

Martin Boeckh

Ausgeklügelte Verfahrenstechnik soll neue Maßstäbe setzen

Die Kläranlagen des AZV Heidelberg zählen zu den modernsten Deutschlands. Auch die im Bau befindliche vierte Reinigungsstufe soll Maßstäbe setzen – dank der Kombination dreier recht unterschiedlicher Verfahrensschritte. Doch auch in den Stufen davor gibt es keine Technik von der Stange.

Den Namen „Neuenheimer Feld“ verbindet man in der Metropolregion Rhein-Neckar meist mit den Begriffen Universität, Campus, Hochleistungsmedizin und vielleicht mit High-

tech schlechthin, aber weniger mit der Beschaulichkeit von Feldern und Wiesen. Auch wenn es hier für Erdbeerfelder und Ackerflächen noch viel Platz gibt, so ist das Areal

im Norden Heidelbergs von der Universität und vor allem von der Universitätsmedizin geprägt. Hoch aufschießende Baukräne zeugen von intensiver Bautätigkeit im ge-



Bild 1 Hinter den vier großen Nachklärbecken befindet sich die Baustelle für die Anlagen der vierten Reinigungsstufe des Abwasserzweckverbandes Heidelberg (AZV).
Quelle: M. Boeckh

samten Neuenheimer Feld. Zu den im Bau befindlichen neuen Klinikeinrichtungen, die zu den modernsten Deutschlands zählen, gehört nun eine Baugrube, die ebenfalls Superlative für sich beansprucht und die in direktem kausalem Zusammenhang mit dem Klinikareal steht: ein Tiefbau von 30 m Breite, gut 100 m Länge und ca. 7 m Tiefe. Darin soll das gesamte Erweiterungsprojekt der Heidelberger Kläranlage für die vierte Reinigungsstufe Platz finden, ein 50-Mio.-€-Projekt, das der Abwasserzweckverband Heidelberg (AZV) mit Unterstützung der Verbandsmitglieder Eppelheim, Dossenheim und Neckargemünd stemmen möchte. Des Weiteren gehört die hessische Stadt Neckarsteinach zum Verband.

Die bestehende Kläranlage im Neuenheimer Feld besteht aus zwei Teilanlagen, einmal südlich und einmal nördlich des Neckars gelegen. Sie sind durch ein Leitungssystem unter dem Neckar miteinander verbunden. Historisch gewachsen findet bisher die Abwasserreinigung in den drei konventionellen Reinigungsstufen mechanisch, biologisch und chemisch im nördlichen Teil statt, im südlichen erfolgt die Klärschlammbehandlung. Während eine Dükerleitung das Abwasser aus dem Süden der Stadt in die nördliche Anlage bringt, geht der anfallende Schlamm durch eine weitere Leitung den umgekehrten Weg in die Anlage Süd. Das Hebewerk und die mechanische Vor-

reinigung sind vollständig eingehaust. Die Abluft verlässt erst nach Durchlauf einer biologischen Abluftbehandlungsanlage das Gebäude. Der Vorteil: Auf dem Klärwerksgelände ist so gut wie nichts von der emissionsträchtigen Arbeit der Faulbakterien zu riechen, die ihre Arbeit beginnen, noch bevor das Abwasser die Vor- und Hauptklärbecken erreicht.

Das Abwasser wird auf vier Reinigungsstrassen aufgeteilt, wobei jede für 90.000 EW ausgelegt ist.

Heidelberger Modell im Vorteil

Da die Anforderungen an die Stickstoffablaufwerte Mitte der 1990er-Jahre verschärft werden sollten, standen die Kläranlagenbetreiber vor der Herausforderung, baulich darauf zu reagieren. Es entstand das sogenannte Heidelberger Modell. Dazu teilte man die bestehenden Vorklärbecken in zwei Bereiche: einen für eine reduzierte Vorklärung und einen für die sogenannte anoxische, das heißt sauerstoffarme Zone. Die Vorteile des Heidelberger Modells liegen dabei insbesondere bei den geringen Investitionskosten. Die Umrüstung der Kläranlage kostete damals rund 2,25 Mio. € und führte zu einer Senkung der Umbaukosten um ca. 35 Mio. €. Der im Rohabwasser als Ammonium (NH₄) enthaltene Stickstoff wird in den Belebungsbecken zu Nitrat (NO₃) umgewandelt. Dies geschieht zusätzlich zum Abbau



Bild 2 Manuel Oehlke ist Geschäftsführer des Abwasserzweckverbandes Heidelberg.
Quelle: M. Boeckh

der gelösten organischen Abwasserinhaltsstoffe. Damit das Nitrat dann in elementaren Stickstoff umgewandelt wird, müssen das nitrathaltige Abwasser und der nitrathaltige Belebtschlamm zurück in die anoxe Stufe gepumpt werden. Erst jetzt entsteht durch spezielle Mikroorganismen elementarer Stickstoff, der in die Luft entweicht. Danach gelangt das Abwasser in die 16 Nachklärbecken. Hier setzt sich der Belebtschlamm ab, der zum Großteil in die erste biologische Zone zurückgeführt wird, während der Überschussschlamm durch den Düker in die Schlammbehandlung ins Werk Süd gepumpt wird. Pro Tag sind das ca. 1.000 bis 1.200 m³. Die Schlammbehandlung im Werk Süd erfolgt in mehreren Verfahrensschritten. Überschussschlamm aus der biologischen Reinigung wird mittels Zentrifugen entwässert, eingedickt und gelangt dann in

www.dwa.de/jobs

DWA-Stellenmärkte Schreiben Sie zielgerichtet aus

75 Jahre DWA
Klare Konzepte. Saubere Umwelt.

Sie suchen

Ingenieur*innen, Meister*innen
Fachkräfte (m/w/d) aus der
Wasser- und Abwasserwirtschaft?

Wir bieten

zielgerichtete Veröffentlichungen in den
DWA-Medien:

Infos und Preise auf
www.dwa.de/jobs-schalten

■ DWA-Online-Stellenmarkt
www.dwa.de/jobs

■ DWA-Online-Stellenmarkt Nachwuchskräfte
www.dwa.de/jobs-nw

■ Verbandszeitschrift KA Korrespondenz Abwasser, Abfall
www.dwa.de/KA

■ Verbandszeitschrift KW Korrespondenz Wasserwirtschaft
www.dwa.de/KW

Ansprechpartnerin: Monika Kramer · Tel.: +49 2242 872-130 · E-Mail: anzeigen@dwa.de

die Schlammfäulung. Der Primärschlamm aus den Vorklärbecken kommt in statische Eindicker.

Beide Schlammströme werden dann einer Hochlastfäulstufe zugeführt – ebenfalls eine technische Entwicklung, auf die man beim AZV Heidelberg stolz ist. In Heidelberg wurde erstmals eine vom Fraunhofer Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik Stuttgart entwickelte Hochlastvergärung in eine herkömmliche Schlammfäulung integriert. Notwendig war dies, weil die ursprüngliche Fäulung aus den 1960er-Jahren nur für 220.000 EW konzipiert und häufig überlastet war.

Autarke Stromversorgung

Die Hochlastfäulstufe nach dem Heidelberger Verfahren hat einen entscheidenden Vorteil: „Während in konventionellen Fäultürmen der Schlamm 20 bis 30 Tage ausgefäult werden muss, sind es bei der Hochlastfäulung nur fünf bis sechs Tage“, weiß Manuel Oehlke zu berichten. Dadurch konnte die organische Raumbelastung von 1 bis 2 auf 7 bis 10 kg organischer Trockensubstanz oTS/(m³d) gesteigert werden. Als Folge konnte deutlich mehr Organik abgebaut und mehr Faulgas produziert werden. Die jährlichen Einsparungen liegen seither bei ca. 300.000 €.

Das gewonnene Methan wird über drei BHKW-Module am Standort verstromt. Mit den jährlich erzeugten 4,8 Mio. kWh Strom lässt sich das gesamte Klärwerk Süd versorgen; über eine weitere Stromleitung soll künftig auch das Werk Nord versorgt werden können.

Der ausgefäulte Schlamm ist allerdings noch nicht in der Qualität, dass man ihn entsorgen oder weiter nutzen könnte. Wieder sind einige Kunstgriffe notwendig. Bei einem Trockensubstanzgehalt (TS) von 3 bis 5 % sind Nacheindicker mit Zentrifugen notwendig. Sie sorgen für einen Anstieg der TS-Werte auf 28 bis 32 %.

Doch das abgeschiedene Wasser bereitete früher bei der Rückführung in den Zulauf der Kläranlage Nord immer wieder Probleme. Der normale Zulaufstrom zur Kläranlage Heidelberg mit kommunalem Abwasser enthält Ammoniumstickstoff zwischen 30 und 40 mg/l; das Prozesswasser aus der Schlammfäulung hat jedoch Werte von 800 bis 1.200 mg/l. Auch wenn es sich nur um einen kleinen Teilstrom handelte,

so machte dieser eine Stickstoffrückbelastung von bis zu 25 % aus. Und wenn diese Belastung in den Stunden auftrat, in denen die Zentrifugen betrieben wurden, dann kam es zu extremen Frachtspitzen, und die Ablaufwerte stiegen deutlich an. Versuche, das Wasser aus den Eindickern zwischenzuspeichern, um den Zulauf zu vergleichmäßigen, brachten nur eine geringe Verbesserung. Um die vorgeschriebenen Ablaufwerte dauerhaft einzuhalten, musste sehr viel Sauerstoff über Turbo-Kompressoren in die Belebungsbecken des Hauptklärwerks eingeblasen werden, um den Stickstoff zu oxidieren – ein teures Unterfangen. Eine Lösung des Problems brachte 2008 der Bau einer speziellen Vorbehandlungsanlage für Prozesswasser. „Das war damals eine der ersten Prozesswasseranlagen mittels Planktomyceten in Deutschland“, erinnert sich der Geschäftsführer des AZV. Die Anlage wurde damals mit Biomasse aus der Kläranlage des Abwasserverbands Glarnerland in Bilten (Kanton Glarus/Schweiz) angefahren.

Weltweite Impfung

Diese Bakteriengattungen der Deammonifikation sind darauf spezialisiert, sehr stark stickstoffhaltige Abwässer zu reinigen (DEMON-Verfahren, siehe Kasten). Sie ernähren sich von Stickstoff und brauchen dafür recht wenig Sauerstoff: „Wir fahren unsere Prozesswasseranlage mit 0,3 mg/l gelöstem Sauerstoff. Die Mikroorganismen im Hauptstrom benötigen Sauerstoffgehalte um 2,0 mg/l“, so Oehlke. Das bringe große Energieeinsparungen. Die jährlichen Energieeinsparungen betragen 500.000 bis 700.000 kWh bei gleichzeitiger Einhaltung der Ablaufwerte dank der Prozesswasseranlage.

Das Restwasser geht wieder in die Kläranlage. Stickstoff wird zu 80–90 % entfernt. Gleichzeitig sei der Schlammfall gering. Über diesen freuen sich inzwischen die Betreiber von Kläranlagen in aller Welt: Mit Schlamm aus der Prozesswasserbehandlung in Heidelberg werden inzwischen Kläranlagen in Mexiko, Indien, China und

Sri Lanka geimpft. Der Schlamm, der in Heidelberg anfällt, wird im nahen Mannheim von der thermischen Restmüllverwertungsanlage (MVA) der MVV Energie AG dem dortigen Restmüll zur Verbrennung beigemischt. Aktuell baut die MVV ein Mono-Klärschlammverbrennungsanlage mit einem Drehrohrofen. Der Gesetzgeber schreibt auch vor, ab 2029 Phosphor aus dem Klärschlamm zu erschließen. In Mannheim wird dies dann über die Verbrennungsasche erfolgen.

Die Abwasserreinigung des AZV ist auf 360.000 EW ausgelegt. Tatsächlich in Anspruch genommen werden gegenwärtig ca. 300.000 EW. Die Charakteristik des Abwassers ist hier eindeutig kommunal geprägt. Es gibt wenig Großindustrie, auch wenn der erhöhte Wert an Korrosionsschutzmitteln im Abwasser gewisse Hinweise auf die wenigen Chemiebetriebe im Verbandsgebiet zulassen – ebenso wie hohe Konzentrationen an Medikamentenrückständen, die auf die Nähe der großen Kliniken und Forschungseinrichtungen

schließen lassen. „Das war auch der entscheidende Gesichtspunkt, dass wir gesagt haben, wir wollen frühzeitig nicht nur in die weitergehende Phosphorelimination investieren, sondern gleich auch in die Spurenstoffelimination, womit auch die Medikamentenrückstände gemeint sind“, erinnert sich Verbandschef Oehlke.

Aktivkohle wiederverwertet

Die End-of-Pipe-Lösung, also die Abwasserbehandlung auf der Kläranlage, sei sicherlich nicht das Beste, aber im Moment gebe es keine andere Möglichkeit, Schadstoffe direkt beim Einleiter zu behandeln oder zu entfernen. Auch wenn die Kliniken im Neuenheimer Feld eine hochkonzentrierte Einheit darstellen, so erfolgt nirgendwo eine separate Erfassung von Fäkalien, über die der meiste Eintrag an Medikamentenrückständen stattfindet. „Das geht alles in das weit verzweigte Netz der allgemeinen Kanalisation – wie auch die Abwässer der restlichen Kommune“, beschreibt der Ge-

schaftsführer die Situation am Standort. Der Blick auf die Alterspyramide allein genügt schon, um die wachsende Belastung des Abwassers mit Medikamentenrückständen und Röntgenkontrastmitteln zu erahnen.

Unter dem Stichwort vierte Reinigungsstufe gibt es in Deutschland immer mehr Kläranlagen, die vor allem mit Pulveraktivkohle (PAK) den unerwünschten Reststoffen beikommen wollen, die sich allen drei konventionellen Reinigungsstufen widersetzen. In manchen Anlagen ist eine Nachrüstung einer solchen PAK-Dosierung relativ leicht zu bewerkstelligen, allerdings hat sie gravierende Nachteile, wie Manuel Oehlke zu bedenken gibt. In der Regel werde die zugesetzte Aktivkohle mit dem Überschussschlamm wieder aus dem System geholt und über die Schlammtransportschiene und die Entwässerung entsorgt. „Damit ist die Aktivkohle dann weg“, so Oehlke. „Wir wollen die Aktivkohle im System zurückhalten, regenerieren und wiedereinsetzen können, schließlich wird sie häufig



Bild 3 50.000 t Erde mussten aus der Baugrube für das Großprojekt auf dem Gelände der Kläranlage Nord in Heidelberg ausgekoffert werden. Quelle: M. Boeckh

SEEPEx.
An Ingersoll Rand Business

WARTUNG GROSSER PUMPEN WIRD ZUR KLEINIGKEIT BIS ZU 80 % ZEIT SPAREN

Mit Rotor Joint Access und Drive Joints Access der Baureihe BNM wird die Wartung großer Standardpumpen zur Kleinigkeit. Die innovativen Wartungslösungen ermöglichen eine schnelle Wartung von Rotor, Stator und Gleitringdichtung über ein verschiebbares Gehäuseeteil. Erhebliche Zeitersparnis garantiert.

- **Maintain in Place**
Kein Entfernen von Rohrleitungen oder der gesamten Pumpe
- **Signifikante Reduktion der Wartungskosten**
Einfacher Zugang zu Verschleißteilen, ohne die gesamte Pumpe zu demontieren
- **Vorbeugende Wartung**
Regelmäßige, einfache und schnelle Inspektion der Gelenke
- **Erhöhung der Betriebszeit/Anlagenverfügbarkeit**
Schnelle Wartung der rotor- und antriebsseitigen Komponenten für einen störungsfreien Betrieb



ROTOR JOINT ACCESS



DRIVE JOINT ACCESS



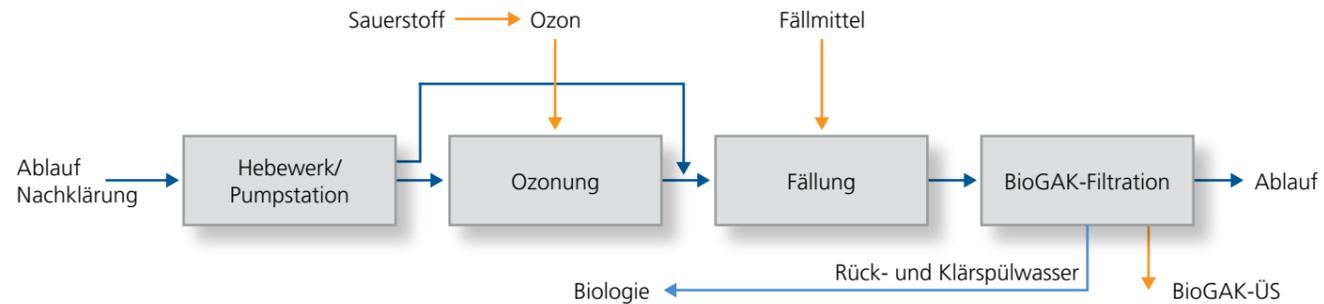


Bild 4 Die vierte Reinigungsstufe in der Kläranlage Heidelberg wird aus einem dreistufigen Prozess bestehen, der aus Ozonierung, Fällung und der biologisch aktiven BioGAK-Adsorption mit anschließender GAK-Filtration besteht. Quelle: AZV Heidelberg

aus Kokosnussschalen gewonnen und hat weite Transportwege hinter sich. Die Ökobilanz und der CO₂-Fußabdruck sind entsprechend schlecht.“

Aus diesem Grund soll künftig in Heidelberg keine Pulveraktivkohle, sondern granuliertes Aktivkohle (GAK) zum Einsatz kommen, und dies in einem dreistufigen Prozess, der aus Ozonierung, Fällung und Bio-GAK-Adsorption und Filtration besteht (Bild 4). Das mit Schadstoffen beladene Granulat soll dann bei einem externen Dienstleister mit heißem Wasserdampf regeneriert und wieder eingesetzt werden.

Der Weg hin zu dem Kombinationsverfahren war kein einfacher. In Baden-Württemberg wurden und werden vorwiegend PAK-Anlagen für die vierte Reinigungsstufe gebaut, während in der Schweiz traditionell eher Ozonierungsanlagen zum Einsatz kommen. Bei der Entscheidung für das richtige Verfahren half nun indirekt die EU-Wasserrahmenrichtlinie. Diese schreibt für das Klärwerk Nord für das Jahr 2024 schärfere Ablaufwerte für den Parameter Phosphor vor: Derzeit sind es 1 mg/l P_{ges} in der qualifizierten Stichprobe und 0,5 mg als Jahresmittelwert; künftig dürfen es nur noch 0,2 mg/l P_{ges} als Jahresmittelwert sein. „Mit unserer bisherigen Technik sind die Werte nicht zu schaffen. Es wäre notwendig gewesen, eine Filtration zu bauen. Damit hätten wir die kleinsten Teilchen, an denen noch Phosphor anhaftet, herausfiltern können. Doch für eine Filtration hätten wir keine Fördermittel erhalten“, weiß der AZV-Chef zu berichten. Der Verband hatte dann über eine Spurenstoffelimination nachgedacht, denn hier ist die Filtration auch immer ein Bestandteil. Dafür gab und gibt es öffentliche Gelder. Der AZV ging

noch einen Schritt weiter und kombinierte die Filtration mit einem Verfahren zur Spurenstoffentfernung – auch ohne rechtliche Verpflichtung.

Weitere Reinigungsstufen

So wurde beispielsweise untersucht, wieviel an bestimmten pharmazeutischen Wirkstoffen bereits mit den drei bestehenden Reinigungsstufen zu entfernen war. Offensichtlich ist es möglich, das Schmerzmittel Ibuprofen fast zu 100 % mit mechanischer plus biologischer plus chemischer Reinigungsstufe zu entfernen, bei Diclofenac sind es dagegen nur 16 %. Setzt man hier allerdings noch eine Ozonierung ein, klettert der Wert auf nahezu 100 %. Bei Röntgenkontrastmitteln und bei Korrosionsschutzmitteln im Abwasser ist die Wirkung von Ozon aber weit weniger deutlich. Vergleichbare Untersuchungen wurden

nun nach Zugabe von Aktivkohle durchgeführt. Das Ergebnis: Bei manchen Substanzen war Ozon im Vorteil, bei anderen war es Aktivkohle.

Der naheliegende Gedanke, beide Verfahrensschritte zu kombinieren, wurde bereits in der Schweiz in der Abwasserreinigungsanlage Altenrhein realisiert. „Diese haben wir uns zum Vorbild genommen“, so Manuel Oehlke. Hier wird künftig die Ozonierung mit der Adsorption der Spurenstoffe an biologisch aktiver und granulierter Aktivkohle (BioGAK) kombiniert – ein sehr innovatives Verfahren.

Die Spurenstoffelimination erfolgt sowohl bei der Ozonierung als auch in der nachgeschalteten BioGAK-Filtration. Durch einen Fällmittelreaktor wird der gelöste Phosphor in Partikel überführt (Phosphorelimination). In der BioGAK-Filtration werden die Phosphorflocken zurückgehalten und weitere Verbindungen oxidiert, die durch

Vorteile bei der Spurenstoffelimination ...

- + sehr geringe Beeinflussung der bestehenden Kläranlage,
- + kaum Reststoffe aus der Spurenstoffelimination,
- + erhöhte Reinigungsleistung durch den Einsatz von BioGAK,
- + Kombination von Ozon und BioGAK führt zu deutlich reduzierter Ozonkonzentration und zu erhöhten Standzeiten der GAK; eine reduzierte Ozonkonzentration wiederum sorgt für einen geringeren Strombedarf und damit für niedrigere Betriebskosten,
- + Röntgenkontrastmittel werden verstärkt durch GAK eliminiert,
- + der gesamte Abwasserstrom wird über die BioGAK geführt,
- + Wasserwiederverwendung durch Keimreduktion denkbar.

... und deren Nachteile

- Metaboliten der Ozonierung müssen in einer nachgeschalteten Stufe biologisch abgebaut werden (hier im biologisch aktiven GAK-Filter),
- BioGAK-Filter muss auf Mikroschadstoff-Durchbruch kontrolliert werden.

die biologische Aktivität bei der Ozonierung verfügbar gemacht wurden. Durch die Rückspülung der BioGAK-Kammern werden die zurückgehaltenen Partikel als Überschussschlamm entnommen und vor den Vorklärbecken dem Zulauf zugegeben. Das Aktivkohlegranulat ist ortsfest und wird von Abwasser durchströmt. Wenn die Aktivkohle zu hoch belastet ist, wird sie ausgetauscht. Vorgesehen sind für diese Art von Batchbetrieb 18 parallel angeordnete GAK-Filter.

Überschaubare Abwassermehrkosten

Der Gesetzgeber wird, sobald die Anlage steht und eingefahren ist, ein Anforderungsprofil für die zu erzielende Reinigungsleistung erstellen. Voraussichtlich müssen mindestens 80 % der Spurenstoffe, nachweisbar als Summenparameter, entfernt werden. Allerdings rechnet der Verband bei einzelnen Spurenstoffen von Werten von bis zu 99 %. Für die weitere Zukunft sieht sich der AZV gut gerüstet. Sollte es in Zukunft darum gehen, in einer weiteren Reinigungsstufe multiresistente Keime aus dem Abwasser zu entfernen, könnte das mit der Ozonreinigung oder auch mit einer UV-Bestrahlung, wie man sie aus der Trinkwasseraufbereitung kennt, gut möglich sein.

Da in Deutschland Investitionen in die Abwasserbehandlung nicht über Steuern, sondern über die Abwassergebühren des zuständigen Abwasserverbands finanziert werden, wird die 50-Mio.-€-Investition



Bild 5 Die Modernisierung der Heidelberger Kläranlage wird die monatlichen Abwassergebühren voraussichtlich um rund 1 € pro Einwohner erhöhen. Quelle: M. Boeckh

für die vierte Reinigungsstufe zu Gebührenerhöhungen führen. Nach Abzug des 10-Mio.-€-Zuschusses durch das Land Baden-Württemberg werden die verbleibenden 40 Mio. € je nach Gewerk unterschiedlich abgeschrieben und über die Abwassergebühren refinanziert. „Bei einer gebührenfähigen Abwassermenge von 11.500.000 m³ Wasser jährlich und einem durchschnittlichen Abwasseraufkommen von 45 m³/EW*a haben wir Mehrkos-

ten von 13,40 €/EW*a errechnet“, stellt Manuel Oehlke klar. „Das sind monatlich ca. 1,10 € pro Einwohner. Der Preis sollte uns die deutlich verbesserte Wasserqualität unseres Abwassers wert sein.“

■ **Manuel Oehlke**
Geschäftsführer
Abwasserzweckverband Heidelberg
manuel.oehlke@azv-heidelberg.de
www.azv-heidelberg.de

Die DEMON-Anlage

Bei dem DEMON-Verfahren handelt es sich um ein biologisches Verfahren zur Behandlung hoch stickstoffhaltiger Prozesswässer, die bei der Entwässerung von Klärschlamm anfallen. Spezielle Bakterien sorgen hier für den Abbau des Stickstoffs.

Ursprünglich wurden Abwässer aus der Klärschlammwässerung, deren Stickstoffgehalt um bis zu 30-mal höher liegt als beim normalen Abwasser, wieder ins Großklärwerk zur erneuten Reinigung eingeleitet. Das DEMON-Verfahren nutzt den Stoffwechselprozess der Deammonifikation, bei dem Ammonium mit Nitrit direkt zu molekularem Stickstoff umgesetzt wird. Für diesen Prozess sind einige Eigenschaften des Prozesswassers wie die hohe Temperatur und eine hohe Ammoniumkonzentration vorteilhaft. Um den Prozess optimal zu gestalten, werden die Reaktoren intermittierend belüftet.

Neben dem Verzicht auf den Einsatz von Kohlenstoff hat die DEMON-Anlage ein weiteres Plus: Durch dieses Verfahren sinkt auch der Energieverbrauch gegenüber herkömmlichen biologischen Verfahren um etwa 60 %. Die Stickstoff-Elimination liegt mit 90 % deutlich über der geforderten und garantierten Mindestabbauleistung von 80 %.

Charakteristische Anlagengrößen und Daten:

- Reaktorvolumen 2 x 550 m³
- Installierte Gebläseleistung 2 x 480 Nm³/h
- Durchsatz (Auslegung) 320 m³/d
- Durchsatz (maximal) 480 m³/d
- Ammonium-Stickstoff im Zulauf 1.050 mg/l
- Gesamt-Stickstoff im Ablauf < 150 mg/l
- mittlerer spezifischer elektrischer Energiebedarf 1,3 kWh/m³
- Reinigungsleistung N_{ges}: 86%
- Reinigungsleistung (NH₄-N): 90 %