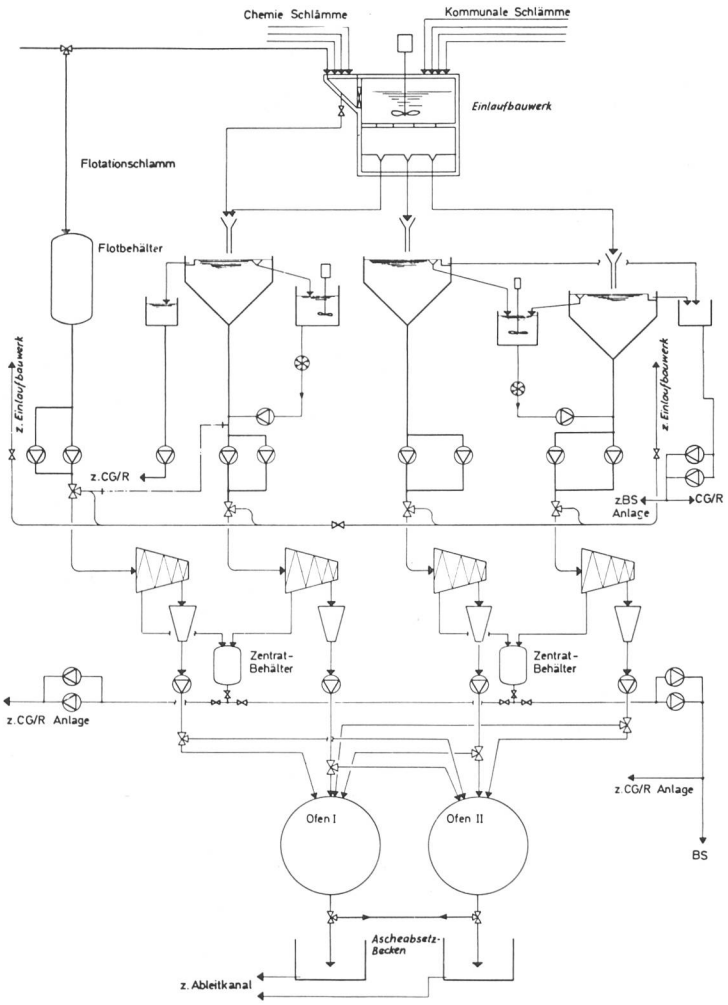

Bild 6. Prinzipschema. Eindicker – Schlammbehandlung.