



Kanton Zürich
Baudirektion
AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft

Abwasser- bewirtschaftung in Betrieben

Merkblatt



1. Ziele & Zielpublikum

Diese Publikation widmet sich den wesentlichsten Fragen zum umwelt- und rechtskonformen Umgang mit *Industrieabwasser*. Dabei soll nicht allein die Entsorgung im Fokus stehen, sondern auch die Vielfalt an Nutzungsmöglichkeiten.

Die Entsorgung von Dach- und Platzwasser wird in der Richtlinie und Praxishilfe «Regenwasserentsorgung» des AWEL behandelt. Daneben gibt es weitere Merkblätter zu verschiedenen Branchen, in welchen das Thema Industrieabwasser spezifisch behandelt wird. Informationen zum Thema Ressourceneffizienz, welches auch den Aspekt Wasser miteinschliesst, finden Sie in den beiden AWEL-Merkblättern «Umwelt-Kennzahlen: Der erste Schritt zu Effizienz und Kosteneinsparungen» und «Abfallbewirtschaftung in Betrieben».

Beim Umgang mit Industrieabwasser sind unter anderem auch Aspekte der Hygiene, der Personensicherheit, der Transport-sicherheit, der Störfallvorsorge und der Luftreinhaltung zu beachten. Diese werden hier nicht behandelt.

Inhalt

1.	Ziele & Zielpublikum	2
2.	Begriffe und Klassierungen	3
2.1	Abwasser	3
2.2	Abwasser aus Industrie und Gewerbe	3
2.3	Entwässerungssysteme	3
2.4	Flüssige Abfälle	4
2.5	Stand der Technik	4
3.	Modernes Wassermanagement	5
3.1	Vermeiden	5
3.1.1	Gewässerschutzrechtliche Grundlagen im Sinne der Vermeidung	5
3.2	Vermindern	5
3.2.1	Gewässerschutzrechtliche Grundlagen im Sinne der Verminderung	5
3.3	Verwerten	6
3.3.1	Gewässerschutzrechtliche Grundlagen im Sinne der Verwertung	6
3.4	Entsorgen	7
3.4.1	Gewässerschutzrechtliche Grundlagen für die Entsorgung	7
3.4.2	Die Rolle der ARA und der Gemeinde	7
3.5	Virtuelles Wasser	7
4.	Verfahren der Abwasservorbehandlung	8
4.1	Grundsätze	8
4.2	Techniken der Abwasservorbehandlung	8
4.3	Besonders verbreitete AVA	10
4.3.1	Neutralisationsanlagen	10
4.3.2	Leichtflüssigkeits- bzw. Mineralöl-abscheider	11
4.3.3	Fettabscheider	11
4.3.4	Spaltanlagen	12
4.4	Allgemeine gesetzliche Anforderungen an AVA	12
4.4.1	Qualitätskontrollen	12
4.4.2	Funktionsfähigkeit	13
4.4.3	Fachwissen und Verantwortung (Art. 13 GSchV)	13
5.	Die gewässerschutzrechtliche Bewilligung	13
5.1	Unterlagen für ein Bewilligungsgesuch	13
6.	Glossar	14
	Weitere Informationen	17
	Publikationen	17
	Links und Kontaktadressen	17

Hinweis: Kursiv geschriebene Begriffe werden im Glossar (Seite 14) erläutert. Die vollständigen Titel sowie die SR- und Ordnungsnummern von Gesetzen und Verordnungen finden Sie im Kapitel «Weitere Informationen» auf Seite 17.

2. Begriffe und Klassierungen

Wasser ist ein günstiges Trägermedium für Wärme, Kälte, Schmutz, Reinigungsmittel, Rohstoffe, Produkte und Abfallstoffe. Deshalb spielt es in vielen Produktionsprozessen eine Rolle. Besonders hohe Mengen werden zum Beispiel in der chemischen und pharmazeutischen Industrie, der Papierindustrie und bei der Herstellung und Verarbeitung von Lebensmitteln eingesetzt.

Industrieabwasser darf nur mit Zustimmung der zuständigen Behörde entsorgt werden. Je grösser die Menge oder je schädlicher/konzentrierter die Schmutzstoffe, desto höher die Belastung für die Umwelt und teurer die Entsorgungskosten. Es lohnt sich also, sich mit den technischen Möglichkeiten und rechtlichen Regeln vertraut zu machen und möglichst wenig Industrieabwasser zu erzeugen beziehungsweise einzuleiten.

2.1 Abwasser

In Art. 4 Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG) vom 24. Januar 1991 gilt das durch häuslichen, industriellen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch veränderte Wasser als Abwasser. Auch das Wasser aus Sickerleitungen, Drainagen, Brunnen- und Reservoir-Überläufen oder das wegen undichter Kanalisationsleitungen stetig darin abfliessende Grundwasser fällt darunter (Fremdwasser), ebenso das von bebauten oder befestigten Flächen abfliessende Regenabwasser. Fremd- und Regenabwasser sind nicht Gegenstand der vorliegenden Publikation. Die kantonale Behörde (im Kanton Zürich das AWEL) beurteilt, ob Abwasser als *verschmutzt* oder *nicht verschmutzt* betrachtet werden muss.

2.2 Abwasser aus Industrie und Gewerbe

Der Begriff «Abwasser aus Industrie und Gewerbe» (im Folgenden Industrieabwasser genannt) beschreibt ein durch industriellen und gewerblichen Gebrauch verändertes Wasser (Abb. 1). *Industrieabwasser* muss in der Regel als Schmutzabwasser in die öffentliche *Schmutz- oder Mischabwasserkanalisation* eingeleitet werden (Art. 11 Gewässerschutzgesetz). Betriebe, welche Anhang 3.2 Gewässerschutzverordnung (GSchV) nicht einhalten können, werden verpflichtet, ihr Abwasser zusätzlich in einer eigenen betriebsinternen *Abwasser-Vorbehandlungsanlage (AVA)* vorzubehandeln.

Industrieabwässer dürfen nur mit behördlicher Zustimmung entsorgt werden. Weitere Informationen zu den Bewilligungsverfahren: S. Kap. 5.

2.3 Entwässerungssysteme

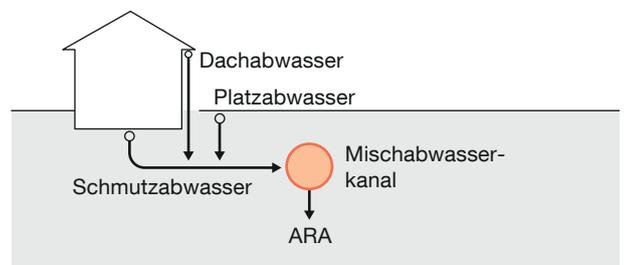
Öffentliche Kanalisationsleitungen führen das von Dächern und Plätzen abfliessende Regenabwasser direkt (seltener auch indirekt durch Versickerung) in oberirdische Gewässer ab (*Trennsystem*). Auf diesen Flächen können Fahrzeugreinigungen und Biozide für Wasserorganismen besonders fatal sein. Auf anderen Liegenschaften wird das Regenabwasser mit dem Schmutzabwasser vermischt und als Mischabwasser zur öffentlichen Kläranlage (ARA) geleitet (*Mischsystem*) (Abb. 2). Daneben existieren lokal auch modifizierte Varianten dieser beiden Systeme.

Wollen Sie wissen, nach welchem System die Abwässer in Ihrer Gemeinde entsorgt werden? Im *Generellen Entwässerungsplan (GEP)* kann man ablesen, welche Flächen nach welchem System entwässert werden. Konsultieren Sie das Internet (<https://maps.zh.ch>) oder fragen Sie Ihre Gemeinde.



Abb. 1: Gegenstand des vorliegenden Merkblatts sind Abwässer aus der Produktion von industriellen und gewerblichen Betrieben (Industrieabwasser). Das Spektrum reicht von stark verschmutzten bis praktisch unverschmutzten Varianten jeglicher Zusammensetzung.

Misch-System



Trenn-System

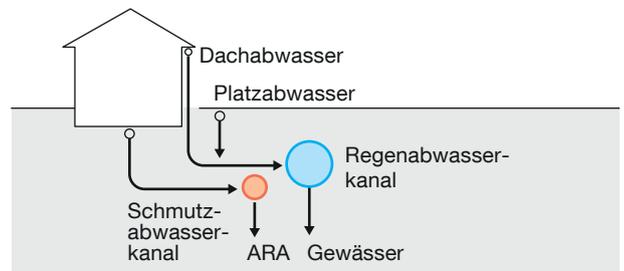


Abb. 2: Schmutz- und Regenabwasser können über eine gemeinsame Leitung der ARA zugeführt werden (Mischsystem), oder es bestehen zwei voneinander getrennten Leitungssysteme, die die gesonderte Ableitung von Regenabwasser in ein Gewässer ermöglichen (Trennsystem).

2.4 Flüssige Abfälle

Abwässer mit besonders hohen Konzentrationen an Schad- bzw. Störstoffen oder besonders dickflüssige Abwässer werden als flüssige Abfälle betrachtet und dürfen nicht oder nur mit besonderer Bewilligung der zuständigen Behörde in die öffentliche Kanalisation eingeleitet werden. Der Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA) stellt im Merkblatt «Ist es Abwasser? Ist es Abfall?» eine Hilfestellung bei der Unterscheidung zwischen Abfall und Abwasser zur Verfügung (Download unter www.vsa.ch).

Eine Besonderheit bilden flüssige Abfälle mit organischen Inhaltsstoffen. Für die Mikroorganismen in der biologischen Stufe einer ARA sind sie buchstäblich ein gefundenes Fressen – sie vermehren sich sprunghaft. Fällt der Zustrom an Nährstoffen wieder ab, bricht die Population zusammen. Eine hohe Konzentration an biologisch gut abbaubaren Stoffen fördert zudem das Wachstum von fadenförmigen Bakterien. Dadurch lassen sich Flocken oder Schlämme weniger gut sedimentieren. All' dies kann bei einer kleineren ARA zu einem Totalausfall der Anlage führen. Aus diesem Grund gelten organisch belastete Abwässer mit einem *Chemischen Sauerstoffbedarf* (CSB, ein Mass für die Konzentration an biologisch abbaubaren Stoffen) von 10 000 mg O₂/l oder mehr in der Regel als flüssiger Abfall (Abb. 3). Sie müssen biologisch verwertet werden.



Abb. 3: Dickflüssige oder stark mit abbaubaren organischen Inhaltsstoffen belastete Abwässer (im Bild: Trub aus einer Brauerei) gelten als flüssiger Abfall. In der Regel müssen sie wie fester Abfall entsorgt werden. Beispiele sind Filterschlämme, Inhalte aus Fettabscheidern, Konzentrate aus der Getränkeindustrie, Kühlflüssigkeit mit Frostschutzmitteln, Stichelblut oder Milch.

2.5 Stand der Technik

Alle Betriebe, die Industrieabwässer erzeugen und ableiten, müssen bei den Produktionsprozessen und bei der Abwasserbehandlung die nach dem Stand der Technik notwendigen Massnahmen treffen, um Verunreinigungen der Gewässer zu vermeiden (Anhang 3.2 GSchV). Insbesondere müssen diese dafür sorgen, dass

- so wenig abzuleitendes Abwasser anfällt und so wenig Stoffe, die Gewässer verunreinigen können, abgeleitet werden, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist;
- *nicht verschmutztes* Abwasser und Kühlwasser getrennt von verschmutztem Abwasser anfällt;
- *verschmutztes Abwasser* weder verdünnt noch mit anderem Abwasser vermischt wird, um die Anforderungen (Anhang 3.2 GSchV) einzuhalten. Die Verdünnung oder Vermischung ist erlaubt, wenn dies für die Behandlung des Abwassers zweckmässig ist und dadurch nicht mehr Stoffe, die Gewässer verunreinigen können, abgeleitet werden als bei getrennter Behandlung.

«Stand der Technik» umschreibt den aktuellen Entwicklungsstand von Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen, der bei vergleichbaren Anlagen oder Tätigkeiten im In- oder Ausland erfolgreich erprobt ist oder bei Versuchen erfolgreich eingesetzt wurde und nach den Regeln der Technik auf andere Anlagen oder Tätigkeiten übertragen werden kann. Er muss für einen mittleren und wirtschaftlich gesunden Betrieb der betreffenden Branche wirtschaftlich tragbar sein.

Im Kanton Zürich gelten zum Beispiel geschlossene Kühlwasserkreisläufe, die *Kaskadenspülung* und *CIP-Anlagen* als Stand der Technik. Mit dem technischen Fortschritt kommen neue Möglichkeiten hinzu, während ältere wieder verschwinden. Das AWEL kann Verfahren bzw. Anlagen nach Stand der Technik im Rahmen von Bau- oder Sanierungsverfahren anordnen. Das AWEL ist zudem berechtigt, andere Anforderungen zu formulieren, wenn zwingende Gründe bestehen und der Stand der Technik dies ermöglicht. Dabei befolgt es stets den Grundsatz der Verhältnismässigkeit.

3. Modernes Wassermanagement

Ein zeitgemässes und effektives Rohstoffmanagement fusst immer auf den Prinzipien des Vermeidens, Verminderns und Verwertens. Wasser ist ebenfalls ein Rohstoff, zum Beispiel in der Getränkeindustrie. Und auch als Hilfsstoff (direkter Bestandteil des Produktes, z. Bsp. Salzlake in Mozzarella) oder Betriebsstoff (Kühlmittel, Transportmedium, Lösungsmittel für Reinigungschemikalien u.a.) ist Wasser in seinen vielfältigen Funktionen mit festen Stoffen vergleichbar. Deshalb wird, wie beim AWEL-Merkblatt «Abfallbewirtschaftung in Betrieben», auch hier auf die «VVV-Strategie» eingegangen. Auch das *virtuelle Wasser* (Kap. 3.5) sollte in das Wassermanagement einfließen.

3.1 Vermeiden

Die wirtschaftlich und ökologisch beste Abwasserstrategie ist grundsätzlich diejenige, bei der kein Wasser zum Einsatz kommt und somit auch kein Abwasser entstehen kann.

Die Kernfragen, die sich bei einer Vermeidungsstrategie aus betrieblicher Sicht stellen, sind: Wird bei der Auswahl der Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe darauf geachtet, dass diese mit einem Minimum an Wasser erzeugt wurden? Gibt es Ausschusserzeugnisse, die reduziert werden können? Kann ich mit Sicherheit ausschliessen, dass die Netzwasserleitungen undicht sind, dass Fremdwasser (Kap. 2.1) in die Abwasserleitungen dringt oder Fehllanschlüsse bestehen? Gibt es Bodenabläufe, die es nicht braucht und die zu besonders wasserintensiven Reinigungsprozessen verführen könnten? Könnte mein Produkt so gestaltet werden, dass bei der Herstellung, dem Transport, dem Konsum und der Entsorgung der Wasserbedarf in meinem Betrieb reduziert werden kann? Lassen sich Prozessschritte so optimieren, dass möglichst wenig der eingesetzten Stoffe mit dem Abwasser verloren gehen? Kann auf den Einsatz von giftigen Stoffen verzichtet werden?

Wichtige Elemente einer guten Vermeidungsstrategie sind dichte Wasserleitungen, nachfragegerechte Just-in-Time-Produktion, trockene Reinigungsverfahren (Bürsten, Schaber, Molche u.a.), Ersatz von wassergefährdenden Stoffen durch ökologisch unbedenklichere oder eine dicht getaktete Prozesskontrolle, durch die der Anfall an Ausschuss-Produkten minimiert werden kann (Abb. 4). Dies sind nur wenige Beispiele aus einer grossen Palette an Möglichkeiten.

3.1.1 Gewässerschutzrechtliche Grundlagen im Sinne der Vermeidung

Vermeiden wird auch in der Gesetzgebung gross geschrieben: Das Vorsorgeprinzip nach Art. 1 Abs. 2 Umweltschutzgesetz (USG) verlangt zum Beispiel, dass Einwirkungen, die schädlich oder lästig werden könnten, frühzeitig zu begrenzen sind. Zudem verpflichtet Art. 3 des Gewässerschutzgesetzes (GSchG) jedermann, alle nach den Umständen gebotene Sorgfalt anzuwenden, um nachteilige Einwirkungen auf die Gewässer zu vermeiden. Auf diesen beiden Grundlagen muss beispielsweise auf Werk- und Arbeitsflächen sowie in Lagerräumen mit wassergefährdenden Flüssigkeiten auf Bodenabläufe verzichtet werden. Sie sind nur in begründeten Fällen zulässig wie in Tankstellen oder bei Räumen und Anlagen, an die hohe hygienische Anforderungen gelten und die entsprechend intensiv gereinigt werden müssen.



Abb. 4: Dichte und intakte Netzwasserleitungen sind der effektivste und kostengünstigste Ansatz, um Abwasser zu vermeiden. Hier: Korrodierte, gesäuberte und mit Epoxidharz ausgekleidete Wasserrohre. Quelle: SRF.

Die InhaberInnen von *Abwasseranlagen* wie Abwasserleitungen und Vorbehandlungsanlagen müssen nach Art. 15 des Gewässerschutzgesetzes (GSchG) und auch Art. 13 der Gewässerschutzverordnung (GSchV) dafür Sorge tragen, dass diese sachgemäss erstellt, bedient, gewartet und unterhalten werden. Deswegen muss die Funktionstüchtigkeit regelmässig überprüft und Abweichungen vom Normalbetrieb unverzüglich behoben werden. Kanalfenster- oder Dichtheitsuntersuchungen nach SIA-Norm 190 (SIA = Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein) sind im Abstand von 15–25 Jahren oder bei Verdacht auf Undichtigkeiten durchzuführen.

In Anlehnung an Art. 15 des Gewässerschutzgesetzes sind im Kanton Zürich tätige Unternehmen verpflichtet, ihre Kanalisationspläne stets auf dem aktuellsten Stand zu halten. Die Pläne müssen der Schweizer Norm SN 592 000 des Verbandes Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA) entsprechen.

3.2 Vermindern

Vermindern bedeutet, das für die Produktion benötigte Wasser (Prozesswasser) gezielt zum Einsatz zu bringen. In diesem Bereich spielt der Miteinbezug, die Sensibilisierung und Schulung der Mitarbeitenden eine tragende Rolle. Technische Beispiele sind automatisierte Kesselfüllsysteme und gezielt einsetzbare Reinigungsanlagen. Eine Nutzung des Regenabwassers kann ebenfalls dazu beitragen, die Netzwasserverbräuche zu minimieren. Sie kommt unter anderem bei Autowaschanlagen zum Einsatz. Die gute Praxis des Verminderns sollte auch darauf abzielen, die Stoffmenge (Fracht) im Abwasser gering zu halten. Denn Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe kosten Geld und sollten nicht im Abwasser verschwendet werden.

3.2.1 Gewässerschutzrechtliche Grundlagen im Sinne der Verminderung

Wer Industrieabwasser ableitet, muss bei Produktionsprozessen und bei der Abwasserbehandlung die nach dem *Stand der Technik* notwendigen Massnahmen treffen und dafür sorgen, dass so wenig abzuleitendes Abwasser anfällt und so wenig Stoffe, die Gewässer verunreinigen können, abgeleitet werden, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist (Anhang 3.2 GSchV. Siehe auch Kap. 2.5).



Abb. 5: Sensibilisiertes und gut ausgebildetes Betriebspersonal ist das Rückgrat einer funktionierenden VVV-Strategie.
Foto: Oliver Stern

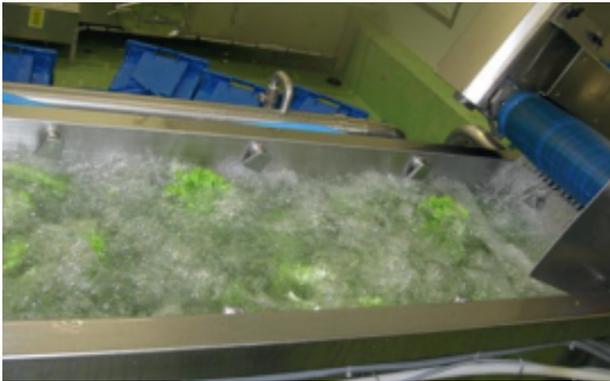


Abb. 6: Nicht oder leicht verschmutztes Abwasser wie dasjenige aus der Salatwäsche eignet sich besonders gut für eine Rückführung in die Produktionsprozesse.

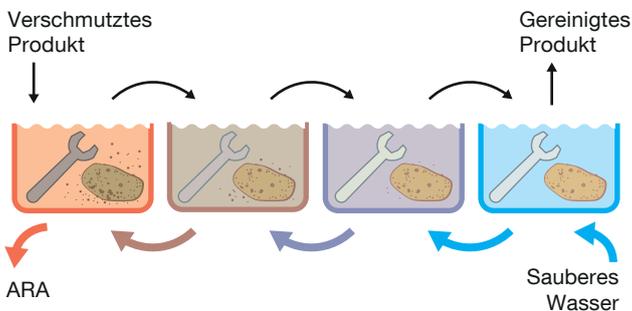


Abb. 7: Prinzip der Kaskadenspülung. Das Vorprodukt (Wurzelgemüse, galvanisiertes Metallteil u.a.) geht von Becken zu Becken, das Wasser ebenso, aber in entgegengesetzter Richtung. Je weiter links im Bild, desto verschmutzter das Produkt bzw. das Wasser.

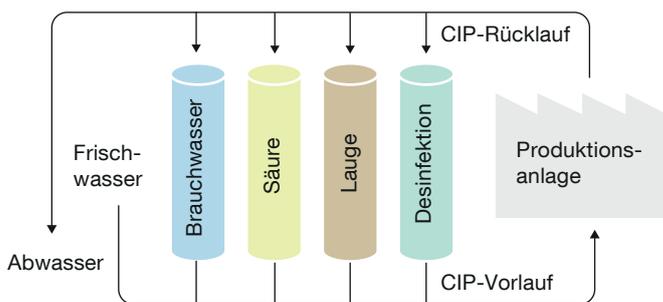


Abb. 8: Prinzipschema einer CIP-Anlage.

3.3 Verwerten

Verwerten sollte erst dann eine Option sein, wenn die Möglichkeiten des Vermeidens und Verminderns ausgeschöpft worden sind. Bevor ein Industrieabwasser entsorgt, d.h. in die öffentliche *Schmutzabwasserkanalisation* eingeleitet wird, kann dieses nochmals für den gleichen oder einen anderen Prozess genutzt, d.h. stofflich verwertet werden. Und dann vielleicht nochmals und nochmals. Braucht es in jedem Prozess wirklich immer nur frisches Netz-, Quell- oder Seewasser oder kann auch Prozessabwasser verwendet werden? Schwach verschmutztes Prozessabwasser wie beispielsweise Kühl- oder Nachspülwasser bietet den grössten Spielraum an Möglichkeiten. Eine weitere Option ist die energetische Nutzung, denn mit Abwasser kann auch gekühlt oder geheizt werden (thermische Verwertung).

Das Einleiten von nur schwach verschmutztem Abwasser in die öffentliche Kanalisation ist ein Indiz für eine ineffiziente Betriebsführung und kostet in der Regel unnötig Geld. Auf der ökologischen Ebene ist es sogar schädlich, weil das «saubere» Abwasser die Schmutzstoffkonzentrationen der Abwässer aus Haushalten und anderen Betrieben senkt – und damit auch die Reinigungsleistung der ARA.

Der wohl wichtigste Ausgangspunkt für eine optimale stoffliche Verwertung ist die *Stoffstromtrennung*. Sie sorgt dafür, dass die einzelnen Abwasser-Teilströme von Anfang an separat geführt und nicht miteinander vermischt werden. Dazu ein Beispiel: Bei der Kartoffelwäsche kann das erdige Abwasser aus der vorherigen Reinigungsstufe nochmals verwendet werden, um die neu hinzukommenden schmutzigen Kartoffeln vorzureinigen (*Kaskadenspülung*) (Abb. 7). Hätte sich dieses Abwasser zuvor mit demjenigen aus der Raum- und Gerätereinigung vermischt, könnte es wegen der Belastung durch Reinigungsmittel nicht mehr für die Vorreinigung eingesetzt werden. Kaskadenspülungen sind auch bei grossen Textilwäschereien oder bei der Galvanisierung von Metallen und weiteren Verfahrensschritten nützlich. *CIP-Anlagen* funktionieren ebenfalls nach dem Prinzip der *Stoffstromtrennung*, indem sie das Reinigungsabwasser gleich am Ort des Anfalls aufbereiten und von dort wieder in den Reinigungsprozess zurückführen. *Abwasser-Vorbehandlungsanlagen (AVA)* sind das richtige Instrument, um Abwässer so zu behandeln, dass sie mehrfach verwendet werden können (s. Kap. 4).

Abwasser kann auch in einem anderen Betrieb verwertet werden. Stark mit organischen Stoffen belastetes Abwasser lässt sich beispielsweise in einer ARA oder einer privaten Anlage durch *Vergärung* zur Gewinnung von Biogas nutzen. Oder vielleicht hat der Nachbarbetrieb Verwendung für Ihre Abwässer oder deren Abwärme?

3.3.1 Gewässerschutzrechtliche Grundlagen im Sinne der Verwertung

Der Stand der Technik ist auch im Hinblick auf die Verwertung von Abwasser gesetzlich festgeschrieben (Kap. 2.5 und 3.2.1). Anhang 3.2 der Gewässerschutzverordnung (GSchV) liegt im Sinne der *Stoffstromtrennung* (s. Kap. 3.2.1). Zudem verbietet es der Passus, verschmutztes Abwasser zu verdünnen oder mit anderem Abwasser zu vermischen, um die gesetzlichen Anforderungen einzuhalten. Art. 10 GSchV besagt schliesslich, dass feste und *flüssige Abfälle* nicht mit dem Abwasser entsorgt werden dürfen.

Im Merkblatt «Umwelt-Kennzahlen: Der erste Schritt zu Effizienz und Kosteneinsparungen» und unter www.betriebe.zh.ch > Ressourceneffizienz finden Sie weitere Beispiele für gelungene VVV-Strategien. Welches «V» bei welchem Abwasser am kosteneffizientesten und ökologischsten zur Anwendung kommen kann, lässt sich nur im Rahmen von Wasser-Kennzahlen und einer *Stoffstromanalyse* hinreichend klären.

3.4 Entsorgen

Wer sich ausschliesslich am gesetzlich und vertraglich Vorgeschiedenen orientiert, übersieht rasch profitable Einsparpotenziale. Er hat zudem weniger Spielraum bei Verschärfungen der Rechtsnormen oder Gebührenerhöhungen und läuft Gefahr, einen Umweltschaden zu verursachen. Reine *End-of-Pipe*-Verfahren führen langfristig in eine Sackgasse.

3.4.1 Gewässerschutzrechtliche Grundlagen für die Entsorgung

Gemäss Gewässerschutzgesetz (GSchG) sind Betriebe verpflichtet, die allgemeinen Grenzwerte nach Anhang 3.2 der Gewässerschutzverordnung (GSchV) einzuhalten und ihre Abwässer der öffentlichen *Schmutz- oder Mischabwasserkanalisation* zuzuführen. Die Gemeinde als Inhaberin der Kanalisation ist verpflichtet, das Abwasser von bewilligten Betrieben abzunehmen und der zentralen Abwasserreinigungsanlage (ARA) zuzuführen (Art. 11 Abs. 3 (Anschluss- und Abnahmepflicht)). In Anhang 3.2 Ziffer 3 GSchV sind zusätzliche branchenspezifische Anforderungen aufgeführt. Bitte konsultieren Sie auch diese für Ihre Branche.

Wie bereits in Kap. 3.3.1 erwähnt, darf *verschmutztes Abwasser* weder verdünnt noch mit anderem Abwasser vermischt werden, um die gesetzlichen Anforderungen einzuhalten. Nur in einzelnen Fällen – meistens bei der Vermischung von sauren und alkalischen Abwässern zur gegenseitigen Neutralisation – sind Ausnahmen erlaubt. Es ist auch verboten, feste und *flüssige Abfälle* mit dem Abwasser zu entsorgen, ausser wenn dies für die Behandlung des Abwassers zweckmässig ist (Art. 10 GSchV).

3.4.2 Die Rolle der ARA und der Gemeinde

Abwässer aus Betrieben dürfen nur dann der kommunalen Abwasserreinigungsanlage (ARA) zugeleitet werden, wenn sie den eidgenössischen Vorschriften über Abwassereinleitungen entsprechen (s. Kap. 3.4.1). Von da an steht die ARA in der Pflicht, die Abwässer rechtskonform zu behandeln. Für diese Dienstleistung erhebt sie möglichst verursachergerechte Gebühren. Hinzu können Beteiligungen an Investitionskosten der ARA und Starkverschmutzerzuschläge kommen. Die ARA leitet die Gebührenabrechnung an die Gemeinde weiter. Anschliessend überbürdet die Gemeinde diese Kosten zusammen mit denjenigen für den Bau und Erhalt der öffentlichen Abwasserleitungen dem Betrieb. Selbstverständlich muss ein Betrieb auch für die Folgekosten nach einem durch ihn verschuldeten ausserordentlichen Ereignis aufkommen (Abb. 9).

Grosse oder abwasserintensive Betriebe können bei kleineren Gemeinden ein Klumpenrisiko darstellen. Wenn die Mengen und Frachten der betrieblichen Abwässer erheblich schwanken, führt das dazu, dass kleinere ARA nicht optimal betrieben werden können. Ausserdem kann die Stilllegung eines relevanten Zuleiters die ARA in wirtschaftliche Bedrängnis bringen. Alle Beteiligten profitieren also, wenn ein Betrieb seine Wasserströme im Einklang mit der VVV-Strategie plant und dabei ARA, Gemeinde und Kanton von Anfang an mit einbezieht (Abb. 10).



Abb. 9: Totalausfall der biologischen Reinigungsstufe einer ARA nach einem unkontrollierten Ableiten von bierhaltigem Reinigungsabwasser. Es kann Wochen dauern, bis die Mikrobiologie wiederhergestellt ist. In dieser Zeit verschmutzt die ARA die Gewässer besonders stark, da ihre Reinigungsleistung beeinträchtigt ist.

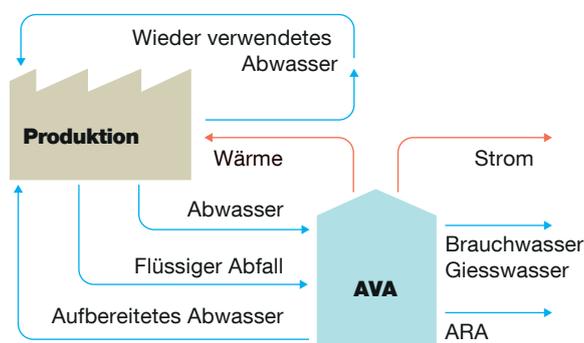


Abb. 10: Viele Wege führen zu einem ganzheitlichen (Ab-)Wassermanagement. Grafik: tbf Partner

Informationen über die verschiedenen Gebühren und ihre Entstehung finden Sie in der Empfehlung «Gebührensystern und Kostenverteilung bei Abwasseranlagen» des Verbandes Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA) (www.vsa.ch) und in der jeweiligen Siedlungsentwässerungsverordnung (SEVO) Ihrer Gemeinde.

3.5 Virtuelles Wasser

Virtuelles Wasser (auch «Wasser-Fussabdruck» genannt) bezeichnet die Gesamtmenge an Wasser, die für die Produktion eines Wirtschaftsgutes oder für eine Dienstleistung benötigt wird. Der Begriff beinhaltet nicht nur die Menge desjenigen Wassers, das im einzelnen Betrieb für die Produktion, Verarbeitung oder Dienstleistung verbraucht wurde, sondern auch diejenige Wassermenge, die für die Herstellung der dafür eingesetzten Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe aufgewendet wurde. Die Herstellung eines Kilogramms Rindfleisch benötigt beispielsweise fast 16 000 Liter Wasser, welches durch den Wasserbedarf der Futterpflanzenkulturen, in kleinerem Masse auch durch das Tränken und Schlachten der Tiere, aufgebracht werden muss. Die Produktion eines DIN-A4-Blattes Papier schlägt mit 10 Litern Wasser zu Buche, ein Baumwoll-T-Shirt mit etwa 2000 Litern. Über regional und nachhaltig produzierte Güter lässt sich viel virtuelles Wasser einsparen.

4. Verfahren der Abwasservorbehandlung

4.1 Grundsätze

Viele Arten von Industrieabwässern müssen zuerst vorbehandelt werden, damit sie anschliessend erneut in Betriebsprozessen eingesetzt (Kap. 3.3) oder in die öffentliche Kanalisation eingeleitet werden können (Kap. 3.4). Drei Leitgedanken führen zum optimalen Vorbehandlungsverfahren:

1. Vom Groben ins Feine: Zuerst nach Möglichkeit die absetzbaren oder aufschwimmenden Feststoffe (Sand, Steine, Scherben, Pflanzenfasern, Papierschnipsel, Holzstücke u.a.) oder Leichtflüssigkeiten entfernen. Sonst stören sie die nachfolgenden *Abwasseranlagen* oder Verfahrensschritte. Feststoffe dürfen nicht mit dem Abwasser entsorgt werden (Art. 10 GSchV). Siebe und auf Schwerkraft beruhende Verfahren sind günstiger als Filter, Filterpressen oder Zentrifugen, für die es komplexere Anlagen und teilweise viel Energie braucht. Auf der anderen Seite benötigen die ersten beiden Verfahren oft mehr Platz und sind weniger effektiv (Abb. 11).

2. Mikroben ins Team holen: Abbaubare organische Stoffe sollten in einem frühen Schritt durch biologische Verfahren eliminiert werden. Hohe Stoffkonzentrationen legen eine *Vergärung* (Umwandlung zu Biogas) nahe, niedrige *Membran-Bioreaktoren* (Abb. 12), *Tropfkörper-* oder *Pflanzenkläranlagen*. Natürlich können biologische Verfahren nur dann funktionieren, wenn keine für Mikroorganismen toxische Substanzen im Abwasser sind. Wie im folgenden Kapitel beschrieben, können biologische Verfahren mit chemischen und/oder physikalischen Verfahren kombiniert werden.

3. Kompartimente bereitstellen: Stapelbehälter (auch Pufferbehälter genannt) sorgen dafür, dass Abwässer kontrolliert vorbehandelt und gleichmässig in die öffentliche Kanalisation eingeleitet werden können. Sie sind auch geeignet, um bei ausserordentlichen Ereignissen – zum Beispiel bei einem Ausfall der Abwasser-Vorbehandlungsanlage (AVA) – ungeklärtes Abwasser von der öffentlichen Kanalisation fernzuhalten oder um Stossbelastungen in der ARA zu verhindern. In Stapelbehältern können sich saure und alkalische Abwässer gegenseitig neutralisieren oder Feststoffe abgesetzt werden. Schliesslich bieten Stapelbehälter die Möglichkeit, das in einer AVA vorbehandelte Abwasser wieder für Betriebsprozesse bereitzustellen (s. Kap. 5). Vor allem aus dem letzten Grund sind Kompartimente für eine *Stoffstromtrennung* oder für *Batchverfahren* unabdingbar. Doch Vorsicht: Organisch belastete Abwässer sollten nicht allzu lange darin ruhen, ansonsten kann der mikrobiologische Abbau zu einer Versäuerung und damit zu Korrosionsschäden oder zu Geruchsbelästigungen führen.



Abb. 11: Auf Schwerkraft beruhende mechanische Trennverfahren (hier: Absetzbecken) sind wartungsarm und langfristig kostengünstig. Sie benötigen aber in der Regel viel Platz, arbeiten je nach Partikelgrösse langsam und können zu Geruchsbelästigungen führen.



Abb. 12: Aufwuchskörper in einem Wirbelbett-Reaktor. Auf diesen bilden Bakterien einen Biofilm als Behausung.
Foto: tbf Partner

4.2 Techniken der Abwasservorbehandlung

Es gibt eine grosse Vielfalt an Anlagen und Verfahren, welche nicht allein auf die Entsorgung des Abwassers in einer ARA abzielen, sondern es auch möglich machen, Abwasser im Kreislauf zu führen oder auf andere Art mehrfach zu verwenden. In seltenen Fällen kann das vorbehandelte Abwasser auf eine so hohe Reinheitsstufe gebracht werden, dass es – die Erfüllung strenger Auflagen vorausgesetzt – gebührenfrei in ein Gewässer eingeleitet werden darf (Vollreinigung). Generell sollte für vollgereinigtes Abwasser aber zuerst eine betriebsinterne Nutzung erwogen werden.

Im Folgenden werden die verbreitetsten AVA-Typen etwas detaillierter betrachtet. Den Ausgangspunkt bilden vier Grundtypen von Abwässern sowie Schlämme:

- Mit Fest- oder Trübstoffen belastete Abwässer (Erdmaterial, Schlempe, Gewebereste, Phosphatierschlämme u. v. a.). Herkunft: Baustellen, Gemüseverarbeitung, Fahrzeugwäsche, Schlachtereien, Brauereien, Galvanikbetriebe u. a.
- Abwässer, welche aus ungiftigen, gut abbaubaren organischen Stoffen bestehen (Eiweisse, Stärke, Zucker, Alkohole u.v.a.). Herkunft: Lebensmittelverarbeitung, Schlachtung, Papierherstellung u.a.
- Abwässer mit nicht oder schlecht abbaubaren Anteilen (Schwermetalle oder synthetische Chemikalien wie Pflanzenschutzmittel, Benzin, Medikamente, Reinigungsmittel, Süsstoffe u.v.a.). Herkunft: Chemische und pharmazeutische Industrie, Spitäler, Industrien mit besonderen hygienischen Anforderungen, Galvanikbetriebe, Autowerkstätten, Spritzwerke u.a.
- Abwässer mit besonders leicht flüchtigen Substanzen (Ammoniak, Lösungsmittel u.a.). Herkunft: Chemische und pharmazeutische Industrie u.a.

Tab. 1: Vorbehandlungsverfahren für industrielle und gewerbliche Abwässer sowie Schlämme. P: physikalisches, B: biologisches, C: chemisches Verfahren. Weitere Angaben zu einzelnen Anlagen s. Glossar. Die Kategorisierung der Abwässer dient nur dem Zweck einer groben Übersicht und ist für spezifische Anwendungen ungeeignet. Die Liste der Verfahren ist nicht abschliessend. Neutralisationsanlagen: Siehe Seite 10.

Verfahren	P	B	C
Mit Feststoffen oder Trübstoffen belastete Abwässer			
Sieb (Rinnen-, Bogen-, Trommel-, Schwingsieb u.a.)	●		
Schlammfang	●		
Lamellenklärer (= Schrägklärer)	●		
Sandfang	●		
Filter (Kerzen-, Beutel-, Sand- und Bandfilter u.a.)	●		
Filterpressen (Band-, Kammerfilterpressen)	●		
Fällungs-/Flockungsanlagen	●		●
Hydrozyklone	●		
Abwässer mit gut abbaubaren organischen Stoffen (gelöst oder emulgiert)			
Fettabscheider	●		
Festbett-Reaktoren (Tropfkörperanlage, Tauchtropfkörperanlage)		●	
Wirbelbett-Reaktoren (Membran-Bioreaktoranlagen u.a.)		●	
Bepflanzte Bodenfilter (Pflanzen- bzw. Wurzelraumkläranlage)		●	
Anaerobe Vergärung		●	
Abwässer mit nicht oder schlecht abbaubaren Stoffen (gelöst oder emulgiert)			
Mineralölabscheider	●		
Filter (Tuch-, Polstofffilter)	●		
Fällungs-/Flockungsanlagen	●		●
Membrantrennverfahren (Mikro- Ultra-, Nanofiltrationsanlagen)	●		
Ozonierung, Elektrolyse, Pulveraktivkohle u.v.a.	●		●
Abwässer mit leicht flüchtigen oder wenig wasserlöslichen organischen Substanzen			
Strippung	●		
Schlämme			
Filterpressen (Band-, Kammerfilterpressen), Schneckenpressen	●		
Anaerobe Vergärung		●	

4.3 Besonders verbreitete AVA

4.3.1 Neutralisationsanlagen

Anlagen, die saure oder alkalische Abwässer neutralisieren, kommen vor allem in der chemischen/pharmazeutischen Industrie und in Branchen mit einem grossen Verbrauch an Reinigungs- und Desinfektionsmitteln zum Einsatz (Herstellung und Verarbeitung von Lebensmitteln, Spitäler u.a.). Sie sind auch auf Baustellen mit ihren betonhaltigen Abwässern verbreitet, in Beiz- und Färbereien sowie in der Oberflächentechnik. Der Zweck einer Neutralisationsanlage ist es, Abwässer in einen bestimmten pH-Bereich zu bringen. Denn Säuren zersetzen gerne metallische Leitungen, Stapelbecken oder Kanalisationsrohre aus Zement. Ausserdem hemmen sie die Elimination von Stickstoffverbindungen in der ARA (Nitrifikation). Demgegenüber können alkalische Abwässer zu Kalkablagerungen in den Kanalisationsleitungen führen und wichtige *Flocculationsreaktionen* in der ARA behindern. Der in der Schweiz gesetzlich zulässige Bereich für Abwässer, welche der ARA zugeleitet werden, liegt zwischen pH 6,5–9,0.

Als Neutralisationsmittel dienen Natronlauge (NaOH), Kalkmilch ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), Salzsäure (HCl), Schwefelsäure (H_2SO_4) und CO_2 , selten auch andere. Aus Sicht des Gewässerschutzes sollte – wenn möglich – CO_2 bei alkalischem Abwasser die erste Wahl sein, weil es im Gegensatz zu flüssigen sauren Neutralisationsmitteln nicht zu einer Versalzung des Abwassers führt und auch keine Übersäuerung möglich ist. Aus diesem Grund sowie aus Sicherheitsüberlegungen ist CO_2 ein beliebtes Neutralisationsmittel in der Lebensmittelindustrie oder bei der Behandlung von Baustellenabwässern. Allerdings: Bei geschlossenen Räumen sind besondere Vorsichtsmassnahmen Pflicht, denn CO_2 ist geruchlos und kann im Extremfall zum Erstickungstod führen!

In einer klassischen bewilligungsfähigen Neutralisationsanlage werden die sauren und alkalischen Abwässer zuerst in einem Stapelbehälter miteinander vermischt, damit sie sich gegenseitig neutralisieren können (s. Kap. 4.1). Anschliessend wird das Gemisch in einen Reaktorbehälter geleitet (Abb. 13). Ein Rührwerk sorgt für eine gleichmässige Durchmischung, eine mit der Dosierstation verbundene Mess-Sonde für die laufende Überwachung des pH-Wertes. Säure oder Lauge werden automatisch zu dosiert. Sobald sich der pH-Wert im gewünschten Bereich eingependelt hat, wird das Abwasser der nächsten AVA oder der öffentlichen *Schmutz-* bzw. *Mischabwasserkanalisation* zugeleitet. Eine weitere pH-Mess-Sonde im Ablauf der Neutralisationsanlage dient der Qualitätskontrolle (pH-Endkontrolle). Werden Abweichungen vom erlaubten pH-Grenzwertbereich gemessen, muss das vorbehandelte Abwasser wieder automatisch in die Neutralisationsanlage zurückgepumpt werden. Die Messdaten, Reparatur- und Wartungsarbeiten oder Massnahmen bei ausserordentlichen Ereignissen müssen aufgezeichnet und mindestens 1 Jahr für Kontrollen aufbewahrt werden. pH-Mess-Sonden sind sowohl im Reaktionsbehälter als auch im Ablauf zur öffentlichen Kanalisation zwingend vorgeschrieben. Sie müssen nach Vorgabe des Lieferanten regelmässig gereinigt, gewartet und ersetzt werden. Als grobe Daumenregel für die Reinigung und Kalibrierung der Sonden gilt ein Turnus von vierzehn Tagen. Bei stark verschmutzten Abwässern muss häufiger gereinigt und kalibriert werden.

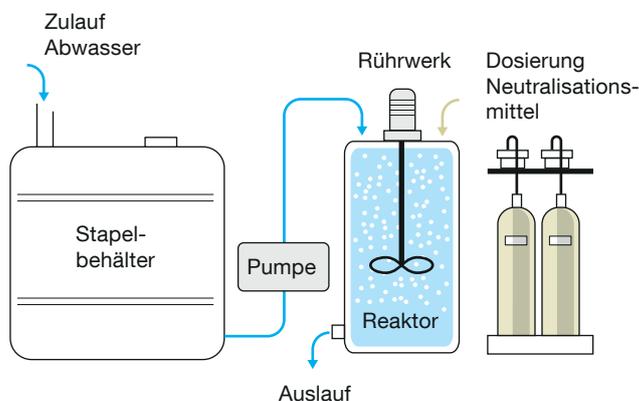


Abb. 13: Prinzipschema einer Neutralisationsanlage. Nicht eingezeichnet sind die Mess-Sonden für die pH-Kontrolle im Reaktor und im Auslauf.

Neben Neutralisationsanlagen, die im oben beschriebenen *Batchverfahren* laufen, gibt es auch solche, in denen der Reaktionsbehälter kontinuierlich in Richtung öffentliche Kanalisation durchströmt wird. Neutralisationsanlagen im Durchlaufverfahren sind bei Platzmangel erste Wahl. Hier sorgen in der Regel statische Mixer für eine gute Durchmischung (Inline-Neutralisation).

4.3.2 Leichtflüssigkeits- bzw. Mineralölabscheider

Ein Leichtflüssigkeitsabscheider (meist Mineralölabscheider (MA)) besteht aus einem Schacht oder Becken, in dem die leichteren Bestandteile eines Abwassers (z.Bsp. Öle) aufschwimmen und durch ein Hindernis daran gehindert werden, die Anlage zu verlassen (Abb. 14). Das darunterliegende Abwasser strömt unter das Hindernis hindurch in die Ablaufleitung. Das Verfahren ist nur bei Tröpfchen mit einem Durchmesser von mindestens mehreren Mikrometern geeignet. Es kommt üblicherweise bei Waschanlagen sowie Abstellflächen und Werkstätten des Auto- und Transportgewerbes zum Einsatz. *Koaleszenzabscheider* (MAK) sind Leichtflüssigkeitsabscheider, die auf besonders kleine Öltröpfchen zugeschnitten sind. Beiden Anlagentypen ist immer ein *Schlammfang* vorgeschaltet. Der Einsatz von Tensiden ist bei MA unerwünscht, bei MAK nur unter besonderen Auflagen gestattet.

Leichtflüssigkeitsabscheider müssen regelmässig kontrolliert und bei Bedarf durch ein Fachunternehmen abgesaugt, gereinigt und wieder mit Wasser befüllt werden. Zudem muss ihre Dichtheit im Abstand von etwa 5 Jahren geprüft werden. Ihr Inhalt gilt als Sonderabfall und darf daher nur durch ein bewilligtes Fachunternehmen entsorgt werden (Codes nach der Verordnung des UVEK über Listen zum Verkehr mit Abfällen: 13 05 02 (= Schlämme aus Öl-/Wasserabscheidern) und 13 05 08 (= Abfallgemische aus Sandfanganlagen und Öl-/Wasserabscheidern)).

4.3.3 Fettabscheider

Pflanzliche oder tierische Fette und Öle, die in grösseren Mengen als *Emulsion* mit dem Abwasser davongetragen werden, müssen über Fettabscheider aus dem Industrieabwasser entfernt werden (Abb. 15). Dies betrifft in erster Linie Betriebe der Lebensmittel- (Schokoladenfabriken, Fleischverarbeiter u.a.) und Kosmetikindustrie, aber auch Grossküchen und Restaurants, die mehr als 300 warme Mahlzeiten pro Tag zubereiten. Denn Fette und Öle können in der Kanalisation erstarren und dadurch den Durchlauf des Abwassers und den Unterhalt der Leitungen erschweren.

Das Prinzip ist das Gleiche wie bei Leichtflüssigkeitsabscheidern (Kap. 4.3.2): Das öl- und fetthaltige Schmutzabwasser, wie es beispielsweise Ausgüssen, Kochkesseln, Geschirr- und Pfannenwaschmaschinen sowie Bodenabläufen in grösseren Küchen und Fleischzerlegebereichen entstammt, wird evtl. über einen Schlammfang in den Schacht oder den freistehenden Abscheidebehälter des Fettabscheiders geleitet. Dort beginnen die Fette mit der Zeit, an der Wasseroberfläche aufschwimmen. Das unten befindliche Wasser kann nun der öffentlichen Kanalisation zugeführt werden.

Abwässer aus der Reinigung von Räumen, in denen keine Öle und Fette zum Einsatz kommen – aus Gläserwaschmaschinen, aus Toiletten oder auch Kühl- oder Regenabwasser –, dürfen nicht in den Fettabscheider geleitet werden. Bakterien, Enzyme oder andere Zusätze zum Zwecke der «Selbstreinigung» des Fettabscheiders sind ebenfalls nicht erlaubt.

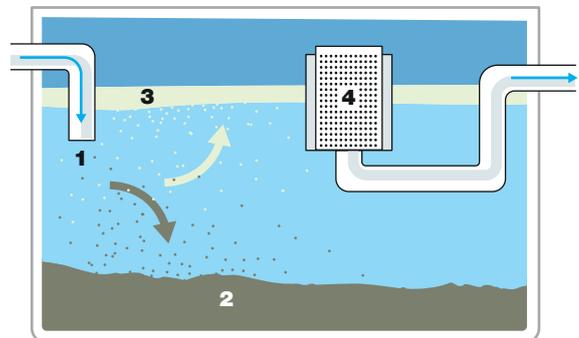


Abb. 14: Prinzipschema eines Leichtflüssigkeitsabscheiders mit Koaleszenzstufe. Abwasser mit Leichtflüssigkeiten gelangt über den Zulauf in den Abscheideraum (1). Schwerstoffe (z. B. Sand) sammeln sich im Schlammfang (2). Die Leichtflüssigkeiten steigen zur Oberfläche auf und werden in der Leichtflüssigkeitsschicht (3) abgeschieden. Koaleszenzelemente (4) am Auslauf können die Abscheideleistung erhöhen.

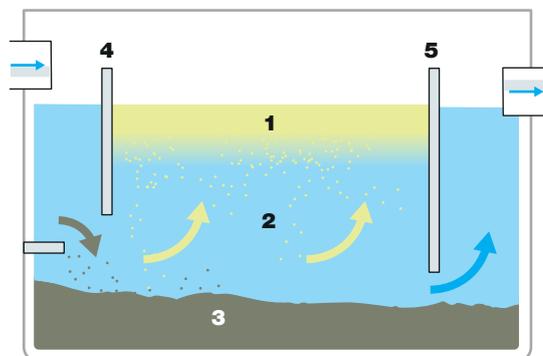


Abb. 15: Prinzipschema eines Fettabscheiders. 1: Fettschicht, 2: Abscheideraum, 3: Schlamm, 4: Einlauftauchwand, 5: Ablauftauchwand.

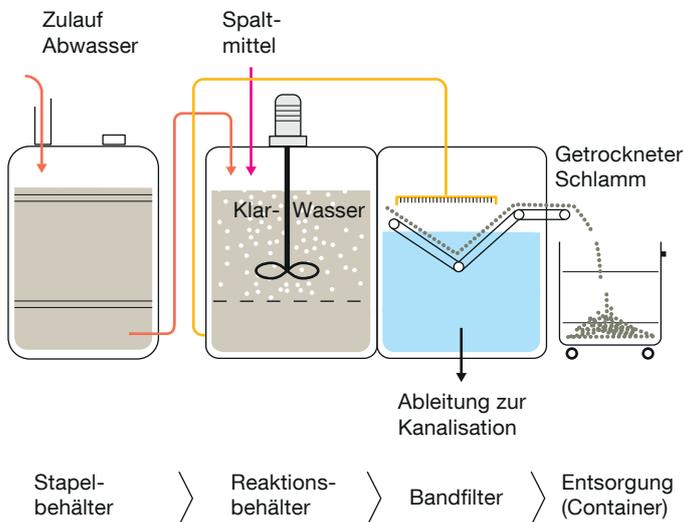


Abb. 16: Prinzipschema einer Emulsionsspaltanlage.

- Rot: Unbehandeltes Abwasser,
- orange: Leitung für die Beschickung des Bandfilters,
- braun: getrockneter Schlamm

Der *Schlammfang* und der Abscheideraum des Fettabscheiders sollten wegen der Verstopfungsgefahr durch aushärtende Fette möglichst unmittelbar hinter der Abwasseranfallstelle, aber ausserhalb des Gebäudes oder in einem gut gelüfteten Raum erstellt werden (Geruch!). Gemäss Schweizer Norm SN EN 1825-1 sind Fettabscheider mindestens alle 3 Monate durch ein professionelles Fachunternehmen zu entleeren und zu reinigen. Der Fettabscheiderinhalt muss dann als so genannter «anderer kontrollpflichtiger Abfall» (ak) unter dem Code 19 08 09 nach der Verordnung des UVEK über Listen zum Verkehr mit Abfällen entsorgt werden. Wegen des Seuchenrisikos werden Fleischverarbeitungsanlagen auf veterinärrechtlicher Grundlage zu einer gesonderten Entsorgung nach der Verordnung über tierische Nebenprodukte (VTNP, SR 916.441.22) verpflichtet.

Wichtig: In Fettabscheidern entstehen durch mikrobiellen Abbau organische Säuren. Zementgebundene Fettabscheider und Kanalisationsleitungen können dann in relativ kurzer Zeit zerstört werden. Daher sollten die Schächte beschichtet und mit Kunststoffrohren ausgestattet sein.

4.3.4 Spaltanlagen

Wo ein Abwasser gleichzeitig mit festen und *emulgierten* Substanzen belastet ist, führt kein Weg an mehrstufigen Reinigungsverfahren vorbei. Das betrifft vor allem Abwässer aus der Motorenreinigung von Fahrzeugen, aus der Teilereinigung in mechanischen Werkstätten oder aus Malerbetrieben mit einer Vielzahl an feinsten Schmutz- und Ölteilchen, winzigen Farbpartikeln und ungelösten Schwermetallen. Die verbreitetste Art der Vorbehandlung bilden die so genannten *Emulsionsspaltanlagen* (Abb. 16).

In einem ersten Schritt wird das in einem *Schlammfang* und *Mineralölabscheider* vorgereinigte Waschabwasser über einen Stapelbehälter in die Spaltanlage gepumpt, wo die *Flockungsreaktionen* stattfinden. Das geschieht, indem dem Abwasser über eine automatisch gesteuerte Dosierstation ein pulverförmiges Spaltmittel zugegeben und durch das Rührwerk eingemischt wird. Auf diese Weise werden Schmutz- und Farbpartikel, Öltröpfchen, gelöste Tenside und Lösungsmittel sowie die emulgierten Motorenöle und andere Kohlenwasserstoffe gebunden. Zum Schluss wird der so entstandene Schlamm auf ein *Bandfilter* gepumpt und entwässert. Das Abwasser ist der öffentlichen *Misch- oder Schmutzabwasserkanalisation* zuzuführen, der Schlamm muss als Abfall (je Zusammensetzung eventuell als Sonderabfall) entsorgt werden.

4.4 Allgemeine gesetzliche Anforderungen an AVA

4.4.1 Qualitätskontrollen

Abwässer aus *Abwasservorbehandlungsanlagen* (AVA) müssen auf ihre Übereinstimmung mit den Rechtsvorschriften kontrolliert werden können. Dazu braucht es Vorrichtungen zur Probenahme (z. B. Probenahmehahn, Schächte) und je Anlage auch Mess-Sonden und Sichtgläser. Manchmal muss in Absprache mit den Behörden ein geeigneter Raum für das Lagern und betriebsinterne Analysieren von Rückstellproben zur Verfügung stehen. Für jede AVA ist ein Betriebsjournal zu führen. Darin sind Mess- und Analysenresultate sowie Reparatur- und Wartungsarbeiten einzutragen. Qualitätskontrollen sorgen dafür, dass es – um Beispiele zu nennen – zu keinen Alarmen wegen schlecht kalibrierter pH-Mess-Sonden kommt oder dass immer genügend Reaktionsspaltmittel (s. Kap. 4.3.4) vorhanden ist.

4.4.2 Funktionstüchtigkeit

Wie in Kap. 3.2.1 erwähnt, müssen die Inhaber von *Abwasseranlagen* dafür Sorge tragen, dass diese sachgemäss erstellt, bedient, gewartet und unterhalten werden. Dabei kommt den AVA ein besonderer Stellenwert zu: Sie sind nach Vorgaben der Anlagenhersteller zu überwachen und zu warten. Je nach Menge und Umweltrelevanz des Abwassers müssen die vorbehandelten Abwässer in festgelegten Abständen beprobt, analysiert und die Resultate der Behörde gemeldet werden (Art. 14 GSchV). Kanalforsch- oder Dichtheitsuntersuchungen der Abwasserleitungen sind im Abstand von 15–25 Jahren oder bei Verdacht auf Undichtigkeiten oder Verstopfungen durchzuführen (Abb. 17).

4.4.3 Fachwissen und Verantwortung (Art. 13 GSchV)

Betreiber von *Abwasservorbehandlungsanlagen (AVA)* müssen sicherstellen, dass das Betriebspersonal über die erforderlichen Fachkenntnisse verfügt. Entsprechende Schulungen werden z.B. durch den Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA) in regelmässigen Abständen angeboten (siehe www.vsa.ch). Zudem müssen sie der Behörde die für den Betrieb verantwortliche Person und deren Stellvertreter namentlich bezeichnen und sicherstellen, dass das AVA-Personal über die erforderlichen Fachkenntnisse verfügt.



Abb. 17: Abwasserleitungen verlieren mit der Zeit ihre Funktionsfähigkeit, wenn sie nicht regelmässig überprüft und gewartet werden. Hier: Wegen Einwachsungen undicht gewordene Kanalisationsleitung. Quelle: Mökah AG

5. Die gewässerschutzrechtliche Bewilligung

Jeder Betrieb, der im Kanton Zürich Industrieabwässer erzeugt, muss die Vorbehandlung, Verwertung und Einleitung in die öffentliche Kanalisation vorgängig durch die zuständige Behörde beurteilen resp. bewilligen lassen (Art. 7 GSchG sowie § 8 Einführungsgesetz zum Gewässerschutzgesetz (EG GSchG)). Oft erteilen die Behörden die Bewilligung im Rahmen eines Bauverfahrens. Ein Bewilligungsverfahren kann auch dann eingeleitet werden, wenn der Betrieb dem Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) wesentliche Änderungen seiner betrieblichen Prozesse oder seiner Abwasservorbehandlung meldet, das AWEL solche im Rahmen seiner Kontrollen feststellt oder die Abwassersituation mit gravierenden Mängeln behaftet ist und saniert werden muss.

Weitere Informationen zum Ablauf des Bewilligungsverfahrens im Kanton Zürich finden Sie unter www.industrieabwasser.zh.ch.

5.1 Unterlagen für ein Bewilligungsgesuch

Alle Betriebe, die nicht als *Bagatelbetrieb* gelten und nicht unter die Störfallverordnung (StFV) fallen, müssen ihr Gesuch vorgängig durch eine von der Baudirektion befugte *Private Fachperson im betrieblichen Umweltschutz* vorprüfen lassen.

Ein vollständiges Bewilligungsgesuch enthält im Minimum folgende Unterlagen:

- Angaben zu Abwasserinhaltsstoffen, Wassermengen, Entsorgungswegen der einzelnen *Industrieabwässer*
- Aufstellung der Betriebsstoffe (z. Bsp. Reinigungs- und Hygienekonzept, AVA-Chemikalien u.a.) mit maximalen Lagermengen und Angaben über die einzelnen Lager.
- Prozessschemata und Beschreibung der abwasserrelevanten Prozesse mit Angaben zur Menge und zu den Inhaltsstoffen
- Technischer Bericht zur Abwasserbewirtschaftung inkl. Beschrieb der AVA (falls vorhanden)
- Angaben zu VVV-Massnahmen
- Kanalisationsplan Massstab 1:200 oder 1:100 nach der Schweizer Norm SN 592 000 des Verbandes Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA)
- Prüfbericht der *Privaten Fachperson*, insbesondere Formular C (Prüfbericht Projektkontrolle Industrieabwasser)

6. Glossar

Abfall, flüssiger S. Kap. 2.4

Abwasser, nicht verschmutzt In der Regel Abwasser von Dachflächen, Strassen, Wegen oder Plätzen, auf denen keine Stoffe, die Gewässer verunreinigen können, umgeschlagen, verarbeitet oder gelagert werden oder auf denen kein nennenswerter Verkehr stattfindet. Ebenso Reinwasser aus Brunnen, Sicker- und Drainageleitungen oder Grund- und Quellwasser.

Abwasser, verschmutzt Abwasser, das ein Gewässer verunreinigen kann. Dazu gehören häusliches, landwirtschaftliches, industrielles und gewerbliches Abwasser. Auch Regenabwasser kann als verschmutzt gelten, beispielsweise wenn es von Dächern in der Nähe von stauberzeugenden Prozessen oder Abluftanlagen stammt oder wenn ein Dach/eine Fassade aus erhöhten Anteilen an unbeschichteten Metallen (z. B. Kupfer, Zink oder Blei) besteht.

Abwasseranlage Einrichtung zur Sammlung, Ableitung, Behandlung oder Beseitigung von Abwässern. Darunter fallen beispielsweise Kanalisationsleitungen, Stapelbecken, Kontrollschächte, Pumpenschächte, Entwässerungsrinnen und Abwasservorbehandlungsanlagen (AVA).

Abwasser-Vorbehandlungsanlage Siehe AVA.

Aktivkohlefilter Filter, dessen Trägermaterial aus pyrolysiertem Pflanzenmaterial besteht. Die innere Oberfläche ist mit 1000 m² pro Gramm extrem hoch. Die Poren im Kohlenstoffgerüst unterscheiden sich im Durchmesser und nehmen dadurch verschieden grosse Schmutzteilchen auf. Kann auch bei der Trinkwasseraufbereitung und Abluftreinigung zum Einsatz kommen.

ARA Abwasser-Reinigungsanlage(n), auch kommunale Kläranlage(n) genannt.

AVA Abwasser-Vorbehandlungsanlage(n). Anlage, die zum Ziel hat, Abwasser im Betrieb zu verwerten, daraus Fest- oder Wertstoffe zu entnehmen oder die Einleitungsbedingungen gemäss Anh. 3.2 der Gewässerschutzverordnung (GSchV) einzuhalten.

BAFU Eidgenössisches Bundesamt für Umwelt

Bagatellbetrieb Betrieb einer Branche mit untergeordneter Umweltrelevanz. Das AWEL oder Ihre Gemeinde geben Auskunft.

Bandfilter Anlage zur Schlammmentwässerung. Dabei wird der Schlamm auf ein aus Filtervlies bestehendes Förderband aufgebracht und in einen Sammelbehälter geführt. Das durch das Filtervlies geflossene Abwasser wird in einer AVA weiterbehandelt oder der ARA zugeleitet. S. auch Kap. 4.3.4.

Batchverfahren Auch *Chargenverfahren* genannt. Verfahren, bei dem kontinuierlich anfallendes Abwasser in einem Kompartiment gesammelt und darin behandelt wird. Erst wenn die Reinigung abgeschlossen ist, wird das Abwasser verwertet oder entsorgt.

Bewachsener Bodenfilter Mit Pflanzen (meist Schilf) bewachsene Bodenfläche, die dazu dient, das darin zur Versickerung gebrachte Abwasser biologisch zu reinigen. Dazu dienen sowohl der mit Mikroorganismen besiedelte Biofilm an der Wurzeloberfläche, als auch tonige Bestandteile des Bodens.

Branchenvollzug System, bei dem Betriebe bestimmter Branchen von Fachpersonen aus der Branche betreut werden. Diese werden von einem Branchenverband gestellt. Die Fachpersonen unterstützen den Betrieb bei Baugesuchen und kontrollieren die Umsetzung der behördlichen Anordnungen. Weitere Informationen: www.bus.zh.ch > Kontrollen & Bewilligungen.

Chargenverfahren S. Batchverfahren

Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) Mass für die Summe aller im Abwasser oder flüssigen Abfall vorhandenen oxidierbaren Stoffe. Von ARA zum Abschätzen der Sauerstoffmenge verwendet, die beim Abbau der Stoffe durch Mikroorganismen im Abwasser verbraucht würde. Häusliche Abwässer haben einen CSB von ungefähr 600 mg O₂/l (wenn im Labor Kaliumdichromat als Oxidationsmittel verwendet wird) bzw. 300–400 mg O₂/l (Kaliumpermanganat).

CIP-Anlage Mobile oder stationäre Anlage, die eine Produktionsanlage vor Ort reinigt (CIP = Cleaning in Place). Dabei werden in einem standardisierten Ablauf Laugen, Säuren und allenfalls Desinfektionsmittel automatisch in die Produktionsanlage gegeben und jeweils einzeln wieder abgespült. Da für jedes Reinigungsmittel und das entsprechende Abwasser eine separate Leitung besteht, können die Flüssigkeiten unabhängig voneinander im Kreislauf geführt und daher mehrmals verwendet werden. S. auch Kap. 3.3.

End-of-Pipe-Lösung Umweltschutzmassnahme, die bereits entstandene Belastungen nachträglich mildert. Im Gegensatz zu *integrierten Lösungen* Symptombekämpfung und daher nicht nachhaltig.

Emulsion Gemisch aus zwei normalerweise nicht mischbaren Flüssigkeiten. Bei einer Emulsion aus Öl und Wasser finden sich winzige Öltröpfchen fein verteilt im Wasser.

Emulsionsspaltanlage S. Kap. 4.3.4

Fällung Verfahren zum Ausscheiden von im Abwasser gelösten Stoffen durch Fällungsmittel, Temperatur- und Druckänderung, Verdunstung oder Änderung der Polarität des Lösungsmittels. Die ausgeschiedenen Stoffe können durch *Flockung*, *Filtration* und/oder *Sedimentation* aus dem Abwasser entfernt werden.

Fettabscheider s. Kap. 4.3.3

Filterpresse Filter, in denen im *Batchverfahren* Suspensionen und Schlamm zwischen Filtermedien zusammengepresst werden. Das Wasser fliesst durch die Filtermedien hindurch, während die Feststoffe darin hängen bleiben. Beispiele sind Band- oder Kammerfilterpressen.

Filtration Verfahren, um gelöste oder ungelöste Stoffe mittels Filtermedium aus dem Abwasser zu entfernen. Bei Grob- und Feststoffen kommen Partikelschichten (*Sandfilter*) oder Gewebe (*Bandfilter* u.a.) infrage. Bei kleineren Teilchen oder gelösten Stoffen braucht es *Aktivkohlefilter* oder *Membrantrennverfahren*.

Flockung Feinste Schwebeteilchen verbinden sich mit Flockung(hilfs)mitteln (Calcium-, Eisen- oder Aluminiumhydroxid u.a.) zu Flocken, welche sich durch *Filtration*, *Flotation* und/oder *Sedimentation* aus dem Abwasser entfernen lassen.

Flotation Verfahren, bei welchem Schweb- und Schwimmstoffe (z.B. Flocken) durch Luftbläschen an die Wasseroberfläche geschwemmt werden. Der so entstandene Schwimmschlamm (Flotat) kann mit einem Skimmer abgezogen werden. Das Verfahren wird häufig bei der Trennung von Fetten und Ölen oder metallischen Hydroxidflocken angewandt.

Genereller Entwässerungsplan (GEP) Zentrales Element der Entwässerungsplanung durch die Gemeinde. Der GEP zeigt an, ob Ihre Liegenschaft im Misch- oder Trennsystem entwässert wird. Der Plan kann bei Ihrer Gemeinde erfragt oder eingesehen werden.

Industrieabwasser In der vorliegenden Publikation ein synonym für Abwasser aus Industrie und Gewerbe, d.h. ein durch industriellen und gewerblichen Gebrauch verändertes Wasser (Art. 4 Bst. e Gewässerschutzgesetz (GSchG)). S. auch Kap. 2.2.

Integrierte Lösungen Massnahme zur Verringerung der Umweltbelastung an der Quelle. Effektiver, risikoärmer und mittel- bis langfristig oft kostensparender als *End-of-Pipe*-Massnahmen.

Kaskadenspülung Die Kaskadenspülung ist eine Massnahme, um den Wasserverbrauch zu vermindern, indem das Wasser mehrfach verwendet wird. Sie wird gewöhnlich in Prozessen mit hintereinandergeschalteten Bädern (Galvanik-, Gemüsesewaschbäder u.a.) eingesetzt. Das Rohprodukt durchläuft die einzelnen Bäder in entgegengesetzter Richtung wie das Wasser. So kann in vorigen Bädern verschmutztes Wasser zur Vorreinigung des Produktes genutzt werden. Das der Kaskade sauber zufließende Wasser dient der Produkte-Endreinigung. S. auch Kap. 3.3.

Koaleszenzabscheider (MAK) *Leichtflüssigkeitsabscheider*, dessen Schacht zusätzlich mit einer porösen oder gitterartigen Struktur ausgestattet ist. Kleinere Öltröpfchen, welche an dieser Struktur hängen bleiben, fliessen darin zu grösseren Tropfen zusammen. Dadurch werden sie auftriebsfähig, steigen hoch und können mittels eines Hindernisses zurückgehalten werden. Das Verfahren funktioniert nur, wenn die Öltröpfchen nicht zu klein sind, d. h. wenn keine Emulsion besteht.

Lamellenklärer Mit schrägen, parallel zu einander stehenden Lamellen ausgestattetes Becken, welches grobe Feststoffe aus dem Abwasser trennt. Das von unten aufströmende Abwasser durchfließt den Zwischenraum der Lamellen, wodurch die Strömung abgebremst wird. Die Feststoffe setzen sich auf der unteren Fläche der Lamellen ab und sinken nach unten. Schliesslich werden sie mit einem Kratzförderer oder Schlammabzug abgetragen. Synonym: Schrägklärer.

Leichtflüssigkeitsabscheider S. Kap. 4.3.2. Umfasst unter anderem die *Mineralölabscheider* und *Koaleszenzabscheider*.

Membrantrennverfahren Trennverfahren, bei dem das Abwasser unter Druck einen Feinfilter passiert. Je Porengrösse unterscheidet man die Mikrofiltration (Porengrösse ungefähr 100 nm oder grösser), Ultrafiltration (2 nm – 100 nm) und Nanofiltration (unter 2 nm). Je kleiner die Poren desto grösser muss der Energieaufwand für die Druckerzeugung sein. Die im Filter zurückgehaltenen Stoffe (Retentat) können in einer *Filterpresse* entwässert werden.

Mineralölabscheider (MA) *Leichtflüssigkeitsabscheider*, die für die Abtrennung von öligen Flüssigkeiten im Auto- und Transportgewerbe (Benzin, Schmieröle u.a.) genutzt werden. S. auch *Koaleszenzabscheider*. Beiden ist immer ein *Schlammfang* vorgeschaltet.

Mischabwasserkanalisation Meist unterirdisches Leitungssystem, das verschmutztes Abwasser und nicht verschmutztes Regenabwasser in vermischter Form der Kläranlage (ARA) zuführt. S. auch Kap. 2.3.

Mischsystem Kanalisationsystem, bei dem Schmutz- und Regenabwasser zusammen abgeleitet werden. Im Mischsystem wird sämtliches Abwasser, d.h. Abwasser aus Küche, Bad und WC sowie solches aus Produktions- und Reinigungsprozessen in der Industrie/dem Gewerbe zusammen mit dem Regenabwasser von Dächern, Plätzen und Strassen vermischt in einen Kanal der zentralen Abwasserreinigungsanlage (ARA) zugeleitet. S. auch *Trennsystem*. S. auch Kap. 2.3.

Neutralisationsanlage S. Kap. 4.3.1

Ozonung Verfahren zur Entkeimung und Eliminierung von schädlichen Chemikalien durch Zugabe von Ozon als Oxidationsmittel.

Pflanzenkläranlage S. Bepflanzte Bodenfilter

Regenabwasserkanalisation Leitungssystem, welches von Oberflächen abfließendes Niederschlagswasser zu einer Versickerungsanlage oder einem Oberflächengewässer (Trennsystem) bzw. in die kommunalen Kläranlage (ARA, Mischsystem) ableitet.

Sandfang Absetzbecken mit der Aufgabe, leicht absetzbare Feststoffe, beispielsweise Sand, Steine oder Glassplitter, aus dem Abwasser zu entfernen.

Sandfilter Filter, welche mit Sand, Kies, Hydroanthrazit, *Aktivkohle* u.a. als Filtermedium arbeiten. Oft durchströmt das Wasser von oben nach unten mehrere Schichten mit verschiedenen Porengrössen (z. Bsp. Blähschiefer und Quarzsand). Kommt häufig nach anderen AVA (z. Bsp. nach einer Flockung) zum Einsatz.

Schlammfang (SF) Schacht, in dem sich Schlamm absetzen kann. Schlammfänge sind *Leichtflüssigkeits-* oder *Fettabscheidern* vorgeschaltet. Im klassischen Fall dienen sie der Entfernung von Silt, Sand und Kies. Ein Tauchbogen wie bei *Schlammfassammlern* fehlt.

Schlamm-sammler (SS) Anlage zur Abscheidung von Feststoffen und – in kleinerem Ausmass – Leichtflüssigkeiten aus Bodenflächen. Das durch einen gelöcherten Deckel oder eine Zulaufleitung zufließende Wasser wird in einem Schacht gesammelt, wo sich die Feststoffe als Schlamm absetzen. Das so vorgereinigte Wasser fließt durch ein nach unten gebogenes Abflussrohr (Tauchbogen) in die Ablaufleitung.

Schmutzabwasserkanalisation Meist unterirdisches Leitungssystem, das verschmutztes häusliches, gewerbliches und industrielles Abwasser der Kläranlage (ARA) zuführt. S. auch Kap. 2.3.

Spaltanlage S. Kap. 4.3.4

Stand der Technik S. Kap. 2.5

Stoffstromanalyse Instrument, um Stoff- (auch Wasser) und Energieströme in einem Betrieb oder in einem Betriebsprozess vom Rohstoff bis zum Endprodukt quantitativ und qualitativ abzubilden. Mit der Analyse können die grössten Anfallstellen von (Ab-)Wasser und ihre Zusammensetzung erhoben und die vielversprechendsten Verbesserungspotenziale identifiziert werden.

Stoffstromtrennung Getrennte Fassung von einzelnen Abwasser- oder Abfallströmen, damit diese jeweils einem geeigneten Behandlungsverfahren zugeführt werden können. Wichtige Massnahme zur Verminderung und Verwertung von Abwasser. S. auch Kap. 3.2 und 3.3 sowie *integrierte Lösungen*.

Strippung Austreiben flüchtiger oder wenig wasserlöslicher organischer Substanzen aus dem Wasser durch Dampf, Luft oder Gase. Das Verfahren wird besonders häufig zum Entfernen von in Lösungsmitteln enthaltenen Chlorkohlenwasserstoffen (CKW) angewandt.

Tauch-Tropfkörperanlage Besteht aus einer oder mehreren über eine gemeinsame Drehachse aneinandergereihten scheibenförmigen Strukturen, welche mit Biofilm überwachsen sind. Jede Scheibe ist zur Hälfte in Wasser eingetaucht und wird langsam um ihre eigene Achse gedreht. Die im Biofilm lebenden Mikroorganismen werden dadurch sowohl benetzt als auch mit Sauerstoff versorgt. Auf diese Weise können organische Inhaltsstoffe aus dem Abwasser entfernt werden. S. auch *Tropfkörperanlage*.

Trennsystem Kanalisationssystem, bei dem das Schmutz- und das Regenabwasser in zwei voneinander getrennten Leitungssystemen abgeleitet werden. Das häusliche Abwasser aus Küche, Bad und WC sowie das gewerbliche oder industrielle Abwasser wird über die Schmutzabwasserkanalisation der ARA zugeleitet. Das Regenabwasser wird dem nächstgelegenen Bach, Fluss oder See zugeleitet. S. auch *Mischsystem* und Kap. 2.3.

Tropfkörperanlage Besteht vor allem als Behältnis, das mit einer Packung von Steinen o.ä. gefüllt ist und auf natürliche Art belüftet wird. Die Steine dienen als Trägermaterial für einen Biofilm, der von Mikroorganismen besiedelt ist. Das am Biofilm herabfließende Abwasser wird durch mikrobiologischen Abbau gereinigt. S. auch *Tauch-Tropfkörperanlage*.

Vergärung Prozess des biologischen Abbaus von organischen Stoffen in Abwesenheit von Sauerstoff. Wird zur Erzeugung von Biogas (Methangas) genutzt.

Verunreinigung Nachteilige physikalische, chemische oder biologische Veränderung des Wassers.

Virtuelles Wasser S. Kap. 3.5

Weitere Definitionen und Erklärungen finden Sie im Glossar auf der Webseite des Verbandes Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (www.vsa.ch).

7. Weitere Informationen

Eidgenössische gesetzliche Grundlagen

Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG) vom 7. Oktober 1983 (SR 814.01)

Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG) vom 24. Januar 1991 (SR 814.20)

Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998 (SR 814.201)

Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA) vom 22. Juni 2005 (SR 814.610)

Kantonale gesetzliche Grundlagen

Einführungsgesetz zum Gewässerschutzgesetz (EG GSchG) vom 8. Dezember 1974 (711.1)

Verordnung über den Gewässerschutz (KGSchV) vom 22. Januar 1975 (711.11)

Besondere Bauverordnung I (BBV I) vom 6. Mai 1981 (700.21)
Bauverfahrensverordnung (BVV) vom 3. Dezember 1997 (700.6)

Gesetz über die Raumplanung und das öffentliche Baurecht (PBG) vom 7. September 1975 (700.1)

Die eidgenössischen Rechtsgrundlagen finden Sie unter www.admin.ch > Bundesrecht > Systematische Rechtsammlung. Für die Rechtstexte des Kantons Zürich siehe www.zhlex.zh.ch.

8. Publikationen

Merkblatt «Abfallbewirtschaftung in Betrieben» (AWEL)

Merkblatt «Umwelt-Kennzahlen: Der erste Schritt zu Effizienz und Kosteneinsparungen» (AWEL)

Schweizer Norm (SN) 592 000 (Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA))

SN EN 858-1 Abscheideranlagen für Leichtflüssigkeiten (z. B. Öl und Benzin)

SN EN 1825-2 Abscheideranlagen für Fette

Empfehlung «Gebührensysteem und Kostenverteilung bei Abwasseranlagen» (VSA)

Weitere Publikationen des AWEL finden Sie unter www.betriebe.zh.ch

9. Links und Kontaktadressen

Rechtssammlung des Bundes

www.admin.ch > Bundesrecht > Systematische Rechtsammlung

Rechtssammlung des Kantons Zürich

www.zhlex.zh.ch

Auskünfte zum betrieblichen Umweltschutz im Kanton Zürich

Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL)
Sektion Betrieblicher Umweltschutz und Störfallvorsorge (BUS)

Walcheplatz 2

8090 Zürich

Tel.: 043 259 32 62

E-Mail: betriebe@bd.zh.ch

Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA)

VSA-Geschäftsstelle

Europastrasse 3, Postfach

8152 Glattbrugg

Telefon 043 343 70 70

Fax 043 343 70 71

sekretariat@vsa.ch

1. Auflage Januar 2021

Autorin

Daniela Brunner

Redaktionsanschrift

Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft

Betrieblicher Umweltschutz und Störfallvorsorge

Walcheplatz 2, 8090 Zürich

E-Mail: betriebe@bd.zh.ch

Schematische Zeichnungen und Satz:

Roland Ryser, zeichenfabrik.ch

