VDI Zentrum Ressourceneffizienz

VDI ZRE Publikationen: Kurzanalyse Nr. 11

© VDI ZRE

Ressourceneffiziente Wasserkonzepte für Krankenhäuser

April 2015

Kurzanalyse Nr. 11: Ressourceneffiziente Wasserkonzepte für Krankenhäuser

Autoren:
Dr. Anette Braun, VDI Technologiezentrum GmbH
Dr. Sylvie Rijkers-Defrasne, VDI Technologiezentrum GmbH
Dr. Heike Seitz, VDI Technologiezentrum GmbH

Wir bedanken uns bei Dipl.-Ing. Marco Schmidt vom Institut für Architektur der TU Berlin für seine fachliche Unterstützung bei der Entstehung dieser Kurzanalyse.

Fachliche Anprechpartnerin:

Dr. Nicole Becker, VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH

Die Kurzanalysen des VDI ZRE geben einen Überblick über aktuelle Entwicklungen des Themas Ressourceneffizienz in Forschung und industrieller Praxis. Sie enthalten eine Zusammenstellung relevanter Forschungsergebnisse, neuer Technologien und Prozesse sowie Gute-Praxis-Beispiele. Damit verschaffen die Kurzanalysen einem breiten Publikum aus Wirtschaft, Forschung und Verwaltung einen Einstieg in ausgewählte Themenfelder der Ressourceneffizienz.

Redaktion:

VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (VDI ZRE)

Bertolt-Brecht-Platz 3

10117 Berlin

Tel. +49 30-27 59 506-0

Fax +49 30-27 59 506-30

zre-info@vdi.de

www.ressource-deutschland.de

Satz und Gestaltung: Sebastian Kanzler

Titelbild: © VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH

Druck: Sprintout Digitaldruck, Grunewaldstr. 18, 10823 Berlin

Gedruckt auf umweltfreundlichem Recyclingpapier.

Ressourceneffiziente Wasserkonzepte für Krankenhäuser

Kurzanalyse Nr. 11

Inhaltsverzeichnis

EINLEITUNG 4

1 WASSERVERBRAUCH IN KRANKENHÄUSERN 10
1.1 Deutschland 10
1.2 Internationale Vergleichswerte 12
1.3 Fazit 14

2 TRINKWASSERBEREITSTELLUNG 15
2.1 Situationsbeschreibung 15
2.2 Stand und Potenziale der Technik 18
2.3 Good-Practice-Beispiele 23
2.4 Fazit/Potenzial für deutsche Krankenhäuser 24

3 ABWASSERBEHANDLUNG 25
3.1 Situationsbeschreibung 25
3.2 Stand und Potenziale der Technik für eine erweiterte Abwasserbehandlung 30
3.3 Good-Practice-Beispiele 35
3.4 Fazit/Potenzial für deutsche Krankenhäuser 39

4 NUTZUNG VON BETRIEBSWASSER 41
4.1 Situationsbeschreibung 41
4.2 Stand und Potenziale der Technik 45
4.3 Good-Practice-Beispiele 48
4.4 Fazit/Potenzial für deutsche Krankenhäuser 50

5 FAZIT 52

ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS 55

EINLEITUNG

Krankenhäuser haben die Aufgabe, kranken und leidenden Menschen zu helfen. Zu diesem Zweck bieten sie eine umfangreiche medizinische Versorgung an: Diagnostik, Therapie, Pflege für eine effektive medizinische Rehabilitation oder für eine angemessene palliative Begleitung unheilbarer Erkrankungen. Die meisten Patienten werden in Krankenhäusern behandelt, die in öffentlicher Trägerschaft stehen: Etwa jedes zweite Bett steht in einem Krankenhaus eines öffentlichen Trägers. In den letzten Jahren hat die Anzahl an Krankenhäusern in privater Trägerschaft zugenommen, die Anzahl gemeinnütziger Krankenhäuser ist rückläufig.[1]

Insgesamt hat die Anzahl an Krankenhäusern in einem Zeitraum von 46 Jahren zwischen 1966 bis 2012 stark abgenommen. Waren es im Jahr 1966 noch 3.635 Krankenhäuser mit 640.372 Betten, so reduzierte sich die Anzahl bis 2012 um rund 45 % und die der Betten um ca. 22 %.[2] Auch wenn es immer weniger Krankenhäuser gibt, so bleiben die Patientenzahlen stabil oder steigen sogar an. Die Anzahl der Mitarbeiter nimmt weiter zu.[3]

Die Behandlung, Pflege und Betreuung der Patienten unterliegt einer Vielzahl von Anforderungen und rechtlichen Vorgaben (z. B. Hygienevorschriften, Qualitätsmanagement, Standards und Normen), die es in erster Priorität zu erfüllen gilt. In der Regel werden Fragen zu freiwilligem Umweltmanagement, ressourceneffizientem Wirtschaften oder nachhaltiger Entwicklung als nachrangig betrachtet. In den letzten Jahren sind vermehrt Schlagwörter wie „nachhaltiges Krankenhaus“, „Krankenhaus der Zukunft“ oder „Green Hospital“ in verschiedenen Forschungs- und Pilotprojekten

[1] KMA-Online (2013): Zahl der Kliniken sinkt auf 2017. http://www.kma-online.de/nachrichten/namen___nachrichten/krankenhausstatistik-2012-zahl-der-kliniken-sinkt-auf-2017___id__31653___view.html. Abgerufen am: 28.07.2014
[2] Statistisches Bundesamt (2012): Vorläufige Ergebnisse der Krankenhausstatistik 2012 online. https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Gesundheit/Krankenhaeuser/Tabellen/KrankenhaeuserJahreVeraenderung.html. Abgerufen am: 28.07.2014
[3] KMA-Online (2013): Zahl der Kliniken sinkt auf 2017. http://www.kma-online.de/nachrichten/namen___nachrichten/krankenhausstatistik-2012-zahl-der-kliniken-sinkt-auf-2017___id__31653___view.html. Abgerufen am: 28.07.2014

aufgetaucht.[4, 5, 6] In diesen Vorhaben wird auf ressourceneffiziente Maßnahmen, nachhaltige Entwicklung im Hinblick auf Umwelt, Qualität und Effizienz sowie ganzheitliche Behandlung von Patienten abgezielt.

Die Bedeutung eines effizienten Wassermanagements und der Schonung der weltweiten natürlichen Wasserressourcen wird unter anderem in der Agenda 21 für sämtliche Bereiche des anthropogenen Einflusses gefordert: „Wasser wird in allen Lebensbereichen benötigt. Oberstes Ziel ist die gesicherte Bereitstellung von Wasser in angemessener Menge und guter Qualität für die gesamte Weltbevölkerung [...]. Nur durch innovative Technologien sowie eine Verbesserung einheimischer Verfahrenstechniken wird es möglich sein, vollen Nutzen aus den begrenzt vorhandenen Wasserressourcen zu ziehen und diese Ressourcen vor einer Verschmutzung zu bewahren.“[7]

Der Schutz der natürlichen Wasserreserven ist nicht nur eine Aufgabe der privaten und öffentlichen Nutzer, der Industrie und der Gemeinden und Kommunen, sondern auch die des Gesundheitswesens und der Krankenhausbetreiber. Ressourceneffizientes Wassermanagement im Krankenhaus kann unter anderem an den folgenden Stellen ansetzen:

- bei stationären Sanitäranlagen,
- im OP- und Behandlungsbereich,
- im Labor,
- in Therapiebädern,
- in der Wäscherei und Küche,
- bei der technischen Wasseraufbereitung.

[4] Otto Wagner Spital Wien (2010): Das nachhaltige Krankenhaus zur Steigerung der Zukunftsfähigkeit. www.das-nachhaltige-krankenhaus.at/. Abgerufen am: 28.07.2014
[5] Initiative „Hospital Engineering“ (2012): Innovationsprojekte. www.hospital-engineering.org/innovationsprojekte.html. Abgerufen am: 28.07.201
[6] Asklepios (2010): Wir entwickeln die grüne Klinik der Zukunft. www.asklepios.com/greenhospital.Asklepios?ActiveID=22981. Abgerufen am: 28.07.2014
[7] United Nations (UN) (1992): Chapter 18. Protection of the Quality and Supply of Freshwater Resources: Application of Integrated Approaches to the Development, Management and Use of Water Resources. Agenda 21. www.earthsummit2002.org/ic/freshwater/reschapt18b.html. Abgerufen am: 28.07.2014

Dabei ist das wichtigste umweltrelevante Thema die Wasserökonomie im Hinblick auf Wasserverbrauch und Abwasserbeseitigung. Trink- und Abwasser sind relevante Kostenfaktoren. Je nach Region steigen die Wasserpreise unter anderem durch die Notwendigkeit von Investitionen in die teilweise veraltete Infrastruktur. Insbesondere in Krankenhäusern entstehen, ungeachtet des großen Einflusses auf die Umwelt, hohe Kosten durch den Energie- und Wasserverbrauch sowie durch Abfälle.[8]

Möglichkeiten der Effizienzsteigerung bieten sich in der Reduktion des Trinkwasserverbrauchs, der zweifachen Nutzung von Wasser durch Aufbereitung von Grauwasser (fäkalienfreies, gering verschmutztes Abwasser) und der Regenwassernutzung.[9] Auch die Wärmerückgewinnung aus warmem und heißem Wasser aus Spül- und Waschmaschinen, Duschen oder Therapiebädern kann zur Effizienzsteigerung beitragen.

Die vier gängigsten Ansätze für ein effizientes Wassermanagement sind:

- Reduzierung des Wasserverlusts (z. B. undichte Stellen in der Hausinstallation),
- Verbesserung der Effizienz bei Inventar, Anlagen, Systemen und Prozessen,
- Schulung des Personals zu den Themen effizientes Wassermanagement und wassersparendes Verhalten,
- Zweitnutzung von Grauwasser, das andernfalls direkt in das Abwassersystem geleitet würde (z. B. für Toiletten-Spülung oder Bewässerung der Gartenanlagen).

Ressourceneffizienzmaßnahmen beruhen nur teilweise auf neuen oder alternativen Technologien. Sie können auch über bessere Managementverfahren, veränderte Arbeitsabläufe und verschiedene andere „weiche“ Strategien wie eine Ver-

[8] Institute for Ecopreneurship (IEC) (Hrsg.) (2010): Best Environmental Practices in the Healthcare Sector – A Guide to Improve your Environmental Performance. www.fhnw.ch/lifesciences/iec/forschungsfelder-und-projekte/download-projekte/projekte/best-environmental-practices-for-the-healthcare-sector. Abgerufen am: 28.07.2014

[9] Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung (fbr) (Hrsg.) (2011): Regenwassernutzung in öffentlichen und sozialen Einrichtungen. Band 14. ISBN 3-9811727-3-7

haltensänderung bei Patienten und Personal erreicht werden.[10]

Ein ressourceneffizientes Wassermanagement ist eng gekoppelt an ein effizientes Energie- und Abfallmanagement.[11]

In der vorliegenden Kurzanalyse wird insbesondere auf die verfahrenstechnischen Möglichkeiten und Ressourceneffizienzpotenziale bei der Trinkwasserbereitstellung, der Abwasserbehandlung und Nutzung von Betriebswasser eingegangen. Zunächst wird der Status quo innovativer Wasserkonzepte in deutschen Krankenhäusern beschrieben und der Bezug zu internationalen Situation aufgezeigt. Insbesondere für die Themenkomplexe Wasserverbrauch, Trinkwasserbereitstellung, Abwasserbehandlung und für die Nutzung von Betriebswasser werden krankenhausspezifische Praxisbeispiele aufgezeigt und Akteuren aus Politik, der Gesundheitswirtschaft und der allgemeinen Öffentlichkeit weiterführende Hinweise für eine Vertiefung des Themas gegeben.

Krankenhausabwasser unterscheidet sich vom kommunalen Abwasser und ist deutlich höher mit Arzneimittelrückständen, Mikroorganismen, Kontrast- und Desinfektionsmitteln belastet. Diese Belastung an einer derartigen „Punktquelle“ kann einen maßgebenden Eintragspfad in die Umwelt darstellen. Für Menschen, Tiere und Umwelt besteht ein Risikopotenzial durch pathogene Erreger und antibiotikaresistente Bakterien im Krankenhausabwasser. Aus diesem Grund muss der Umgang mit Krankenhausabwasser besonders sorgfältig erfolgen. Weiterhin muss diskutiert werden, ob dieses Abwasser einer Vorbehandlung bedarf, bevor es in das kommunale Abwassersystem geleitet wird.

Besondere Beachtung gilt auch der möglichen Belastung des Trinkwassers mit Legionellen (Legionella pneumophila). Diese Bakterien können bei Menschen zu einer Variante der Lungenentzündung, der Legionellose oder Legionärskrank-

[10] Institute for Ecopreneurship (IEC) (Hrsg.) (2010): Best Environmental Practices in the Healthcare Sector – A Guide to Improve your Environmental Performance. S. 13. www.fhnw.ch/lifesciences/iec/forschungsfelder-und-projekte/download-projekte/projekte/best-environmental-practices-for-the-healthcare-sector. Abgerufen am: 28.07.2014

[11] United States Environmental Protection Agency (US EPA) (2012): WaterSense at Work – Best Management Practices for Commercial and Institutional Facilities. EPA 832-F-12-034. S. 1 – 7. www.epa.gov/watersense/commercial/docs/watersense_at_work/#/3/zoomed. Abgerufen am: 28.07.2014

heit, führen. Die Bakterien können sich im Trinkwassersystem vermehren, und die Infektion erfolgt über belastetes, vernebeltes Wasser, das eingeatmet wird. Besonders gefährlich ist eine Infektion mit Legionellen für Menschen mit einem geschwächten Immunsystem. Das Thema spielt deshalb für Krankenhäuser eine außerordentlich große Rolle, das es auch bei Effizienzmaßnahmen hinsichtlich der Trinkwasserversorgung zu berücksichtigen gilt.

Zum Thema Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf (RiSKWa) fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) derzeit zwölf Verbundprojekte mit einem Fördervolumen von ca. 30 Millionen Euro.[12] Allerdings befassen sich die Projekte nicht mit der Situation in Krankenhäusern. So wird im Projekt SAUBER+ (Innovative Konzepte und Technologien für die separate Behandlung von Abwasser aus Einrichtungen des Gesundheitswesens) nicht die Behandlung von Abwasser aus Krankenhäusern untersucht, sondern die aus anderen Einrichtungen des Gesundheitswesens wie Hospizen, Pflegeeinrichtungen oder Ärztehäusern.[13] Daher besteht hier weiterhin erheblicher Forschungsbedarf.

Zusammenfassend muss auf die Prioritäten der Aufgaben und Anforderungen eines Krankenhauses hingewiesen werden: Neben der Patientenversorgung besteht die wichtigste Aufgabe eines Krankenhauses darin, die Sicherheit der Patienten und Mitarbeiter zu gewährleisten. Die zweite Priorität gilt ökonomischen Belangen und der Rentabilität. Die Lösung von Problemen bei Umweltbelangen kommt somit meist erst an dritter Stelle, auch wenn diese Punkte in positiven Synergien zu Patientenversorgung und Wirtschaftlichkeit stehen können.[14]

Im günstigsten Fall führen Ressourceneffizienzmaßnahmen

[12] BMBF (2014): Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf (RiSKWa) – RiSKWa Verbundprojekte. www.bmbf.riskwa.de/de/94.php. Abgerufen am: 28.07.2014

[13] BMBF (2014): SAUBER+ Innovative Konzepte und Technologien für die separate Behandlung von Abwasser aus Einrichtungen des Gesundheitswesens. www.bmbf.riskwa.de/de/1282.php. Abgerufen am: 28.07.2014

[14] Institute for Ecopreneurship (IEC) (Hrsg.) (2010): Best Environmental Practices in the Healthcare Sector – A Guide to Improve your Environmental Performance. www.fhnw.ch/lifesciences/iec/forschungsfelder-und-projekte/download-projekte/projekte/best-environmental-practices-for-the-healthcare-sector. Abgerufen am: 28.07.2014

und ein nachhaltiges Wassermanagement nicht nur zur Schonung der natürlichen Ressourcen, sondern bringen auch Kosten- und damit Wettbewerbsvorteile mit sich. Je nach umgesetzter Maßnahme können z. B. Betriebskosten lohnend reduziert oder interne Abläufe optimiert werden. Dies kann finanzielle Spielräume bieten, die bei einem guten Krankenhausmanagement der Versorgung der Patienten zugutekommen können.

Eine krankenhausspezifische Kosten-Nutzen-Abwägung wirft die Frage auf, zu welchem Zeitpunkt Maßnahmen zur Verbesserung des Wassermanagements umgesetzt werden. Sollen sie im Bestand, bei einer ohnehin fälligen Sanierung oder Nutzungsänderung oder lediglich bei Neubauten durchgeführt werden? Einfache Maßnahmen, wie moderne Kastenspüler an Toiletten, können im Bestand umgesetzt werden. Wenn aber beispielsweise die gesamte Wasserinstallation von einer Maßnahme betroffen ist, müssen Kosten-Nutzen-Abwägungen im Einzelfall getroffen bzw. auf einen Zeitpunkt gelegt werden, an dem Arbeiten an dem System ohnehin fällig werden.

1 WASSERVERBRAUCH IN KRANKENHÄUSERN

1.1 DEUTSCHLAND

Der Wasserverbrauch in deutschen Krankenhäusern weist eine große Spannweite auf und variiert laut einer 2011 veröffentlichten Literaturstudie, je nach Größe und Ausstattung des Hauses, zwischen 130 und 1200 Litern pro Bett und Tag, wobei kein direkter Zusammenhang zwischen der Anzahl der Betten und dem Wasserverbrauch ausgemacht werden kann. Im Durchschnitt kann von einem Mittelwert im Bereich 300 – 600 Liter pro Bett und Tag, bzw. 300 – 1000 Liter pro Patient und Tag ausgegangen werden.[15, 16] Damit liegt der durchschnittliche tägliche Wasserverbrauch pro Person in Krankenhäusern mehr als dreimal so hoch wie der in Wohngebäuden.[17] Aufgeschlüsselt nach Krankenhausbereichen ist der Stationsbereich mit einem Anteil am Gesamtwasserverbrauch zwischen 35 und 55 % der größte Wasserverbraucher – gefolgt von dem technischen Bereich (ca. 25 – 35 %), der Wäscherei (ca. 10 – 15 %) und dem Küchenbereich (ca. 5 – 10 %).[18, 19] Bezogen auf den Verwendungszweck oder Funktionsbereich stellt der Sanitärbereich (Bad-/Duschnutzung und Toiletten) – ähnlich wie in privaten Haushalten – den größten Verbrauchsposten dar: Sein Anteil am Gesamtwasserverbrauch im Krankenhaus beträgt je nach Schätzung zwischen 40 % und 50 %[20, 21] (Abbildung 1). Weitere wasserverbrauchende Bereiche sind Heizung und Klimaanlage (23 % des Gesamtwasserverbrauchs) sowie Bewässerung der Außenanlage und Reinigung des Krankenhauses.[22,23]

[15] Mauer, C. (2011): Technische und ökonomische Aspekte der separaten Erfassung und Behandlung von Krankenhausabwasser. Aachen. S. 6. http://darwin.bth.rwth-aachen.de/opus3/volltexte/2011/3750/pdf/3750.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

[16] VDI (2012): Verbrauchskennwerte für Gebäude – Verbrauchskennwerte für Heizenergie, Strom und Wasser. Entwurf. VDI-Richtlinie 3807 Blatt 2 (2012-11), Beuth Verlag

[17] BHKS-Almanach (2012): Potential der dezentralen Abwasserwärmerückgewinnung. www.btga.de/almanach/2012/044-049.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

[18] Mauer, C. (2011): Technische und ökonomische Aspekte der separaten Erfassung und Behandlung von Krankenhausabwasser. Aachen. S. 7. http://darwin.bth.rwth-aachen.de/opus3/volltexte/2011/3750/pdf/3750.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

[19] Daschner, F. D. et al. (1998): Vorbereitung eines standardisierten Umweltmanagements unter Berücksichtigung der Entwicklung und Einführung innovativer Vermeidungs- und Verminderungsstrategien in europäischen Kliniken: Abschlussbericht zum Projekt LIFE95/D/A41/EU/24. Freiburg

[20] DBU (2006): Gesundes Krankenhaus. Der Beitrag des Technischen Dienstes. www.dbu.de/phpTemplates/publikationen/pdf/101106090257295.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

[21] Debatin, J. F. et al. (Hrsg.) (2011): Alles grün ... auch im Krankenhaus: Green Hospital – Wege zur effektiven Nachhaltigkeit. Georg Thieme Verlag

[22] Ebd.

[23] DBU (2006): Gesundes Krankenhaus. Der Beitrag des Technischen Dienstes. www.dbu.de/phpTemplates/publikationen/pdf/101106090257295.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

Der Wasserverbrauch in Therapiebereichen und Bewegungsbädern ist demgegenüber zu vernachlässigen. Die Wassermenge, die in deutschen Krankenhäusern ausschließlich für typisch medizinische Zwecke – wie z. B. Sterilisationsvorgänge oder Laboranalysen – benötigt wird, stellt nur einen kleinen Anteil des Gesamtwasserverbrauchs in deutschen Krankenhäusern dar.[24]

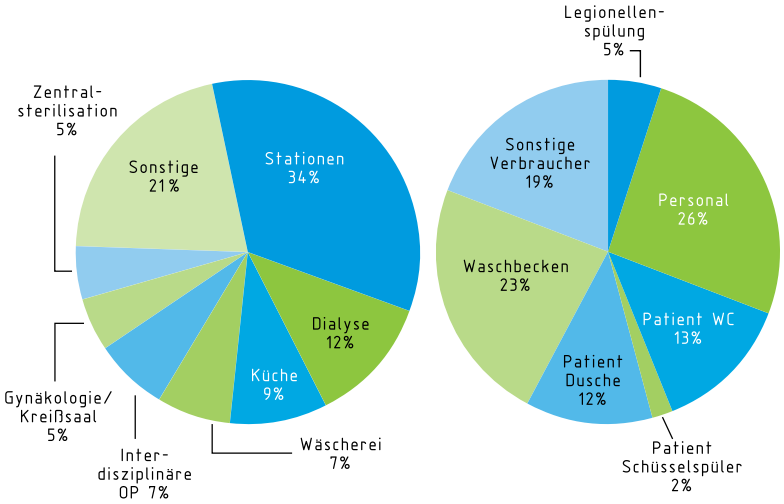


Abbildung 1: Beispiel für die Aufteilung des Wasserverbrauchs innerhalb eines kleineren deutschen Krankenhauses (links) sowie innerhalb einer Station des Krankenhauses (rechts).[25]

[24] Debatin, J. F. et al. (Hrsg.) (2011): Alles grün ... auch im Krankenhaus: Green Hospital – Wege zur effektiven Nachhaltigkeit. Georg Thieme Verlag. S. 107

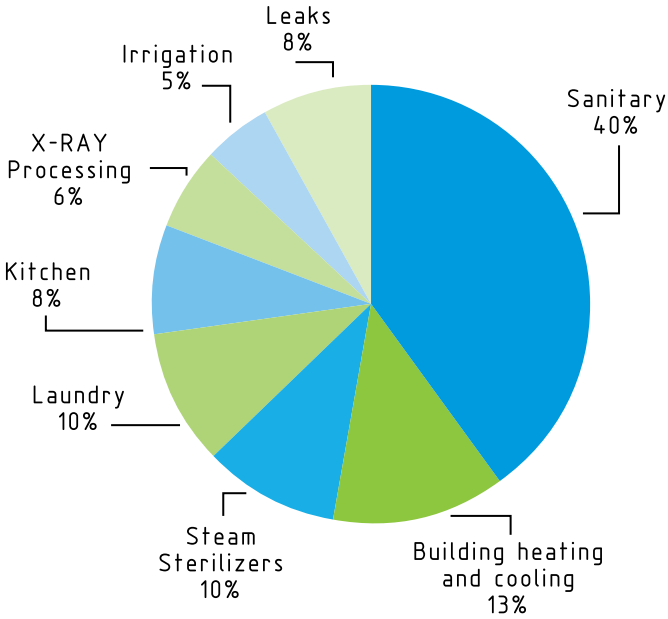
[25] Mauer, C. (2011): Technische und ökonomische Aspekte der separaten Erfassung und Behandlung von Krankenhausabwasser. Aachen. S. 6. http://darwin.bth.rwth-aachen.de/opus3/volltexte/2011/3750/pdf/3750.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

1.2 INTERNATIONALE VERGLEICHSWERTE

Eine aktuelle Studie der US Environmental Protection Agency (EPA) führt ähnliche Zahlen für US-Krankenhäuser an: Mit 40 % des Gesamtwasserverbrauchs ist der Sanitärbereich derjenige Funktionsbereich, bei dem der Wasserverbrauch – ähnlich wie in Bürogebäuden, Schulen oder Hotels – am größten ausfällt.[26] Der Gesamtwasserverbrauch verteilt sich wie folgt auf die Bereiche Heizung und Kühlung (15 %), Wäscherei (10 %), Küchenbereich (8 %) und Bewässerung der Außen- und Gartenanlagen (5 %) (Abbildung 2).

Die Studie der US-amerikanischen EPA bestätigt auch, dass der Anteil des Wasserverbrauchs im Funktionsbereich medizinische Ausrüstung, medizinische Geräte und Labortechnik (Dampfsterilisation und Röntgendiagnostik und -technik) lediglich ca. 16 % des Gesamtwasserverbrauchs ausmacht.

[26] United States Environmental Protection Agency (US EPA) (2012): WaterSense at Work – Best Management Practices for Commercial and Institutional Facilities. EPA 832-F-12-034. www.epa.gov/watersense/commercial/docs/watersense_at_work/#/3/zoomed. Abgerufen am: 28.07.2014



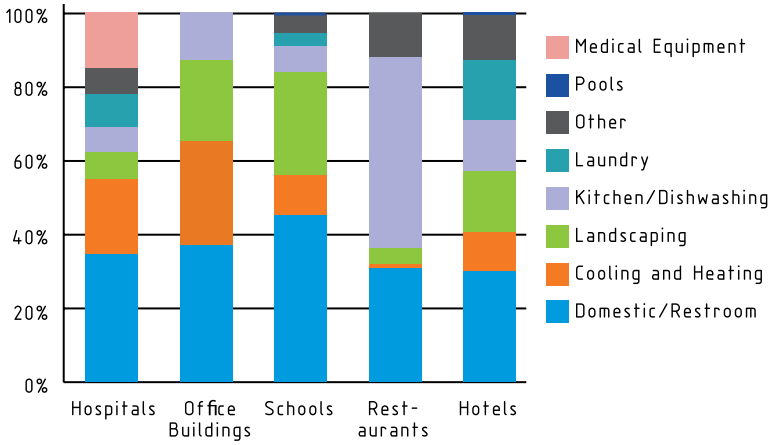


Abbildung 2: Wasserverbrauch nach Funktionsbereich in US-Krankenhäusern (oben) und Wasserendverbrauch nach Funktionsbereich für verschiedene Einrichtungstypen (unten)[27]

[27] United States Environmental Protection Agency (US EPA) (2012): WaterSense at Work – Best Management Practices for Commercial and Institutional Facilities. EPA 832-F-12-034. S. 1 – 7 und 1 – 4. www.epa.gov/watersense/commercial/docs/watersense_at_work/#/3/zoomed. Abgerufen am: 28.07.2014

1.3 FAZIT

Die dargestellten Zahlen legen nahe, dass der Wasserverbrauch als eine „wichtige Stellschraube“ angesehen werden kann, wenn es darum geht, Krankenhäuser ressourceneffizienter zu gestalten. Einsparpotenzial beim Wasserverbrauch besteht insbesondere im Sanitärbereich. Dies gilt vor allem, da im Sanitärbereich etwa aus Duschen und Handwaschbecken ausreichend Betriebswasser anfällt, das beispielsweise für die Toilettenspülung genutzt werden kann. Den Ausgangspunkt für die Optimierung des Wasserverbrauchs und des Wassermanagements in Krankenhäusern sollte eine fundierte Bestandsaufnahme von Verbrauch, Prozessen und Abläufen darstellen.

2 TRINKWASSERBEREITSTELLUNG

2.1 SITUATIONSBESCHREIBUNG

Der Trinkwasserbedarf in Krankenhäusern deckt sowohl Wasser ab, das zum Trinken dient, als auch Wasser im Sanitär-, Wäsche- und Küchenbereich sowie Wasser, das bei medizinischen Behandlungen (z. B. Hämodialyse, Therapiebädern etc.) und beim Betrieb medizintechnischer Geräte gebraucht wird. Die Trinkwasserqualität wird durch die Trinkwasserverordnung geregelt.[28] Diese enthält die Grundanforderung, dass „Trinkwasser keine Krankheitserreger und Stoffe in gesundheitsschädigenden Konzentrationen enthalten darf“[29]. Dennoch kommt es vor, dass in Krankenhäusern genutztes Trinkwasser mikrobiell belastet ist bzw. Mikroorganismen in einer Konzentration enthält, die für Krankenhauspatienten schädlich sein kann.

Eine besondere Gefahr stellt das Vorkommen von Krankheitserregern im Trinkwasser dar, die zu nosokomialen, wasserassoziierten Krankheiten führen können. Die häufigsten Erreger sind Bakterien (z. B. Legionellen, Salmonellen, E-coli, nichttuberkulöse Mykobakterien etc.), Viren (z. B. Hepatitis A, Rotaviren) sowie Parasiten (z. B. Ascaris, Cryptosporidien).[30, 31] Manche der induzierten nosokomialen Krankheiten sind gut dokumentiert: So sind laut der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut (RKI) „bis zu 40 % der auf Intensivstationen auftretenden Pseudomonas aeruginosa-Infektionen wasserassoziiert“[32]. In anderen Fällen wird die Bedeutung von Trinkwasser als Krankheitsquelle noch immer diskutiert.[33]

[28] BMG (2014): Trinkwasser in Deutschland ist gut bis sehr gut. www.bmg.bund.de/glossarbegriffe/t-u/trinkwasser.html. Abgerufen am: 28.07.2014
[29] Ebd.
[30] RKI (2010): Anforderungen an die Hygiene bei der medizinischen Versorgung von immunsupprimierten Patienten. Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut (RKI). Bundesgesundheitsblatt 2010 53:357–388 DOI 10.1007/s00103-010-1028-9
[31] Zundler, R. (2011): Trinkwasserhygiene – Für Krankenhäuser eine Herausforderung. http://www.management-krankenhaus.de/topstories/hygiene/trinkwasserhygiene-fuer-krankenhaeuser-eine-herausforderung. Abgerufen am: 28.07.2014
[32] RKI (2010): Anforderungen an die Hygiene bei der medizinischen Versorgung von immunsupprimierten Patienten. Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut (RKI). Bundesgesundheitsblatt 2010 53:357–388 DOI 10.1007/s00103-010-1028-9. S. 365
[33] Ebd.

Unstrittig ist, wie die Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim RKI im Jahr 2010 in ihrem Merkblatt zu den Anforderungen an die Hygiene bei der medizinischen Versorgung von immunsupprimierten Patienten anmerkte, dass „die Trinkwasserverordnung [...] auf den Schutz der gesunden Allgemeinbevölkerung ausgerichtet [ist] und nicht auf einen ausreichenden Schutz hochgradig immungeschwächter Patienten“[34]. Besonders gefährdet sind u. a. Patienten, die kürzlich operiert wurden, Patienten mit schweren Grunderkrankungen oder Patienten mit schwachem bzw. supprimiertem Immunsystem.[35] Die möglichen Wege der Übertragung von Krankheitserregern aus dem Trinkwasser auf Krankenhauspatienten sind zahlreich:

- Ingestionsweg (Trinkwasser und Nutzung desselben zur Vorbereitung von Medikamentenlösungen),
- Inhalationsweg (Einatmen mikrobiologisch belasteten Wassers),
- direkter Kontakt beim Waschen,
- Verwenden von auf Wasserbasis hergestellten Antiseptika,
- indirekter Kontakt beim Betrieb medizinischer Geräte,
- oder wenn das Frischwasser zur Desinfektion und Reinigung von Flächen und Geräten genutzt wird.[36]

Da eine Aussage über Grenzwerte, ab denen bestimmte Erreger und Stoffe für Kranke und immunsupprimierte Patienten gesundheitsschädlich bzw. krankheitsrelevant sind, nicht möglich ist, sollten die Anforderungen an Trinkwasser in Krankenhäusern besonders hoch sein und verschiedene Aspekte und Maßnahmen berücksichtigt werden:

[34] Ebd.
[35] Zundler, R. (2011): Trinkwasserhygiene – Für Krankenhäuser eine Herausforderung. http://www.management-krankenhaus.de/topstories/hygiene/trinkwasserhygiene-fuer-krankenhaeuser-eine-herausforderung. Abgerufen am: 28.07.2014
[36] RKI (2010): Anforderungen an die Hygiene bei der medizinischen Versorgung von immunsupprimierten Patienten. Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut (RKI). Bundesgesundheitsblatt 2010 53:357–388 DOI 10.1007/s00103-010-1028-9

Öffentliches Wasserversorgungsnetz: Ist das Trinkwasser aus dem öffentlichen Versorgungsnetz mikrobiologisch unauffällig? Müssen besondere Aufbereitungstechnologien angewandt werden, um dieses Trinkwasser von Krankheitserregern und Arzneimittelrückständen zu befreien, die zwar für die Allgemeinbevölkerung unproblematisch, für Krankenhauspatienten aber gesundheitsgefährdend sein können?

Trinkwasserinstallation des Krankenhauses: Laut RKI bildet häufiger die Trinkwasserinstallation des Krankenhauses selbst ein Infektionsreservoir, als dass pathogene Krankheitserreger über das öffentliche Versorgungsnetz in die Trinkwasserinstallation des Krankenhauses gelangen. „Eine starke Vermehrung der genannten fakultativ-pathogenen Erreger findet zum Beispiel statt bei: Stagnation in der Trinkwasserinstallation oder in Entnahmestellen bei längerer Nichtbenutzung oder im Rahmen von Umbau- und Renovierungsmaßnahmen; zu niedriger Temperatur des zentralen Warmwasserspeichers; Biofilmbildung in Kunststoffleitungen, Kunststoffverbindungsstücken oder Perlatoren.“[37]

Hier ist insbesondere die Belastung des Trinkwassers mit Legionellen von Bedeutung, die sich in solchen Refugien der Trinkwasserinstallation stark vermehren können.

Trinkwasser, das nicht als Leitungswasser vorliegt: Neben Mineral-, Quell- und Tafelwasser in Flaschen spielen hier insbesondere die sogenannten „Trinkbrunnen“ eine wichtige Rolle, die „an das Kaltwassernetz der Trinkwasser-Hausinstallation angeschlossen werden und das Wasser durch Kühlung und Karbonisierung in seinen geschmacklichen Eigenschaften verfeinern“[38]. Untersuchungen belegen, dass Wasser aus Trinkbrunnen häufiger mit Pseudomonas aeruginosa, Fäkalstreptokokken und Pilzen verunreinigt ist als Mineralwasser.[39]

Präventionsmaßnahmen/Verhaltensänderungen bei Ärzten, Pflegepersonal und Krankenhausmitarbeitern.

Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der guten Qualität von Trinkwasser in

[37] Ebd., S. 365
[38] Ebd., S. 365
[39] Ebd.

Krankenhäusern selbstverständlich im Vordergrund stehen. Maßnahmen zur Einsparung der verbrauchten Wassermengen stehen noch nicht im Fokus. Dennoch kann auch der Wasserverbrauch in deutschen Krankenhäusern durch einfache Maßnahmen, die ebenfalls in privaten Haushalten Einzug gehalten haben, gesenkt werden – beispielsweise durch einfachen Wasserspareinrichtungen an Handwaschbecken und Toiletten-Spülanlagen.

2.2 STAND UND POTENZIALE DER TECHNIK

Technische Optimierungspotenziale für die Versorgung mit möglichst keimfreiem und auf die Bedürfnisse eines Krankenhauses angepasstem Trinkwasser und die dabei zu verwirklichenden aktiven Einsparpotenziale spielen bei der Betrachtung der Ressourceneffizienz im Wasserbereich eine entscheidende Rolle.

Versorgung von Krankenhäusern mit Trinkwasser

Bezieht das Krankenhaus Trinkwasser aus dem öffentlichen Versorgungsnetz, geht es zuerst darum zu untersuchen, ob dieses Trinkwasser für die spezifischen Bedürfnisse eines Krankenhauses geeignet ist oder ob zusätzliche Maßnahmen und Wasseraufbereitungsverfahren notwendig sind.

Wasseraufbereitungsverfahren, die zur Herstellung von Trinkwasser in den Wasserwerken des öffentlichen Versorgungsnetzes eingesetzt werden können, sind zahlreich und umfassen:[40]

- biologische Verfahren – mit aerober oder anaerober Verfahrensführung,
- chemische Verfahren (u. a. Oxidation, Flockung etc.),
- Membranverfahren (u. a. Umkehrosmose, Nanofiltration, Mikrofiltration und Ultrafiltration),
- mechanische Verfahren (u. a. Bereinigung von Schmutzstoffen mit Hilfe von Absetzbecken, Sandfang),

[40] WasserWissen (2014): Verfahrenstechnik und weiterführende Links. www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/v/verfahrenstechnik.htm. Abgerufen am: 28.07.2014

- thermische Verfahren (u. a. Destillation, Eindampfung, Kristallisation, Nassoxidation, Trocknung).

Durch die angewendeten Verfahren zur Aufbereitung des Rohwassers zu Trinkwasser können nicht alle Anforderungen an die gewünschte Qualität vollständig erfüllt werden. Das Trinkwasser aus dem öffentlichen Versorgungsnetz, das von Krankenhäusern bezogen wird, enthält von Natur aus eine geringe Konzentration an nicht pathogenen Mikroorganismen, die grundsätzlich keine Gefährdung für Menschen darstellt. Eine mikrobielle Belastung des Wassers und damit eine Beeinträchtigung in der Wasserqualität entstehen meistens erst im Krankenhaus selbst. Mikroorganismen können sich innerhalb der Trinkwasserinstallation des Krankenhauses vermehren und so Konzentrationen erreichen, die für Patienten problematisch sein können.

Mögliche Schwachstellen für die erforderliche hohe Qualität von Trinkwasser in Krankenhäusern sind Warmwasserspeicher, das Hausinstallationssystems selbst (u. a. Länge und Verzweigungsgrad der Leitungen, potenzielle Stagnationsbereiche, unzureichende thermische Isolierung von Kalt- und Warmwasser), Perlatoren, Mischbatterien und Duschschläuche, Klimaanlagen sowie Bäder und Hydrotherapieeinrichtungen.

Verschiedene Maßnahmen können helfen, das Risiko für eine Qualitätsbeeinträchtigung des im Krankenhaus genutzten Trinkwassers zu minimieren. Empfohlen wird beispielsweise die Begrenzung von Leitungsquerschnitt und Zapfstellen bei Warmwasserspeichern, damit das Wasser nicht zu lange im Speicher verweilt. Auch sollte das Wasser auf knapp über 60 °C erwärmt werden bei einer Temperaturdifferenz zwischen Warmwasser und Zirkulation von knapp unter 5 °C, um Bakterien wie beispielsweise Legionellen effektiv abzutöten.[41] Weiterhin eignen sich bei neu gebauten Krankenhäusern Klimaanlagen mit Dampfbefeuchtung (Hybrid-Befeuchtung) eher als die bis heute

[41] VDI ZRE GmbH (2014): Ressourcencheck Krankenhaus – Facility Management. http://www.ressource-deutschland.de/instrumente/ressourcenchecks/ressourcenchecks-gebaude/krankenhaus-facility-management/ressourcencheck-facility-management/. Abgerufen am: 28.07.2014

oft eingesetzten Anlagen mit Umwälzbetrieb. Hierbei gilt es aber zu bedenken, dass es aufgrund des hohen Energieverbrauchs von Klimaanlagen mit Dampfbefeuchtung oder Zirkulation bei über 60 °C zu Zielkonflikten kommen kann. Der höhere Energieverbrauch dieser Klimaanlagen kann die angestrebten Ressourceneffizienzpotenziale wieder zunichtemachen. Zukunftsweisend könnte die sorptive Be- und Entfeuchtung über Salzlösungen sein.[42, 43] Des Weiteren kann die Bedeutung der Einhaltung der Wartungs- und Reinigungsintervalle nicht genug hervorgehoben werden.

Das Problem der vermehrt auftretenden hohen Belastung des Trinkwassers mit Legionellen stellt für Krankenhäuser ein stetiges Problem dar:[44] Etwa 20 % der geschätzten 10.000 – 30.000 jährlichen Legionellosen in Deutschland sind nosokomiale Erkrankungen und werden über das Trinkwasser übertragen.[45] Wie Abbildung 1 zeigt, werden etwa 5 % des gesamten Wasserverbrauchs einer Station benötigt, um die Legionellen in der Trinkwasserinstallation von Krankenhäusern zu beseitigen. Werden Legionellen nachgewiesen, müssen die Leitungen an den Verbrauchsstellen mit 60 °C heißem Wasser über einen längeren Zeitraum gespült werden. Hier bieten sich mehrere Methoden der Wasseraufbereitung an, die in der Lage sind, den Wasserverbrauch zu reduzieren: die Bestrahlung mit UV-Licht, die Ultrafiltration (mechanische Filtration der Legionellen aus dem Wasser), die thermische Desinfektion (Aufheizung des gesamten Leitungsnetzes auf mindestens 71 °C) oder die chemische Desinfektion. Diese Verfahren bringen allerdings gewisse Nachteile mit sich, wie den hohen Reinigungs- und Wartungsaufwand bei der Ultrafiltration oder den Kalkausfall bzw. die Verbrühungsgefahr bei der thermischen Desinfektion.

[42] menerga: Luft- und Klimatechnik –sorptionsgestützte Klimatisierung. www.menerga-bw.de/fileadmin/user_upload/PDF/PDF_2010/03_produktf_prozess_sorption_2010_08_12_web.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

[43] watergy: Im Zentrum unseres technologischen Ansatzes steht die Be- und Entfeuchtung von Luft. http://www.watergy.de/technologie/im-zentrum-unseres-technologischen-ansatzes-steht-die-be-und-entfeuchtung-von-luft. Abgerufen am: 28.07.2014

[44] Spangenberg, C. (2011): Legionellen breiten sich in Kliniken aus. www.tagesspiegel.de/berlin/hygiene-im-krankenhaus-legionellen-breiten-sich-in-kliniken-aus/3966494.html. Abgerufen am: 28.07.2014

[45] Eckmanns, T. et al. (2006): Prävention nosokomialer Legionellosen. In: Deutsches Ärzteblatt 2006; 103(19): A-1294 / B-1099 / C-1059

Ein neues Verfahren, das ein Münchner Unternehmen entwickelt hat, besteht darin, Wasser zuerst mit Ultraschall zu behandeln, um Legionellen zu selektieren und diese anschließend durch UV-Licht zu zerstören. Dieses Verfahren verspricht, bei geringem Energie- und Wartungsaufwand effizienter zu wirken als die eben dargestellten Methoden. Aussagen zum Wasserverbrauch des Verfahrens, insbesondere ob das Verfahren weniger Wasser verbraucht als herkömmliche Verfahren, werden allerdings nicht getroffen.[46]

Senkung des Wasserverbrauchs

Eine vom Schweizerischen Staatssekretariat für Wirtschaft geförderte und 2010 veröffentlichte Studie zu „Best environmental practices" im Gesundheitssektor listet Maßnahmen für einen nachhaltigeren Umgang mit Ressourcen in Krankenhäusern auf.[47] In diesem Zusammenhang wurden Empfehlungen zur Senkung des Wasserverbrauchs in den verschiedenen Krankenhausbereichen – Küche, Cafeteria, Außenanlagen, Wäscherei, Stationen, Reinigung und Desinfektion – formuliert. Neben naheliegenden Empfehlungen wie der Sensibilisierung von Krankenhauspersonal und Patienten und damit einhergehenden einfachen Verhaltensänderungen werden auch technische Optimierungspotenziale aufgezeigt. In Tabelle 1 werden die formulierten Empfehlungen nach Krankenhausbereichen aufgeteilt und zusammengefasst.

[46] Gwf Wasser | Abwasser (2009): Mit UV-Licht und Ultraschall gegen Legionellen. www.mueggenburg-ug.com/downloads/gwfFeb.-Mrz_2009_ger.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

[47] Institute for Ecopreneurship (IEC) (Hrsg.) (2010): Best Environmental Practices in the Healthcare Sector – A Guide to Improve your Environmental Performance. www.fhnw.ch/lifesciences/iec/forschungsfelder-und-projekte/download-projekte/projekte/best-environmental-practices-for-the-healthcare-sector. Abgerufen am: 28.07.2014

Tabelle 1: Empfohlene Maßnahmen zur Senkung des Wasserverbrauchs im Krankenhaus[48]

Anlagenbereiche	Empfehlungen
Allgemeine Aspekte	• Wasserversorgungssystem auf Leckagen prüfen und unnötige Wasserströme abstellen • zur Kontrolle des Wasserverbrauchs, automatische Wassermengensteuerungen installieren, die unabhängig vom Wasserdruck arbeiten • zum Auffinden von Leckagen Wasserzähler monatlich ablesen • Wasser recyceln und wiederverwenden unter Beachtung des Gesundheitsschutzes
Cafeteria, Nahrungsmittel	• nur komplett beladene Geschirrspüler laufen lassen • Wiederverwenden des gebrauchten Spülwassers zum Ausspülen von Mülltonnen • Austausch von Geräten gegen wassersparende Modelle • Abstellen des kontinuierlichen Wasserflusses beim Reinigen der Getränkeentnahmestellen (Kaffee, Milch, Kaltgetränke)
Gartenarbeit und Außenbereich	• früh morgens oder abends bewässern • prüfen, ob eine Mikro-Bewässerung wie Tröpfchenbewässerung möglich ist • Bewässerungsplan an jahreszeitliche Gegebenheiten anpassen
Wäschereidienstleistungen	• prüfen, ob eine Grauwasseraufbereitungsanlage zur Wiederverwendung des Waschwassers (im Waschvorgang oder zu anderen Zwecken) möglich ist • Anleiten des Reinigungspersonals zur effizienten Nutzung des Wassers zum Reinigen • nur komplett beladene Waschmaschinen laufen lassen
Heizen, Kühlen	• anpassen des Heizungs- und Kühlsystems zur Minimierung von Wärme- und Kälteverlustraten, um den Herstellerangaben entsprechende Abdampfrückstände zu erhalten • rückführen des Dampf-Kondensats zur Wiederverwendung im Heizungskessel • abstellen der wassergekühlten Klimaanlagen, wenn sie nicht gebraucht werden oder Ersetzen durch luftgekühlte Systeme

Die von der EPA herausgegebene Studie zu „Good Practices“ beim Wassermanagement listet zum Teil ähnliche Empfehlungen zur Optimierung des Wassermanagements

[48] Verändert und übersetzt nach: Institute for Ecopreneurship (IEC) (Hrsg.) (2010): Best Environmental Practices in the Healthcare Sector – A Guide to Improve your Environmental Performance. S. 31. www.fhnw.ch/lifesciences/iec/forschungsfelder-und-projekte/download-projekte/projekte/best-environmental-practices-for-the-healthcare-sector. Abgerufen am: 28.07.2014

in Krankenhäusern auf.[49] Naheliegend ist beispielsweise, im Küchen- oder Wäschebereich – ähnlich wie es für private Haushalte empfohlen wird – ältere Geräte wie Waschmaschinen, Spülmaschinen etc. durch moderne, besonders effiziente und wassersparende Geräte zu ersetzen. Mit der 2008 veröffentlichten VDI-Richtlinie VDI 6024 gab der VDI-Fachbereich Technische Gebäudeausrüstung Empfehlungen zum Einbau wassersparender Armaturen und Sanitäreinrichtungen zwecks Wassereinsparungen im Wohnungsbau sowie in öffentlichen und gewerblichen Gebäuden heraus.[50] Diese – nicht krankenhausspezifischen – Empfehlungen können bei der Optimierung des Wassermanagements in Krankenhäusern zu Rate gezogen werden.

2.3 GOOD-PRACTICE-BEISPIELE

Dass der Wasserverbrauch durch einfache Maßnahmen reduziert werden kann, zeigte bereits ein europäisches Demonstrationsvorhaben aus dem Jahr 2002: Einsparungen von Frischwasser in Krankenhäusern ließen sich u. a. durch Einsatz von Flussregulatoren (25 %), Waschtisch-Spararmaturen (ca. 60 %), Duschspararmaturen (40 – 80 %), Toiletten-Spülsystemen (50 %), wasserlosen Urinalen (100 %) sowie aktuelleren Steckbeckenspülern (25 – 60 %) erzielen.[51] Ein 800 Betten großes Krankenhaus konnte durch den Einbau einfacher Spareinrichtungen für Handwaschbecken und WC-Spülkästen, wie sie auch in privaten Haushalten Einzug gehalten haben, seinen Wasserverbrauch um 19.000.000 Liter (19.000 m^3) und somit seine wasserbezogenen Kosten um 75.000 Euro senken.[52] Das Freiburger Universitätskrankenhaus konnte durch eine Halbierung des Gewichts der Bettwäsche das Wäschevolumen um 130 Tonnen pro Jahr

[49] United States Environmental Protection Agency (US EPA) (2012): WaterSense at Work – Best Management Practices for Commercial and Institutional Facilities. EPA 832-F-12-034. www.epa.gov/watersense/commercial/docs/watersense_at_work/#/3/zoomed. Abgerufen am: 28.07.2014

[50] VDI (2008): VDI-Richtlinie 6024 Wassersparen in Trinkwasser-Installationen – Anforderungen an Planung, Ausführung, Betrieb und Instandhaltung. www.vdi.de/technik/fachthemen/bauen-und-gebaeudetechnik/fachbereiche/technische-gebaeudeausruestung/richtlinienarbeit/vdi-6024/. Abgerufen am: 28.07.2014

[51] Interdisziplinäre Gesellschaft für Umweltmedizin e. V. (IGUMED) (2004): Bulletin April 2004. www.igumed.de/images/b_04-04.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

[52] DBU (2006): Gesundes Krankenhaus. Der Beitrag des Technischen Dienstes. www.dbu.de/phpTemplates/publikationen/pdf/101106090257295.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

und so das verbrauchte Wasservolumen um mehr als zwei Millionen Liter senken.[53]

In den USA optimierte das Providence St. Peter Hospital in Olympia, Washington, im Jahr 2012 sein gesamtes Wassermanagement. Auf Basis einer genauen Erhebung von Prozessen und Wasserverbrauchsstellen wurden Maßnahmen in den verschiedensten Bereichen eingeleitet, von technischen Maßnahmen im Bereich Sterilisation bis hin zur Optimierung der Sanitäranlagen und Kücheneinrichtung. Es konnte gezeigt werden, dass sich die meisten durchgeführten Maßnahmen innerhalb weniger Jahre amortisierten und zum Teil zu großen Wassereinsparungen führten.[54]

2.4 FAZIT/POTENZIAL FÜR DEUTSCHE KRANKENHÄUSER

Aufgrund der besonderen Anforderungen, die mit der Trinkwasserversorgung von Krankenhäusern und deren Patienten einhergehen, stehen Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der guten Qualität bzw. zur Qualitätssteigerung von Trinkwasser in Krankenhäusern im Vordergrund. Hier geht es vor allem darum, mögliche Schwachstellen der Trinkwasserinstallation von Krankenhäusern zu identifizieren und ggf. Optimierungsmaßnahmen einzuleiten. Maßnahmen zur Einsparung bzw. effizienten Nutzung von Wasser wurden bislang kaum umgesetzt. Hier kann der Wasserverbrauch in deutschen Krankenhäusern durch einfache Maßnahmen, die zum Teil auch in privaten Haushalten Einzug gehalten haben, erheblich gesenkt werden.

[53] Institute for Ecopreneurship (IEC) (Hrsg.) (2010): Best Environmental Practices in the Healthcare Sector – A Guide to Improve your Environmental Performance. www.fhnw.ch/lifesciences/iec/forschungsfelder-und-projekte/download-projekte/projekte/best-environmental-practices-for-the-healthcare-sector. Abgerufen am: 28.07.2014

[54] United States Environmental Protection Agency (US EPA) (2012): WaterSense at Work – Best Management Practices for Commercial and Institutional Facilities. EPA 832-F-12-034. S. A-18. www.epa.gov/watersense/commercial/docs/watersense_at_work/#/3/zoomed. Abgerufen am: 28.07.2014

3 ABWASSERBEHANDLUNG

3.1 SITUATIONSBESCHREIBUNG

Abwässer aus Krankenhäusern und anderen medizinischen Einrichtungen werden entsprechend der Abwasserverordnung der kommunalen Abwasserreinigung zugeführt und damit nicht anders behandelt als Abwässer aus privaten Haushalten und öffentlichen Einrichtungen.

Eine rechtliche Verpflichtung zur Vorbehandlung von Abwasser, das in Krankenhäusern anfällt, besteht derzeit nicht. In der Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer[55, 56] werden Krankenhausabwässer unter „häusliches Abwasser“ eingruppiert.[57] Eine umfangreiche Literaturstudie ergab, dass die Belastung des Krankenhausabwassers mit konventionellen chemisch-physikalischen Standardparametern durchaus mit kommunalem Abwasser vergleichbar ist.[58]

Besondere Belastung von Krankenhausabwasser

Wie sich in kommunalen Abwassersystemen der Anteil des Eintrags von Arzneimittelrückständen aus Krankenhäusern im Verhältnis zur häuslichen Emission verhält, ist

[55] BMJV (2009): Abwasserverordnung, Anhang 1. www.gesetze-im-internet.de/abwv/index.html. Abgerufen am: 28.07.2014

[56] Darüber hinaus enthält das Merkblatt 775 „Abwasser aus Krankenhäusern und anderen medizinischen Einrichtungen“ der deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA, 2010, ISBN 978-3-941897-62-5) eine vollständige Übersicht über die möglichen krankenhausspezifischen Abwasseranfallstellen und deren spezifische Inhaltsstoffe. Das Abwasser von einzelnen Anfallstellen unterliegt dabei anderen Anhängen der Abwasserverordnung als dem Anhang 1. Im Wesentlichen sind dies:
Anhang 31: Wasseraufbereitung, Kühlsysteme, Dampferzeugung,
Anhang 47: Rauchgaswäsche (in Ausnahmefällen beim Betrieb eines eigenen Kraftwerkes relevant),
Anhang 49: Mineralölhaltiges Abwasser,
Anhang 50: Zahnbehandlung,
Anhang 53: Fotografische Prozesse (Silberhalogenidfotografie),
Anhang 55: Wäschereien.
Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (2010): Merkblatt DWA-M 775 Abwasser aus Krankenhäusern und anderen medizinischen Einrichtungen. www.dkgev.de/media/file/8686.RS402-10_Anlage.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

[57] „Derzeit gibt es weder in Deutschland noch auf europäischer Ebene weitergehende und abgestimmte Strategien zur Verringerung von Trinkwasser- und Gewässerbelastungen durch Arzneimittelwirkstoffe. Die bestehenden rechtlichen Regelungen innerhalb des europäischen Zulassungsverfahrens beschränken sich auf einzelne Wirkstoffe und setzen dabei Maßnahmen zur Risikominderung einen eng begrenzten Rahmen. Es besteht daher dringender Bedarf an der systematischen Bestimmung von Handlungsmöglichkeiten, die unter Berücksichtigung des hohen individuellen und gesellschaftlichen Nutzens von Arzneimitteln, einen vorsorgenden Umgang mit den Folgen ihres Einsatzes für den Trinkwasser- und Gewässerschutz ermöglichen“. Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH (2010): Start Strategien zum Umgang mit Arzneimittelwirkstoffen im Trinkwasser. www.start-project.de. Abgerufen am: 28.07.2014

[58] Mauer, C. (2011): Technische und ökonomische Aspekte der separaten Erfassung und Behandlung von Krankenhausabwasser. Aachen. S. 6. http://darwin.bth.rwth-aachen.de/opus3/volltexte/2011/3750/pdf/3750.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

noch nicht abschließend geklärt. Die Anteile schwanken in Abhängigkeit des Wirkstoffs und des Einzugsgebiets.[59, 60]

Krankenhausabwasser unterscheidet sich insbesondere aufgrund seuchenhygienisch bedenklicher Krankheitserreger, antibiotikaresistenter Bakterien und mutagen wirkender Stoffe vom kommunalen Abwasser.[61, 62]

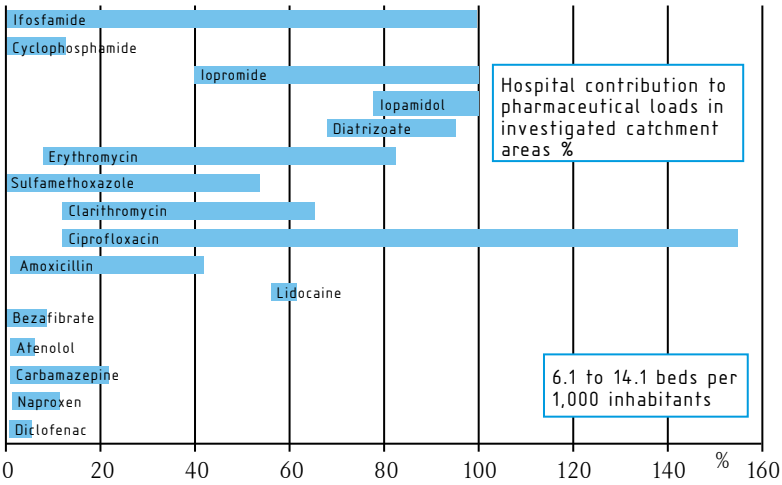


Abbildung 3: Krankenhäuser als Punktquelle für Medikamenteneinträge[63]

Einige Arzneimittel (Röntgenkontrastmittel, manche Antibiotika, Zytostatika z. B. aus der Chemotherapie) werden ausschließlich in Krankenhäusern bzw. in deutlich höheren Mengen als in Privathaushalten angewendet (Abbildung 3).[64] Auch werden erhöhte Konzentrationen so genannter Adsorbierbarer Organisch gebundener Halogene (AOX) gemessen, die im Wesentlichen aus der Anwendung

[59] Mauer, C. (2011): Technische und ökonomische Aspekte der separaten Erfassung und Behandlung von Krankenhausabwasser. Aachen. S. 1. http://darwin.bth.rwth-aachen.de/opus3/volltexte/2011/3750/pdf/3750.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

[60] Pills-Projekt (2012): Erkenntnisse und Aktivitäten des Europäischen Kooperationsprojektes PILLS. www.pills-project.eu. Abgerufen am: 28.07.2014

[61] WasserWissen (2014): Krankenhausabwässer. www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/k/krankenhausabwaesser.htm. Abgerufen am: 28.07.2014

[62] Schulte-Oehlmann U. et al. (2007): Humanpharmakawirkstoffe in der Umwelt: Einträge, Vorkommen und der Versuch einer Bestandsaufnahme. In: UWSF – Z Umweltchem Ökotox 19 (3) 168 – 179. www.start-project.de/downloads/UWSF_Schulte_Oehlmann_et_al_0807.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

[63] Pills-Projekt (2012): Erkenntnisse und Aktivitäten des Europäischen Kooperationsprojektes PILLS. www.pills-project.eu. Abgerufen am: 28.07.2014

[64] Pills-Projekt (2012): Erkenntnisse und Aktivitäten des Europäischen Kooperationsprojektes PILLS. www.pills-project.eu. Abgerufen am: 28.07.2014

und Ausscheidung iodierter Röntgenkontrastmittel resultieren. Ein Teil der Arzneimittelrückstände können im Abwasser unverändert überdauern und werden in kommunalen Kläranlagen nicht oder nur unvollständig abgebaut.[65]

Die Diskussion zur gesonderten Behandlung von Abwasser aus Krankenhäusern ergibt sich aus der angenommenen höheren Belastung des Abwassers mit pathogenen und/oder multiresistenten Erregern sowie Arzneimittelrückständen. Wenngleich dieses Thema mit all seinen Facetten in dieser Kurzanalyse nicht weiter vertieft werden kann, spielt es eine wichtige Rolle bei der Bewertung von Lösungen bei Ressourceneffizienzmaßnahmen.

Um negative Umweltwirkungen zu verhindern, könnte daher eine Abwasservorbehandlung sinnvoll sein, bevor das Abwasser in das kommunale Abwassersystem geleitet wird. Schädliche Auswirkungen für Menschen und Umwelt sind von einer Belastung mit Hormonen und anderen Arzneimitteln zu befürchten. Der Wissensstand hierzu stellt sich unterschiedlich dar:

Insbesondere Hormone (z. B. Östrogene), die über das Abwasser in Flüsse und Seen gelangen, stellen eine Gefahr für Amphibien und Fische dar. Hormone wirken bei Fischen und Amphibien bereits in geringen Konzentrationen. Das Geschlecht wird bei ihnen erst im Laufe der Entwicklung festgelegt. Durch den Einfluss von Hormonen kann es dazu kommen, dass sich das Geschlechterverhältnis verschiebt und sich fast nur weibliche oder männliche Tiere einer Art entwickeln. Daraus folgt ein Rückgang der Fortpflanzung, was im extremsten Fall zum Ausfall einer Art führen kann. Auch können Hormone einen Einfluss auf die Schilddrüsenfunktion ausüben. Dies wird beispielsweise bei Froschlarven in Form eines Kropfes sichtbar.

[65] Mauer, C. (2011): Technische und ökonomische Aspekte der separaten Erfassung und Behandlung von Krankenhausabwasser. Aachen. S. 1. http://darwin.bth.rwth-aachen.de/opus3/volltexte/2011/3750/pdf/3750.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

Das Umweltbundesamt sieht hier die Lösung in der Abwasserwirtschaft, die durch eine verbesserte Wasseraufbereitung den Eintrag gefährdender Substanzen deutlich verringern soll.[66, 67]

Insbesondere im Wasser lebende Organismen sind häufig mehreren Arzneimitteln und anderen chemischen Wirkstoffen gleichzeitig ausgesetzt. Die Wirkung der Stoffe kann sich dabei addieren. Unklar ist bislang, wie solche Effekte in der Risikobewertung abgeschätzt oder berücksichtigt werden können. „Weiter erschwert wird die Gefahrenabschätzung durch die zahlreichen Abbauprodukte von Arzneimittelwirkstoffen, die im menschlichen Körper, in der Kläranlage oder in den Gewässern selbst entstehen. Über ihre toxikologischen Eigenschaften ist so gut wie nichts bekannt.“[68]

Ob eine Vorbehandlung der Krankenhausabwässer direkt am Anfallort einen sinnvollen Beitrag zum Schutz der aquatischen Umwelt vor dem Eintrag von Arzneimittelrückständen leisten kann, ist umstritten.[69] Während Verfahrenstechniken zur Entkeimung von Abwasser weitgehend bekannt sind, ist die Elimination von Arzneimittelrückständen aus Abwasser derzeit Gegenstand zahlreicher Forschungsvorhaben.[70, 71, 72]

Wärmerückgewinnung aus Abwasser

Die im Abwasser enthaltene Wärme kann grundsätzlich erneut genutzt werden, um in den Energiekreislauf der

[66] Fraczek, J. et al. (2012): Medikamente im Trinkwasser: www.dw.de/medikamente-im-trinkwasser/av-16453801. Abgerufen am: 28.07.2014
[67] WasserWissen (2014): Hormone. www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/h/hormone.htm. Abgerufen am: 28.07.2014
[68] Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH (2008): Humanarzneimittelwirkstoffe: Handlungsmöglichkeiten zur Verringerung von Gewässerbelastungen – Eine Handreichung für die Praxis. www.start-project.de/downloads/start.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014
[69] Schulte-Oehlmann U. et al. (2007): Humanpharmakawirkstoffe in der Umwelt: Einträge, Vorkommen und der Versuch einer Bestandsaufnahme. In: UWSF – Z Umweltchem Ökotox 19 (3) 168 – 179. www.start-project.de/downloads/UWSF_Schulte_Oehlmann_et_al_0807.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014
[70] Mauer, C. (2011): Technische und ökonomische Aspekte der separaten Erfassung und Behandlung von Krankenhausabwasser. Aachen. S. 2. http://darwin.bth.rwth-aachen.de/opus3/volltexte/2011/3750/pdf/3750.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014
[71] Pinnekamp J.; Merkel W. (2008): Senkung des Anteils organischer Spurenstoffe in der Ruhr durch zusätzliche Behandlungsstufen auf kommunalen Kläranlagen – Güte- und Kostenbetrachtungen. www.lanuv.nrw.de/wasser/abwasser/forschung/pdf/Abschlussbericht_IV-7-042%201%20D%206+7.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014
[72] Pills-Projekt (2012): Erkenntnisse und Aktivitäten des Europäischen Kooperationsprojektes PILLS. www.pills-project.eu. Abgerufen am: 28.07.2014

Krankenhäuser zurückgeführt zu werden. In Deutschland werden ca. 5 % des gesamten Endenergieverbrauchs zur Warmwasseraufbereitung benötigt.

Die Wärmerückgewinnung aus Abwasser wird bereits seit 20 Jahren erfolgreich eingesetzt, so dass hier umfangreiche Praxiserfahrungen vorliegen. Insbesondere im Krankenhaus ist darauf zu achten, dass das Wasser eine entsprechend hohe Temperatur aufweist, um die Vermehrung von Legionellen im Leitungssystem zu verhindern.

Für das Erwärmen von Trinkwasser für Zwecke, bei denen warmes und heißes Wasser benötigt wird (z. B. Körperpflege wie Baden und Duschen, Therapiebäder, Wäschewaschen, Geschirrspülen oder zur Lebensmittelzubereitung), wird Energie benötigt. Die Energie wird in der Regel aus der zentralen Heizungsanlage bezogen und aus Holz, Öl, Gas, Fernwärme, Solarthermie oder Photovoltaik etc. gewonnen. Eine Übersicht zum Energieverbrauch und zu Einsparpotenzialen ist in einer Studie des Fraunhofer UMSICHT zu finden.[73]

In Krankenhäusern erreichen die durchschnittlichen Abwassertemperaturen 23 bis 26 °C, was im Vergleich zu anderen regenerativen Energiequellen einen relativ hohen Wert ergibt. Um die Wärme zurückzugewinnen, wird ein separater Speicher benötigt, in dem Abwasser gesammelt wird. Über Wärmetauscher wird dem Abwasser seine Wärme wieder entzogen und indirekt auf das Trinkwasser übertragen. Eine zweite speicherlose Variante ist die direkte Wärmeübertragung über ein Kreislaufverbundsystem, das die Abwärme aus dem Abwasser im Gegenstromprinzip auf das zugeleitete Trinkwasser überträgt. Auf diese Weise wird mit der Restwärme des Abwassers das Trinkwasser vorgewärmt. Es bedarf anschließend nur noch der Energie für das Aufheizen auf die gewünschte Endtemperatur.

Gegenüber der indirekten Wärmeübertragung besteht die Möglichkeit der Abwärmenutzung über eine Wärmepumpe. In einem Forschungsprojekt des Fraunhofer IRB wurde er-

[73] Beier, C. (2009): Analyse des Energieverbrauchs und exemplarische Best-practice-Lösungen für relevante Verbrauchssektoren in Krankenhäusern. https://www.dbu.de/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-23472.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

mittelt, dass durch den Einsatz von Abwasserwärmepumpensystemen zur Trinkwarmwassererzeugung gegenüber konventioneller Erzeugung mit Gas- oder Ölkessel bzw. elektrischer Direktheizung Einsparungen an CO_2-Emissionen von 25 % bis 73 % und Kosteneinsparungen von 32 % bis 77 % möglich sind. Um diese Einsparungen kontinuierlich beizubehalten, ist es erforderlich, den sich abwasserseitig bildenden Biofilm (Anlagerung von Mikroorganismen) z. B. durch automatisierte Reinigungsverfahren regelmäßig zu entfernen, da Biofilm eine isolierende Wirkung zeigt.[74]

Die energetische Amortisationszeit für den Einbau einer Anlage zur Wärmerückgewinnung kann bei 3.600 Stunden angesetzt werden und die finanzielle Amortisation liegt in Abhängigkeit von den Energiepreisen zwischen drei und sechs Jahren.[75]

Eine umfassende Übersicht über die Energiegewinnung aus Abwasser ist in einer Bachelorarbeit der Hochschule Rhein-Main zu finden.[76]

Die Erfahrung in der Praxis hat gezeigt, dass die dezentrale Wärmerückgewinnung aus Abwasser eine etablierte Technik darstellt, mit der die Energie- und Ressourceneffizienz gebäudetechnischer Anlagen ökonomisch und ökologisch sinnvoll gesteigert werden kann.

3.2 STAND UND POTENZIALE DER TECHNIK FÜR EINE ERWEITERTE ABWASSERBEHANDLUNG

Die im Abwasser enthaltenen Schadstoffe werden in kommunalen Kläranlagen durch chemische und biologische Verfahren entfernt, nachdem die enthaltenen Feststoffe abgeschieden wurden. Jedoch bereiten zunehmend Abwassereinträge aus Krankenhäusern, Industrieanlagen und Landwirtschaft, die biologisch nur schwer abbaubar sind, Probleme bei der Abwasserbehandlung. Diese ungewollten

[74] BHKS-Almanach (2012): Potential der dezentralen Abwasserwärmerückgewinnung. S. 44 – 48. www.btga.de/almanach/2012/044-049.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014
[75] Save our Energy (2014): Wärmerückgewinnung aus Abwasser. www.save-our-energy.de/ideaOffies.php?id=1863. Abgerufen am: 28.07.2014
[76] Anton, J. (2013): Energie aus Abwasser. www.paulguckelsberger.de/WasserProjekte/Energie%20aus%20Abwasser.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

Einträge können durch physikalisch-chemische Verfahren wie erweiterte Oxidationsprozesse (Advanced Oxidation Processes, AOP) mit Ozonierung, UV-Bestrahlung oder die Zugabe von Eisensalzen in Kombination mit Wasserstoffperoxid entfernt werden. Diesen Reinigungsverfahren werden meistens chemische Zusätze zugefügt, die als Gefahrstoffe eingestuft sind und nicht in das Trinkwasser gelangen dürfen.[77]

Dezentral an Punktquellen wie in Krankenhäusern können ähnliche Verfahren wie bei Kläranlagen eingesetzt werden. Derzeit sind folgende Verfahren gebräuchlich (Abbildung 4):

MEMBRANFILTRATION	OXIDATION	ABSORPTION AN AKTIVKOHLE
▪ Mikrofiltration	▪ Ozonierung (O_3)	▪ Pulverkohleverfahren
▪ Ultrafiltration	▪ UV-Bestrahlung (UV)	▪ Bettfiltration
▪ Nanofiltration	▪ Wasserstoff-peroxid (H_2O_2)	
▪ Umkehrosmose		

Abbildung 4: Techniken für die Elimination von Arzneimittelrückständen[78]

Exkurs: Auszug aus den Ergebnissen des Europäischen Kooperationsprojektes PILLS[79]: Stand der Technik zur Abwasserreinigung im Krankenhaus

Ozonierung

Ozon ist ein Oxidationsmittel, das u. a. bei der Desinfektion von Trinkwasser zur Anwendung kommt, aber auch in der Abwasserreinigung genutzt werden kann. In Abhängigkeit der eingesetzten Ozondosis werden die Abwasserinhaltsstoffe oxidiert, wobei neben CO_2 und Wasser Transformationsprodukte entstehen. Diese Reaktionsprodukte können auch toxisch oder

[77] Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB (2013): Plasmachemischer Abbau organischer Schadstoffe aus Wasser. www.igb.fraunhofer.de/de/kompetenzen/grenzflaechentechnik/plasmaverfahren/abbau-organischer-schadstoffe.html. Abgerufen am: 28.07.2014

[78] Nafo, I. (2009): Lösungsansätze aus der Wasserwirtschaft – Techniken und Instrumente zur Reduzierung des Eintrags von pharmazeutischen Rückständen. www.pills-project.eu/content/177/documents/4_ChallengesTechniquesDrIssaNafo.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

[79] Wörtlich übernommen aus: PILLS-Projekt (2012): Erkenntnisse und Aktivitäten des Europäischen Kooperationsprojektes PILLS. S. 15. www.pills-project.eu. Abgerufen am: 28.07.2014

persistent gegenüber der biologischen Abbaubarkeit sein.

Advanced Oxidation Processes (AOP) = erweiterte Oxidation

Erweiterte Oxidationsprozesse sind Kombinationsverfahren mit dem Ziel, die Bildung von Hydroxyl-Radikalen (OH•) zu intensivieren. Diese Hydroxyl-Radikale sind starke Oxidationsmittel und können ozonrefraktäre Arzneimittelwirkstoffe als auch organische Stoffe oxidieren. Mit Blick auf die mögliche Toxizität oder erschwerte weitere Abbaubarkeit der entstehenden Oxidationsprodukte sollten weitere Untersuchungen durchgeführt werden. Die am häufigsten untersuchten AOP-Verfahren sind UV/Ozon, UV/H_2O_2, Ozon/H_2O_2, Fenton-Reaktion und UV/TiO_2.

UV, Ozon und UV, H_2O_2

Die photolytische Wirkung der reinen UV-Strahlung wird effektiv bei der Desinfektion von Abwasser eingesetzt. Um die Oxidation gelöster Abwasserinhaltsstoffen zu ermöglichen, kann es in Kombination mit Ozon oder H_2O_2 zur Bildung von Hydroxyl-Radikalen eingesetzt werden. In diesem Fall wird die indirekte, radikalische Kettenreaktion gezielt gefördert. Diese AOP-Verfahren sind vergleichbar mit Ozon und H_2O_2. Daher sind die Kosten für die Auswahl der optimalen Prozesse entscheidend.

Fenton-Reaktion ((UV), H_2O_2, Fe2+ oder Fe3+)

Beim Einsatz eines Katalysators (Eisen) und bei entsprechenden Milieubedingungen kann die Hydroxyl-Radikal-Ausbeute intensiviert werden.

UV und TiO_2

Auch bei der Kombination von UV-Licht und TiO_2 wird der Photokatalysator (TiO_2) mittels UV-Licht aktiviert. Der Einsatz bei Umgebungstemperatur und -druck stellt einen besonderen Vorteil dieses AOP-Verfahrens dar. Eine der Herausforderungen dieser Verfahrensoption besteht in der Abtrennung des partikulären Katalysators vom gereinigten Wasser.

Aktivkohle

Bei der Abwasserbehandlung mit Aktivkohle sorbieren die Substanzen an der Kohleoberfläche; entweder bei Zugabe von Pulveraktivkohle (PAC) mit anschließender Abtrennung der beladenen PAC oder in granulierter Form als Festbett (GAC).

Umkehrosmose

In der Umkehrosmose (RO) werden Substanzen durch eine dichte Membran zurückgehalten. Der MBR-Ablauf wurde für die Untersuchungen an RO verwendet.

Oxidation mit Eisenoxid

Ferrate (Fe(VI)) können zur Oxidation von Spurenstoffen verwendet werden. Experimente wurden mit Modellabwasser und realem Abwasser durchgeführt.

Zur Reduzierung des Eintrags pharmazeutischer Rückstände wird der Umkehrosmose und Nanofiltration für die Abwasservorbehandlung im Krankenhaus keine hohe Wirtschaftlichkeit beigemessen. Auch die Mikro- und Ultrafiltration (als MBR) scheinen nicht ausreichend zu sein, um eine effiziente Elimination der breiten Palette pharmazeutischer Rückstände zu gewährleisten, wohl aber als Vorbehandlung für die Ozonierung bzw. die Adsorption an Aktivkohle. Eine sehr hohe Eliminationsleistung wird mit Ozon und Aktivkohle erreicht.[80]

Eine umfassende Bewertung innovativer Verfahren für eine Abwasservorbehandlung im Krankenhaus wurde im Rahmen des Forschungsprojektes start vorgenommen.[81] „Dazu gehören Membran-Bioreaktoren, Adsorptionsverfahren mit Pulveraktivkohle, Ozonierung und Photooxidation. Übergreifendes Ergebnis der Bewertung ist, dass keines der betrachteten Verfahren alleine in der Lage ist, das bekannte Spektrum von Arzneimittelwirkstoffen vollständig aus dem

[80] Nafo, I. (2009): Lösungsansätze aus der Wasserwirtschaft – Techniken und Instrumente zur Reduzierung des Eintrags von pharmazeutischen Rückständen. www.pills-project.eu/content/177/documents/4_ChallengesTechniquesDrIssaNafo.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

[81] Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH (2008): Strategien zum Umgang mit Arzneimittelwirkstoffen im Trinkwasser (start). www.start-project.de/projekt/kurzbeschreibung.htm. Abgerufen am: 28.07.2014

kommunalen Abwasser zu entfernen."[82]

Ein innovativer Ansatz ist die Anwendung eines sogenannten Atmosphärendruckplasmas. Durch den Einsatz eines Plasmareaktors, in dem die Schadstoffe oxidiert werden, entfallen der Einsatz von Chemikalien und deren Entsorgung.[83]

Eine weitere Möglichkeit zur separaten Erfassung belasteten Wassers aus Krankenhäusern besteht im Aufbau eines getrennten Abwassersystems. So kann Schwarzwasser getrennt gesammelt und in einem Bioreaktor zur Gewinnung von Biogas genutzt werden. Versuche an der Bauhaus-Universität Weimar haben gezeigt, dass gleichzeitig für bestimmte Arzneimittelrückstände gute Abbauquoten erzielt werden können (z. B. für Diclofenac von 92 % und für Metformin von 95 % - siehe auch Kapitel 3.3).[84]

Die volkswirtschaftlichen Ressourceneffizienzaspekte einer separaten (Vor-)Behandlung von Abwasser aus Krankenhäusern sind umstritten. Die Kosten für eine gesonderte Behandlung von Krankenhausabwasser fallen, je nach Größe des Krankenhauses, unterschiedlich aus. Für große Häuser mit mehr als 1.200 Betten werden etwa 3,00 Euro/m^3 geschätzt und bei kleinen Häusern mit weniger als 100 Betten werden bis zu 8,00 Euro/m^3 angenommen.[85] Diese Einschätzung wird durch ein EU-gefördertes Projekt gestützt. Dort wurden für die Gesamtkosten einer dezentralen Behandlung von Krankenhausabwasser 4,70 Euro/m^3 (für den MBR-Teil) bis 5,50 Euro/m^3 (MBR + UV/H_2O_2 + GAC) kalkuliert. Darin enthalten sind variable (Betriebs-)Kosten von 1,45 Euro/m^3 (MBR) bis 1,85 Euro/m^3 (MBR + UV/H_2O_2 + GAC).[86]

[82] Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH (2008): Strategien zum Umgang mit Arzneimittelwirkstoffen im Trinkwasser (start). www.start-project.de/broschuere/32_2.htm. Abgerufen am: 28.07.2014

[83] Fraunhofer IGB (2013): Schad- und Spurenstoffe aus Abwasser entfernen. www.igb.fraunhofer.de/de/presse-medien/presseinformationen/2013/schad–und-spurenstoffe-aus-abwasser-entfernen.html. Abgerufen am: 28.07.2014

[84] VDI ZRE: Mit Abwasser Energie erzeugen – Abwassersysteme in Krankenhäusern: www.ressource-deutschland.tv/themen/bauwesen/mit-abwasser-energie-erzeugen-abwassersysteme-krankenhaeusern/. Abgerufen am: 28.07.2014

[85] Pinnekamp, J. (2009): Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben: „Eliminierung von Spurenstoffen aus Krankenhausabwässern mit Membrantechnik und weitergehenden Behandlungsverfahren – Pilotprojekt Kreiskrankenhaus Waldbröl" AZ IV – 9 – 042 1B4 0020. www.lanuv.nrw.de/wasser/abwasser/forschung/pdf/Abschlussberichtpilotprojektw.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

[86] Pills-Projekt (2012): Erkenntnisse und Aktivitäten des Europäischen Kooperationsprojektes PILLS. www.pills-project.eu. Abgerufen am: 28.07.2014

Über die Kosten und Wirtschaftlichkeit von Anlagen zur separaten Erfassung und Behandlung von Krankenhausabwässern ist bekannt, dass für mittelgroße Krankenhäuser (ca. 400 Betten) etwa 2 Millionen Euro Investitionskosten aufgebracht werden müssen.[87]

Aus Wirtschaftlichkeitsgründen wurde eine separate Abwasserbehandlung in Krankenhäusern bisher nur in Forschungs- und Modellprojekten realisiert.[88] Im Rahmen des Forschungsschwerpunkts „Sozial-ökologische Forschung" fördert das BMBF ein transdisziplinäres Forschungsprojekt, das Strategien zum Umgang mit Arzneimittelwirkstoffen im Trinkwasser entwickeln soll.[89]

3.3 GOOD-PRACTICE-BEISPIELE

In Nordrhein-Westfalen wurde zwischen 2006 und 2009 im Rahmen eines Pilotprojektes am Kreiskrankenhaus Waldbröl (KKH Waldbröl) erstmals eine Anlage zur separaten Behandlung von Krankenhausabwasser errichtet und als Membranbioreaktor (MBR) ausgebildet. Das Krankenhaus stellte eine bedeutende Punktquelle für den Eintrag toxischer und mutagener Substanzen und Substanzgemische in das kommunale Abwassernetz dar. Die aus dem Pilotprojekt gewonnenen Erkenntnisse ergaben zwar, dass für Antibiotika im MBR deutlich bessere Eliminationsraten erzielt werden konnten als in kommunalen Kläranlagen, dass eine Behandlung des Krankenhausabwassers mittels MBR jedoch nicht grundsätzlich zu einer Reduktion der toxischen Effekte führte und somit keinen markanten Beitrag zum

[87] Pinnekamp, J. (2009): Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben: „Eliminierung von Spurenstoffen aus Krankenhausabwässern mit Membrantechnik und weitergehenden Behandlungsverfahren – Pilotprojekt Kreiskrankenhaus Waldbröl" AZ IV – 9 – 042 1B4 0020. www.lanuv.nrw.de/wasser/abwasser/forschung/pdf/Abschlussberichtpilotprojektw.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

[88] WasserWissen (2014): Krankenhausabwässer. http://www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/k/krankenhausabwaesser.htm. Abgerufen am: 28.07.2014

[89] start (2009): Strategien zum Umgang mit Arzneimittelwirkstoffen im Trinkwasser. www.start-project.de. Abgerufen am: 28.07.2014

Stoffrückhalt leistete.[90, 91] Die spezifischen Gesamtkosten für die Abwasserreinigung am KKH Waldbröl mit 342 Betten betrugen 4,92 Euro/m^3. Der größte Teil davon entfiel auf den Bau und Betrieb des MBR.[92]

An der Bauhaus-Universität in Weimar im Fachbereich Siedlungswasserwirtschaft werden in verschiedenen Forschungsprojekten im Rahmenprogramm FONA (Forschung für Nachhaltige Entwicklungen des BMBF) Möglichkeiten für eine ressourceneffiziente und nachhaltige Abwasserbehandlung erforscht.[93] Mit dem Vorhaben werden drei Ziele verfolgt:

1. separate Erfassung von Schwarzwasser und Gewinnung von Biogas in einem Bioreaktor,
2. Reduktion der Abwasserbelastung mit Arzneimitteln, die hauptsächlich über die Toiletten ins Abwasser gelangen,
3. erneute Nutzung von Grauwasser aus Duschen und Handwaschbecken.

Zur Einrichtung eines getrennten Abwassersystems im Bestand wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem in herkömmlichen Abwasserrohren zwei Rohre eingelassen werden können. Dies geschieht mit Hilfe eines so genannten Inliner-Verfahrens, bei dem nacheinander zwei schlauchförmige, in Harz getränkte Gewebe in ein bestehendes Rohr eingeblasen werden. In einem Rohr wird

[90] Beier, S. et al. (2008): Untersuchungen zur separaten Erfassung und Behandlung von Krankenhausabwasser mit Membrantechnik und weitergehenden Verfahren. Gewässerschutz – Wasser – Abwasser, Band 211, Hrsg.: J. Pinnekamp, Gesellschaft zur Förderung der Siedlungswasserwirtschaft an der RWTH Aachen e.V., ISBN 978-3-938996-17-1

[91] Pinnekamp, J. (2009): Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben: „Eliminierung von Spurenstoffen aus Krankenhausabwässern mit Membrantechnik und weitergehenden Behandlungsverfahren – Pilotprojekt Kreiskrankenhaus Waldbröl“ AZ IV – 9 – 042 1B4 0020. www.lanuv.nrw.de/wasser/abwasser/forschung/pdf/Abschlussberichtpilotprojektw.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

[92] Mauer, C. (2011): Technische und ökonomische Aspekte der separaten Erfassung und Behandlung von Krankenhausabwasser. Aachen. http://darwin.bth.rwth-aachen.de/opus3/volltexte/2011/3750/pdf/3750.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

[93] Siedlungswasserwirtschaft an der Bauhaus-Universität Weimar; aktuelle Forschungsprojekte: http://www.uni-weimar.de/de/bauingenieurwesen/professuren/siedlungswasserwirtschaft/forschung/aktuelle-projekte/. Abgerufen am: 28.07.2014

das arzneimittelhaltige Schwarzwasser aus den Toiletten zu einem Bioreaktor geführt, in dem unter Hinzufügen weiterer Bioabfälle Biogas zur Versorgung eines Blockheizkraftwerks gewonnen werden kann. Dies funktioniert aufgrund des geringeren Abwasserrohrdurchmessers allerdings nur mit einem Unterdrucksystem für Toilettenspülungen. Das Grauwasser wird in dem zweiten Rohr zu einer Grauwasser-Aufbereitungsanlage geführt und kann so für die Toilettenspülung oder Gartenbewässerung erneut verwendet werden. Dieses Verfahren wird anschaulich in einem Film dargestellt.[94]

In der Literatur finden sich für Länder mit ähnlichem abwassertechnischem Standard wie in Deutschland meist nur rudimentäre Hinweise auf separate Anlagen zur Behandlung von Krankenhausabwasser.[95]

In der EU arbeiteten sechs Partner aus sechs europäischen Staaten zwischen 2009 – 2012 im Rahmen des PILLS-Projekts daran, die Wirksamkeit und Effektivität einer dezentralen Behandlung von Krankenhausabwasser zur gezielten Spurenstoffelimination bewerten zu können.[96, 97]

In dem Projekt wurde ermittelt, dass die biologische Abwasserreinigung nicht ausreichend war und weitergehende Verfahren für die Beseitigung der meisten Arzneimittelrückstände aus dem Abwasser erforderlich sind. Auch wenn sich die toxischen Effekte des Krankenhausabwassers im MBR reduzieren, kann der MBR-Ablauf auch weiterhin Substanzen mit toxischer Wirkung auf bestimmte Organismen beinhalten. Durch die Nachbehandlung mit Aktivkohle- oder durch den Einsatz von Biofiltern wurde eine weitestgehende Reduktion erreicht. Eine Nachbehandlung im Sandfilter erzielte eine teilweise Reduktion dieser Wirkungen. Eine weitergehende Abwasserbehandlung, um die

[94] VDI ZRE: Mit Abwasser Energie erzeugen – Abwassersysteme in Krankenhäusern: www.ressource-deutschland.tv/themen/bauwesen/mit-abwasser-energie-erzeugen-abwassersysteme-krankenhaeusern. Abgerufen am: 28.07.2014
[95] Ebd., S. 27.
[96] Deutschland – Emschergenossenschaft; Frankreich – Université de Limoges; Großbritannien – Glasgow Caledonian University; Luxemburg – Centre de Recherche Public, Henri Tudor (öffentlich-rechtliches Forschungszentrum); Niederlande – Waterschap Groot Salland (öffentlich-rechtlicher Wasserverband); Schweiz – Eawag (öffentlich-rechtliche Forschungseinrichtung)
[97] Pills-Projekt (2012): Erkenntnisse und Aktivitäten des Europäischen Kooperationsprojektes PILLS. www.pills-project.eu. Abgerufen am: 28.07.2014

Substanzen mit toxischer Wirkung zu eliminieren, wurde als wirksam erachtet. Dies kann beispielsweise durch einen MBR plus Ozon, Aktivkohle, UV und H_2O_2 oder Umkehrosmose geschehen. Für die UV-Behandlung wurde deutlich mehr Energie benötigt als für eine Behandlung mit Ozon. Für die Umkehrosmosestufe war mehr als 1,0 kWh/m³ an Energie erforderlich.[98]

Der Schlamm aus Anlagen zur separaten Behandlung von Krankenhausabwasser soll zur Elimination pathogener Erreger ausgefault werden. Alternativ dazu sind auch eine Trocknung in Schlammbeeten und anschließende Verbrennung möglich.[99, 100]

Anders stellt sich die Situation in Entwicklungs- und Schwellenländern dar, die nicht über die Infrastruktur einer zentralen Abwasserbehandlung verfügen und in denen Abwasser aus einer Kanalisation ungeklärt in Gewässer eingeleitet werden. Hier empfiehlt die WHO eine Behandlung des Krankenhausabwassers vor Ort durch mechanische Vorbehandlung, biologische Behandlung, weitergehende Behandlung mittels eines Schönungsteichs oder einer Filtration zur Begrenzung der abfiltrierbaren Stoffe auf < 10 mg/l bzw. eine Desinfektion auf Chlor- oder UV-Basis.[101]

Exkurs: Auszug aus den Ergebnissen des start-Projekts[102]

Auswahl internationaler Forschungsprojekte, die sich mit dem Thema Arzneimittelrückstände im Abwasser beschäftigen:

ERAPharm – Environmental Risk Assessment of Pharmaceuticals: Erweiterung der Wissensbasis und der be-

[98] Ebd.
[99] Ebd.
[100] Mauer, C. (2011): Technische und ökonomische Aspekte der separaten Erfassung und Behandlung von Krankenhausabwasser. Aachen. S. 28. http://darwin.bth.rwth-aachen.de/opus3/volltexte/2011/3750/pdf/3750.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014
[101] WHO (2014): Safe management of wastes from health-care activities, 2nd edition, Wastewater ab S. 147. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/85349/1/9789241548564_eng.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014
[102] Wörtlich übernommen aus: Pills-Projekt (2012): Strategien zum Umgang mit Arzneimittelwirkstoffen im Trinkwasser. www.start-project.de/broschuere/48.htm. Abgerufen am: 28.07.2014

stehenden Methoden zur Umweltrisikobewertung von Human- und Veterinärpharmaka (Projekt gefördert im 6. EU-Forschungsrahmenprogramm); www.erapharm.org

KNAPPE – Knowledge and Need Assessment on Pharmaceutical Products in Environmental Waters: Identifikation von vorrangigen Maßnahmen zur Verringerung des Vorkommens, der Wirkungen und Risiken von Arzneimitteln in Gewässern (Projekt gefördert im 6. EU-Forschungsrahmenprogramm); www.knappe-eu.org

MistraPharma – Identification and Reduction of Environmental Risks Caused by the Use of Human Pharmaceuticals: Identifikation von im Gebrauch befindlichen Humanarzneimitteln, die eine mögliche Gefährdung für spezifische Arten in aquatischen Ökosystemen darstellen und Empfehlungen für neue Strategien des Risikomanagements (Projekt gefördert durch die Schwedische Stiftung für strategische Umweltforschung, Mistra); www.mistrapharma.se

NEPTUNE – New Sustainable Concepts and Processes for Optimization and Upgrading of Municipal Wastewater and Sludge Treatment: (unter anderem) Entwicklung von technologischen Lösungen zur Entfernung von Spurenverunreinigungen in der kommunalen Abwasserbehandlung (Projekt gefördert im 6. EU-Forschungsrahmenprogramm); www.eu-neptune.org

POSEIDON – Assessment of Technologies for the Removal of Pharmaceuticals and Personal Care Products in Sewage and Drinking Water Facilities to Improve the Indirect Potable Water Reuse: Bewertung von Technologien für die Entfernung von Pharmazeutika und Körperpflegemitteln im Abwasser und im Trinkwasser (Projekt gefördert im 5. EU-Forschungsrahmenprogramm); www.poseidon.bafg.de

3.4 FAZIT/POTENZIAL FÜR DEUTSCHE KRANKENHÄUSER

Durch eine lokale Vorbehandlung von Abwasser mit hohen Konzentrationen an pathogenen und/oder multiresistenten Organismen und pharmazeutischen Rückständen (z. B.

Krankenhausabwasser) ergäbe sich zweifelsfrei ein volkswirtschaftlicher Nutzen durch die Reduzierung des Eintrags dieser Rückstände in die Umwelt. Die Problematik der Kontamination des Abwassers mit Arzneimittelwirkstoffen ist jedoch nicht durch die separate Behandlung von Krankenhausabwasser zu lösen, sondern erfordert einen integrativen Ansatz, der das breite Spektrum problemrelevanter Handlungsfelder erfasst und dabei zugleich die Handlungsoptionen und Handlungsrestriktionen der relevanten Akteure berücksichtigt. Auch im häuslichen Umfeld verursachte Kontaminationen sollten dabei größere Berücksichtigung finden. Zukünftig könnte eine effiziente und zielgerichtete Abwasserbehandlung erfolgen, wenn unter anderem die Abwasserströme (Grauwasser, Schwarzwasser, ggf. Gelbwasser (z. B. Urinale) und Regenwasser) getrennt abgeleitet werden.

Die Möglichkeiten zur Realisierung dezentraler Behandlungsanlagen für Krankenhausabwasser sind abhängig von verschiedenen Voraussetzungen, Annahmen, Konstellationen und Parametern. Für die separate Erfassung und Behandlung von Krankenhausabwasser sind nicht nur zusätzliche bauliche Maßnahmen erforderlich, sondern auch veränderte Verhaltensweisen und neue Technologien, was die betriebswirtschaftliche Kalkulation und den Arbeitsablauf der Klinik erheblich belasten würde.

Internationale Forschungsergebnisse konnten bislang keine nennenswerten ressourceneffizienten Maßnahmen einer separaten Krankenhausabwasserbehandlung darlegen. Die biologische Abwasserreinigung erwies sich – bei erhöhtem Energieverbrauch – als nicht ausreichend für die Beseitigung der meisten Arzneimittelrückstände.

4 NUTZUNG VON BETRIEBSWASSER

4.1 SITUATIONSBESCHREIBUNG

Als Betriebswasser wird Regenwasser beziehungsweise aufbereitetes Grauwasser nach Maßgabe der aktuellen Vorschriften verwendet: gewerblichen industriellen, landwirtschaftlichen oder ähnlichen Zwecken dienendes Wasser mit unterschiedlichen Güteeigenschaften, worin die Trinkwassereigenschaft eingeschlossen sein kann (DIN 4046)[103], und Wasser für häusliche und gewerbliche Einsatzbereiche, welches keine Trinkwasserqualität aufweisen muss (DIN 1989).[104] Es kann z. B. für die Toilettenspülung, Kühlzwecke, Wasch- und Reinigungsanlagen und zur Bewässerung von Grünanlagen genutzt werden. Für Betriebswasser ist keine Trinkwasserqualität erforderlich.[105] Es sollte allerdings kalk- oder salzfrei sein und darf nicht zur Nahrungsmittelzubereitung verwendet werden.[106]

Dies ist bei Beachtung des Stands der Technik gewährleistet. Auch der Einsatz von Chemikalien – speziell chlorhaltigen Mitteln zur Desinfektion – und/oder ein zu hoher Energieverbrauch sind grundsätzlich abzulehnen.[107]

Es wird empfohlen, die in Abbildung 5 angegebenen Qualitätsziele zur Nutzung von Grauwasser einzuhalten.

[103] DIN 4046:1983-09 (1983): Wasserversorgung; Begriffe; Technische Regel des DVGW, Beuth Verlag
[104] DIN 1989-1 (2002): Regenwassernutzungsanlagen – Teil 1: Planung, Ausführung, Betrieb und Wartung, Beuth Verlag
[105] Bundesrat (2000): Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung mit Begründung und Vorblatt, Bundesrat Drucksache 721/00, 8. November 2000. www.landtag.nrw.de/portal/WWW/dokumentenarchiv/Dokument/BBD721-00.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014
[106] Brauchwasseranlage: http://brauchwasseranlage.de/was-ist-brauchwasser. Abgerufen am: 28.07.2014
[107] Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (2007): Innovative Wasserkonzepte, Betriebs-wassernutzung in Gebäuden. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen/download/modellvorhaben/betriebswasser_deutsch2007.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

QUALITÄTSZIELE	BEURTEILUNGSKRITERIEN/BEGRÜNDUNG
nahezu schwebstofffrei, nahezu geruchslos, farblos und klar	damit Amaturen einwandfrei funktionieren und kein Komfortverlust für die Nutzer eintritt
möglichst sauerstoffreich	› 50% Sättigung, damit das Betriebswasser lagerfähig ist
niedriger BSB[1]	BSB_7 unter 5 mg/l, um sicherzustellen, dass das Grauwasser weitgehend gereinigt ist
hygienisch / mikrobiologisch einwandfrei[2]	Gesamtcoliforme Bakterien 0/0,01ml (‹ 100/ml) Escherichia coli 0/ 0,1ml (‹ 10/ml) Pseudomonas aeruginosa 0/ 1,0ml (‹ 1/ml)

1) Der BSB_7 (biochemischer Sauerstoffbedarf gemessen über einen Zeitraum von 7 Tagen) ist ein geeigneter Wirkungsparameter, der Auskunft über die Menge der vorhandenen biologisch abbaubaren Verschmutzung des Wasses gibt. Aus messtechnischen Gründen kann gegebenenfalls auch der gesamte organisch gebundene Kohlenstoff (TOC) oder der chemische Sauerstoffbedarf (CSB) als geeigneter Paramter herangezogen werden.

2) Bei der Grauwasseraufbereitung - insbesondere wenn mehr als eine Wohneinheit angeschlossen ist - und bei der Nutzung von Ablaufwasser von befestigten Verkehrswegen sollte eine UV-Desinfektion mit einer Mindestdosis von 250-400 J/m² erfolgen.

Abbildung 5: Qualitätsziele für Betriebswasser[108]

Die Nutzung von Niederschlags- und Grauwasser ist wasserbehördlich erlaubnisfrei gestattet. Die Versickerung gereinigten Grauwassers bedarf jedoch der Erlaubnis seitens der Wasserbehörde. Entsprechend der am 1. Januar 2003 in Deutschland in Kraft getretenen novellierten Trinkwasserverordnung müssen Betriebswassernutzungsanlagen bei den örtlichen Gesundheitsämtern angezeigt werden.

Aktuelle Normen und Vorschriften

Nachfolgende Normen und Vorschriften gelten bei der Realisierung von Betriebswassernutzungsanlagen in Haushalten, Gewerbe und Industriebetrieben sowie in öffentlichen Einrichtungen[109]:

- DIN 1989 „Regenwassernutzungsanlagen Teil 1: Pla-

[108] Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (2007): Innovative Wasserkonzepte, Betriebswassernutzung in Gebäuden. www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen/ download/modellvorhaben/betriebswasser_deutsch2007.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

[109] Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (2003): Rundschreiben SenStadt VI C Nr. 1/2003. www.stadtentwicklung.berlin.de/service/gesetzestexte/de/download/bauen/RS_VI_C_01-2003.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

nung, Ausführung, Betrieb und Wartung“ (April 2002)[110],

- VDI 2070 „Betriebswassermanagement für Gebäude und Liegenschaften“ (März 2013)[111],
- Regelungen zur Betriebs- und Regenwassernutzung in der Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung vom 21. Mai 2001 (TrinkwV 2001) (Bundesgesetzblatt Jahrgang 2001 Teil I Nr. 24, Bonn 28. Mai 2001) (Januar 2003)[112],
- für Grauwasserrecyclinganlagen wurde von der Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung (fbr e.V.) das Hinweisblatt H 201 Grauwasserrecyclinganlagen für Haushalte und für den öffentlichen/gewerblichen Bereich erarbeitet .[113]

Das Gesundheitsamt überwacht entsprechend § 18 (1) der TrinkwV 2001 die Anlagen, aus denen Wasser für die Öffentlichkeit, insbesondere in Schulen, Kindergärten, Krankenhäusern, Gaststätten und sonstigen Gemeinschaftseinrichtungen, bereitgestellt wird.[114] Alle – auch bereits bestehende – Betriebs- und Regenwassernutzungsanlagen müssen seit dem 1. Januar 2003 bei den Gesundheitsämtern angezeigt werden.[115]

Nach Aussagen von Fachleuten ließe sich durch den Einsatz von Betriebswasser der Trinkwassertagesgesamtbedarf in privaten Haushalten nahezu halbieren (Abbildung 6).[116]

[110] DIN 1989-1 (2002): Regenwassernutzungsanlagen – Teil 1: Planung, Ausführung, Betrieb und Wartung, Beuth Verlag
[111] VDI (2009): VDI 2070, Betriebswassermanagement für Gebäude und Liegenschaften. Fachbereich Technische Gebäudeausrüstung. www.vdi.de/2070. Abgerufen am: 28.07.2014
[112] Bundesrat (2001): Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung vom 21. Mai 2001. Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2001, Teil I, Nr. 24. S. 959 – 980
[113] Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung (2005): fbr-Hinweisblatt H 201. Grauwasser-Recycling-Anlagen für mehrere Haushalte und für den öffentlichen/gewerblichen Bereich
[114] Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (2003): Rundschreiben SenStadt VI C Nr. 1/2003 www.stadtentwicklung.berlin.de/service/gesetzestexte/de/download/bauen/RS_VI_C_01-2003.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014
[115] Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (2007): Innovative Wasserkonzepte, Betriebswassernutzung in Gebäuden. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen/download/modellvorhaben/betriebswasser_deutsch2007.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014
[116] HaustechnikDialog (2012): Betriebswasser – Wassermengen. Prozentuale Verteilung möglicher Betriebswasserverbraucher in deutschen Privathaushalten. www.haustechnikdialog.de/shkwissen/950/Betriebswasser-Wassermengen. Abgerufen am: 28.07.2014

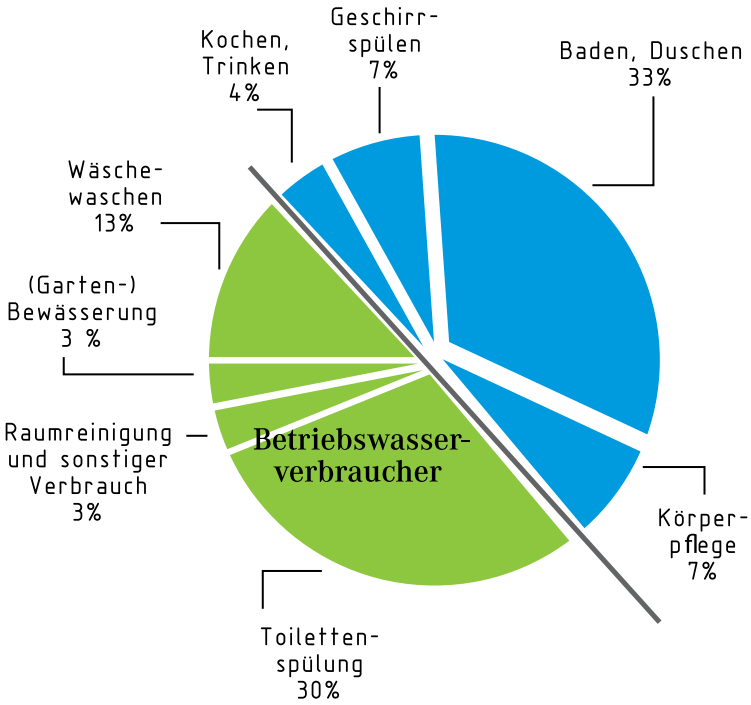


Abbildung 6: Prozentuale Verteilung möglicher Betriebswasserverbraucher in deutschen Privathaushalten[117]

Die Einsatzmöglichkeiten von Betriebswasser in Krankenhäusern gestalten sich grundsätzlich ähnlich wie in Privathaushalten. Wie sich die Einschätzung über den effizienten Einsatz von Betriebswasser auf Krankenhäuser extrapolieren ließe, muss derzeit offen bleiben[118], da die Datenlage hier unzureichend ist.[119]

[117] ebd.
[118] Insbesondere hinsichtlich des Bade- und Duschverhaltens ist im Krankenhausalltag eine Abweichung zu den Daten aus Privathaushalten zu erwarten.
[119] Insbesondere hinsichtlich des Bade- und Duschverhaltens ist im Krankenhausalltag eine Abweichung zu den Daten aus Privathaushalten zu erwarten.

4.2 STAND UND POTENZIALE DER TECHNIK

Verfahren zur Aufbereitung von Grauwasser

Grauwasser fällt als Schmutzwasser an, das aus Dusche, Badewanne, Handwaschbecken und/oder Waschmaschine stammt und frei von Toilettenabwasser und mit Fett belastetem Küchenabwasser ist.[120]

Um Grauwasser erneut nutzen zu können, wird dieses fäkalienfreie, nur gering verschmutzte Abwasser aufgefangen, gefiltert und mechanisch-biologisch gereinigt. Danach entspricht es dem Hygienestandard für Toiletten-Spülung, Gartenpflege, zum Putzen und sogar zum Wäschewaschen.[121]

Grauwasser-Recycling-Anlagen

Seit über 20 Jahren werden Grauwasser-Recycling-Anlagen betrieben, deren anspruchsvolle Qualitätsanforderungen durch die Hersteller garantiert werden, um ein hygienisches Risiko für die Nutzer auszuschließen.[122, 123] Nach Angaben eines Herstellers können in Grauwasser-Recycling-Anlagen täglich zwischen einem und 150 m^3 des Restwassers zu Betriebswasser aufbereitet werden.[124] Zur Erfassung des Grauwassers sowie zur Verteilung des Betriebswassers ist jeweils ein separates Leitungsnetz erforderlich. Je nach Anwendungszweck wird das Grauwasser in unterschiedlichen Anlagentypen aufbereitet.[125]

[120] Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung (2011): fbr Band 14: Regenwassernutzung in öffentlichen und sozialen Einrichtungen, ISBN 3-9811727-3-7

[121] Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung (2007): Wasser zweimal nutzen – Grauwassernutzung. www.fbr.de/grauwasser.html. Abgerufen am: 28.07.2014

[122] siehe z. B. Katharinen Hospital, Unna, www.katharinen-hospital.de/fileadmin/user_upload/Katharinen- Hospital/Portrait/OEffentlichkeitsarbeit/Downloadcenter/MC_II_Baustart.pdf. Abgerufen am 26.08.2014

[123] Fach.Journal (2005): Grauwasserrecycling wirtschaftlich schon rentabel? www.ihks-fachjournal.de/grauwasserrecycling-wirtschaftlich-schon-rentabel. Abgerufen am 28.07.2014

[124] Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung (2014): Wasser zweimal nutzen – Grauwassernutzung. www.fbr.de/grauwasser.html. Abgerufen am: 28.07.2014

[125] Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung (2007): Wasser zweimal nutzen – Grauwassernutzung. www.fbr.de/grauwasser.html. Abgerufen am: 28.07.2014

Das entsprechend aufbereitete Grauwasser wird bis zur Verwendung in einem weiteren Behälter gesammelt.[126] Bei Bedarf, bzw. wenn vorhanden, kann in den Klarwasser-Behälter zusätzlich Regenwasser eingespeist werden. Die Anlagen sind mit einer automatischen Trinkwassernachspeisung ausgerüstet, so dass die Betriebssicherheit gewährleistet ist.

Verfahren zur Nutzung von Regenwasser

Die DIN 1989-1 ist die wichtigste technische Vorschrift für Regenwassernutzungsanlagen. Sie enthält zahlreiche normative Verweise, z. B. auf Anschlüsse an die Kanalisation (rückstausicher auszuführen).[127] „Die Nutzung von Regenwasser zur Einsparung von Trinkwasser hat als Ergänzung zu moderner wassersparender Sanitärtechnik erheblich an Bedeutung gewonnen. Dies gilt sowohl für private und öffentliche Gebäude wie für eine Vielzahl von gewerblichen Bereichen.“[128] Die dadurch erzielten Wassereinsparungen können bis zu 10 % des Wasserverbrauchs im Krankenhaus betragen.[129] Darüber hinaus bestehen weitere Ressourceneffizienz-Aspekte der Regenwassernutzung, z. B. der niedrigere Dosierungsbedarf von Waschmittel durch den geringeren Kalkgehalt des Regenwassers, die Gebühreneinsparung für Trinkwasser und für die Ableitung von Niederschlagswasser und auch die Entsalzung beim Einsatz für Adiabate Kühlung entfällt. Darüber hinaus muss Regenwasser nicht enthärtet werden.

Regenwassernutzungsanlagen

Regenwasser fließt vom Dach über einen Regenwasserfilter, wird gereinigt und von dort in den Regenspeicher geleitet. Noch enthaltene, feinste Schwebstoffe setzen sich als Sedimente ab. Der Speicher der Regenwassernutzungsanlage ist in der Regel mit einem Überlauf versehen. Das überlau-

[126] Energie Tipp (2013): Grauwasser-Recycling: So funktioniert's. Das Online-Magazin für Energiesparer. www.energie-tipp.de/neue-energie/wasser/4109895. Abgerufen am: 28.07.2014
[127] DIN 1989-1 (2002): Regenwassernutzungsanlagen – Teil 1: Planung, Ausführung, Betrieb und Wartung, Beuth Verlag
[128] Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung (2007): Einführung in die Regenwassernutzung, www.fbr.de/regenwassernutzung.html. Abgerufen am: 28.07.2014
[129] Debatin, J., Goyen, M., Kirstein, A. (2011): Alles Grün ... auch im Krankenhaus: Green Hospital- Wege zur effektiven Nachhaltigkeit. Thieme Verlag

fende Regenwasser sollte über eine Versickerungsanlage in den Untergrund versickern. Neben ökologischen Aspekten sollte der Kanalanschluss auch aus finanziellen Gründen vermieden werden.[130] Durch eine Kombination aus Regenwassernutzung und Versickerung kann die Größe der Versickerungsanlage reduziert werden. In längeren Trockenphasen wird durch die Reduzierung der Überlaufmengen eine Regeneration der Versickerungsfähigkeit des Bodens ermöglicht.

Über eine Druckerhöhungsanlage wird das Regenwasser von der Zisterne zu den einzelnen Zapfstellen transportiert. Bei leerem Wasserspeicher kann automatisch Trinkwasser zugespeist werden. Die Anlagen sind in verschiedenen Größen (für Einfamilienhäuser oder Großgebäude, wie etwa Krankenhäuser) erhältlich, können im Haus aufgestellt oder – zum Schutz vor übermäßiger Erwärmung, Einfrieren oder vor Algenbildung durch Lichteinfall – unter die Erde verlegt werden.

Wie groß die Einsparmöglichkeiten durch die Nutzung des Regenwassers genau sind, ist abhängig davon, wie viel Regen fällt und wie groß die nutzbare Dachfläche ist, mit der Regenwasser gesammelt werden kann.[131]

4.3 GOOD-PRACTICE-BEISPIELE

Klinikum Bad Hersfeld

Das Klinikum hat von der hessischen Landesförderung profitiert und in verschiedenen Bauabschnitten seit 1995 eine Regenwassernutzungsanlage eingebaut. Laut Klinikum ist der Gesamtwasserverbrauch pro stationär untergebrachtem Patient in fünf Jahren von 3,18 m³ auf 2,67 m³ (2008) gesunken. Allerdings lagen die Wasserverbrauchszahlen in 2013 auch mit dieser Einsparung im Mittel der durchschnittli-

[130] Abwassergebührenbefreiung
[131] Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung (Hrsg.) (2013): Energetische Nutzung von Regenwasser. (Bd. 16) ISBN 978-3-9811727-5-1

chen Kennzahlen anderer befragter Krankenhäuser.[132]

Etwa 100 Toiletten und die Kühlung von Vakuumpumpen für die Sterilisation sind an Regenwasser angeschlossen. Durch zwei miteinander verbundene Zisternensysteme wird Regenwasser gefiltert.[133] Das Krankenhaus Bad Hersfeld leitet zudem überschüssiges Wasser aus einer Osmose-Anlage in das Betriebswassersystem ein. Damit wird weiteres Betriebswasser in den Kreislauf eingebunden, was ansonsten in den Kanal abgeleitet würde.

Die Wirtschaftlichkeit dieser Investition wurde wegen der großzügigen Förderung des Landes Hessen nicht in Frage gestellt: „Zusammen mit der Trinkwassergebühr sparte das Klinikum Bad Hersfeld also 13.551,06 Euro im Jahr 2007 durch die Regenwassernutzung (Investitionskosten von 21.000 Euro: 71.100 Euro abzüglich des Zuschusses von 50.100 Euro im Jahr 1995 durch das Land Hessen). Bei eingesparten Kosten von 13.728 Euro im Jahr 2009 ergibt sich eine Amortisation von weniger als zwei Jahren. Dabei sind Ersatzinvestitionen und Betriebskosten mit Preissteigerung berücksichtigt. Auf eine Betriebsdauer von 20 Jahren hochgerechnet spart das Klinikum so 274.554 Euro.“[134] Ohne die öffentliche Förderung hätte die Investition in eine Regenwassernutzungsanlage im Falle des Klinikums Bad Hersfeld zu einer Amortisationsdauer von etwa sieben Jahren geführt.

Evangelisches Krankenhaus Hubertus, Berlin

Um Trinkwasser zu sparen, bewässert das Krankenhaus seine Parkanlage seit 2010 ausschließlich mit Regenwasser. Als Reservoir wurde ein in der Gartenanlage versenkter Heizöltank umgebaut, nachdem ein Blockheizkraftwerk eingebaut worden war. Dieser ehemalige Heizungstank stellt mittlerweile einen der größten Regenwassersammelbehälter in Berlin dar. „Mit einem Durchmesser von 22 Me-

[132] Klinikum Bad Hersfeld GmbH (2013): Umweltbericht. www.klinikum-bad-hersfeld.de/upload/File/aktuelles/Umweltbericht%202013.pdf. S. 12. Abgerufen am: 28.07.2014
[133] KOMMUNAL DIREKT online Magazin (2008): Die Nutzung von Regenwasser im Krankenhaus-Wirtschaftlichkeit contra Hygiene. www.kommunaldirekt.de/content/1magazin/archiv/2008/2008_4/wasser/03.html. Abgerufen am: 28.07.2014
[134] König, K. (2012): Regenwassernutzung im Krankenhaus. www.klauswkoenig.de/images/stories/klauswkoenig/pdf/rwn-krankenhaus-wwt.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

tern und 5,6 Metern Höhe fasst der Wasserspeicher 1,2 Millionen Liter (1.200 m³). Aus dem Regenwasserspeicher werden neben der Parkbewässerung auch das Feuerlöschsystem sowie einige Toiletten und Spülgeräte gespeist.“[135] So können, laut Krankenhaus, etwa 1.500 m³ Frischwasser jährlich eingespart werden[136]. Zusätzliche Synergien ergeben sich durch die Löschwassernutzungsmöglichkeit.

4.4 FAZIT/POTENZIAL FÜR DEUTSCHE KRANKENHÄUSER

Durch die verstärkte Nutzung von Betriebswasser in deutschen Krankenhäusern könnten der Trinkwasserverbrauch und der Abwasseranfall reduziert werden. Dadurch würden die Grundwasserressourcen geschont, der Chemikalien- und Energieeinsatz bei der Gewinnung und Bereitstellung von Trinkwasser verringert und eine Entlastung der Klärwerke und Gewässer erzielt.

In vielen öffentlichen und privaten Gebäuden wurden und werden Anlagen zur Betriebswassernutzung als eine Form der Regenwasserbewirtschaftung oder zum Grauwasserrecycling betrieben. Die betrachteten Good-Practice-Beispiele geben hierfür einige positive Impulse. Ob sich unter Betriebswirtschaftlichkeitsaspekten die Nutzung von Regen- bzw. Betriebswasser im Krankenhaus lohnt, muss im Einzelfall geprüft werden und hängt auch von den kommunalen Gebührenordnungen ab.

Potenziale für den Einsatz von Grauwasser-Recycling-Anlagen im Krankenhaus bestehen in einer möglichen Reduzierung der Betriebskosten. Der Einsatz bzw. das Nachrüsten von Betriebswassernutzungsanlagen lohnen sich aber wirtschaftlich nur dann, wenn die Kosten für Energie, Wartung, Überwachung und Instandsetzung unter den Trink- und Ab-

[135] Evangelisches Krankenhaus Hubertus (2010): BUND-Gütesiegel Energiesparendes Krankenhaus: http://www.pgdiakonie.de/evangelisches-krankenhaus-hubertus/gruenes-krankenhaus/. Abgerufen am: 28.07.2014
Film: www.youtube.com/watch?v=A-FswKwm8Oc. Abgerufen am: 28.07.2014
[136] Berliner Zeitung (2010): Megatank für Regenwasser. Artikel vom 14.05.2010. www.bz-berlin.de/artikel-archiv/megatank-fuer-regenwasser. Abgerufen am: 28.07.2014

wasserkosten liegen und sich die Investitionskosten amortisieren.

Neben den Investitionskosten und den Ausgaben für Wartung und Betrieb der Anlage müssen ebenfalls der zusätzliche Platz- bzw. Raumbedarf und der Aufwand für die Herrichtung geeigneter Räume (gegebenenfalls mit Feuchtrauminstallationen sowie Be- und Entlüftung) berücksichtigt werden. Darüber hinaus sollte der Energiebedarf von Betriebswassernutzungsanlagen unter dem der bestehenden zentralen Trinkwasserversorgungs- und Abwasserentsorgungssysteme liegen. „Die Aufbereitung von Grauwasser inkl. Betriebswasserverteilung sollte nicht mehr als 2 kWh/m^3 benötigen, für Regenwassernutzungsanlagen ohne Aufbereitung sollte der Energiebedarf unter 1 kWh/m^3 liegen.“[137]

Für Grauwasser-Recycling-Anlagen gibt es derzeit keine bundesweit einheitliche Förderregelung. Einige Bundesländer und Städte haben individuelle Programme aufgelegt. In Düsseldorf existiert beispielsweise ein Förderprogramm für die Mehrfachnutzung von Wasser[138], Hamburg subventioniert den Einbau einer Grauwasser-Recycling-Anlage mit 1.500 Euro.[139]

Die Implementierung von Betriebswasseranlagen in Großgebäuden sollte unter Berücksichtigung weiterer Potenziale geprüft werden. Vielfach wird dies nur in Einzelfällen durchgeführt. Dazu gehören Potenziale aus der Regenrückhaltung, Möglichkeiten der dezentralen Löschwasserbereitstellung sowie der Wärme- und Kühlbedarf der Gebäude mit Hilfe ganzheitlicher Betriebswasserkonzepte.

In der vorliegenden Kurzanalyse konnten keine – über die erwähnten Good-Practice-Beispiele hinaus – detaillierten Daten zur Bewertung und Wirtschaftlichkeit von Betriebswassersys-

[137] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin (2007): Innovative Wasserkonzepte, Betriebswassernutzung in Gebäuden. www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen/download/modellvorhaben/betriebswasser_deutsch2007.pdf. S. 21. Abgerufen am: 28.07.2014

[138] Landeshauptstadt Düsseldorf (2012):Richtlinien der Landeshauptstadt Düsseldorf für die Förderung von Umweltprojekten: www.duesseldorf.de/umweltamt/service/infmater/index.shtml. Abgerufen am: 28.07.2014

[139] Hamburger Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (2004): Förderprogramm Grauwasserrecycling-Anlagen im gewerblichen Bereich der Hansestadt Hamburg. www.ewu-aqua.de/fileadmin/ewu/aqua/mediapool/pdf/foerder_FoerderrichtlUf011204_1_.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

temen in deutschen Krankenhäusern ermittelt werden. Da die Berechnungsgrundlagen für die Einrichtung nachhaltiger Regenwasseranlagen und die Ausstattung mit einer Anlage zur Aufbereitung des Grauwassers fehlen, sind eine Abschätzung der anfallenden Kosten und damit eine Wirtschaftlichkeitsanalyse nicht möglich.

Im Fall des Klinikums Bad Hersfeld hätte die Investition in eine Regenwassernutzungsanlage ohne öffentliche Förderung zu einer Amortisationsdauer von etwa sieben Jahren geführt. Bei einer anberaumten Nutzungsdauer von etwa 20 Jahren scheint es, als würden die Potenziale der Grau- und Regenwassernutzungsverfahren derzeit in deutschen Krankenhäusern zu wenig genutzt.

5 FAZIT

Die Nachhaltigkeitsstrategien von Krankenhäusern schließen den ressourceneffizienten Umgang mit Wasser, innovativen Wasserkonzepten oder Wassermanagementsystemen häufig nicht ein.

Nachhaltigkeitsstrategien von Kliniken umfassen in der Regel viele Aspekte des Umweltschutzes, der Prävention und nachhaltiger Entwicklung. Das Thema Wasser spielt vor allem in Zusammenhang mit der Wasseraufbereitung eine große Rolle. In den bestehenden Konzepten wird die Notwendigkeit der Verbesserung der Ressourceneffizienz benannt, allerdings schließen die Maßnahmen zwar die verschiedenen Energieverbräuche, jedoch kein nachhaltiges Wassermanagementsystem ein.

In Umweltberichten von Kliniken werden häufig ausschließlich Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs, nicht aber innovative Wasserkonzepte dargelegt. Zwar wird die Bedeutung des schonenden Umgangs mit der Ressource Wasser oft hervorgehoben, jedoch gehen entsprechende Innovationskonzepte nicht über den Einbau von Wasserstopptasten bei den Toiletten-Spülungen sowie von Perlatoren an Wasserhähnen des Hauses hinaus.

Auch Forschungsprojekte wie „SAUBER+: Innovative Konzepte und Technologien für die separate Behandlung von Abwasser aus Einrichtungen des Gesundheitswesens“, Gute- Praxis-Beispiele wie das ressourceneffiziente Krankenhaus und Krankenhausbenchmarking haben den Fokus nicht auf dem Thema Wassereffizienz. Die vorhandenen Energiesparkonzepte beziehen sich nicht auf die effiziente Nutzung von Wasser und es steht zu vermuten, dass die Notwendigkeit der Kombination von Nachhaltigkeitskriterien mit dem Wirtschaftlichkeitsgebot moderner Krankenhäuser eine Prioritätssetzung erfordert, die – selbst bei ausführlicher Abwägung aller technischen Möglichkeiten – nicht alle möglichen Innovationskonzepte gleichermaßen einschließen kann.

Darüber hinaus war bei der Literaturrecherche für die vorliegende Kurzanalyse auffällig, dass es verhältnismäßig wenige

Quellen zu einem nachhaltigen bzw. ressourceneffizienten Wassermanagement in Krankenhäusern gibt. Zudem sind die meisten Quellen aus den Jahren um den Jahrtausendwechsel und davor und damit relativ alt. Es ist zu vermuten, dass insbesondere in Deutschland wirtschaftliche Maßnahmen für eine Steigerung der Ressourceneffizienz, beispielsweise bauliche oder Energieeffizienzmaßnahmen, umgesetzt werden, bevor ein ressourceneffizientes Wassermanagement angestrebt wird. In Deutschland herrscht – anders als in anderen Regionen Europas – derzeit grundsätzlich keine Wasserknappheit. In Krankenhäusern werden vornehmlich die Aufgaben wahrgenommen, Patienten zu schützen bzw. ihnen eine bessere und ganzheitliche Versorgung zukommen zu lassen sowie Abwasser von Arzneimittelrückständen und anderen Gefahrstoffen zu befreien, als den Verbrauch von Trinkwasser zu reduzieren.

Abschließend betrachtet zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Kurzanalyse, dass Krankenhäuser im Vergleich zu normalen Haushalten einen hohen Wasserverbrauch aufweisen, der sich über die Jahre auch nicht nennenswert reduziert hat. Dennoch beschäftigen sich die Krankenhäuser, die Nachhaltigkeitsstrategien verfolgen, seltener mit der Frage eines ressourceneffizienten Wassermanagements. Insofern besteht hier noch Handlungsbedarf im Bereich Forschung und Entwicklung, aber auch bei der Umsetzung. Einen guten Ansatz bietet die Erforschung einer getrennten Erfassung und Behandlung von Schwarzwasser zum Abbau von Arzneimittelrückständen und zur Gewinnung von Strom und Wärme.

Die größten Potenziale, Wasser zu sparen, liegen derzeit in der Nutzung von Betriebs- und Regenwasser. Einfache und etablierte Methoden, wie der Einsatz moderner Kastenspüler oder Druckminderer an Handwaschbecken und Duschen, sollten stets berücksichtigt werden.

Insbesondere im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie von Krankenhäusern sollte ein ressourceneffizientes Wassermanagement Eingang finden. Neben einem verbesserten Image der Krankenhäuser können die Vorteile in einer Schonung der Umwelt liegen, wenn mit pathogenen Mikroorganismen und Arzneimitteln belastetes Abwasser vor dem Einleiten behan-

delt oder getrennt erfasst wird.

Abwasseraufbereitung und Wiederverwertung sind derzeit nicht üblich, wenngleich diese im Hinblick auf eine Reduzierung der Abwasserströme zur Entlastung der öffentlichen Infrastruktur und zum Schutz natürlicher Oberflächengewässer vor einem übermäßigen Eintrag von Arzneimittelrückständen sinnvoll erscheinen. Die dezentrale kontrollierte Aufbereitung und Wiedernutzung könnte eine geeignete Variante ergeben, um den Trinkwasserverbrauch und Abwasseranfall zu reduzieren. Hygienische Fragen müssen in Krankenhäusern im Vordergrund stehen, wobei die hygienischen Risiken bei Toilettenspülungen eher in der Vornutzung und in konstruktionsbedingten Eigenschaften wie Kontakt zum Deckel oder Aerosolbildung liegen. Die Nutzung von Regenwasser als Betriebswasserquelle stellt in der Regel kein hygienisches Risiko dar.

Im Zusammenhang mit anderen Nachhaltigkeitsaspekten kann ein ressourceneffizientes Wassermanagement wirtschaftlich sinnvoll sein. Dies bedarf aber sowohl einer Abwägung der Auswirkungen auf die Sicherheit von Mitarbeitern und Patienten als auch einer Kosten-Nutzen-Analyse von Maßnahmen. Dies gilt für Neubauten und insbesondere für bauliche Maßnahmen im Bestand.

ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS

Abbildung 1: Beispiel für die Aufteilung des Wasserverbrauchs innerhalb eines kleineren deutschen Krankenhauses (links) sowie innerhalb einer Station des Krankenhauses (rechts)[1] **Seite 11**

Abbildung 2: Wasserverbrauch nach Funktionsbereich in US-Krankenhäusern und Wasserendverbrauch nach Funktionsbereich für verschiedene Einrichtungstypen[2] **Seite 13**

Abbildung 3: Krankenhäuser als Punktquelle für Medikamenteneinträge[3] **Seite 26**

Abbildung 4: Techniken für die Elimination von Arzneimittelrückständen[4] **Seite 31**

Abbildung 5: Qualitätsziele für Betriebswasser[5] **Seite 42**

Abbildung 6: Prozentuale Verteilung möglicher Betriebswasserverbraucher in deutschen Privathaushalten[6] **Seite 44**

Tabelle 1: Empfohlene Maßnahmen zur Senkung des Wasserverbrauchs im Krankenhaus[7] **Seite 22**

[1] Mauer, C. (2011): Technische und ökonomische Aspekte der separaten Erfassung und Behandlung von Krankenhausabwasser. Aachen. S. 6. http://darwin.bth.rwth-aachen.de/opus3/volltexte/2011/3750/pdf/3750.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

[2] United States Environmental Protection Agency (US EPA) (2012): WaterSense at Work – Best Management Practices for Commercial and Institutional Facilities. EPA 832-F-12-034. S. 1 – 7 und 1 – 4. www.epa.gov/watersense/commercial/docs/watersense_at_work/#/3/zoomed. Abgerufen am: 28.07.2014

[3] Pills-Projekt (2012): Erkenntnisse und Aktivitäten des Europäischen Kooperationsprojektes PILLS. www.pills-project.eu. Abgerufen am: 28.07.2014

[4] Nafo, I. (2009): Lösungsansätze aus der Wasserwirtschaft – Techniken und Instrumente zur Reduzierung des Eintrags von pharmazeutischen Rückständen. www.pills-project.eu/content/177/documents/4_ChallengesTechniquesDrIssaNafo.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

[5] Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (2007): Innovative Wasserkonzepte, Betriebs-wassernutzung in Gebäuden. www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen/download/modellvorhaben/betriebswasser_deutsch2007.pdf. Abgerufen am: 28.07.2014

[6] HaustechnikDialog (2012): Betriebswasser – Wassermengen. Prozentuale Verteilung möglicher Betriebswasserverbraucher in deutschen Privathaushalten. www.haustechnikdialog.de/shkwissen/950/Betriebswasser-Wassermengen. Abgerufen am: 28.07.2014

[7] Verändert und übersetzt nach: Institute for Ecopreneurship (IEC) (Hrsg.) (2010): Best Environmental Practices in the Healthcare Sector – A Guide to Improve your Environmental Performance. S. 31. www.fhnw.ch/lifesciences/iec/forschungsfelder-und-projekte/download-projekte/projekte/best-environmental-practices-for-the-healthcare-sector. Abgerufen am: 28.07.2014

VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (VDI ZRE)
Bertolt-Brecht-Platz 3
10117 Berlin
Tel. +49 30-27 59 506-0
Fax +49 30-27 59 506-30
zre-info@vdi.de
www.ressource-deutschland.de

Im Auftrag des:
Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE