

SYNDICAT INTERCOMMUNAL  
DE DÉPOLLUTION DES  
EAUX RÉSIDUAIRES DU NORD



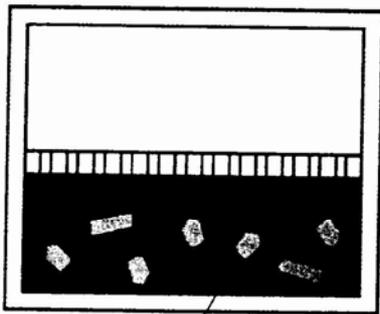
Jetzt weiß ich,  
wie man Abwasser reinigt damit es  
unserer Umwelt besser geht –  
Ihr auch?



# SO WIRD KOMMUNALES ABWASSER GEREINIGT

**D**ie Abwasserreinigung ist in den letzten Jahren sehr aufwendig geworden und erfolgt in verschiedenen Einzelschritten. Eine Kläranlage entspricht im Prinzip einer „Fabrik“, die sauberes Wasser produziert. In diesem umfangreichen Prozeß werden neben mechanischen auch biologische und chemische Verfahren eingesetzt.

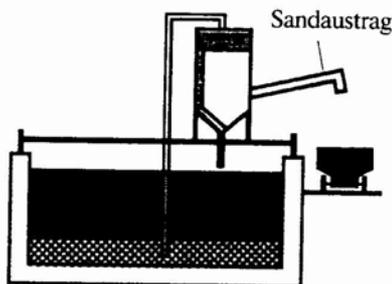
## Rechen



Grobstoffe

Größere Inhaltsstoffe werden aus dem Abwasser z. B. durch einen Rechen oder ein Sieb schon im Zulaufgerinne entnommen. An dieser Stelle im Klärwerk wird sichtbar, wieviel Abfall immer noch fortgespült wird, der nicht in eine Kanalisation gehört.

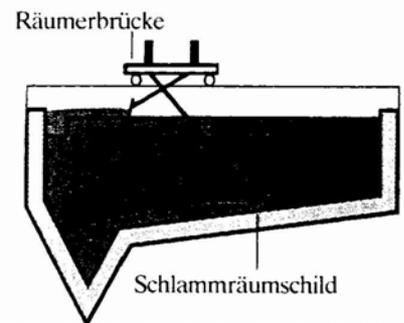
## Sandfang



**D**er Sandfang läßt das Abwasser langsamer fließen, wodurch schwere Stoffe wie mitgeführte Sandpartikel und Kies absinken. Das Sandfanggut wird regelmäßig geräumt und entsorgt.

Beim belüfteten Sandfang wird Druckluft zum Auftreiben von Fett- und Schwimmstoffen eingesetzt, die dann mittels eines Fettfanges entfernt werden

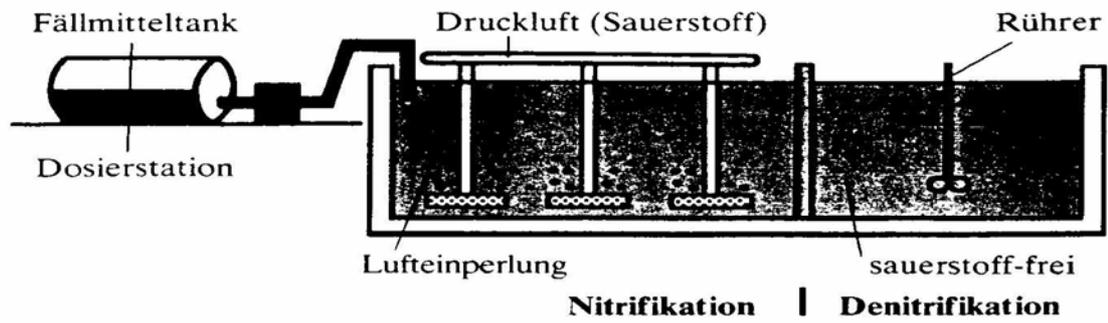
## Vorklärbecken



**D**as Vorklärbecken trennt langsamer absinkende Feststoffe vom durchfließenden Wasser. Noch vorhandene aufschwimmende Stoffe werden ebenfalls zusammengesoben und abgesaugt. Der abgesunkene wie der aufschwimmende Schlamm wird später der Schlammbehandlung zugeführt (Primärschlamm).

Hiermit ist die mechanische Abwasserreinigung abgeschlossen. Das Abwasser enthält jetzt in gelöster Form noch etwa zwei Drittel seiner Gesamtverschmutzung.

## Belebungsbecken



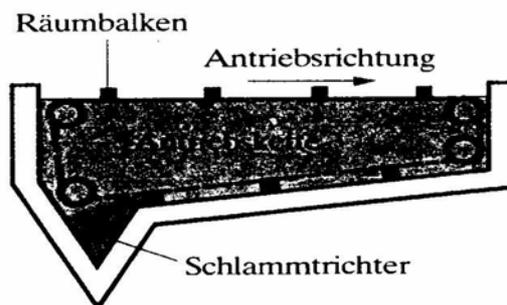
**D**as mechanisch vorgereinigte Abwasser fließt in das Belebungsbecken der biologischen Reinigungsstufe. Dort bauen Kleinstlebewesen, z. B. Bakterien, die im sogenannten Belebtschlamm (Flocken von organischen Teilchen) enthalten sind, die gelösten und feinzerteilten organischen Schmutzstoffe des zugeführten Abwassers ab. Die Mehrzahl der Bakterien braucht hierfür Sauerstoff. Dieser wird z. B. über eine Druckbelüftung in das Becken geblasen oder durch installierte Rotoren, Kreisel oder Bürsten in das Wasser hineingeschlagen. Damit dem Abwasser die Nährstoffe entzogen werden, werden zur Phosphat-reduzierung Fällmittel dazu dosiert und zur Stickstoffelimination neben dem belüfteten Bereich in einem separaten Beckenabschnitt eine sauerstoff-freie Zone eingerichtet

Die Vorgänge im Belebungsbecken entsprechen den Selbstreinigungsmechanismen der natürlichen Gewässer, mit dem Unterschied, daß diese hier durch die hohe Organismendichte in viel stärkerem Maße als in der Natur ablaufen. Um diese hohe Organismendichte im Belebungsbecken zu erhalten, wird ein Teil der sich in der Nachklärung absetzenden Schlamm- bzw. Bakterienmasse immer wieder in das Belebungsbecken zurückgeführt (Rücklaufschlamm).

Ein anderes biologisches Reinigungs-verfahren ist der Tropfkörper

Hier wird das Abwasser über Kunststoffflächen oder Steinbrocken verrieselt. Die Mikroorganismen siedeln sich als „biologischer Rasen“ auf deren Oberfläche an und sorgen hier für die biologische Abwasserreinigung.

## Nachklärbecken

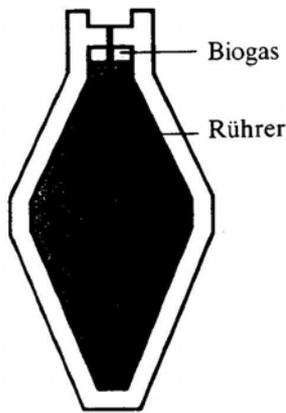


**I**m anschließenden Nachklär-becken werden die Bakterien als Belebtschlammflocken vom gereinigten Abwasser getrennt. Nachklärbecken arbeiten physikalisch wie die Vorklärbecken, d.h. der Belebtschlamm setzt sich ab. Der nicht in das Belebungsbecken zurückgepumpte Schlamm (Sekundärschlamm) wird

wie der Primärschlamm der Schlamm-behandlungsanlage zugeführt. In solchen Anlagen der mechanisch-biologischen Abwasserreinigung werden die im Abwasser gelösten Kohlenstoffverbindungen soweit abgebaut, daß nur noch ein ganz kleiner Prozentsatz über den Kläranlagen-ablauf ins Gewässer gelangt.

# WIE WIRD DER SCHLAMM BEHANDELT

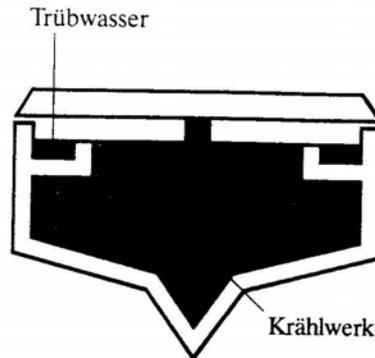
## Faulturm



**D**er bei der mechanischen, biologischen und weitergehenden Abwasserbehandlung anfallende Schlamm hat einen hohen Wasseranteil von 96 bis 99%. Um das Volumen der Faulbehälter und die Energie zum Aufheizen des Schlammes gering zu halten, wird der Schlamm im Eindicker vorentwässert.

Der vorentwässerte Schlamm wird in den Faulbehälter gepumpt und verbleibt dort in der Regel 20 Tage bei etwa 37°C. Hier wird er durch Bakterien anaerob, d. h. ohne Sauerstoff, zersetzt.

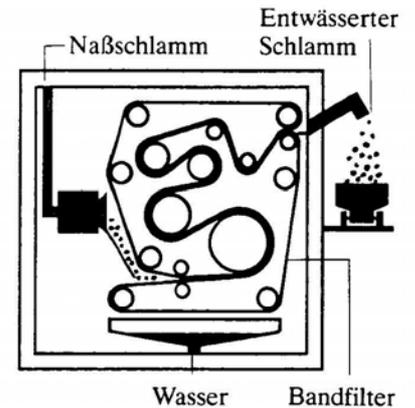
## Vor- bzw. Nacheindicker



**B**eim Faulprozeß entsteht unter Luftabschluß u. a. Methangas. Das Methan wird als wichtige Energiequelle im Klärwerk genutzt.

Der ausgefaulte Schlamm ist praktisch geruchlos, enthält aber immer noch einen hohen Wasseranteil. Deshalb wird nochmals im Nacheindicker mit Hilfe der Schwerkraft Wasser vom Schlamm abgetrennt.

## Schlamm-entwässerung



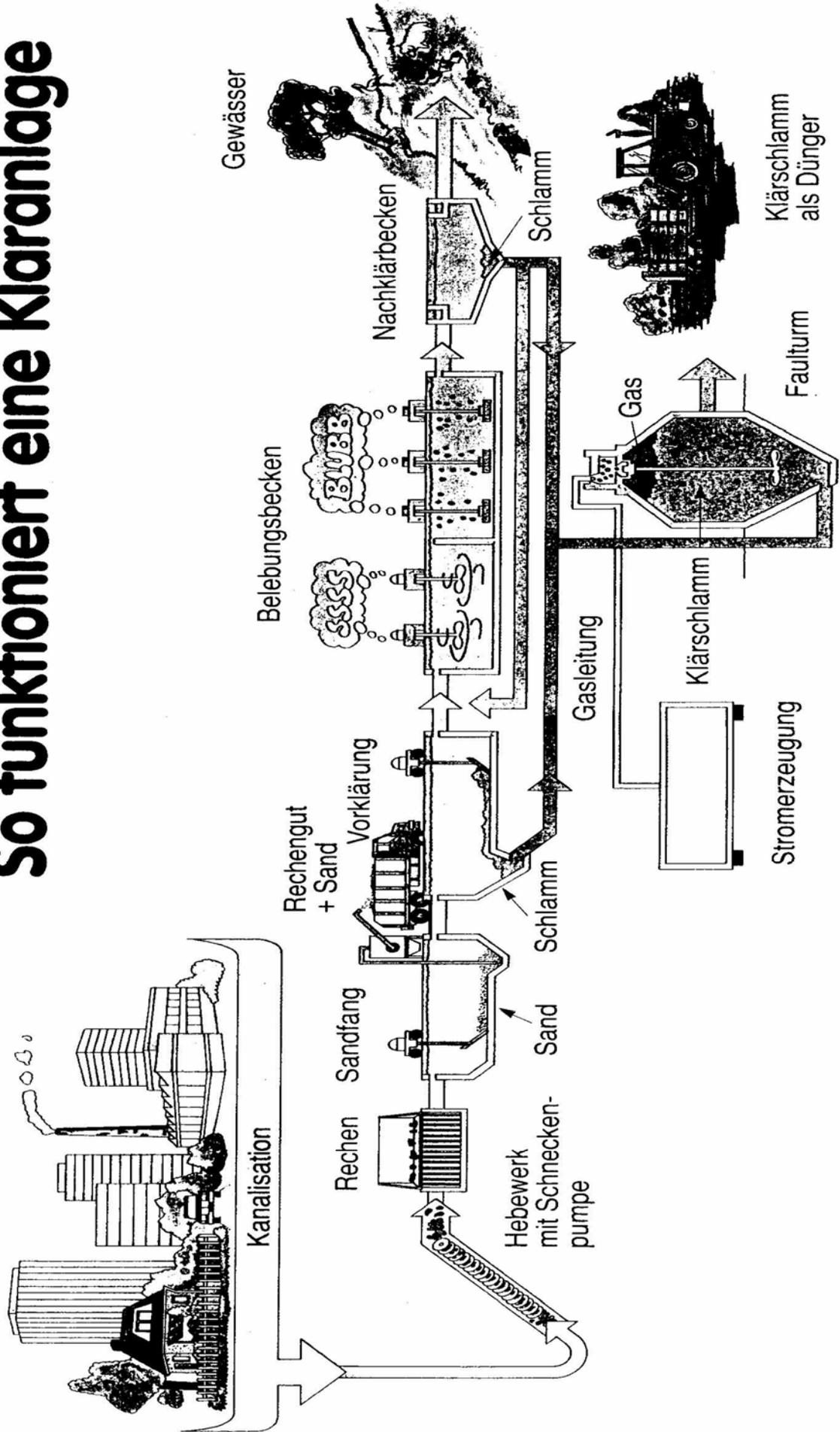
Beispiel Siebbandpresse

**I**n vielen Fällen wird der Schlamm noch weiter durch Siebbandpressen, Kammerfilterpressen und Zentrifugen entwässert. Zur weiteren Volumenreduzierung wird oft eine Schlamm-trocknung und evtl. auch eine Verbrennung nachgeschaltet.

**D**ie Klärschlamm Entsorgung stellt ein wachsendes Umweltproblem dar. Wenn die Schadstoffgehalte im Klärschlamm den Anforderungen der Klärschlammverordnung genügen, kann eine Verwertung der Klärschlämme in der Landwirtschaft erfolgen. Hierdurch kann insbesondere aufgrund der im Klärschlamm enthal-

ten Nährstoffe der Einsatz von Mineraldünger reduziert werden. Wo keine landwirtschaftliche Verwertung möglich ist, wird der Klärschlamm überwiegend deponiert. Zukünftig sollen die Schlämme verbrannt werden. Bei der Verbrennung sind die gesetzlichen Anforderungen zur Luftreinhaltung einzuhalten und eine Entsorgung der Reststoffe sicherzustellen.

# So funktioniert eine Kläranlage



# FACHAUSDRÜCKE

- Abwasser:** Abwasser ist verschmutztes Wasser.
- Abwasserkanal:** Rohrleitung, in der das verschmutzte Wasser zur Kläranlage fließt.
- Belebungsbecken:** Becken der biologischen Reinigung, in dem Kleinstlebewesen die organischen Verschmutzungen im Abwasser abbauen.
- Faulturm:** Behälter, in denen der Klärschlamm mit Hilfe von Bakterien verringert wird. Es entsteht dabei Gas, mit dem Strom erzeugt werden kann.
- Hebwerk:** Hebwerk ist ein anderes Wort für Pumpwerk. Bei der Abwasserreinigung werden meistens Schneckenpumpen eingesetzt, da diese nicht so schnell verstopfen.
- Klärschlamm:** Bei der Abwasserreinigung fällt in der Vor- und Nachklärung Schlamm an. Dieser kann, da er viele Nährstoffe enthält, unter bestimmten Voraussetzungen in der Landwirtschaft als Dünger verwendet werden.
- Nachklärbecken:** Hier wird das gereinigte Abwasser vom Schlamm mit den Kleinstlebewesen getrennt. Das gereinigte Wasser fließt in Flüsse und Bäche, ein Teil des Schlammes wird zurück in das Belebungsbecken gepumpt, der Rest kommt in den Faulturm.
- Rechen:** Einrichtung mit parallel angebrachten Stäben. Hier wird der grobe Schmutz zurückgehalten und aus dem Abwasser herausgeholt.
- Sandfang:** Becken, in dem der Sand absinkt und dann vom Boden entfernt wird.
- Vorklärbecken:** In dieser mechanischen Stufe der Abwasserreinigung soll der Schmutz als Klärschlamm zu Boden sinken.

# eist Waasser

## Die Abwasserreinigung

Je nach den Erfordernissen kann die Abwasserreinigung folgende Stufen begreifen:

**1. Mechanische Klärung:** Nur die absetzbaren Stoffe werden hierbei aus dem Abwasser entfernt.

**2. Biologische Reinigung:** Die im Abwasser echt oder kolloidal gelösten, vor allem organischen Stoffe werden abgebaut. Bei entsprechender Belüftung und genügend grossen Becken wird es auch möglich, den in Gewässern stark sauerstoffzehrenden Ammoniak-Stickstoff in den weniger gefährlichen Nitrat-Stickstoff umzuwandeln. Die biologische Reinigung verläuft, wie die natürliche Selbstreinigung der Gewässer, mit Hilfe von Mikroorganismen, besonders Bakterien, Pilze sowie Wimper- und Rädertierchen. Sie bauen die gelösten Inhaltsstoffe ab und verwenden sie zum Aufbau eigener Zellsubstanz sowie zur Erzeugung von Energie für ihre Lebenstätigkeiten. Der Bildung von Zellsubstanz entspricht eine Umwandlung der gelösten Stoffe in festes, absetzbares Material.

**3. Weitergehende Reinigung:** Die zweistufige mechanisch-biologische Reinigung kann nur einen Teil der Nährstoffe, Phosphor und Stickstoff, die im Abwasser vorhanden sind, abbauen. Will man die Eutrophierung des Vorfluters in Grenzen halten, so kann als dritte Reinigungsstufe die Phosphor- und/oder Stickstoff Elimination zugeschaltet werden.

### Einwohnergleichwerte in verschiedenen Bereichen

| Bereich               | Zugrunde gelegte Einheit | EGW         |
|-----------------------|--------------------------|-------------|
| Molkerei ohne Käserei | 1.000 l Milch            | 25 - 70     |
| Molkerei mit Käserei  | 1.000 l Milch            | 45 - 230    |
| Obstbrennerei         | 1 l 100% Alkohol         | 10 - 15     |
| Brauerei              | 1.000 l Bier             | 150 - 350   |
| Weinkellerei          | 1.000 l Wein             | 70 - 180    |
| Schlachthof           | 1 Rind = 2,5 Schweine    | 20 - 200    |
| Zuckerfabrik          | 1 t Rüben                | 45 - 70     |
| Papierfabrik          | 1 t Papier               | 200 - 900   |
| Rinderhaltung         | 1 Rind                   | 5 - 10      |
| Schweinehaltung       | 1 Schwein                | 3           |
| Geflügelfarm          | 1 Henne                  | 0,12 - 0,25 |
| Camping               | 1 Zeltplatz              | 2           |
| Hotelwesen            | 1 Bett                   | 1           |
| Speiselokale          | 1 Stuhl                  | 1           |

### Die mechanische Reinigung

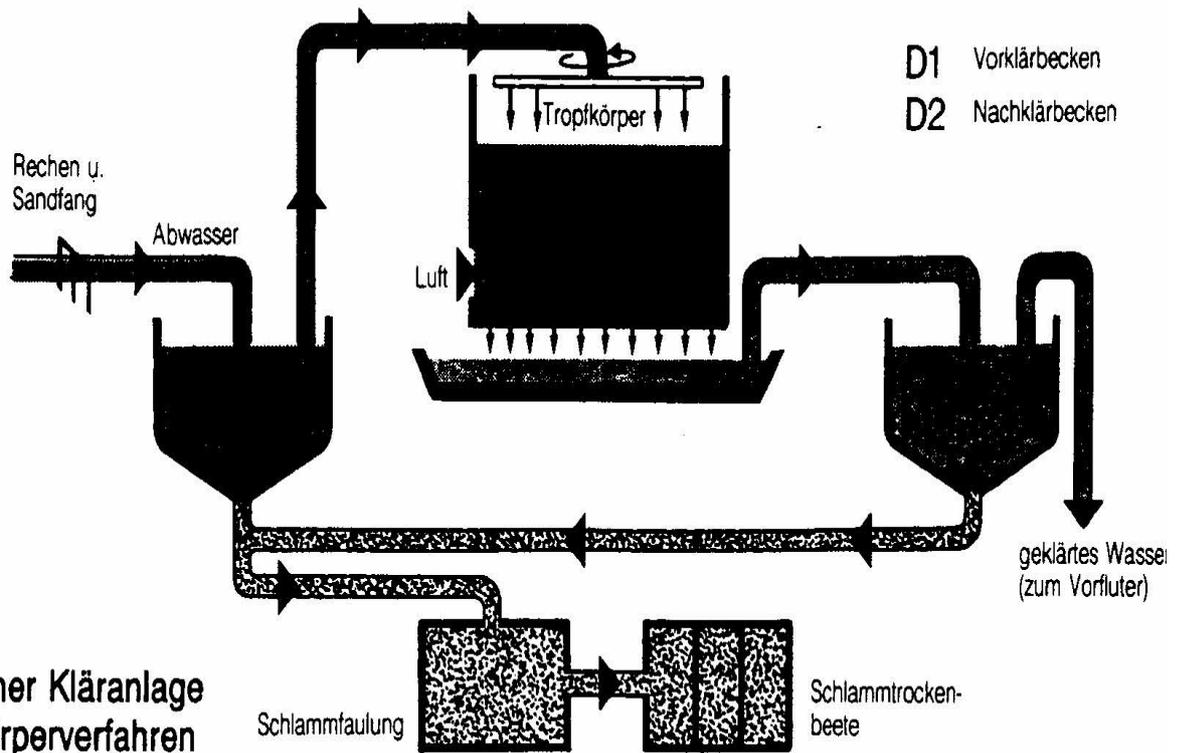
Sie begreift:

**1. den Rechen:** Er hält grobe Abfälle (Holz, Lumpen, Büchsen, Gemüsereste usw.) zurück, die anschliessend einer geordneten Deponie oder der Müllverbrennungsanlage zugeführt werden.

**2. den Sandfang:** Hier wird die Fließgeschwindigkeit des einlaufenden Abwassers verringert, so dass der eingeschwemmte Sand, der den Betrieb der Kläranlage stört, sich absetzen kann.

**3. den Oel- und Fettabscheider:** Enthält das Abwasser oft Oele und Fette, so wird der Einbau eines Oel- und Fettabscheiders unumgänglich, da sie die biologische Reinigung stören und nicht in den Vorfluter gelangen dürfen. Sie sammeln sich an der Oberfläche und werden dann abgeräumt.

**4. das Absetzbecken oder Vorklärbecken:** Die feineren Feststoffe, die weder im Rechen noch im Sandfang zurückgehalten worden sind, setzen sich hier ab; es bildet sich Schlamm, der anschliessend der Schlammbehandlung zugeführt wird. Die mittlere Verweildauer des Abwassers im Vorklärbecken beträgt etwa 2 Stunden. Die absetzbaren Stoffe machen nur einen Teil der Gesamtverschmutzung aus. Gemessen am BSB-5 kann mit mechanischen Anlagen nur eine Reinigungswirkung von etwa 30% erzielt werden.



**Schema einer Kläranlage mit Tropfkörperverfahren**

## Die biologische Reinigung

Bei der biologischen Reinigung verwendet man zwei verschiedene Verfahren:

**a) das Tropfkörperverfahren** (procédé du lit bactérien): Der Tropfkörper ist ein mit etwa faustgrossen Steinbrocken gefüllter Behälter. Auf diesen Steinen haben sich die Mikroorganismen angesiedelt; sie bilden den biologischen Rasen. Das vorgeklärte Abwasser wird mit einem Drehsprenger über dem Tropfkörper versprüht und rieselt durch ihn hindurch. Luft kann von oben oder von unten zugeführt werden. Im letzteren Fall strömt sie durch die Tropfkörpermassen nach oben dem Abwasser entgegen. Beim Durchrieseln wird das Abwasser biologisch gereinigt; es enthält eine (teilweise abgestorbene) Bakterienmasse, die sich im Nachklärbecken als Schlamm absetzt.

**b) das Belebtschlammverfahren** (procédé des boues activées): Bei diesem Verfahren leben die Mikroorganismen frei in einem Becken, in das Luft eingeblasen wird (Belüftungsbecken

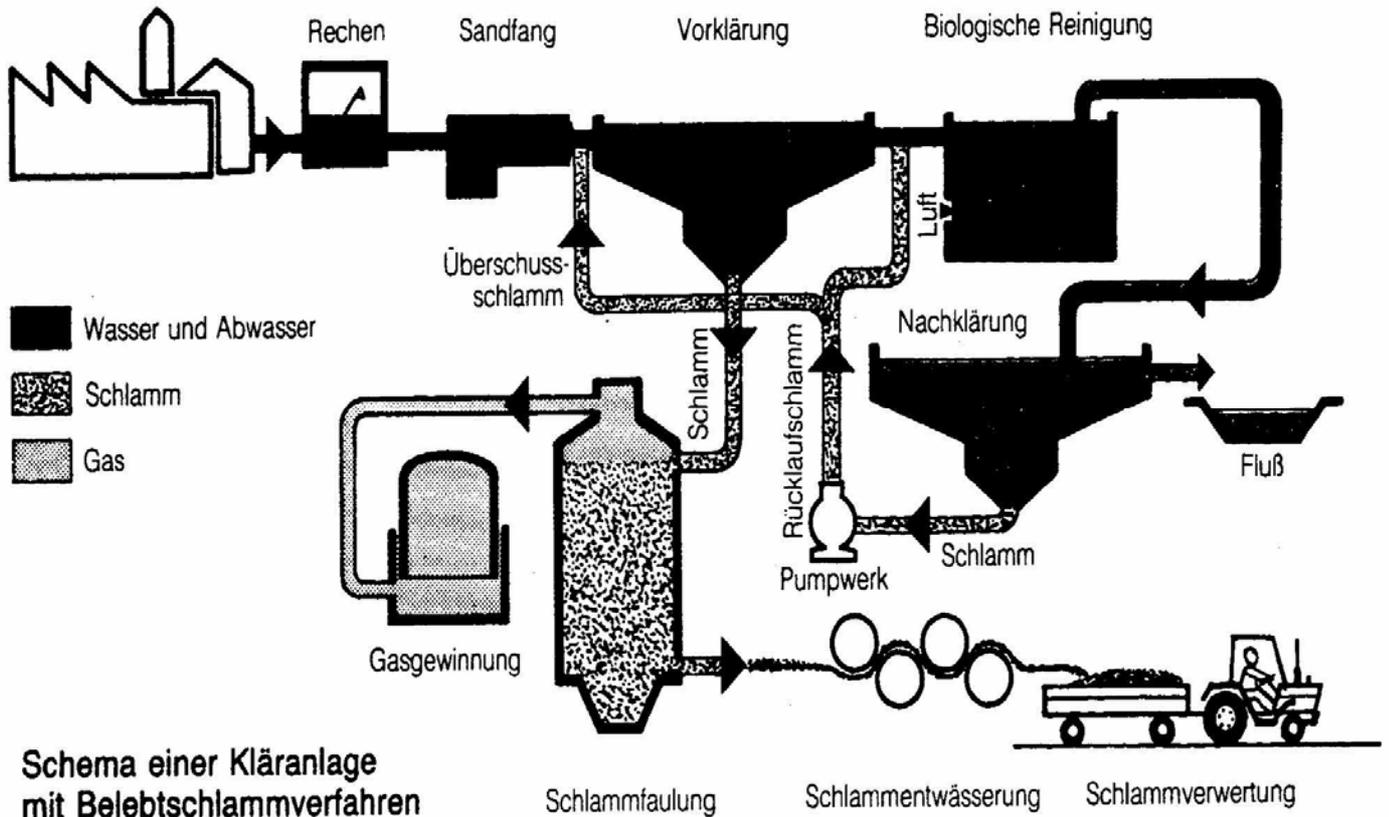
oder Belebungsbecken); dies geschieht entweder durch rotierende Bürstenwalzen, Belüftungskreisel oder durch Gebläse. Zusammen mit den Schmutzteilen bilden die Mikroorganismen einen flockigen Schlamm (Belebtschlamm). Durch die Belüftung wird er ständig in Bewegung gehalten und mit genügend Sauerstoff versorgt, so dass immer neue Schmutzstoffe erfasst und abgebaut werden.

Das biologisch gereinigte Wasser fliesst in ein Nachklärbecken wo der Belebtschlamm sich absetzt und das gereinigte Abwasser über eine Ueberfallkante in den Ablaufkanal zum Vorfluter geleitet wird. Beim Belebtschlammverfahren wird der abgesetzte Schlamm grösstenteils ins Belüftungsbecken zurückgeführt (Rücklaufschlamm) und dort wiederverwendet; der Rest, auch Ueberschuss-Schlamm genannt, wird als Frischschlamm der Schlammbehandlung zugeführt.

Das Abwasser verbleibt je nach Verfahren zwischen 4 bis 12 Stunden in der biologischen Klärstufe und die Reinigungsleistung beträgt bis zu 95% bezogen auf BSB5-Abbau.

Sehr beliebt in kleinen Gemeinden sind Systeme die in einem kompakten Bauwerk alle Anlageteile einer mechanisch-biologischen Kläranlage in sich vereinigen. Eine bedeutende Vereinfachung der baulichen Anlagen wird erreicht durch den sogenannten Oxydationsgraben der ab Beginn der sechziger Jahre viel in kleinen Gemeinden eingesetzt wurde und sich als sehr brauchbar erwiesen hat. Diese biologische Anlage, die auf eine Vorreinigung verzichtet, ist extrem schwach belastet mit Belüftungszeiten bis zu 3 Tagen, so dass auch Abwasserstösse gut verarbeitet werden können.

Neuerdings wird auch wieder auf ein an und für sich sehr altes Verfahren zurückgegriffen, die biologische Reinigung in Abwasserteichen. Im Gegensatz zur Belebtschlammanlage mit künstlicher Belüftung geschieht hier die Sauerstoffaufnahme auf natürlichem Wege über grosse Wasseroberflächen, bis zu 20 m<sup>2</sup> pro EGW. Wegen des sehr grossen Platzbedarfs eignen sich die Abwasserteiche nur für ländliche Gemeinden mit höchstens 300 Einwohnern.



**Schema einer Kläranlage mit Belebtschlammverfahren**

### Die weitergehende Reinigung

Pro Einwohner werden dem Abwasser täglich 4 g Phosphor (Phosphate), davon ungefähr die Hälfte als Polyphosphate aus Wasch- und Spülmitteln, und 15 g Stickstoff (Eiweiss, Harnstoff) zugeleitet. Beide Stoffe sind Nährsalze mit Düngerwirkung die zu Algenwuchs und Verkrautung im Vorfluter führen können. Stickstoff, der im Abwasser meistens in Form von Ammonium vorkommt, kann des weiteren während der warmen Jahreszeit zu bedeutender Sauerstoffzehrung im Vorfluter führen (Nitrifikation), die umso stärker in Erscheinung tritt als die konkurrierende Zehrung der organischen Belastung durch biologische Klärung beseitigt ist; Ammonium kann zudem noch äusserst toxisch für Fische werden.

Bei der herkömmlichen biologischen Reinigung werden sowohl Phos-

phat als auch Stickstoff nur zu je etwa 30% entfernt. Bei genügend grossen Belebungsbecken kann Ammonium zwar bis zu dem für Fische nicht mehr giftigen Nitrat durchoxidiert werden, während zur weitergehenden Phosphatelimination auf chemische Fällmittel wie Eisenchlorid zurückgegriffen werden muss. Bei dieser sogenannten Simultanfällung, wo das Fällmittel in das Belüftungsbecken beigemischt wird und der gebildete Eisenphosphatschlamm zusammen mit dem abgesetzten Belebtschlamm anfällt, hat man in der Regel einen Wirkungsgrad von 90 - 95%.

Von unseren Flüssen sind hauptsächlich die Alzette und die Untersauer eutrophiegefährdet. Die Verkrautung hat in den letzten Jahren umso stärker zugenommen als das Flusswasser, dank dem konsequenten Bau von biologischen Reinigungsanlagen, sauberer geworden ist und somit ein tieferes Eindringen des zum Pflanzenwuchs uner-

lässlichen Sonnenlichts ermöglicht. Es ist vorgesehen alle Grosskläranlagen entlang der beiden Flüsse mit Simultanfällungsanlagen zu versehen, wobei die Anlagen von Esch/Schiffingen und Betsenburg zur Zeit schon ausgerüstet sind. Auch wird noch studiert welche Kläranlagen zwecks Stickstoffelimination vergrössert werden müssen.

Viel stärker als die Fliessgewässer ist allerdings die Talsperre in Esch/Sauer von Eutrophieerscheinungen betroffen. Durch die vergleichsweise sehr viel längere Verweildauer des Wassers in dem Becken und die grosse, der Sonneneinstrahlung ausgesetzte Wasseroberfläche, führen hier weitaus geringere Phosphatkonzentrationen als bei Fliessgewässern schon zu starker Ueberdüngung mit Algenblüten. Aus diesem Grunde sollen alle, zum Teil noch zu bauenden, Kläranlagen der 24 Ortschaften aus dem luxemburgischen Sauerzugsgebiet mit Phosphatfällung nachgerüstet werden.

## Schlammbehandlung und -verwertung

Frischer Schlamm aus Vor- und Nachklärbecken würde rasch in Fäulnis übergehen und zu sehr starken Geruchsbelästigungen führen. Es ist also unerlässlich ihn vor seiner definitiven Entsorgung zu stabilisieren. Zu diesem Zweck wird er bei grossen Anlagen in einen beheizten Faulraum gepumpt, wo er etwa einen halben Monat lang verbleibt. Während seines Aufenthaltes wird er von Fäulnisbakterien unter Ausschluss von Sauerstoff zersetzt, wobei Biogas mit einem Methangehalt von etwa 70% entsteht, das zum Heizen und zur Stromerzeugung benützt werden kann. Ausgehend von einem spezifischen Anfall von ca 12 Litern pro EGW und Tag errechnet sich die tägliche Biogasproduktion der Kläranlagen in Luxemburg zu rund 7.500 m<sup>3</sup>.

Bei anderen Kläranlagen weist das Vorklärbecken einen tiefliegenden unbe-

heizten Schlammfaulraum auf (z.B. Kläranlage Echternach), wo der Schlamm einige Monate lang ausfaulen und sich stabilisieren kann. Sein Volumen verringert sich hierbei um rund 85%. Das sich bildende Gas wird nicht aufgefangen.

Kleine biologische Kläranlagen verfügen fast nie über Faulanlagen da der Schlamm hier in den meist sehr gross ausgelegten Belüftungsbecken aerob stabilisiert wird.

Der ausgefaulte oder sonstwie stabilisierte Schlamm wird schlussendlich entwässert. In kleinen Anlagen geschieht dies auf Trockenbeeten, in grösseren Klärwerken wird die Entwässerung maschinell mittels Zentrifugen oder Pressen vorgenommen.

Die Entsorgung des Klärschlammes muss in einer Art und Weise geschehen, die weder den Boden noch das Grundwasser belastet. Das einfache Ablagern auf einer Deponie ist hierbei die sicher-

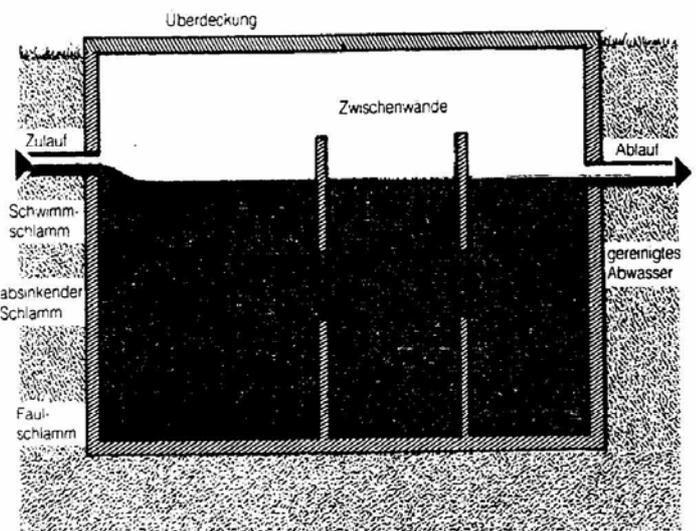
lich ungünstigste Methode. Sinnvoller ist die Verwertung des Klärschlammes in der Landwirtschaft wo er als phosphor- und stickstoffhaltiger Dünger, vor allem aber als Bodenverbesserer entweder direkt oder, noch besser, nach Kompostierung eingesetzt werden kann. Ueblich sind hierbei Gaben von 10 - 15 m<sup>3</sup>/Jahr und ha sofern die gesetzlich vorgeschriebenen Höchstwerte an Schwermetallen nicht überschritten werden. Da Klärschlamm pathogene Keime sowie Eier von Darmparasiten enthalten kann ist er für den Gemüseanbau nicht geeignet.

Erfahrungsgemäss fallen in einer biologischen Kläranlage pro Tag und pro EGW etwa 250 g entwässerter Klärschlamm mit einem Trockensubstanzgehalt von 20% an. Landesweit entspricht das einer Menge von annähernd 150 Tagedonnen die derzeit zu ungefähr 70% auf landwirtschaftlich genutzte Flächen gebracht werden. Ein ziemlich grosser Teil wird also noch ungenutzt zur Deponie gebracht.

## Wann sind Hauskläranlagen erforderlich?

Eine Hauskläranlage (fosse septique) muss eingerichtet werden, wenn kein Kanalanschluss vorhanden ist, wie das bei entlegenen Wohngrundstücken der Fall ist, oder wenn zwar ein Kanal, aber keine zentrale Kläranlage zur Verfügung steht. Eine Hauskläranlage besteht aus zwei oder mehreren Absetzkammern.

Durch die Hauskläranlage sind alle Haushaltsabwässer zu leiten, also auch die Waschwässer und nicht nur, wie oft angenommen wird, nur die Abort- und Küchenabwässer. Nicht angeschlossen werden darf hingegen das Regenwasser. Der Ablauf einer Hauskläranlage mündet normalerweise in einen Ortskanal oder einen Vorfluter. Ist diese Anschlussmöglichkeit nicht gegeben kann er auch über ein System aus Drainageröhren in den Untergrund verrieselt werden, sofern dieser durchlässig ist und nur dann wenn keine Gefahr der Grundwasserverseuchung besteht. Nur bedingt zulässig sind Sickerschächte (puits perdus). Eine Hauskläranlage muss mindestens ein- bis zweimal jährlich entschlammt werden.



Längsschnitt durch eine dreikammrige Kleinkläranlage

