

## **Pilotprojekt zur Minderung des Eintrags von Röntgenkontrastmitteln in die Umwelt – Maß- nahmenkombinationen (MindER2)**



Endbericht

Dr. Jutta Niederste-Hollenberg

Dr. Johannes Schuler

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Breslauer Straße 48

76139 Karlsruhe

Karlsruhe, August 2020

---

Das Forschungsvorhaben wurde vom  
Ministerium für Umwelt, Klima und Energie-  
wirtschaft des Landes Baden-Württemberg  
gefördert (Fördernummer 426/2017)



**Baden-Württemberg**

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT



---

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchten wir uns ganz herzlich bei Herrn Prof. Beer und den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie sowie bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Haustechnik der Universität Ulm bedanken, die die Durchführung der Pilotstudie möglich gemacht und tatkräftig unterstützt haben. Unser Dank gilt auch Frau Elena Kraus, die in ihrer Doktorarbeit im Rahmen von MindER wertvolle Ergebnisse erarbeitet hat.

Ebenso danken wir herzlich Frau Prof. Cassier-Woidasky und den Studierenden der Dualen Hochschule Baden-Württemberg, die im Rahmen ihrer studentischen Arbeiten Befragungen beim medizinischen Personal verschiedener Kliniken in Baden-Württemberg durchgeführt haben.

Nicht zuletzt wollen wir uns bei allen Teilnehmenden der Pilotstudie sowie der zusätzlichen Befragungen bedanken.



# Inhaltsverzeichnis

|          |                                                                                                                                                 |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Hintergrund .....</b>                                                                                                                        | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>Zielsetzung und Praxispartner .....</b>                                                                                                      | <b>3</b>  |
| <b>3</b> | <b>Arzneistoffe in Krankenhäusern - Umgang, Bewusstsein, Entsorgung.....</b>                                                                    | <b>6</b>  |
| 3.1      | Untersuchungen zur Einbindung von Arzneistoff-<br>Rückhaltemaßnahmen in die täglichen Routinen eines<br>Krankenhauses (DHBW Stuttgart) .....    | 6         |
| 3.2      | Schlussfolgerungen.....                                                                                                                         | 10        |
| <b>4</b> | <b>Technisches Konzept und Umsetzung der Erfassung von<br/>Patientenurin in separaten Toiletten der Radiologie am Uniklinikum<br/>Ulm .....</b> | <b>12</b> |
| 4.1      | Toilettentechnik für die Ambulanz .....                                                                                                         | 12        |
| 4.2      | Technischer Aufbau des Sammelsystems in der Radiologie .....                                                                                    | 16        |
| 4.3      | Technische Umsetzung - Umbau Urinal und Sammelssystem .....                                                                                     | 18        |
| 4.4      | Mögliche Sammeltechniken für die Station - Untersuchungen<br>im Rahmen eines studentischen Projekts der DHBW .....                              | 19        |
| <b>5</b> | <b>Urinbeutel als komplementäre Maßnahme.....</b>                                                                                               | <b>23</b> |
| <b>6</b> | <b>Konzeption der Akzeptanzstudie .....</b>                                                                                                     | <b>24</b> |
| 6.1      | Gesamtkonzeption der wissenschaftlichen<br>Akzeptanzuntersuchung.....                                                                           | 24        |
| 6.2      | Zielgruppe der Untersuchungen.....                                                                                                              | 26        |
| 6.3      | Interventionsmaßnahmen und Kommunikationskonzept .....                                                                                          | 27        |
| 6.4      | Messung des Patient*innenverhaltens .....                                                                                                       | 30        |
| 6.5      | Zusammenführung der Daten .....                                                                                                                 | 33        |

---

|           |                                                                                                                          |           |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>7</b>  | <b>Ergebnisse der Interventionsmaßnahmen .....</b>                                                                       | <b>35</b> |
| 7.1       | Nutzung der RKM-Toiletten .....                                                                                          | 35        |
| 7.2       | Nutzung der Urinbeutel .....                                                                                             | 37        |
| 7.3       | Ergebnisse zur Befolgung und Akzeptanz des<br>Verfahrensablaufs durch Personal sowie Patientinnen und<br>Patienten ..... | 38        |
| 7.4       | Schlussfolgerungen und Empfehlungen für eine<br>flächendeckende Einführung der Maßnahmen .....                           | 39        |
| <b>8</b>  | <b>Urinsammlung - Probenahme und -analyse.....</b>                                                                       | <b>41</b> |
| 8.1       | Berechnung des rückgehaltenen Iodanteils .....                                                                           | 41        |
| 8.2       | Schlussfolgerungen.....                                                                                                  | 43        |
| <b>9</b>  | <b>Iod-Recycling .....</b>                                                                                               | <b>44</b> |
| 9.1       | Vorkommen und Bedarf .....                                                                                               | 44        |
| 9.2       | Recycling-Verfahren und Standorte .....                                                                                  | 46        |
| 9.3       | Verwendung von recyceltem Iod .....                                                                                      | 49        |
| 9.4       | Marktpreis und Wirtschaftlichkeit .....                                                                                  | 50        |
| 9.5       | Iod im Urin .....                                                                                                        | 51        |
| <b>10</b> | <b>Kosten-Nutzen-Betrachtungen.....</b>                                                                                  | <b>52</b> |
| <b>11</b> | <b>Synthese und Fazit .....</b>                                                                                          | <b>57</b> |
| <b>12</b> | <b>Literaturverzeichnis.....</b>                                                                                         | <b>59</b> |
| <b>13</b> | <b>Anhang .....</b>                                                                                                      | <b>66</b> |
| 13.1      | Anhang 1 - Wasserlose Herrenurinale - Übersicht.....                                                                     | 66        |
| 13.2      | Anhang 2 - Wasserlose Damenurinale - Übersicht .....                                                                     | 69        |
| 13.3      | Anhang 3 - Verbrennungstoiletten - Übersicht .....                                                                       | 70        |

---

|      |                                                                                                                    |    |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 13.4 | Anhang 4 - Aufgabenstellung DHBW-Pflegestudium und die<br>dafür von den Studierenden erarbeiteten Fragebögen ..... | 71 |
| 13.5 | Anhang 5 - Informationsflyer .....                                                                                 | 81 |
| 13.6 | Anhang 6 - Informationsposter in den Wartebereichen.....                                                           | 82 |
| 13.7 | Anhang 7 - Fragebogen zur Intervention & Ergebnisse .....                                                          | 83 |

## Abbildungsverzeichnis

|                |                                                                                                                                                                                        |    |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 2-1: | Arbeiten im Projekt „MindER2“ im Überblick.....                                                                                                                                        | 3  |
| Abbildung 3-1: | Wenn sich beim Richten oder Kontrollieren von Medikamenten Änderungen oder Verunreinigungen ergeben, wie entsorgen Sie in der Regel folgende Medikamente? Mehrere Kreuze möglich. .... | 7  |
| Abbildung 3-2: | Aus welchem Grund werden die Medikamente Ihrer Einschätzung nach am häufigsten verworfen? .....                                                                                        | 8  |
| Abbildung 3-3: | Wie oft werden diese Medikamente Ihrer Einschätzung nach durchschnittlich verworfen? Bitte kreuzen Sie an.....                                                                         | 9  |
| Abbildung 3-4: | Ist Ihnen eine Umweltproblematik in Bezug auf die Entsorgung von Arzneistoffen bekannt? (links: Gruppe 1, rechts Gruppe 3) .....                                                       | 10 |
| Abbildung 3-5: | Haben Sie eine Mitarbeiterschulung zum Thema Arzneimittelentsorgung erhalten? (links: Gruppe 1, rechts Gruppe 3).....                                                                  | 10 |
| Abbildung 4-1: | Skizze des technischen Aufbaus der Urinal-Sammel-Anlage .....                                                                                                                          | 17 |
| Abbildung 4-2: | Eingebautes wasserloses Herrenurinal der Fa. Urimat und Installation zur Sammlung des Urins im Keller.....                                                                             | 18 |
| Abbildung 4-3: | Die mobile wasserlose Toilette Rollac 1.0 .....                                                                                                                                        | 20 |
| Abbildung 4-4: | Darstellung der Antworten zu den Fragen zum Problembewusstsein beim Pflegepersonal .....                                                                                               | 21 |
| Abbildung 4-5: | Darstellung der Antworten zu den Fragen nach der Sinnhaftigkeit einer separaten Urinerfassung und zum erwarteten Zeitaufwand.....                                                      | 21 |
| Abbildung 4-6: | Darstellung der Antworten zur Praktikabilität der vorgestellten Entsorgungsmöglichkeiten (mobile Toilette, Urinbeutel).....                                                            | 22 |
| Abbildung 5-1: | Urinbeutel in MindER2 (Foto: Fraunhofer ISI).....                                                                                                                                      | 23 |
| Abbildung 6-6: | Beschriftung der Toiletten (männlich, weiblich), Aufforderung zur Nutzungsbewertung im Waschbereich (von links nach rechts) .....                                                      | 28 |



|                 |                                                                                                                                                      |    |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 6-7:  | Informationsflyer zum angestrebten Ablauf für ambulante RKM-Patientinnen und -Patienten (große Abbildung im Anhang 13.5).....                        | 28 |
| Abbildung 6-8:  | Blick in den Behandlungsgang der Radiologie, Blick in Richtung der RKM-Toiletten (ca. 25 m) (von oben nach unten) .....                              | 29 |
| Abbildung 6-9:  | Beschilderung mit Verhaltensregeln (Ablauf) inklusive Wegweiser zur RKM- Toilette für Patientinnen und Patienten .....                               | 30 |
| Abbildung 6-10: | Bereitstellung des Wassers in Phase 2.....                                                                                                           | 30 |
| Abbildung 6-11: | Tür mit Beschriftung auf der Damentoilette, Urinal mit Beschriftung auf Herrentoilette, Feedbacksystem im Waschbereich (von links nach rechts) ..... | 31 |
| Abbildung 9-1:  | Anteil von Iod bezogen auf die Anwendungen im Jahr 2016 (Hora 2016) .....                                                                            | 45 |
| Abbildung 9-2:  | Darstellung der Durchlässigkeit von I <sub>2</sub> durch die SRM für die PCD Methode (Sawai et al. 2012).....                                        | 47 |
| Abbildung 9-3:  | Beispiel einer Hochtemperatur-Zersetzungsmethode (GODO SHIGEN Co., Ltd 2014) .....                                                                   | 47 |
| Abbildung 9-4:  | Beispiel eines Elektrodialyse-Prozesses (GODO SHIGEN Co., Ltd 2014) .....                                                                            | 47 |
| Abbildung 9-5:  | Kreislaufschema zum Recycling Iod-haltiger Produktionsrückstände (Häffner 2017) .....                                                                | 50 |



## 1 Hintergrund

Iodierte Röntgenkontrastmittel (RKM)<sup>1</sup> sind gut wasserlöslich, sehr persistent und ihr Verbrauch steigt stetig. In Kläranlagen werden sie auch mit der 4. Reinigungsstufe nur unzureichend entfernt. RKM werden ausschließlich in Gesundheitseinrichtungen verabreicht und vom menschlichen Körper innerhalb von 24 Stunden vorwiegend über den Urin nahezu unverändert wieder ausgeschieden. Diese Eigenschaften prädestinieren RKM für die dezentrale Erfassung des Patientenurins zur Vermeidung einer Emission in Gewässer. Von den verschiedenen Möglichkeiten wurde im Vorläuferprojekt MindER die Erfassung mittels Urinbeuteln untersucht. Schwerpunkt der Untersuchungen war die Akzeptanz einer solchen Maßnahme bei Patientinnen und Patienten und medizinischem Personal über Befragungen im Rahmen einer konkreten Umsetzung. An der Studie nahmen mit 159 Patientinnen und Patienten ca. 20-25 % der angesprochenen Patientinnen und Patienten teil. Die teilnehmenden Patientinnen und Patienten standen der Maßnahme überwiegend positiv gegenüber und beurteilten die Nutzung der Urinbeutel als praktikabel. Die Evaluation zeigte, dass für eine hohe Akzeptanz beim Personal eine möglichst einfache Integrierbarkeit in den medizinischen Alltag wichtig ist. Sowohl für Patientinnen und Patienten als auch Personal wirkt die Erwartungshaltung der Umwelt und insbesondere der Ärzte akzeptanzfördernd.

Um eine möglichst weitgehende Umweltentlastung zu erreichen, erscheint eine Kombination von verschiedenen Maßnahmen sinnvoll, um einen größeren Effekt zu erreichen. So ist z. B. denkbar, dass in medizinischen Einrichtungen separate Toiletten bzw. Urinale zur getrennten Erfassung und Entsorgung des Urins bereitgestellt werden. Im Sinne einer Minimierung der gesammelten Volumina sollte diese getrennte Sammlung sinnvollerweise mit wasserlosen Entsorgungssystemen kombiniert werden. Mit Hilfe geeigneter Anreize oder Vorgaben könnte so (mindestens) der erste Toilettengang in der medizinischen Einrichtung erfasst werden. Ergänzend könnten Urinbeutel für die anschließenden Stunden außerhalb der Klinik genutzt werden. Neben den direkten Maßnahmen zur Urinerfassung kann außerdem durch verschiedene "weiche" Maßnahmen (d. h. verhaltenspsychologischen Maßnahmen) die Akzeptanz und Teilnahmebereitschaft deutlich gesteigert werden. Denn die Akzeptanz und reale Nutzung der Systeme durch Personal sowie Patientinnen und Patienten spielen eine entscheidende Rolle. Aus psychologischer Perspektive wird die Nutzung neuer Konzepte maßgeblich durch Einflussfaktoren, wie die wahrgenommenen Verhaltenskosten (d. h. Schwierigkeit der Nutzung), die

---

<sup>1</sup> In der medizinischen Fachliteratur wird häufig RöKM als Akronym für Röntgenkontrastmittel verwendet. Beide Abkürzungen werden hier synonym genutzt.

Akzeptanz neuer Maßnahmen sowie die Kompatibilität mit eigenen Bedürfnissen und Anforderungen beeinflusst. Diese Maßnahmenkombination wird in MindER2 untersucht.

## 2 Zielsetzung und Praxispartner

Die Ergebnisse aus MindER1 lassen erwarten, dass mit der dezentralen Sammlung über Urinbeutel etwa 20-30 % der Patientinnen und Patienten kooperieren und sich an den Maßnahmen beteiligen. Eine Empfehlung aus MindER1 ist es, niederschwellige Maßnahmen miteinander zu kombinieren, um so die Effektivität der Minderungsmaßnahmen zu optimieren.

Im Fokus von MindER2 steht die dezentrale Erfassung des Patientenurins über separate Toiletten in den Gesundheitseinrichtungen. Ambulante Patientinnen und Patienten sollen über separate Sammeltoiletten im Ambulanzbereich erreicht werden und darüber hinaus Urinsammelbeutel für die weiteren Stunden mitnehmen.

Für die Sammeltoiletten stehen verschiedene Toilettentechniken zur Verfügung, die im Rahmen des Projektes auf Praktikabilität (sowohl für Patientinnen und Patienten als auch für die notwendige Logistik) untersucht werden sollen. So können wasserlose Urinale im Sinne einer möglichst geringen Verdünnung sinnvoll sein, aber auch sog. Verbrennungstoiletten können trotz hohen Energieverbrauchs im Vergleich mit großen Transportvolumina des gesammelten Urins bei möglicherweise langen Transportwegen Vorteile bieten.

Das Projekt gliedert sich in zwei Phasen (vgl. Abbildung 2-1).

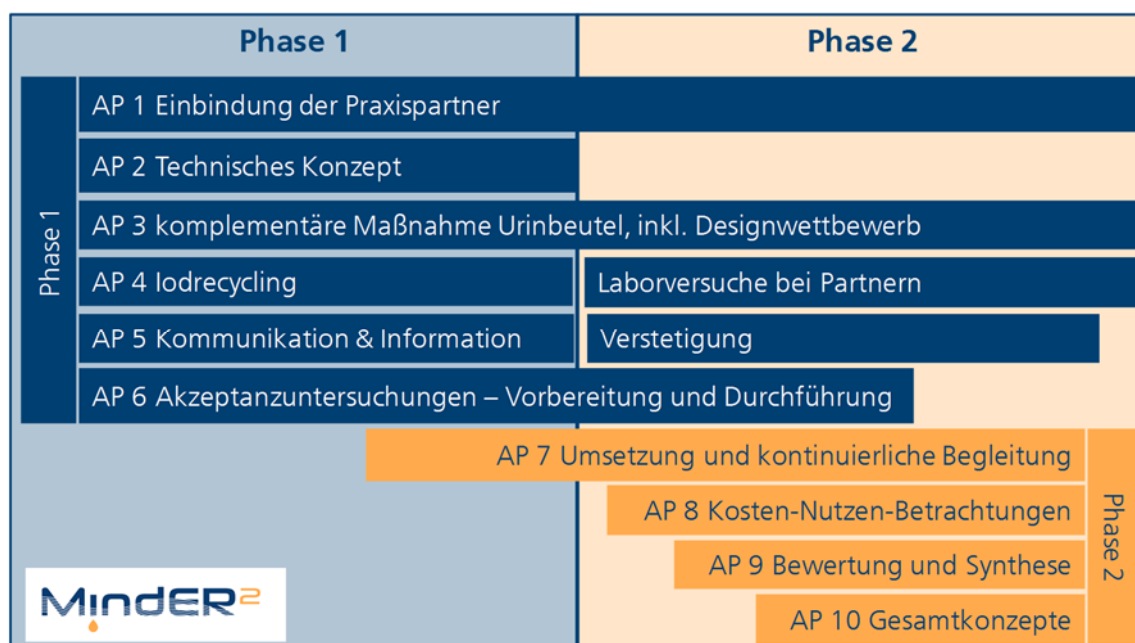


Abbildung 2-1: Arbeiten im Projekt „MindER2“ im Überblick

Das Informationskonzept für medizinisches Personal und Patientinnen und Patienten wird individuell zugeschnitten. Ein wesentlicher Aspekt ist, wie schon beim Vorläuferprojekt, die begleitende Öffentlichkeitsarbeit. Sie soll einerseits die Relevanz des Projektes unterstreichen, ist aber gleichzeitig ein Instrument, mit dem der öffentliche Diskurs und das allgemeine Bewusstsein im Umgang mit Problemstoffen unterstützt werden sollen.

In Phase 1 werden die Grundlagen für die Durchführung der Maßnahmen und Untersuchungen in Phase 2 erarbeitet. Sie umfasst außerdem die Umbaumaßnahmen. Die Durchführung und die Auswertung aller Ergebnisse, ihre Bewertung und resultierende Empfehlungen erfolgen in Phase 2. Dabei ist in allen Arbeitsschritten die genaue Betrachtung der verschiedenen Akteure und Zielgruppen wichtig. So müssen z. B. das Sammel- und das Informationskonzept, die Schulungen, sowie die Befragungen zielgruppenspezifisch erarbeitet, umgesetzt und ausgewertet werden.

Das Projekt wird in der Uniklinik Ulm umgesetzt, die dortigen Akteure in der ambulanten Radiologie sind in die grundsätzliche Thematik durch das Vorläuferprojekt schon eingeführt, so dass direkt an den Erfahrungen und Ergebnissen von MindER1 angeknüpft werden kann.

## **Bisherige Veröffentlichungen aus MindER**

### **Vorträge**

Niederste-Hollenberg, J.; Tettenborn, F.; Hillenbrand, T.; Eckartz, K.; Peters, A. (2017): Gewässerbelastung durch Arzneistoffe – Ansätze zur Reduzierung in 2 Pilotprojekten; DWA Landesverbandstagung 2017 Baden-Württemberg; 12./13. Oktober 2017/Kongresszentrum Schwabenlandhalle Fellbach; Hrsg. DWA-Landesverband Baden-Württemberg; ISBN 978-3-88721-496-8, [www.dwa-bw.de](http://www.dwa-bw.de).

Schuler, J.; Eckartz, K.; Niederste-Hollenberg, J. (2018): Little Persuaders - reducing x-ray contrast agents in water cycles with psychological techniques for behavioural change; BEHAVE 2018; 5th European Conference on Behaviour and Energy Efficiency; Zurich, 6-7 September 2018, submitted.

Eckartz, K.; Schuler, J.; Niederste-Hollenberg, J. (2018): Keeping it off the circle - approaches to reduce the emission of x-ray contrast agents to the environment. Conference paper. CleanMed Europe 2018 10th to 12th of October 2018, Nijmegen, submitted.

Hillenbrand, T. (2018): Integrierte Ansätze zur Minderung der Spurenstoffbelastungen der Gewässer: Aktuelle Entwicklungen. Dialogforum Spurenstoffe im Hessischen Ried, 04. September 2018, Darmstadt.

Hillenbrand, T. (2017): Spurenstoffe in unseren Gewässern – wo kommen sie her und was können wir dagegen tun? BDEW, DVGW: 26. Werkleitertagung Wasser, 23./24. November 2017, Brehna.

- Hillenbrand, T. (2017): Strategien und Maßnahmen zur Verminderung des Eintrags von Spurenstoffen in die Gewässer. Symposium "Spurenstoffe in den Gewässern des Hessischen Rieds und Strategien der Eliminierung". Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie. Frankfurt, 16. März, 2017; [https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/wasser/Archiv\\_Veranstaltungen/2017/Symposium\\_Spurenstoffe/Vortrag\\_Dr.\\_Hillenbrand.pdf](https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/wasser/Archiv_Veranstaltungen/2017/Symposium_Spurenstoffe/Vortrag_Dr._Hillenbrand.pdf).
- Hillenbrand, T. (2016): Röntgenkontrastmittel: Einträge in die Umwelt und Ansätze zur Emissionsminderung. 2. Kongress Spurenstoffe in der aquatischen Umwelt 2016. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall -DWA-, Landesverband Baden-Württemberg, 13. - 14. Juni 2016, Ulm.
- Beer, M., Kraus, E., Schuler, J., Zhou, S., Niederste Hollenberg, J. (2020): Analyse der Akzeptanz von Maßnahmen in einer Universitätsradiologie zur Minderung des Eintrags jodhaltiger Röntgenkontrastmittel in die Umwelt; Röntgenkongress der dt. Röntgengesellschaft "RöKo 05/2020 digital" - Vortrag in der Highlightsitzung am Eröffnungstag (21.5.2020).
- Beer, M., Kraus, E., Schuler, J., Zhou, S., Niederste Hollenberg, J. (2020): Analysis of the acceptance of measures in a radiology department to reduce the introduction of iodine-containing contrast media into the environment; Radiologie-Weltkongress RSNA 11/2020 - submitted.

## Publikationen

- Niederste-Hollenberg, J.; Eckartz, K.; Peters, A.; Hillenbrand, T.; Maier, U.; Beer, M.; Reszt, A. (2018): Reducing the emission of X-ray contrast agents to the environment. In: GAIA 27/1, S. 147-156. DOI: 10.14512/gaia.27.1.10.
- Hillenbrand, T.; Niederste-Hollenberg, J.; Tettenborn, F. (2019): Verbesserung der Wasserqualität durch verringerte Einträge von Spurenstoffen. In: W. Leal Filho (eds), Aktuelle Ansätze zur Umsetzung der UN-Nachhaltigkeitsziele, pp. 291-312, Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg; Print ISBN 978-3-662-58716-4; Online ISBN 978-3-662-58717-1; [https://doi.org/10.1007/978-3-662-58717-1\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-662-58717-1_16).

## Einbindung von Praxispartnern

Bereits in MindER1 wurde von Seiten des Universitätsklinikums Ulm (UKU) Interesse an einer weiteren Zusammenarbeit hinsichtlich der Spurenstoffproblematik aus Arzneimitteln bekundet. Im Vorfeld dieses Antrags hat der Leiter der Radiologie-Klinik, Professor Dr. Meinrad Beer, die Bereitschaft bestätigt, auch in MindER2 die Rolle des Praxispartners zu übernehmen.

Die Leitung des UKU hat dem Projekt zugestimmt, die Durchführung fand in der ambulanten Radiologie statt. Für alle Belange der technischen Umsetzung wurde die technische Abteilung für Infrastrukturmaßnahmen der Uniklinik Ulm eingebunden. Die konkrete Einbindung erfolgte laufend im Rahmen der Projektschritte.

Ein theoretischer Teil zur Einbindung der möglichen Sammeltechniken in die Alltagsroutinen des Pflegebetriebs wurde von Studierenden der Dualen Hochschule Baden-Württemberg durchgeführt (vgl. Kapitel 3 und 4.4).

### **3        Arzneistoffe in Krankenhäusern - Umgang, Bewusstsein, Entsorgung**

An der Dualen Hochschule Baden-Württemberg (DHBW) wurde im Rahmen des Studiengangs Angewandte Gesundheits- und Pflegewissenschaften in Kooperation mit Frau Prof. Cassier-Woidasky ein Studienprojekt mit studentischen Arbeiten zu MindER durchgeführt. Im Rahmen einer einführenden Vorlesung wurde die Problematik von Arzneistoffen in der aquatischen Umwelt durch das Fraunhofer ISI eingeführt und das Projekt MindER vorgestellt. Die Studierenden haben anschließend im Rahmen ihrer Semesterarbeiten in Gruppen in verschiedenen Kliniken Fragebogen-gestützte Interviews durchgeführt.

In zwei der Gruppen wurde das Thema der Praxis der Arzneimittelentsorgung bearbeitet und aus der Perspektive von Pflegepersonal im Krankenhaus beantwortet. Die genaue Zuordnung der Gruppen zu den Krankenhäusern wird hier aus Gründen der Anonymisierung der Daten nicht vorgenommen. Eine weitere Gruppe hat sich mit den möglichen Sammelkonzepten auf Klinikstationen beschäftigt (vgl. Kap. 4.4)

#### **3.1        Untersuchungen zur Einbindung von Arzneistoff-Rückhaltemaßnahmen in die täglichen Routinen eines Krankenhauses (DHBW<sup>2</sup> Stuttgart)**

In Krankenhäusern fallen verschiedene, teilweise sondermüllrelevante Abfallarten an. Studierende der DHBW Stuttgart sind folgenden Fragen nachgegangen: An welchen Stellen, bzw. in welchen Situationen werden Arzneistoffe (z. B. RKM, Antibiotika oder Schmerzmittel) manchmal oder sogar häufig über das Abwasser (Toilette, Handwaschbecken, Ausguss ...) entsorgt? Welche anderen Möglichkeiten ließen sich hierfür in die Abläufe integrieren?

##### **3.1.1        Auswertungen Gruppen 1 und 3: Praxis der Arzneimittelentsorgung**

Die beiden Gruppen haben einen gemeinsam entwickelten Fragebogen verwendet. Die grundsätzliche Fragestellung war, wie der Umgang mit Arzneimitteln in Krankenhäusern generell einzuschätzen ist und ob es ein Bewusstsein für die Umweltproblematik gibt.

Die erste Frage, nach der Entsorgung falsch gerichteter Medikamente, zeigt einen deutlichen Unterschied zwischen den beiden Krankenhäusern auf (vgl. Abbildung 3-1).

---

<sup>2</sup>    Duale Hochschule Baden-Württemberg.



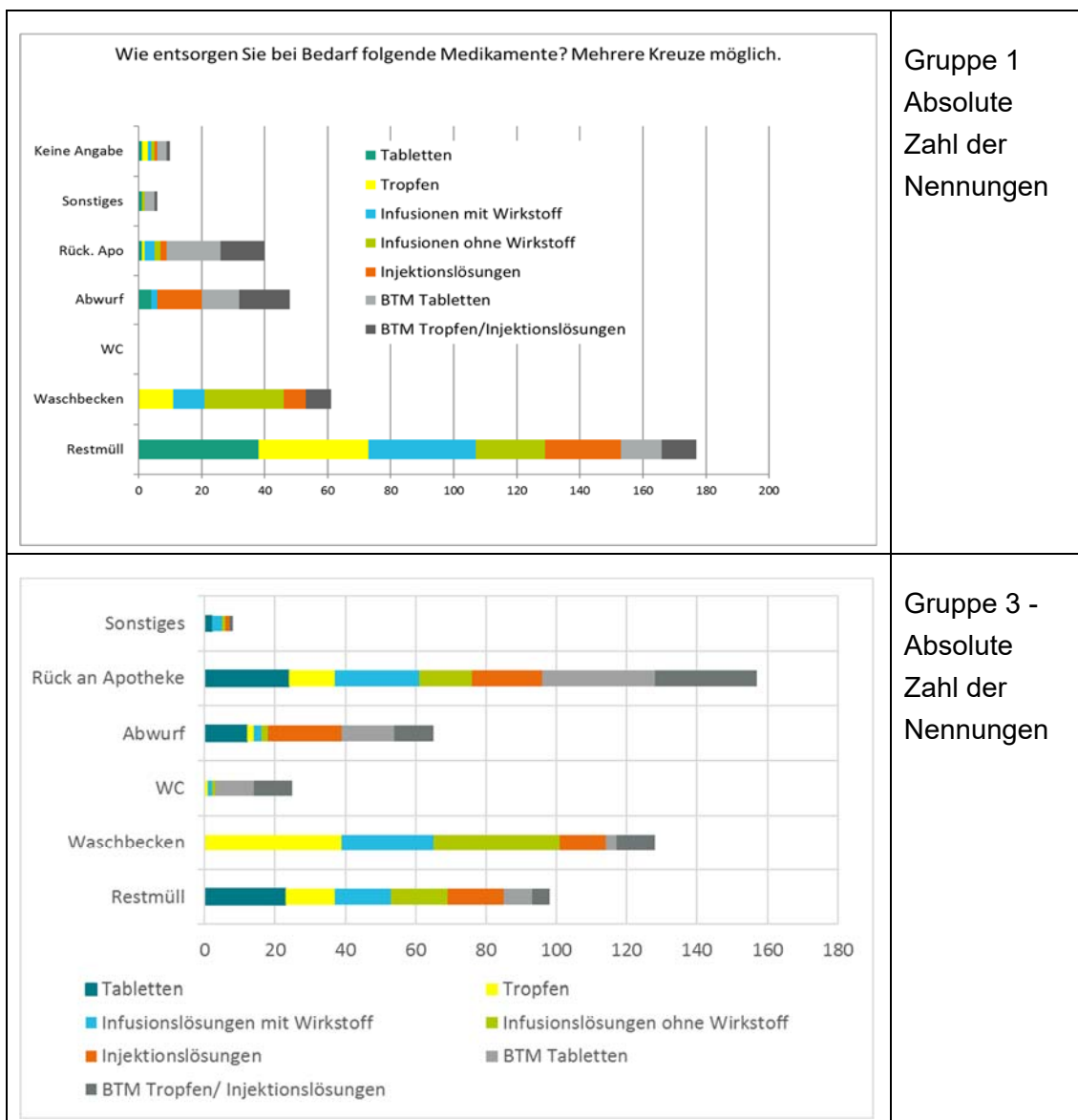


Abbildung 3-1: Wenn sich beim Richten oder Kontrollieren von Medikamenten Änderungen oder Verunreinigungen ergeben, wie entsorgen Sie in der Regel folgende Medikamente? Mehrere Kreuze möglich.

Die Unterschiede können mit der Art der Klinik und damit mit der Art der zu entsorgenden Arzneistoffe zusammenhängen (bspw. Betäubungsmitteln (BTM)), aber auch mit gelebter Praxis und Routinen die sich in den verschiedenen Häusern entwickeln. Es wird auch deutlich, dass der überwiegende Teil der Medikamente in den Restmüll oder zurück an die Apotheke geht. Gleich danach wird in beiden Fällen schon das Waschbecken als Entsorgungsweg für alle flüssigen Arzneimittel genannt. Das beinhaltet auch Wirkstoffe, die dem Betäubungsmittelgesetz unterliegen. Für BTM wird bei den Antworten der

Gruppe 3 auch das WC als Entsorgungsvariante genannt. Hier ist zu vermuten, dass vermieden werden soll, dass Patientinnen und Patienten oder andere Öffentlichkeit noch Zugriff haben. Umweltfragen spielen keine Rolle.

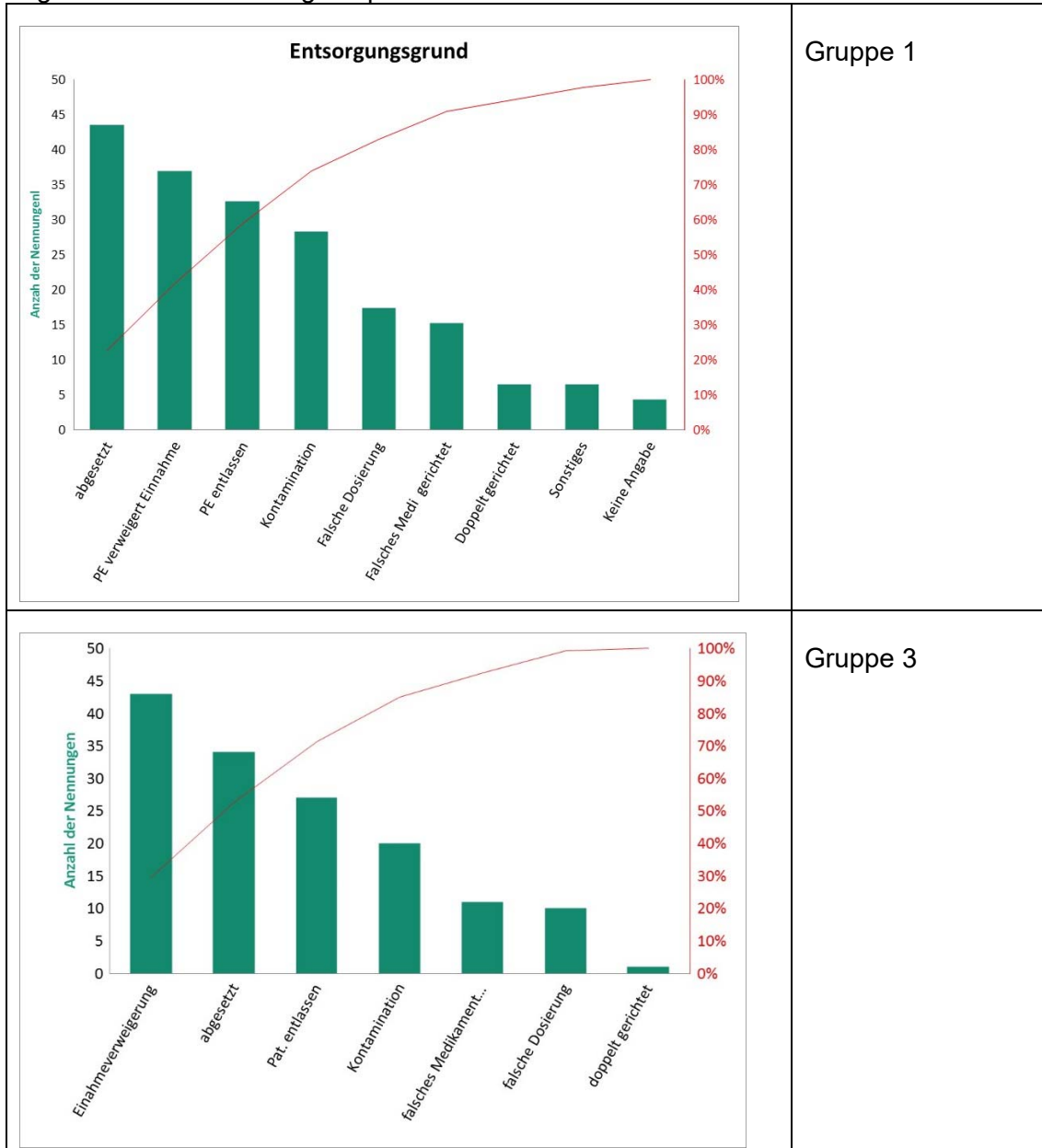


Abbildung 3-2: Aus welchem Grund werden die Medikamente Ihrer Einschätzung nach am häufigsten verworfen?

In Frage 2 wurden die Gründe für das Verwerfen von Medikamenten ermittelt. In beiden Krankenhäusern begründen die Einnahmeverweigerung, das Absetzen der Medikamente durch den Arzt und die Entlassung des Patienten etwa 60 % der verworfenen Medikamente (vgl. Abbildung 3-2).

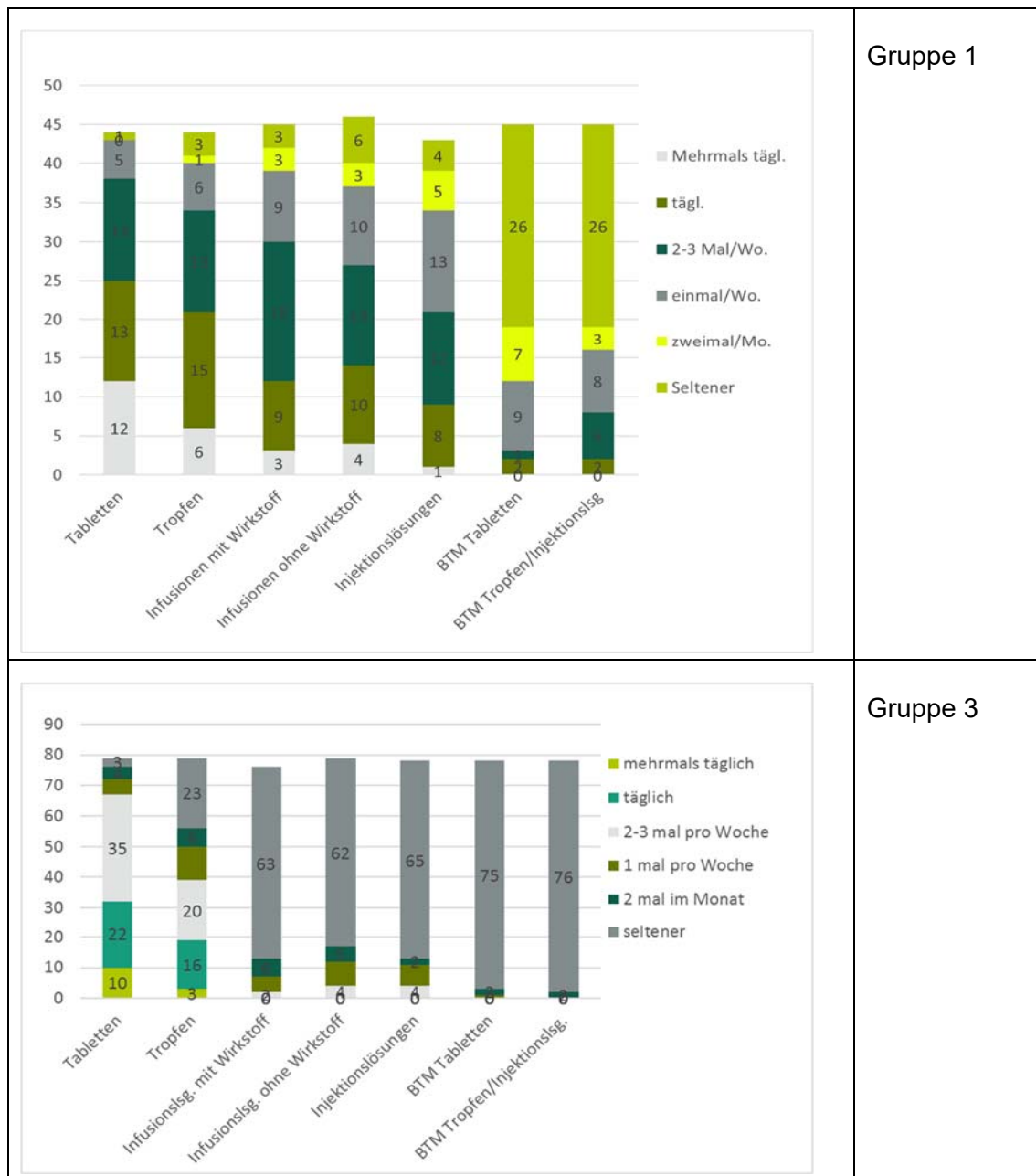


Abbildung 3-3: Wie oft werden diese Medikamente Ihrer Einschätzung nach durchschnittlich verworfen? Bitte kreuzen Sie an.

Frage 3 behandelt die Frage nach der Häufigkeit der Medikamentenverwerfungen. Die Reihenfolge ist in beiden Fällen die gleiche. Am häufigsten werden Tabletten verworfen, gefolgt von Tropfen. Am seltensten werden BTM-Tabletten und Infusionen verworfen (vgl. Abbildung 3-3).

Die zusammenfassende Frage nach dem Bewusstsein für eine Umweltproblematik in Bezug auf die Entsorgung von Arzneimitteln zeigt: 70-80 % der Befragten wissen um die Umweltproblematik in Bezug auf die Entsorgung von Arzneistoffen (vgl. Abbildung 3-4). Die häufigsten Nennungen waren Wasserbelastung und Resistenzbildung. Dieses relativ hohe Bewusstsein spiegelt sich nicht in der Entsorgungspraxis wider.

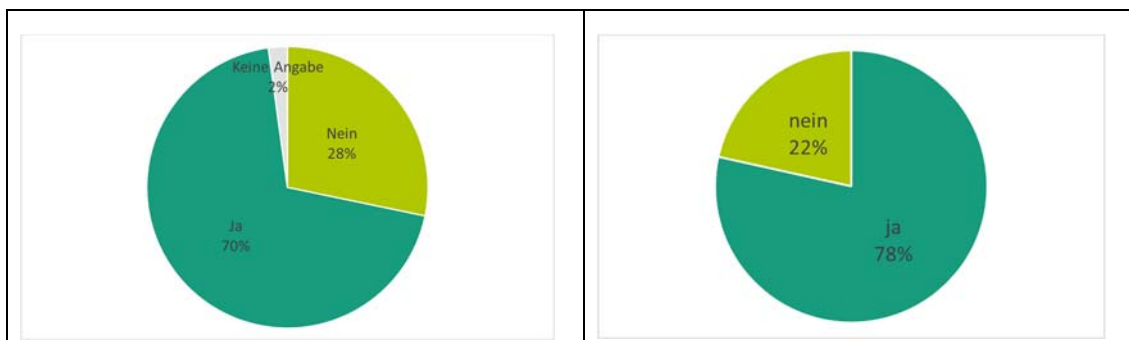


Abbildung 3-4: Ist Ihnen eine Umweltproblematik in Bezug auf die Entsorgung von Arzneistoffen bekannt? (links: Gruppe 1, rechts Gruppe 3)

In Personalschulungen ist das Thema Umweltbelastung durch Arzneimittel in 20-30 % der Fälle schon einmal vorgekommen (vgl. Abbildung 3-5).

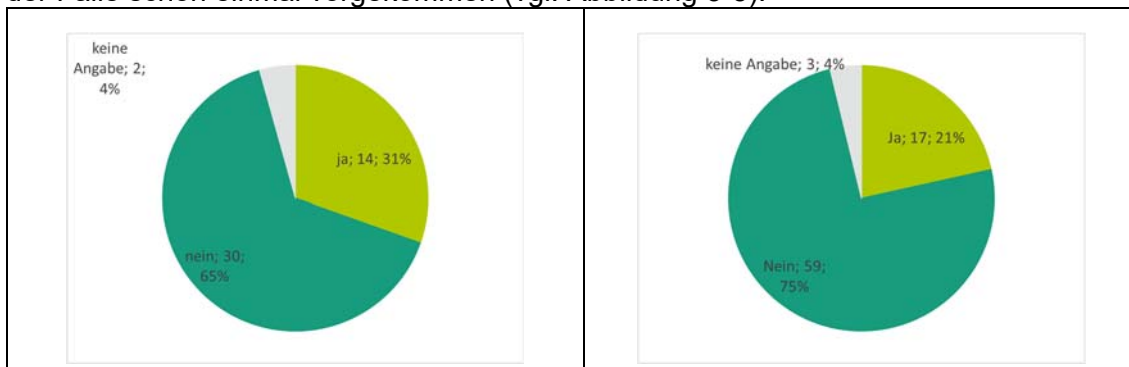


Abbildung 3-5: Haben Sie eine Personalschulung zum Thema Arzneimittelentsorgung erhalten? (links: Gruppe 1, rechts Gruppe 3)

### 3.2 Schlussfolgerungen

Arzneistoffe werden in der medizinischen Praxis i. d. R. nicht als umweltrelevante Problemstoffe, die sorgsam zu entsorgen sind, wahrgenommen. Die Entsorgung von flüssigen Arzneistoffen erfolgt sehr häufig über das Waschbecken. Auffällig war, dass BTM, mit dem Ziel, sie unzugänglich für Patientinnen und Patienten zu entsorgen, häufig über die Toilette entsorgt werden.

Die Problematik von Arzneistoffen in der Umwelt und die sachgerechte Entsorgung fester und flüssiger Arzneistoffe sollte zwingend ein Bestandteil von Ausbildung und Weiterbildung von medizinischem Personal werden. Das Bewusstsein für die Umweltrelevanz muss geschärft und das Wissen um die Unabdingbarkeit einer definierten und sachgerechten Entsorgung fest verankert werden.

## **4 Technisches Konzept und Umsetzung der Erfassung von Patientenurin in separaten Toiletten der Radiologie am Uniklinikum Ulm**

Im Bereich der Radiologie-Ambulanz stehen drei Toilettenbereiche zur Verfügung: Ein Damenbereich mit zwei Toiletten, ein Herrenbereich mit einer Toilette und einem Urinal sowie eine Toilette für körperlich eingeschränkte Patientinnen und Patienten. Darüber hinaus stellte sich im Verlauf der Untersuchung durch Interviews mit den Ärztinnen und Ärzten heraus, dass für Radiologie-Patientinnen und -Patienten noch weitere Toiletten in den Umkleidekabinen der einzelnen Untersuchungsräume zu Verfügung standen.

### **4.1 Toilettentechnik für die Ambulanz**

Im Sinne der Minimierung des gesammelten Volumens und mit Blick auf evtl. zukünftiges Recycling ist es sinnvoll, den Urin unverdünnt zu erfassen und wasserlose Urinale (synonym: Trockenurinale) einzusetzen. In den Vorüberlegungen zu MindER2 wurden folgende für den Einbau in der Ambulanz in Frage kommenden Toilettentypen identifiziert:

- wasserloses Urinal für Herren,
- wasserloses Urinal für Damen,
- Verbrennungstoiletten,
- Separationstoiletten als Alternative im Bereich der Damentoiletten.

#### **4.1.1 Wasserlose Urinale<sup>3</sup>**

Wasserlose Urinale unterscheiden sich im Wesentlichen durch die Technik des Geruchsverschlusses, der entweder durch ein (Membran-)Ventil oder durch eine Sperrflüssigkeit realisiert wird.

Beim Membranventil öffnet sich die Membran schwerkraftbedingt bei Urinanfall und schließt anschließend geruchsdicht. Fremdkörper können nicht in die Membran gelangen. Die Membran kann im Bedarfsfall von Reinigungskräften einfach ausgetauscht werden. Das Austauschintervall ist u. a. abhängig von der fachgerechten Reinigung des Urinals. Die Kosten für die Membran betragen je nach Anbieterinnen und Anbieter zwischen 20 EUR und 70 EUR pro Stück.

---

<sup>3</sup> Informationen aus [https://www.culu.eu/wasserlose-Urinale-Systeme-Reinigung-Kosten?gclid=EAlaIQobChMIxqT0ms6T2QIVG8ayCh0GgwWVEAAYAiAAEgJBjFD\\_BwE](https://www.culu.eu/wasserlose-Urinale-Systeme-Reinigung-Kosten?gclid=EAlaIQobChMIxqT0ms6T2QIVG8ayCh0GgwWVEAAYAiAAEgJBjFD_BwE) (abgerufen Sep. 2018).

Bei einem Trockenurinal mit Sperrflüssigkeit bleibt der Urin im Siphon stehen und wird von der leichteren Sperrflüssigkeit bedeckt, die somit den Geruchverschluss bildet. Mit jeder Nutzung des Urins wird ein bisschen Sperrflüssigkeit verbraucht und gelangt somit mit dem Urin in den Sammel-tank. Sperrflüssigkeit muss dementsprechend regelmäßig nachgefüllt und ausgetauscht werden, was i. d. R. durch Fachpersonal durchgeführt wird. Die Kosten für Sperrflüssigkeit variieren zwischen 20 EUR und 130 EUR/Liter.

Vor dem Hintergrund des Wartungsaufwands und der Betriebssicherheit ist nach Schönfelder (2011) ein mechanischer Geruchverschluss (Membran) zu bevorzugen.

Das Urinal besteht meist aus Keramik. Durch die spezielle Keramikoberfläche werden Ablagerungen reduziert sowie die Bakterien- und Geruchsentwicklung verhindert. Durch den Perleffekt gibt es kaum Tropfenbildung.

Trockenurinale benötigen eine anlagenspezifische Reinigung und Wartung nach Angaben der Herstellerinnen und Hersteller. Die Wartungsintervalle reichen je nach Fabrikat von einem bis zu sechs Monaten (Schönfelder 2011). Für die tägliche Reinigung wasserloser Urinale wird ein pH-neutraler Reiniger aufgesprüht und mit Reinigungstüchern abgewischt. Das Reinigungspersonal benötigt ggf. eine kurze Einweisung.

#### **4.1.2 Wasserlose Urinale – Herren**

Herrenurinale sind in öffentlichen Sanitärbereichen inzwischen häufig anzutreffen. Mittlerweile gibt es auch eine große Auswahl an wasserlosen Urinalen. Für die Entscheidung sind neben dem Preis die Betriebssicherheit und Wartungsarmut entscheidend.

Das Urinal CULUOne funktioniert ohne Spülung mit dem CULU-Geruchverschluss basierend auf Membrantechnologie. Es wird kein Wasser, keine chemischen Zusätze oder Sperrflüssigkeit benötigt. Charakteristisch für das URIMAT compact ist die kompakte und leichte Bauweise. Der patentierte Geruchverschluss und die mikrobiologischen Reinigungsmittel sollen einen störungsfreien und geruchlosen Betrieb garantieren. CENTAURUS von Keramag ist ein Hybrid-Urinal, das wasserlos, auf Wunsch aber auch mit Wasserspülung betrieben werden kann. Ein mechanischer Gummi-Geruchverschluss sorgt für den Schutz vor austretenden Gerüchen. Das Renova Nr.1 Plan Urinal gehört ebenfalls zu den Hybrid-Urinalen. Das SirOne Urinal (entwickelt 2015) soll durch die spezielle Form rückspritzfrei sein. Das wasserlose Urinal ExpliCit aus Edelstahl verschließt durch den WaterSave-Urinalverschluss. Alle weiteren aufgelisteten Urinale haben eine Keramikoberfläche und unterscheiden sich hauptsächlich im Design und der Größe. Anhang 1 liefert einen Überblick über wasserlose Herrenurinale.

### 4.1.3 Trockenurinale – Damen

Während Urinale für Männer nahezu flächendeckend in öffentlichen Toiletten zu finden sind, stellen Damenurinale, die speziell für die Benutzung durch Frauen konzipiert sind, bisher noch ein Nischenprodukt dar. Im Jahr 1996 bewilligte das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie die finanzielle Förderung des Forschungsprojektes „Urinale für Frauen“ und ermöglichte damit die Chance, die Entwicklung von Damenurinalen voranzubringen (Möllring 2003). Bis zum jetzigen Zeitpunkt konnten sich Frauenurinale jedoch nicht etablieren.

Die Recherche nach Herstellern von Damenurinalen ergab nur wenige Treffer, wie bspw. die niederländische Firma Sphinx oder die Goh Ban Huat Berhad (GBH) Group. Genauere Informationen zu Preisen oder möglichen Händlern konnten nicht ermittelt werden.

Das **Lady P.** Urinal von Sphinx wird an der Wand etwas höher als normale Sitztoiletten installiert und rückwärts in der „Abfahrtsposition“ ohne Körperkontakt mit dem Objekt benutzt. Der Rand des engen Beckens ist vorne schmal und verbreitet sich hinten zu einer fächerartigen Krempe. Dieser Bereich soll durch die kalte, großflächige Keramik signalisieren, sich nicht zu setzen (Möllring 2003). Das **Lady Loo** von GBH kann ebenfalls in der „Abfahrtsposition“ verwendet werden, aber die Außenkontur des Beckens, das mit leichtem Schwung weit nach vorne gezogen ist, scheint auch die bequemere Sitzposition zuzulassen (Möllring 2003). Allerdings sind beide Urinale mit Wasserspülung ausgestattet und verbrauchen circa 4 Liter pro Spülung.

Der Hersteller Uridan aus Österreich bietet wasserlose Urinale, zum Teil extra für Frauen an. Dazu gehört das Urinal **Modell Captain**. Es ist so konzipiert, dass Frauen in der Hocke urinieren können, ohne die Klobrille zu berühren. Ein weiteres Produkt dieses Herstellers ist das **Modell Pylon**, das in drei verschiedenen Größen Mini, Midi, Maxi erhältlich ist. Das **Modell Compass** sieht äußerlich wie eine herkömmliche Toilette aus und ist auch in dieser Art - allerdings nur zum Urinieren - zu nutzen. Alle drei Urinale werden mit Sperrflüssigkeit verschlossen.

Im Verkauf gibt es aktuell nur die Modelle von Uridan - allerdings sind diese zurzeit in Deutschland aufgrund einer Baubeschränkung nicht verfügbar. Die Verlängerung der Zulassung ist aber veranlasst und war bereits für Februar 2018 vorgesehen.<sup>4</sup> Vor dem Hintergrund der vermutlichen Verfasstheit der Patientinnen, ihres Alters und Gesundheitszustandes ist ein wesentliches Kriterium für das Urinal der Komfort bei der Nutzung. Das **Modell Compass** ist insofern komfortabel, als es die Möglichkeit bietet, sich zu

---

<sup>4</sup> persönliche Mitteilung, Telefonat und E-Mail mit URIDAN.



setzen. Für benutztes Toilettenpapier muss in jedem Fall ein separater Behälter bereitgestellt werden. Die Benutzung der Sperrflüssigkeit sowie der Reinigung ist bei allen drei Modellen ähnlich. Ein Überblick über wasserlose Damenurinale findet sich in Anhang 2.

#### 4.1.4 Verbrennungstoilette

In **Verbrennungstoiletten** werden Fäkalien/Urin durch Stromverbrennung in Asche und Gas überführt. Hierfür wird ein Abgaskamin erforderlich, der nach oben und möglichst weit von anderen Öffnungen entfernt sein sollte. Dafür ist kein Wasser- oder Abwasseranschluss erforderlich und insofern einfach zu installieren. Die Entsorgung der (sterilen) Asche ist über den Restmüll möglich. Es ist ein Stromanschluss (230V) notwendig, pro Verbrennungsvorgang werden 0,5-1,5 kWh und eine Dauer von 30 bis 110 Minuten veranschlagt (Fritidstoa 2017). Dadurch ist die Anzahl der Toilettengänge je Zeiteinheit beschränkt.

Grundsätzlich gibt es keine Erfahrungen mit dem Einsatz von Verbrennungstoiletten in Krankenhäusern. Außerdem werden für die Verbrennungstoilette eine Belüftung und ein Abgasrohr sowie ein Stromanschluss benötigt. Vor allem die lange Verbrennungsdauer von 30-110 Minuten spricht gegen den Einsatz einer Verbrennungstoilette in MindER2. Anhang 3 in Kapitel 13.3 gibt einen Überblick über Verbrennungstoiletten.

#### 4.1.5 Separationstoilette

Separationstoiletten sehen durch eine Unterteilung der Toilettenschüssel eine Trennung von Urin und Fäkalien vor. Vor dem Hintergrund des mangelnden Angebots an Frauenurinalen und mit Blick auf gleichbleibenden Komfort für die Nutzerinnen wäre die Separationstoilette, in der in der vorderen Schüssel der Urin wasserlos gesammelt wird, ggf. eine Alternative.

Zu Beginn der Forschungsarbeiten zu Neuartigen Sanitärkonzepten (NASS) in den 1990er und 2000er Jahren wurde dieser Möglichkeit der Abwasserteilstromerfassung großes Potenzial zugesprochen und verschiedene Anbieter sind in die Entwicklung entsprechender Produkte eingestiegen. Separationstoiletten haben sich auf dem Markt bisher nicht durchgesetzt und nach derzeitigem Kenntnisstand ist mit BBInnovation und dem Produkt „Dubbletten“ nur noch ein Anbieter auf dem Markt.

Diese Separationstoilette hat analog zu den Frauenurinalen von Sphinx und GBH den Nachteil der Wasserspülung auch in der vorderen Schüssel. Die hierdurch entstehende Verdünnung des gesammelten Urins ist unerwünscht und führt zu höherem Aufwand in allen weiteren Schritten wie bspw. Transport, Entsorgung, potenzielles Recycling.

#### 4.1.6 Schlussfolgerungen für die Umsetzung

**Herrentoilette:** Es gibt ein breites Angebot an wasserlosen Urinalen für Herren auf dem Markt, und die Nutzung ist für männliche Patienten einfach und eingeübt. Kriterien hier sind im Wesentlichen die Kosten, die Passfähigkeit an die vorhandene Infrastruktur und ein ansprechendes Design. Das Urinal wurde von den Fachfirmen der UKU ausgewählt und eingebaut.

**Damentoilette:** Die Lösung für die Damentoilette ist schwieriger. Neben dem geringen Angebot ist die Nutzung von Frauenurinalen nicht üblich und es ist davon auszugehen, dass es unter den Patientinnen wenig bis gar keine Erfahrung mit dieser Art der Toilettentechnik gibt. Ein wesentliches Kriterium ist die wasserlose Technik, die ein möglichst geringes Volumen (Sammlung und Transport) gewährleisten soll. Das Kriterium wird weder von den Urinalen von Sphinx und GBH noch von der Separationstoilette erfüllt. Vor dem Hintergrund wurde auf der Damentoilette ein wasserloses Urinal von Uridan „Modell Compass“ installiert. Modell Compass lässt nur Urinieren zu, funktioniert wasserlos und kann relativ komfortabel sowohl im Hocken als auch im Sitzen genutzt werden. Damit wird der körperlichen Verfasstheit der Patientinnen Rechnung getragen und das gesammelte Volumen dennoch nicht verdünnt. Allerdings befindet sich das Urinal für den deutschen Markt noch im Zulassungsprozess des DIBt.<sup>5</sup>

### 4.2 Technischer Aufbau des Sammelsystems in der Radiologie

Der Aufbau des Sammelsystems im Keller muss in der Pilotphase des Projektes vor allem den Anforderungen an zuverlässige Entsorgung und Möglichkeiten der Probenahme erfüllen. Die Größe des Sammelbehälters muss variabel sein. Im Sinne späterer Sammlung müssen große Behälter (z. B. Kubikmeterwürfel auf einer Europalette), aber auch kleinere Behälter (z. B. 100 l oder 10 l) anschließbar sein.

Für die Dimensionierung kann man konservativ von max. etwa 0,5 Liter/Person und erstem Toilettengang nach der Untersuchung ausgehen. Unter der Voraussetzung, dass 100 % der Patientinnen und Patienten die Toiletten 1 x nutzen, wären das 25l/d.

---

<sup>5</sup> DIBt: Deutsches Institut für Bautechnik.

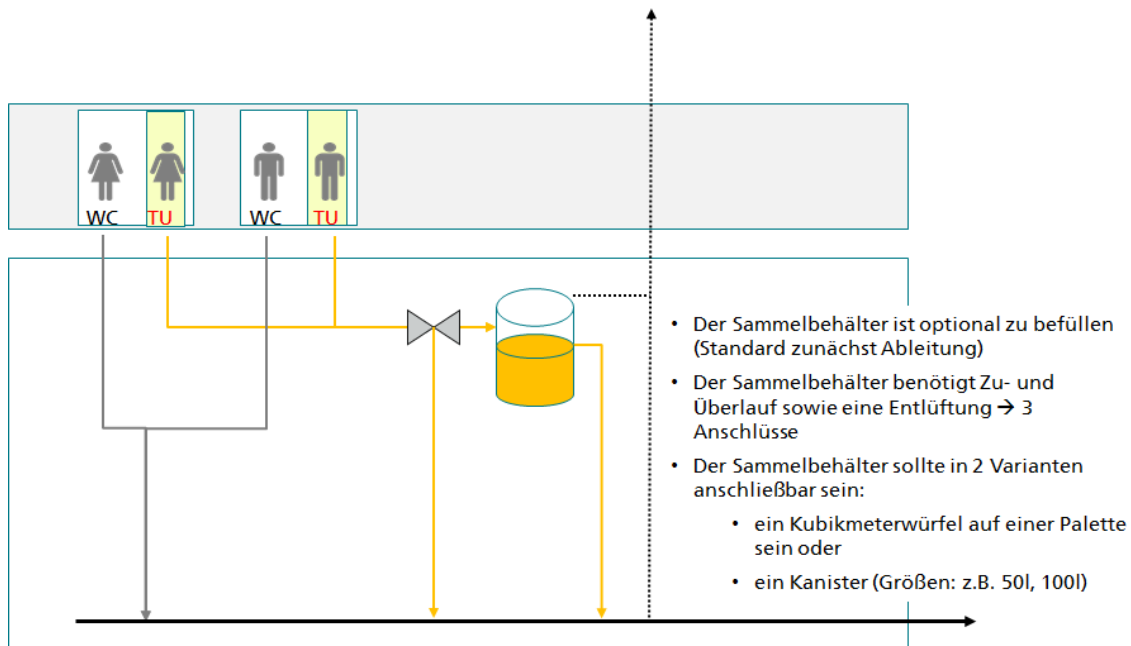


Abbildung 4-1: Skizze des technischen Aufbaus der Urinal-Sammel-Anlage

Das Auffangen ist im Rahmen des Pilotprojektes **als Option** zu sehen. Noch ist keine Möglichkeit vorhanden, den Urin kontinuierlich zu einer Recyclingstelle oder einer anderen adäquaten Aufbereitung zu bringen. Dazu müssen potenzielle Recycling-Partnerinnen und -Partner zunächst Versuche durchführen und ggf. sogar Prozesse entwickeln, bzw. anpassen. Dazu gehören Recycling oder auch spezielle Behandlungsverfahren, mit denen RKM ggf. eliminiert werden können. Grundsätzlich kann das Substrat (analog zu den Urinbeuteln) auch verbrannt werden.

Für die technische Umsetzung bedeutet dies, dass **der Standard die Ableitung in den Kanal** ist und bei Bedarf, temporär auf einen Sammelbehälter umgestellt werden kann.

Im Urinableitungsrohr im Keller wurde ein Schieber eingebaut, mit dem auf den Sammelbehälter (Kanister) umgestellt werden kann. Wenn Proben benötigt werden, bspw. für Versuche zum Recyceln durchgeführt werden, kann diese Weiche auf den Sammelbehälter gestellt werden, ansonsten wird in den Abwasserkanal weitergeleitet (vgl. Abbildung 4-1).

Mit diesem pragmatischen Ansatz wurde der Aufwand im Klinikum geringgehalten, gleichzeitig sind mit Blick auf die Forschungsfragen alle Optionen möglich.

Für die Umbauarbeiten musste mit dem UKU ein Kooperationsvertrag geschlossen werden. Es wurde zunächst nur ein Herrenurinal gegen ein wasserloses Herrenurinal ausgetauscht und die entsprechend notwendige Sammelmimik im Keller errichtet. Darüber

hinaus wurde ein onlinebasiertes Zählsystem eingerichtet, bei dem die Patienten einen Feedback-Button drücken und so gleichzeitig die Benutzung als auch den Grad ihrer Zufriedenheit dokumentieren. Die Umbauarbeiten wurden Ende August 2019 abgeschlossen.

### 4.3 Technische Umsetzung - Umbau Urinal und Sammel-system

Zum Zeitpunkt des Umbaus waren auf dem Markt weder wasserlose Damenurinale verfügbar, noch gab es eine marktreife, wasserlose Separationstoilette. Um Frauen nicht aus der Studie ausschließen zu müssen, wurde eine normale Toilette als RKM-Toilette ausgewiesen. Auf diese Weise konnten die Frauen ohne für sie sichtbare Einbußen an der Studie teilnehmen und ihre Einschätzungen abgeben. Einziger Unterschied war, dass der Urin der Frauen nicht gesammelt und analysiert werden konnte. Als Herrenurinal hat sich die Uniklinik Ulm für das Modell urimat ceramic der Firma URIMAT® entschieden. Ein patentiertes System sorgt durch einen sogenannten MB-Aktiv-Stein und vertikale Membranen, welche nur bei Durchfluss von Urin öffnen, für Hygiene und Geruchsfreiheit<sup>6</sup>.



Abbildung 4-2: Eingebautes wasserloses Herrenurinal der Fa. Urimat und Installation zur Sammlung des Urins im Keller

---

<sup>6</sup> <https://urimat.de/produkte/urinale/> (abgerufen September 2017).

Zusätzlich zu den Urinalen wurden ein separates Leitungssystem sowie ein Sammelbehälter installiert. Mit Hilfe der separaten Leitung und zweier Schieber kann der Urin entweder ins Abwassersystem abgeleitet oder im Bedarfsfall in einem Probenahmekanister aufgefangen werden (vgl. Abbildung 4-2).

Grundsätzlich müssten für die separate Erfassung von Patientinnen- und Patientenurin in Krankenhäusern Toiletten zur Verfügung stehen, die eine separate und wasserlose Erfassung der Urinfraktion ermöglichen. Hierzu gibt es zzt. eine Entwicklung an der EAWAG<sup>7</sup>. Diese war zum Zeitpunkt der Umbaumaßnahmen noch nicht auf dem Markt verfügbar. Darüber hinaus waren keine Urinale für Damen-No-Mix-Toiletten verfügbar.

#### **4.4 Mögliche Sammeltechniken für die Station - Untersuchungen im Rahmen eines studentischen Projekts der DHBW**

Eine wichtige Erkenntnis aus MindER1 war, dass Urinbeutel nicht für alle stationären Patientinnen und Patienten i. d. R. eine praktikable Option darstellen. Um hier alternative Möglichkeiten zu entwickeln, wurden Möglichkeiten zur separaten Erfassung des Patientinnen- und Patientenurins auf Krankenhausstationen analysiert.

##### **Varianten A: Mobile Sammeltoilette**

Ein Beispiel für eine mobile Sammeltoilette ist der Hightech-Nachttopf Rollac 1.0. Die in der Schweiz für Krankenhäuser entwickelte Toilette auf Rädern ist seit Herbst des Jahres 2015 auf dem Markt erhältlich. Sie wurde zur Erfassung von mit Arzneistoffen belasteten Fäkalien entwickelt (vgl. Abbildung 4-3).

Der Rollac 1.0 kann sowohl gekauft als auch gemietet werden. Bei einer Vermietung bietet der Hersteller zwei Varianten an: eine sporadische Vermietung sowie eine pay-per-use-Vermietung. Bei Letzterer wird das Gerät inklusive aller Verbrauchsmaterialien zur Verfügung gestellt und pro Nutzung eine zuvor vereinbarte Gebühr in Rechnung gestellt.<sup>8</sup> Zusätzlich zu den Anschaffungskosten fallen Stromkosten an. Nach Angaben des Herstellers sind die Gesamtkosten jedoch mit denen einer normalen Toilette vergleichbar<sup>8</sup>.

---

<sup>7</sup> <https://www.eawag.ch/en/research/humanwelfare/wastewater/nomix/>.

<sup>8</sup> Closac (2017): CLOsac – die erste wasserlose Toilette, online verfügbar unter: <http://www.closac.com/de/home/services/faq/>, abgerufen am 18.05.2017.



Abbildung 4-3: Die mobile wasserlose Toilette Rollac 1.09

Der Prototyp dieser mobilen wasserlosen Toilette wurde bereits in einem Krankenhaus getestet. Wesentliche Aktivpunkte bei Personal sowie Patientinnen und Patienten waren demnach: Hygieneverbesserungen, Patientenkomfort sowie vorteilige Arbeitsabläufe für das Personal.<sup>10</sup>

#### 4.4.1 Befragungen zu den Optionen der Erfassung des Urins von stationären Patientinnen und Patienten

Im Rahmen einer Befragung in zwei Kliniken sollte auf die Frage, welche der beiden Varianten aus Sicht des Pflegepersonals und vor dem Hintergrund der Stationsroutinen zu bevorzugen wäre, eine Antwort gefunden werden.

Vor allem vor dem Hintergrund, eine Lösung auch für die stationären Patientinnen und Patienten unter Berücksichtigung der Belastung des Pflegepersonals zu finden, wurden Befragungen zu den Möglichkeiten einer separaten Erfassung von kontaminiertem Patientinnen- und Patientenurin in zwei Kliniken durch die Studierenden durchgeführt.

Um einen Überblick über das Problembewusstsein zu bekommen, wurden zwei Einstiegsfragen nach der Art der Entsorgung und nach dem Bewusstsein zur Umweltproblematik gestellt (vgl. Abbildung 4-4).

<sup>9</sup> Liftac (2017): <http://www.liftac.com/news/single-view/article/rollac-10-wasserlose-toilette/>, abgerufen am 18.05.2017.

<sup>10</sup> Meuli, K. (2016): Von der Idee zur Marktreife, Mit Innovationsförderung, Bundesamt für Umwelt BAFU, umwelt 2/2016.

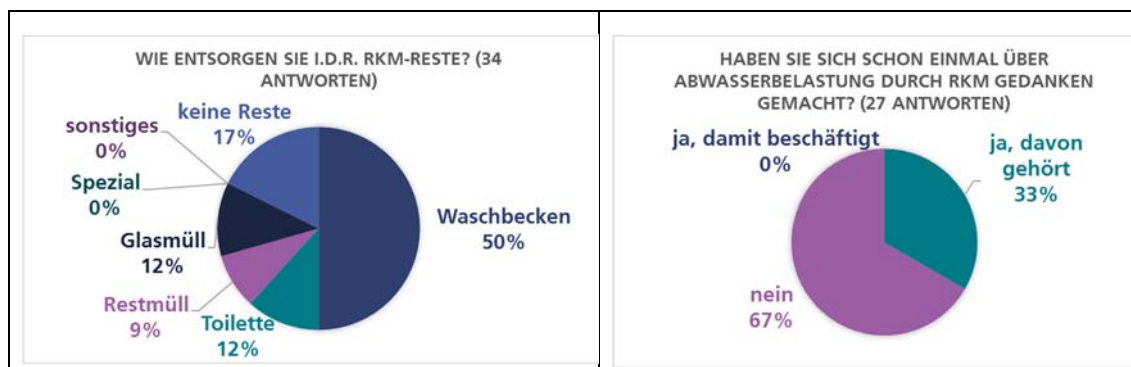


Abbildung 4-4: Darstellung der Antworten zu den Fragen zum Problembewusstsein beim Pflegepersonal

Demnach haben sich 2/3 der Befragten noch keine Gedanken über die Umweltbelastung durch Arzneimittel gemacht. Dementsprechend werden RKM-Reste zu über 60 % in Waschbecken und Toiletten entsorgt.

Das wesentliche Ziel der Befragung war es, herauszufinden, ob und welche möglichen Erfassungssysteme für den RKM-belasteten Urin stationärer Patientinnen und Patienten das Pflegepersonal für sinnvoll hält und bereit wäre einzusetzen. Der überwiegende Teil der Befragten hält die separate Erfassung zwar für sinnvoll, findet sie aber im medizinischen Alltag schwierig umzusetzen und erwartet in jedem Fall einen erhöhten Zeitaufwand (vgl. Abbildung 4-5).

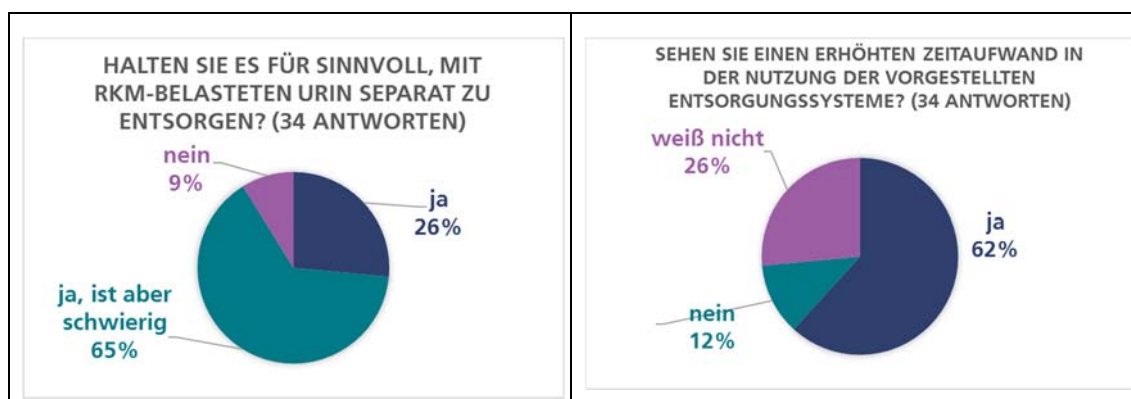


Abbildung 4-5: Darstellung der Antworten zu den Fragen nach der Sinnhaftigkeit einer separaten Urinerfassung und zum erwarteten Zeitaufwand

Die Frage nach der Praktikabilität der Urinbeutel zur separaten Erfassung des Urins stationärer Patientinnen und Patienten beantworten knapp 70 % der 34 Befragten eher

skeptisch, wobei nur 12 % die Beutel für gar nicht praktikabel halten. Demgegenüber sind von den 19 Antworten nach der bevorzugten Alternative für ihre Station fast 90 % für die Urinbeutel im Vergleich zur mobilen Toilette (vgl. Abbildung 4-6).

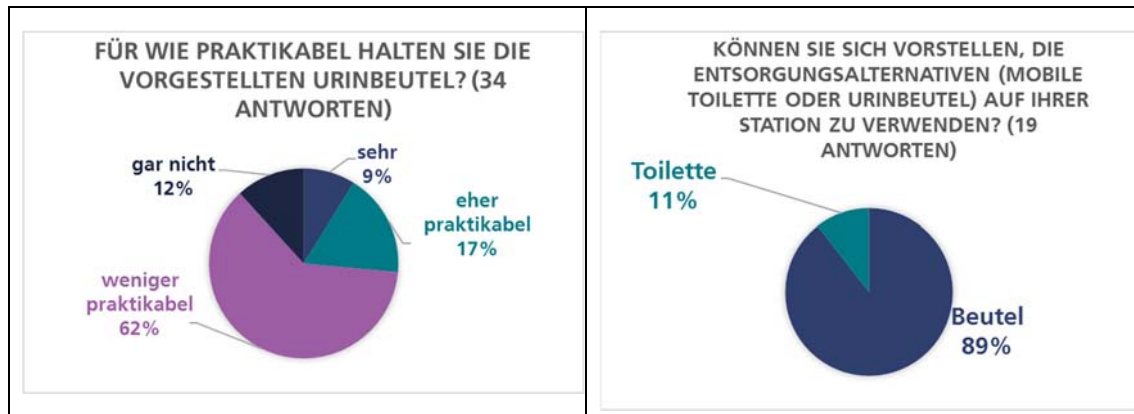


Abbildung 4-6: Darstellung der Antworten zur Praktikabilität der vorgestellten Entsorgungsmöglichkeiten (mobile Toilette, Urinbeutel)

In begleitenden Interviews und Gesprächen wurde vor allem auf den Platzmangel zur Lagerung der mobilen Toilette verwiesen und darauf, dass häufig mehrere Patientinnen und Patienten parallel eine radiologische Untersuchung haben und daher mehrere Toiletten nötig sind. Außerdem wurde kritisch angemerkt, dass nicht nur Radiologiepatientinnen und -patienten unerwünschte Substanzen ausscheiden.

Ein alternativer Vorschlag war, dass die in Untersuchungsroutrinen eingesetzten 24-h-Urinsammelbehälter genutzt werden könnten.

## Fazit

Im medizinischen Alltag werden Veränderungen, die einen Mehraufwand befürchten lassen, sehr kritisch gesehen. Die Erwartung an eine mobile Toilette ist, dass sie Lagerplatz benötigt, dass sie einen gewissen Wartungsaufwand verlangt und dass der logistische Aufwand auf der Station hoch ist. Hier werden eher Urinbeutel oder eine 24-h-Sammelbehälter als mögliche Lösung für die Sammlung des Urins von stationären RKM-Patienten gesehen. Zudem stellt sich die Frage nach der Sinnhaftigkeit, den Urin von RKM-Patientinnen und -Patienten auf Schwerpunktstationen zu sammeln, wenn zugleich eine Vielzahl umweltkritischer Arzneimittel inkl. Antibiotika verabreicht werden, die nicht separat erfasst werden. Hier erscheint der Anschluss aller Toiletten an ein Sammelssystem zielführender.



## 5 Urinbeutel als komplementäre Maßnahme

Eine Erkenntnis aus MindER1 war die, dass das Design der Urinbeutel nicht für alle Patientinnen und Patienten gut geeignet war. Wesentliche Kritikpunkte waren die Passfähigkeit und Anpassungsfähigkeit der Öffnung und die Länge der Beutel, die je nach Toilette bis ins Wasser hängen können.

Von der KETS GmbH wurden inzwischen Urinbeutel entwickelt und hergestellt, die den Anforderungen besser entsprechen, die aber gemäß Rückmeldungen aus den Befragungen weiterhin optimierungswürdig sind (vgl. Abbildung 5-1). Hier wird vor allem weiterhin die Länge der Beutel bemängelt.

MindER2 fokussierte auf einen Routineablauf, in dem die Teilnahme nicht als freiwillige, projektbezogene Maßnahme, sondern als Standardverhalten im Rahmen radiologischer Untersuchungen mit RKM wahrgenommen wird. Der Aufwand für die Mitarbeitenden sollte möglichst gering bleiben. Statt umfänglicher Informationen sollte die Patientin/der Patient lediglich die Empfehlung erhalten, direkt im Anschluss viel zu trinken, eine der separaten Toiletten zu benutzen und Urinbeutel für die Nutzung zuhause mitzunehmen. Die Urinbeutel wurden im Wartebereich ausgelegt.



Abbildung 5-1: Urinbeutel in MindER2 (Foto: Fraunhofer ISI)

## 6 Konzeption der Akzeptanzstudie

### 6.1 Gesamtkonzeption der wissenschaftlichen Akzeptanzuntersuchung

Das Konzept zur Untersuchung und Evaluierung der durchgeführten Interventionen geht über eine allgemeine Akzeptanzuntersuchung hinaus, da auch die Wirksamkeit der einzelnen Interventionen untersucht und quantifiziert werden soll. Es handelt sich also vielmehr um eine wissenschaftliche Evaluation als um eine reine Akzeptanzuntersuchung. Ziel der Untersuchung ist die Identifizierung eines wirksamen Interventionspakets, das die Nutzungsquote der Instrumente zur Vermeidung von RKM-Eintrag in das Abwasser (Urinbeutel und RKM-Toilette) maximiert.

Um die Wirkungsweisen der einzelnen Interventionen untersuchen zu können, wurde ein experimentelles Setting mit Prä-Post-Design gewählt, um die Wirksamkeit bzw. den Effekt der einzelnen Interventionen separat voneinander messen zu können und um einen Referenzwert zum Abgleich zu erhalten.

Die Vorgehensweise lässt sich hierbei in drei Phasen untergliedern: Phase 0 (Baselinephase oder Kontrollphase), Phase 1 (Interventionsphase 1) und Phase 2 (Interventionsphase 2). Maßnahmen, die darauf abzielen, Patientinnen- und Patientenverhalten zu ändern (**Interventionen: IV**), sind dabei von reinen Untersuchungsmaßnahmen zu unterscheiden, die im Rahmen des Projekts zur Messung des Patientinnen- und Patientenverhaltens notwendig sind (**Untersuchungsmaßnahmen: UM**).

#### 6.1.1 Untersuchungsphasen

##### Phase 0 (Baseline)

Phase 0 dient der Erfassung des Status-Quo (sog. Baseline-Phase), um einen Referenzwert zu erhalten. Die Phase dient damit zur Erfassung der Quote an zurückgehaltenem RKM, die durch einen einfachen Umbau von Toiletten in RKM-Toiletten sowie deren Beschilderung erzielt werden würde. In dieser Phase wird somit die Umsetzung einer RKM-Toilette simuliert, die nicht von weiteren Informationsmaßnahmen begleitet wird. Folgende Maßnahmen wurden durchgeführt:

- **IV.** Beschilderung einer nahe gelegenen Damen- und Herren-Toilette als RKM-Toilette. Auf den Toiletten erfolgte jeweils die Ausweisung eines Urinals und einer Damentoilette als Toilette, die ausschließlich für RKM-Patientinnen und -Patienten vorgesehen ist (siehe Abbildung 6-1).

- **UM.** Umbaumaßnahmen zum Einbau des separaten wasserlosen Röntgenkontrastmittel(RKM)-Urinals auf der Männertoilette mit Einbauweiche zur Probenentnahme. (vgl. Kapitel 4). Der Umbau einer RKM-Frauen-Toilette war geplant, konnte aber nicht durchgeführt werden (vgl. Kapitel 4).
- **UM.** Installation eines Feedback-Geräts in den beiden WCs, die es erlaubt, sowohl eine Bewertung der jeweiligen RKM-Toiletten zu erfassen, als auch die Anzahl der Toilettenbesuche durch RKM-Patientinnen und -Patienten zu messen (siehe Abbildung 6-2).

### Phase 1 (Intervention 1)

In Phase 1 werden erste Interventionen vorgenommen, um die Patientinnen und Patienten aktiv über die RKM-Problematik aufzuklären und ihnen den vorgesehenen Verfahrensablauf zu vermitteln. Das Verfahren sieht vor, nach der Verabreichung des Mittels vor Ort (a) während der 30-minütigen Wartephase zur eigenen Regeneration viel zu trinken, (b) die RKM-Toilette zu nutzen, (c) im Anschluss an die Untersuchung die bereitliegenden drei Urinbeutel für die nächsten Toilettengänge zu Hause zu nutzen. Folgende Maßnahmen wurden durchgeführt:

- **IV.** Ausgabe einer Papiertüte an der Rezeption der Radiologie. Inhalt: ein leicht verständlicher Informationsflyer sowie drei Urinbeutel (vgl. Anhang 13.5).
- **IV.** Der Weg zur RKM-Toilette (auf die im Flyer hingewiesen wird) wird vom Wartebereich aus nochmals extra beschildert
- **IV.** Sporadische Bereitstellung von Wasser durch eine anwesende Doktorandin, das auf Nachfrage durch die Patientinnen und Patienten bezogen werden konnte. [Vorgehen war in diesem Rahmen wissenschaftlich nicht intendiert.]
- **UM.** Ausgabe eines Fragebogens gemeinsam mit Flyer und Urinbeutel, der die Nutzung der Urinbeutel, RKM-Toilette und das Befolgen des vorgegebenen Prozederes abfragt (vgl. Anhang 13.7).
- **UM.** Verdeckte und anonymisierte Beobachtung der Patientinnen und Patienten zur Beobachtung von Trinkverhalten, Lesen des Flyers, Toilettengang durch eine Doktorandin im Rahmen ihrer Promotion. Die Beobachtung diente auch zur Berechnung der Fehlerquote (d. h. der Diskrepanz zwischen der Anzahl tatsächlicher Toilettengänge und Anzahl der gefeedbackten Toilettengänge über das Feedbacksystem).
- **UM.** Durchführung von Interviews mit Patientinnen und Patienten, Ärztinnen und Ärzten und Pflegepersonal zur qualitativen Untersuchung von Treibern und Hemmnissen bei der Befolgung des Verfahrensablaufs.
- **Nicht durchgeführte Interventionsmaßnahmen.** Eine ursprünglich geplante Installation einer Beeper-Anlage, die den Patientinnen und Patienten während ihrer Wartezeit höhere Bewegungsfreiheit ermöglicht hätte, da der Aufruf zur Nachsorge nach

30 Minuten per elektronischen Beeper-Geräten erfolgt wäre, ist durch die Radiologie aus Kostengründen nicht erfolgt. Ein Briefing des Personals (Ärztinnen und Ärzte sowie Krankenpflegerinnen und Krankenpfleger) zu gewünschtem Verfahrensablauf wurde in der Praxis nur teilweise umgesetzt. Das beteiligte medizinische Personal war somit nicht vollständig informiert.

## Phase 2 (Intervention 2)

In Phase 2 werden weitergehende "weiche" Interventionen eingeführt, die einen zusätzlichen Effekt für die Akzeptanz des Verfahrens und damit einen zusätzlichen Effekt zur Reduzierung des RKM-Eintrags erbringen sollen. So soll etwa die Wartezeit für die Patientinnen und Patienten angenehmer gestaltet werden und die Möglichkeiten der Flüssigkeitsaufnahme verbessert werden, um die Bereitschaft zur aktiven Mitwirkung beim gewünschten Ablauf zu erhöhen. Folgende Maßnahmen wurden durchgeführt:

- **IV. Niedrigschwellige Bereitstellung von Wasser im Wartebereich der Radiologie** mit Verweis auf die Notwendigkeit der Flüssigkeitsaufnahme im Rahmen einer RKM-Untersuchung.
- **IV. Anbringung eines Posters im Wartebereich der Radiologie**, welches den angestrebten Verfahrensablauf nochmals mit Unterstützung von Piktogrammen darstellt. Das Poster dient der zusätzlichen Aufklärung für Patientinnen und Patienten, die die ausgegebenen Flyer nicht während ihres Aufenthalts lesen.
- **IV. Flächendeckende Schulung und Information des medizinischen Personals in der Radiologie.** Somit konnte sichergestellt werden, dass das Personal bei Nachfragen der Patientinnen und Patienten adäquat antworten konnten und entsprechend motivierende Antworten zum Befolgen der vorgegebenen Schritte geben konnten.
- **Nicht durchgeführte Interventionsmaßnahmen.** Geplant waren Maßnahmen im Wartebereich, die zur Aufenthaltsqualität im Wartebereich beitragen sollten (z. B. Anbringen von Pflanzen, Bildschirm mit Video zur Aufklärung über RKM usw.). Die von der Radiologie ursprünglich geplanten Veränderungen wurden aus finanziellen Gründen dann nicht umgesetzt.

## 6.2 Zielgruppe der Untersuchungen

Die experimentelle Untersuchung fand in der Radiologie Oberer Eselsberg des Universitätsklinikums Ulm statt, wobei sich der Beobachtungszeitraum vom 07.01.2019 bis zum 16.08.2019 erstreckte. Durchschnittlich hat die Radiologie 78,6 Patientinnen und Patienten pro Tag. In einer klinischen Radiologie werden verschiedene Untersuchungen vorgenommen, die nicht alle die Gabe von Röntgenkontrastmittel notwendig machen (z. B. Röntgen, Angiographie, einige Anwendungen der Magnetresonanztomographie *MRT*).

Der Anteil an Patientinnen und Patienten, die Röntgenkontrastmittel verabreicht bekommen, beträgt nach Angabe der Radiologie an der Uniklinik Ulm ca. 20 %. Von diesen Patientinnen und Patienten sind ca. 25 % ambulant, der Rest ist in stationärer Behandlung auf Schwerpunktstationen wie der Onkologie und Kardiologie.

Patientinnen und Patienten mit Magnetresonanztomographien (MRT) erhalten nicht bei jeder Untersuchung RKM. Zudem entfällt im normalen Ablauf die 30-minütige Wartezeit nach Abschluss der Untersuchung. MRT-Patientinnen und -Patienten wurden daher auf Wunsch des Klinikums in der Studie nicht berücksichtigt.

Patientinnen und Patienten mit Computertomographie-Untersuchungen (CT) erhalten alle RKM. Allerdings müssen getrennte Maßnahmen für stationäre und ambulante Patientinnen und Patienten getroffen werden, da stationäre Patientinnen und Patienten oft immobil sind und die stationäre RKM-Toilette nicht nutzen können. Außerdem entfällt die 30-minütige Wartezeit, da die Patientinnen und Patienten direkt zurück auf ihre Station gebracht werden.

Daher wurde entschieden, die Maßnahmen auf ambulante Patientinnen und Patienten der Computertomographie einzugrenzen. Dies entsprach während des Durchführungszeitraums vom 07.01.2019 bis 16.08.2019 durchschnittlich 20,2 % aller Radiologiepatientinnen und -patienten und ca. 37 % aller CT-Patientinnen und -Patienten. Somit reduzierte sich der Untersuchungsgegenstand auf durchschnittlich 15,96 Patientinnen und Patienten pro Tag. Diese erhielten das Kontrastmittel Imeron 350 oder Imeron 400 mit durchschnittlich 30,2 g Iod pro Patientin/Patient.

### **6.3 Interventionsmaßnahmen und Kommunikationskonzept**

Die Interventionsmaßnahmen wie etwa die Kommunikation der erwünschten Verhaltensweisen der Patientinnen und Patienten wurden entlang der Interventionsphasen in zwei Schritten eingeführt.

In Phase 0 erfolgte die Ausweisung der entsprechenden Toiletten auf Damen- und Herrentoilette. Die Beschilderung der Kontrastmittel-Toilette war mit der Aufforderung gekoppelt, die Nutzung der Toilette zu bewerten. Diese "Feedbacks" wurden zur Zählung der Toilettengänge genutzt. Phase 0 diente als Baselinephase zur Erfassung des Status quo und somit, bis auf die Beschilderung der Toiletten, ohne eine Form der Intervention.

In Phase 1 wurde die Toilettenbeschilderung von den Untersuchungsräumen aus verbessert, um das Auffinden der RKM-Toilette zu erleichtern (siehe Abbildung 6-3). Zudem

erfolgte die Ausgabe eines Informationsflyers (Abbildung 6-4 und Anhang 13.5) und Urinbeutel (Abbildung 6-5) im Praxisalltag sowie eine kostenlose Versorgung der Patientinnen und Patienten mit Trinkwasser auf Anfrage.



Abbildung 6-6: Beschriftung der Toiletten (männlich, weiblich), Aufforderung zur Nutzungsbewertung im Waschbereich (von links nach rechts)

Der Flyer enthielt die Aufforderung viel zu trinken, anschließend die entsprechende RKM-Toilette zu benutzen sowie im Nachgang die bereitliegenden Urinbeutel zu nutzen.



Abbildung 6-7: Informationsflyer zum angestrebten Ablauf für ambulante RKM-Patientinnen und -Patienten (große Abbildung im Anhang 13.5)



Abbildung 6-8: Blick in den Behandlungsgang der Radiologie, Blick in Richtung der RKM-Toiletten (ca. 25 m) (von oben nach unten)

Die Ausgabe der Informationsflyer erfolgte nach einer kurzen Übergangsphase zu Beginn der Phase 1 am 23.04.2019 bis zum Ende der Phase 2 am 16.08.2019.

In Phase 2 wurde zur besseren Information ein Informationsposter im Wartebereich der Radiologie angebracht, welches den angestrebten Verfahrensablauf nochmals mit Unterstützung von Piktogrammen darstellt (Abbildung 6-9). Das Poster unterstützte die Information derjenigen Patientinnen und Patienten, die sich den Informationsflyer nach Erhalt nicht durchlasen. Zudem wurde das medizinische Personal (Pflegekräfte und Ärzte) nochmals eingehend zu den Maßnahmen geschult, um Patientinnen und Patienten mit Fragen adäquate Antworten geben zu können und um verstärkte Akzeptanz für die Maßnahmen sicherzustellen. Darüber hinaus erfolgte eine großflächige Bereitstellung von Trinkwasser. Ziel der Interventionen war eine möglichst niedrigschwellige Nutzung der umgebauten RKM-Toiletten durch die Radiologie-Patientinnen und -Patienten.



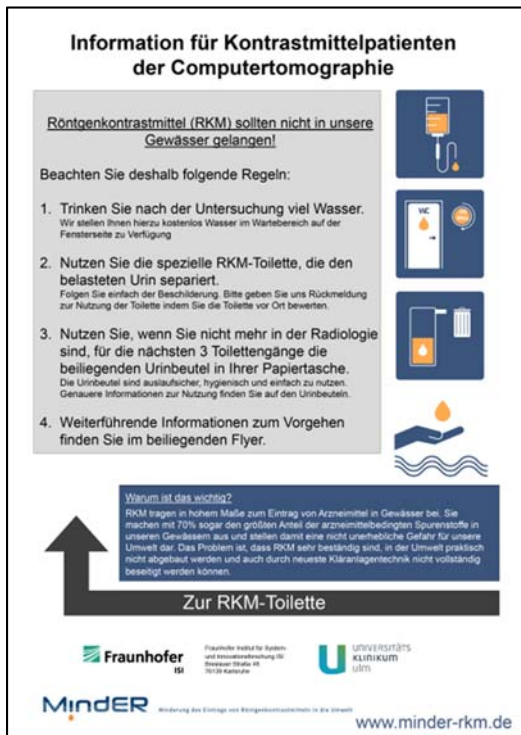


Abbildung 6-9: Beschilderung mit Verhaltensregeln (Ablauf) inklusive Wegweiser zur RKM- Toilette für Patientinnen und Patienten

Abbildung 6-10: Bereitstellung des Wassers in Phase 2

## 6.4 Messung des Patient\*innenverhaltens

Für die begleitende Wirksamkeits- und Akzeptanzuntersuchung werden Messinstrumente kombiniert, die sich gegenseitig ergänzen.

### Statistische Daten der Uniklinik

Über das EDV-System der Universitätsklinik wurde tagesfein die Anzahl der RKM-Patientinnen und -Patienten (aufgeschlüsselt nach Geschlecht und stationär vs. ambulant), Patientinnen und Patienten insgesamt sowie die Menge an verabreichtem Röntgenkontrastmittel (aufgeschlüsselt nach Kontrastmitteltyp) für den gesamten Zeitraum der Untersuchung übermittelt. Wir erhielten somit exakte Daten über die ausgegebene Menge an Röntgenkontrastmitteln, die eine Berechnung der durchschnittlich verabreichten Menge an RKM pro Patientin/Patient zulässt.



## Feedbacksystem

Die auf den Toiletten installierten Feedback-Geräte (ähnlich den an Flughäfen installierten Geräten zur Zufriedenheit der Toilettennutzung) messen sowohl zeitsensible Daten zur Häufigkeit der Toilettennutzung als auch zur Zufriedenheit der RKM-Toilettennutzung. Das Feedbacksystem wurde zu Beginn der Phase 0 installiert, um die Veränderung der Toilettengänge auf der RKM-Toilette messen zu können. Durch die Beschilderung sollte sichergestellt werden, dass ausschließlich Nutzer der RKM-Toilette Feedbacks meldeten. Ein mehrmaliges Drücken des Knopfes wurde durch eine Delay-Funktion von 2 Sekunden unterdrückt. Somit wurden doppelte Feedbacks vermieden.

## Herrenurinal zur separaten Erfassung des Patientenurins

Das installierte wasserlose Herrenurinal verfügt über eine separate Ableitung mit der Möglichkeit zur Probenahme im Keller unterhalb der Radiologie. Mithilfe dieser Versuchsanordnung werden zu randomisiert ausgewählten Zeitpunkten Proben entnommen, die über Laboruntersuchungen Aufschluss über die Konzentration und damit über die Menge des zurückgehaltenen Kontrastmittels geben. Insgesamt erfolgten 25 Beprobungen des wasserlosen Herren-Urinals, von denen nur 7 ausgewertet werden konnten, da sie über eine ausreichend hohe Iod-Konzentration verfügten. Für alle 7 Beprobungszeiträume von je 4 Stunden zu unterschiedlichen Tageszeiten wurden verdeckte Beobachtungen durchgeführt, um die Anzahl der Toilettengänge zu bestimmen, um näherungsweise die ausgeschiedene Iodmenge pro Patientin/Patient ermitteln zu können.



Abbildung 6-11: Tür mit Beschriftung auf der Damentoilette, Urinal mit Beschriftung auf Herrentoilette, Feedbacksystem im Waschbereich (von links nach rechts)

### **Befragung der Patientinnen und Patienten per Fragebogen**

Per Fragebogen wurde das selbstberichtete Verhalten und die Einstellung der Patientinnen und Patienten abgefragt. Der Fragebogen baut in Teilen auf dem in MindER1 genutzten Fragebogen auf und stellt somit eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse sicher. Die Patientinnen und Patienten bewerteten dabei das entwickelte Informationsmaterial auf Verständlichkeit, berichten ihre Einstellung zu einzelnen Aspekten der Maßnahme und berichten ihr Verhalten hinsichtlich ihrer Flüssigkeitsaufnahme, Nutzung der RKM-Toilette und Nutzung der Urinbeutel. Den Fragebogen nahmen die Patientinnen und Patienten der Radiologie, zusammen mit Urinbeuteln, nach der Untersuchung mit. Er sollte mittels eines vorfrankierten Umschlags zurück an das Fraunhofer ISI geschickt werden. Im Zeitraum zwischen 23.4.2019 und 12.6.2019 wurden 381 Tüten mit Urinbeuteln und Fragebogen an RKM-Patientinnen und -Patienten ausgegeben. Nach Abgleich mit den Patientendateien des Uniklinikums Ulm entspricht das einem Anteil von 71,6 % der eigentlichen Zielgruppe von ambulanten Computertomographie-Patientinnen und -Patienten, die RKM erhalten. Das Empfangspersonal des Klinikums teilte an Patientinnen und Patienten, von denen angenommen wurde, dass sie aufgrund sprachlicher oder körperlicher Barrieren nicht teilnehmen, keine Materialien aus. Bis Anfang Dezember 2019 wurden insgesamt 100 Fragebögen zurückgesendet. Das entspricht einem Anteil von 25,7 % rückgesendeten Fragebögen von den ausgegebenen Fragebögen, der relativ gut die Ergebnisse aus dem Projekt "MindER1" bezüglich der Beteiligungsquote von Patientinnen und Patienten widerspiegelt. Der Fragebogen ist in Anhang 6 dargestellt.

### **Befragung der Patientinnen und Patienten und des Personals über Interviews**

Im Rahmen von MindER2 wurde an der Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie der Uniklinik Ulm unter Leitung von Prof. Dr. Beer eine Doktorarbeit zur Erlangung des Dr. med. durchgeführt. Die Interviews entstanden im Rahmen dieser Arbeit. Über Interviews mit Patientinnen und Patienten und Personal wurden tiefergehende Informationen und Einblicke erfasst, die sich mit quantitativ ausgelegten Fragebögen nicht erfassen lassen. In Phase 0 wurden 10 Patient\*inneninterviews sowie je ein Interview mit dem Empfang der Radiologie, einem medizinisch-technischen Radiologieassistenten und einem Arzt durchgeführt. In Phase 1 wurden nochmals vier Interviews mit Patientinnen und Patienten durchgeführt und in Phase 2 nochmals, wie oben beschrieben, mit verschiedenen Funktionen des Personals.

### **Manuelle Zählung der ausgegebenen Patienteninformationen**

Zur Kontrolle der tatsächlich ausgegebenen Papiertüten mit Informationsmaterial, Fragebögen und Urinbeutel wurde zwischen dem 23.04.2019 und dem 12.06.2019 eine tägliche Zählung der ausgegebenen Tüten durchgeführt, um diese mit den gemeldeten Patientenzahlen abzugleichen. Die Erhebung ergab, dass lediglich 72 % der Zielgruppe ambulanter CT-Patientinnen und -Patienten vom Empfang auch tatsächlich das entsprechende Informationspaket erhielten.

### **Verdeckte Beobachtungen**

Die verdeckten Beobachtungen in MindER2 fanden im Rahmen der an der Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie der Uniklinik Ulm durchgeführten medizinischen Doktorarbeit statt. Durch verdeckte Beobachtungen wird zu einzelnen Stichprobenzeitpunkten gezählt, wie viele der Patientinnen und Patienten (a) im Wartebereich warten, (b) trinken, (c) auf eine RKM-Toilette gehen und (d) den Flyer lesen. Insgesamt fanden sechs Beobachtungen zu je 1,5 bis 2,5 Stunden während Phase 1 statt. Die verdeckten Beobachtungen dienten zur Abschätzung der Diskrepanz zwischen berichtetem Verhalten in den Fragebögen und realem Verhalten. Die verdeckte Beobachtung ergab, dass nur 47 % ambulanter CT-Patientinnen und -Patienten die RKM-Toilette nutzten, diese auch durch das Feedbacksystem bewerteten. Somit ergibt sich eine Fehlerquote von 53 %, mit der die gemeldeten Feedbacks statistisch korrigiert werden müssen.

## **6.5 Zusammenführung der Daten**

Die Vielzahl an verschiedenen Messungen bzw. Erhebungsinstrumenten ist für die Validität (d. h. die Güte) der gewonnenen Daten zwingend notwendig. Die in Fragebögen gewonnenen Selbstberichte sind gewöhnlich positiv verzerrt, da tendenziell engagierte Probandinnen und Probanden die Fragebögen zurückschicken und ihr eigenes Verhalten zudem gewöhnlich in einem besseren Licht darstellen (sog. sozial erwünschtes Antworten). Hierbei können die Feedback-Geräte helfen, die die Zählung der RKM-Toilettennutzung aller Patientinnen und Patienten ermöglicht und nicht nur die derjenigen Patientinnen und Patienten, die den Fragebogen zurückschicken.

Aber auch die Feedback-Geräte produzieren Verzerrungen, wenn RKM-Patientinnen und -Patienten nicht bewerten oder andere Patientinnen und Patienten fälschlicherweise Feedbacks abgeben. Diese Einflüsse lassen sich durch stichprobenartige, verdeckte Beobachtungen kontrollieren, die dazu dienen, das Ausmaß der Verzerrungen zu bestimmen, indem die Quote der tatsächlichen Beobachtungen der Quote in den Fragebögen

und dem Feedback-Zähler im gleichen Zeitraum gegenübergestellt und damit objektivierbar wird. Zudem dient die Verhaltensbeobachtung in der Klinik dazu, die positive Verzerrung bei der selbstberichteten Nutzung der Urinbeutel zu Hause zu kontrollieren.

Insgesamt lässt sich durch die Erhebung eine Schätzung der zurückgehaltenen Menge an Röntgenkontrastmitteln durch die RKM-Toiletten abgeben und somit auch eine Abschätzung des prozentualen Anteils an zurückgehaltenem Kontrastmittel, das zur gleichen Zeit verabreicht wurde. Darüber hinaus kann durch verschiedene Messungen, wie etwa des Anteils der Personen, die noch während der Ruhephase Flüssigkeit zu sich nehmen, identifiziert werden, an welchen Stellen im Ablauf noch Optimierungspotenziale bestehen, die dann über Interviews weiter validiert werden. Über Labormessungen können wir sowohl die durchschnittliche Urinmenge einer Person nach der Untersuchung, als auch die Iodkonzentration beim ersten Toilettengang bestimmen. Diese Abschätzung hilft bei der Konstruktion von großangelegten Auffangbehältern in Kliniken und dient gleichzeitig der Identifikation nach wirtschaftlichen Verwertungsmöglichkeiten der iodhaltigen Urinlösung.

## 7 Ergebnisse der Interventionsmaßnahmen

### 7.1 Nutzung der RKM-Toiletten

Anhand der Befragung per Fragebogen zeigt sich, dass während der beiden Interventionsphasen 76 % der Befragten die Toilette zwischen 1- und 3-mal aufsuchten. 5 % der Befragten konnten die Toilette nicht finden. 19 % gaben an, nicht auf die Toilette gegangen zu sein. Zwischen beiden Interventionsphasen konnten die Toilettenbesuche noch einmal deutlich und statistisch signifikant gesteigert werden, von 69 % in Phase 1 auf 89 % in Phase 2 ( $\chi^2(1) = 5,12$   $p = .024$ )<sup>11</sup>. Die Werte von 69 % und 89 % sind aber positiv verzerrt, da Fragebogenrückmeldungen vor allem von denjenigen Patientinnen und Patienten eingingen, die sich an die Anweisungen gehalten haben.

Da die Rückmeldungen durch die Fragebögen nur einen Teil der Patientinnen und Patienten repräsentieren, müssen diese Ergebnisse nochmals mit den Daten durch die Feedback-Geräte abgeglichen werden. Die Angaben wurden hierfür für fehlende Feedbacks korrigiert. Die verdeckte Beobachtung indizierte, dass im Schnitt nur 47 % der Patientinnen und Patienten den Feedback-Button drückten und die absoluten Feedbacks damit um 53 % nach oben korrigiert werden sollten (bereinigte Anzahl an Feedbacks = absolute Anzahl an Feedbacks / 47 x 100), um einen möglichst adäquaten Schätzer für tatsächliche Anzahl der Toilettengänge zu erhalten.

Basierend auf den Daten der Feedback-Geräte (bzw. der bereinigten Anzahl an Feedbacks) zeigte sich, dass in der Baseline der Anteil der Toilettengänge aller RKM-Radiologie-Patientinnen und -Patienten bei 33 % lag, welcher sich durch Interventionsphase 1 auf 44 % und durch Interventionsphase 2 auf 53 % steigerte (siehe Tabelle 7-1). Die Steigerung, also der Unterschied von 44 % Toilettennutzern in Phase 1 zu 53 % in Phase 2 ist statistisch signifikant ( $\chi^2(1) = 8,56$   $p = .004$ ).

---

<sup>11</sup> Durchgeführt wurde ein Chi-Quadrat-Vierfeldertest. Er dient dazu zu prüfen, ob die Verteilung eines dichotomen Merkmals (z. B. Toilettenbesuch ja vs. nein) in zwei Gruppen identisch ist. Die Verteilung von 69 % der Personen in Phase 1 unterscheidet sich in diesem Fall über zufällig von 89 % Toilettenbesuchen in Phase 2. Die Freiheitsgrade sind in Klammern dargestellt. Aus der Anzahl der Freiheitsgrade, der Stichprobengröße sowie der binären Verteilung ergibt sich die Teststatistik von 5,12. Diese liegt mit einem p-Wert von .024 unterhalb des kritischen Signifikanzniveaus von 5 %.

Tabelle 7-1: Abschätzung des prozentualen Anteils an Patientinnen und Patienten, die die RKM-Toilette aufsuchten, in Abhängigkeit der verschiedenen Phasen der Untersuchung

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Anzahl gemeldeter ambulanter CT-Patientinnen und -Patienten | Anteil Patientinnen und Patienten mit RKM-Toiletten-Nutzung | Anteil Patientinnen und Patienten mit RKM-Toiletten-Nutzung (fehlerbereinigt) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Phase 0 (Baseline)                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1.072                                                       | 16 %                                                        | 33 %                                                                          |
| Phase 1 (Intervention)                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 951                                                         | 21 %                                                        | 44 %                                                                          |
| Phase 2 (Intervention)                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 307                                                         | 25 %                                                        | 53 %                                                                          |
| Anmerkung: Dargestellt sind die absoluten Patientinnen- und Patientenzahlen der definierten Zielgruppe sowie die durch das Feedbacksystem ermittelten Anteile an RKM-Toilettennutzerinnen und -Nutzern. Die Fehlerbereinigung basiert auf der Annahme von 53 % der Personen, die keine Feedbacks abgaben. |                                                             |                                                             |                                                                               |

Wissenschaftlich lässt sich durch die Verzerrungen bei der Messung kein exakter Wert für den Anteil an Patientinnen und Patienten, die die RKM-Toilette nutzen, für die verschiedenen Phasen bestimmen. Allerdings kann ein Korridor angegeben werden. Bei sehr kooperationswilligen Patientinnen und Patienten, die die Maßnahmen sinnvoll finden und unterstützen, werden Nutzungsquoten von bis zu 89 % bei ambulanten CT-Patientinnen und -Patienten erreicht. Ein deutlich realistischeres Bild wird anhand der Feedback-Daten erreicht, die auf eine Nutzungsquote von 44 % bis 53 % hinweisen. Allerdings sind diese Nutzungsquoten durchaus vielversprechend, wenn berücksichtigt wird, dass lediglich jeweils eine RKM-Toilette je Geschlecht ausgewiesen war, die Entfernung zu den Behandlungsräumen ca. 50 Meter betrug und diverse weitere Toiletten die z. T. direkt in den Behandlungsräumen untergebracht waren, zur Verfügung standen.

Bemerkenswert ist darüber hinaus, dass die Interventionsphase 2 noch einmal einen deutlichen Mehrwert gegenüber Interventionsphase 1 eingebracht hat. Das bedeutet, dass die bessere Kommunikation an die Patienten via Poster, die Schulung des Personals sowie niedrigschwellige Trinkmöglichkeiten nochmal zu einer spürbaren Verbesserung der Verfahrenskonformität der Patientinnen und Patienten führt. Die Patienteninterviews, die während der Baselinephase geführt wurden (Anhang 8), machen ebenfalls deutlich, wie wichtig die Beschilderung der Toiletten und die Aufforderung zu trinken ist. Demnach hätten vermutlich 2 von 10 Patientinnen und Patienten die richtige Toilette

ohne Beschilderung nicht gefunden. Lediglich 4 von 10 Patientinnen und Patienten mussten während ihrer Untersuchungszeit bzw. der 30-minütigen Wartezeit auf Toilette. Diese Befunde unterstreichen die niedrige Nutzungsquote während der Baselinephase von 33 %. Sie bestätigen außerdem die Vermutung, die sich aus Kapitel 8 ergibt, dass nämlich eine Wartezeit von 30 Minuten mit Blick auf die effektive Ausscheidung des RKM-belasteten Urins relativ zu kurz ist.

## 7.2 Nutzung der Urinbeutel

Im Rahmen der Befragung per Fragebogen gaben rund 90 % der Befragten an, den Urinbeutel genutzt zu haben. Auch hier war die Veränderung von Phase 1 mit 86 % Nutzungsquote zu Phase 2 mit 97 % Nutzungsquote marginal signifikant ( $\chi^2(1) = 3,34$   $p = .09$ ). Außerdem änderte sich auch leicht die Häufigkeit der Urinbeutelnutzung zwischen Phase 1 mit durchschnittlicher Nutzung von 2,32 zu Phase 2 mit durchschnittlicher Nutzung von 2,58.

Die Quote der Urinbeutelnutzerinnen und -nutzer ist durch die systematische Verzerrung bei den Rückläufen der Fragebögen positiv verzerrt (siehe Kapitel 6.5). Um diese Verzerrung näherungsweise zu korrigieren, wird der Quotient der Toilettennutzungsquote zwischen Feedbacksystem und Fragebogenrückmeldung zur Korrektur genutzt. Mit anderen Worten, das Ausmaß positiver Verzerrung lässt sich am Beispiel der RKM-Toilettennutzungsquote ablesen und auf die Nutzungsquote der Urinbeutel anwenden. Die Nutzungsquote wird somit um den Faktor 0,62 korrigiert. Hieraus ergibt sich eine näherungsweise Nutzungsquote von 53,3 % in Phase 1 sowie 60,1 % für Phase 2.

Die deutlich höhere Nutzungsquote der Urinbeutel im Vergleich zur RKM-Toilettennutzung lässt sich gut erklären. Nicht alle Patientinnen und Patienten fanden die RKM-Toilette oder mussten während ihres ambulanten Aufenthalts in der Radiologie auf Toilette. Dies zeigt auch ein Vergleich der Nutzungsquoten anhand der Fragebogenrückmeldungen. Die Stichprobe der rückgemeldeten Fragebögen war hoch motiviert, das vorgegebene Verfahren einzuhalten und befolgte die verschiedenen Instruktionen sehr genau: In Phase 1 tranken 80 % der Patientinnen und Patienten während der Ruhephase Wasser, 86 % nutzten die Urinbeutel, 96 % befanden es für wichtig, RKM aus dem Wasser herauszuhalten, auch wenn dies zusätzliche Anstrengungen erfordert. Aber nur 69 % nutzten die RKM-Toilette. Dies deutet darauf hin, dass die Installation einer RKM-Toilette im Bereich der Radiologie aufgrund der oben beschriebenen Randbedingungen (nicht gefunden, in der Zeit noch kein Harndrang) nicht allen Patientinnen und Patienten gerecht wird, selbst wenn diese sehr motiviert sind, bei der Eintragsminderung von RKM zu unterstützen.

### 7.3 Ergebnisse zur Befolgung und Akzeptanz des Verfahrensablaufs durch Personal sowie Patientinnen und Patienten

**Trinkverhalten.** Die Evaluation des Patient\*innenverhaltens hinsichtlich ihres Trinkverhaltens und ihrer Urinbeutelnutzung erfolgte anhand der schriftlichen Befragung. Im Hinblick auf die Flüssigkeitsaufnahme gaben rund 86 % der Befragten an, nach der Untersuchung getrunken zu haben. Die Veränderung von Phase 1 mit 80 % zu Phase 2 mit 97 % waren dabei substanziell. Zudem änderte sich die aufgenommene Flüssigkeitsmenge entsprechend zu Phase 1 mit 220 ml auf Phase 2 mit 291 ml. Diese Ergebnisse decken sich mit den 6 verdeckten Beobachtungen aus Phase 1. Von allen beobachteten Patientinnen und Patienten, die nach Erhalt den Informationsflyer gelesen hatten, tranken 76 % der Patientinnen und Patienten. Die Interviews von Patientinnen und Patienten (Anhang 8) zeigten, dass die Argumentation, Trinken fördere die Regeneration und das schnelle "Auswaschen" der Kontrastmittel für die Patientinnen und Patienten sehr überzeugend ist. Die Förderung der eigenen Gesundheit spielt in der Wahrnehmung der Konsumenten somit eine wichtigere Rolle als der Verweis auf den Umweltschutz.

**Akzeptanz der Maßnahme.** Die Ergebnisse anhand der Fragebogenbefragung lassen auf eine durchweg hohe Akzeptanz schließen. Der Aussage, dass es wichtig ist, Kontrastmittel zurückzuhalten, damit sie nicht in das Wasser gelangen, auch wenn das mit zusätzlichen Anstrengungen verbunden ist, erhielt Zustimmungswerte von 4,77 auf einer 5-stufigen Skala (1 = stimme gar nicht zu, 5 = stimme voll und ganz zu). Ebenso verhielt es sich mit der Aussage "Ich finde diese Maßnahme (Nutzung von Spezialtoiletten und Urinbeutel) gut und befürworte eine breite Umsetzung in Deutschland." Sie erhielt einen Zustimmungswert von 4,73 auf der gleichen Skala. Die durchgeführten Interviews (Anhang 8) während der verschiedenen Phasen liefern ein differenziertes Bild zur Einschätzung des Personals sowie der Patientinnen und Patienten. Das Personal empfand die Maßnahmen als durchgehend notwendig, umsetzbar und zielführend. Allerdings wurden Vorbehalte hinsichtlich des Mehraufwands geäußert. Sollten die Maßnahmen grundsätzlich mit einem Mehraufwand für das Personal einhergehen, wäre zu erwarten, dass die Akzeptanz rapide sinken würde.

**Ausgabe der Flyer.** Eine manuelle tägliche Zählung der ausgegebenen Materialien (Urinbeutel, Fragebogen, Informationsflyer) und deren Abgleich mit den gemeldeten Patientinnen- und Patientendaten über 7 Wochen ergab, dass nur 72 % der Zielgruppe die vorbereitete Patientinnen- und Patienteninformation erhielten. Gründe hierfür waren, dass am Empfang der Radiologie selbstständig entschieden wurde, welche ambulanten CT-Patientinnen und -Patienten die Informationen bekommen sollten und welche nicht. Das Personal am Empfang gab an, bei physischer Gebrechlichkeit oder vermuteten



Sprachbarrieren den Patientinnen und Patienten keine Information ausgehändigt zu haben.

**Lesen des Flyers.** Allerdings bleibt zu bemerken, dass lediglich 69 % der beobachteten Patientinnen und Patienten, die den Flyer erhalten hatten, diesen auch während ihres Aufenthalts auch lasen. Das bedeutet, dass ca. 31 % der Patientinnen und Patienten nur durch Zufall die RKM-Toilette nutzen würden und entsprechend mehr trinken würden, wenn keine zusätzlichen Kommunikationsmittel wie Poster oder Bildschirme auf die gewünschte Vorgehensweise hinweisen. Rund 5 % der Patientinnen und Patienten ließen die ihnen ausgegebenen Tüten stehen. Diese verblieben als Rückläufer im Klinikum. Die Aufnahme der entsprechenden Information vor Ort ist von zentraler Bedeutung. Es empfiehlt sich daher, die Information zusätzlich über Poster etc. und nicht allein über Hinweisbroschüren darzubieten und darüber hinaus Piktogramme zu verwenden, die sprachunabhängig die gewünschten Verhaltensweisen erklären. Prinzipiell wurde der Flyer in Interviews (Anhang 8) und schriftlicher Befragung aber durchgehend als gut verständlich und lesbar bewertet.

## 7.4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen für eine flächendeckende Einführung der Maßnahmen

- Die Maßnahmen sollten sich bestmöglich in den Arbeitsalltag des Personals integrieren und nur minimalen Zusatzaufwand verursachen, da sonst die Akzeptanz des Personals sinkt und dies zu kontraproduktiven Verhaltensweisen führen wird. Eine Schulung des Personals zur Erläuterung der Hintergründe und Ziele fördert die Akzeptanz beim Personal und so den Erfolg der Maßnahme. Zudem versetzt es das Personal in die Lage, kompetent auf Nachfragen zu reagieren.
- Der obligatorische Charakter landesweiter Maßnahmen würde im Vergleich zu dem hier als "Studie" wahrgenommenen Setting darüber hinaus den Erfolg der Maßnahmen zusätzlich unterstützen. Es wäre insgesamt mit einer stärkeren Befolgung der Maßnahmen zu rechnen. Durch verbindliche Vorgaben würden darüber hinaus Situationen weniger wahrscheinlich, in denen nicht alle Patientinnen und Patienten die notwendigen Materialien zu Verfügung gestellt bekommen.
- Die Bereitstellung von Wasser sowie zusätzlicher Information neben einem Informationsflyer bringt einen deutlichen Mehrwert für die Beteiligungsquote der Patientinnen und Patienten und steht in einem äußerst guten Kosten/Nutzen-Verhältnis. Ein Anteil von schätzungsweise 30 % liest den ausgegebenen Flyer nicht und nimmt somit die Informationen nicht während der Untersuchung vor Ort wahr.
- Das Kommunikationskonzept sollte mehrsprachig gestaltet sein oder durch Piktogramme unterstützt werden, um die intendierten Verfahrensabläufe trotz möglicher Sprachbarrieren zu kommunizieren.

- Der Nutzen von RKM-Toiletten hängt stark von den Randbedingungen ab. Die Nutzungswahrscheinlichkeit ist abhängig von der Entfernung zu den Behandlungsräumen und der Verfügbarkeit von Alternativtoiletten. Selbst durch ein Maximum der hier vorgesehenen Maßnahmen (Interventionsphase 2) konnten im hier vorliegenden Setting nur rund 50 % der ambulanten CT-Patientinnen und -Patienten zur Nutzung der Toilette motiviert werden. Ebenfalls relevant für die Rückhalteeffektivität ist der Zeitraum, in dem die Patientinnen und Patienten die Möglichkeit haben, eine separate Toilette zu nutzen. Das spräche für eine höhere Dichte an separaten Toiletten im Bereich des Klinikums.

## 8 Urinsammlung - Probenahme und -analyse

Im Rahmen von MindER2 wurde an der Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie der Uniklinik Ulm eine Doktorarbeit durchgeführt. In diesem Rahmen wurden u. a. Proben des gesammelten Urins genommen und auf ihren Iodgehalt hin untersucht. Die folgenden Ergebnisse sind im Rahmen der Doktorarbeit entstanden.

### 8.1 Berechnung des rückgehaltenen Iodanteils

Trotz der starken Schwankungen in den gemessenen Iodkonzentrationen war das Ziel, den Anteil an Iod im ersten Toilettengang nach Applikation zu identifizieren. Im Folgenden ist das Vorgehen zur Berechnung des Prozentsatzes am Beispiel der Probe Nr. 21 ausgeführt:

Am 29.05.2019 wurden insgesamt 865 ml Imeron 350, sowie 184 ml Imeron 400 verwendet. Imeron 350 steht für einen Iodgehalt von 350 mg Iod pro ml Kontrastmittel, Imeron 400 dementsprechend für 400 mg Iod pro ml Kontrastmittel.

Somit ergibt sich für den 29.05.2019 folgende verbrauchte Menge an Iod:

- $(350 \text{ mg/ml} \times 865 \text{ ml}) + (300 \text{ mg/ml} \times 184 \text{ ml}) = 376350 \text{ mg Iod}$

Diese 376350 mg Iod wurden verteilt auf insgesamt zwölf Patientinnen und Patienten (7 männlich) appliziert. Somit ergibt sich pro Patientin/Patient durchschnittlich die folgende Menge Iod:

- $376350 \text{ mg} / 12 \text{ Pat.} = 31362,5 \text{ mg/Pat}$

Im Sammelzeitraum wurden acht Patienten gezählt, welche die RKM-Toilette für Männer betraten. Davon ausgehend, dass alle RKM-Patienten waren, hätten sie insgesamt

- $31362,5 \text{ mg/Pat} \times 8 \text{ Pat.} = 250900 \text{ mg Iod}$

im Körper gehabt.

Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass alle acht Patienten die RKM-Toilette nutzten (möglich wäre auch die Nutzung der zweiten Toilette vor Ort). Im gesammelten Urin des Beobachtungszeitraums wurde eine Iodkonzentration von  $780 \mu\text{g/l}$  gemessen. Bei einer Verdünnung von 1:1000 entspricht dies  $780 \text{ mg/l}$ . Gesammelt wurden insgesamt 1200 ml also 1,2l Urin.

Damit ergibt sich die Menge an gesammeltem Iod zu

- $780 \text{ mg/l} \times 1,2\text{l} = 937 \text{ mg Iod.}$

Der Anteil des gesammelten Iodes am im Sammelzeitraum gesamt applizierten Iod wäre demnach:

- $937 \text{ mg Iod} / 250900 \text{ mg Iod} = 0,0037 = 0,37 \text{ \%}$ .

Der Wert ist sehr gering und wird als Ausreißer behandelt. Die weiteren Proben lassen darauf schließen, dass sich die Menge der durch die Nutzung der RKM-Toilette zurückgehaltenen RKM in einer Größenordnung von etwa 4-5 % der Applikation bewegt.

Tabelle 8-1: Ergebnisse der Berechnungen zu den Urinalysen (Kraus 2020, Dissertation, bisher unveröffentlicht)

| Proben Nummer | INPUT [mg]<br>Jod/Tag | Mittlere<br>Jodmenge pro<br>Patient [mg] | INPUT [mg]<br>Jod/Probenzeit<br>Raum | OUTPUT [mg]<br>Jod/Urinprobe | Anteil<br>ausgeschiedenes<br>Jod an<br>appliziertem Jod |
|---------------|-----------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 21            | 376350                | 31363                                    | 250900                               | 936                          | 0,37%                                                   |
| 22            | 487200                | 30450                                    | 213150                               | 4482                         | 2,10%                                                   |
| 23            | 352450                | 32041                                    | 256327                               | 12238                        | 4,77%                                                   |
| 24            | 693000                | 30130                                    | 210913                               | 9162                         | 4,34%                                                   |
| 25            | 578300                | 30437                                    | 304368                               | 17094                        | 5,62%                                                   |

Anmerkung: Abgebildet sind das gesamt applizierte Iod am Proben tag, sowie im Sammelzeitraum [in mg], die tägliche mittlere Iodmenge pro Patientin/Patient [in mg], das gesamt im Urin nachgewiesene Iod [in mg], sowie der Anteil des Iods im Urin am gesamten applizierten Iod aus dem Sammelzeitraum für die Proben 21 bis 25.

Als mögliche Erklärungen für den relativ geringen Anteil an Iod beim ersten Toiletten gang kommen folgende Erklärungen in Betracht:

- Patientinnen und Patienten, die kein RKM erhielten, waren auf der RKM-Toilette und wurden möglicherweise fälschlich als RKM-Patientinnen und -Patienten mitgezählt, so dass die Gesamtmenge des applizierten Iods im Sammelzeitraum überschätzt wurde.
- Von den gezählten Patientinnen und Patienten nutzte nur ein Teil tatsächlich die RKM-Toilette, ein anderer Teil nutzte die Alternativtoilette oder wusch sich nur die Hände.
- Es konnte keine homogene Durchmischung von Wasser und Urin bei den verdünnten Proben hergestellt werden, die Proben waren somit systematisch negativ verzerrt.
- Die Werte sind korrekt; der Zeitraum der Urinsammlung umfasste die ersten zehn bis 30 Minuten nach der Applikation und war somit zu kurz, um höhere Mengen zurückzuhalten. Mit anderen Worten wird das Iod möglicherweise erst später in größeren Konzentrationen ausgeschieden und dann ggf. in den Urinbeuteln aufgefangen.

Grundsätzlich sind die Analysen in diesem Kontext kritisch zu hinterfragen und können allenfalls einen Anhaltspunkt für die ausgeschiedene RKM-Menge in dem Betrachtungszeitraum liefern. Mögliche Fehlerquellen sind beschrieben; zusätzlich können Fehler bei der Probenahme und -aufbereitung entstehen. Für genauere Analysen wäre hier ein experimentelles Laborsetting sinnvoll, in dem Patientinnen und Patienten nach der Untersuchung zu jedem Zeitpunkt über mindestens 24 h in ein separates Gefäß urinieren und diese Proben unter Berücksichtigung des Zeitpunkts nach der Applikation der RKM analysiert werden.

## 8.2 Schlussfolgerungen

Die rückgehaltene Iodmenge, die sich durch die RKM-Toilette auffangen ließ, bewegte sich lediglich zwischen 4 % und 5 %. Nach allen Beobachtungen und Befragungen von Patientinnen und Patienten sowie Personal über mehrere Monate liegt die Vermutung nahe, dass der Zeitpunkt des Urinierens häufig zu früh ist, um nennenswerte Mengen an Iod auszuscheiden. Eine gewisse Unsicherheit lässt sich hierbei jedoch nicht ausschließen: Vermutlich ist nicht jede/jeder gezählte RKM-Patientin/-Patient, die/der die Toilette betrat, dort auch auf die richtige RKM-Toilette gegangen. Darüber hinaus verwässerten evtl. Nicht-RKM-Patientinnen/-Patienten die Probe. Die rückgehaltene Iodmenge zwischen 4 % und 5 % ist also der konservativste Schätzwert für die tatsächlich zurückgehaltene Menge. Eine längere Wartezeit als 30 Minuten ließe sich nicht mit den organisatorischen Abläufen der Klinik vereinbaren. Das liegt im Wesentlichen daran, dass ein sehr großer Teil der ambulanten Patientinnen und Patienten weitere Untersuchungen und Besprechungen im Rahmen der Behandlung ihrer Krankheit haben und an einem Ambulanztag in der Klinik neben der Radiologie verschiedene andere Fachkliniken aufsuchen. Diese Abläufe sind in Terminen getaktet, beliebig lange Aufenthaltszeiten sind nicht vorgesehen.

Eine sichere und effiziente Rückhaltung kann in der Klinik durchaus über separate Toiletten erfolgen; es müssten dann aber wesentlich mehr Toiletten mit einer separierenden Technik ausgestattet sein, um den Großteil der Patientinnen und Patienten zu erreichen.

Darüber hinaus kann der Argumentation folgend, dass es neben den Radiologiepatientinnen und -patienten viele weitere gibt, die im Rahmen ihrer Behandlung umweltrelevante Substanzen einnehmen und dementsprechend ausscheiden, für eine breitere, ggf. sogar flächendeckende Urinsammlung in Krankenhäusern argumentiert werden, da so große Synergieeffekte erzielt würden.

## 9 Iod-Recycling

Die Rückgewinnung von Iod aus Iod-haltigen Materialien oder aus Iod-Verbindungen sowie weiteren Fertigungsschritten von Iod-haltigen Materialien wie Röntgenkontrastmitteln und Flüssigkristall-Display (LCD)-Schirmen kann aus wirtschaftlicher Sicht vorteilhaft sein und schont Ressourcen. Im Hinblick auf ihre Nachhaltigkeit fokussieren sich deshalb viele Iod-Hersteller seit Kurzem auf das Sammeln und Verwerten von Iod aus Abfallströmen (Kaiho 2014).

### 9.1 Vorkommen und Bedarf

Iod zählt zu den knappen Gütern, die Vorkommen sind begrenzt und es wird nur in wenigen Ländern abgebaut. Die wichtigsten Iod-Vorkommen finden sich in Chile (chilenische Wüsten), Japan (Öl- und Gas-Felder) und den USA (nordwestlich von Oklahoma). Außerdem ist Iod im Meerwasser mit etwa 0,05 ppm Iod enthalten, was bedeutet, dass es rund 35 Millionen Tonnen Iod in den Weltmeeren gibt. Die Extraktion in diesen geringen Konzentrationen ist aber nicht praktikabel (Hora 2016). Die Weltproduktion liegt bei 30.600 t Iod, wobei die Produktion der USA dabei nicht eingeschlossen ist (Schnebel 2016). Iod ist nur an wenigen Stellen der Erde leicht zugänglich und wird in vielen chemischen und pharmazeutischen Produkten eingesetzt. Eine Rückgewinnung von Iod aus kontaminierten Teilströmen würde die Unabhängigkeit von Verfügbarkeits- und Preisschwankungen steigern und Ressourcen einsparen.

Es wird geschätzt, dass die bestehenden Iod-Vorkommen die Iod-Produktion noch mindestens die nächsten zwei Jahrhunderte decken können. Die Lebensdauer kann voraussichtlich durch Produkteffizienz und Recycling noch weiter ausgebaut werden (Hora 2016). In Chile reichen die Iod-Vorkommen laut Auswärtigem Amt noch mehrere tausend Jahre.<sup>12</sup>

Iod und seine Verbindungen werden hauptsächlich in Röntgenkontrastmitteln (RKM), Pharmazeutika, Flüssigkristall-Display (LCD)-Schirmen und Iodophoren (stabile Einschlussverbindungen, die sich aus Makromolekülen mit elementarem Iod bilden) verwendet (vgl. Abbildung 9-1). Zu anderen Anwendungen von Iod gehören Tierfutter, Antiseptika, Nahrungsergänzungsmittel, Nylon und Wasserreinigung. Weltweit war RKM der größte Binnenmarkt für Iod im Jahr 2016 und belief sich auf etwa 22 % des Verbrauchs (Sociedad Química y Minera de Chile S.A., 2016, S. 21, Abbildung 9-1).

---

<sup>12</sup> Auswärtiges Amt (2017): [http://www.auswaertiges-amt.de/DE/Aussenpolitik/Laender/Laenderinfos/Chile/Wirtschaft\\_node.html](http://www.auswaertiges-amt.de/DE/Aussenpolitik/Laender/Laenderinfos/Chile/Wirtschaft_node.html), abgerufen am 20.07.2017.

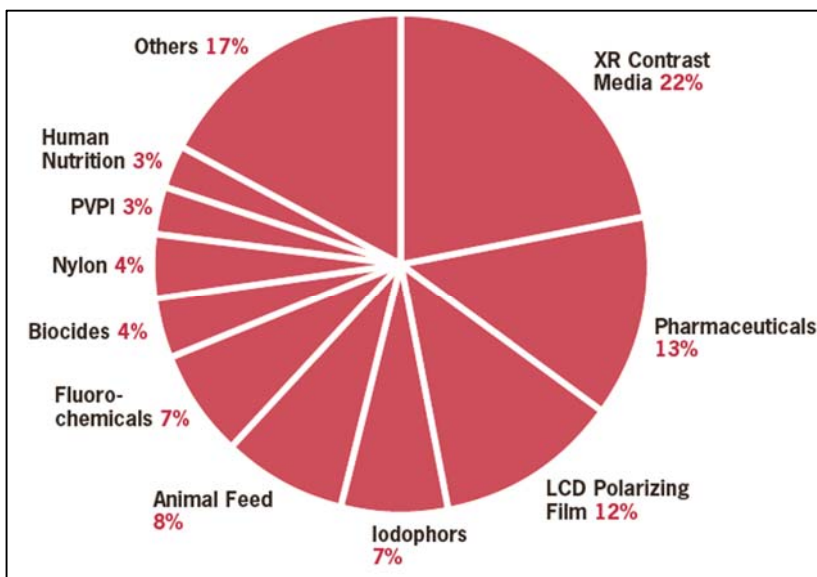


Abbildung 9-1: Anteil von Iod bezogen auf die Anwendungen im Jahr 2016 (Hörs 2016)

Eine Anwendung von Iod besteht darin, Wolken künstlich abregnen zu lassen. Eine mit Silberiodid versetzte Aceton-Lösung wird während einer Befliegung in die Wolken gestreut. Dadurch werden wasseranziehende Salze frei, die wie Kondensationskeime funktionieren. Diese verbinden sich mit den noch winzigen Wassertropfen einer Wolke, so dass aus vielen kleinen mehrere große werden. Durch das zunehmende Gewicht gehen sie als Regen nieder. Im Süden Deutschlands, meist in Weinanbauregionen in Baden-Württemberg und Bayern ist diese Methode zur Hagelabwehr weit verbreitet. Durch das Impfen sollen Wolken abregnen, bevor sich große Hagelkörner entwickeln. So soll die Ernte geschützt werden. Allerdings ist die Wirksamkeit dieses sog. Wolkenbeschusses wissenschaftlich nicht belegt.<sup>13</sup>

Ein weiterer Anwendungsfall ist die Verminderung der Folgen eines Strahlungsunfalls. Als Spaltprodukte fallen durch einen atomaren Unfall auch das radioaktive Iod-131 und Iod-133 an. Harmloses Iod soll von der Schilddrüse aufgenommen werden, um zu verhindern, dass strahlende Spaltprodukte sich in der Schilddrüse anreichern und Folgeschäden verursachen.<sup>14</sup>

<sup>13</sup> <https://de.wikipedia.org/wiki/Wetterbeeinflussung>.

<sup>14</sup> <https://www.jodblockade.de/jodblockade/>.

## 9.2 Recycling-Verfahren und Standorte

Am Produktionsstandort Bergkamen der Bayer AG wird durch die an die Verbrennung angeschlossene Rauchgaswäsche das entstandene Iodid in Lösung gebracht. Die hochkonzentrierte Iodid-Lösung kann an externe Abnehmer verkauft werden. Mit diesem Verfahren konnten so im Jahr 2013 rund 220 t Iod wiedergewonnen und verwertet werden (Bayer 2013).

Die Recyclinganlage der Firma Häffner GmbH, die pro Jahr etwa 500 t Iod-haltige Rückstände und Abfälle recycelt, verarbeitet Rückstände im Flüssigkeitszustand. Das elementare Iod wird nach der chemischen Reinigung zu verschiedenen Verbindungen veredelt. Materialien, die nicht in den Prozess passen, müssen vorher präpariert werden (Grandel 2016).

Eine Studie aus dem Jahr 2012 beschreibt die Trennung und Rückgewinnung von Iod in wässriger Lösung, indem das Iod eine Silizium-Gummimembran (SRM) durchdringt und durch chemische Desorption die Oberfläche wieder verlässt (Permeation and chemical desorption - PCD Method (Abbildung 9-2)). Wichtig ist hierbei, dass die Eigenschaften der Substanz, in diesem Fall Iod, sich von einer hohen Affinität gegenüber der Membran zu einer schlechten Affinität durch eine chemische Reaktion verändert. Eine Säurezufuhrlösung fördert dabei eine hohe Rückgewinnung von Iod, wobei die Kontrolle des pH-Wertes eine wichtige Rolle spielt. Ab einem pH-Wert von 11 wurde keine Durchlässigkeit mehr von Iod beobachtet. Zudem steigt die Durchlässigkeit von Iod bei erhöhten Temperaturen. Diese PCD-Methode kann die Produktion von Iod vereinfachen sowie den Energie- und Raumverbrauch reduzieren. Für Iod in wässrigen Lösungen ist es eine effektive und wirksame Methode (Sawai et al. 2012).

Ein japanischer Hersteller (Godo Shigen Co., LTD) bietet zwei unterschiedliche Verfahren zur Wiedergewinnung von Iod an. Zum einen die Hochtemperatur-Zersetzungs-methode. Hier werden die Recycling-Rohstoffe mit organischen Iod-Verbindungen im Hochtemperatur-Zersetzungsofen thermisch zersetzt, um Iod zu sammeln (Abbildung 9-3). Zum anderen einen Elektrodialyse-Prozess. Damit ist es möglich, dass Iod selektiv aus recycelten Rohstoffen zur Herstellung von „hydroiodic“ Säure entzogen wird. Die Säure wird dann in verschiedene Iod-Verbindungen umgewandelt (Abbildung 9-4). Diese beiden Verfahren werden kontrolliert und überwacht von CPUs (Central Processing Units), die somit einen sicheren Betrieb gewährleisten. Das integrierte Produktionssystem kann alle Produktionsphasen, von der Gewinnung von Iod bis zur Vermarktung des Produktes, ausführen. (GODO SHIGEN Co., Ltd 2014).



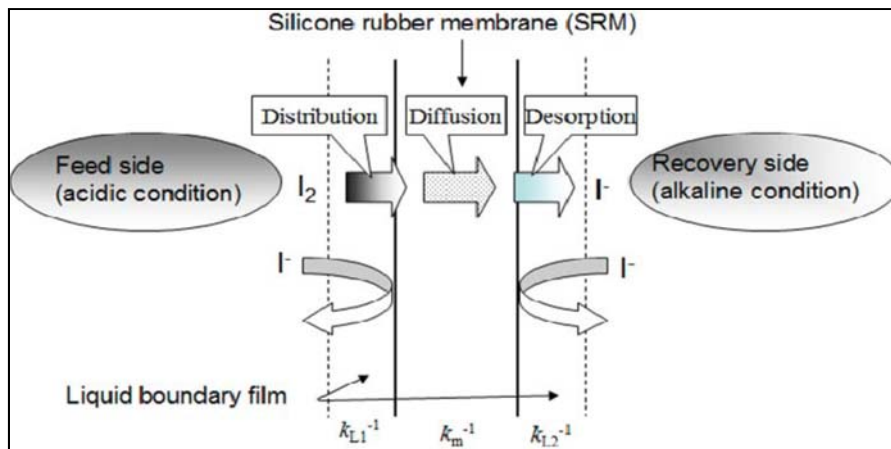


Abbildung 9-2: Darstellung der Durchlässigkeit von  $I_2$  durch die SRM für die PCD Methode (Sawai et al. 2012)

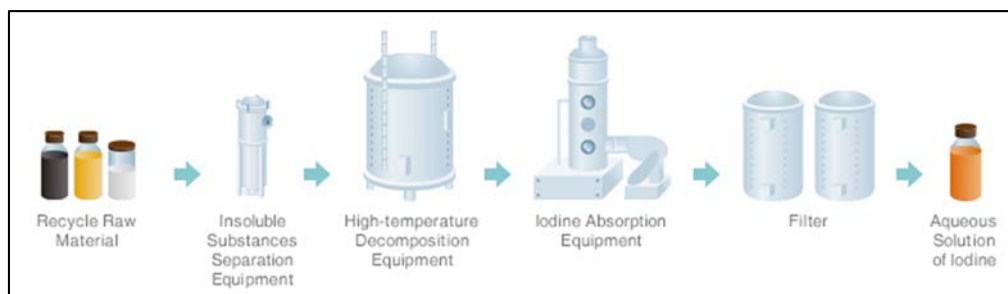


Abbildung 9-3: Beispiel einer Hochtemperatur-Zersetzungsmethode (GODO SHIGEN Co., Ltd 2014)

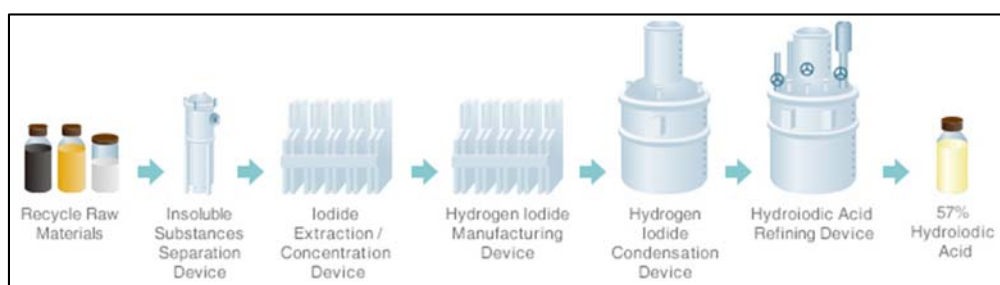


Abbildung 9-4: Beispiel eines Elektrodialyse-Prozesses (GODO SHIGEN Co., Ltd 2014)

In verschiedenen Veröffentlichungen werden weitere Möglichkeiten der Rückgewinnung beschrieben. In einem Artikel aus dem Jahr 2003 wird über die Iod-Rückgewinnung aus Krankenhausabwässern berichtet. Dabei wurde am Institut für Umweltschutztechnik der

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg ein neues Verfahrenskonzept entwickelt, welches die Freisetzung von gebundenem Iod als Iodid durch die Kupfer-katalysierte alkalische Hydrolyse ermöglicht. Das Iodid kann anschließend durch die Oxidation in elementares Iod überführt werden (Reisch et al. 2003). Durch Kupfer-katalysierte alkalische Hydrolyse können nach Reisch et al. (2003) 90 % der RKM aus Patientinnen- und Patientenurin zu elementarem Iod umgewandelt werden. Der Reststoff kann als Stickstoff- und Kalidünger weiterverwendet werden.

Durch reduktive Dehalogenierung mit elementarem Eisen oder Aluminium kann ebenfalls eine Mineralisation von Iod erreicht werden (IKSR 2010; Schütze et al. 2006). Eine bereits implementierte Technologie ist die Aufkonzentrierung von Iod-haltigen Spülwässern über zwei Membranstufen bis zu einer Endkonzentration von 1.000 ppm, die wiederum zum Verkauf abgegeben werden kann (Hübl und Böhm 2007). Möglich ist außerdem die chemische Oxidation und photolytische Spaltung, bei der Iodid entsteht. Dieses kann über Oxidation, z. B. mit  $\text{H}_2\text{O}_2$ , zu elementarem Iod umgewandelt werden (Reisch et al. 2003; Fitzke und Geißen 2007).

Tabelle 9-1: Abfall, Iod-Form und Rückgewinnungsprozesse (Kaiho 2014)

| Abfall Iod            | Iod-Form | Methode                                  | Wiedergewonnenes Iod |
|-----------------------|----------|------------------------------------------|----------------------|
| Röntgenkontrastmittel | ArI      | Mineralisation, Ionenaustausch           | NaI                  |
| Polarisationsfilm     | KI       | Nanofiltration, Elektrodialyse Austausch | KI                   |
| organisches Iod       | RI       | Zersetzung                               | NaI                  |
| anorganisches Iod     | MetI     | Filtration, Ionenaustausch               | NaI                  |

An einigen Standorten in Deutschland gibt es schon Projekte und Verfahren zum Iod-Recycling. Zum Beispiel wird eine Rückgewinnung am Produktionsstandort in Bergkamen (Firma Bayer HealthCare, (Bayer 2013)) im großtechnischen Maßstab umgesetzt. Auch die Firma Häffner GmbH (Marbach-Bottwartal) betreibt Iod-Recycling in größerem Maßstab. Größter Auftraggeber ist die Pharmaindustrie, die das recycelte Iod auch wiederverwendet (Grandel 2016). Die Firma Indaver in Antwerpen beschäftigt sich ebenfalls mit Iod-Rückgewinnung und will nach eigenen Angaben die Technologie weiter ausbauen (Indaver 2017). Japanische Iod-Produzenten sind weltweit führend mit Blick auf das Recycling von Iod. Das japanische Chemieunternehmen Godo Shigen Co. LTD hat sich auf Iod spezialisiert und recycelt Iod in großem Maßstab (GODO SHIGEN Co., Ltd 2014).

### 9.3 Verwendung von recyceltem Iod

Aktuell werden ca. 6.000 Tonnen Iod jährlich recycelt (Tabelle 9-2) und wieder auf dem Handelsmarkt verkauft, zumeist an das gleiche Unternehmen, das das recycelbare Iod geliefert hat (Eccheveria 2015, Hora 2016). Schnebel (2016) schätzt, dass 75 % der globalen Iod-Wiederverwertung von japanischen Herstellern durchgeführt wird. Insgesamt beträgt der recycelte Anteil etwa 18 % der weltweit jährlichen Iod-Nachfrage. Zusätzlich recyceln Iod-Verbraucher ihr Iod intern.

Tabelle 9-2: Zusammenfassung der Mengen an Iod aus verschiedenen Quellen, die jährlich recycelt werden (Eccheveria 2015)

| Iod Nutzung            | Recycling (in Tonnen) |
|------------------------|-----------------------|
| LCD Film Polarisatoren | 2.000-2.500           |
| Fluorchemikalien       | ca. 1.500             |
| Röntgenkontrastmittel  | ca. 600               |
| Organische Synthese    | ca. 1.500             |
| Andere Nutzer          | 100-200               |
| <b>SUMME</b>           | <b>ca. 6.000</b>      |

Die neuesten Innovationen wurden im Zeitraum von 2011-2013 umgesetzt, als der Iod-Preis auf über 50 \$ pro kg anstieg. Angetrieben durch ein wachsendes Interesse für die Nachhaltigkeit von Produktionsprozessen wird der Anteil des recycelten Iods weiter steigen (Eccheveria 2015).

Aber auch der Verbrauch von Iod wird voraussichtlich weiterhin ansteigen, vor allem für die Anwendungen von LCD-Bildschirmen und in der Medizin. Hier insbesondere in Entwicklungsländern, wo ein Großteil des weltweiten Anstiegs des Iod-Verbrauchs stattfindet. Darüber hinaus könnte in Zukunft der Ausbau von Behandlungen der kommunalen Wasserversorgung die Nachfrage nach (z. T. Iod-haltigen) Bioziden und Desinfektionsmitteln erhöhen (Schnebel 2016).

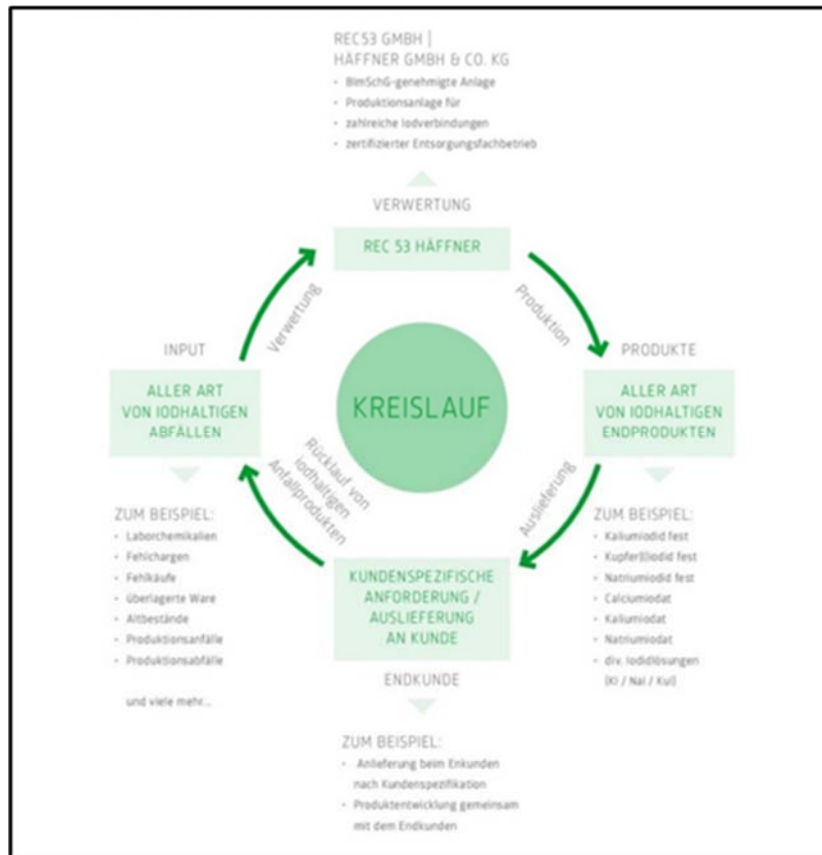


Abbildung 9-5: Kreislaufschema zum Recycling Iod-haltiger Produktionsrückstände (Häffner 2017)

## 9.4 Marktpreis und Wirtschaftlichkeit

Der Marktpreis für Roh-Iod ist von 2001 bis 2012 um den Faktor 7 gestiegen (Liebing 2012) auf 41 €/kg (Schnebel 2013). Das wird zurückgeführt auf eine starke Nachfrage (LCD und RKM), verbunden mit einer Versorgungslücke, die aus der japanischen Katastrophe in Fukushima 2011 resultiert (Schnebel 2013). Der aktuelle Preis (Stand April 2017) liegt bei 19-21 €/kg (Facada 2017). Anfang 2016 lag der Preis noch bei 27 €/kg. Der anhaltende Rückgang der Iodpreise wird wiederum auf einen Überschuss an Iod, sowie den Wettbewerb unter den Herstellern zurückgeführt (Schnebel 2017).

Durchschnittliche Kosten von Iod-haltigen Kontrastmitteln belaufen sich auf 3,43 €/g für nichtionische RKM und 1,03 €/g für ionische RKM (Elisabeth-Apotheke Hassel 2015).

Reisch et al. (2003) gehen von einer Wirtschaftlichkeitsgrenze bei einer Ausgangskonzentration von 2,5 g Iod/l aus. Grundlage ist jedoch der Iod-Preis aus dem Jahr 2003 von

17 €/kg. Die Weltmarktpreise bewegen sich aktuell wieder auf etwa dem gleichen Niveau; daher ist der Wert zzt. realistisch. Sollten die Preise jedoch wieder, wie im Jahr 2012/2013 auf 40-50 €/kg steigen, ist eine Wirtschaftlichkeit vermutlich schon bei deutlich geringeren Ausgangskonzentrationen erreichbar. Die Firma Häffner verwertet jegliche Art von Iod-haltigen Anfall-/Abfallprodukten. Die Konzentration sollte hier größer als 5 % Iod/kg sein (Häffner 2017).

Da Iod vor allem in Japan und Chile vorkommt, kann Europa durch konsequentes Recycling vom Import aus anderen Kontinenten unabhängiger werden (Indaver 2017).

## 9.5 Iod im Urin

RKM-belasteter Urin enthält etwa 20-60 g Iod pro Liter (DWA-Regelwerk M-775). Die Messungen, die im Rahmen der Arbeiten an der Charité durchgeführt wurden (Schuster, 2006) kamen zu durchschnittlichen Konzentrationen von 18 g/L AOI (adsorbierbares organisches Iod) im Urin. Beide Angaben nehmen den über den gesamten Zeitraum der wahrscheinlichen Ausscheidung der RKM gesammelten Urin als Grundlage.

In MindER2 wurde nur der gesammelte Urin der ersten 10 bis 30 Minuten untersucht. Hier ergaben sich die gemessenen Konzentrationen zu zwischen 0,78 g/L und 10,5 g/L. Die Ausscheidendynamik beeinflusst die Ergebnisse und eine direkte Vergleichbarkeit mit den vorgenannten Studien ist nicht gegeben.

In jedem Fall ist eine effektive Sammlung des belasteten Urins die Voraussetzung für die ökologisch und ökonomisch sinnvolle Rückgewinnung von Iod.

## 10 Kosten-Nutzen-Betrachtungen<sup>15</sup>

### Dezentrale Sammlung über Urinbeutel – Kosten und Wirksamkeit

Die Abschätzungen wurden im Wesentlichen schon in MindER1 getroffen und werden hier nochmal mit den aktuellsten Daten zusammengefasst.

Nichtionische RKM werden parenteral („unter Umgehung des Darms“) d. h. meist intravaskulär (Blut-/Lymphsystem), intrakavitär (in Höhlen), intrathekal (Nervensystem) verabreicht. Ionische RKM (hauptsächlich Diatrizoat bzw. Amidotrizoesäure) werden überwiegend oral für die Untersuchung des Magen-Darm-Trakts verabreicht. Dafür werden dem Patienten etwa 0,5 – 1,5 l der iodhaltigen Lösung zu trinken gegeben. Die verabreichten Wirkstoffmengen sind dabei - verglichen mit anderen Medikamenten - sehr hoch. Üblich sind 30 – 60 g Iod, in Ausnahmefällen bis 100 g Iod pro Untersuchung, entsprechend ca. 60 – 200 g RKM (Rendl & Saller 2001; Christiansen 2005; Pineau et al. 2005; Mestre et al. 2014). Aus der zitierten Literatur ergibt sich eine asymmetrische Verteilung mit einem Mittelwert der verabreichten RKM-Mengen von 90 g/Untersuchung.

Unter Zugrundelegung des Jahresverbrauchs von 365 t/RKM (vgl. IMS Health AG in Bergmann et al. 2011) und einer durchschnittlichen Verabreichungsmenge von 90 g/Untersuchung, finden in Deutschland jährlich etwa 4 Mio. Untersuchungen mit RKM statt.

Aufgrund der geringeren Nebenwirkungen werden seit etwa 30 Jahren überwiegend nichtionische RKM eingesetzt (AkdÄ 2000).

Die spezifischen Kosten für einen Urinbeutel lagen im Projekt MindER2 bei 0,95 EUR. Kalkuliert man 6 Beutel pro Patientin/Patient, so ergeben sich 5,70 EUR/Patientin/Patient. Im Sinne der Kosten-Wirksamkeitsbewertung werden die Kosten auf die zurückgehaltene RKM-Fracht bezogen. Aus dieser Betrachtung ergeben sich Kosten für die getrennte Erfassung von 1 kg RKM bei einer mittleren Gabe von 90 g/Untersuchung zu **etwa 78 €/kg**. Darin sind zusätzliche Kosten z. B. für die Entsorgung der Beutel über den Restmüll oder der erhöhte Personalaufwand noch nicht berücksichtigt.

Bei jährlich etwa 4 Mio. Untersuchungen mit RKM in Deutschland stellen sich die Gesamtkosten der Maßnahme „Urinbeutel“ bei verschiedenen Szenarien wie in Tabelle 10-1 dokumentiert dar.

---

<sup>15</sup> Teile dieses Kapitels wurden in MindER 1 erarbeitet.

Tabelle 10-1: Kosten und Wirksamkeit der Maßnahme „Urinbeutel“ bei unterschiedlichen Szenarien

| Szenario        | Theoretischer Anteil der teilnehmenden Patientinnen/Patienten 100 % | Realistischer Anteil der teilnehmenden Patientinnen/Patienten 25 % |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Jahreskosten    | 5,70 €*4 Mio.U. = <b>22,8 Mio. €/a</b>                              | 5,70 €*1 Mio.U. = <b>5,7 Mio. €/a</b>                              |
| Eliminierte RKM | 365 t                                                               | 90 t                                                               |
| Wirksamkeit     | 100 %                                                               | 25 %                                                               |
| Kosten          | <b>~ 62 €/kg</b>                                                    | <b>~ 62 €/kg</b>                                                   |

Aus Tabelle 10-1 wird darüber hinaus deutlich, dass die spezifischen Kosten auch bei geringerer Wirksamkeit nicht ansteigen, weil die Kosten im Prinzip nur dann anfallen, wenn die Beutel auch genutzt werden. In dem Sinne ist auch hier eine theoretische Wirksamkeit von 100 % gegeben. Während die spezifischen Eliminationskosten, bspw. der 4. Reinigungsstufe, u. a. von der Skalierung abhängig sind und mit abnehmender Größe eher zunehmen, in dem Sinne also ineffizienter werden, sind die Kosten der Maßnahme „Urinbeutel“ patientenspezifisch und damit im Verhältnis zur Wirksamkeit relativ gleichbleibend.

#### 4. Reinigungsstufe – Kosten und Wirksamkeit

Eine vergleichende Betrachtung mit den Kosten der 4. Reinigungsstufe ist aufgrund der Unterschiedlichkeit der Breite an Zielstoffen schwierig. Eine Annäherung ist möglich, indem man eine Kostenallokation unter Berücksichtigung der Frachtanteile unterschiedlicher Stoffgruppen im Zulauf der 4. Reinigungsstufe vornimmt. Die Datengrundlage für die Frachtenverteilung bildet das Spurenstoffinventar Baden-Württemberg (LUBW & UM 2014), in dem der Ablauf von sechs Kläranlagen der Größenklassen 2, 4 und 5 untersucht wurde. Der Kläranlagenablauf wird in diesem Fall quasi als Zulauf zu einer 4. Reinigungsstufe zugrunde gelegt.

Unter Berücksichtigung des durch die jeweilige Kläranlagen-Größenklasse behandelten Abwasserstroms, 50 % des Abwassers werden in Kläranlagen der GK 5 behandelt (UBA 2014), ergibt sich ein mittlerer Frachtanteil an der Gesamtmenge der relevanten Substanzgruppen von 4,37 % für RKM im Ablauf von Kläranlagen (vgl. Tabelle 10-2).

Tabelle 10-2: Prozentuale Frachtanteile der Substanzgruppen an der Gesamtheit der untersuchten Spurenstoffe im Kläranlagenablauf in Prozent (nach: LUBW & UM 2014)

| Frachtanteil Ablauf KA in %    | Größenklasse (GK) |       |       |
|--------------------------------|-------------------|-------|-------|
| Stoffgruppe                    | GK 5              | GK 4  | GK 2  |
| Arzneimittel                   | 38,20             | 53,60 | 65,41 |
| Benzotriazole                  | 14,41             | 9,35  | 6,36  |
| Pestizid- und Biozidrückstände | 0,08              | 0,34  | 0,13  |
| Synthetische Komplexbildner    | 32,65             | 19,16 | 11,46 |
| Synthetische Moschusduftstoffe | 0,41              | 1,05  | 0,75  |
| Synthetische Süßstoffe         | 9,18              | 14,22 | 14,79 |
| RKM                            | 5,08              | 2,29  | 2,20  |

Die **Wirksamkeit** der PAK-Stufe bzgl. RKM wurde inzwischen mehrfach untersucht. Die Werte aus der Literatur schwanken stark. Ursache dafür ist vermutlich, dass z. T. ein Teilabbau der RKM stattfindet, der sich jedoch in den Untersuchungsergebnissen nicht wiederfindet, da im Allgemeinen nur die RKM-Ausgangssubstanz gemessen wird. Die Eliminationsraten hinsichtlich der iodorganischen Substanz können dadurch deutlich überschätzt werden. Für diese Abschätzung wird mit den Mittelwerten, bezogen auf die Ausgangssubstanzen, gerechnet (vgl. Tabelle 10-3).

Werden diese mittleren Eliminationsleistungen mit den Verkaufsmengen der einzelnen RKM gewichtet (vgl. Endbericht MindER1), erhält man eine mittlere Wirksamkeit der PAK-Stufe bzgl. RKM von 55 %. Die Werte der Messwoche in MindER1 weisen auf eine geringere Wirksamkeit hin (vgl. Endbericht MindER1).

Davon ausgehend, dass die 4. Reinigungsstufe zunächst nur in Kläranlagen der GK5 zum Einsatz kommt und vor dem Hintergrund der Werte aus Tabelle 10-2, lautet der Allokationsansatz wie folgt:  $\text{Kosten}_{\text{RKM}} = \text{Kosten}_{\text{PAK}} * 5 \% \text{ Frachtanteil}$ .



Tabelle 10-3: Eliminationsleistung bei 20 – 25 mg Pulveraktivkohle pro Liter in Prozent

|                                                                    | Nichtionische RKM |                  |                  |                  | Ionische RKM     |                  |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                                                                    | Iopromid          | Iopamidol        | Iomeprol         | Iohexol          | Diatrizoat       | Ioxitalaminsäure |
| Wirksamkeit –<br>Angaben verschiedener Literaturquellen<br>(s. u.) | 31 <sup>6)</sup>  | 94 <sup>4)</sup> | 88 <sup>4)</sup> | 68 <sup>2)</sup> | 36 <sup>4)</sup> | 18 <sup>5)</sup> |
|                                                                    | 72 <sup>6)</sup>  | 10 <sup>5)</sup> | 58 <sup>5)</sup> | 79 <sup>2)</sup> | 44 <sup>1)</sup> |                  |
|                                                                    | 77 <sup>3)</sup>  | 91 <sup>3)</sup> | 94 <sup>3)</sup> | 49 <sup>5)</sup> | 11 <sup>5)</sup> |                  |
|                                                                    | 87 <sup>3)</sup>  | 44 <sup>2)</sup> | 68 <sup>2)</sup> | 88 <sup>3)</sup> | 44 <sup>3)</sup> |                  |
|                                                                    | 78 <sup>2)</sup>  | 69 <sup>2)</sup> | 25 <sup>5)</sup> | 90 <sup>3)</sup> | 44 <sup>7)</sup> |                  |
|                                                                    | 78 <sup>4)</sup>  | 90 <sup>3)</sup> | 81 <sup>5)</sup> | 80 <sup>4)</sup> | 22 <sup>8)</sup> |                  |
|                                                                    | 82 <sup>5)</sup>  | 0 <sup>5)</sup>  | 78 <sup>2)</sup> | 0 <sup>5)</sup>  | 29 <sup>5)</sup> |                  |
|                                                                    | 90 <sup>3)</sup>  | 27 <sup>5)</sup> |                  | 90 <sup>5)</sup> | 40 <sup>3)</sup> |                  |
|                                                                    | 50 <sup>5)</sup>  |                  |                  |                  | 0 <sup>5)</sup>  |                  |
|                                                                    | 87 <sup>1)</sup>  |                  |                  |                  | 41 <sup>2)</sup> |                  |
|                                                                    | 4 <sup>5)</sup>   |                  |                  |                  |                  |                  |
|                                                                    | 98 <sup>8)</sup>  |                  |                  |                  |                  |                  |
| Mittelwert                                                         | 70                | 53               | 70               | 68               | 31               | 18               |

1) LANUV 2007 2) Margot et al. 2011 3) Metzger & Kapp 2008 4) Seitz 2007 5) TZW 2011 6) U.S. Bureau of Reclamation 2009

Die Jahreskosten für Bau und Betrieb einer PAK-Stufe in allen Kläranlagen der GK5 werden in (UBA Texte 85/2014) mit 562,8 Mio. €/a berechnet.

Tabelle 10-4: Kosten und Wirksamkeit der Maßnahme „PAK-Stufe“ bzgl. der Elimination von RKM

| Szenario                   | PAK-Stufe für Kläranlagen | Bemerkung                |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Jahreskosten               | <b>562,8 Mio. €/a</b>     | (vgl. UBA Texte 85/2014) |
| Frachtanteil RKM           | 5 %                       |                          |
| Resultierende Jahreskosten | <b>28,1 Mio. €/a</b>      | Jahreskosten * 5 %       |
| Eliminierte RKM            | <b>200,7 t</b>            | 365 t * 55 %             |
| Wirksamkeit PAK            | 55 %                      | vgl. Tabelle 10-3        |
| Spezifische Kosten         | <b>~ 140 €/kg</b>         |                          |

Aus diesen Ausführungen wird deutlich, dass die dezentrale Maßnahme „Urinbeutel“ in jedem Fall deutlich unter den Kosten liegt, die eine PAK-Stufe auf Kläranlagen bzgl. RKM verursacht. Dabei spielen zwei sich verstärkende Ursachen eine wesentliche Rolle. Zum einen bleiben bei der Sammlung mit Urinbeuteln die spezifischen Kosten bezogen auf die eliminierte RKM-Fracht im Wesentlichen gleich (in MindER 1 wurden sie zu 78 €/kg berechnet, in MindER 2 waren die Urinbeutel günstiger, womit der Wert auf unter 70 €/kg RKM<sub>el</sub> sinkt), zum anderen ist der Wirkungsgrad der 4. Reinigungsstufe hinsichtlich RKM eher durchschnittlich.

Mehrkosten für Restmüllentsorgung oder bspw. erhöhten Personalaufwand wurden in dieser Betrachtung allerdings nicht berücksichtigt. Auf der anderen Seite wurde nur der grundsätzlich diskutierte Ausbau von Kläranlagen der Größenklasse 5 als Vergleichsgröße herangezogen. Der Ausbau weiterer Kläranlagen würde überproportional höhere Kosten verursachen. Darüber hinaus wurde nicht betrachtet, dass die Effizienz der nachgeschalteten Maßnahme „4. Reinigungsstufe“ stark abhängig vom anfallenden Abwasservolumen ist. Mindestens im Regenwetterfall wird ein Teil des Abwassers noch vor der Kläranlage abgeschlagen oder auf der Kläranlage im Bypass um die Adsorptionsstufe geführt.

Erst der Vergleich mit weiteren möglichen Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen kann Aufschluss darüber geben, welche Strategie im Fall der RKM effektiv und kosteneffizient sein wird.

### **Dezentrale Erfassung des Patientenurins in separaten Toiletten vor Ort**

Für eine effiziente Sammlung des kontaminierten Urins ist eine Sanitärtechnik erforderlich, die ohne Spülwasser auskommt. Wasserlose Urinale sind derzeit auf dem deutschen Markt nur für Herrentoiletten zugelassen. Ein Urinal kostet je nach Hersteller zwischen 1.000 und 1.500 EUR. Zusätzliche Investitionskosten entstehen durch die Installation separater Leitungen und eines Speicherbehälters. Diese Kosten sind abhängig von den Randbedingungen und daher hochvariabel. Die Betriebskosten werden im Wesentlichen dadurch verursacht, dass der gesammelte Urin abgeholt und einer geordneten Entsorgung oder einem Recycling zugeführt werden muss.

Die Möglichkeit einer wirtschaftlichen Rückgewinnung aus dem gesammelten Urin scheint unter Zugrundelegung der Daten (Wirtschaftlichkeitsgrenze: 2,5 g/L - vgl. Kapitel 9.4; gemessene Konz. in MindER2 bis zu 10,5 g/L - vgl. Kapitel 9.5) gegeben.

Für die Überprüfung der technisch möglichen Rückgewinnungsoptionen müssen iodhaltige Urinproben potenziellen Recycling-Unternehmen zu Testzwecken zur Verfügung gestellt werden. Die Option der Sammlung ist im Uniklinikum Ulm weiterhin gegeben.

## 11 Synthese und Fazit

Als Fazit und im Sinne eines schlüssigen Gesamtkonzepts lässt sich festhalten, dass sich die Effektivität der einzelnen Interventionen gerade aus der Kombination verschiedener Maßnahmen, die im Zusammenwirken einen relevanten Rückhalt versprechen, resultiert. Damit ließ sich die Empfehlung aus MindER1 dahingehend bestätigen, dass die Effizienz in einer Kombination niederschwelliger Maßnahmen beruht, um so die Effektivität einer Reduktion von Vermeidungsstrategien aufgrund möglicher Hindernisse im Hinblick auf die Ausführung des gewünschten Verhaltens zu erhöhen.

Wesentlicher Erfolgsfaktor ist die Bereitschaft der Patientinnen und Patienten, die Maßnahmen zu unterstützen und zu nutzen. Dazu bedarf es u. a. einer möglichst niederschweligen Zugangsmöglichkeit, was dafürspricht, das Urinbeuteldesign soweit zu optimieren, dass die Urinbeutel einfach und möglichst bequem zu nutzen sind, und die Dichte von separierenden Toiletten in Kliniken zu erhöhen. Die separate Erfassung von Patientinnen- und Patientenurin in Kliniken ist auch über RKM hinaus eine Strategie für den Rückhalt umweltkritischer Spurenstoffe.

Die Übernahme solcher Maßnahmen in die Routinen des Ablaufs in der Gesundheitseinrichtung kann die Effektivität ebenfalls erhöhen, indem die Wahrnehmung der Patientinnen und Patienten in Richtung eines normalen Prozederes gelenkt wird.

In diesem Sinne ist eine Bewusstseinsschärfung für die Problematik auch beim medizinischen Personal notwendig. Ärztinnen und Ärzte müssen die Maßnahmen an die Patientinnen und Patienten kommunizieren, Pflegepersonal muss im Umgang mit Arzneistoffen auch im Hinblick auf deren Umweltwirkung geschult werden. Dazu gehört auch, dass die Entsorgung von Arzneistoffen in Kliniken generell strenger gehandhabt werden muss. Nicht nur müssen ausgewählte wie bspw. dem Betäubungsmittelgesetz unterliegende Arzneistoffe, sondern unter dem Gesichtspunkt der Spurenstoffproblematik in der Umwelt, alle Arzneistoffe sorgsam entsorgt werden. Aus den Untersuchungen in MindER geht hervor, dass in der Alltagsroutine gerade flüssige Arzneistoffe aber auch andere relativ häufig über WC und Handwaschbecken entsorgt werden.

Die empfohlenen Maßnahmen in aufsteigender Reihenfolge gemäß ihrem Aufwand sind:

- Information und Weiterbildung von medizinischem Personal,
- Arzneistoffproblematik in der Umwelt als Modul in der Ausbildung medizinischer Studiengänge und Ausbildungsberufe,
- Urinbeutel als routinemäßige Handreichung mit kurzem Infoflyer,

- einfach und schnell erfassbare Information vor Ort, über die Infolyer hinaus,
- gut ausgeschilderte separat erfassende Toiletten vor Ort,
- breitere Ausstattung mit Separationstoiletten.

Die Integration in das Gesundheitssystem und die Verteilung der Kosten sind in Abstimmung mit allen beteiligten Akteuren abzustimmen.

## 12 Literaturverzeichnis

- AkdÄ (2000): BfArM ordnet Widerruf von ionischen Röntgenkontrastmitteln (Amidotrizoesäure, Iotalaminsäure) zur intravasalen Anwendung an. Arzneimittelkommission der deutschen Ärzteschaft. In: Deutsches Ärzteblatt 97 33, S. 2187.
- Auswärtiges Amt (2017): online verfügbar unter: [http://www.auswaertiges-amt.de/DE/Aussenpolitik/Laender/Laenderinfos/Chile/Wirtschaft\\_node.html](http://www.auswaertiges-amt.de/DE/Aussenpolitik/Laender/Laenderinfos/Chile/Wirtschaft_node.html), abgerufen am 20.07.2017.
- Bayer (2013): Geschäftsbericht 2013, Abfall und Recycling, online verfügbar unter: <http://www.geschaeftsbericht2013.bayer.de/de/abfall-und-recycling.aspx>, abgerufen am 04.05.2017.
- Christiansen, C. (2005): X-ray contrast media—an overview. In: Toxicology 209 2, S. 185–187. DOI: 10.1016/j.tox.2004.12.020.
- Cinderella (2017): Verbrennungstoilette Cinderella Classic, online verfügbar unter: <http://www.cinderella-toilet.nl/de/cinderella-classic/>, abgerufen am 13.07.2017.
- Cinderella (2017): Verbrennungstoilette Cinderella Comfort, online verfügbar unter: <http://www.cinderella-toilet.nl/de/cinderella-comfort/>, abgerufen am 13.07.2017.
- Cinderella (2017): Verbrennungstoilette Cinderella Gas, online verfügbar unter: <http://www.cinderella-toilet.nl/de/cinderella-gas/>, abgerufen am 13.07.2017.
- Cinderella (2017): Verbrennungstoilette Cinderella Motion, online verfügbar unter: <http://www.cinderella-toilet.nl/de/cinderella-motion/>, abgerufen am 13.07.2017.
- Closac (2017): CLOsac – die erste wasserlose Toilette, online verfügbar unter: <http://www.closac.com/de/home/services/faq/>, abgerufen am 18.05.2017.
- Culu (2017): <https://www.culu.eu/wasserloses-urinal-culu-one-weiss>, abgerufen am 13.07.2017.
- Culu (2017): Wasserloses Urinal: Geruchsverschluss Systeme und Kosten, online verfügbar unter: [https://www.culu.eu/wasserlose-Urinale-Systeme-Reinigung-Kosten?gclid=EAlaIqob-ChMIxqT0ms6T2QIVG8ayCh0GgwWVEAAYAAEgJBjFD\\_BwE](https://www.culu.eu/wasserlose-Urinale-Systeme-Reinigung-Kosten?gclid=EAlaIqob-ChMIxqT0ms6T2QIVG8ayCh0GgwWVEAAYAAEgJBjFD_BwE).
- Duravit AG (2017): DuraStyle Urinal DuraStyle Dry, online verfügbar unter: [http://www.duravit.de/produkte/alle\\_serien/urinale.de-de.html?product=1005713](http://www.duravit.de/produkte/alle_serien/urinale.de-de.html?product=1005713), abgerufen am 13.07.2017.

- DWA-Regelwerk M-775 (2010): Abwasser aus Krankenhäusern und anderen medizinischen Einrichtungen. Online verfügbar unter [www.dwa.de](http://www.dwa.de). Sprehe, M.; Geißen, S.-U.; Vogelpohl, A. (2001): Photochemical oxidation of iodized X-ray contrast media (XRC) in hospital wastewater. Conference paper. In: Water Science & Technology 44 (5), S. 317–323.
- Eccheveria, A. (2015): Iodine Recycling: Has the full potential been reached? Expert Commentary from Product Manager Iodine & Lithium, SQM, online verfügbar unter: <http://www.worldiodineassociation.com/production/>, abgerufen am 11.05.2017.
- Elisabeth-Apotheke Hassel (2015): Nattler E.K., G. Gelsenkirchen, online verfügbar unter: [www.elisana.de](http://www.elisana.de), abgerufen am 04.05.2017.
- Facada, M. (2017): Iodine spot prices move up slightly, Industrial minerals, online verfügbar unter: <http://www.indmin.com/Article/3711376/Iodine/Iodine-spot-prices-move-up-slightly.html>, abgerufen am 04.05.2017.
- Fitzke, B., Geißen, S.-U. (2007): Sustainable removal of iodinated X-ray contrast media (XRC) by ozonation in a complex wastewater matrix – urine as example. In: Water Science & Technology 55 (12), S. 293. DOI: 10.2166/wst.2007.426.
- FOCUS Online Group GmbH (2017): Radioaktivität. Wie wichtig sind jetzt Jodtabletten? Online verfügbar unter: [http://www.focus.de/panorama/welt/tsunami-in-japan/wissenschaftliche-hintergruende/radioaktivitaet-wie-wichtig-sind-jetzt-jodtabletten\\_aid\\_609218.html](http://www.focus.de/panorama/welt/tsunami-in-japan/wissenschaftliche-hintergruende/radioaktivitaet-wie-wichtig-sind-jetzt-jodtabletten_aid_609218.html), abgerufen am 20.07.2017.
- Fritidstoa (2017): Förbränningstoaletter. FRITIDSTOA (Hrsg.). [www.fritidstoa.se](http://www.fritidstoa.se), abgerufen: 02.02.2017 Gebrauchsanweisung: [http://fi.fritidstoa.se/media/1557/cinderella\\_gebrauchsanweisung.pdf](http://fi.fritidstoa.se/media/1557/cinderella_gebrauchsanweisung.pdf) Produktblatt: [http://fi.fritidstoa.se/media/1547/cinderella\\_productblatt.pdf](http://fi.fritidstoa.se/media/1547/cinderella_productblatt.pdf).
- GODO SHIGEN Co., Ltd (2014): Iodine Recycling Buisness, online verfügbar unter: <http://www.godoshigen.co.jp/english/service/iodine/recycle.html>, abgerufen am 13.07.2017.
- Grandel, F. (2016): Investition ins Iod-Recycling, Interview mit Florian Grandel, online verfügbar unter: <http://www.chemanager-online.com/themen/chemikalien-distribution/investition-ins-iod-recycling>, abgerufen am 04.05.2017.

- Häffner (2017): Lieferprogramm Iod/Iodite/Iodate, Häffner GmbH & Co. KG, online verfügbar unter: [https://www.hugohaeffner.com/media/cms\\_page\\_media/391/Lieferprogramm%20IOD%20\(0317\).pdf](https://www.hugohaeffner.com/media/cms_page_media/391/Lieferprogramm%20IOD%20(0317).pdf), abgerufen am 07.07.2017.
- Hora, K. (2016): Iodine production and industrial applications, World Iodine Association (WIA).
- Hübl, D.; Böhm, H.-P. (2007): Arzneimittelrückstände im Wasser und Abwasser. 1. Magdeburger Workshop. Hg. v. Bayer AG.
- Ideal Standard (2017): Connect Ergänzungsmodelle Urinal wasserlos, online verfügbar unter: [http://www.idealstandard.de/de/products/2/pe\\_9120.html](http://www.idealstandard.de/de/products/2/pe_9120.html), abgerufen am 13.07.2017.
- IKSR (2010): Auswertungsbericht Röntgenkontrastmittel. Bericht Nr. 187. Hg. v. Internationaler Kommission zum Schutz des Rheins. Koblenz. Online verfügbar unter [http://www.iksr.org/uploads/media/IKSR-Bericht\\_Nr.\\_187d.pdf](http://www.iksr.org/uploads/media/IKSR-Bericht_Nr._187d.pdf).
- Indaver (2017): Iodrückgewinnung steigert Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie, online verfügbar unter: <http://indaver.de/innovationen/projekte/>, abgerufen am 04.05.2017.
- Kaiho, T. (2014): Recycling of Iodine in Iodine chemistry and applications, S. 243. John Wiley & Sons.
- Kappler, W. (2017): ka-mobile, Reisemobile und Zubehör, online verfügbar unter: <http://www.ka-mobile.de/zubehoerfuerreisemobile/toiletten-verbrennungstoilette-cassettentoilette-porta-potti-zerhackertoilette-zerhackerpumpe-toilette-fuer-gartenhaus-oder-berghuette.html>, abgerufen am 13.07.2017.
- Keramag (2017): Centaurus Urinal, online verfügbar unter: <http://www.keramag.de/produkte/wcs-bidets-urinale/urinale/centaurus-urinal-wasserlos-abgang-nach-hinten-oder-nach-unten/5654/>, abgerufen am 13.07.2017.
- Keramag (2017): Renova Urinal, online verfügbar unter: <http://www.keramag.de/produkte/wcs-bidets-urinale/urinale/renova-nr-1-plan-urinal-wasserlos-abgang-nach-hinten/5640/>, abgerufen am 13.07.2017.
- LANUV NRW (2007): Eintrag von Arzneimitteln und deren Verhalten und Verbleib in der Umwelt – Literaturstudie. Hg. v. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen. Recklinghausen (LANUV-Fachbericht 2), zuletzt geprüft am 04.09.2014.

- Laufen (2017): Lema Urinal, online verfügbar unter: <http://www.de.laufen.com/de/products/product-finder/urinale/urinal/lema/843195>, abgerufen am 13.07.2017.
- Liebing, T. (2012): Für Innovationen wird das Geld knapp, Kontrastmittelbranche mit stark zunehmenden Rohstoffpreisen konfrontiert, Krankenhauspharmazie, 33.Jahrgang, online verfügbar unter: [http://www.guerbet.de/fileadmin/user\\_upload/de\\_home/de\\_professional/de\\_information/kph-beilage-nr32-05-2012-guerbet.pdf](http://www.guerbet.de/fileadmin/user_upload/de_home/de_professional/de_information/kph-beilage-nr32-05-2012-guerbet.pdf), abgerufen am 04.05.2017.
- Liftac (2017): Rollac 1.0 – Wasserlose Toilette, online verfügbar unter: <http://www.liftac.com/news/single-view/article/rollac-10-wasserlose-toilette/>, abgerufen am 18.05.2017.
- LUBW & UM (2014): Spurenstoffinventar der Fließgewässer in Baden-Württemberg. Ergebnisse der Beprobung von Fließgewässern und Kläranlagen 2012/2013. Sacher, F.; Thoma, A.; Lehmann, M.; Scherer, I.; Stier, K. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg & Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (Hrsg.). [http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/243039/spurenstoffinventar\\_2012\\_2013.pdf?command=downloadContent&filename=spurenstoffinventar\\_2012\\_2013.pdf](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/243039/spurenstoffinventar_2012_2013.pdf?command=downloadContent&filename=spurenstoffinventar_2012_2013.pdf), zuletzt geprüft am 23.11.2015.
- Margot, J.; Magnet, A.; Thonney, D.; Chèvre, N.; de Alencastro, L. F. & Rossi, L. (2011): Traitement des micropolluants dans les eaux usées. Rapport final sur les essais pilotes à la STEP de Vidy (Lausanne). Ville de Lausanne (Hrsg.). Lausanne. [www.lausanne.ch/micropolluants](http://www.lausanne.ch/micropolluants), zuletzt geprüft am 23.11.2015.
- Mestre, A. S.; Machuqueiro, M.; Silva, M.; Freire, R.; Fonseca, I. M.; Santos, M.; Soledade C.S.; Calhorda, M. J. & Carvalho, A. P. (2014): Influence of activated carbons porous structure on iopamidol adsorption. In: Carbon 77, S. 607–615. DOI: 10.1016/j.carbon.2014.05.065.
- Meuli, K. (2016): Von der Idee zur Marktreife, Mit Innovationsförderung, Bundesamt für Umwelt BAFU, umwelt 2/2016.



- Metzger, S. & Kapp, H. (2008): Einsatz von Pulveraktivkohle zur Elimination von Mikroverunreinigungen. VSA–Fachtagung vom 28. Oktober 2008. Institut für GEO und UMWELT (Hrsg.). Biberach. [http://www.vsa.ch/index.php?id=90&type=0&jumpurl=fileadmin%2Fuser\\_upload%2FRedaktion%2FVerbandsberichte%2F2008\\_577-588%2F586\\_04\\_Rensch.pdf&juSecure=1&mimeType=application%2Fpdf&locationData=90%3Att\\_content%3A261&juHash=3750cc41d67b0361a3741afd00c4971915f4e2b0](http://www.vsa.ch/index.php?id=90&type=0&jumpurl=fileadmin%2Fuser_upload%2FRedaktion%2FVerbandsberichte%2F2008_577-588%2F586_04_Rensch.pdf&juSecure=1&mimeType=application%2Fpdf&locationData=90%3Att_content%3A261&juHash=3750cc41d67b0361a3741afd00c4971915f4e2b0), zuletzt geprüft am 23.11.2015.
- Möllring, B. (2003): Toiletten und Urinale für Frauen und Männer: die Gestaltung von Sanitärobjekten und ihre Verwendung in öffentlichen und privaten Bereichen (Doctoral dissertation).
- Norddeutscher Rundfunk (2017): Tagesschau, Faktenfinder, online verfügbar unter: <http://faktenfinder.tagesschau.de/wolken-impfen-silberjodid-101.html>, abgerufen am 20.07.2017.
- Pineau, C., et al. (2005): Abschlussbericht Machbarkeitsstudie – „Getrennte Erfassung von jodorganischen Röntgenkontrastmitteln in Krankenhäusern“.
- Reisch, M., Knorr, A., Großmann, D., Köser, H. (2003): Zur Iodrückgewinnung aus Krankenhausabwässern, Deutscher Industrieverlag GmbH, online verfügbar unter: <http://www.ask-eu.de/Artikel/4482/Zur-Iodrueckgewinnung-aus-Krankenhaus-abw%C3%A4ssern.htm>.
- Rendl, J. & Saller, B. (2001): Schilddrüse und Röntgenkontrastmittel. Pathophysiologie, Häufigkeit und Prophylaxe der jodinduzierten Hyperthyreose. In: Deutsches Ärzteblatt 98 7, S. 402–406.
- Reuter Onlineshop GmbH (2017): Wasserlose Urinale, online verfügbar unter: <https://www.reuter.de/katalogsuche/bad/badkeramik/urinale.html?q=wasserlos>, abgerufen am 13.07.2017.
- Sawai, J., Tomizuka, H., Hatanaka, N., Minami, T., Kikuchi, M., & Ishii, T. (2012): Separation and Recovery of Iodine from Aqueous Solution by Permeation and Chemical Desorption (PCD) Using a Silicone Rubber Membrane, *Advances in Chemical Engineering and Science* 2.04 (2012): 508.
- Schnebel, E.K. (2013): Mineral Commodity Summaries: Iodine. US Geological Survey, Washington DC.

- Schnebel, E.K. (2016): Minerals Yearbook: Iodine. US Geological Survey, Washington DC.
- Schnebel, E.K. (2017): Mineral Commodity Summaries: Iodine. US Geological Survey, Washington DC.
- Schönfelder, C. (2011): Wassersparende Systeme in öffentlichen Gebäuden (Doctoral dissertation).
- Schütze, J.; Ziegler, M. G.; Köser, H. (2006): Abbau von Röntgenkontrastmitteln – Ozonung versus metallinduzierte Deiodierung. In: Chemie Ingenieur Technik 78 (9), S. 1221–1222. Online verfügbar unter [www.cit-journal.de](http://www.cit-journal.de).
- Seitz, W. (2007): Occurrence and Behaviour of Iodinated X-Ray Contrast Media in Drinking and Waste Water Treatment. Dissertation. University of Surrey. Guildford, England.
- Sociedad Química y Minera de Chile S.A. (2016): Annual report 2015: Santiago, Chile, Sociedad Química y Minera de Chile S.A., 359 p.
- TZW (Technologiezentrum Wasser) (2011): Weiterverwertung teilbeladener Trinkwasserreinigungskohlen zur Abwasserbehandlung. Teilprojekt 2A. Abschlussbericht zum Verbundprojekt Entwicklung einer adsorptiven Stufe zur Elimination organischer Spurenstoffe auf kommunalen Kläranlagen. Riegel, M.; Haist-Gulde, B. TZW (Hrsg.) (Förderkennzeichen 02 WA 1022). <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb11/665954646.pdf>, zuletzt geprüft 23.07.2015.
- UBA Texte 85/2014: Maßnahmen zur Verminderung des Eintrages von Mikroschadstoffen in die Gewässer, <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/massnahmen-zur-verminderung-des-eintrages-von-0>.
- Uridan Waterless Solutions GmbH (2017): Wasserlose Damenurinale, online verfügbar unter: <http://www.uridan.com/modelle/>, abgerufen am 10.08.2017.
- Urimat Deutschland AG (2017): Urimat Urinale, online verfügbar unter: <http://www.urimat.de/de/deutschland/wasserlose-urinale/compactplus.html>, abgerufen am 13.07.2017.
- U.S. Bureau of Reclamation (2009): Secondary/Emerging Constituents Report. Southern California Regional Brine-Concentrate Management Study – Phase I Lower Colorado Region. U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation (Hrsg.). <http://www.usbr.gov/lc/socal/reports/brineconcentrate/4SecondaryConstituents.pdf>, zuletzt geprüft am 26.11.2015.

Villeroy&Boch AG (2017): AquaZero Urinal Oval, online verfügbar unter: <https://www.villeroy-boch.de/bw/m/Subway-AquaZero-Urinal--751700.html>, abgerufen am 13.07.2017.

WaterSave (2017): Wasserlose Urinale, online verfügbar unter: <http://www.watersave-systeme.de/wasserlose-urinale/>, abgerufen am 20.07.2017.

## 13 Anhang

### 13.1 Anhang 1 - Wasserlose Herrenurinale - Übersicht

| Hersteller                   | Produkt                                | Bilder                                                                              | Technische Details                                                                                                                                | Preis <sup>16</sup> | Produktdatenblätter/Bemerkungen                                                                                   |
|------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| KERAMAG <sup>17</sup>        | Renova Nr.1 Plan Urinal                |    | <b>Material &amp; Farbe:</b><br>Sanitärkeramik, Beschichtung: KeraTect<br><b>Maße:</b><br>Breite (cm): 32.5<br>Höhe (cm): 60<br>Tiefe (cm): 30    | 299,90 €            | <a href="https://img.reuter.de/pdf/ke/ke-235170.pdf">https://img.reuter.de/pdf/ke/ke-235170.pdf</a>               |
| LAUFEN <sup>18</sup>         | Lema wasserlos                         |   | <b>Material &amp; Farbe:</b><br>Sanitärkeramik, weiß<br>Beschichtung: keine<br><b>Maße:</b><br>Breite (cm): 35<br>Höhe (cm): 70<br>Tiefe (cm): 40 | 449,20 €            | <a href="https://img.reuter.de/pdf/la/la-8431950004011.pdf">https://img.reuter.de/pdf/la/la-8431950004011.pdf</a> |
| Ideal Standard <sup>19</sup> | Connect Urinal, wasserlos weiß E567501 |  | <b>Material &amp; Farbe:</b><br>Sanitärkeramik, weiß<br>Beschichtung: keine<br><b>Maße:</b><br>Breite (cm): 32.5<br>Höhe (cm): 65                 | 237,87 €            | <a href="https://img.reuter.de/pdf/is/is-e567501.pdf">https://img.reuter.de/pdf/is/is-e567501.pdf</a>             |

<sup>16</sup> Preise von [www.Reuter.de](http://www.Reuter.de), wasserlose Urinale: <https://www.reuter.de/katalogsuche/bad/badkeramik/urinale.html?q=wasserlos>, abgerufen am 13.07.2017.

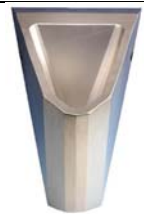
<sup>17</sup> Keramag (2017): <http://www.keramag.de/produkte/wcs-bidets-urinale/urinale/renova-nr-1-plan-urinal-wasserlos-abgang-nach-hinten/5640/>, abgerufen am 13.07.2017.

<sup>18</sup> Laufen (2017): <http://www.de.laufen.com/de/products/product-finder/urinale/urinal/lema/843195>, abgerufen am 13.07.2017.

<sup>19</sup> Ideal Standard (2017): [http://www.idealstandard.de/de/products/2/pe\\_9120.html](http://www.idealstandard.de/de/products/2/pe_9120.html), abgerufen am 13.07.2017.

|                   |                       |                                                                                     |                                                                                                                                                      |          |                                                                                                                                                                                 |
|-------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DURAVIT 20        | DuraStyl e Dry Urinal |    | <b>Material &amp; Farbe:</b><br>Sanitärkeramik, weiß<br>Beschichtung: keine<br><b>Maße:</b><br>Breite (cm): 30<br>Höhe (cm): 56<br>Tiefe (cm): 34    | 270,95 € | <a href="https://img.reuter.de/pdf/dur/du-r-280830.pdf">https://img.reuter.de/pdf/dur/du-r-280830.pdf</a>                                                                       |
| KERAMAG 21        | Centaurus Urinal      |    | <b>Material &amp; Farbe:</b><br>Sanitärkeramik, weiß<br>Beschichtung: KeraTect<br><b>Maße:</b><br>Breite (cm): 37<br>Höhe (cm): 72<br>Tiefe (cm): 33 | 390,70 € |                                                                                                                                                                                 |
| CULU22            | One                   |    | <b>Material:</b> Kunststoff<br>Gewicht: 1,73 kg<br><b>Maße:</b><br>Tiefe: 25,7 cm<br>Breite: 32,5 cm<br>Höhe: 56 cm                                  | 269 €    | <a href="https://www.culu.eu/mediafiles/Sonstiges/Montage-Reinigung-Wartungsanleitung.pdf">https://www.culu.eu/mediafiles/Sonstiges/Montage-Reinigung-Wartungsanleitung.pdf</a> |
| Villeroy&Boch h23 | Subway AquaZero       |  | <b>Material:</b> Keramik<br>Artikelgewicht: 18,3 kg<br><b>Maße:</b><br>Tiefe: 35 cm<br>Breite: 30,5 cm<br>Höhe: 56,5 cm                              | 519 €    |                                                                                                                                                                                 |

- 
- 20 Duravit (2017): [http://www.duravit.de/produkte/alle\\_serien/urinale.de-de.html?product=1005713](http://www.duravit.de/produkte/alle_serien/urinale.de-de.html?product=1005713), abgerufen am 13.07.2017.
- 21 Keramag (2017): <http://www.keramag.de/produkte/wcs-bidets-urinale/urinale/centaurus-urinal-wasserlos-abgang-nach-hinten-oder-nach-unten/5654/>, abgerufen am 13.07.2017.
- 22 Culu (2017): <https://www.culu.eu/wasserloses-urinal-culu-one-weiss>, abgerufen am 13.07.2017.
- 23 Villeroy&Boch (2017): <https://www.villeroy-boch.de/bw/m/Subway-AquaZero-Urinal--751700.html>, abgerufen am 13.07.2017.

|             |              |                                                                                   |                                                                                                                                         |       |                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| URIMAT24    | compact-plus |  | <b>Material:</b> Kunststoff<br>Gewicht: 3,5 kg<br><b>Maße:</b><br>Tiefe: 39 cm<br>Breite: 31 cm<br>Höhe: 80 cm                          | 456 € | <a href="http://www.urimat.de/fileadmin/dokumente/DE/pdf/Urimat_Projekt.pdf">http://www.urimat.de/fileadmin/dokumente/DE/pdf/Urimat_Projekt.pdf</a>                                                                   |
| WaterSave25 | SirOne       |  | <b>Material:</b> Glasfaserverstärkter Kunststoff<br>Gewicht: 4 kg<br><b>Maße:</b><br>Höhe: 57 cm<br>Breite: 38 cm<br>Ausladung: 31,5 cm | 369 € | <a href="http://www.watersave-systeme.de/wasserlose-urinale/trockenurinal-sirone-das-neue-wasserlose-urinal/">http://www.watersave-systeme.de/wasserlose-urinale/trockenurinal-sirone-das-neue-wasserlose-urinal/</a> |
| WaterSave   | ExpliCit     |  | <b>Material:</b> Edelstahl<br>Gewicht: 8,0 kg<br><b>Maße:</b><br>Höhe: 60 cm<br>Breite: 38 cm<br>Ausladung: 37 cm                       | 520 € | <a href="http://www.watersave-systeme.de/wasserlose-urinale/wasserloses-urinal-explikit-edelstahl/">http://www.watersave-systeme.de/wasserlose-urinale/wasserloses-urinal-explikit-edelstahl/</a>                     |

<sup>24</sup> Urimat (2017): <http://www.urimat.de/de/deutschland/wasserlose-urinale/compactplus.html>, abgerufen am 13.07.2017.

<sup>25</sup> WaterSave (2017): <http://www.watersave-systeme.de/wasserlose-urinale/>, abgerufen am 20.07.2017.

## 13.2 Anhang 2 - Wasserlose Damenurinale - Übersicht

| Hersteller          | Produkt             | Bilder                                                                              | Technische Details                                                                                                                       | Preis   | Produktdatenblätter                                                                                                                                                                 |
|---------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Uridan26            | Modell Captain      |    | <b>Maße:</b><br>Breite: 38 cm<br>Höhe: 97 cm<br>Tiefe: 54 cm<br>Farbe: Weiß<br><b>Material:</b> glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK)    | 720,03€ | <a href="http://www.uridan.com/uploads/tx_blu-forceproducts/Modell_Captain_GX6_DE.pdf">http://www.uridan.com/uploads/tx_blu-forceproducts/Modell_Captain_GX6_DE.pdf</a>             |
| Uridan              | Modell Pylon (Midi) |    | <b>Maße:</b><br>Höhe: 80 cm<br>Tiefe: 50 cm<br>Farbe: Weiß<br><b>Material:</b> glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK)                     | 638,06€ | <a href="http://www.uridan.com/uploads/tx_blu-forceproducts/Modell_Pylon_Midi_GVMDT2_DE.pdf">http://www.uridan.com/uploads/tx_blu-forceproducts/Modell_Pylon_Midi_GVMDT2_DE.pdf</a> |
| Uridan              | Modell Compass      |  | <b>Maße:</b><br>Höhe: 40,5 cm<br>Tiefe: 53,5 cm<br>Breit: 42 cm<br>Farbe: Weiß<br><b>Material:</b> glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK) | 854,90€ | <a href="https://www.uridan.com/wp-content/uploads/2017/11/Compass_GY-10_DE.pdf">https://www.uridan.com/wp-content/uploads/2017/11/Compass_GY-10_DE.pdf</a>                         |
| Sphinx Sanitär GmbH | Lady P              |  |                                                                                                                                          |         | Mit Wasserspülung                                                                                                                                                                   |
| Catalano            | Girly Urinal        |  | <b>Maße:</b><br>Breite: 26 cm<br>Höhe: 42 cm<br>Tiefe: 48 cm                                                                             |         | gibt es nicht mehr beim Hersteller (2003 entwickelt)                                                                                                                                |
| GBH (Malaysia)      | Lady Loo            |  |                                                                                                                                          |         | Mit Wasserspülung                                                                                                                                                                   |

26 Uridan (2017): <http://www.uridan.com/modelle/>, abgerufen am 10.08.2017.

### 13.3 Anhang 3 - Verbrennungstoiletten - Übersicht

| Produkt                          | Bilder                                                                              | Technische Details                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Preis <sup>27</sup> |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Cinderella Motion <sup>28</sup>  |    | <b>Maße:</b><br>Sitzhöhe: 49 cm<br>Höhe: 51 cm; Breite: 39 cm; Tiefe: 59 cm; Gewicht: 20 kg<br>Kapazität: bis 5-6 Personen<br>Stand-by elektrischer Vermögensbedarf: 0,5 Amp<br>Verbrennung elektrischer Vermögensbedarf: 1,3 Amp<br>Gasverbrauch: ca. 110 g pro Verbrennung<br>Ventilator: 12 V DC; Propan-Gas (30 mbar)<br>Stromanschluss: 12 V DC / 4 Amp. (11-14,4 V) | 3.995 €             |
| Cinderella Classic <sup>29</sup> |    | <b>Maße:</b><br>Sitzhöhe: 54 cm<br>Höhe: 60 cm; Breite: 39 cm; Tiefe: 59 cm; Gewicht: 34 kg<br>Kapazität: bis maximal 12 Personen<br>Abgasleitung / Diameter: 110 mm<br>Energieverbrauch pro Verbrennung: 0,8-1,5 kWh<br>Stromanschluss: 220 – 240 V, 10 A                                                                                                                | 3.390 €             |
| Cinderella Comfort <sup>30</sup> |   | <b>Maße:</b><br>Sitzhöhe: 54 cm<br>Höhe: 60 cm; Breite: 39 cm; Tiefe: 59 cm; Gewicht: 34 kg<br>Kapazität: bis maximal 12 Personen<br>Abgasleitung / Diameter: 110 mm<br>Energieverbrauch / Verbrennung: 0,8-1,5 kWh<br>Stromanschluss: 220 – 240 V, 10 A;<br>Kontrollierte Luftzufuhr (TEK 10)                                                                            | 4.090 €             |
| Cinderella Gas <sup>31</sup>     |  | <b>Maße:</b><br>Sitzhöhe: 54 cm<br>Höhe: 60 cm; Breite: 39 cm; Tiefe: 59 cm; Gewicht: 34 kg<br>Kapazität: bis 10 Personen<br>Abgasleitung / Leitung: 110 mm, externer Diameter<br>Stand-by elektrischer Vermögensbedarf: 0,5 Amp<br>Verbrennung elektrischer Vermögensbedarf: 1,3 Amp<br>Gasverbrauch ca. 125 g pro Verbrennung                                           | 4.390 €             |

<sup>27</sup> Kappler (2017): ka-mobile, Reisemobile und Zubehör, Preisliste für Cinderella Verbrennungstoiletten, Gültig ab Juni 2017.

<sup>28</sup> Cinderella (2017): <http://www.cinderella-toilet.nl/de/cinderella-motion/>, abgerufen am 13.07.2017.

<sup>29</sup> Cinderella (2017): <http://www.cinderella-toilet.nl/de/cinderella-classic/>, abgerufen am 13.07.2017.

<sup>30</sup> Cinderella (2017): <http://www.cinderella-toilet.nl/de/cinderella-comfort/>, abgerufen am 13.07.2017.

<sup>31</sup> Cinderella (2017): <http://www.cinderella-toilet.nl/de/cinderella-gas/>, abgerufen am 13.07.2017.



### 13.4 Anhang 4 - Aufgabenstellung DHBW-Pflegestudium und die dafür von den Studierenden erarbeiteten Fragebögen



Prof. Dr. Anne-Kathrin Cassier-Woidasky (DHBW)

Dr.-Ing. Jutta Niederste-Hollenberg (Fraunhofer ISI)

#### **AGW 17 Assignment (SoSe 2018)**

Ansätze zur Minderung des Eintrags von Arzneistoffen in die Umwelt  
- Fokus: Röntgenkontrastmittel

##### **Einführung**

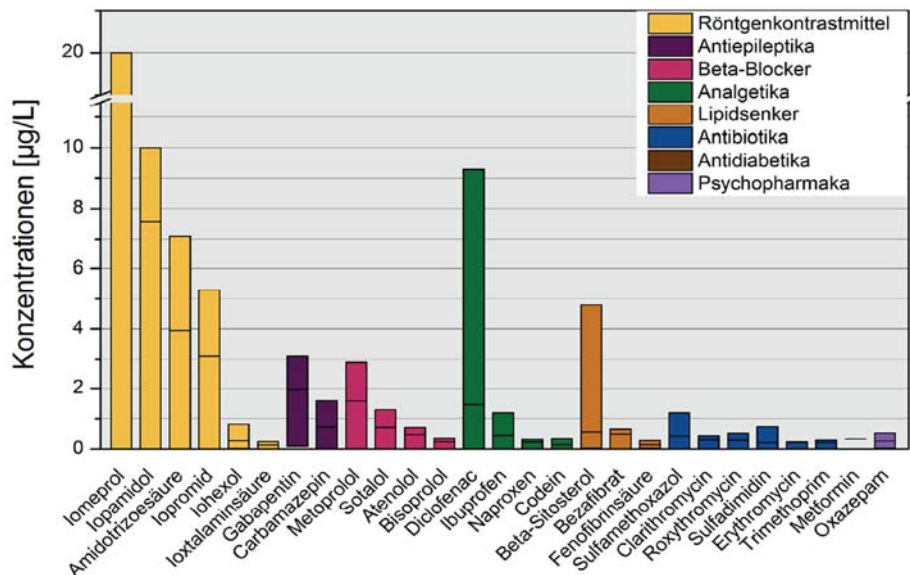
Arzneistoffe aus Veterinär- und Humanmedizin gehören zu den Stoffen, die in teilweise sehr hohen Konzentrationen in Gewässern (Flüssen, Grundwasser) gefunden werden. Berichte über eine Verweiblichung von Fischen und Weichtieren aufgrund starken Eintrags hormonell wirksamer Substanzen oder eine Zunahme von antibiotika-resistenten Keimen in der Umwelt sind Beispiele dieser Entwicklung.

Die mit Abstand am häufigsten gefundenen Arzneistoffe bildet die Gruppe der Röntgenkontrastmittel. Iodierte Röntgenkontrastmittel (RKM) sind gut wasserlöslich, sehr widerstandsfähig und ihr Verbrauch steigt stetig auf inzwischen fast 400 t/a in Deutschland.

RKM werden ausschließlich in Gesundheitseinrichtungen verabreicht und vom menschlichen Körper innerhalb von 24 Stunden vorwiegend über den Urin nahezu unverändert wieder ausgeschieden. Diese Eigenschaften prädestinieren RKM für die gesonderte Erfassung des Patientinnen-/Patientenurins zur Vermeidung einer Emission in Gewässer.

Diese Erfassung kann im Wesentlichen erfolgen durch die Nutzung von a) Urinbeuteln oder -behältern b) separaten Toiletten mit gesondertem Auffangbehälter und c) speziellen Toilettenstühlen. Die anschließende Entsorgung über den Krankenhausrestmüll oder den häuslichen Restmüll und damit in der Regel die Müllverbrennung (üblicher Umgang mit Restmüll) leistet eine schadfreie Entsorgung.

Im Rahmen eines Projektes des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung ISI werden in diesem Zusammenhang diese verschiedenen Möglichkeiten des Rückhalts von Patientinnen- und Patientenurin auf die Akzeptanz bei Patientinnen und Patienten sowie Personal und in diesem Sinne auf ihre Effizienz und Umsetzbarkeit hin untersucht.



Arzneimittelwirkstoffe, die in Konzentrationen über 0,1 µg/L in Oberflächengewässern gefunden wurden (Quelle: UBA 2013; Daten: Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser LAWA, Zusammenstellung: UBA)

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Sicht der Pflegefachkräfte zur Problematik von Medikamentenentsorgung und speziell der Getrennt-Erfassung von Patientinnen- und Patientenurin zu ermitteln, um Ansätze für ökologisch korrekte und nachhaltige sowie praktikable Handlungsempfehlungen zu gewinnen.

### Aufgabenstellung

Im Rahmen eines studentischen Projekts sollen daher einige wichtige Fragen in diesem Zusammenhang aus der Perspektive von Pflegepersonal im Krankenhaus beantwortet werden.

### **Thema 1: Arzneistoffe in Krankenhäusern allgemein**

In Krankenhäusern fallen verschiedene, teilweise sondermüllrelevante Abfallarten an. An welchen Stellen, bzw. in welchen Situationen werden Arzneistoffe (z. B. RKM, Antibiotika oder Schmerzmittel) manchmal oder sogar häufig über das Abwasser (Toilette, Handwaschbecken, Ausguss...) entsorgt? Welche anderen Möglichkeiten ließen sich hierfür in die Abläufe integrieren?

### **Thema 2: Überlegungen zur Erfassung des Patientinnen- und Patientenurins von stationären Patientinnen und Patienten**

Im Sinne einer getrennten Erfassung des RKM-kontaminierten Urins von stationären Patientinnen und Patienten sind zwei Varianten möglich:

#### **Variante A**

Die Abbildung zeigt eine mobile Toilette, die sich nur insofern von einem Toilettenstuhl unterscheidet, als dass die Ausscheidungen in einem Plastikbeutel aufgefangen werden, der anschließend automatisch verschweißt wird. Der Beutel wird über den normalen Müll entsorgt.



Die mobile wasserlose Toilette Rollac 1.0<sup>32</sup>

Stationären Patientinnen und Patienten, die gerade eine Untersuchung mit RKM hinter sich haben, soll dieser Stuhl für die folgenden etwa 10-20 Stunden auf das Zimmer gestellt werden, um so den belasteten Urin aufzufangen und über den Hausmüll zu entsorgen. In diesem Sinne muss die mobile Toilette vom Personal "organisiert" werden, in die

---

<sup>32</sup> Liftac (2017): Rollac 1.0 – Wasserlose Toilette, online verfügbar unter: <http://www.liftac.com/news/single-view/article/rollac-10-wasserlose-toilette/>, abgerufen am 18.05.2017.

Zimmer mit frisch aus der Radiologie entlassenen Patientinnen und Patienten gebracht und nach entsprechender Zeit wieder abgeholt werden.

Ist dieses Vorgehen praktikabel und gut integrierbar in die täglichen Routinen? Besteht die Möglichkeit, diese mobile Toilette in den Räumlichkeiten vorzuhalten? Hat das Personal im Blick, welche Patientinnen und Patienten betroffen sind und entsprechend versorgt werden müssen?

### **Variante B**

Alternativ zu einer mobilen Toilette können 24-h-Sammelurinbehälter genutzt werden. Die stationären Patientinnen und Patienten bekommen nach der radiologischen Untersuchung die Anweisung, die nächsten ca. 24 Stunden in die Behälter zu urinieren. Der gefüllte Behälter wird weggeworfen (!) und somit über den Restmüll entsorgt. Ist dieses Vorgehen praktikabel und gut integrierbar in die täglichen Routinen?

Welche der beiden Varianten wäre aus Sicht des Pflegepersonals und vor dem Hintergrund der Stationsroutinen zu bevorzugen?

Zusammenfassend: welches Vorgehen ist aus Ihrer Sicht am ehesten umzusetzen?

### **Zur Bearbeitung dieser Fragen ist folgendes Vorgehen vorgesehen:**

1. Im Rahmen der ersten Präsenzphase (Juli 2018) wird in das Projekt eingeführt und die Aufgabenstellung wird vorgestellt sowie ein Untersuchungsplan erarbeitet.
2. In der folgenden vierwöchigen Praxisphase wird der Klinikalltag vor dem Hintergrund der gestellten Fragen beobachtet. Kolleginnen und Kollegen sollen außerdem mit Hilfe eines noch zu entwickelnden Instruments dazu befragt werden. Die Instrumente werden mit den Studierenden auf der Basis unserer Methodenausbildung entwickelt.
3. In der zweiten Präsenzphase (August 2018) werden die Ergebnisse der Studierenden zusammengetragen und in Form eines schriftlichen Berichts dokumentiert.

## **Assignment für die Studierenden:**

### **Einzelaufgabe:**

Literaturarbeit zur Relevanz der Getrennterfassung von RKM-kontaminiertem Urin im Krankenhaus. Basis:

Niederste-Hollenberg, Eckartz, Peters, Hillenbrand, Maier, Beer, Reszt (2018): Reducing the Emission of X-Ray Contrast Agents to the Environment: Decentralized Collection of Urine Bags and Its Acceptance. In: GAIAEA 27/1, 105 –192 (2018).

Was sind Hintergrund, Zielsetzung, Fragestellung und Durchführung der Arbeit und zu welchen Ergebnissen und Schlussfolgerungen kamen die Autorinnen und Autoren bei ihrer Untersuchung? Welche Fragen sind offengeblieben? Welche weiteren Projekte gibt es zu der Thematik schon? (Z. B. Merkmal, Charité) Wie lässt sich die Arbeit in die Arzneistoffproblematik integrieren?

### **Gemeinschaftsaufgaben:**

**Aufgabe 1:** Entwicklung einer Befragung für Pflegekräfte im Krankenhaus zum Umgang mit Medikamenten, Infusionslösungen etc., die verworfen werden müssen. Durchführung einer Befragung, Auswertung und Berichterstellung. Die Studierenden teilen für die Datensammlung die Stationen unter sich auf und verteilen schriftliche Fragebögen, die direkt ausgefüllt werden können. (Umgang mit Medikamenten allgemein, Umgang mit Ausscheidungen bzw. Praktikabilität der Entsorgungswege).

**Aufgabe 2:** Befragung von Pflegekräften auf Stationen, auf denen Patientinnen und Patienten mit diagnostischen und therapeutischen Verfahren, die RKM beinhalten, versorgt werden. Die Studierenden befragen Pflegekräfte zur aktuellen Situation und zu einer möglichen Integration von Urinsammelverfahren (über Toilettenstühle oder Sammelbehälter) in die Pflegeprozesse.

## Fragebogen zum Thema Arzneimittelentsorgung

Sehr geehrte Kolleginnen und Kollegen,

In Krankenhäusern werden Arzneistoffe wie z. B. Röntgenkontrastmittel, Antibiotika oder Schmerzmittel auf unterschiedliche Weise entsorgt. Im Rahmen eines Kooperationsprojektes der DHBW Stuttgart (Lehrveranstaltung von Prof. Dr. Anne-Kathrin Cassier-Woidasky) und des Fraunhofer Instituts für System- und Innovationsforschung (Projektleitung Dr.-Ing Jutta Niederste-Hollenberg) wird eine Befragung zur Erfassung der Medikamentenentsorgung auf den Stationen durchgeführt. Ziel dieser Umfrage ist es, Grundlagen zur Erstellung einer nachhaltigen und praktikablen Handlungsempfehlung zu gewinnen. Ihre Informationen geben dazu wertvolle Hinweise. Die Teilnahme an der Befragung ist freiwillig. Die erhobenen Daten werden vertraulich und anonym behandelt.

Wir freuen uns über Ihre Teilnahme und bitten Sie, die Fragen nach bestem Wissen und Gewissen bis zum **02. August 2018** zu beantworten.

**1. Wenn sich beim Richten oder Kontrollieren von Medikamenten Änderungen oder Verunreinigungen ergeben, wie entsorgen Sie in der Regel folgende Medikamente? Mehrere Kreuze möglich.**

|                                     | Restmüll | Wasch-<br>becken | WC | Abwurfbehälter<br>für Spritzen und<br>Kanülen | Rücksen-<br>dung an<br>die<br>Apotheke | Sonstiges<br>(bitte<br>nennen) |
|-------------------------------------|----------|------------------|----|-----------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|
| Tabletten                           |          |                  |    |                                               |                                        |                                |
| Tropfen                             |          |                  |    |                                               |                                        |                                |
| Infusionslösungen<br>mit Wirkstoff  |          |                  |    |                                               |                                        |                                |
| Infusionslösungen<br>ohne Wirkstoff |          |                  |    |                                               |                                        |                                |
| Injektionslösungen                  |          |                  |    |                                               |                                        |                                |
| BTM Tabletten                       |          |                  |    |                                               |                                        |                                |
| BTM Tropfen/<br>Injektionslösungen  |          |                  |    |                                               |                                        |                                |

**2. Aus welchem Grund werden die Medikamente Ihrer Einschätzung nach am Häufigsten verworfen? Bitte kreuzen Sie an.**

| Falsche<br>Dosierung | Kontamination | Falsches<br>Medikament<br>gerichtet | Patient<br>entlassen | Patient<br>verweigert<br>Einnahme | Vom Arzt<br>abgesetzt | Doppelt<br>gerichtet |
|----------------------|---------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------------|
|                      |               |                                     |                      |                                   |                       |                      |

**3. Wie oft werden diese Medikamente Ihrer Einschätzung nach durchschnittlich verworfen? Bitte kreuzen Sie an.**

|                                     | Mehrmals<br>täglich | täglich | 2-3 mal pro<br>Woche | einmal pro<br>Woche | zweimal im<br>Monat | seltener |
|-------------------------------------|---------------------|---------|----------------------|---------------------|---------------------|----------|
| Tabletten                           |                     |         |                      |                     |                     |          |
| Tropfen                             |                     |         |                      |                     |                     |          |
| Infusionslösungen<br>mit Wirkstoff  |                     |         |                      |                     |                     |          |
| Infusionslösungen<br>ohne Wirkstoff |                     |         |                      |                     |                     |          |
| Injektionslösungen                  |                     |         |                      |                     |                     |          |
| BTM Tabletten                       |                     |         |                      |                     |                     |          |
| BTM Tropfen/<br>Injektionslösungen  |                     |         |                      |                     |                     |          |

**4. Ist Ihnen eine Umweltproblematik im Bezug auf die Entsorgung von Arzneistoffen bekannt?**

Ja ☐

Nein ☐

Wenn ja, welche? \_\_\_\_\_

**5. In welchem Jahr haben Sie Ihr Examen absolviert? \_\_\_\_\_**

**6. Haben Sie eine Mitarbeiterschulung zum Thema Arzneimittelentsorgung erhalten?**

Ja ☐ In welchem Jahr? \_\_\_\_\_

Nein ☐

**7. Gibt es die Möglichkeit einer Schulung zum Thema Arzneimittelentsorgung in Ihrem Krankenhaus?**

Ja ☐

Nein ☐

Nicht bekannt ☐

Herzlichen Dank für Ihre Unterstützung!

## **Fragebogen Teil 1 zum Umgang mit Röntgenkontrastmitteln in Krankenhäusern**

Liebe Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter,

Im Zuge unseres Dualen Studiums Angewandte Gesundheits- und Pflegewissenschaften an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg (Lehrveranstaltung Prof. Dr. Anne-Kathrin Cassier-Woidasky) führen wir eine Umfrage zum Thema Entsorgung von Röntgenkontrastmitteln (RKM) in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (Projektleitung Dr.-Ing. Jutta Niederste-Hollenberg) durch. RKM sind sehr stabil, dies ist sehr gut für die Anwendung, jedoch schwierig bei der Entsorgung. Für den Entsorgungsvorgang werden Lösungsmöglichkeiten entwickelt. Mit Ihrer Mithilfe können Sie einen Beitrag zur Erarbeitung dieser Lösungsmöglichkeiten leisten.

Hierbei würden wir Sie gerne um Ihre Mithilfe bitten, indem Sie uns einige Fragen beantworten. Alle Daten werden hierbei selbstverständlich anonym und vertraulich behandelt, so dass keine Rückschlüsse auf Ihre Person oder Abteilung zu ziehen sind und für Sie kein Nachteil daraus entsteht. Ihre Teilnahme ist selbstverständlich freiwillig.

Vielen Dank für Ihre Mithilfe!

### **1. Werden auf Ihrer Station/ Abteilung Röntgenkontrastmittel (RKM) verabreicht?**

- ☐ Ja
- ☐ Nein → Weiter zu Fragebogen Teil 2
- ☐ Weiß nicht → Weiter zu Fragebogen Teil 2

### **2. Wie häufig finden in Ihrer Abteilung Untersuchungen statt, bei denen RKM verwendet werden?**

- ☐ Mindestens einmal pro Schicht
- ☐ Mindestens einmal pro Tag
- ☐ Mindestens einmal pro Woche
- ☐ Seltener

### **3. Wie werden RKM in Ihrer Abteilung in der Regel appliziert?**

- ☐ Oral
- ☐ Intravenös
- ☐ Injektion
- ☐ Sonstige: \_\_\_\_\_



**4. Wie entsorgen Sie in der Regel RKM-Reste?**

- ☐ Waschbecken
- ☐ Toilette
- ☐ Restmüll
- ☐ Glasmüll
- ☐ Spezial-Abwurf
- ☐ Sonstige: \_\_\_\_\_
- ☐ Es fallen keine Reste an.

**5. Haben Sie sich schon einmal über Abwasserbelastung durch Röntgenkontrastmittel Gedanken gemacht?**

- ☐ Ja, habe mich bereits damit beschäftigt
- ☐ Ja, habe schon davon gehört
- ☐ Nein

**Fragebogen Teil 2 zu alternativen Urinentsorgungssystemen und deren Praktikabilität**

Im ersten Teil unsere Befragung haben wir Ihnen einige Fragen zu der Verwendung von Röntgenkontrastmitteln im Allgemeinen gestellt. Nun möchten wir Ihnen kurz einige Informationen über das eigentliche Projekt geben.

Jodierte Röntgenkontrastmittel (ca. 400 t/a) sind gut wasserlöslich und sehr widerstandsfähig und inzwischen häufig im Abwasser zu finden. Diese werden ausschließlich in Gesundheitseinrichtungen verabreicht und nahezu unverändert innerhalb von 24h hauptsächlich über den Urin ausgeschieden. Deshalb soll es in Zukunft Möglichkeiten geben, den mit RKM belasteten Urin gesondert zu entsorgen. Im Zuge eines Projekts des Fraunhofer Instituts für System und Innovationsforschung ISI wurden in diesem Zusammenhang schon verschiedene Möglichkeiten entwickelt.

- a) Urinbeutel
- b) Spezielle Toilettenstühle
- c) Separaten Toiletten mit gesonderten Auffangbehältern

In all diesen Fällen kann der Urin im Anschluss über den Restmüll entsorgt werden.

Dieser wird in der Regel in Deutschland über Müllverbrennung schadfrei entsorgt. Unser Ziel als Studierende der DHBW ist es nun, die Praktikabilität dieser Möglichkeiten aus der Sicht von verschiedenen Berufsgruppen im Krankenhaus darzustellen. Vor allem Ihre Sicht als Pflegefachkraft ist hier besonders wichtig. Im Folgenden bitten wir Sie nun aufgrund dieses Hintergrunds, noch ein paar weitere Fragen zu beantworten.

Vielen Dank für Ihre Unterstützung!

**1. Betreuen Sie auf Ihrer Station Patienten nach Untersuchungen mit RKM?**

- ☐ Ja
- ☐ Nein
- ☐ Weiß nicht

**2. Halten Sie es für sinnvoll, mit RKM-belasteten Urin separat zu entsorgen?**

- ☐ Ja
- ☐ Ja, ist jedoch schwer umsetzbar
- ☐ Nein

**3. Für wie praktikabel halten Sie die vorgestellten Urinbeutel?**

- ☐ Sehr praktikabel
- ☐ Eher praktikabel
- ☐ Weniger praktikabel
- ☐ Nicht praktikabel

**4. Für wie praktikabel halten Sie die vorgestellten mobilen wasserlosen Toiletten?**

- ☐ Sehr praktikabel
- ☐ Eher praktikabel
- ☐ Weniger praktikabel
- ☐ Nicht praktikabel

**5. Sehen Sie einen erhöhten Zeitaufwand in der Nutzung der vorgestellten Entsorgungssysteme?**

- ☐ Ja
- ☐ Nein
- ☐ Kann ich nicht einschätzen

**6. Können Sie sich vorstellen, die oben genannten Entsorgungsalternativen zu verwenden?**

- ☐ Ja, beides.
- ☐ Nein, keines.
- ☐ Nur Urinbeutel.
- ☐ Nur mobile Toilette.

**7. Haben Sie noch weitere Ideen oder Anmerkungen zur Praktikabilität?**

---

---

---

---

## 13.5 Anhang 5 - Informationsflyer

Liebe Patientin, lieber Patient,

Arzneistoffe unterstützen Ihre Genesung und sind ein unerlässlicher Bestandteil moderner medizinischer Versorgung. Sie werden aber auch zunehmend zu einer Belastung für unsere Gewässer.

Röntgenkontrastmittel (RKM) gehört zu den Arzneistoffen, die in sehr hohen Konzentrationen in unseren Flüssen und Seen sowie im Grundwasser gefunden werden.

Verabreichte RKM werden vom Menschen in wenigen Stunden fast vollständig über den Urin wieder ausgeschieden.

Über das Abwasser gelangt ein großer Anteil in unsere Gewässer.

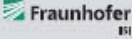
Folgen Sie den drei beschriebenen Schritten, um unsere Gewässer zu schützen und unterstützen Sie gleichzeitig Ihren Körper bei der Regeneration nach der Untersuchung.

Wir wünschen Ihnen alles Gute!

Ihr MindER-Team

MindER steht für die Minderung des Eintrags von Röntgenkontrastmitteln in die Umwelt.

MindER ist ein Projekt des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung ISI und wird in Kooperation mit der Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie des Universitätsklinikums Ulm durchgeführt.




Finanziert wird MindER aus Mitteln des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft des Landes Baden-Württemberg.



Baden-Württemberg  
Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft

Weitere Informationen finden Sie unter:  
[www.minder-rkm.de](http://www.minder-rkm.de)



**Wir möchten unsere Gewässer schützen.  
Sie auch?  
Dann machen Sie mit!**



Informationen für Patienten: Minderung der  
Gewässerbelastung durch Röntgenkontrastmittel

### 3 einfache Schritte um unsere Gewässer rein zu halten

#### 1. Vor der Untersuchung

Ihnen wird ein Röntgenkontrastmittel (RKM) verabreicht.



#### 2. Nach der Untersuchung

Während der vorgesehenen Wartezeit nach der Untersuchung trinken Sie viel und nutzen die separate RKM-Toilette.



#### 3. Wenn Sie gehen

Sie nehmen 1 Päckchen Urinbeutel mit, nutzen diese mindestens für die nächsten 3 Toilettengänge und entsorgen die gefüllten Beutel über den Restmüll.



### Untersuchung:

Röntgenkontrastmittel (RKM) sind für manche Untersuchungen unerlässlich. Sie werden in unveränderter Form und innerhalb von 24 Stunden über den Urin nahezu vollständig ausgeschieden.

### Ruhephase: Warum muss ich mindestens 30 Minuten warten?

Es ist vorgesehen, dass Sie nach der Untersuchung noch mindestens 30 Minuten unter medizinischer Beobachtung vor Ort bleiben. Nutzen Sie die Zeit dazu, viel zu trinken. Damit unterstützen Sie Ihren Körper dabei, das Kontrastmittel schnell auszuschleiden.

Mithilfe der RKM-Toilette kann der belastete Urin separat gesammelt werden und gelangt nicht in den Wasserkreislauf.

### Urinbeutel: Alles was Sie wissen müssen.

Die Urinbeutel nutzen Sie, wenn Sie nicht mehr in der Radiologie sind, um das restliche Kontrastmittel aufzufangen.

In den Beuteln wird der Urin zu einem geruchlosen Gel verfestigt. Dabei reicht die Größe eines Beutels sogar für eine zweimalige Nutzung.

Die Beutel können dann über den normalen Restmüll entsorgt werden. Mit dem Restmüll wird das Röntgenkontrastmittel in Müllverbrennungsanlagen verbrannt und mit der Asche schadlos entsorgt.

Im Vergleich zur Belastung des Wasserkreislaufs mit Röntgenkontrastmitteln ist die Umweltbelastung durch die Nutzung von Urinbeuteln deutlich geringer.

## 13.6 Anhang 6 - Informationsposter in den Wartebereichen

### Information für Kontrastmittelpatienten der Computertomographie

Röntgenkontrastmittel (RKM) sollten nicht in unsere  
Gewässer gelangen!

Beachten Sie deshalb folgende Regeln:

1. Trinken Sie nach der Untersuchung viel Wasser.  
Wir stellen Ihnen hierzu kostenlos Wasser im Wartebereich auf der Fensterseite zu Verfügung
2. Nutzen Sie die spezielle RKM-Toilette, die den belasteten Urin separiert.  
Bitte geben Sie uns Rückmeldung zur Nutzung der Toilette indem Sie die Toilette vor Ort bewerten.
3. Nutzen Sie, wenn Sie nicht mehr in der Radiologie sind, für die nächsten 3 Toilettengänge die beiliegenden Urinbeutel in Ihrer Papiertasche.  
Die Urinbeutel sind auslaufsicher, hygienisch und einfach zu nutzen. Genauere Informationen zur Nutzung finden Sie auf den Urinbeuteln.
4. Weiterführende Informationen zum Vorgehen finden Sie im beiliegenden Flyer.



#### Warum ist das wichtig?

RKM tragen substantiell zum Eintrag von Arzneimittel in Gewässer bei. Sie machen mit 70% sogar den größten Anteil der arzneimittelbedingten Spurenstoffe in unseren Gewässern aus und stellen damit eine nicht unerhebliche Gefahr für unsere Gewässer dar. Das Problem ist, das RKM sehr beständig sind, in der Umwelt praktisch nicht abgebaut werden und auch durch neueste Kläranlagen nicht vollständig beseitigt.

Zur RKM-Toilette

## 13.7 Anhang 7 - Fragebogen zur Intervention & Ergebnisse



### **Befragung zum Programm zur Reduzierung des Eintrags von Röntgenkontrastmitteln in die Umwelt**

Liebe Patientin, lieber Patient,

im Rahmen einer Evaluationsstudie wurden Sie ausgewählt an dieser Befragung teilzunehmen und so das Programm zur Reduzierung des Eintrags von Röntgenkontrastmitteln in deutsche Gewässer zu unterstützen. Im Rahmen dieses Programms wurde ein spezieller Ablauf mit Röntgenkontrastmittel-Toiletten und Urinbeuteln entwickelt, um Röntgenkontrastmittel, die bei radiologischen Untersuchungen verabreicht werden, aus dem Wasserkreislauf fernzuhalten.

Um dieses Programm weiter zu verbessern, benötigen wir Ihre Rückmeldung. Denn nur Sie können uns beantworten, welche Teile des Ablaufs für Patienten schwierig sind, wo es noch Optimierungspotenzial gibt und was vielleicht noch fehlt. Die Befragung besteht aus einem kurzen Fragebogen. Füllen Sie diesen Fragebogen bitte erst 24 Stunden nach Ihrer radiologischen Untersuchung aus. Senden Sie den ausgefüllten Fragebogen dann bitte mit dem beiliegenden, portofreien Rückumschlag an uns zurück.

Selbstverständlich werden Ihre Antworten vollständig anonym behandelt und nicht in individualisierter Form an Dritte weitergegeben. Rückschlüsse auf Ihre Person sind nicht möglich.

1. Der ausgehändigte Informationsflyer war für mich...

|                            |                          |                          |                          |                          |                          |                       |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
| unverständlich und komplex | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | sehr gut verständlich |
| von der Schrift zu klein   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | sehr gut lesbar       |
| wenig informativ           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | sehr informativ       |

2. Im Folgenden stellen wir Ihnen einige Fragen zu Ihrem Verhalten. Bitte antworten Sie wahrheitsgetreu, auch wenn Sie die Anweisungen nicht vollständig befolgen konnten.

a. Wie häufig waren Sie in der Klinik auf einer der speziell ausgeschilderten Kontrastmittel-Toiletten, auf der der belastete Urin getrennt aufgefangen wird?

☐ 0x      ☐ 1x      ☐ 2x      ☐ konnte sie nicht finden

b. Haben Sie während der Ruhephase nach der Untersuchung etwas getrunken? Wenn ja, wie viel ungefähr?

|                                              |                                                     |                                                       |                                                       |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> nichts<br>getrunken | <input type="checkbox"/> bis 200 ml<br>(1-2 Becher) | <input type="checkbox"/> 200 - 400 ml<br>(3-4 Becher) | <input type="checkbox"/> 400 - 600 ml<br>(5-6 Becher) |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|

c. Wie häufig haben Sie nach der Untersuchung die Urinbeutel benutzt?

☐ gar nicht      ☐ 1 x      ☐ 2 x      ☐ 3x      ☐ mehr als 3x

d. Wie lange sind Sie nach der Untersuchung noch in der Klinik geblieben?

ca. \_\_\_\_\_ min

## 3. Wie bewerten Sie die Benutzung der Kontrastmittel-Toilette?

|                                                  |                          |                          |                          |                          |                          |                                                |
|--------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------------------|
| großer Unterschied zu<br>herkömmlichen Toiletten | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | kaum Unterschied zu<br>herkömmlichen Toiletten |
| unkomfortabel                                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | komfortabel                                    |

## 4. Wie haben Sie die Ruhephase nach der Untersuchung erlebt?

|             |                          |                          |                          |                          |                          |                   |
|-------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|
| unzumutbar  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | angenehm          |
| anstrengend | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | nicht anstrengend |

## 5. Wie bewerten Sie die Nutzung des Urinbeutels?

|               |                          |                          |                          |                          |                          |             |
|---------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|
| schwierig     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | einfach     |
| unkomfortabel | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | komfortabel |

## 6. Wie bewerten Sie die Maßnahme insgesamt? Bitte geben Sie an, inwiefern sie den folgenden Aussagen zustimmen.

|                                                                                                                                                                            | stimme überhaupt<br>nicht zu |                          |                          |                          |                          | stimme voll<br>und ganz zu |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Ich denke es ist wichtig Kontrastmittel herauszufiltern, damit sie nicht in das Wasser gelangen, auch wenn das mit zusätzlichen Anstrengungen für Patienten verbunden ist. | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>   |
| Ich finde diese Maßnahme (Nutzung von Spezialtoiletten und Urinbeutel) gut und befürworte eine breite Umsetzung in Deutschland.                                            | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>   |

## 7. Zum Schluss bitten wir Sie noch um einige Angaben zu Ihrer Person, die wir für statistische Auswertungen benötigen. Wir sichern Ihnen zu, dass Ihre Angaben vollkommen anonym bleiben.

- a. Ihr Alter: \_\_\_\_\_
- b. Ihr Geschlecht: ☐ männlich ☐ weiblich
- c. Ich gehe zurzeit für gewöhnlich ohne Hilfe zur Toilette. ☐ trifft zu ☐ trifft nicht zu
- d. Ich bin derzeit stationär im Klinikum untergebracht und übernachtete dort.  
☐ trifft zu ☐ trifft nicht zu

Falls Sie Verbesserungsvorschläge (z. B. für den Warteraum) oder sonstige Anmerkungen zu unserer Befragung oder zum Programm haben, können Sie diese hier äußern:

---



---



---

**Herzlichen Dank für Ihre Unterstützung!**



Die Befragung im Fragebogenformat umfasste eine Stichprobengröße von 100 Patientinnen und Patienten mit einem durchschnittlichen Alter von 63 Jahren, von welchen 56 % männlichen Geschlechts waren. Die Aufenthaltsdauer in der Klinik betrug einen durchschnittlichen Median von 40 Minuten, wobei die Range sich von 0 bis 240 Minuten erstreckte. Die Befragten repräsentierten zu 98 % ambulante Patientinnen und Patienten sowie Patientinnen und Patienten, die mobil genug waren, um selbstständig die Toilette benutzen zu können, welches auf nahezu alle Befragten zutraf.

Um die Ergebnisse der Befragung nicht unzulässig auf die Gesamtheit ambulanter Radiologiepatientinnen und -patienten zu generalisieren, muss angemerkt werden, dass die Stichprobe möglicherweise als verzerrt zu werten ist, da die rückgemeldeten und damit auswertbaren Fragebögen eine Selbstselektion der Stichprobe nach sich zog. Trotz des Umstands, dass die Fragebögen kostenfrei zurückgesendet werden konnten, ist davon auszugehen, dass der Teil der Patientinnen und Patienten, die besonders kooperationswillig waren, den Fragebogen auch mit höherer Wahrscheinlichkeit zurückschickte. Mit anderen Worten, zeichnet die Rückmeldung in den Fragebögen ein positiveres Bild der Kooperationsbereitschaft der Patientinnen und Patienten, als in der Realität vorliegt. Davon nicht betroffen ist jedoch der relative Vergleich zwischen Interventionsphase 1 und 2, da davon auszugehen ist, dass die Stichproben zu beiden Interventionsphasen gleich verzerrt ist und somit die Veränderung zwischen den beiden Phasen nicht verzerrt ist.

Im Hinblick auf die Flüssigkeitsaufnahme gaben rund 86 % der Befragten an, nach der Untersuchung getrunken zu haben. Die Veränderung von Phase 1 mit 80 % zu Phase 2 mit 97 % waren dabei substantiell. Zudem änderte sich die aufgenommene Flüssigkeitsmenge entsprechend zu Phase 1 mit 220 ml auf Phase 2 mit 291 ml. Rund 90 % der Befragten gaben an, den Urinbeutel genutzt zu haben. Auch hier zeigte sich eine deutliche Veränderung von Phase 1 mit 86 % zu Phase 2 mit 97 %. Außerdem änderte sich auch leicht die Häufigkeit der Urinbeutelnutzung zwischen Phase 1 mit durchschnittlicher Nutzung von 2,32 zu Phase 2 mit durchschnittlicher Nutzung von 2,58 Urinbeuteln.

Für die RKM-Toiletten ergab sich, dass die Toilette von 80 % der Befragten zwischen 1- und 3-mal aufgesucht wurde und im Durchschnitt 1,1-mal. In der Interventionsphase 1 besuchten 69 % der Befragten die Toilette mit einer Steigerung auf 89 % in Phase 2.

Abschließend ergab sich für die Bewertung des Flyers einen Mittelwert von 4,7 von 5 möglichen Punkten. Die Bewertung des Flyers setzte sich aus der Bewertung der Verständlichkeit, Lesbarkeit und des Informationsgehalts des Fragebogens zusammen. Da

die interne Konsistenz gegeben ist (Cronbachs Alpha = .74 <sup>33</sup>) lassen sie die drei Bewertungen des Fragebogens zu einem aggregierten Indikator zusammenfassen.

Die Akzeptanzuntersuchung bzw. die Bewertung der Interventionsmaßnahmen erfolgte mittels einer fünfstufigen Rating-Skala von 1 (stimme überhaupt nicht zu) bis hin zu 5 (stimme voll und ganz zu). Das Feedback ergab eine generelle Akzeptanz der Maßnahme. Genauer war die allgemeine Akzeptanz der Maßnahmen ("Ich finde diese Maßnahme gut (...) und befürworte eine breite Umsetzung in Deutschland") bei den Befragten sehr hoch mit einem durchschnittlichen Wert von 4.73. Zudem und möglicherweise besonders wichtig im Hinblick auf zukünftige Untersuchungen, stimmten die befragten Patientinnen und Patienten auch sehr stark der Notwendigkeit zu, RKM aus dem Abwasser herauszufiltern und damit einen entscheidenden Beitrag zum Umweltschutz zu leisten: Die Aussage "Ich denke, es ist wichtig Kontrastmittel herauszufiltern, damit sie nicht in das Wasser gelangen, auch wenn das mit zusätzlichen Anstrengung für Patientinnen und Patienten verbunden ist." erreicht einen durchschnittlichen Wert von 4,77 in der Befragung. Daraus lässt sich schließen, dass durch die Darbietung von Informationen über den Flyer ein entscheidender Beitrag zum Problembewusstsein seitens der Patientinnen und Patienten geleistet werden konnte. Dies ist von Bedeutung, da die Schaffung eines ausreichenden Problembewusstseins sicherlich eine wichtige Bedingung für eine angemessene und effiziente Verhaltensänderung der Patientinnen und Patienten darstellt.

---

<sup>33</sup> Cronbachs  $\alpha$  (Alpha) ist eine nach Lee Cronbach benannte Maßzahl für die interne Konsistenz einer Skala und bezeichnet das Ausmaß, in dem Fragen einer Skala miteinander in Beziehung stehen und damit dasselbe aussagen. Ein Wert von 0,7 oder mehr steht für eine akzeptable interne Konsistenz.