



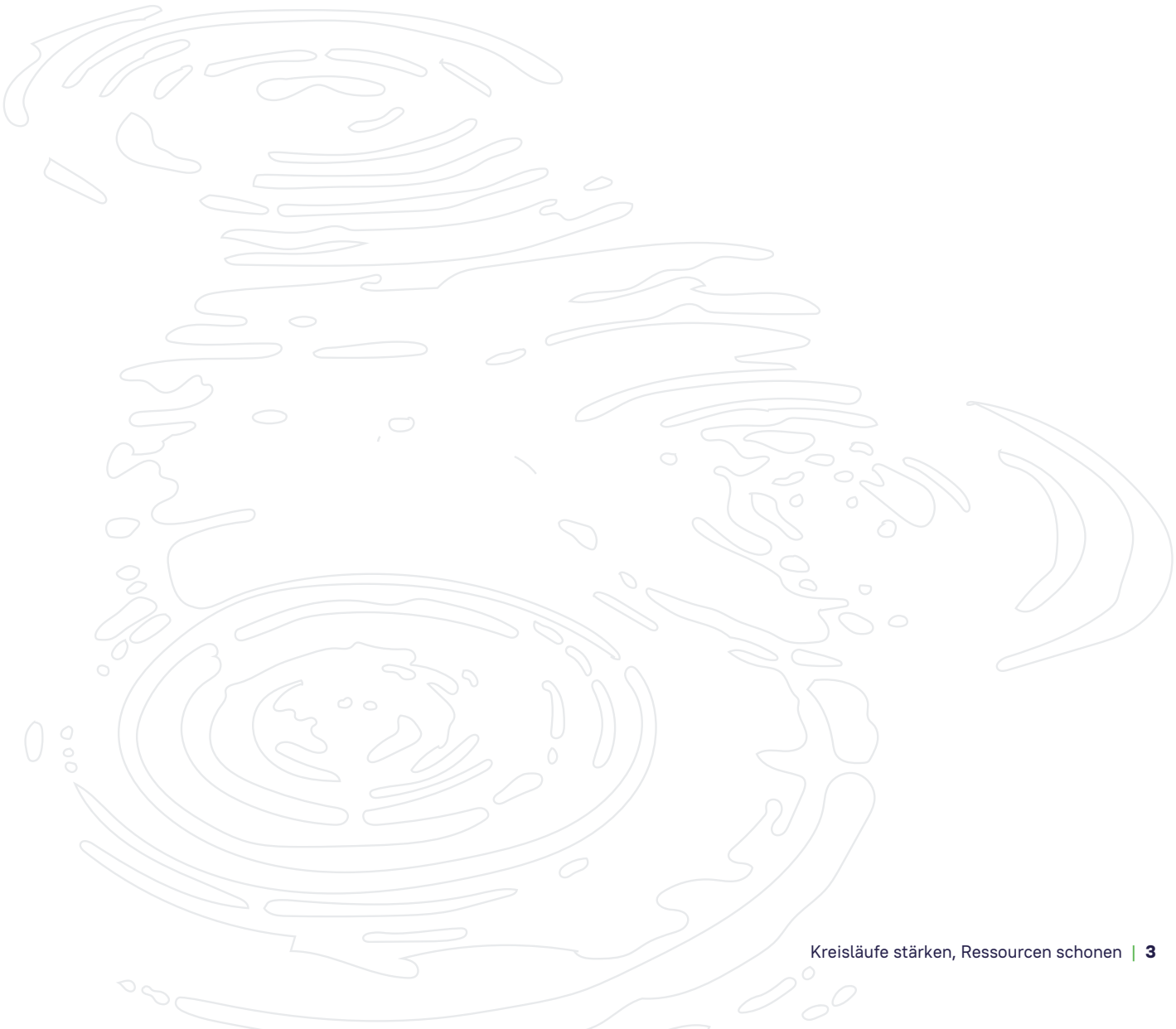
Wassernutzung effizient gestalten.

Kreisläufe stärken, Ressourcen schonen

Inhaltsverzeichnis.

1. Einleitung	4
2. Datenerhebung & Analyse	6
2.1 Einrichtung von Messstellen	6
2.2 Monitoring	7
2.3 Rolle eines Wassermanagers	10
2.4 Kennzahlen und Referenzwerte	11
3. Wasserverbrauch entlang des Produktionsprozesses	12
3.1 Rohwaren & Wasseraufbereitung	12
3.1.1 Brunnen & Wasseraufbereitung	12
3.1.2 Ausmischung von Erfrischungsgetränken	14
3.2 Produktionsprozess	14
3.2.1 Produktionsplanung	14
3.2.2 Kernprozesse in der Mehrwegabfüllung	14
3.2.3 Kernprozesse in der Einwegabfüllung	17
3.2.4 Bandschmierung	18
3.2.5 Wasserentgasung / Karbonisierer	19
3.2.6 Kurzzeiterhitzung (KZE)	19
3.2.7 Übrige Verbraucher in der Produktion	20
3.3 Peripherie & Nebenbetriebe	20
3.3.1 CIP-Prozesse	20
3.3.2 Kesselhaus & Heizenergieversorgung	21
3.3.3 Qualitätssicherung – Wiederverwendung des Messwassers in der Abfüllung	22
3.3.4 Weitere Optimierungsansätze	22
4. Planung von Neuanlagen	23
5. Abwasser & Abwasserbehandlung	24
5.1 Bestandsaufnahme: Ermittlung von Herkunft und Qualität	24
5.1.1 Datenerhebung und Analyse	24
5.1.2 Kategorisierung nach Belastung	24

5.2. Innerbetriebliche Maßnahmen zur Reduzierung von Abwassermengen und -frachten	25
5.2.1 Trennung von Abwasserströmen nach Herkunft und Qualität	25
5.2.2 Rechtliche Anforderungen	26
5.3. Vorbehandlung und Pufferung	27
5.3.1 Pufferung	27
5.3.2 Vorbehandlung bei Grenzwertüberschreitungen	28
5.4. Chemisch-physikalische Maßnahmen (mit Priorität Mehrfachverwendung)	30
5.5. Etablierung von Monitoring und Kennzahlen	32
5.6. Praxisbeispiele zur Abwasserbehandlung	33
6. Glossar	36





1. Einleitung

Wie gelingt es, unsere wichtigste Ressource auch in Zeiten des Klimawandels zu sichern – heute und für kommende Generationen?

Für die deutschen Mineralbrunnen ist Wasser weit mehr als nur ein Rohstoff – es ist die Grundlage ihrer Existenz. Der verantwortungsvolle Umgang mit dieser Ressource war deshalb schon immer besonders wichtig für die Mineralbrunnen. Doch angesichts veränderter klimatischer Bedingungen und wachsender gesellschaftlicher Erwartungen braucht es neue, gezielte Strategien für ein nachhaltiges Wassermanagement.

In Deutschland ist Wasser – anders als in vielen anderen Regionen der Welt – grundsätzlich ausreichend verfügbar. Dennoch rückt der nachhaltige Umgang mit dieser Ressource immer stärker in den Fokus von Öffentlich-

keit, Politik und Behörden und es wird erwartet, dass Mineralbrunnen als Wassernutzer eine aktive Rolle beim Schutz der Ressource übernehmen.

Auch die Bereitschaft von Behörden, Wasserentnahme-rechte zu gewähren, wird künftig stark davon abhängen, wie engagiert und offen Betriebe mit dem Thema Wasser umgehen. Im Fokus stehen dabei insbesondere zwei zentrale Themen: **Wasserentnahme** und **Wassernutzung**. Für die deutschen Mineralbrunnen bedeutet das: Sie müssen nicht nur verantwortungsvoll handeln, sondern dies auch nachvollziehbar und transparent dokumentieren.

Der VDM-Ausschuss für Technik hat sich beider Themen intensiv angenommen und dazu zwei praxisnahe Leitfäden erarbeitet. Während der erste Leitfaden Strategien für ein robustes Risikomanagement und Monitoring bei der Wasserentnahme liefert, widmet sich der vorliegende Leitfaden der effizienten und nachhaltigen Nutzung von Wasser im Betrieb. Mit der allgemeinen Bezeichnung „Wasser“ ist hierbei sowohl das gewonnene natürliche Mineralwasser als auch das zur Abfüllung und im Prozess genutzte Wasser gemeint.¹

Ziel des Leitfadens ist dabei auch, dass künftig jeder Betrieb **konkrete, aussagefähige Kennzahlen zum eigenen Wasserverbrauch** zur Verfügung hat.

Dazu gliedert sich der Leitfaden in drei praxisorientierte Kapitel:

- 1 Ermittlung des tatsächlichen Wasserverbrauchs
- 2 Reduktion und Mehrfachnutzung
- 3 Abwasser und Abwasserbehandlung

Zahlreiche **Best-Practice-Beispiele** aus Mitgliedsbetrieben zeigen, wie durch teils einfache Maßnahmen der Wasserverbrauch gesenkt werden kann – oft ohne großen finanziellen Aufwand. Dieser Leitfaden versteht sich dabei nicht als abschließendes Regelwerk, sondern als wachsendes Wissensdokument. In den kommenden Jahren soll er fortgeschrieben und um weitere Beispiele aus der Praxis ergänzt werden.

Das Autoren-Team bedankt sich schon jetzt für alle Anregungen und Ergänzungen, um den Leitfaden weiter zu verbessern. Sie werden in einer zweiten Auflage, die bei diesem relevanten und dynamischen Thema sicher folgen wird, gerne aufgegriffen.

Der Leitfaden ist eine Gemeinschaftsarbeit von Experten aus den Mitgliedsbetrieben des Ausschusses für Technik und Herrn Dr.-Ing. Oliver Debus, WaCo Wassertechnik Consult GmbH, der bei der Erstellung des Textes unterstützt hat.

Dabei haben mitgewirkt:

- Dr.-Ing. Oliver Debus, WaCo Wassertechnik Consult
- Volker Harbecke, Carolinen Brunnen
- Dr. Thomas Hens, Gerolsteiner Brunnen
- Harald Hügel, Coca-Cola GmbH
- Jannis Maas, Staatl. Bad Meinberger Mineralbrunnen
- Nicole Müller, VDM
- Torsten Schneider, RheinfelsQuellen H. Hövelmann
- Joachim Weippert, VILSA-BRUNNEN Otto Rodekohl GmbH
- Xaver Wiesbacher, Adelholzener Alpenquellen GmbH

¹ Siehe auch im Glossar die verschiedenen Definitionen von „Wasser“.



2. Datenerhebung & Analyse.

Ermittlung des tatsächlichen Wasserbedarfs

Bevor Maßnahmen zur Reduktion oder Mehrfachnutzung von Wasser im Betrieb ergriffen werden können, braucht es eine verlässliche Datengrundlage: Wie viel Wasser

wird wo, wann und wofür tatsächlich verbraucht? Erst wenn diese Daten verfügbar sind, lassen sich gezielte und wirksame Schritte ableiten.

2.1 Einrichtung von Messstellen

Ein erster Überblick lässt sich oft bereits über bestehende Daten oder im Idealfall über ein Sankey-Diagramm der Wasserflüsse gewinnen. Diese zeigen die Hauptverbraucher auf und geben Hinweise darauf, wo sich eine genauere Messung lohnt.

Doch jedes Unternehmen ist anders aufgebaut – daher gilt: Gehen Sie Ihren gesamten Wasserweg durch!

- Mehrwegsysteme
- Einwegsysteme
- Unterstützungsprozesse (z. B. Mineralwasseraufbereitung, Heizung)
- Verwaltung

Um einen vollständigen Überblick über die Wasserverbräuche im gesamten Betrieb zu erhalten und auf dieser Basis gezielt Wassereinsparpotentiale zu definieren und Kennzahlen erarbeiten zu können, wäre sicherlich ein vollständiger Messbaum wünschenswert. Da die Hauptverbraucher in unserer Branche jedoch in der Regel bekannt sind, können auch ohne vollständige Kenntnis aller Verbrauchsstellen die ersten Schritte unternommen werden. Um belastbare Kennzahlen mit dem entsprechenden Monitoring zu erhalten, ist jedoch ein Ausbau der Messsystematik empfehlenswert.

Eine erste Orientierung gibt die folgende Tabelle 1. Das „Ampelsystem“ ordnet in Hauptverbraucher (= rot), durchschnittliche Verbraucher (= gelb) und Niedrigverbraucher (= grün) für einen durchschnittlichen Mineralbrunnenbetrieb ein.

Fragen zur Orientierung:

- Wo wird Wasser in der Produktion eingesetzt?
- Existieren weitere Produktionsstandorte neben dem eigentlichen Abfüllbetrieb (z. B. Verwaltung, betriebseigene Kläranlage, Mineralwasserzentrale)?
- Welche Unterstützungsprozesse bestehen, die separat betrachtet werden sollten (z. B. CIP, Sirupraum)?
- Wo könnte es bislang übersehene Abnahmestellen geben?

Für eine strukturierte Vorgehensweise und bessere Orientierung ist es hilfreich, beim Aufbau der Messstruktur eine entsprechende Systematik aufzubauen, beispielsweise wie folgt:

Tabelle 1: Übersicht Verbräuche Wassernutzung

Bereich	Anteil am Gesamtverbrauch / Mögliches Einsparpotential
Nebenbetriebe	
Brunnen- und Wasseraufbereitung	Mittel
Sirupraum	Mittel
CIP-Prozesse	Mittel
Kesselhaus/Heizenergieversorgung	Mittel
Zapfstellen	Gering
Mehrwegproduktion	
Flaschenreinigungsmaschine	Hoch
Kastenwascher	Hoch
Bandschmierung	Hoch
Wasserentgasung Karbonisierer	Mittel
Besprühungen	Mittel
Einwegproduktion	
Rinser	Hoch
Bodenkühlung	Mittel
Bandschmierung	Gering
Abwasserbehandlung/und -reduktion	
Abwasseraufbereitung zur Wiederverwendung	Hoch
Verwaltung	
Allgemeiner Bedarf	Gering

Wichtig: Auf Basis dieser Analyse lassen sich gezielt Maßnahmen zur Reduktion und Mehrfachnutzung entwickeln – mehr dazu im nächsten Kapitel.

2.2 Monitoring

Wenn die Messstellen eingerichtet sind, geht es an die Datenerhebung und -analyse. Doch wie lange und mit welchem Zyklus sollte gemessen werden, um aussagekräftige Werte zu erhalten?

Eine Grundregel hierzu gibt es nicht wirklich. Vielmehr richtet sich die Datenerhebung nach dem Messpunkt und dem damit verbundenen Detailgrad der gewünschten Informationen.

Die Gesamtverbrauchsmenge sollte z. B. mindestens monatlich erfasst werden – einmal jährlich reicht aufgrund jahreszeitlicher Schwankungen nicht aus (z. B. Dampfkessel: Deutliche Unterschiede zwischen Sommer- und Winterbetrieb).

Anlagen- oder aggregatspezifische Verbräuche sollten in einem kürzeren Intervall gemessen werden. Für Hauptverbraucher ist z. B. eine wöchentliche Kontrolle zu empfehlen. Werden spezifische Nutzungsphasen gefahren, wie z. B. unterschiedliche Gebindegrößen auf einer Abfüllanlage, bietet sich sogar eine chargenfeine Messung an, um spezifische Optimierungspotentiale ermitteln zu können.

Auch Schwankungen sollten je nach Nutzung und Anlage bei der Festlegung der Messintervalle berücksichtigt werden. Hier ist ggf. länger und in kürzeren Zeitintervallen zu messen, bzw. es müssen spezifische Nutzungsphasen betrachtet werden.

Dies sind z. B.:

- Kastenwascher: relativ konstanter Wasserverbrauch
- Flaschenreinigung: Differenzierung nach Flaschengröße beachten
- CIP-Anlagen, Kurzzeiterhitzung: abhängig vom Reinigungs- oder Produktionszyklus
- etc.

Die Messpunkte und -intervalle sollten auf alle Fälle so gewählt werden, dass nachvollziehbare und belastbare absolute und spezifische Kennzahlen in Abhängigkeit von den betriebsspezifischen Gegebenheiten ermittelt werden können. Ideal, aber sicherlich nicht in jedem Fall umsetzbar, ist eine automatisierte Messung, welche kontinuierlich Daten liefert und auch Auswertmöglichkeiten bietet. Relevante Kennzahlen sind beispielsweise:

- Absoluter Verbrauch pro Mehrweg- / Einwegabfüllanlage
- Spezifischer Verbrauch je Liter Fertiggetränk für Mehrweg und Einweg
- Spezifischer Verbrauch je Füllung für Mehrweg und Einweg
- Spezifischer Verbrauch Flaschenreinigungsmaschine je Liter Fertiggetränk bzw. Flaschenzahl
- Verbrauch Nebenbetrieb (z. B. Verwaltung) oder Unterstützungsprozess (z. B. Reinigungsprozess)
- etc.

Das Monitoring ist den betriebsspezifischen Möglichkeiten individuell anzupassen. Dabei sollten folgende Überlegungen berücksichtigt werden:

- Wie häufig muss ich messen, um Abweichungen zu erkennen?
- Welche Phasen (Produktionsspitzen, Reinigungszyklen, saisonale Unterschiede) sollten einbezogen werden?

Ergebnisse auswerten – wo liegen die Potenziale?

Mit den Messdaten in der Hand zeigt sich, wo die größten Hebel liegen. Bei der Auswertung der Ergebnisse sollten folgende Fragen gedanklich durchgegangen werden, um solide Ergebnisse zu erhalten:

- Welche Prozesse verbrauchen besonders viel Wasser? bzw. Was sind die Haupttreiber meines Wasserverbrauchs?
- Wo treten (unerwartete) Schwankungen auf?
- Welche Bereiche laufen stabil?
- Gibt es Unterschiede zwischen Soll (Wunsch)- und Ist-Zustand?
- Welche Auffälligkeiten zeigen sich im Verbrauchsverlauf?
- etc.

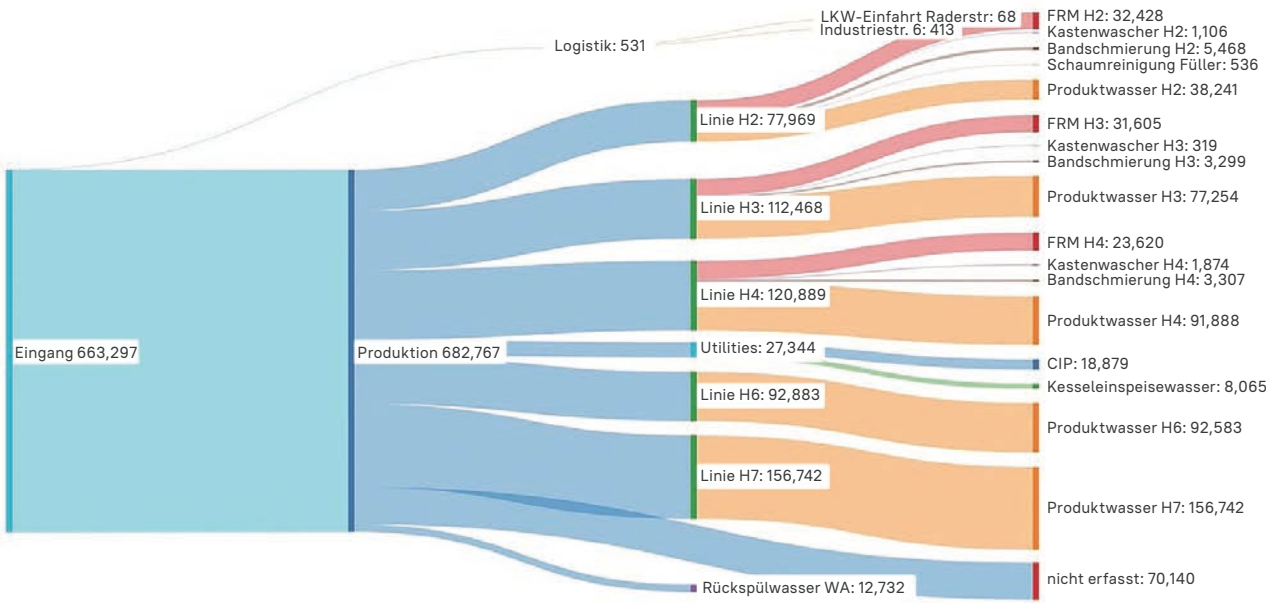
Praxistipp: Neben den klassischen Erfassungstabellen in Excel und darauf basierend einer grafischen Auswertung, haben sich sogenannte Sankey-Diagramme als sinnvoll erwiesen. Hierbei wird der Wassereingang auf die einzelnen Abnehmer aufgliedert und die Verbräuche visuell leicht erkenn- und interpretierbar aufgezeigt.

Die Hauptverbraucher können kontinuierlich und leicht erkennbar erfasst, Fehlentwicklungen erkannt und Einsparmaßnahmen bei verschiedenen Verbrauchern aufgezeigt werden.

Darüber hinaus gibt ein Sankey-Diagramm einen schnellen Überblick über den Anteil der Verbraucher, die noch nicht erfasst wurden. Hierbei sollten folgende Fragen gestellt werden:

- Welche wesentlichen Verbraucher wurden noch nicht erfasst?
- Sind zusätzliche Messstellen bzw. die Installation weiterer Zähler betriebswirtschaftlich sinnvoll und bringen diese einen Mehrwert?

In der folgenden Abbildung ist ein Sankey-Diagramm dargestellt, das manuell in regelmäßigen Abständen erstellt wird.



Grafik: Sankey-Diagramm des Wasserverbrauchs: Was geht in den Betrieb und wo wird es verbraucht.

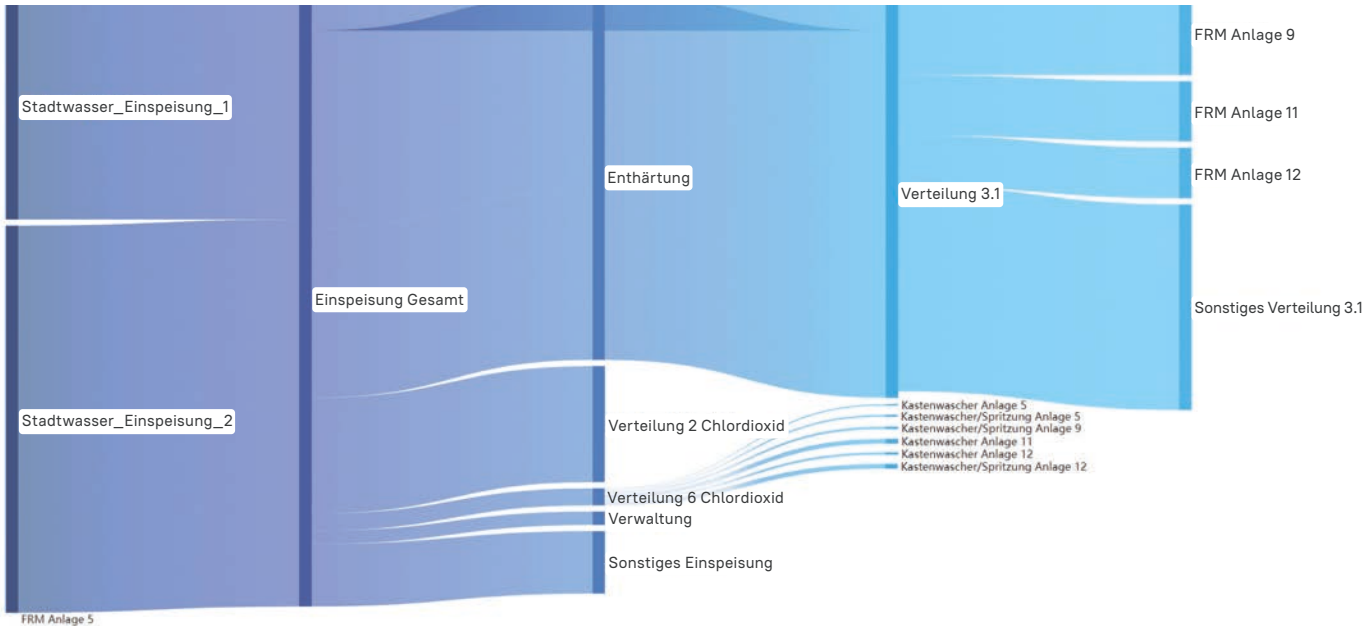
Neben der manuellen Erstellung eines Sankey-Diagramms sind heute auch entsprechende Software-Tools erhältlich, die bei automatisierter Erfassung der Verbrauchswerte ein Life-Sankey erstellen können.

Selbstverständlich muss jeder Betrieb das Aufwand-Nutzen-Verhältnis mit seinen betrieblichen Gegebenheiten individuell bewerten.

Best-Practice:

RheinfelsQuellen nimmt die Erfassung der Wasserverbrauchsdaten mittels eines Life-Sankey vor. Bei Grenzwertverletzungen sind Alarmmeldungen aus den einzelnen Abteilungen und Anlagen unmittelbar möglich, sodass Leckagen und Mehrverbräuche zeitnah erkannt und abgestellt werden können. Analog zum Energie- und Umweltmanagement können somit konkrete Ziele gesetzt und verfolgt werden.

In der folgenden Abbildung ist ein entsprechendes Beispiel für ein Life-Sankey-Diagramm dargestellt:



Grafik: Life-Sankey von RheinfelsQuellen. Auch hier stehen die Flaschenreinigungsmaschinen bezüglich des Verbrauchs an erster Stelle

Alternativ bzw. ergänzend dazu können Echtzeitdaten auch anhand visualisierter Wasserzähler mit Soll-und Grenzwertanzeige dargestellt werden.

Best-Practice:

Diese Möglichkeit der Wasserverbrauchskontrolle ist bei Coca-Cola in Deizisau umgesetzt und bietet ebenfalls ein konsequentes, kontinuierliches Monitoring der Verbräuche. Hier ist das Wassermanagementsystem digital mit dem Energiemanagementsystem verknüpft. Durch die Verwendung von Echtzeitdaten wird die Transparenz erhöht, Abweichungen schneller erkannt und beseitigt sowie Verbesserungspotenziale schnell identifiziert.



2.3 Rolle eines Wassermanagers

Jedes Thema benötigt auch „Kümmerner“. Wenn die Kontinuität des Verbesserungsprozesses und die Aufrechterhaltung guter spezifischer Verbrauchswerte im Fokus stehen, sollte überlegt werden, ob eine geeignete Person aus dem Betrieb zum „Wassermanager“ ernannt werden kann.

Zu dem Aufgabenportfolio eines Wassermanagers gehören neben der kontinuierlichen Überwachung der Verbrauchswerte auch die Identifikation von Einsparpotentialen und deren Umsetzung. Zusätzlich fungiert er als wichtiger Multiplikator und Motivator für das Thema „Ressourcenschutz“ im Unternehmen.

2.4 Kennzahlen und Referenzwerte²

Betrieb	Verhältnis Prozesswasser/ Fertiggetränk (Liter)	m³ Prozesswasser/1.000 Füllungen
Betrieb 1	0,69	0,56
Betrieb 2	0,47	0,46
Betrieb 3	0,95	0,81
Betrieb 4	1,36	0,93
Betrieb 5	0,53	0,34
Betrieb 7	1,15	0,55
Betrieb 8	1,18	0,66
Betrieb 9	1,81	0,96
Betrieb 10	0,45	0,38
Betrieb 11	0,73	0,51

² Die Werte in der Tabelle sollen zur Orientierung dienen. Sie stammen von Betrieben aus dem Ausschuss für Technik. Abweichungen bestehen auch durch unterschiedliche betriebliche Ausrichtungen (höherer Mehrweg- oder Einweg-Anteil) und geringfügig abweichende interne Berechnungsgrundlagen (z.B. ob Wasserverbrauch von Duschen, Toiletten, Kaffeemaschinen etc. einbezogen ist oder nur „reine“ Produktionsdaten).

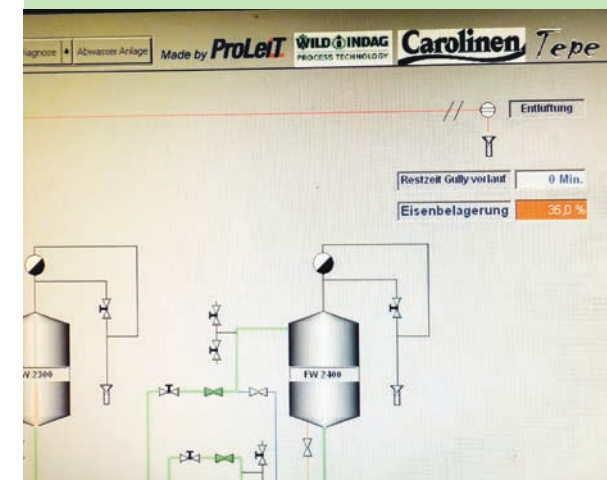


nicht einsatzfähig ist, sollte die Festlegung des Rückspülzyklus kritisch geprüft und hinterfragt werden:

- Wann ist der Filter tatsächlich ausgeschöpft?
- Wie kann ich die Anzahl der Rückspülzyklen minimieren?
- Ist eine zeitgesteuerte oder eine volumengesteuerte Vorgehensweise die richtige Variante?

Best-Practice:

Beim Carolinen Brunnen ist ein sogenannter Beladungsrechner im Einsatz. Mit dessen Hilfe kann ausgehend vom Eisengehalt im Mineralwasser genau bestimmt werden, wann der Enteisungsfilter mit bekannter Kapazität vollständig belegt bzw. erschöpft ist und rückgespült werden muss. Die Anzahl der Rückspülvorgänge konnte mit dieser Vorgehensweise deutlich reduziert werden.



Prozessleitsystem mit dem aktuellen Stand der Beladung des Enteisners

Enthärtung

Je nach vorgesehenem Einsatzzweck und Härtegrad des genutzten Prozesswassers ist eine Enthärtung sinnvoll. Hierbei werden häufig Kationenaustauscher eingesetzt.

Vor dem Hintergrund der Wassereinsparung sollten Sie sich in diesem Prozessschritt folgende Fragen stellen:

- Ist der eingestellte Härtegrad notwendig oder ist ein höherer Härtegrad eventuell akzeptabel bzw. möglich?
- Welcher „Harztyp“ wird eingesetzt?

Mittlerweile gibt es innovative Harztechnologien, wie z. B. die Inert-Kern-Harztechnologie, die entsprechende Einsparungen bei den Regenerationsmengen zusagen.

- Ist die Leistung des Ionenaustauschers mit dem entsprechenden Harz noch gegeben oder hat sich die Kapazität in den letzten Jahren verringert?
- Muss eventuell Harz nachgefüllt werden? (Diese Fragestellung hat einen entsprechenden Einfluss auf die Regenerationshäufigkeit)
- Wie regeneriere ich? Im Gleichstrom- oder im Gegenstromverfahren? Regenerationsverfahren im Gegenstrom können bezüglich der eingesetzten Menge der Regenerationssole bei schwach saurem Ionenaustauscher in Verbindung mit Spülzeitenanpassungen bis zu 77% Einsparung bringen.

Sollte im Betrieb zusätzlich eine Umkehrosmoseanlage vorhanden sein, kann das dort anfallende Konzentrat als Lösewasser für die Salzsole eingesetzt werden!

Ultrafiltration/Umkehrosmose (UF/RO)

In Abhängigkeit vom Mineralstoffgehalt des Prozesswassers kann für den vorgesehenen Anwendungsfall auch eine Aufbereitung mittels Ultrafiltration oder Umkehrosmose denkbar sein.

Eine (UF/RO) kann beispielweise in folgenden Prozessen Anwendung finden:

- Teil- oder Vollentsalzung des Prozesswassers
- Aufbereitung des Kesselwassers
- Aufbereitung von Prozesswasser zur Mehrfachnutzung.

Bei der Auswahl ist eine entsprechende betriebswirtschaftliche Analyse vorzunehmen. Grundsätzlich sollte die Wiedernutzung des Konzentrates für andere Prozesse in Betracht gezogen werden.

3. Wasserverbrauch entlang des Produktionsprozesses

Im Kapitel „Datenerhebung & Analyse“ haben wir Tipps und Hinweise zur strukturierten Erfassung der Wasserverbrauchswerte und der Identifikation der Hauptverbraucher gegeben.

Im vorliegenden Kapitel möchten wir Optimierungspotentiale aufzeigen und mit Best-Practice-Beispielen konkrete Handlungsempfehlungen für eine Erhöhung der Effizienz der Wassernutzung an die Hand geben.

3.1 Rohwaren & Aufbereitung

3.1.1 Brunnen und Wasseraufbereitung

Hinsichtlich der Wasserherkunft für das Prozesswasser sind zumeist kommunale Versorgungswege üblich. Je nach rechtlicher Situation, Qualität und Verfügbarkeit sind ebenfalls eigene Brunnen als Alternative oder ein Mischbetrieb möglich. Diese Überlegung ist jedoch zumeist betriebswirtschaftlicher Natur.

Je nach Herkunft, Zusammensetzung und Anwendungszweck sind verschiedene Aufbereitungsverfahren innerhalb des Betriebes notwendig.

Mineralwasserbehandlung (Enteisenung/Entmanganung)

Je nach Eisen- und Mangangehalt werden unterschiedliche Enteisenungs- und Entmanganungsprozesse mit entsprechenden Filteranlagen eingesetzt. Diese Filter – meist sind es reine Sand-/Kiesfilter – bilden einen Filterkuchen aus Eisen- und Manganoxidschlamm, der bei entsprechender Beladung rückgespült werden muss. Idealerweise wird der Filter erst dann rückgespült, wenn er mit einer kleinen Sicherheitsreserve/Zeitpuffer kurz vor dem sogenannten Durchbruch steht, d.h. der Filter nicht mehr seine vorgesehene Funktion erfüllt.

Da dieses Rückspülen nicht nur sehr viel Wasser benötigt, sondern der Filter während dieses Prozesses auch

3.1.2 Ausmischung von Erfrischungsgetränken

Im sogenannten Sirupraum sind als Optimierungspotential zumeist Spülprozesse sowie eine optimierte Vorgehensweise bei Produktwechsel zu nennen.

Bei einem Produktwechsel besteht die Optimierung in der Minimierung bzw. Vermeidung der etwaigen Mischphase. Je nach Technologie und Vorgehensweise sind diesbezüglich 5 Ansatzpunkte denkbar:

- Sofern der Sirup mit Wasser ausgeschoben wird, sollte über den Leitungsweg (Rohrlänge und -durchmesser) die Ausschubmenge exakt ausgetitert werden, um den Umschaltpunkt klar zu erkennen. Hierdurch wird über ein exaktes Nachschieben von Wasser die Ausschubmenge in den Abwasserkanal reduziert.
- Bei Süßgetränken kann oft mit einer Brixmessung oder einer optischen Bestimmung der Spülvorgang verkürzt werden. Hierbei sind Einschränkungen bei aromatisierten klaren Produkten sowie zuckerreduzierten bzw. süßstoffgesüßten Produkten zu beachten.

kungen bei aromatisierten klaren Produkten sowie zuckerreduzierten bzw. süßstoffgesüßten Produkten zu beachten.

- Eine Trennung der Phasen kann auch mittels CO₂ oder Druckluft erfolgen. Hierbei hat die Leitungsführung eine entscheidende Rolle, da diese Vorgehensweise bei vertikalen Steigleitungen nicht anwendbar ist.
- Auch der letzte Spülschritt kann aufgefangen werden. Vorher sollte die Menge an „klarem“ Wasser zuerst minimiert werden.
- Optimal ist der Einsatz von Molchen, da hier das Ausschubwasser komplett entfällt. Je nach Häufigkeit und Menge der Ausschubprozesse sollte eine Investition in eine entsprechende Molchstation betriebswirtschaftlich betrachtet werden.

3.2 Produktionsprozess

3.2.1 Produktionsplanung

Die Produktionsplanung hat einen wesentlichen Effekt auf den Verbrauch jeglicher Ressourcen, wie Strom, Wasser und Chemie. Neben der Losgröße spielt hier vor allem die Produktreihenfolge eine entscheidende Rolle. In Abhängigkeit von der Art des Produktwechsels kann sowohl die Anzahl als auch der Umfang (3- bis 5-Stufen-CIP) der meist mehrstufigen CIPs auf ein Minimum reduziert werden. Hierbei sollte nicht nur der Wechsel von Mineralwasser auf Süßgetränke oder umgekehrt betrachtet werden, sondern auch der Wechsel von stillen auf karbonisierte Mineralwässer oder sogar Heilwässer (hier werden gemäß GMP besondere Reinigungsprozesse vorgegeben). Die Planung der Produktreihenfolge und der Losgröße sollte somit aus Sicht des Wasserverbrauchs ein relevanter Aspekt bei der Produktionsplanung sein.

Insbesondere bei der Süßgetränkeproduktion hat die Produktreihenfolge einen erheblichen Einfluss auf die erforderlichen Spülschritte. Hier sollten, begleitet durch die Qualitätssicherung, die Notwendigkeit und Dauer der Spülschritte ermittelt und festgelegt werden.

Auch eine Reduzierung der Umstellhäufigkeit kann auf mehrere Arten zur Verringerung des Wasserverbrauchs beitragen. Neben der notwendigen Reinigung einzelner Aggregate, z. B. bei einer reinen Gebindeumstellung, ist in einigen Betrieben zu beobachten, dass während dieser Umstellphasen verschiedene Transportbänder weiterlaufen und – neben elektrischer Energie – auch Bandschmiermittel unnötig verbraucht werden. Gleiches gilt natürlich auch für durchlaufende Transportbänder während der Pausenzeiten.

3.2.2 Kernprozesse in der Mehrwegabfüllung

Flaschenreinigungsmaschine

Die Flaschenreinigungsmaschine stellt in den meisten Betrieben den größten Verbraucher von Prozesswasser dar. Dementsprechend sollte ein Schwerpunkt auf der

Optimierung dieses Prozesses liegen. Folgende Ansatzpunkte sind diesbezüglich zu beachten:

- **Empirische Reduktion des eingesetzten Prozesswassers:** Die Frischwasserspritzungen sind ein oftmals wenig optimierter Prozessschritt in

der Flaschenreinigungsmaschine. Unter dem Motto „viel hilft viel“ steht die Qualität richtigerweise im Fokus, eine Reduzierung der benötigten Wassermenge ist aber in vielen Fällen ohne Qualitätsverlust möglich. Mit intensiver Begleitung der Qualitätssicherung lassen sich erste empirische Optimierungen vornehmen, wobei das Hauptaugenmerk auf die Rückstandsfreiheit an Lauge sowie die Mikrobiologie in den gereinigten Flaschen als auch das Keimpektrum in den Wasserzonen zu monitoren sind.³

- **Qualität der Spritzungen:** Sind die Spritzdüsen richtig eingestellt? Gibt es Leckagen?
- **Laugenfiltration (z.B. Membranfiltration):** Durch eine angepasste Filtration der Reinigungslauge kann eine Verschleppung und damit Verschmutzung (von Etikettenfasern bis hin zu Mikroplastik) der Flaschenreinigungsmaschine deutlich reduziert werden. Dadurch können die Reinigungszyklen der Flaschenreinigungsmaschine und damit der Spülwasserverbrauch deutlich reduziert werden.
- **Kette und Flaschenkörbe:** Verschleppungsarme Ketten und Flaschenkörbe aus Kunststoff reduzieren den Verschmutzungsgrad der Flaschenreinigungsmaschine.
- **Start- und Stopp-Automatik:** Bei Maschinenstillstand sollte die Frischwasserspritzung über eine temperaturgeführte Intervallspritzung optimiert werden. Diesbezüglich ist der Wärmehaushalt zu beachten. Die eingestellten Soll-Temperaturen der Wasserzonen sollten nicht zu niedrig eingestellt werden, da sonst die Frischwasserspritzung zur „Kühlung“ der Wasserzonen zu häufig aktiviert wird. Hierbei sollte schon bei der Inbetriebnahme einer neuen Flaschenreinigungsmaschine geachtet werden.
- **Wiederauffüllen der Wasserzonen im Schichtbetrieb:** Generell aber auch vor allem im Zweischichtbetrieb (siehe Best Practice).

- **Gebindeabhängige Spritzmenge:** Der benötigte Frischwassereinsatz dient primär zum Abkühlen der Flasche. Diesbezüglich spielt bei dem eingesetzten Flaschenmaterial (Glas oder PET) auch die Gebindegröße eine gewichtige Rolle. Durch das in der Flaschenreinigungsmaschine hinterlegte Programm kann für jede Flaschengröße der benötigte Frischwassereinsatz optimiert werden. Darüber hinaus ist der Frischwassereinsatz auch produktabhängig: Wenn Säfte oder Nektare heiß abgefüllt werden, kann die Spritzmenge auch deutlich reduziert werden.

Best Practice:

Dadurch, dass Staatlich Bad Meinberger beim Einsatz von Neufaschen nur mit einer Laugen-temperatur von 37 °C reinigt, ist ein deutlich geringerer Frischwassereinsatz je Flasche zum Kühlen der Flasche notwendig und der spezifische Verbrauch konnte von 100 ml/Flasche auf 60 ml/Flasche reduziert werden

Best Practice:

Bei RheinfelsQuellen konnte bei einer klein-volumigen Gastronomieflasche der spezifische Wasserverbrauch um 41% reduziert werden. Aufgrund der geringeren Masse der Flaschen wird weniger Frischwasser zum Abkühlen benötigt. Unter Beobachtung der qualitätsrelevanten Parameter wie der mikrobiologische Status der Flaschen und der Wasserzonen sowie die Chemikalienfreiheit der gereinigten Flaschen wurde die Frischwasserspritzung schrittweise reduziert.

In der folgenden Übersicht sind Bedarfe für eine Frischwasserspritzung von Flaschenreinigungsmaschinen für Glas-Mehrweg und PET-Mehrweg angegeben. Diese Werte sind sicherlich von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich und auch Baujahr als auch Maschinentyp spielen eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Die Werte (in diesem Fall von Fa. KHS) zeigen an, welche Frischwassermenge pro Flasche bei den angegebenen Rahmenparametern zum Ausspülen und Abkühlen der Flasche notwendig sind. Der Großteil des Frischwassers wird hierbei für das Abkühlen der Flaschen benötigt. Eine Reduzierung der Laugentemperatur (siehe VDM Energieleitfaden) bringt somit zusätzliche Effekte bei der Reduzierung der Frischwassermenge von 17%.

Best Practice:

Bei Staatlich Bad Meinberger Mineralbrunnen wurden die Intervalle zum Entleeren und Wiederauffüllen der Wasserzonen angepasst und somit konnten 80% bzw. 720 m³/Jahr Prozesswasser eingespart werden.

³ Siehe einige Referenzwerte in Tabelle 2, S. 16.

Tabelle 2: Übersichtstabelle der Fa. KHS

Bezeichnung	Gewicht in g	T Lauge	T Frisch- wasser	T Abgabe	Frishwasser- bedarf ml/FL
0,25 l Gastroflasche	260	80°C	16°C	35°C	129
0,25 l Gastroflasche	260	67°C	16°C	35°C	107
0,25 l Gastroflasche	260	80°C	12°C	35°C	116
0,25 l Gastroflasche	260	67°C	12°C	35°C	95
0,70 l BEF GDB (Perlenflasche)	550	80°C	16°C	35°C	167
0,70 l BEF GDB (Perlenflasche)	550	67°C	16°C	35°C	139
0,70 l BEF GDB (Perlenflasche)	550	80°C	12°C	35°C	150
0,70 l BEF GDB (Perlenflasche)	550	67°C	12°C	35°C	124
0,25 l Gastroflasche	260	80°C	16°C	30°C	162
0,25 l Gastroflasche	260	67°C	16°C	30°C	139
0,25 l Gastroflasche	260	80°C	12°C	30°C	141
0,25 l Gastroflasche	260	67°C	12°C	30°C	120
0,70 l BEF GDB (Perlenflasche)	550	80°C	16°C	30°C	208
0,70 l BEF GDB (Perlenflasche)	550	67°C	16°C	30°C	179
0,70 l BEF GDB (Perlenflasche)	550	80°C	12°C	30°C	182
0,70 l BEF GDB (Perlenflasche)	550	67°C	12°C	30°C	156
0,50 l Individualflasche	51	57°C	16°C	35°C	88
0,75 l Individualflasche	57	57°C	16°C	35°C	88
1,00 l BEF GBD blau	62	57°C	16°C	35°C	89
0,50 l Individualflasche	51	57°C	12°C	35°C	77
0,75 l Individualflasche	57	57°C	12°C	35°C	77
1,00 l BEF GBD blau	62	57°C	12°C	35°C	78
0,50 l Individualflasche	51	57°C	16°C	30°C	122
0,75 l Individualflasche	57	57°C	16°C	30°C	123
1,00 l BEF GBD blau	62	57°C	16°C	30°C	124
0,50 l Individualflasche	51	57°C	12°C	30°C	103
0,75 l Individualflasche	57	57°C	12°C	30°C	104
1,00 l BEF GBD blau	62	57°C	12°C	30°C	105

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass folgende Einflussgrößen entscheidend sind:

Nicht zu beeinflussende Größen:

- Flaschenmaterial
- Gebindegröße

Zu beeinflussende Größen:

- Laugentemperatur:** Ist eine Absenkung unter Beibehaltung der Qualität möglich?
- Frishwassertemperatur:** Wäre eine Frishwasserkühlung betriebswirtschaftlich darstellbar? (Dieser Punkt ist sicherlich kritisch zu sehen.)

- Abgabetemperatur:** Kann ich die Abgabetemperatur entsprechend erhöhen? Dies muss sicherlich mit der Qualitätssicherung diskutiert und entsprechend begleitet werden.

Kastenwascher

Ein weiterer Hauptverbraucher stellt der Kastenwascher dar. Beim Kastenwascher sollten alle Schleppverluste aus der Nachspritzung für die Reinigung verwendet werden. Folgende Fragen können zur Optimierung des Wasserverbrauchs beitragen:

- Kann ich das Tauchbad des Kastenwaschers mit Lauge/Wasser aus der Reinigungsmaschine auffüllen? Bei einer Sekundärnutzung dieser Wässer werden darüber hinaus noch die Temperatur und die Alkalität für die Reinigung genutzt. Ist die Alkalität (allein) zu hoch, kann das Wasser mit dem Wasser aus der KZE, Rinsung oder Wasseraufbereitung gestreckt werden. Das spart!

Best-Practice:

Bei Coca-Cola in Knetzgau konnten allein mit dieser Maßnahme bei einem Gesamtverbrauch in Höhe von 200.000 m3/Jahr insgesamt 1.500 m³/Jahr (knapp 1 %) eingespart werden.

- Sind die Reinigungsdüsen richtig eingestellt? Gibt es Leckagen? Können eventuell neuere bzw. kleinere Düsen eingesetzt werden?
- Kann ich das Haftwasser des Kastens noch nutzen? Am Ausgang des Kastenwaschers kann ein mit der Maschinensteuerung getaktetes Gebläse installiert werden um Haftwasser der Kästen in den Kastenwascher zurückzublasen.

Fremdstoffinspektion bei PET-Mehrweg (Sniffer)

Bei der Fremdstoffinspektion von PET-Mehrwegflaschen muss für bestimmte Erkennungssysteme eine definierte Wassermenge in die Flasche eingespritzt werden. Die Einspritzmenge ist gebindeabhängig und sollte idealerweise exakt eingehalten werden. Neben dem Wasserverbrauch, der bei einer Mehrmenge von nur 10 ml/Flasche schnell mehrere Kubikmeter/Schicht betragen kann, reduziert sich durch die Verdünnung der möglichen Fremdstoffe mit Wasser selbstverständlich auch die Erkennungsgenauigkeit.

3.2.3 Kernprozesse in der Einwegabfüllung

Rinser

Der Flaschenrinsler wird vor allem im Einweg-Bereich, aber vereinzelt auch in Mehrweganlagen unmittelbar vor dem Füller eingesetzt.

Zur Optimierung des Wasserbedarfs sollten folgende Themen überprüft und hinterfragt werden:

- Ist ein Flaschenrinsler beim abzufüllenden Produktportfolio notwendig?
- Kann der Prozesswassereinsatz bedarfsgerecht für verschiedene Flaschengrößen eingestellt werden?
- Ist ein Auffangen des Rinslerwassers und eine Zweitverwendung denkbar und betriebswirtschaftlich sinnvoll?
- Ist eine Wiederaufbereitung des Wassers auf Trinkwasserqualität über Umkehrosmose möglich und somit ein teilweiser Kreislaufprozess im Rinsler denkbar und wirtschaftlich?

Best-Practice:

In der Glas-Mehrweganlage bei VILSA wird das Brauchwasser des Flaschenrinslers aufgefangen und für Kastenwascher und Bandschmierung wiederverwendet. Damit konnte der Wasserverbrauch um ca. 9.500 m³ pro Jahr reduziert werden. Das aufgefangene Rinslerwasser deckt zu 100 % den Bedarf an Wasser für die Bandschmierung der 40.000er Glaslinie. Zusätzlich kann über das restliche aufgefangene Wasser noch 20 % des Wasserverbrauchs des Kastenwaschers in derselben Anlage gedeckt werden.

Bodenkühlung bei Blasmaschinen-Füller-Blöcken

Sofern im Bereich der Herstellung von PET-Einweg-Flaschen ein Blasmaschinen-Füller-Block eingesetzt wird, muss bei karbonisierten Getränken der Flaschenboden über eine Wasserbeaufschlagung gekühlt werden.

Hierbei sollte auf eine optimale Auswahl der Düsendrößen und eine ausreichend dimensionierte Abtropffläche geachtet werden. Das aufgefangene Wasser kann im gekühlten Umlaufverfahren eingesetzt werden. Somit müssen nur unvermeidliche Haftmengen nachgespeist werden. Hierbei ist aus hygienischen Gründen darauf zu achten, dass dieser Wasserkreislauf in die CIP-Reinigungsprozesse eingebunden ist.

3.2.4 Bandschmierung

Im Bereich der Bandschmierung gibt es einige Optimierungsansätze. Die nachfolgenden Fragestellungen sollen hierzu einige Impulse geben:

- **Taktung:** Sind die Puls-Pausenzeiten bedarfsgerecht eingestellt?
- **Düsen der Bandschmierung:** Kann ich die Düsendrößen optimieren? Wo müssen größere Düsen zum besseren Schmutzaustrag eingesetzt werden und wo reichen kleinere Düsen aus?
- **Wasserqualität:** Würde eine Enthärtung bzw. Entsalzung es möglich machen, kleinere Düsen einsetzen zu können?
- **Stopp bei Stillstand:** Wird die Bandschmierung bei Transporteurs-Stopp über ein Magnetventil automatisch ausgeschaltet?
- **Bandschmier-Technologie/Mehrweg:** Ist der Einsatz einer sogenannten halbtrockenen Bandschmierung möglich? Durch eine höher eingestellte Bandschmierkonzentration kann gegebenenfalls die Puls-Pausenzeit optimiert werden. Die Bandschmierung haftet besser auf dem Transporteur und die Tropfverluste werden minimiert. Hierbei ist allerdings der Reinigungs- und Ausspüleffekt vor allem im Schmutzbereich einer Abfüllanlage zu beachten.
- **Bandschmier-Technologie/Einweg:** Der Einsatz einer reinen Trocken-Bandschmierung ist Stand der Technik und mittlerweile ein „Muss“.
- **Leckagekontrolle und Abdichtung:** Werden die Düsen und das Verteilsystem regelmäßig kontrolliert und werden Leckagen konsequent abgedichtet?
- **Reinigung:** Erfolgt eine regelmäßige Reinigung des Systems?

- **Wasser-Mehrfachnutzung:** Kann ich für die Bandschmierung ein Prozesswasser als Mehrfachnutzung aus einem anderen Prozess verwenden? Hier würden sich beispielsweise Wässer aus dem Rinser bzw. aus den Messstellen anbieten.

Best-Practice:

RheinfelsQuellen haben durch die Umstellung auf halbtrockene Bandschmierung bei Mehrwegabfüllanlagen 43 % bzw. über 5.000 m³/Jahr Prozesswasser eingespart. Hierbei werden üblicherweise die Pausenzeiten zwischen den Taktungen erhöht. Dafür werden die Spritzzeiten gegebenenfalls verlängert. Dies wird schrittweise unter begleitenden Messungen der Reibwerte und der Beobachtung des störungsfreien Anlagenlaufs durchgeführt. Darüber hinaus bietet sich als Nebeneffekt der Vorteil, dass die Feuchtigkeit in den Abfüllanlagen reduziert wird.

3.2.5 Wasserentgasung / Karbonisierer

Je nach eingesetzter Technologie gibt es mehrere Hebel zur Einsparung von Wasser bei der Entgasung der Produkte.

Hierzu gibt es mehrere Best-Practice-Beispiele von RheinfelsQuellen:

- Sofern die Wasserringpumpe ungeregelt ist, kann durch das Einregeln der Wassermenge, bis das ablaufende Wasser der Vakuumpumpen lauwarm wird, signifikante Wassermengen eingespart werden (siehe Bild). Hierbei ist die im Datenblatt angegebene Maximaltemperatur zu beachten.

Best-Practice

Bei der ARDEY – Quelle konnte hierbei der Wasserverbrauch um 93 % reduziert werden. Hierdurch erzielte der Betrieb eine Einsparung von ca. 4.400 m³/Jahr.

- Die Nachrüstung einer Temperaturregelung ist ebenfalls zu überlegen und möglichst hohe Temperatur einzustellen, um den Frischwasserverbrauch so niedrig wie möglich zu halten.
- Sofern dies verfügbar ist, sollte der Einsatz von kaltem Wasser geprüft werden.
- Trockenlaufende Vakuumpumpen: Hiermit sind im Zwei – bzw. Dreischichtbetrieb sehr gute Amortisationszeiten möglich. Neuanlagen sollten grundsätzlich damit ausgerüstet werden.



Bild: Mineralwasserentgasung: Vorher 1200 Liter/h @ 11,3 °C nachher 90 Liter/h @ 36 °C

3.2.6 Kurzzeiterhitzung (KZE)

Mikrobiologisch sensible Produkte werden häufig mit einer Kurzzeiterhitzung (KZE) behandelt.

Dies kann bereits bei der Annahme von Säften zur Herstellung von Schorlen, bei der mikrobiologischen Stabilisierung von selbst gelöstem Flüssigzucker, bei der Behandlung ausgemischter Sirupe oder beim Fertiggetränk durchgeführt werden.

Bei der KZE mit verlorener Kühlung ist eine Reduktion der benötigten Wassermenge durch die Temperaturregelung, durch den Einsatz von kaltem Wasser oder durch die optimale Auslegung des Steriltanks möglich. Das „verlorene warme Kühlwasser“ kann wieder-

verwendet werden, am besten z.B. in einem Kastenwascher.

Grundsätzlich sollten jedoch Kühlungen mit geschlossenen Kreisläufen versehen werden. Eine gut ausgelegte Wärmerückgewinnung reduziert den Kühlbedarf beträchtlich.

Vor allem im Bereich einer Fertiggetränke-Behandlung sollte die Leistung der KZE an die Gebindegröße und somit die Füllerleistung angepasst werden, um Ausschubprozesse zu minimieren bzw. zu vermeiden.

Die Ausschubprozesse selbst sollten hinsichtlich der Phasentrennung optimiert werden.

3.2.7 Übrige Verbraucher in der Produktion

Wasserbesprühungen:

In manchen Fällen sind zusätzliche Besprühungen von befüllten und unbefüllten Flaschen erforderlich, um bessere Gleiteigenschaften zu erreichen und damit Beschädigungen an den Packungen zu vermeiden. Häufig ist dies vor allem bei PET-Mehrweg der Fall.

Sofern Wasserbesprühungen für den Produktionsablauf unvermeidlich sind, sollten hierbei Düsen mit optimiertem Wassereinsatz gewählt werden. Oftmals reicht ein leichter Sprühnebel. Die verwendeten Düsen sollten mit einer Regelfunktion ausgestattet sein, sodass bei einem Anlagenstillstand die Besprühung ebenfalls stoppt. Durch den Flaschentransport können die seitlichen Leit-

bleche an den Bändern auseinander gedrückt werden und dann zu Stauungen auf dem Band führen. Daher sollte deren optimale Einstellung regelmäßig kontrolliert und ggf. korrigiert werden.

Zusätzliche Entnahmestellen für Prozesswasser (Zapfstellen)

Bei der allgemeinen Reinigung über Zapfstellen und zur Schaumreinigung sollte über Betriebsrundgänge eine regelmäßige Kontrolle der Düsen durchgeführt werden. Zusätzlich sollte über regelmäßige Sensibilisierung der Mitarbeiter ein weiterer „Kontrollmechanismus“ etabliert werden. „State of the Art“ sind Niederdrucksatelliten (20 – 25 bar) mit einer Wasserkontrolle.

Best-Practice:

Bei Bad Meinberger Mineralbrunnen werden auch die Wässer der Zwischenspülungen in einem Rückföhrtank aufgefangen und als Zweitnutzung für die Bandschmierung verwendet. Dadurch konnten im Jahr 2024 insgesamt 1.679 m³ „zweitgenutzt“ werden, was einen Anteil von ca. 3 % vom Gesamtwasserverbrauch ausmacht.

In diesem Jahr wird die Technik erweitert, sodass für das kommende Jahr von ungefähr einer Ersparnis von 6 % auszugehen ist. Hierzu wird ein „Reworktank“, in dem das Wasser bislang aufgefangen wird um einen weiteren Tank erweitert. Dadurch kann in der Spitze mehr Wasser aufgefangen werden, wenn mehr Volumen aufkommt oder die Abnahme temporär zu gering ist.

Best-Practice:

Bei der Tankreinigung ist die optimale Auslegung des Sprühkopfes entscheidend. Die Rotationsdüsen für Siruptanks (CIP) haben ein signifikantes Einsparpotenzial verglichen mit konventionellen Düsen.

3.3 Peripherie & Nebenbetriebe

3.3.1 CIP-Prozesse

Bei den CIP-Prozessen sind vielfache Einsparpotenziale vorhanden. Nicht nur bei der benötigten Zeit, sondern auch bei Reinigungschemikalien, Energie und Wasser. Um die Reinigungsprozesse zu optimieren, sollte sich der Betreiber folgende Fragen stellen:

- Ist die Phasentrennung zwischen den einzelnen CIP-Medien bzw. Spülwasser optimal?
- Kann ich das Spülwasser eventuell reduzieren und/oder auffangen und für andere Prozesse wiederverwenden?
- Sind meine Reinigungsprozesse ganz oder teilweise verloren bzw. habe ich entsprechend ausreichend dimensionierte Rückföhr tanks?

Hinsichtlich der Phasentrennung hat sich der Einsatz von Leitfähigkeitsmessgeräten im CIP-Rücklauf bewährt. Diesbezüglich ist die kritische Betrachtung der eingestellten Grenzwerte sinnvoll. Bei Heiß-CIP-Verfahren muss durch das Nachspülen das System auch abgekühlt werden. Die eingestellten Temperaturwerte zur Beendigung des Nachspölvorganges sollten ebenfalls auf Ihre Sinnhaftigkeit überprüft werden.

Die Zurückföhrung von Lauge, Säure, Desinfektionsmittel und Nachspölwasser in den jeweiligen Rückföhrbehälter verringert die Verbräuche.

Das Nachspölwasser eignet sich ebenfalls für andere Mehrfachnutzungen z. B. für die Bandschmierung.

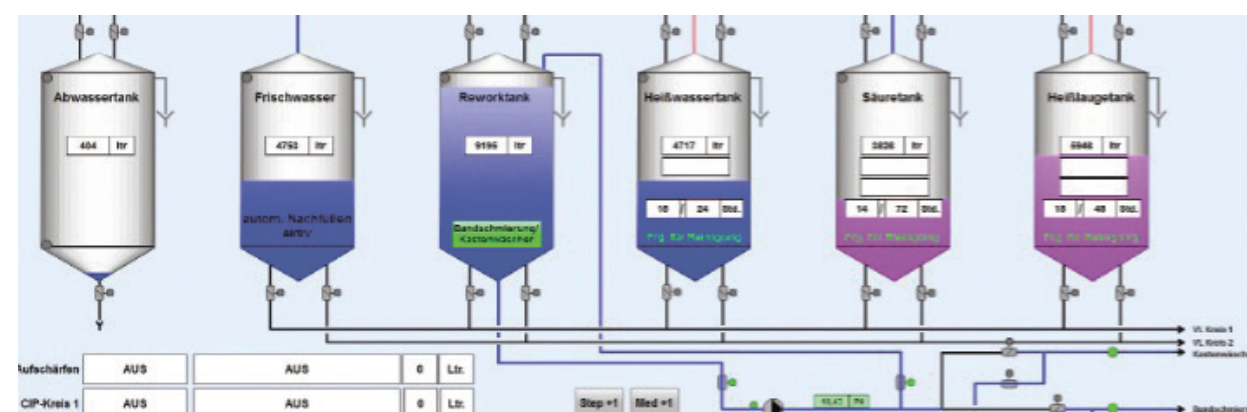


Bild: Aufbau einer CIP-Anlage mit entsprechendem Auffangbehälter für die Mehrfachnutzung.

3.3.2 Kesselhaus – Heizenergieversorgung

Betrachtet man den Wasserverbrauch, so ist die Heizenergieversorgung mit Heißwasser oder Hochdruckheißwasser grundsätzlich dem Dampfkessel vorzuziehen.

Die Dampferzeugung ist mit Wasserverlusten verbunden. Nachfolgend sind einige Beispiele aufgeführt. Die Wassereinsparung alleine würde eine Rationalisierungsmaßnahme jedoch nicht finanzieren.

Absalz- bzw. Abschlammprozesse

Bei Dampfkesseln konzentrieren sich die Wassertsalze auf und müssen von Zeit zu Zeit abgelassen werden.

Hierbei sind folgende Fragestellungen wichtig:

- Ist der Absalzvorgang zeit- oder leitfähigkeitsgesteuert?
- Sind die Leitwerte korrekt eingestellt oder ist diesbezüglich noch Optimierungsspielraum?

Muss das Abschlammwasser gekühlt werden, empfiehlt es sich, damit über Wärmerückgewinnung mit einem Wärmetauscher das Kesselspeisewasser vorzuwärmen.

Speisewasseraufbereitung

Die Anwendung einer Umkehrosmoseanlage anstelle eines Ionenaustauschers führt oftmals zu einer Wassereinsparung und zu einer besseren Speisewasserqualität:

Kondensatmanagement

Das bei Dampfkesseln anfallende Kondensat muss aufgefangen und zum Kesselhaus zurückgepumpt werden. Erfahrungsgemäß treten in diesem Prozess häufig Leckagen auf, Kondensatfallen arbeiten nicht richtig bzw. durch ausgefallene Pumpen laufen Kondensatbehälter über. Hier empfehlen sich tägliche Kontrollgänge. Das Kesselspeisewasser sollte in das Wassermonitoring aufgenommen werden.

3.3.3 Qualitätssicherung – Wiederverwertung des Messwassers in der Abfüllung

In verschiedenen Prozessbereichen wird zur Messung in Online-Analysegeräten ein Teilstrom abgeführt und nach der Messung in den Abwasserkanal geleitet. Hier sollte sich der verantwortliche Betreiber die Frage stellen, ob dieses Wasser einer Zweitverwendung zugeführt werden kann.

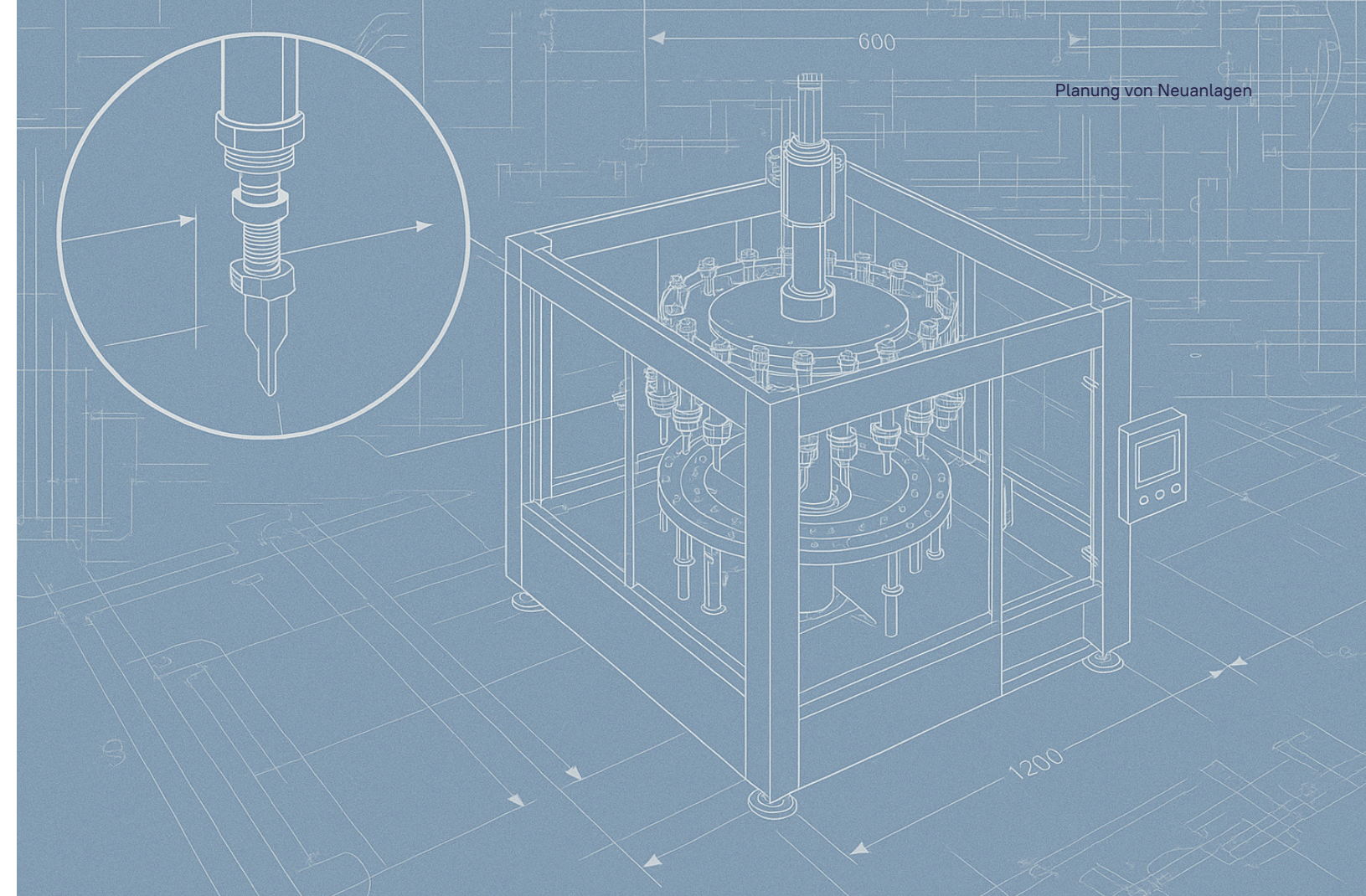
Best-Practice:

Bei Coca-Cola wird das Auffangen des Messwassers und die Rückführung in den Prozess bereits erfolgreich praktiziert. In Knetzgau wird das Messwasser der Qualitätssensoren über einen Tank zurückgeführt und so stehen bei einem Gesamtverbrauch in Höhe von 200.000 m³/pro Jahr insgesamt 2000 m³/Jahr (1%) weniger auf der Wasserrechnung. In Bad Neuenahr spart die Wiederverwendung des Messwassers bei einem Gesamtverbrauch in Höhe von 800.000 m³/Jahr insgesamt knapp 8.000 m³/Jahr (1%) ein.

3.3.4 Weitere Optimierungsansätze

Auch an anderen Stellen im Betrieb, wie z.B. in der Verwaltung oder der Logistik, schlummern Potentiale zur Reduzierung des Wasserverbrauchs. Nachfolgend sind beispielhaft einige Anregungen genannt:

- Sind Durchlaufkühlungen, zum Beispiel im Labor, vorhanden und können diese betriebswirtschaftlich sinnvoll ersetzt werden?
- Ist eine Verwendung von Regenwasser für einige Zwecke, wie zum Beispiel Sanitäranlagen, sinnvoll?
- Kann für eine Lkw-Waschstraße ein Prozesswasser in der Mehrfachnutzung verwendet werden? Werden auch in diesen Bereichen Leckagen regelmäßig überwacht und abgedichtet?



4. Planung von Neuanlagen

Bei der Planung und Umsetzung von Neuanlagen können bereits entscheidende Weichen für eine effiziente Nutzung von Prozesswasser gestellt werden.

Best-Practice:

Beim Carolinen Brunnen wurde der Gesamtprozess der Getränkeherstellung, beginnend bei der Mineralwassergewinnung bis zur Übergabe Fertiggetränk an den Füller komplett verrohrt und automatisiert. Ein übergeordnetes Prozessleitsystem steuert und überwacht alle Prozessschritte und -parameter. Kurze Leitungswege und bekannte Rohrleitungsvolumen ermöglichen eine optimierte Prozessführung. CIP-Reinigungen, Vorzieh- und Ausschubvorgänge sowie Trennspülen können nahezu verlustfrei realisiert werden. Der Wasserverlust (Trenn- und Spülwasser sowie Produktwasser) konnte durch diese Optimierungen um bis zu 80% reduziert werden.



5. Abwasser und Abwasserbehandlung

Ziel eines nachhaltigen Abwassermanagements ist es, die Abwasserströme im Betrieb systematisch zu erfassen, Belastungen zu reduzieren und die Behandlung so auszulegen, dass sowohl gesetzliche Anforderungen eingehalten als auch Betriebskosten gesenkt werden.

Zur Implementierung eines Abwassermanagements geht man schrittweise wie folgt vor:

- 1 Bestandsaufnahme (Herkunft und Qualität)
- 2 Innerbetriebliche Vermeidungs- und Reduktionsmaßnahmen

- 3 Vorbehandlung und Pufferung
- 4 Chemisch-physikalische Behandlungsverfahren
- 5 Monitoring und Kennzahlen

So können Mineralbrunnenbetriebe ihren Ressourcenverbrauch senken, Gebühren und Zuschläge reduzieren, die Umwelt schonen und ihre Rechtskonformität sichern.

5.1. Bestandsaufnahme: Ermittlung von Herkunft und Qualität

Ein erfolgreiches Abwassermanagement beginnt mit einer umfassenden Bestandsaufnahme. Ziel ist es, die Abwasserströme im Betrieb vollständig zu erfassen und hinsichtlich Herkunft, Menge und Belastung zu analysieren. Hierdurch erhält man die Abwasservolumenströme getrennt nach unterschiedlichen „Belastungen“ bzw. nach der Wasserqualität. Dies ermöglicht, dass man die jeweiligen Abwasserströme entweder direkt einer Mehrfachnutzung oder zunächst einem Aufbereitungsverfahren (und dann einer Mehrfachnutzung) zuführen

kann. Bei der Bestandsaufnahme kann auf die bei der Datenerhebung (siehe Kapitel 2) ermittelten Ergebnisse zurückgegriffen werden. Diese Daten sind hier nun im Hinblick auf die Wasserqualität zu analysieren.

Die Bestandsaufnahme zur Ermittlung von Herkunft und Qualität des Abwassers bildet die Grundlage für alle weiteren Maßnahmen. Ohne eine präzise Kenntnis der Herkunft und Qualität ist eine zielgerichtete Behandlung und Vermeidung nicht möglich.

5.1.1. Datenerhebung und Analyse:

Es werden alle im Betrieb anfallenden Abwässer nach Quelle (z.B. Prozesswasser, Kühlwasser, Sanitärabwasser, Regenwasser) erfasst. Messungen und Analysen

liefern Daten zu Parametern wie CSB, BSB₅, pH-Wert, Temperatur, abfiltrierbare Stoffe, Nährstoffkonzentrationen und organische Belastungen.

5.1.2. Kategorisierung nach Belastung:

Die Abwässer werden nach Belastungsgrad (gering – mittel – hoch belastet) eingestuft. Diese Einstufung

ermöglicht es, bestimmte Ströme gezielt mehrfach zu nutzen oder getrennt zu behandeln.

5.2. Innerbetriebliche Maßnahmen zur Reduzierung von Abwassermengen und -frachten

Das wichtigste Ziel ist die Verringerung der anfallenden Abwassermenge sowie der Fracht an Schadstoffen. Dies spart Kosten, reduziert Umweltbelastungen und verbessert die Einhaltung gesetzlicher Vorgaben.

Die Auswahl der jeweiligen Technologie hängt selbstverständlich von dem verfolgten Ziel der Maßnahme sowie den jeweiligen Rahmenbedingungen vor Ort ab.

In Anbetracht zunehmender Umweltauflagen und steigender Wasserkosten stellt sich die Frage, mit welchen Technologien Wasser wirtschaftlich und technologisch sinnvoll aufbereitet werden kann. z. B.

So entfällt beispielsweise durch den Einsatz einer Laugenfiltration der Laugenverwurf, was sowohl die Menge als auch die Belastung des Abwassers verringert. Molchsyste-me, Sensoren zur Phasentrennung, CIP-Verfahren mit Wiederverwendung von Wasser und Chemikalien sowie der Einsatz von Trockenschmiermitteln tragen ebenfalls zur Reduzierung von Schmutzfrachten bei.

- Misch- und Ausgleichsbehälter
- Belüftung von Abwässern
- Siebanlagen
- Etc.

5.2.1. Trennung von Abwasserströmen nach Herkunft und Qualität

Für Mineralbrunnenbetriebe bieten sich erhebliche Einsparpotenziale, wenn möglichst viele unbelastete Abwässer – nach Genehmigung (!) – direkt in ein Gewässer (Direkteinleitung) und nicht über die kommunale Abwasserbehandlung (Indirekteinleitung) abgeführt werden.

Regenwasser von Dach- und anderen sauberen Flächen darf versickern oder in kleine Vorfluter eingeleitet werden, wodurch Grundwasserressourcen gezielt angereichert werden können. Regenwasser, das potenziell verschmutzt ist (z. B. von Parkplätzen oder Fahrwegen), muss hingegen über Sedimentationseinrichtungen oder Koaleszenzabscheider (gemäß Anhang 49 der AbwV) behandelt werden.

Das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) sowie die zugehörige Abwasserverordnung (AbwV) verlangen vom Nutzer, den Wasserverbrauch zu minimieren und das Abwasser getrennt nach Herkunft und Belastung zu behandeln. Eine Trennung unterschiedlich belasteter Abwässer verhindert eine gegenseitige Kontamination und ermöglicht eine effizientere Behandlung. Dadurch werden Kläranlagen und Gewässer entlastet und die Grundwasserneubildung kann gefördert werden.

Wenn weder ein geeigneter Vorfluter noch eine Versickerungsmöglichkeit vorhanden ist, dürfen Abwässer gemäß Anhang 31 AbwV nur mit behördlicher Erlaubnis in den Niederschlagswasserkanal eingeleitet werden. Reten-tat aus der Umkehrosmose kann – sofern es unbelastet ist – nach Genehmigung versickert werden. Erwärmtes Kühlwasser darf ebenfalls nur mit Erlaubnis eingeleitet werden; bevorzugt direkt in ein Gewässer unter Einhaltung der wasserrechtlichen Anforderungen (DWA-M 115-1), anstatt über die Schmutzwasserkanalisation. Grundsätzlich ist eine Kreislaufführung des Kühlwassers anzustreben, wobei lediglich Abschlammwasser in die Kanalisation gelangt.

Bei der Trennung der Abwasserströme sollte man gedanklich folgende Fragen durchspielen:

- Bin ich Direkt- oder Indirekteinleiter?
- Welche Technologie der Abwasseraufbereitung steht mir zur Verfügung?
- Gibt es behördliche Auflagen, die ich beachten muss?
- Habe ich getrennte Abwassersysteme (Regenwasser, Prozesswasser, fäkalienhaltige Abwässer)?

Stark eisenhaltiges Wasser muss meist einer Kläranlage oder einem Absetzbecken zugeführt werden. Je nach Eisengehalt kann nach dem Wasserhaushaltsgesetz und der Abwasserverordnung die Direkteinleitung der Filterrückspülwässer sowie der unbelasteten Niederschlagswässer bei der lokalen Aufsichtsbehörde beantragt werden.

Vorlaufwasser aus Brunnen oder Einfiltrationswasser kann – bei ausreichender Qualität, z. B. gemessen über eine Trübungssonde – direkt eingeleitet werden. Viele Trinkwasserverbände sedimentieren Rückspülwasser in Becken und nutzen es zur Anreicherung des Grundwassers. Immer häufiger wird eine sterile Ultrafiltration zur Aufbereitung und Zweitwassernutzung eingesetzt.

5.2.2. Rechtliche Anforderungen

Die Genehmigung zur Direkteinleitung liegt grundsätzlich im Ermessen der lokalen Behörde. Zentrale Vorschriften, die Betriebe beachten müssen, sind die jeweiligen kommunalen Abwassersatzungen.

Weitere Vorschriften, die für Direkt- und Indirekteinleiter relevant sind, sind das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und das jeweilige Abwassergesetz des Landes. Für Mineralbrunnenbetriebe sind insbesondere folgende Anhänge wichtig:

Anhang 1: Sanitärabwasser, Kantine, Labor – erfordert biologische Behandlung.

Bei jeder Betriebserweiterung sollte außerdem eine Netztrennung (innen wie außen) planerisch berücksichtigt werden.

Anhang 3: Organisch belastete Abwässer aus der Mineralbrunnenproduktion – ebenfalls biologische Behandlung.

Anhang 31: Abwässer aus Wasseraufbereitung, Kühlwasser, Dampferzeugung – ggf. Neutralisation, Grenzwert z. B. 50 mg/l abfiltrierbare Stoffe.

Anhang 49: Werkstätten, Fahrzeugwäsche, Tankanlagen – spezielle Anforderungen.

Tabelle: Typische Belastung und rechtliche Anforderungen von Abwasserströmen in Mineralbrunnen

Wasserbedarf ohne Produktwasser	Prozent	Qualität für die Erstnutzung	Anhang	Abwasserbelastung
Brunnen	1 – 3 %	Trinkwasser	31	gering
Enteisung/ Entmanganung	2 – 4 %	Trinkwasser	31	gering
Wasseraufbereitung	2 – 4 %	Trinkwasser	31	gering
Sirupraum	1 – 4 %	Mineralwasser, Trinkwasser	3, 31	gering-hoch
Kurzzeiterhitzung KZE	2 – 4 %	Trinkwasser	31	gering-hoch
Kastenwäscher	2 – 16 %	Trinkwasser Zweitwasser	3	mittel-hoch
Flaschenreinigung	15 – 29 %	Trinkwasser Enthärtung	3	hoch
Vakuumpumpen	2 – 6 %	Trinkwasser	3	gering
Wasser zum Rinsen	4 – 21 %	Trinkwasser	31	gering
Kühlung vom Flaschenboden	1 %	Trinkwasser	3	gering
Besprühungen	4 %	Trinkwasser	3	gering
Leckagen	1 %	Trinkwasser	3	gering

Bandschmierung	5 %	Brauchwasser Enthärtung VE-Wasser	3	gering
CIP Reinigung von Abfüllanlagen	16 %	Trinkwasser	3	gering
Reinigung über Zapfstellen	6 – 10 %	Trinkwasser	3	gering
Kesselhaus	1 %	Enthärtung	3	gering
Messwasser für Sensoren, pH, Trübung	1 %	VE-Wasser Trinkwasser	---	---
Sonstige Verbräuche	3 %	Labor, Sanitär, Außenbewässerung, Fahrzeugwäsche	---	---
Summe	100 %	55%		

5.3. Vorbehandlung und Pufferung

Nicht jedes Abwasser kann sofort eingeleitet, erneut verwendet oder behandelt werden. Hier setzen Vorbehandlung und Pufferung an.

5.3.1. Pufferung

Beim **Abwassermanagement** bedeutet **Pufferung**, dass anfallende Abwässer zunächst in speziellen Sammel- bzw. Pufferspeichern zurückgehalten werden, bevor sie weiterbehandelt oder eingeleitet werden. Das hat mehrere Zwecke:

- Mengenausgleich:** Abwässer fallen oft stoßweise an. Durch die Pufferung wird der Abfluss gleichmäßiger und die nachgeschaltete Behandlung (z. B. Kläranlage) entlastet. **Beispiel:** Ein 20.000-Liter-Füller erzeugt bis zu 30 m³/h Abwasser. Ein 40 m³-Puffertank kann den Abfluss auf 15 m³/h begrenzen
- Konzentrationsausgleich:** Schadstoff- oder pH-Werte können stark schwanken. Im Pufferbehälter vermischen sich die Abwässer, sodass ein konstanteres, behandelbares Abwasser entsteht.
- Sicherung der Einleitbedingungen:** Vor einer Einleitung ins Kanalnetz oder in eine eigene Abwasserbehandlungsanlage wird geprüft, ob Grenzwerte eingehalten werden. Gegebenenfalls können im Pufferbehälter Korrekturmaßnahmen erfolgen (z. B. Neutralisation, Verdünnung, Fällung/Flockung).

- Notfallreserve:** Bei Störungen in der Abwasserbehandlung kann Abwasser im Pufferspeicher zwischengelagert werden, um eine unzulässige Einleitung zu verhindern.

Kurz gesagt: Die Pufferung sorgt dafür, dass Abwasser **gleichmäßig, kontrolliert und in geeigneter Qualität** weitergeleitet oder behandelt wird.



Beispiel aus der Praxis: 40.000 Liter Misch- und Ausgleichsbehälter (MAB) eines Mineralbrunnens für Abwasser

5.3.2 Vorbehandlung bei Grenzwertüberschreitungen

„Vorbehandlung“ (Vorreinigung) ist der erste, robuste Teil des Abwassermanagements. Ziel ist es, schwankende Abwassermengen und -inhalte auszugleichen, Grobstoffe und Störstoffe zu entfernen, pH und Temperatur zu regeln und (bei Bedarf) erste Frachten zu reduzieren, damit nachgeschaltete Stufen stabil arbeiten und Grenzwerte sicher eingehalten werden.

Überschreiten einzelne Ströme gesetzliche Grenzwerte, müssen sie vor einer gemeinsamen Behandlung oder Wiederverwendung neutralisiert, sedimentiert oder gefiltert werden.

Mit der Vorbehandlung werden gleich mehrere Ziele verfolgt:

- Sie schützt die nachgeschalteten Aggregate und Behandlungsstufen, indem sie Grobstoffe, Fasern, Etikettenreste, Sand und andere Störstoffe frühzeitig entfernt und dadurch Verstopfungen, Abrasion und Ausfälle verhindert.
- Darüber hinaus glättet die Vorbehandlung hydraulische und stoffliche Lastspitzen, indem sie schwankende Zulaufmengen, pH-Sprünge, Temperaturspitzen sowie stark variierende CSB-/BSB- und Feststofffrachten in einem Ausgleichsbecken puffert und so einen gleichmäßigen, gut behandelbaren Zulauf sicherstellt.
- Sie stellt sicher, dass Anlagen- oder behördlich geforderte Zulaufbedingungen für die nächste Stufe eingehalten werden, etwa definierte Bereiche für pH, Temperatur, Feststoffe, Fette/Öle und absetzbare Stoffe.
- Soweit erforderlich, reduziert sie bereits in der ersten Linie bestimmte Frachten (z. B. – falls vorhanden – Fette/Öle, suspendierte Feststoffe, Kolloide) durch mechanische Trennverfahren, Flotation oder Primärsedimentation, um die Effizienz der Gesamtanlage zu erhöhen.
- Die Vorbehandlung verbessert den Arbeits- und Umweltschutz, weil weniger Gerüche, Schaumbildung und Ablagerungen entstehen und weil sicherheitsrelevante Funktionen (z. B. pH-Sperren, Überfüllschutz, Gaswarnung) bereits am Anlagenkopf greifen.
- Schließlich schafft sie mit verlässlicher Mess-, Steuer- und Regeltechnik (z. B. pH, Temperatur, Leitfähigkeit, Durchfluss) die datenbasierte

Grundlage für Nachweisführung, Optimierungen und die sichere Einhaltung von Grenzwerten.

Bei der Vorbehandlung geht man üblicherweise schrittweise wie folgt vor:

- 1 Erfassung und Messung des Zulaufs:** Zu Beginn wird der Rohabwasserzulauf kontinuierlich erfasst und mit Online-Sensoren (z. B. Durchfluss, pH, Temperatur, Leitfähigkeit) überwacht, damit Regelungen und Abschaltungen bei Abweichungen unmittelbar greifen können.
- 2 Grob- und Feinstoffentfernung:** Anschließend entfernt ein Grob- bzw. Feinrechen oder ein Mikrosieb Feststoffe wie Etiketten, Kappenreste, Fasern und Folien, wodurch nachfolgende Pumpen, Rohrleitungen und Behälter vor Verstopfung und Verschleiß geschützt werden.
- 3 Sand-/Gritabscheidung:** Ein Sandfang separiert mineralische und schwere Partikel wie Sand, Glasbruch oder Keramiksplitter, damit sich diese nicht in Becken ablagern oder Pumpen beschädigen.
- 4 Öl-/Fettabscheidung (falls erforderlich):** Wenn öl- oder fetthaltige Abwasseranteile vorliegen, trennt ein Schwerkraft- oder Lamellenabscheider diese aus, um Schwimmdecken, Gerüche und Beeinträchtigungen der Biologie zu vermeiden.
- 5 Ausgleichsbecken mit oder ohne Belüftung (Equalization):** Ein ausreichend dimensioniertes, gut durchmisches Ausgleichsbecken glättet Volumenströme und Stofffrachten, verhindert Kurzschlüsse und bildet die Basis für eine stabile, gleichmäßige Beschickung der nachfolgenden Stufen.
- 6 pH-Einstellung/Neutralisation:** Im Ausgleichs- oder einem separaten Regelbecken wird der pH-Wert über Säure-/Laugedosierung automatisiert in den zulässigen Bereich geführt; Sicherheitseinrichtungen verhindern Über- oder Unterdosierungen.
- 7 Physikalisch-chemische Vorreinigung (situationsabhängig):** Bei Bedarf werden kolloidale oder fein verteilte Stoffe mittels Fällung/Flockung konditioniert und anschließend in einer Druckentspannungsflotation (DAF) oder Lamellenklärung wirksam abgetrennt.
- 8 Primärschlamm- und Siebgutbehandlung:** Abgeschiedene Feststoffe und Schlämme werden ent-

wässert, zwischengelagert und entsprechend den Abfallvorgaben entsorgt, damit ein hygienischer und wirtschaftlicher Betrieb gewährleistet bleibt.

- 9 Weiterleitung zur Hauptbehandlung bzw. Einleitung:** Das vorgeklärte Abwasser wird gleichmäßig der biologischen bzw. weitergehenden Behandlung zugeführt oder – sofern zulässig – in die Kanalisation bzw. in ein Gewässer eingeleitet.

Worauf in der Praxis zu achten ist:

- Es ist entscheidend, die Hydraulik zuerst zu stabilisieren, da ein gleichmäßiger Zulauf die wichtigste Voraussetzung für Prozessstabilität, Energieeffizienz und Grenzwertsicherheit der nachfolgenden Stufen darstellt.
- Automatisierung und Sicherheit sollten konsequent umgesetzt werden, etwa mit pH-Sperren, Überfüllschutz, Gas- und H₂S-Warnungen, Rührwerksüberwachung sowie definierten Bypass- und Abschaltlogiken für Störfälle.
- Eine vorausschauende Wartung der Rechen, Pumpen, Rührwerke, Ventile und Abscheider reduziert Ausfallzeiten; dafür sind Ersatzteilhaltung, Schmier- und Reinigungspläne sowie klare Zuständigkeiten festzulegen.
- Die Sensorik muss regelmäßig kalibriert und plausibilisiert werden, damit Regelstrategien verlässlich arbeiten und Messwerte (z. B. pH, Temperatur, Leitfähigkeit, Durchfluss) für Berichte und Behörden nachweise belastbar sind.
- Probenahme und Monitoring sollten normgerecht erfolgen; dazu gehören geeignete Probenahmestellen, automatisierte Probenahme nach Misch- oder Zeitproportionalität und ein aussagekräftiges Betriebstagebuch.
- Siebgut, Sand, Flotatschlamm und Primärschlamm sind separat zu erfassen, zu entwässern und entsprechend der Abfallverzeichnis-Verordnung zu deklarieren, damit Entsorgungswege rechtssicher und wirtschaftlich sind.
- Geruchs- und Explosionsschutz sind früh mitzudenken; geschlossene Bauweise, Abluftfassung mit Abluftbehandlung sowie ATEX-gerechte Komponenten verhindern Emissionen und erhöhen die Arbeitssicherheit.
- Chemikalien- und Energieeinsatz sollten kontinuierlich optimiert werden, etwa durch adaptive Dosierstrategien, bedarfsgerechte Rührwerks- und Pumpenfahrpläne sowie Lastmanagement im Ausgleichsbecken.
- Redundanz an kritischen Stellen (z. B. doppelte Pumpenstränge, Notüberläufe, Backup-Stromversorgung) erhöht die Betriebssicherheit und minimiert Produktionsunterbrechungen.
- Eine klare Dokumentation sowie die regelmäßige Schulung des Betriebspersonals stellen sicher, dass Abläufe, Grenzwerte, Alarmketten und Notfallmaßnahmen jederzeit beherrscht werden.

In Mineralbrunnenbetrieben stammen die typischen Stör- und Inhaltsstoffe der Vorbehandlung aus der Flaschenaufbereitung und Abfüllung, insbesondere aus der Laugenführung der Flaschenreinigung, CIP-Medien (Säuren, Laugen, Tenside), Etikettenpapier und -klebstoffen, Glas- und Sandpartikeln sowie aus Spülwässern mit schwankender Temperatur und Leitfähigkeit.

Für diese Randbedingungen empfiehlt sich am Anlagen-
eingang eine fein abgestufte Feststofftrennung, zum
Beispiel ein Feinrechen oder Mikrosieb mit kleiner Ma-
schenweite, der Etikettenfasern und Kleberpartikel zu-
verlässig entfernt und damit Fouling in nachfolgenden
Becken und Rohrleitungen verhindert.

Ein belüfteter Sandfang ist sinnvoll, um Glas- und Sand-
partikel sicher abzuscheiden und Sedimente in Becken
zu vermeiden; die regelmäßige Entsandung sollte orga-
nisatorisch und technisch eingeplant werden.

Ein großzügig dimensioniertes, intensiv gerührtes Aus-
gleichsbecken stabilisiert die hydraulische und stoff-
liche Beschickung der weiteren Stufen; insbesondere
pH-Sprünge aus der Flaschenreinigung werden so ab-
gefangen und kontrolliert neutralisiert.

Eine automatisierte pH-Neutralisation mit redundanter
Messung und Sicherheitsabschaltung bringt den pH-
Wert verlässlich in den zulässigen Bereich für die Indi-
rekteinleitung in die Kanalisation bzw. für die Vorstufe
einer biologischen Behandlung.

Wo viele Fasern, Kleberreste oder Emulsionen auftreten,
steigert eine physikalisch-chemische Konditionierung
(Fällung/Flockung) mit nachgeschalteter DAF die Ab-
scheideleistung für Feinpartikel deutlich und entlastet
die Biologie spürbar.

Für Indirekteinleiter ist das Ziel, ein kanalverträgliches
Abwasser mit eingehaltenen Anforderungen (z. B. pH-
Band, Temperaturbegrenzung, geringer Feststoff- und
ggf. Fett-/Öl-Gehalt) stabil zu erreichen; für Direktein-
leiter steht die gleichmäßige, vorentlastete Beschickung
der biologischen bzw. weitergehenden Reinigungsstufe
im Vordergrund.

Als praktische Kontrollpunkte bieten sich ein kontinu-
ierlicher Massenstrom an Messwerten (pH, Temperatur,
Leitfähigkeit, Durchfluss), eine wöchentliche Plausibili-
sierung der Sensorik, normgerechte Stich- oder Misch-
proben sowie klar definierte Aktionsgrenzen an, die so-
fortige Korrekturmaßnahmen auslösen.

Durch diese gezielt auf die Getränkeabfüllung zuge-
schnittene Vorbehandlung sinken Störfälle deutlich, Be-
triebskosten bleiben beherrschbar, und die Einhaltung
der rechtlichen Vorgaben für Einleiter wird verlässlich
abgesichert.

Praxistipp: Je nach Situation kann es strategisch
sinnvoll sein, Ströme zusammenzuführen, ge-
trennt zu behandeln oder gezielt zu puffern, um
eine spätere Behandlung zu erleichtern.

5.4. Chemisch-physikalische Maßnahmen (mit Priorität Mehrfachverwendung)

Vor der Aufbereitung muss zunächst geklärt werden,
was wirtschaftlich und technisch sinnvoll aufzubereiten
ist und welche rechtlichen Anforderungen (Grenzwer-
te!) bestehen.

Ausgangspunkt und Zielbild: Vor jeder Aufbereitung
ist in einer Nutzungs- und Qualitätsmatrix festzulegen,
wofür das Wasser künftig eingesetzt werden soll (z.B.
Kühlkreislauf, Kesselzusatzwasser, CIP-Vor-/Nach-
spülungen, Außenreinigung, Hofbewässerung, Toilet-
tenspülung) und welche Parameter dafür maßgeblich
sind (Trübung/TSS, BSB₅/CSB, Keimzahl/indirekte In-
dikatoren wie UVT/TOC, Leitfähigkeit/Härte, Tempe-
ratur, pH). Erst auf dieser Grundlage wird entschieden,
welche Teilströme wirtschaftlich und technisch sinnvoll
aufzubereiten sind (Trennung nach Entstehungsort) und

welche rechtlichen Anforderungen gelten (z.B. kom-
munale Abwassersatzung für Indirekteinleiter, wasser-
rechtlicher Bescheid für Direkteinleiter, Hygiene- und
Arbeitsschutzvorgaben für Betriebswasser). Die Einlei-
tung bleibt als Ziel bestehen, sollte jedoch nachrangig
angestrebt werden: Idealerweise wird der überwiegende
Volumenanteil kreislaufgeführt oder mehrfach genutzt;
lediglich Rest- und Konzentratströme werden regelkon-
form entsorgt/eingeleitet.

Nach der Vorbehandlung: Bausteine zur Zielqualität („Reuse-First“)

Feststoffentfernung und Partikelkontrolle: Grobsiebe
mit 1,0 – 1,5 mm Maschenweite entfernen Etiketten, De-
ckelreste und Bruchglas zuverlässig und schützen Pum-

pen, Ventile und nachgeschaltete Aggregate. Feinsiebe
bis ca. 0,1 mm (Mikrosiebe/Trommelsiebe) reduzieren
die partikuläre BSB₅/CSB-Fracht und senken die Trü-
bung – ein wichtiger Schritt, wenn Verschmutzerzu-
schläge drohen oder nachfolgende membranbasierte
Schritte (UF/NF/RO) stabil betrieben werden sollen.
Je niedriger die Partikellast, desto geringer der Reini-
gungsaufwand in Kreisläufen und desto stabiler die
Desinfektion.

Neutralisation und pH-Wert-Einstellung: Alkalische
Reinigungsabwässer lassen sich – wo sinnvoll – mit sau-
ren Teilströmen entstehungsnahe ausgleichen (internes
„Säure-Base-Matching“) oder mittels CO₂/Rauchgas
neutralisieren. Umgekehrt können saure Getränke- oder
Prozesswässer mit alkalischen Reinigungsströmen ver-
schnitten werden. Ziel ist, pH-Fenster, Alkalität und
Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht so einzustellen, dass
Korrosion und Belagsbildung in Kreisläufen minimiert
und nachfolgende Stufen (z.B. Flockung, Membranen)
optimal funktionieren. Eine automatisierte Regelung mit
doppelter pH-Messung und Abschaltlogik ist Stand der
Technik.

**Emulsions-/Kolloidbehandlung (Fällung/Flockung,
DAF/Lamellen):** Bei fein verteilten Klebern, Fetten/Ölen
oder Farbstoffen bewährt sich eine koagulativ-flockula-
tive Konditionierung (z.B. Fe-/Al-Salze, PAC) mit Poly-
merzugabe. Die Abtrennung erfolgt effizient über Druck-
entspannungsflotation (DAF) oder Lamellenklärer. Das
senkt Trübung, partikuläres CSB und Oberflächenaktive
– ein Plus für CIP-Nachspül-Reuse, für Kühlkreisläufe
und als vorgeschaltete Barriere vor UF/RO.

Filtration und Membranstufen (Fit-for-Purpose):
Je nach Zielnutzung kommen mehrstufige Filtrations-
ketten zum Einsatz:

- Schnellfilter/Cloth-/Scheibenfilter zur weiteren
TSS-Senkung und Schutz der Membranen.
- Ultrafiltration (UF) als robuste Hygienebarrie-
re gegen Partikel/Keime (log-Reduktion); ideal,
wenn Wasser als Betriebswasser mit Personen-/
Oberflächenkontakt genutzt wird (z. B. Außen-
reinigung, bestimmte Nachspülungen – stets mit
strikt Trennung von Trinkwasseranlagen).
- Nanofiltration/Umkehrosmose (NF/RO) zur Ent-
salzung, Härtereduktion und Absenkung gelöster
organischer Spuren; relevant für Kesselzusatz-
wasser, empfindliche Kühlkreisläufe (Scaling/
Verkeimung) und hochwertige Reuse-Anwen-
dungen. Antiscalant-Management und Konzen-
tratbehandlung sind integraler Bestandteil des
Designs.

Adsorption/organische Spuren: Aktivkohle (GAK/
PAK) oder AOP-Verfahren (z. B. UV/H₂O₂, Ozon) kön-
nen gelöste organische Reststoffe und Geruchsstoffe
reduzieren, die sonst Kreisläufe belasten oder Desinfek-
tionsmittelverbrauch erhöhen. Die Auswahl erfolgt nach
Zielparametern (TOC, UVT₂₅₄, AOX).

Desinfektion und hygienische Sicherheit (mehrstufig):
Für Reuse-Anwendungen ist ein Mehrbarrierenkonzept
sinnvoll: z.B. UF als physische Keimbarriere, UV als ter-
minale Inaktivierung und Chlordioxid als Restdesinfek-
tionsmittel im Speicher/Verteilnetz. UV gewährleistet
eine chemikalienfreie, sofortige Inaktivierung; Chlor-
dioxid stabilisiert Mikrobiologie in Leitungen und Tanks
(korrektes Dosier- und Arbeitsschutzkonzept vorausge-
setzt). Für sensible Anwendungen werden Überwachung
(z.B. Redox/ORP), UV-Intensität, Keimindikatoren sowie
automatisierte Sperr-/Bypass-Logiken vorgesehen.

Biologische Verfahren bei hoher organi- scher Belastung

Bei hohen organischen Lasten (z. B. Sirup-/Getränke-
rückstände) sind biologische Stufen oft wirtschaftlich:
von kompakten SBR/MBBR-Systemen bis zu klassi-
schen Belebтанlagen. Vollbiologische Kleinkläranlagen
sind insbesondere dort relevant, wo kein Kanalan-
schluss besteht. Der typische Aufbau umfasst Siebung,
Misch-/Ausgleichsbecken, Biologie und Nachklärung;
bei Reuse-Zielen werden chemisch-physikalische Po-
lishing-Stufen (UF/RO, Desinfektion) nachgeschaltet.
Biologie senkt BSB/CSB nachhaltig und entlastet nach-
folgende Membranen.

Reuse-Anwendungen: Beispiele und passende Barrieren

- Kühlkreislaufwasser: Ziel sind niedrige Trübung/
TSS, kontrollierte Härte/Salze (Scaling), geringe
Nährstofffrachten und mikrobiologische Stabili-
tät. Geeignete Kette: Feinsieb → DAF (falls Fette/
Emulsionen) → Schnellfilter → ggf. RO (bei hoher
Leitfähigkeit/Härte) → UV → Chlordioxid-Stütze.
Begleitend: Biofilm-Kontrolle, Blow-down-
Management.
- Kesselzusatzwasser: Hohe Anforderungen an
Entsalzung/Entkarbonisierung. Typisch: Feinsieb
→ Enthärtung/Entkarbonisierung → RO/NF → ggf.
EDI/Polisher → UV (biofilmarm) → Speicherung
in inertisierten Tanks.
- CIP-Vor-/Nachspülungen (nicht produktberüh-
rend, risikobewertet): Niedrige Trübung und
Keimzahlen, gute UV-Durchlässigkeit. Kette:
Feinsieb → UF → UV; je nach Risiko Chlordioxid-
Rest. Strikte Trennung von Trinkwasserleitungen
und Rückflussverhinderer sind zwingend.

- Außen-/Bodenreinigung, Fahrzeug-/Kistenaußenwäsche: Fokus auf Partikelreduktion, Basis-hygiene und Geruch. Kette: Grob/Feinsieb → DAF oder Schnellfilter → UV → optional geringe ClO_2 -Stütze.
- Toilettenspülung/Flächenbewässerung (werks-intern, rechtlich zulässig): Partikelarm, keimkon-trolliert, farbarm/geruchsarm. Kette: Feinsieb → UF → UV → ClO_2 -Rest; klare Kennzeichnung als Betriebswasser, farbliche Leitungscodierung, Rückflussschutz und Trennung gemäß Stand der Technik.
- Konzentrat-/Reststoffmanagement wird früh mitgeplant (RO-Konzentrat, DAF-Schlämme, Siebgut); Optionen reichen von Rückführung in die biologische Stufe über Eindickung/Entwässerung bis zur externen Entsorgung.
- Energie- und Chemikalienoptimierung erfolgt über Quelltrennung, bedarfsgerechte Dosierung, Wärmerückgewinnung (z.B. aus warmen CIP-Strömen) sowie über saubere Vorfiltration zur Minimierung von Membranreinigungen.
- Rechtliches: Für Indirekteinleiter sind die kom-munale Satzung und Anzeigepflichten maßgeb-lich; für Direkteinleiter der wasserrechtliche Bescheid. Reuse-Systeme als Betriebswasser unterliegen zudem Arbeitsschutz, Kennzeich-nung und Trennungsanforderungen; die Ein-haltung wird dokumentiert (Betriebstagebuch, Kalibrier-/Wartungspläne).

Wichtig: In lebensmittelverarbeitenden Betrieben gilt für Reuse strikte Systemtrennung zu Trink-/Prozess-wasserleitungen (Rückflussverhinderer, Druckstafelung, farbliche Kennzeichnung, eigene Speicher/Netze). Produktkontakt ist – wenn überhaupt – nur nach spe-zifischer, validierter Risikoanalyse (HACCP) und unter Einhaltung aller einschlägigen Vorschriften zulässig.

Monitoring, Betrieb und Wirtschaftlichkeit

- Online-Überwachung (Durchfluss, pH, Leitfähig-keit, Temperatur, Trübung, UV-Transmittanz, ORP, freies ClO_2) ermöglicht adaptive Fahrpläne und Alarmketten. Für Membran-/AOP-Stufen sind Betriebsdaten (Differenzdrücke, Permeat-fluss, Energie, Chemikalien) entscheidend.
- Probenahme/Qualitätssicherung umfasst regel-mäßige Laborprüfungen (TSS/Trübung, BSB₅/CSB bzw. TOC, Keimindikatoren) und Validie-rungspläne für Hygienebarrieren (z.B. Integri-tätstests bei UF, UV-Dosis-Überwachung).

Zusammenfassung

Chemisch-physikalische Maßnahmen stehen im Dienst eines Reuse-First-Ansatzes: Zuerst wird die gewünschte Verwendung definiert, dann wird der maßgeschneiderte Barrieremix aus Siebung/DAF/Filtration, pH-Management, Membranen und Desinfektion aufgebaut. So sinken Frisch-wasserbedarf und Abwassergebühren, Kreisläufe laufen stabiler, und nur unvermeidbare Restmen-gen müssen regelkonform eingeleitet werden.

5.5. Etablierung von Monitoring und Kennzahlen

Ein kontinuierliches und systematisch aufgebautes Mo-nitoring ist die zentrale Voraussetzung für ein nachhalti-ges, effizientes und rechtskonformes Abwassermanage-ment. Nur wenn alle relevanten Prozessdaten erfasst, ausgewertet und mit Zielwerten abgeglichen werden, können Abweichungen frühzeitig erkannt und geeignete Gegenmaßnahmen eingeleitet werden.

Mess- und Überwachungstechnik:

Ein modernes Monitoring-System umfasst Messstellen im Betrieb. Diese messen in Echtzeit kritische Parame-ter wie pH-Wert, Temperatur, Trübung, Leitfähigkeit und Durchfluss. Sensoren und Messgeräte sollten vor

einer Neutralisationsanlage oder im Bereich des Ab-wasserübergabeschachtes installiert werden. Durch die Einbindung in ein Prozessleitsystem können die Mess-werte automatisiert erfasst, gespeichert und grafisch dargestellt werden. So lassen sich Trends erkennen und Schwachstellen identifizieren.

Eine automatisierte Prozesskontrolle ermöglicht es zu-dem, bestimmte Abläufe – wie Neutralisationsdosierun-gen oder Pumpensteuerungen – direkt an die gemesse-nen Werte zu koppeln. So kann z. B. bei Abweichungen des pH-Werts automatisch Säure oder Lauge dosiert werden, ohne dass manuelles Eingreifen erforderlich ist.

Wichtige Grenzwerte und Richtlinien:

Beim Monitoring müssen gesetzliche und betriebsinter-ne Grenzwerte gleichermaßen berücksichtigt werden. Richtwerte wie im DWA-Merkblatt 115-2 (pH-Bereich 6,5 bis 10, Temperatur maximal 35 °C) dienen dem Schutz der Kanalisation und Kläranlagen. Zusätzlich sind kom-munale Einleitgenehmigungen und branchenspezifische Auflagen verbindlich einzuhalten. Ein Abgleich der ge-messenen Werte mit diesen Grenz- und Zielwerten muss kontinuierlich erfolgen. Es ist sinnvoll, Überschreitungen sofort bei den zuständigen Behörden zu melden und zu dokumentieren. Ein effektives Alarmmanagement (z.B. SMS- oder E-Mail-Benachrichtigungen bei Grenzwert-verletzungen) erhöht die Betriebssicherheit.

Kennzahlen zur Bewertung und Steuerung:

Neben der punktuellen Messung ist eine regelmäßige Auswertung und Bildung von Kennzahlen entscheidend. Wichtige Kennzahlen sind unter anderem:

- Abwassermenge pro Produktionseinheit (z. B. m^3 pro 1.000 l abgefülltes Getränk) zur Beurteilung der Wassereffizienz,
- CSB- und BSB₅-Fracht pro Produktionseinheit zur Bewertung der organischen Belastung,

- Anteil wiederverwendeten Wassers als Indikator für Ressourcenschonung,
- Diese Kennzahlen sollten in einem Berichtswesen (z. B. monatlich oder quartalsweise) zusammen-gefasst und mit Zielwerten verglichen werden. Dadurch können Verbesserungsmaßnahmen ge-zielt abgeleitet und die Fortschritte transparent gemacht werden.

Organisation und kontinuierliche Verbes-serung:

Wie jedes System lebt auch das Thema Abwasser nur von dem Personal, das sich dafür verantwortlich fühlt. Klare Definition von Verantwortlichkeiten, Kontrolle und Monitoring der Messungen und schnelle Reaktion auf Abweichungen sind zielführend. Die permanente Kont-rolle der rechtlichen und kommunalen Regelungen so-wie der Rahmenbedingungen fördern ein effizientes Ab-wassermanagement.

Ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP) – also das regelmäßige Hinterfragen der eigenen Prozesse und Kennzahlen – hilft, auch langfristig gesetzliche Vorga-ben einzuhalten und ökonomische sowie ökologische Potenziale auszuschöpfen.

5.6. Praxisbeispiele zur Abwasserbehandlung

Für die Abwasserbehandlung sind die kommunalen Vor-gaben maßgebend. Je nach rechtlichen, technischen und betriebswirtschaftlichen Rahmenbedingungen sowie verfolgtem Ziel können für einen Betrieb unterschied-liche Maßnahmen in Betracht kommen. Hier einige Bei-spiele aus der Praxis:

Beispiel 1: Misch- und Ausgleichsbehälter Neutralisation

Hat der Standort nur ein oder zwei Abfüllanlagen, dann wirkt sich die pH-Wert-Verschiebung im Abwasser deut-lich stärker aus als bei Betrieben mit mehreren Anlagen. Das Merkblatt der DWA-M 115-2 gibt die Richtwerte zum Schutz der Kanalisation und Kläranlage für alle Gemein-den mit einem pH-Wert-Bereich von 6,5–10,0 und einer maximalen Temperatur von 35 °C an. Das Misch- und Ausgleichsbecken kann mit einer Neutralisation über Säure/Lauge oder wie in vielen Fällen mit einer CO_2 - oder Rauchgasneutralisation ergänzt werden. Bei einer Frachtbegrenzung bzw. einem Verschmutzerzuschlag

kann durch eine einfache Belüftung ein Teil der Fracht eliminiert werden und spart das Rührwerk ein.

So wurde bei einem Betrieb die alte Neutralisations-anlage mit vielen Pumpen, Aggregaten, überprüfungs-pflichtigen Druckbehältern und einem hohen Chemi-kalieneinsatz durch eine automatisierte Siebung (0,5 mm, 65 l/s) im Gerinne (ohne Pumpen) mit Presszone für das Siebgut vor einem Misch- und Ausgleichsbecken ersetzt. Wie berechnet sind durch den Aufstaubetrieb keine Neutralisationsmittel notwendig, saure Getränke neutralisieren sich mit basischen Abflüssen der FRMs und Reinigung. Die mit Salzsäure regenerierten Entkar-bonisierungsanlagen wurden durch eine Umkehrosmose mit Retentat zur Direkteinleitung (Anhang 31) ersetzt. Die maximale Menge und Fracht wird über den Tag und das Wochenende vergleichmäßig. Durch eine selbstan-saugende Turbine (Mischen und Sauerstoffeintrag) wird der Verschmutzerzuschlag deutlich reduziert. Je nach Füllstand lassen sich 35 % bis 50 % des BSB₅ entfernen.

Beispiel 2: Vollbiologische aerobe Abwasserbehandlung der Adelholzener Alpenquellen

Die Kläranlage besteht aus Siebung, Misch- und Ausgleichsbecken, Biologiebecken, Nachklärbecken und zwei Schönungsteichen.

Durch die vorgeschaltete Kläranlage werden bei den Adelholzener Alpenquellen die Grenzwerte der neuen Abwasserverordnung Anhang 3 mit 100 mgCSB/l und zahlreiche Nährstoffparameter deutlich unterschritten.



Bild: Vollbiologische aerobe Abwasserbehandlung der Adelholzener Alpenquellen

Beispiel 3: Wasserwiederverwendung als nachhaltige Lösung bei der Abwasserbehandlung

Bedeutung der Wasserwiederverwendung

Die Wiederaufbereitung und Nutzung von Abwasser gewinnt im betrieblichen Wassermanagement zunehmend an Relevanz. Hintergrund sind steigende Anforderungen an Ressourcenschonung, steigende Kosten sowie gesetzliche Vorgaben. Besonders drei Entwicklungen verstärken aktuell den Druck auf Unternehmen, nachhaltige Lösungen umzusetzen:

- 1 **Verbot der Tiefengrundwassernutzung:** Gemäß Merkblatt LfU Nr. 1.4/6 Bayern (Stand: 12/2023) soll die Nutzung von Tiefengrundwasser für Prozess- und Trinkwasser künftig nicht mehr zulässig sein.
- 2 **Einführung des Wassercent in Bayern:** Die zusätzliche Abgabe verteuert die Nutzung von Tiefengrundwasser und macht diese wirtschaftlich unattraktiver.
- 3 **Begrenzte Einleitkapazitäten:** Die vorhandenen Kapazitäten zur Abwassereinleitung in Gewässer sind vielerorts ausgeschöpft, sodass Genehmigungen für Erweiterungen kaum mehr möglich sind.

Diese Rahmenbedingungen machen deutlich: Unternehmen müssen ihre Strategien im Umgang mit Wasser überdenken und innovative Ansätze zur Wiederverwendung entwickeln.

Praktische Ansätze zur Umsetzung

Ein praxisnahes Beispiel liefern die Adelholzener Alpenquellen, die zwei komplementäre Ansätze verfolgen:

- 1 **Optimierung bestehender Systeme durch Wasserrecycling**
 - Hierbei werden bestehende Abwasseraufbereitungsanlagen um moderne Verfahren ergänzt, etwa Membranbioreaktoren (MBR), die biologische Reinigung mit Membrantechnik kombinieren, oder Umkehrosmose (RO), die selbst kleinste Verunreinigungen entfernt.
 - Dadurch kann ein erheblicher Anteil des Abwassers in gleichbleibend hoher Qualität zurückgewonnen und für verschiedene betriebliche Anwendungen erneut genutzt werden.
 - Vorteil: Relativ schnelle Implementierung, da bestehende Strukturen genutzt werden können; gleichzeitig deutliche Reduktion des Frischwasserbedarfs und der Abwassermengen.

- 2 **Langfristige Vision: Geschlossener Wasserkreislauf**
 - Über die Teilnahme am Forschungsprojekt **BayWater**⁴ (Nachhaltiges betriebsintegriertes Wassermanagement) verfolgen die Adelholzener Alpenquellen das Ziel, industrielle Prozesswässer nahezu vollständig im Kreislauf zu führen.

- Dies erfordert nicht nur den Einsatz innovativer Technologien, sondern auch eine **systemische Betrachtung** der gesamten Wasserinfrastruktur im Betrieb.
- Wesentliche Zielgrößen sind: Reduktion des Frischwassereinsatzes, Minimierung des Chemikalienbedarfs und Optimierung des Energieverbrauchs.

Technologien und Innovationen im Projekt BayWater

Das Projekt **BayWater** verfolgt eine modulare „Baukasten-Strategie“, die es erlaubt, Aufbereitungskonzepte passgenau an unterschiedliche Branchen und Prozesse anzupassen – von Brauereien und Mineralbrunnen über Maschinenbau bis hin zu hochsensiblen Bereichen wie Halbleiter- oder Pharmaindustrie.

Zentrale technologische Bausteine sind:

State-of-the-Art- und Next-Generation-Membrantechnologien:

- Umkehrosmose (RO) zur Entfernung gelöster Salze und Schadstoffe.
- Ultrafiltration (UF) zur Abtrennung von Partikeln, Mikroorganismen und Makromolekülen.

Intelligente Vorbehandlungen:

- Mechanische Systeme wie Tellerseparatoren, die Feststoffe effizient entfernen.
- Innovative Abscheider mit superhydrophoben Oberflächen zur hochwirksamen Öl- und Fetttrennung.

UV-aktivierte Advanced-Oxidation-Prozesse (AOP):

- Abbau organischer Spurenstoffe (z. B. Arzneimittelrückstände, Mikroverunreinigungen).
- Kontrolle von Biofouling, das die Lebensdauer von Membranen erheblich beeinflusst.

Smarte Sensorik und digitale Zwillinge:

- Echtzeit-Überwachung der Wasserqualität, des Energieverbrauchs und von Membranfouling.
- Simulation und Optimierung des Anlagenbetriebs durch digitale Zwillinge, die komplexe Prozesse virtuell abbilden.

Neue Betriebsmodi für Membrananlagen:

- Pulsatile Crossflow: Verbesserung der Strömungsverhältnisse zur Reduktion von Fouling.

Circuit-RO: Erhöhung der Ausbeute bei gleichzeitiger Schonung der Membran

Nutzen und Perspektiven

Die Einführung von Wasserwiederverwendungslösungen eröffnet Unternehmen weitreichende Vorteile:

- Ressourcenschonung:** Verringerung des Frischwasserverbrauchs und Entlastung lokaler Wasservorkommen.
- Kostenreduktion:** Senkung von Wasser- und Abwassergebühren, Vermeidung zusätzlicher Abgaben (z. B. Wassercent).
- Betriebliche Sicherheit:** Unabhängigkeit von externen Versorgungsengpässen und Abwasserrestriktionen.
- Ökologische Verantwortung:** Beitrag zu den Zielen nachhaltiger Entwicklung (SDGs), insbesondere SDG 6 „Sauberes Wasser und Sanitär-einrichtungen“ und SDG 12 „Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster“.
- Innovationsführerschaft:** Positionierung als Vorreiter im Bereich ressourceneffizienter Produktion.

4 <https://www.baywater-info.de/startseite>



6. Glossar: Definitionen & Kennzahlenermittlung

Wassergewinnung nach Wasserarten (Umweltbundesamt, DIN 4049)

Grundwasser	Unterirdisches Wasser, das Hohlräume der Lithosphäre zusammenhängend ausfüllt und dessen Bewegungsmöglichkeit ausschließlich durch die Schwerkraft bestimmt wird. DIN 4049-3 Nr. 3.1.2
Tiefes Grundwasser (nicht Tiefengrundwasser)	Wasser tief gelegener Grundwasserleiter, das in seiner Beschaffenheit in charakteristischer Weise (z. B. durch Ionenaustausch) verändert sowie sauerstoffarm und tritiumfrei ist und nur in geringem Maße am Wasserkreislauf teilnimmt. DIN 4049-3 Nr. 3.8.10

Quellwasser	Ist durch eine gefasste Quelle gesammeltes Grundwasser. Dabei wird das aus dem Sammel-behälter ablaufende, ungenutzte Überlaufwasser nicht hinzugezählt. UBA
Uferfiltrat	Wasser, das aus oberirdischen Gewässern unmittelbar in den Grundwasser-raum eingedrungen ist, ausgenommen durch Versinkung. DIN 4049-3 Nr. 3.6.2
Angereichertes Grundwasser	Entsteht durch die künstliche Versickerung von Oberflächenwasser ins Grundwasser. Es kann demnach aus planmäßig versickertem Oberflächen-wasser, echtem Grundwasser und gegebenenfalls Uferfiltrat bestehen. UBA
Seewasser	Ist Meer- und Brackwasser, für eine Nutzung zur Versorgung ist es aufzu-bereiten (z. B. Meerwasserentsalzungsanlagen). Das gewonnene Seewasser enthält nur die für die unmittelbare Versorgung (ohne Anreicherung) ver-wendeten Mengen. UBA
Talsperrenwasser	Ist Oberflächenwasser, das aus dem Niederschlag und dem Zufluss von Oberflächengewässern gesammelt/eingestaut wurde. Für eine Nutzung als Trinkwasser ist es entsprechend aufzubereiten. UBA
Flusswasser	Ist Wasser, das direkt aus einem Gewässer (Fluss) entnommen wird. UBA
Rohwasser	Unbehandeltes Wasser aus natürlichen Quellen (z. B. Brunnen, Flüsse, Seen), das als Trinkwasser genutzt werden soll, aber die Anforderungen ge-mäß Trinkwasserverordnung noch nicht erfüllt. Erst nach einer angepassten Aufbereitung ist es als Trinkwasser verwendbar.

Wasserarten nach Verwendungszweck

Kühlwasser	Wasser, das in technischen Anlagen zur Aufnahme und Abfuhr von Wär-me eingesetzt wird, ohne selbst in direkten Kontakt mit dem Produkt oder Prozessmedium zu treten. Es dient vor allem der Temperaturkontrolle in prozesstechnischen Anlagen oder Klimasystemen.
Prozesswasser oder Betriebliches Trinkwasser	Selbst gefördertes oder aus eigenen Quellen aufbereitetes Wasser, das in industriellen und gewerblichen Produktionsprozessen verwendet wird, wobei es direkt in Kontakt mit Produkten und Maschinen ist. Es wird spezifisch auf die jeweiligen Anforderungen angepasst (z. B. durch Enthärtung, Entsalzung oder pH-Einstellung) und ist häufig mehrfach im Kreislauf im Einsatz. Je nach Verwendungszweck kommt Prozesswasser in unterschiedliche Güte-lassen in einem Betrieb vor.
Stadtwasser	Wasser, das von einem öffentlichen oder privaten Versorgungsunter-nehmen über ein Leitungsnetz bereitgestellt wird – in der Regel in Trink-wasserqualität gemäß der Trinkwasserverordnung (TrinkwV). Es dient in industriellen oder gewerblichen Betrieben häufig als Prozesswasser und wird kostenpflichtig oder kostenfrei bezogen.

Produktwasser

Wasser, das Bestandteil eines Produkts ist– z. B. bei der Herstellung, Getränken, Schorlen und Mineralwässern etc. Es muss in der Regel besonders hohe hygienische und chemische Qualitätsanforderungen (TrinkvV, MTVO) erfüllen oder darüber hinaus behandelt sein (z. B. als Reinstwasser).

Trinkwasser nach der Trinkwasserverordnung (TrinkwV)

Wasser, das die strengen Grenzwerte gemäß der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) einhält und der leitungsgebundenen Versorgung dient.

Wässer nach der Mineral- und Tafelwasserverordnung (MTVO)

Natürliches Mineralwasser

ist Grundwasser, das gemäß § 2 Mineral- und Tafelwasserordnung seinen Ursprung in unterirdischen, vor Verunreinigungen geschützten Wasservorkommen hat und aus einer oder mehreren natürlichen oder künstlich erschlossenen Quellen gewonnen wird; von ursprünglicher Reinheit ist und durch seinen Gehalt an Mineralien, Spurenelementen oder sonstigen Bestandteilen gekennzeichnet wird.

Quellwasser

i.S. der MinTafVO ist Grundwasser, das einen Ursprung in unterirdischen Wasservorkommen hat und aus einer oder mehreren natürlichen oder künstlich erschlossenen Quellen gewonnen worden ist und in Flaschen in Verkehr gebracht wird.

Tafelwasser

ist Wasser (Trinkwasser, Mineralwasser, Natursole, Meerwasser), das durch eine entsprechende Aufbereitung zu einem Produkt aufbereitet wird, das in Flaschen abgefüllt in Verkehr gebracht wird.

Natürliche oder behandelte Wässer, die den Vorgaben der Mineral- und Tafelwasserverordnung entsprechen, erfüllen spezifische Qualitätskriterien und gelten als Lebensmittel

Abwasserdefinitionen

Abwasser

Oberbegriff für alle Arten von Wasser, das durch häuslichen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch in seiner Zusammensetzung verändert wurde sowie abfließendes Niederschlagswasser. Es umfasst sowohl Schmutzwasser als auch Regenwasser und wird über Entwässerungssysteme gesammelt und behandelt

Schmutzwasser

Durch häuslichen Gebrauch verunreinigtes Wasser, inklusive angelieferter Fäkalien. Es erfordert eine Behandlung in Abwasseranlagen, bevor es wieder in den Wasserkreislauf eingeleitet werden kann.

Grauwasser

Grauwasser bezeichnet leicht verschmutztes, fäkalienfreies Abwasser (VDI). Dieser Teil des Schmutzwassers stammt aus weniger stark belasteten Quellen wie Duschen, Badewannen, Handwaschbecken oder Waschmaschinen. Es enthält keine Fäkalien und kann nach entsprechender Aufbereitung für bestimmte Zwecke wiederverwendet werden (z. B. für Toilettenspülungen oder Gartenbewässerung).

Kennzahlen

Jährlicher Kühlwasserbedarf [m³/a]

Gesamter Kühlwasserbedarf eines Betriebs in einem Jahr.

Jährlicher Prozesswasserbedarf [m³/a]

Gesamter Prozesswasserbedarf, inkl. Stadtwasser eines Betriebs in einem Jahr. Wiederverwendetes Wasser muss hier rausgerechnet werden.

Jährlicher Produktwasserbedarf [m³/a] oder Mineralwasserbedarf

Gesamter Produktwasserbedarf, inkl. Stadtwasser eines Betriebs in einem Jahr.

Jährlicher Schmutzwasserbedarf [m³/a]

Gesamter Schmutzwasserbedarf mit Fäkalien was als Indirekteinleiter an die Kommune und als Direkteinleiter selbst behandelt werden muss.

Füllungen Jährlich [m³/a]

Produzierte tatsächliche abgefüllte Menge eines Betriebs, also Mineralwasser, Tafelwasser, Heilwasser, Limonaden, Schorlen, Erfrischungsgetränke usw.

Verhältnis Produktwasser zu Prozesswasser über das Jahr (Gesamtbetrieb)

Verhältnis =
$$\frac{\text{Prozesswasser} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{a}} \right]}{\text{Produktwasser} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{a}} \right]}$$

Spez. Verhältnis Produktwasser zu Prozesswasser über das Jahr (Einweg)

Spez. Verhältnis =
$$\frac{\text{spez. Prozesswasser} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{a}} \right]}{\text{spez. Produktwasser} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{a}} \right]}$$

Verhältnis Schmutzwasser zu Füllungen (Kennzahl nach BVT-Lebensmittelindustrie)

Verhältnis =
$$\frac{\text{Schmutzwasser} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{a}} \right]}{\text{Füllungen} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{a}} \right]}$$

Verhältnis Prozesswasser zu Füllungen (Kennzahl EU-Taxonomie)

Verhältnis =
$$\frac{\text{Prozesswasser} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{a}} \right]}{\text{Füllungen} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{a}} \right]}$$

Kontakt & Ansprechpartner.

Nicole Müller

Leiterin Technik und Nachhaltigkeit

E-Mail nicole.mueller@vdm-bonn.de

Tel. 0228 95990-14

Impressum.

Herausgeber:

Verband Deutscher
Mineralbrunnen e. V.
Kennedyallee 28
53175 Bonn

1. Auflage November 2025

Gestaltung:

nach morgen

Studio für digitale Produkt und Markenentwicklung

www.nachmorgen.de

Fotonachweis:

Titelbild: GICU/AdobeStock

S. 4: Linus Mimietz/Unsplash

S. 6: Justin Morgan/Unsplash

S. 9 oben: Grafik Coca-Cola GmbH

unten: Grafik RheinfelsQuellen

S. 10: Grafik Coca-Cola GmbH

S. 12: Frank Reinhold

S. 13: Carolinen Brunnen

S. 19: RheinfelsQuellen

S. 20: Grafik Bad Meinberger

S. 22: Frank Reinhold

S. 23: Carolinen Brunnen

S. 27: Vilsa-Brunnen

S. 34: Adelholzener Alpenquellen

S. 36: Beau Carpenter/Unsplash

Verband Deutscher
Mineralbrunnen e. V.

Kennedyallee 28
53175 Bonn

Tel. 0228 959900

Fax 0228 373453

E-Mail info@vdm-bonn.de

Web vdm-bonn.de

VDM

Verband Deutscher Mineralbrunnen e.V.