

---

## 2.1 Prozesswasserautarkie mittels Abwasserrecycling

Wasser wird von Seiten der Industrie aus dem Wasserkreislauf entnommen, sei es durch Direktbezug über kommunale Wasserwerke oder Eigenförderung von Grundwasser oder Oberflächenwasser. Nach Gebrauch wird es entsprechend den jeweils gültigen gesetzlichen Auflagen behandelt und anschließend wieder dem Wasserkreislauf über Einleitung in eine kommunale Kläranlage (Indirekteinleiter) oder ein Fließgewässer (Direkteinleiter) direkt zugeführt. Die gesetzlichen Anforderungen an die Abwasserbehandlung haben sich in den letzten Jahrzehnten stets intervallartig verschärft. Ein Arbeitspapier des Fraunhofer Instituts für System- und Innovationsforschung mit dem Titel „Technische Trends der industriellen Wassernutzung“ (2008) lässt im Kapitel „Rechtliche Randbedingungen“ folgenden Sachverhalt erkennen.

Die rechtlichen Rahmenbedingungen üben einen wesentlichen Einfluss auf die industrielle Wassernutzung und Abwasserreinigung in Deutschland aus. Die überwiegend in den 80er Jahren erlassenen, branchenspezifischen Regelungen in den Anhängen zur Abwasserverordnung bildeten bislang die Grundlage für die Konzeption der Abwasserbehandlung in den Industriezweigen. Nach den Anforderungen des Wasserhaushaltsgesetzes ist dabei der Stand der Technik umzusetzen. In den ergänzenden Hintergrundpapieren für die Branchen werden detailliert die Verfahren beschrieben, die die Einhaltung der Anforderungen ermöglichen. Für einige Branchen werden dabei auch prozessintegrierte Anforderungen gestellt und es werden dabei auch Möglichkeiten für einen effizienten Wassereinsatz erläutert (z. B. Anhang 40; Zimpel 2004) (Hillenbrand et. al. 2008).

Auf der EU-Ebene sind als Vorgaben die IVU-Richtlinie (IVU-Richtlinie 2008)) sowie die Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL 2000) zu nennen.

## 2.2 Die EG-Wasserrahmenrichtlinie

Die im Jahr 2000 verabschiedete Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) verpflichtet die Mitgliedsstaaten, bis 2015 einen guten ökologischen und chemischen Zustand in den Gewässern zu erreichen. Was bedeutet dies für Direkt- und Indirekteinleiter?

Besondere Aufmerksamkeit erfährt hier eine Reihe von gewässerökologischen Zielen und Forderungen sowie die prioritären Stoffe.

Im Anhang X der Richtlinie wurden 33 Stoffe festgelegt, für die europaweite Qualitätsziele einzuhalten sind (prioritäre Stoffe).

Die Ziele der Richtlinie lassen sich, wie folgt unterteilen:

- Verringerung der chemischen Belastung der Gewässer innerhalb der EU
- Bestandsaufnahme der Emissionen und Einleitungen prioritärer Stoffe je Flussgebietseinheit und Mitgliedsstaat
- Gänzliche Unterbindung der Einleitungen, Emissionen und Verluste der gefährlichen prioritären Stoffe innerhalb der nächsten 20 Jahre
- Schrittweise Verringerung des Eintrags prioritärer Stoffe

**Prioritäre Stoffe** Prioritäre Stoffe sind gekennzeichnet durch Eigenschaften, wie:

- Persistenz
- Bioakkumulation
- aquatische Toxizität
- Säugetiertoxizität
- Dispersionsgrad (Verteilung) in der Umwelt

Bisher sind 33 Stoffe als prioritär und davon 13 als prioritär *gefährliche* Stoffe auf einer Liste ausgewiesen. Siehe hierzu die Tab. 2.1 und 2.2. Weitere Stoffe werden geprüft.

Listen, die Stoffe aufgrund von bestimmten Kriterien als gefährlich ausweisen, haben ihre eigene Dynamik, wie parallele Entwicklungen in den vergangenen Jahrzehnten zeigten, derartige Listen werden ständig fortgeschrieben. Wie die Listen der prioritären Stoffe und prioritär gefährlichen Stoffe in der Zukunft genau aussehen werden, kann man heute nur vermuten. Wahrscheinlich sind sie deutlich erweitert. Doch werfen wir einen Blick auf die Verteilung einiger dieser Stoffe in deutschen Flüssen.

---

## 2.3 Prioritäre Stoffe in deutschen Gewässern

Abbildung 2.1 verdeutlicht die Entwicklung bei den Emissionen von Schwermetallen. Die Schwermetallemissionen seitens der Industrie durch Direkteinleitung haben sich in 15 Jahren deutlich reduziert. Mit den neuen Herausforderungen zur Senkung der Emissionsfrachten ergeben sich für die einzelnen Industriebranchen bzw. ihrer Firmen Mög-

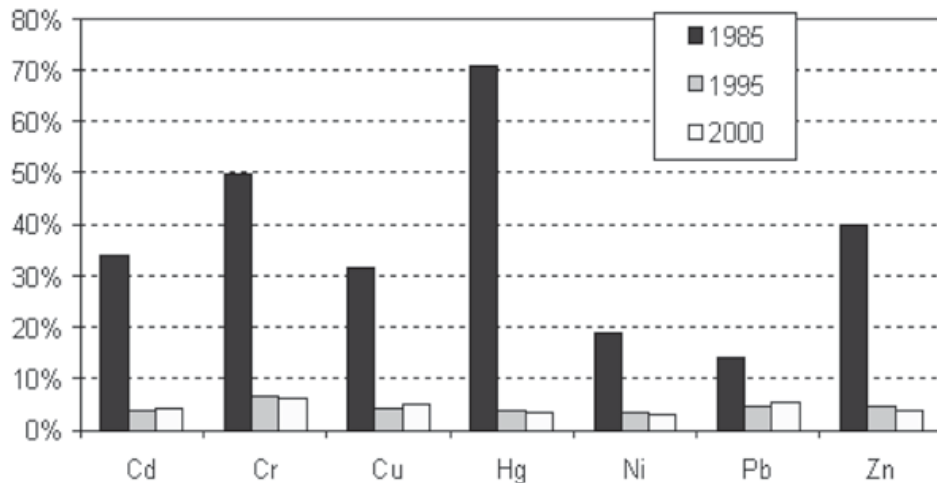
**Tab. 2.1** Liste der 13 prioritär gefährliche Stoffe

1.	Anthracen
2.	Bromierte Diphenylether (p-BDE)
3.	Cadmium und Cadmiumverbindungen
4.	C10-13-Chloralkane
5.	Endosulphan
6.	Hexachlorbenzol
7.	Hexachlorbutadien
8.	Hexachlorcyclohexan
9.	Quecksilber und Quecksilberverbindungen
10.	Nonylphenole
11.	Pentachlorbenzol
12.	Polyaromatische Kohlenwasserstoffe (ohne Fluranthen)
13.	Tributylzinnverbindungen

**Tab. 2.2** Liste 20 prioritäre Stoffe

1.	Alachlor
2.	Atrazin
3.	Benzol
4.	Chlorfenvinphos
5.	1,2-Dichlorethan
6.	Dichlormethan
7.	Di(2-ethylhexyl) phthalt(DEHP)
8.	Diuron
9.	Fluoranthen
10.	Isoproturon
11.	Blei und Bleiverbindungen
12.	Naphtalin
13.	Nickel und Nickelverbindungen
14.	Octylphenol
15.	Pentachlorophenol
16.	Simazin
17.	Trichlorobenzole
18.	Trichlormethan (Chloroform)
19.	Trifluralin

lichkeiten die Frachtreduzierung durch Eigeninitiativen zu bewerkstelligen. Abb. 2.1 zeigt auch die Elemente Quecksilber und Cadmium, die zu den gefährlich prioritären Stoffen gehören, ebenso die Stoffe Cadmium und Blei, die unter die 20 prioritären Stoffe fallen. Die Einleitung dieser Stoffe wird in Zukunft sehr stark limitiert werden. Was für viele



**Abb. 2.1** Anteil industrieller Direkteinleitung an den Gesamtemissionen von Schwermetallen in deutsche Gewässer für den Zeitraum 1985 bis 2000 (Nach Böhm et al. 2005)

Direkt- und Indirekteinleiter, die diese Stoffe emittieren, eine Optimierung ihrer betrieblichen Abwassertechnik erfordert.

In Zusammenhang mit den Anforderungen auf europäischer Ebene wird derzeit an einer Überarbeitung der rechtlichen Grundlagen zur Abwasserbehandlung in Deutschland gearbeitet (UBA/BMU 2004; Veltwisch 2005; Hahn 2004, cit. in Hillenbrand et al. 2008). Im Einzelnen werden folgende Gründe genannt:

- „Berücksichtigung der Anforderungen der Wasserrahmenrichtlinie (prioritäre Stoffe)
- Integration der sich aus der IVU-Richtlinie ergebenden Anforderung zur medienübergreifenden Betrachtung
- notwendige Anpassung der in den Anhängen zur Abwasserverordnung festgelegten Anforderungen an den Stand der Technik, der u. a. in den BVT-Papieren beschrieben ist (seit 1990 wurden die Anforderungen nach § 7a WHG nicht systematisch fortgeschrieben)
- Umsetzung der in 2002 neu formulierten Anforderungen zur Bestimmung des Standes der Technik (Anhang 2 zu § 7a WHG), nach denen u. a. die Aspekte Stoffrückgewinnung sowie Rohstoffverbrauch besonders zu berücksichtigen sind, so dass dadurch der Aspekt einer möglichst effizienten Nutzung von Wasser gestärkt wird“

In diesem Zusammenhang sollte man sich noch einmal die Richtlinie 2008/105/EG vor Augen führen, welche Ziele im Gewässerschutz innerhalb der EU angestrebt werden.

„Am 17. Juli 2006 hatte die EU-Kommission einen Richtlinienvorschlag über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik vorgelegt. Er knüpft an den Artikel 16 über Strategien gegen Wasserverschmutzung, der Wasserrahmenrichtlinie (WEEL) aus dem Jahre 200 an und dient bei den prioritären Stoffen der Erreichung der Umweltziele der Richtlinie die spätestens nach 15 Jahren, d.H. bis 2015, erreicht werden soll.

### Die Ziele lauten

- Herstellung eines guten ökologischen Zustandes der oberirdischen Gewässer einschließlich der Küstengewässer;
- Erreichen eines guten ökologischen Potenzials für künstliche oder erheblich veränderter Gewässer und
- Herstellung eines guten chemischen Zustandes.

Das Ziel, die Gewässer von bestimmten, z. T. gefährlichen Stoffe soweit wie möglich frei zu halten, ist unter dem Dach der Wasserrahmenrichtlinie ein wichtiger Schwerpunkt im europäischen Gewässerschutz. In den Gewässern findet sich eine Vielzahl von Stoffen, die durch Einleitung und diffuser Quellen eingetragen werden. (BMU 2011)

Diese Zielsetzung der europäischen Gewässerpolitik hat Konsequenzen für Direkt- und Indirekteinleiter in Bezug auf ihre betriebliche Wasserwirtschaft. Wobei der Begriff „Betriebliche Wasserwirtschaft“ weit mehr umfasst als die reine Abwasserentsorgung. Er integriert die Frischwasserversorgung, den effiziente Wassereinsatz in der Produktion, die Abwasserwertung und schließlich die Abwasseraufbereitung bis hin zur Kreislaufführung der einzelnen Prozesswasserstränge.

---

## 2.4 Wer nicht handelt, wird behandelt!

Wer nicht selbständig handelt, wird behandelt in Form von Gesetzen, Richtlinien, Bescheiden und Auflagen etc. Der Aktive wird zum Passiven und muss den gesetzlichen Anforderungen an seine Abwassereinleitung genügen, bzw. Auflagen hinsichtlich seiner Wasserversorgung erfüllen. Jeder Verantwortliche eines Betriebes sollte daher den technischen Stand der eigenen betrieblichen Wasserwirtschaft gründlich hinterfragen. Hierzu zählt die Gewinnung von Frischwasser, die innerbetrieblichen Nutzung des Prozesswassers und die Entsorgung des Abwassers. Dies dient ihrer nachhaltigen Entwicklung. Was den Verantwortlichen zwangsläufig zur nächsten Frage führen muss. Welche Maßnahmen bieten sich an, um für das Werk, den Betrieb etc. langfristig eine sichere Wasserversorgung und Abwasserentsorgung zu erreichen. Eine Alternative könnte die Änderung der Produktionsverfahren im Sinne einer Umstellung von einer abwassererzeugenden Fertigung auf eine abwasserlose sein, z. B. der Wechsel von einer Nasslackierung auf eine Pulverbeschichtung, wenn sich diese Möglichkeit bietet. Alternative abwasserfreie Fertigungstechniken und die Substitution von wassergefährdenden Stoffen sind wichtige Kriterien für einen nachhaltigen Gewässerschutz, sie allein werden jedoch nicht alle Emissionsprobleme lösen können. Hier stellt sich die Frage nach Alternativen zur End-of-pipe-Technik. Die Natur selbst mit ihren vielen Kreisläufen (z. B. Wasserkreislauf, CO<sub>2</sub>-Kreislauf, Stickstoff-Kreislauf etc.) weist uns einen lang erprobten Weg, nämlich die Kreislaufführung oder, um im technischen Terminus zu bleiben, das Recycling von Prozesswasser.

## 2.5 Die Natur als Vorbild – Kreislaufführung der Prozesswässer

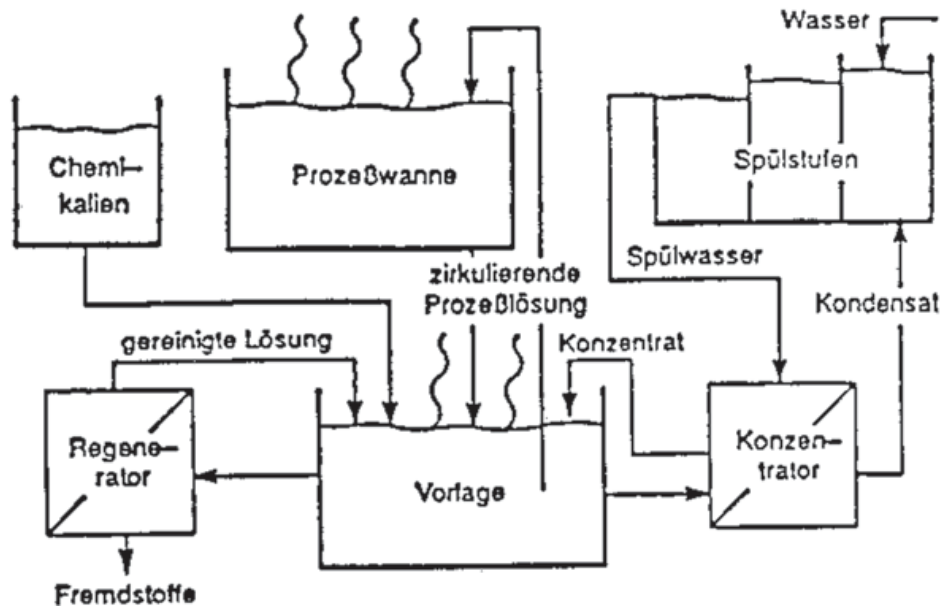
Eine Möglichkeit ist das Recycling der Prozesswässer für eine innerbetriebliche Kreislaufführung. Das Prozesswasser ist hier innerbetrieblich im Fluss, wie im natürlichen Wasserkreislauf. Wir lernen von der Natur. Es beginnt mit dem Frischwasser, das für die Produktion (Prozesswasser, Brauchwasser) benutzt und dadurch belastet wird, es wird zum Abwasser. Anschließend wird es innerbetrieblich behandelt (aufbereitet) und dadurch erneut zu Prozesswasser (Brauchwasser), das dann in Frischwasserqualität wieder genutzt wird. Ob das Medium Wasser (Prozesswasser) im innerbetrieblichen Kreislauf als „Frischwasser“ oder „Abwasser“ angesprochen wird, hängt nur von seinem Zustand (aufbereitet, benutzt und belastet) ab. Es handelt sich immer um das gleiche Wasser, das im Kreislauf geführt wird, lediglich die Wasserverluste (Verdunstung, Eingang in das Produkt etc.) müssen durch kreislaufexternes Wasser ersetzt werden. Wobei sich dafür die Nutzung von Regenwasser anbietet.

### 2.5.1 Frischwasser-Check

Bevor wir uns um das Abwasser kümmern, sollte zunächst eine Bestandsaufnahme über den Frischwasserverbrauch im Betrieb durchgeführt werden. Alles was wir an Frischwasser durch innerbetriebliche Maßnahmen (z. B. Sparspültechnik) einsparen können, brauchen wir als Abwasser nicht zu behandeln. Erfahrungsgemäß haben sich Check-Listen als praktische Hilfsmittel bei dieser Aufgabe bewährt, so dass wir im folgenden Frischwasser-Check einige Hinweise für die Bestandsaufnahme erhalten.

Die Frischwasserversorgung eines Betriebes ist in erster Linie eine lokale Angelegenheit, also eine Standortfrage. Der folgende Frischwassercheck gibt einige stichwortartige Hinweise, welche Kriterien bei der langfristigen Frischwasserversorgung eines Betriebes beachtet werden sollten. Er gliedert sich in die 4 Bereiche – Wasserangebot, Frischwasserverbrauch, Schwachstellen bei der Versorgung und Alternativen bei der Frischwassersicherung.

1. Frischwasserangebot
  - Prognose der regionalen Wasserverhältnisse
  - Verträge mit Wasserlieferanten
  - Verträge und Auflagen bei der Eigenförderung
  - Mögliche restriktive Auflagen
  - Entwicklung der Wasserpreise
  - Prognose zur langfristigen Verfügbarkeit der Wasserquellen
2. Frischwasserbedarf
  - Art und Menge des Frischwasserbedarfs
  - Mögliche Produktionserweiterung
  - Zukünftiger Frischwasserbedarf nach Art und Menge



**Abb. 2.2** Verfahrensschema einer abwasserfrei konzipierten Prozessstufe (Aus Lieber 1995; mit freundlicher Genehmigung des Erich Schmidt Verlags, Berlin)

### 3. Schwachstellen bei der Frischwasserversorgung

- Kürzung der Eigenförderung
- Kürzung des Wasserbezuges
- Preisentwicklung

### 4. Alternativen der Frischwassersicherung

- Wassereinsparen
- Wasserfreie Produktionsverfahren
- Alternative Wasserquellen oder -lieferanten
- Regenwassernutzung für Prozesswässer

## 2.5.2 Abwasserentsorgung, Einsparpotentiale, Prozesswasserautarkie

Strebt ein Betrieb die Autarkie der Prozesswässer an, das heißt, er leitet weder Abwasser ab, noch bezieht er Frischwasser aus eigenen (z. B. Brunnen) oder externen Quellen (Wasserwerk), so kann die Nutzung des Regenwassers von seinem eigenen Gelände (Dächer oder andere geeigneter Flächen etc.) eine nützliche Quelle für die Deckung der Wasserverluste sein. Grundsätzlich sollte vor der Entscheidung über Änderungen innerhalb der betrieblichen Abwasserwirtschaft immer eine Sachstandserhebung der Abwasserhältnisse durchgeführt werden.

Im Abb. 2.2 wird an einem Beispiel aus dem Bereich Galvanik der Unterschied zu einer End-of-pipe Technik deutlich. Der Betrieb emittiert kein Abwasser nach Außen, weder in eine öffentliche Kläranlage noch in ein Gewässer. Lediglich Reststoffe (Abfall) werden extern entsorgt und Wasserverluste durch externe Zufuhr ausgeglichen. Könnten die Wasserverluste durch Nutzung von Regenwasser aus der betrieblichen Dachflächen ergänzt werden, so wäre dieser Betrieb **prozesswasserautark**.

Vielfältig sind die Optionen, die die Abwasseremission eines Betriebes vermeiden bzw. reduzieren können. Für die Lösungen innerhalb eines Betriebes gibt es ein weites Spektrum von Teillösungen, (z. B. Kreislaufführung von Prozesswässern mit prioritären Stoffen etc.), bis hin zur Schließung aller Teilströme mit der Nullemission der Abwasserfrachten eines ganzen Betriebes und der Nutzung von Regenwasser als Ergänzung für die Wasserverluste.

Im folgenden Kapitel wird die langfristige Abwasserentsorgung im Blickpunkt stehen, hierzu werden allgemeine Arbeitshilfen vorgestellt, die für jede Branche bzw. jedem Betrieb entsprechend variiert werden können.