

Wassermanagement und Cleaner Production bei der Verarbeitung von pflanzlichen Rohstoffen

Daniela Brunner, AWEL

Pflanzen verarbeitende Betriebe sind sehr wasserintensiv. Ihre Abwässer sind zwar zumeist ungiftig, können aber dennoch Havarien verursachen. Grund genug, sich über deren Wassermanagement und Umwelteffizienz Gedanken zu machen. So geschehen an einer gemeinsamen Tagung des AWEL und des VSA.

Auch sie gibt es, die «Bio-Havarie»: In den Jahren 2006 und 2007 beispielsweise, als ein Abfüllbetrieb unbeabsichtigt Orangensaftkonzentrat für die Getränkeherstellung in die öffentliche Kanalisation leitete. Lästige Blähschlämme legten die Kläranlage lahm, Anwohner klagten über störende Gerüche. In einem anderen Fall brachten die Betreiber einer Rüebliwäscherei ihre Abwässer aus der Grobreinigung auf landwirtschaftlichen Flächen aus. Unglücklicherweise gelangten sie von dort über Drainageleitungen in einen Bach. Dort begrub die braune Brühe Muscheln, Schnecken und Larven unter sich. Wenige Kilometer entfernt liess eine Gemüserüsterei nur behelfsmässig vorgereinigtes Abwasser über eine Kiesfläche in den Untergrund versickern. Im nahe gelegenen Bach schlugen Ammonium und Sauerstoffmangel die Forellen in die Flucht, während Abwasserpilze und Schlammröhrenwürmer sich explosionsartig vermehrten. Der Beispiele gäbe es noch etliche mehr.

So weit steht fest: Auch so genannt ungiftige Naturstoffe sind nicht einfach unbedenklich. Sie können Ökosystemen ebenso gefährlich werden wie chemische Abwässer. Was seit *Paracelsus* für den Menschen gilt, gilt auch für Mikroorganismen, Krebse, Wasserlinsen, Insektenlarven, Algen, Schnecken oder Fische: Die Dosis ist entscheidend.

Die Rede ist hier von einer Industrie, die pflanzliche Rohstoffe mechanisch, thermisch oder chemisch zu (Zwischen-)Produkten für den Konsum als Lebensmittel aufbereitet.



Bier kann auch eine Kläranlage zum Schäumen bringen. (Foto: AWEL / Abt. Gewässerschutz)

Dazu gehören beispielsweise Rüstereien oder Beerenverarbeiter, die Gemüse, Salate und Früchte zu kuchen- (zum Beispiel vorgereinigtes Obst und Gemüse) oder genussfertigen Produkten (Beutelsalat, Tiefkühlware, Fertigenüs u.a.) verarbeiten. Auch Hersteller von Getränken, Konfitüren, Konserven oder natürlichen Aromastoffen sind Teil davon, ebenso Flaschenabfüllbetriebe und Mälzereien.

Grund genug, dieser Branche auf den Zahn zu fühlen. Deshalb veranstaltete das AWEL zusammen mit dem VSA letzten Herbst eine Tagung zum Thema «Cleaner Production in Pflanzen verarbeitenden Betrieben». Manche Kernaussage ist in den vorliegenden Artikel eingeflossen.

Pflanzen verarbeitende Betriebe haben meist drei Dinge gemein:

- Ihr Wasserbedarf ist enorm.
- Bei der Verarbeitung gelten strikte hygienische Vorschriften.
- Die Abwässer sind in erster Linie mit organischen Stoffen belastet.

Sauberkeit verlangt nach Wasser

Der Mammutanteil der betrieblichen Abwässer entsteht hauptsächlich bei Reinigungs- und Hygienisierungsprozessen. Zunächst müssen Äpfel, Karotten, Randen, Gerste, Kartoffeln und Co. gewaschen, geschält oder gerüstet werden. Je Produkt werden die Rohstoffe zusätzlich blanchiert, gekocht, gekühlt oder gepresst. Dabei können Kondensate, Press- und Kühlabwässer entstehen. Besondere Beachtung verdienen auch Abwässer aus der Reinigung der Produktionsanlagen und Werkzeuge, der Arbeitsräume und natürlich auch der Behälter

und Lagertanks. Denn diese enthalten oft Reinigungs- und Desinfektionsmittel, welche in ihrer tödlichen Wirkung leider nicht zwischen den schädlichen Mikroorganismen auf Lebensmitteln und den nützlichen in der biologischen Reinigungsstufe einer Kläranlage unterscheiden. Solche Mittel treiben – je Produkt – den pH rauf oder runter, können korrosiv sein und sind in den seltensten Fällen vollständig abbaubar. In einem einzelnen Betrieb können so täglich hunderte Kubikmeter belastete Abwässer in äusserst variabler Zusammensetzung und mit unterschiedlichen Konzentrationen anfallen.

Ein behördliches Spannungsfeld

Jeder Betrieb, der gesetzeskonform arbeitet, muss Tag für Tag den Spagat zwischen den Vorgaben des Kantonalen Labors und den Anordnungen des Umweltamtes schaffen. Auf der einen Seite verlangt die Lebensmittelhygiene, dass viel und möglichst sauberes Wasser zum Einsatz kommt. Auf der anderen Seite fordern Umweltschutz und Ressourcenschonung, dass mit Wasser und Stoffen sparsam umgegangen werden soll. Der Widerspruch

ist nur augenscheinlich, denn Wasser sparen muss nicht unhygienisch sein, leicht verschmutztes rezykliertes Wasser kann problemlos in vielen Bereichen eingesetzt werden.

Wasser und Lebensmittelhygiene

Welches Abwasser für welche innerbetrieblichen Funktionen verwendet werden kann, entscheidet die Lebensmittelhygiene anhand folgender Rechtsgrundlagen:

- Lebensmittelgesetz (LMG, SR 817.0)
- Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung (LGV, SR 817.02)
- Verordnung über Trink-, Quell- und Mineralwasser (SR 817.022.102)
- Hygieneverordnung (HyV, SR 817.024.1)

Ein Kernelement bei der Entscheidung, welches Abwasser wo verwendet werden darf, ist Art. 17 HyV: «Wasser, das zur Verarbeitung oder zur Verwendung als Zutat aufbereitet wird, darf für das betreffende Lebensmittel keine mikrobiologische, chemische oder physikalische Gefahrenquelle darstellen und muss den Anforderungen an Trinkwasser entsprechen.»

Wasser und Gewässerschutz

Hat das Wasser seinen Dienst getan, durchfließt es nun als Abwasser das Reich der Gewässerschutzbehörden. Dort orientiert man sich in erster Linie am

- Gewässerschutzgesetz (GSchG, SR 814.20) und an der
- Gewässerschutzverordnung (GSchV, SR 814.201)

Hier verdient Art. 3.2 Ziff. 2 GSchV besondere Erwähnung: «Wer Industrieabwasser ableitet, muss bei Produktionsprozessen und bei der Abwasserbehandlung die nach dem Stand der Technik notwendigen Massnahmen treffen, um Verunreinigungen der Gewässer zu vermeiden. Insbesondere muss er dafür sorgen, dass:

- a. So wenig abzuleitendes Abwasser anfällt und so wenig Stoffe, die Gewässer verunreinigen können, abgeleitet werden, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist;
- b. nicht verschmutztes Abwasser und Kühlwasser getrennt von verschmutztem Abwasser anfällt;
- c. verschmutztes Abwasser weder verdünnt noch mit anderem Abwasser vermischt wird, um die Anforderungen einzuhalten (...).»

Wichtige Parameter im Gewässerschutz

Für die Branche Lebensmittelverarbeitung bestehen gemäss Anhang 3.1. GSchV Einleitgrenzwerte für die Parameter GUS, BSB₅, DOC, Durchsichtigkeit, Ammonium, Nitrit, AOX (vor allem Chlor- und Bromverbindungen), Gesamtphosphor und Gesamtstickstoff. Wenn es darum geht, die Abbaubarkeit in einer Kläranlage abzuschätzen, ist BSB₅ der



Mikroskopische Untersuchungen von Schlammablagerungen in einem Bach, in den organisch stark belastete Abwässer eingeleitet wurden, zeigen Massenvorkommen von Schlammröhrenwürmern und Pilzbefall. (Foto: AWEL / Abt. Gewässerschutz)



Abwässer aus der Grobreinigung von Wurzelgemüse sind stark mit Erde belastet. In unbehandelter Form können sie Böden kolmatieren und zu Gewässerverlandungen führen. (Foto: AWEL / Abt. Abfallwirtschaft und Betriebe)



In der Lebensmittelproduktion aus der Gebindereinigung. Oft sind können leicht wieder verwendet (Foto: AWEL /

wichtigste Parameter. Leider ist seine Analyse aufwendig, denn einerseits muss sichergestellt werden, dass die Bakterienpopulation im Analyselabor komplett mit allen essentiellen Nährstoffen versorgt und in der Probe keine Bakterienhemmer (beispielsweise Desinfektionsmittel) vorhanden sind. Andererseits dauert die Bestimmung mindestens fünf Tage. Sein chemischer Zwillingbruder, der CSB, ist zwar nicht so aussagekräftig, aber er ist schneller zu ermitteln und kostet weniger. Trotzdem braucht es beide Parameter: Das Verhältnis CSB:BSB₅ erlaubt nämlich Aussagen darüber, inwieweit sich Abwasserinhaltsstoffe auf rein biologischem Wege abbauen lassen. Das Verhältnis CSB:BSB₅ ist stets grösser als 1. Generell lässt sich sagen, dass ein Verhältnis unter 2 auf gute biologische Abbaubarkeit schliessen lässt. Beim kommunalen Abwasser liegt der Wert durchschnittlich bei etwa 1,7–2 (CSB etwa 600 mg O₂/l für die Kaliumdichromat-Methode, BSB₅ ca. 300 mg O₂/l). Planer nutzen das CSB:BSB₅-Verhältnis, um zu bestimmen, ob neben biologischen auch physikalische oder chemische Vorbehandlungsstufen beigezogen werden müssen. Kantonalen Umweltbehörden gibt er eine grobe Vorstellung darüber, inwieweit ein Abwasser mit schwer abbaubaren Stoffen (synthetische Stoffe wie Reinigungsmittel u.v.a.) verunreinigt sein könnte und ob die Kläranlagenkapazität für die Entsorgung ausreicht. In *Tabelle 1* werden einige Abwässer anhand ihrer üblichen CSB- und BSB₅-Bandbreite vorgestellt. Natürlich sind die Anforderungen ungleich höher, wenn der Betrieb sein Abwasser direkt in ein Gewässer ableiten will. In diesem Fall muss das Abwasser zwingend auf weitere Parameter wie DOC (gelöster organischer Koh-

| Prozess | Abwasserinhaltsstoffe | CSB (mg O ₂ /l) | BSB ₅ (mg O ₂ /l) |
|--|--|----------------------------|---|
| Waschen (Blattgemüse, Obst) | Pflanzenteile, Fasern, Pflanzensäfte, Erde, Sand, Steine | 2-stellig | 2-stellig (ca. 50% CSB) |
| Waschen (Wurzelgemüse) | Sand, Steine, Erde, Fremdkörper | 2000 | – |
| Brüdenkondensat aus der Kartoffelstärkegewinnung | Pflanzenteile, Pflanzensäfte | 300–2000 | 100–1500 |
| Brauereiabwasser gesamt | | 1800–3000 | 1100–1500 |
| Flaschenreinigung Fruchtsäfte | Pflanzensäfte, Zucker | 1500–3000 | 250–1000 |
| Kartoffelschälung (mechanisch) | Sand, Steine, Erde, Fremdkörper | 4–5-stellig | 4–5-stellig (ca. 50% CSB) |
| Gärlake aus Sauerkrautherstellung | Pflanzenteile, Fasern, Pflanzensäfte, Milchsäure, Kochsalz | 25 000–75 000 | 17 000–50 000 |

Tab. 1 Typische Inhaltsstoffe und CSB-/BSB₅-Bandbreiten ausgewählter Abwässer aus der Verarbeitung von Salat, Früchten, Gemüse und Getreide.

lenstoff), AOX und GUS (gesamte ungelöste Stoffe) sowie die Fischgifte Ammonium (Summe NH₄⁺-N+NH₃-N) und Nitrit geprüft werden. Bei stehenden Gewässern wird zusätzlich P_{tot} herangezogen.

Die Zukunft heisst Cleaner Production

Heute erteilen die kantonalen Umweltbehörden eine Einleitbewilligung für Abwasser, wenn Gewähr besteht, dass die Grenzwerte eingehalten und der Kläranlage oder dem Gewässer daraus keine Schä-

digungen erwachsen. Natürlich wird auch verlangt, dass Wasser nicht sinnlos verschwendet und zum Beispiel Kühlkreisläufe geschlossen sind. Aber Ressourceneffizienz war in der Bewilligungspraxis bisher noch kein matchentscheidendes Kriterium. Jetzt soll das anders werden. Im Kanton Zürich und in anderen Kantonen muss sich heute ein Gesuchsteller für eine Einleitbewilligung zusätzliche Fragen gefallen lassen: Wird mit den eingesetzten Ressourcen oder Stoffen sparsam umgegangen? Bestehen



entstehen auch viele Abwässer sie nur schwach belastet und werden.
Abt. Abfallwirtschaft und Betriebe

Die Reinigung von Gemüse zu genussfertigen Produkten ist eine sehr wasserintensive Angelegenheit.
(Foto: AWEL / Abt. Abfallwirtschaft und Betriebe)

Bei der Herstellung von Beutelsalaten fallen astronomische Trinkwasser- und Abfallmengen an.
(Foto: AWEL, Abt. Abfallwirtschaft und Betriebe)

Kenntnisse über die einzelnen Teilwasserströme, ihren Inhalt und ihre Mengen? Können sie gesondert behandelt und wiederverwendet werden? Gibt es umweltverträglichere Alternativen zu den eingesetzten Hilfsstoffen? Die Stossrichtung kommt von ganz oben. Schon 2006 schrieb das Bundesamt für Umwelt BAFU in seinem Grundsatzpapier «Nachhaltige Rohstoffnutzung und Abfallentsorgung. Grundlagen für die Gestaltung der zukünftigen Politik des Bundes»: «Eine künftige Abfallpolitik wird sich vermehrt in eine übergreifende, nachhaltige Ressourcen- bzw. Rohstoffpolitik einordnen müssen und hat auf Basis einer gesamtheitlichen Lebenswegbetrachtung effiziente Massnahmen zu entwickeln.» Im bundesrätlichen Leitpapier «Strategie Nachhaltige Entwicklung – Leitlinien und Aktionsplan 2008–2011» heisst es konkret: «Generell gilt es, über Anreize und durch die Entwicklung geeigneter Rahmenbedingungen verstärkte Innovationsimpulse für einen nachhaltigkeitsorientierten Strukturwandel der Wirtschaft zu vermitteln. Ein Hauptfordernis ist, dass die Preise für Energie, Mobilität, Entsorgung, Raum- und Ressourcenverbrauch der Kostenwahrheit entsprechen, indem nicht nachhaltige Subventionen abgebaut und die externen Kosten internalisiert werden. Durch Kostenwahrheit entstehen Anreize zur Steigerung der Umwelteffizienz, womit sich auch Kosten einsparen lassen, und der technische Fortschritt wird in die Richtung von nachhaltigen Produkten und Prozessoptimierungen gelenkt.»

Gerade bei der Obst- und Gemüseverarbeitung in der Lebensmittelindustrie sollten diese Impulse zuerst auf fruchtbaren Boden fallen:

- Grossverteiler und Konsumierende verlangen nach qualitativ

hoch stehenden Produkten zu niedrigen Preisen. Der Druck, Betriebsprozesse zu optimieren, ist ohnehin schon gross.

- Die Preise für den wichtigsten Rohstoff Wasser, aber auch für Energie, steigen. Auch die Kosten für die Entsorgung von Abwässern werden sich noch konsequenter nach dem Verursacherprinzip orientieren.

Umweltschutz ist zum Verkaufsargument geworden. Lieferanten, Aktionäre, Medien, Anwohner und andere Stakeholder erwarten eine in jeder Hinsicht nachhaltige Betriebsweise. Der Cleantech-Markt blüht. Der Stand der Technik wächst von Jahr zu Jahr. Zudem hat der Wettbewerb bereits massive Preissenkungen ausgelöst. Im Vollzug des AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich, aber auch in anderen kantonalen Umweltämtern, werden Anstrengungen im Bereich Cleaner Production gezielt unterstützt. Cleaner Production ist eine Strategie, die das gesetzlich verankerte Vorbeugeprinzip konsequent umsetzt und dazu beiträgt, Betriebe umwelteffizienter zu gestalten.

Der Weg zum umwelteffizienten Betrieb

Wie erreicht man Umwelteffizienz? Im Folgenden eine kleine Wegskizze als Vorschlag. Sie ist ganz der Prämisse «Vermeiden, Vermindern, Verwerten» verpflichtet.

I. Kontakt mit den Umweltbehörden und der Kläranlage

Der erste Schritt bei jeder Planung muss sein, zunächst einmal in Absprache mit den Umweltbehörden und eventuell auch den Kläranlagenbetreibern den rechtlichen und technischen Aussenrahmen abzustecken. Denn auch nach Anwen-

dung aller baulichen, organisatorischen und technischen Massnahmen kommt man möglicherweise nicht umhin, Abwasser via Kläranlage oder in einem Gewässer entsorgen zu müssen. Es nützt beispielsweise nichts, wenn Abwässer in einem Betrieb unter hohem Aufwand gereinigt werden, während die Kläranlage das auf billigere und effizientere Art hätte übernehmen können. Wenn die ARA ihrer Kapazitätsgrenze gefährlich nahe kommt oder wenn die Frachten, Mengen und Schwankungsmuster des betrieblichen Abwassers besonders anspruchsvoll sind, kann die Umweltbehörde umgekehrt die gewässerschutzrechtliche Bewilligung zur Einleitung von Abwasser in die ARA an verschärfte Grenzwerte knüpfen oder gar von einem Abnahmevertrag mit der Gemeinde abhängig machen. Was auch nicht jeder weiss: Abwasser, das direkt in ein Gewässer eingeleitet oder auf landwirtschaftlichen Flächen verrieselt werden soll, muss vorgängig gestapelt werden. Nur so ist gewährleistet, dass das Abwasser geprüft und irrtümlich eingemischte Reinigungsmittel oder Spritzbrühe zurückgehalten und gesondert entsorgt werden können.

II. Kontakt mit den Lebensmittelbehörden

Im innerbetrieblichen Bereich sind die lebensmittelhygienischen Anforderungen bestimmend. Hier führt der Weg zum Kantonalen Labor (die Bezeichnung ist nicht in jedem Kanton gleich). Zum Beispiel ist beim Rüsten der Einsatz von Wasser in Trinkwasserqualität unabdingbar. Aber die Grobreinigung von Schalenobst oder Wurzelgemüse ist auch mit Wasser von schlechterer Qualität erlaubt, weil zu erwarten ist, dass der Konsument oder die Konsumentin das Produkt bei sich zu Hause nochmals waschen, schälen oder kochen wird. Für eine Grobreinigung bieten sich beispielsweise Kondensate oder Abwasser aus der Salatreinigung an, Abwässer aus der Flaschenwäsche können sich auch für die Reinigung von Harassen eignen. Auch für Kühlungen, Kesselspeisewasser, Boden- oder Fahrzeugreinigungen ist keine Trinkwasserqualität notwendig, genauso wenig wie für die Bewässerung von Kulturen. Auf der anderen Seite der Skala, nämlich bei der Herstellung von genussfertigen Produkten (Getränke, Beutelsalat usw.), ist Wasser in höchster Qualität oberstes Gebot. Ultra- bzw. Nanofiltrations- oder Osmoseanlagen sind in der Lage, leicht verschmutztes Abwasser in Prozesswasser von Trinkwasserqualität aufzubereiten. Bei grös-

seren Salatwäschereien, Getränkeherstellern oder Flaschenwaschanlagen sind diese Techniken schon lange im Einsatz.

III. Bestandesaufnahme

Viele Betriebe verfügen weder über aktuelle Netz- noch über Kanalisationspläne. Dies gilt ganz besonders für ältere Betriebe mit landwirtschaftlichem Hintergrund. Beim Erstellen und Aktualisieren der Pläne sollten die Leitungen auch gleich auf ihre Dichtigkeit geprüft werden. Dann gilt es, die Teilwasserströme, ihre Anfallszeiten und ihre Mengen zu bestimmen. Kondensate, Abwasser aus der Raum- und Gerätereinigung, Salatwaschwasser, Schälabwasser – sie sind in ihrer Zusammensetzung verschieden und müssen gesondert behandelt werden. Denn verschmutztes Abwasser darf, wie oben erwähnt, weder verdünnt noch mit anderem Abwasser vermischt werden. Das ergibt Sinn, denn durch Aufkonzentrierung lassen sich Produkte wieder zurückgewinnen. Ausserdem lässt sich konzentriertes Abwasser effizienter behandeln. Und letztlich eröffnen mehr Teilströme mehr Möglichkeiten der Wiederverwendung. Daten aus Bestandesaufnahmen müssen übrigens an zentraler Stelle aufbewahrt werden und langfristig erhalten bleiben, damit sie als Vergleichszahlen und als Grundlage für künftige Prozessanpassungen verwendet werden können.

IV. Schwachstellenanalyse

Jetzt kommt es darauf an, festzustellen, wo Ansatzpunkte für Verbesserungen bestehen. Dabei darf man sich nicht alleine auf die Technik verlassen. Das Leitbild des Betriebes und das Verhalten der Mitarbeitenden können mindestens ebenso entscheidend für den effizienten Rohstoff- und Energieeinsatz sein. Eine grobe Richtschnur bei der Schwachstellenanalyse können Vergleichszahlen aus branchenspezifischen Erhebungen sein. Wo überall ist der Verbrauch am grössten? Was für Teilströme betrifft das? Wie sind sie zusammengesetzt? Eine Methode, die sich dafür anbietet, sind beispielsweise *QuickScans*. Mit dieser können Optimierungspotenziale in einem Betrieb schnell und auf effiziente Art erkannt werden. Zuerst bewertet ein Experte Stoff- und Energieströme qualitativ. Erst in einem zweiten Schritt wird gerechnet – und zwar mit Priorität dort, wo für den Betrieb ein hohes Potenzial zum Kostensparen liegt mit einem gleichzeitig grossen ökologischen Nutzen.

V. Produkt- und Prozessoptimierungen

Die Liste an Möglichkeiten, Wasser zu sparen, ist unendlich. Sie können beim Produkt oder an den Prozessen ansetzen. Wichtig ist, dass der Nutzen nicht einfach auf Kosten anderer Ressourcen (auch Energie!) oder Umweltkompartimente geht. Ausserdem müssen bestimmte Produktionslinien auch in Zukunft ausgebaut werden können. Hier nur eine kleine Stichwortliste für einen ersten Eindruck:

- Sensibilisieren, Schulen und Motivieren des Personals
- kurze Lagerzeiten der Rohware (weniger Verderb, weniger Abfall, weniger Fruchtwasseraustritt)
- trockene Vorreinigung schon bei Ernte auf dem Feld
- trockene Transportverfahren (z. B. Gurtförderer) anstatt Schwemtransport
- Verringerung der Kontaktzeiten mit Wasser
- Trockenschälmaschinen statt Nassschälung
- Schneidschälung statt abrasive Schälung (z. B. Messer- statt Topfschäler)
- Einsatz von Druckluft zur Leerung von Behältern (Energieverbrauch im Auge behalten!)
- Mehrfachnutzung von Wasser (Kaskadenspülung im Gegenstrom, weitere Beispiele siehe Punkt II)
- Wärmerückgewinnung oder Abwärmenutzung aus Kühlwasser
- Nutzung von abgetrennten Feststoffen als Futtermittel oder Dünger
- Nutzung von stark belasteten Abwässern zur Gewinnung von Biogas
- flankierende Massnahmen wie Direktvermarktung

Schon jetzt stehen zahlreiche Clean-techunternehmen in den Startlöchern. Auch bei den Umweltämtern kommt Aufbruchstimmung auf. Im Kanton Zürich wurde bereits eine Person mit dem Dossier Cleaner Production beauftragt: Sie soll die Idee des integrierten betrieblichen Umweltschutzes nach aussen tragen und den Austausch mit Betrieben, Hochschulen, anderen Amtsstellen oder Anbietern pflegen. Zudem kann sie Betriebe bei der Suche nach Fördermitteln unterstützen. Vielleicht wird schon bald eine Binsenwahrheit, was heute offenbar nur Insider wissen: Umwelteffizienz ist gut fürs Portemonnaie.

Literaturverzeichnis

- [1] *Abwassertechnische Vereinigung* (2000): ATV-Handbuch «Industrieabwasser Lebensmittelindustrie», 6. Auflage, Ernst Sohn Verlag, Berlin.
- [2] *DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.* (2009): «Industrieabwasserbehandlung», 2. überarbeitete Auflage, Universitätsverlag Weimar, Weimar.
- [3] *Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA)* (2010): Dokumentation der Tagung «Cleaner Production in Pflanzen verarbeitenden Betrieben», Fachtagung vom 23. November 2010, Solothurn.
- [4] *eco-net*: Konsortium des Bundes für Wissens- und Technologietransfer (WTT) in den Bereichen Umwelt und Energie (Cleantech): www.eco-net.ch
- [5] *Marfurt, Ch.* (2010): «Integrierte Produktpolitik im Umweltvollzug», gwa 3/10.

Autorin

Daniela Brunner
wiss. Mitarbeiterin
AWEL Amt für Abfall, Wasser,
Energie und Luft
Abt. Abfallwirtschaft und Betriebe
Walcheplatz 2
Postfach
CH-8090 Zürich
Tel. +41 (0)43 259 39 66
daniela.brunner@bd.zh.ch