

Prozesswasserautarkie mittels Abwasserrecycling und Regenwassernutzung

von Dr. Rolf Stiefel

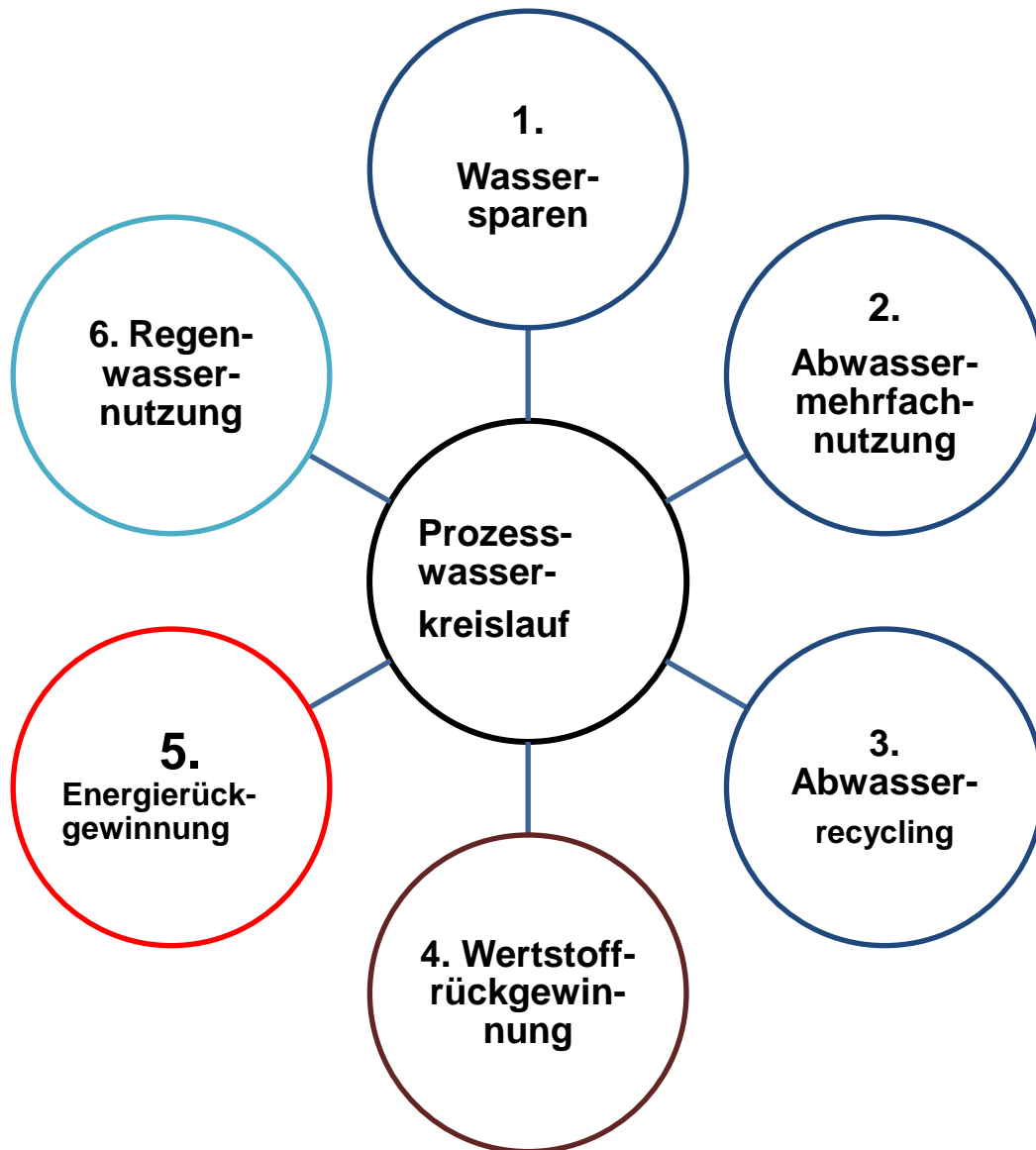
Abwasserentsorgung, Abwassernutzung, Abwasserpass, Abwasserrecycling, Betriebswasserbilanz, Eigenanalytik, Energierückgewinnung, Frischwasserquellen, Kreislauftechnik, Niederschlagswasser, PIUS (Produktionsintegrierter Umweltschutz), Prozesswasser, Prozesswasserautarkie, Prozesswassermehrfachnutzung, Regenwassernutzung, Ressourcenschonung, Spültechnik, Wassereffizienz, Wasserkreislauf, Wasserspartechiken, Wasserwende, Wertstoffrückgewinnung

1. Wasser im Kreislauf

Langfristig unsichere Wasserversorgungsquellen, vor allem in Gebieten außerhalb Mitteleuropas, sowie steigende Anforderungen an die Abwasserbehandlung rücken das Abwasserrecycling von Prozesswässern in den Fokus des produktionsintegrierten Umweltschutzes (PIUS). Mit integrierter Rückgewinnung von Wertstoffen und Energie sowie der Nutzung von Regenwasser als Quelle für Frischwasser zur Deckung von Wasserverlusten (z.B. Verdunstung, Ausschleppung etc.) bietet sich für weite Teile der industriellen Produktion eine zukunftssichere Alternative zur herkömmlichen End-of-pipe-Technik in der Abwasserwirtschaft.

Prozesswasser ist ein Kreislaufmittel, das Abwasserrecycling ist der Motor zum Kreislauf mit vielen Möglichkeiten der Wertstoff- und Energierückgewinnung, wie im Bild 1 dargestellt. Es ist die Abkehr von der reinen Abwasserentsorgung hin zur Abwassernutzung.

Bild 1 : Prozesswasserautarkie



Die Wasserwende

Die Bilder 2 und 3 zeigen uns deutlich den Unterschied zwischen der herkömmlichen End-of-pipe-Technologie und einer Kreislaufwirtschaft der Prozesswässer in der betrieblichen Wasserwirtschaft.

Markant springt uns hier der Richtungswechsel des Wasserverlaufes ins Auge.

Die End-of-pipe-Technologie weist dem Wasserverlauf nur eine Einbahnrichtung zu.

Das Frischwasser (z.B. Stadtwasser, Eigenbrunnenwasser, Oberflächenwasser) wird der Produktion mit oder ohne eigene Aufbereitung zugeführt, in der Produktion

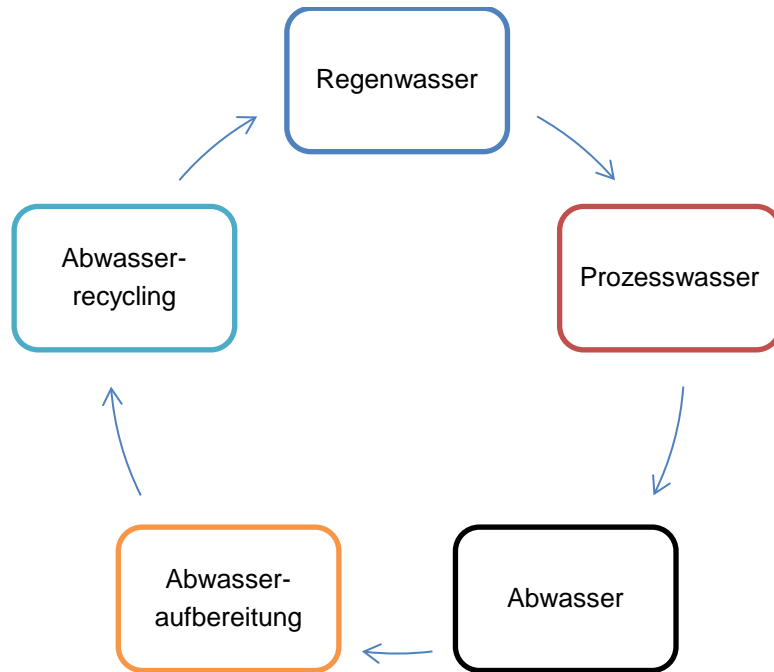
benutzt und dann als Abwasser entsorgt. Das heißt, es wird innerbetrieblich behandelt und dann gemäß den gesetzlichen Anforderungen als Abwasser entweder einer öffentlichen Kläranlage (Indirekteinleiter) oder einem Oberflächengewässer (Direkteinleiter) zugeleitet.

Ganz anders verhält sich der Wasserlauf bei einer Kreislaufführung.

Das Medium Wasser ist einem permanenten Wechsel - Prozesswasser – Abwasser- Prozesswasser - innerhalb eines Kreislaufes unterworfen. Wobei die Wasserverluste, die bei der Nutzung des Prozesswassers (z. B. Verdampfung etc.) und der Aufbereitung des Abwassers (z.B. Abfall) auftreten, durch Regenwassernutzung ersetzt werden. Zusätzlich bietet diese Kreislauftechnik die Rückgewinnung von Wertstoffen und Energie aus dem Abwasser. Die Abwasserentsorgung hat sich zur Abwassernutzung gewandelt. Der Wasserverlauf wandelt sich von der Einbahnstraße zum Kreislauf nach dem Vorbild des natürlichen Wasserkreislaufes.

Bild 2 : Konventioneller Wasserlauf (End-of-pipe-Technik) von Prozesswasser



Bild 3 : Kreislaufführung von Prozesswasser mit Regenwassernutzung

2. Ziele der Ressourceneffizienz in der betrieblichen Wasserwirtschaft

Bei der Frage nach den Zielen eines nachhaltigen Prozesswasserkreislaufes, sind

folgende Aspekte zu berücksichtigen, die in der Tabelle 1 zusammengestellt sind.

Tabelle 1: Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit im Prozesswasserkreislauf stützt sich auf sechs Säulen.

1. Wassersparen in den einzelnen Produktionseinheiten
2. Mehrfachnutzung von Abwässern im Betrieb mit und ohne Aufbereitung .
3. Abwasserrecycling, die Aufbereitung von Abwässern und deren Wiederverwendung als Prozesswässer.

Verwertungsmöglichkeiten:

4. Wertstoffe werden aus dem Abwasser zurückgewonnen und einer Verwertung zugeführt.
5. Organische Wasserinhaltsstoffe werden ebenso wie das Wärmepotential des Prozesswassers als Energiequellen genutzt.
6. Wasserverluste im Prozesswasserkreis werden durch die Nutzung von Regenwasser kompensiert.

Hier haben wir zunächst den Prozesswasserkreislauf, der mit dem Wassersparen in der Produktion beginnt und sich fortsetzt in der Mehrfachnutzung der Prozesswässer und ergänzt wird durch das Abwasserrecycling. Am Ende steht ein geschlossener Kreislauf der Prozesswässer, wobei etwaige Wasserverluste mittels der Regenwassernutzung kompensiert werden. Das Medium Prozesswasser bewegt sich dann im Kreislauf innerhalb eines Betriebes. Entsorgt werden müssen weiterhin die Abfälle aus der Abwasserbehandlung, soweit sie nicht als Wertstoffe zurückgewonnen werden können.

Die Nutzung der Abwasserinhaltsstoffe konzentriert sich auf die Rückgewinnung von Rohstoffen aus den Abwässern.

Die energetische Verwertung der Abwässer umfasst sowohl die thermische Nutzung der Energiepotentiale der Abwässer als auch die Nutzung organischer Abwasserinhaltsstoffe mittels anaerober Verfahren für die Biogasgewinnung.

In Sonderfällen können organische Stoffe auch der thermischen Verwertung zugeführt werden.

Diese Umstellungen der betrieblichen Wasserwirtschaft sind zunächst mit Arbeit und Kosten verbunden, bieten dafür jedoch langfristig eine Autarkie bei den Prozesswässern, bei gleichzeitiger Nutzung der Abwässer als Rohstoffquellen und Energielieferant. Weiterhin bieten sie für die Betriebe Sicherheit bei der Abwasserentsorgung in Bezug auf mögliche verschärfte Anforderungen der Einleitungsbedingungen in Fließgewässer und öffentliche Kläranlagen.

Mehrfachnutzung von Prozesswässern hilft den Betrieben, Frischwasser zu sparen und die Abwassermenge zu reduzieren. Beides sind Kostenfaktoren für deren Verringerung zahlreiche Möglichkeiten bestehen.

Bevor Optimierungsmaßnahmen (z.B. Wassereinsparung in der Produktion oder Mehrfachnutzung der Prozesswässer) durchgeführt werden, sollte eine gründliche Datenerhebung von allen wasserrelevanten Parametern des Betriebes erfolgen. Sie beginnt mit den Zu- und Abläufen aller Wasserarten und beinhaltet die innerbetriebliche Nutzung der einzelnen Wasserarten sowie ihre Aufbereitung, und Entsorgung nach Art und Menge. Die Form der Erhebung ähnelt einer Bilanz im finanziellen Bereich. Sie wird daher kurz Betriebswasserbilanz genannt. Die Abwassercharakteristik der einzelnen Abwässer ist weitgehend abhängig von den Eigenschaften der jeweiligen Abwasserinhaltsstoffe. Es bietet sich daher an, die Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe, die bestimmungsgemäß ins Abwasser gelangen oder gelangen können mit ihren Eigenschaften zu erfassen. Diese Stoffe und ihre abwasserrelevanten Merkmale (z.B. Toxizität) werden daher in einem Abwasserpass dokumentiert.

3. Betriebswasserbilanz

Die „Betriebswasserbilanz“ ist ein Instrument der Wasserdatenerhebung bezogen auf einen einzelnen Betrieb. Sie beinhaltet alle Wasserdaten, die den jeweiligen Betrieb tangieren. Die einzelnen Hauptsegmente der Wasserdatenerhebung können unterteilt werden in:

- Wasseranfall auf dem Betriebsgelände (z.B. Regenwasser, Quellwasser etc.)
- Wasserbezug des Betriebes
- Wassernutzung im Betrieb
- Abwasseranfall
- Abwasserbelastung
- Abwasserbehandlung
- Abfallanfall bei der Abwasserbehandlung
- Abwasserrecycling
- Abwasserentsorgung
- Abwassernutzung

Diese Hauptsegmente untergliedern sich in Untersegmente, damit eine lückenlose Erhebung möglichst alle relevanten Wasserdaten sowie ihre Bezugspunkte (z.B. Abfallanfall bei der Abwasserbehandlung oder Rückgewinnung von Wertstoffen aus den einzelnen Abwassersträngen) erfasst. Die Betriebswasserbilanz ist ein Vorsorgeinstrument, das den betrieblich Verantwortlichen einen Überblick über die innerbetriebliche Wassersituation gewährt. Sie bietet zugleich eine Schwachstellenanalyse, um ineffiziente Wassernutzungen zu erkennen und den Ansatz zu liefern für innerbetriebliche Maßnahmen, um die Effizienz der Wassernutzung zu steigern.

Ein weiteres Hilfsmittel zur Optimierung der betrieblichen Abwasserverhältnisse ist der Abwasserpass, der alle Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe umfasst, die ins Abwasser gelangen bzw. gelangen können.

4. Abwasserpass

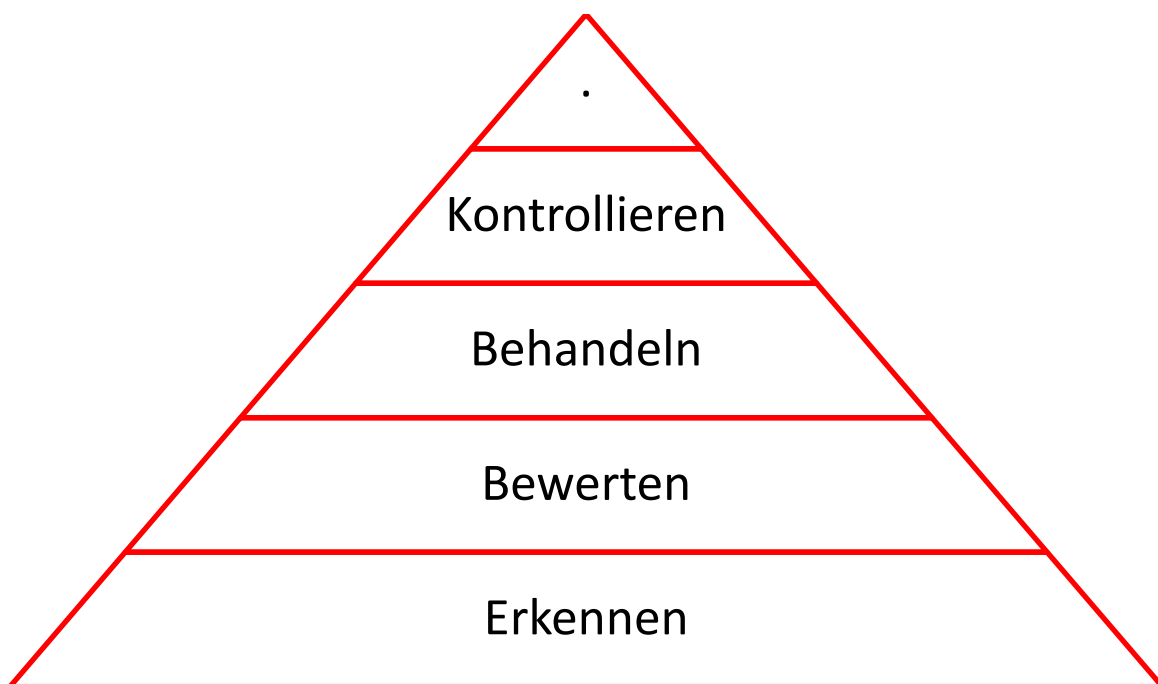
Eine effektive Abwasserbehandlung erfordert Hintergrundwissen über die Eigenschaften der Abwasserinhaltsstoffe.

Die Vermeidung- bzw. Verminderung von Stoffemissionen insbesondere der gefährlichen Stoffe bedingt die Kenntnis ihrer Stoffeigenschaften in Bezug auf das Abwasser. Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe besitzen bestimmte Eigenschaften, gelangen diese Stoffe ins Abwasser, so werden daraus Abwasserinhaltsstoffe und

deren Gesamtheit bestimmt den Abwassercharakter. Während der Bearbeitung in den einzelnen Produktionsprozessen können sich ihre Eigenschaften zum Teil durch chemische, biologische und physikalische Prozesse verändern, was den Sachverhalt komplizieren kann.

Die effiziente Beherrschung der Abwasserinhaltsstoffe in der Abwasserbehandlung setzt eine Reihe von Kenntnissen über sie voraus, etwa ihre Konzentrationen und vor allem ihre abwasserrelevanten Eigenschaften (z.B. Toxizität etc.). Im Bild 4 werden vier wichtige Merkmale des Abwassermanagements dargestellt. Die abwassertechnische Behandlung der Abwasserinhaltsstoffe und ihre analytische Kontrolle in Form einer Betriebsanalytik werden effektiver, wenn möglichst viele der Inhaltsstoffe und ihrer Eigenschaften bekannt sind. Die Abwasserbehandlung und ihre Eigenanalytik bedürfen eines Partners, der möglichst viel Wissen über die Abwasserinhaltsstoffe einbringen kann. Abwasserinhaltsstoffe müssen erkannt, ihre abwasserrelevanten Eigenschaften bewertet, mittels geeigneter Verfahren behandelt und durch Analysen im Wasserverlauf kontrolliert werden, damit vorgegebene Anforderungen eingehalten werden. Das Medium Wasser wechselt innerhalb des Betriebes vom Prozesswasser zum Abwasser und wird wieder nach einer Aufbereitung als Prozesswasser verwendet. Der Kreislauf ist geschlossen.

Bild 4 : Management der Abwasserinhaltsstoffe



Wichtige Stoffeigenschaften dienen als Screeningparameter für eine Abschätzung der Abwassercharakteristik.

Besonders relevante Eigenschaften von Stoffen, wie z.B. Giftigkeit, Persistenz, Flüchtigkeit, Korrosionsverhalten oder Komplexbildung etc. bedürfen einer intensiven Aufmerksamkeit, damit bei der Frage der Stoffsubstitution oder der Abwasserbehandlung diese Eigenschaften mitberücksichtigt werden können. Hier empfiehlt es sich, alle Stoffe, die innerhalb des Betriebes ins Abwasser gelangen, systematisch zu erfassen und ihre abwasserrelevanten Eigenschaften in einem Formblatt ähnlich einem Pass zu dokumentieren.

Eine wichtige Hilfe bietet er für die Substitution von Stoffen, die

- die Abwasserbehandlung stark verteuern,
- die Verwertung eines Abfalls aus der Abwasserbehandlung stark erschweren,
- durch ihre Eigenschaften Probleme (z.B. Toxizität) bei der Abwasserbehandlung verursachen

In Notfällen kann schnell auf die Stoffdaten zurückgegriffen werden, um etwaige schädliche Wirkungen (z.B. bakterizide Stoffe in biologischen Kläranlagen) zu begrenzen bzw. zu unterbinden. Für den Aufbau einer Stoffdatenbank bedient man sich der EU-Sicherheitsdatenblätter und weiterer Produktinformationen, die auch beim Händler/Lieferant angefragt werden können.

Tabelle 2:**Abwasserpass für Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe**

Abwasserpass	
1. Stoffbezeichnung (Handelsprodukt)	
2. Hersteller/Lieferant:	
3. Ort:	
4. Straße/Postfach:	
5. Telefon:	Fax-Nr.
6. E-mail-Adresse	
7. Ansprechpartner:	
8. Verwendungszweck:	
9. Inhaltsstoffe	
10. Hauptbestandteile:	
11. Nebenbestandteile:	
12. PBT (prioritärer) –Stoff	
13. Physikalische und chemische Daten	
14. pH-Wert:	
15. Wasserlöslichkeit:	
16. Dichte:	
17. Dampfdruck:	
18. Flammpunkt:	
19. Aromatische Verbindungen:	
20. Stickstoff (N) ges. :	
21. Ammonium :	
22. Nitrat:	
23. Nitrit:	
24. Phosphor ges.:	
25. Phosphat :	

26. Organische Belastung:
27. Total organic Carbon (TOC)
28. Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB):
29. Biologischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅):
30. Biologische Abbaubarkeit:
31. CSB/BSB ₅ -Verhältnis:
32. Statischer Abbautest (Simulation Kläranlage) :
33 Leichte biologische Abbaubarkeit :
33. Akute Toxizität gegenüber Belebtschlamm aus einer kommunalen Kläranlage:
34. Sauerstoffverbrauchshemmung:
35. Nitrifikationshemmtest :
36. Akute Toxizität gegenüber Wasserorganismen
37. Wassergefährdungsklasse (WGK):
38. Akute Fischgiftigkeit:
39. Akute Daphnientoxizität:
40. Akute Algentoxizität:
41. Akute Bakterientoxizität :
42. Langfristige Ökotoxizität
43. Langfristige Fischtoxizität :
44. Chronische Daphnientoxizität :
45. Metallkomplexe im Produkt:
46. Komplexierende Stoffe:
47. AOX-Bildner:
48. Waschaktive Substanzen (Tenside):
49. Stark oxidierend:
50. Stark reduzierend:
51. Geruchsintensivität :
52. Recyclefähigkeit des Stoffes:
53. Weitere wichtige abwasserrelevante Eigenschaften:
54. Mögliche Abwasserbehandlungsverfahren :
55. Alternative Ersatzstoffe:

Neben den Stoffeigenschaften der Abwasserinhaltsstoffe ist die Abwassermenge eine wichtige Einflussgröße in der betrieblichen Wasserwirtschaft. Welche Möglichkeiten bestehen, die Abwassermengen zu verringern?

5. Wassersparen beginnt in der Produktion

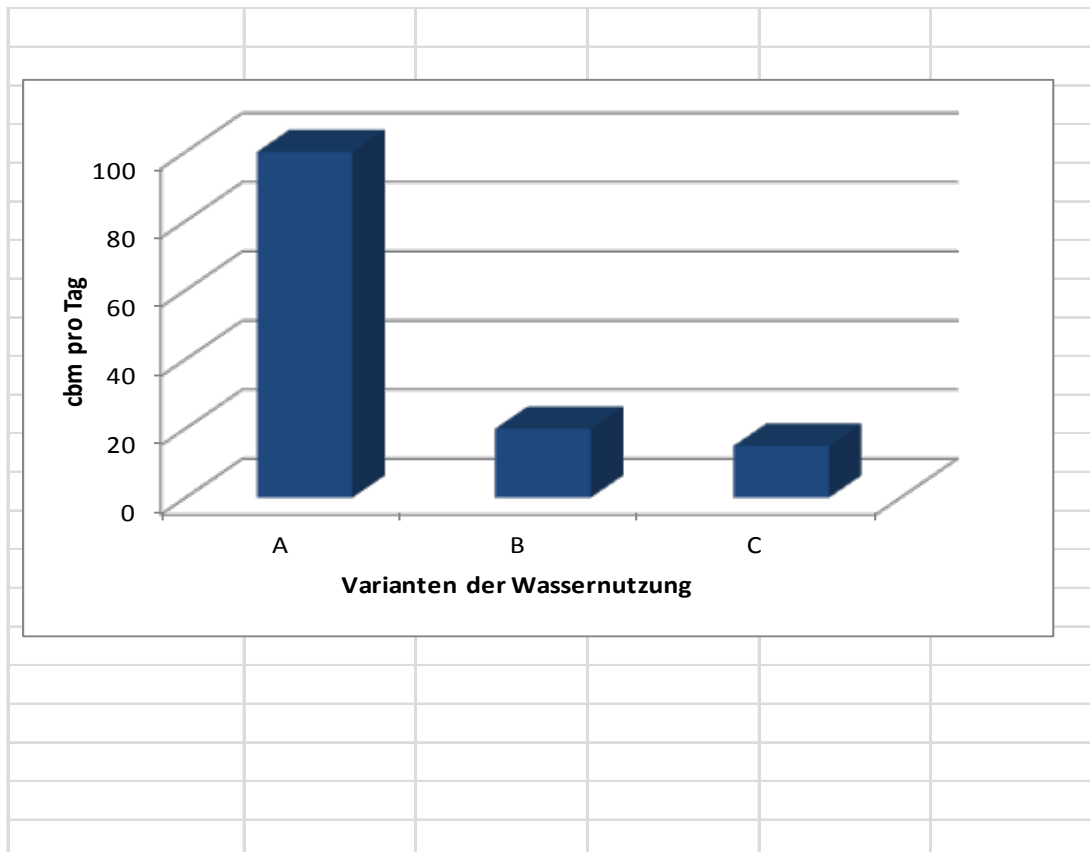
Die Reduzierung der Prozesswassermengen und damit verbunden, die Minimierung der Abwässer und Abwasserkosten sollte integraler Bestandteil jedes Produktionsverfahrens sein. Welche Auswirkungen die produktionsintegrierte Wassereinsparung in der Kombination mit einer Mehrfachnutzung haben kann, sehen wir im nachfolgenden Beispiel, das uns drei Möglichkeiten der Prozesswassernutzung in einer Produktionsstätte aufzeigt.

A: Klassische End-of-pipe-Technik ohne jegliche Wassereinsparung oder Mehrfachnutzung

B: Mehrfachnutzung des Prozesswassers, bevor es als Abwasser entsorgt wird

C: Direkte Wassereinsparung in der Produktion durch technische Maßnahmen und Mehrfachnutzung des Prozesswassers

Im vorliegenden Beispiel (Bild 5) wird das Prozesswasser in den Varianten B und C mittels einer Ultrafiltration soweit aufbereitet, dass es einer 5-fachen Nutzung unterworfen werden kann, bevor es entsorgt werden muss. In der Variante C ist zusätzlich durch technische Maßnahmen schon in der Produktion der Wasserverbrauch um 25% reduziert. Beide Effekte summieren sich zu einer Abwassereinsparung von 85 % gegenüber der Ausgangslage. (Beispiel A).

Bild 5: Wassereinsparung durch innerbetriebliche Maßnahmen

Die innerbetrieblichen Maßnahmen (B und C) veranschaulichen den deutlichen Rückgang des Abwasseranfalls. Dies schlägt sich sowohl in der nachfolgenden Abwasserbehandlung als auch in der Frischwassereinsparung nieder. In den Varianten B und C müssen lediglich die Wasserverluste (z.B. Verdunstung etc.) kompensiert werden. Primäre Maßnahmen in der Produktion zur Senkung des Wasserverbrauches sollten oberste Priorität haben gemäß der Leitlinie des Produktionsintegrierten Umweltschutzes (PIUS).

Vermeidung >> Verwertung >> Entsorgung

Jeder Liter Frischwasser, der durch eine primäre Maßnahmen in der Produktion vermieden wird, bewirkt einen positiven Effekt in den Folgekosten der nachgeschalteten Abwasserbehandlung.

Wassereinsparungen sind ein erster Schritt zur Steigerung der Wassereffizienz.

Das Ziel der Prozesswasserautarkie erfordert jedoch weitere Planungen und Maßnahmen

Hier brauchen wir zunächst fundierte Daten über die Wasserwirtschaft eines Betriebes., um darauf aufbauend, Schwachstellen zu erkennen und in einem Sanierungskonzept Vorschläge zu unterbreiten, die eine Effizienzsteigerung der Wassernutzung gewährleisten. Hierzu zählen:

- Wasserbezug des Betriebes
- Wassernutzung im Betrieb
- Abwasseranfall
- Abwasserbelastung
- Abwasserbehandlung
- Abfallanfall bei der Abwasserbehandlung
- Abwasserrecycling
- Abwasserentsorgung

6. Mehrfachnutzung von Prozesswässern

Zunächst müssen wir uns die Frage stellen, wie effizient verwenden wir unser Prozesswasser innerbetrieblich?

Die Einteilung der Nutzung von Prozesswässern in Tabelle 3 veranschaulicht die unterschiedlichen Verwendungsarten, die bei der Minimierung des Abwasseranfalls eine Rolle spielen.

Tabelle 3 : Einteilung der Nutzung von Prozesswässern

Bezeichnung	Verfahren
Einfachnutzung	Das Prozesswasser wird nur einmal benutzt und dann als Abwasser entsorgt
Mehrfachnutzung	
Einfache Mehrfachnutzung ohne Aufbereitung	Das Prozesswasser wird ohne jegliche Behandlung im Betrieb mehrfach benutzt und dann als Abwasser entsorgt.
Mehrfachnutzung mit Aufbereitung	Das benutzte Prozesswasser wird aufbereitet, und wieder als Prozesswasser im Betrieb benutzt und dann als Abwasser entsorgt
Kreislaufführung der Prozesswässer	
Dezentrale Kreislaufführung	Das benutzte Prozesswasser wird aufbereitet und direkt zur gleichen Fertigungsstufe zurückgeführt. Es fällt kein Abwasser an
Zentrale Kreislaufführung	Die benutzten Prozesswässer aus mehreren Fertigungsstufen werden gesammelt und gemeinsam aufbereitet und als Prozesswässer wieder verwendet. Es fällt kein Abwasser an.
Kombination Mehrfach-Nutzung mit Kreislaufführung	Prozesswässer werden mehrfach genutzt - mit oder ohne Aufbereitung - und danach gesammelt, aufbereitet und wieder als Prozesswässer benutzt. Es fällt kein Abwasser an.

Die Einfachnutzung des Prozesswassers dient lediglich seinem einmaligen Gebrauch mit anschließender Abwasserentsorgung. Der Nutzungsfaktor ist daher sehr gering und die laufenden Kosten vergleichsweise hoch.

Bei der einfachen Mehrfachnutzung ohne Aufbereitung wird das belastete Prozesswasser für dieselbe oder eine andere Prozesseinheit benutzt, solange die Wasserqualität den jeweiligen Anforderungen entspricht. Als Beispiel möge eine Kaskadenspülung dienen, bei der das Prozesswasser innerhalb des Spülvorganges

mehrfach verwendet wird. Möglich ist auch die Separierung des Prozesswassers aus dem letzten Spülgang, das für den Vorspülgang eingesetzt wird. Bei der Mehrfachnutzung **mit Aufbereitung** kann man weiter unterscheiden nach dem Grad der Aufbereitung etwa zwischen einer einstufigen Behandlung (z.B. Mikrofiltration) oder einer mehrstufigen Aufbereitung (z.B. Ultrafiltration und Umkehrosmose). Die Wahl der Aufbereitung ist abhängig von der Belastung des anfallenden Prozesswassers (Abwasser) und dem Qualitätsanspruch an das Prozesswasser in Bezug auf seine Wiederverwertung. Natürlich gibt es Kombinationen zwischen der Mehrfachnutzung der Prozesswässer und einer anschließenden Aufbereitung zur ihrer Wiederverwertung (Kreislaufführung). Die Wahl der optimalen Kombination der einzelnen Verfahren ist abhängig von den betrieblichen Verhältnissen, den Anforderungen an die Qualität der einzelnen Prozesswässer sowie der Wirtschaftlichkeit der Kombinationsmöglichkeiten.

7. Abwasserrecycling

Die eingesetzten Techniken sind branchenspezifisch und selbst innerhalb der gleichen Branchen existieren oft, bedingt durch die Vielfalt der Produktionsverfahren, unterschiedliche Möglichkeiten bei der Auswahl der Verfahrenstechniken bzw. ihrer Kombinationen. Da hier insbesondere das Abwasserrecycling der Prozesswässer behandelt werden soll, können wir uns auf die Techniken konzentrieren, die zur Aufbereitung der belasteten Prozesswässer dienen. Es sind überwiegend die Abwassertechniken, die wir aus der End-of-pipe-Technologie kennen. Hinsichtlich der Grundlagen und Wirkungsweisen der Abwassertechniken sei auf die einschlägige Fachliteratur hingewiesen, dort werden unterschiedliche Techniken ausführlich beschrieben und erklärt (z.B. Hartinger, 1991).

In der Tabelle 4 sind die wichtigsten Grundverfahren aufgelistet, die der Abwassertechnik zur Verfügung stehen. Oft kommen Kombinationen unterschiedlicher Verfahren zum Einsatz, um entsprechende Vorgaben der Abwasserbehandlung (Qualitätsanforderung des Prozesswassers) erreicht werden können. Eine optimale Abstimmung zwischen den eingesetzten Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen, die zu Abwasserinhaltsstoffen werden und den jeweiligen Abwasserbehandlungsverfahren ist die Schlüsselrolle bei der Effizienz des Abwasserrecyclings. Es empfiehlt sich daher neben den fundierten Erhebungen der betrieblichen Wasserverhältnisse,

Pilotversuche durchzuführen, um sowohl Schwachstellen frühzeitig zu erkennen, als auch das gewählte Verfahren unter Praxisbedingungen zu optimieren.

Tabelle 4 : Verfahren der Abwasserbehandlung

Absorption	Adsorption	Aerobe Biologie	Anaerobe Biologie	Dialyse
Elektrolyse	Fällung	Flockung	Flotation	Ionen-austausch
Mikro-filtration	Nano-filtration	Neutrali-sation	Oxidation	Reduktion
Retar-dation	Sedimen-tation	Siebung	Strippung	Ultrafil-tration
	Verbren-nung	Verdampf-ung	Verduns-tung	

7. Beispiele für Abwasserrecycling

Die technische und wirtschaftliche Optimierung der Abwasseraufbereitung von Seiten des Anlagenbaues erlaubt uns heute, Industrieabwässer fast aller Branchen zu recyceln, wobei durch den Einsatz der Regenwassernutzung zum Ausgleich der innerbetrieblichen Wasserverluste der Kreislauf soweit geschlossen werden kann, dass wir von einer Prozesswasserautarkie sprechen. Diese Kreislauftechnik der Prozesswässer kann, soweit es im Einzelfall wirtschaftlich sinnvoll ist, ergänzt werden durch die Rückgewinnung von Wertstoffen und Energie aus den Abwässern. Wir sind dann auf dem Weg von der Abwasserentsorgung zur Abwassernutzung.

Zahlreiche Beispiele von abwasserfreien Produktionsverfahren aus sehr unterschiedlichen Branchen liefert die Datenbank der EFA Effizienz-Agentur NRW unter www.efanrw.de.

8. Zukunftschancen der Prozesswasserautarkie

Die Verknappung der Grundwasservorräte in vielen Teilen der Welt, besonders in Gebieten mit aufstrebenden Industrien (Schwellenländer) aber auch in Südeuropa und Gebieten der USA, Chinas und Australiens einerseits und die sich verschärfenden Anforderungen von Seiten des Gewässerschutzes an die Einleiterbedingungen in Oberflächengewässer in der EU, stellen für viele Industriebetriebe eine Herausforderung dar, ihren Wasserhaushalt effizienter zu gestalten. Dieser Druck wird noch erhöht durch steigende Energie- und Rohstoffpreise. Hier bietet die Einführung der Prozesswasserautarkie mit der zusätzlichen Rückgewinnung von Wertstoffen und Energie aus dem Abwasser zahlreiche Chancen, dem Druck zu widerstehen.

Technische Möglichkeiten, das Abwasser zu nutzen, statt nur zu entsorgen, existieren für sehr viele Branchen.

9 Literatur

1. Der PIUS-Check: Ihr Einstieg in den Produktionsintegrierten Umweltschutz, EFA Effizienz-Agentur NRW: Mühlheimer Straße 100 in 47057 Duisburg , www.efanrw.de (2011)
2. Hartinger, L.: Handbuch der Abwasser und Recyclingtechnik für die metallverarbeitende Industrie, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag München Wien (1991)
3. Hillenbrand, T. et. al.; Technische Trends der industriellen Wassernutzung; Arbeitspapier; (2008), Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI, Breslauer Str. 48 in 76139 Karlsruhe; E-Mail :thomas.hillenbrand@isi.fraunhofer.de
4. König, K.: Aluminium und Regenwasser: Industrie nutzt natürliche Rohstoffpotenziale; GWF-Wasser/Abwasser, (Juni 2010)
5. Köppke, K.E.: Anpassung des Standes der Technik in der Abwasserverordnung, Abschlussbericht im Auftrag des Umweltbundesamtes, (April 2009), FKZ 3707 26 300, Ingenieurbüro Dr. Köppke GmbH, Elisabethstraße 31 in 32545 Bad Oeyenhausen
6. Lieber, H.-W.: Abwasserfreie Metalloberflächenbehandlung, Abwasservermeidung – Abwasserbehandlung, Symposium Berlin, (13. und 14. Februar 1995) IWS-Schriftenreihe Band 24; Erich Schmidt Verlag GmbH & Co, Berlin (1995); ISBN 3 503 03883 3
7. Produktionsintegrierter Umweltschutz (PIUS): Förderprojekte aus der „Initiative ökologische und nachhaltige Wasserwirtschaft NRW“; Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW (MUNLV); (Februar 200), bearbeitet von: Effizienzagentur NRW, Mühlheimer Str. 100, 47057 Duisburg, www.efanrw.de
8. Projektbeispiele zur Betriebs- und Regenwassernutzung: Schriftenreihe fbr 6; Darmstadt (2007), Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V., Havelstraße 7a in 64295 Darmstadt; www.fbr.de
9. Schubert, Hiltmar: Kreislaufwirtschaft wird Standortfaktor (20. August 1993), Chemische Rundschau Nr. 33; Seite 2; VCH Verlagsgesellschaft mbH; Postfach 101161 in 69451 Weinheim

10. Stiefel, Rolf. (2013); Abwasserrecycling und Regenwassernutzung; Springer Vieweg Verlag Wiesbaden, ISBN 978-3-658-01039-3
11. Betriebs- und Regenwassernutzung für kleine und mittelständische Betriebe: wirtschaftlich und ökologisch sinnvoll !, fbr-top8, Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V., Havelstraße 7a in 64295 Darmstadt, www.fbr.de (2011)

10 Kontakt

Dr. rer. nat. Rolf Stiefel
C. S. Schmidt-Straße 60
56122 Lahnstein
Tel 02621-8201
drstiefel@aol.com