

GEFÖRDERT VOM  
 Bundesministerium  
 für Bildung  
 und Forschung

**NaWaM** **RiSKWa**  
 Nachhaltiges Wassermanagement

**FONA**  
 Forschung  
 und  
 Innovation  
 BMBF

Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf

## Innovative Konzepte und Technologien für die separate Behandlung von Abwasser aus Einrichtungen des Gesundheitswesens

Förderkennzeichen: 02WRS1280A-J



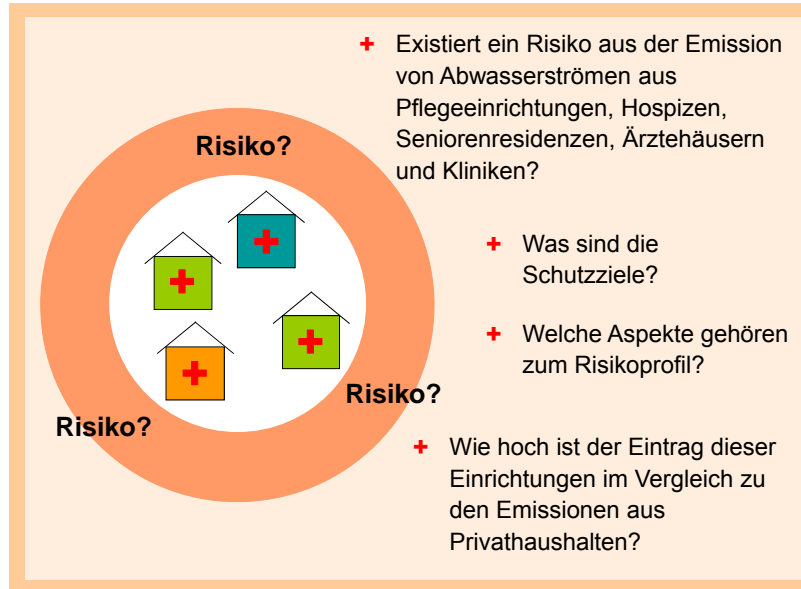

## Zentrale Bausteine des Projekts

- + Transdisziplinäre **Risikocharakterisierung** der Abwasserströme aus Pflegeeinrichtungen, Seniorenresidenzen, Hospizen, Ärztehäusern und Kliniken für Mensch und Umwelt
- + Entwicklung von **Strategien und Technologien** zur Minderung von Risiken von Medikamenten und Keimen aus diesen Abwasserströmen
- + Innovative **Kommunikations- und Bildungsmaßnahmen** zur Verbreitung der Erkenntnisse und Sensibilisierung aller beteiligter Akteure (v.a. Ärzte, Pflegekräfte, Patienten)



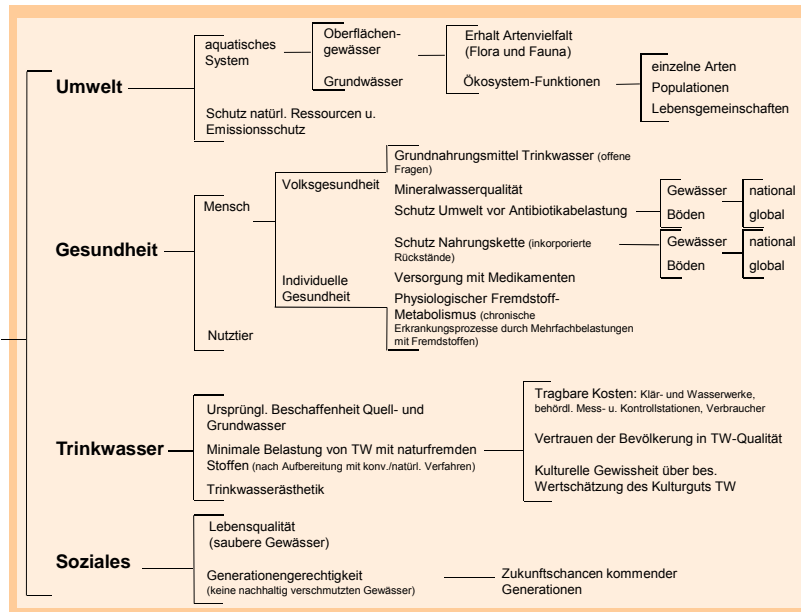
2

## Risikocharakterisierung



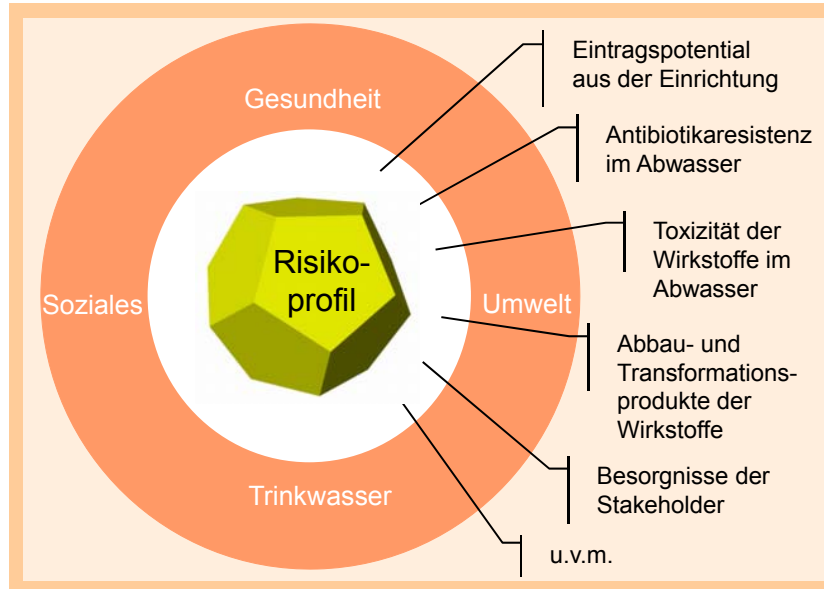
3

## Risikocharakterisierung – Was ist zu schützen?



4

## Risikoprofil für jeden Einrichtungstyp



5

## Auswahl der Einrichtungen

### + Psychiatrie

- ✓ Sonstiges Krankenhaus mit ausschließlich psychiatrischen, psychotherapeutischen (und neurologischen) Betten
- ✓ 146 Betten, 1465 behandelte Fälle im Jahr 2010

### + Pflegeheim

- ✓ Pflegeheim geführt in Pflegestatistik des Bundes
- ✓ 280 Bewohner, ø 270 Bewohner im Jahr 2011

### + Ärztehaus mit onkologischer Fachpraxis

- ✓ Schwerpunkte Hämatologie und Onkologie sowie onkologische Gynäkologie

### Vergleichende Einrichtung: allgemeines Krankenhaus

Standort 1	Chirurgie, Urologie, Neurologie, Gynäkologie, Radiologie und Innere Medizin	502 Betten	23.523 Fälle in 2011
Standort 2	Orthopädie und Innere Medizin	108 Betten	3.390 Fälle in 2011
Standort 3	Onkologie, Augenheilkunde, Psychosomatik, Innere Medizin	131 Betten	4.488 Fälle in 2011



6

## Strategien und Technologien: Einzugsgebiete

	Beispielregion Ortenau Kreis		EG/LV <sup>1</sup>	BRD <sup>2</sup>
	Einzugsgebiet KA 1	Einzugsgebiet KA 2	Gesamtgebiet	Jahr 2012
Allg. Krankenhaus	633 Betten	108 Betten	28.000 Betten	501.000 Betten
Alten- und Pflegeheim	830 Betten	548 Betten	29.000 Betten	169.000* Betten
Rehaklinik	305 Betten			
Psychiatrie	131 Betten	223 Betten		
Onkologie	4 Praxen			
Einwohner	75.000 E, plus 50.000 ind. EGW	13.000 E, plus hoher Industrieanteil	3.600.000 E, plus hoher Industrieanteil	80.523.746 E
Krankenhausbetten pro 1000 E	7,5	8,3	8 (5 – 10)	6,2
Alten- und Pflegeheimplätze pro 1000 E	9,8	42	8	2,1

\* Vorsorge- oder Rehabilitationseinrichtungen

<sup>1</sup> Interner Bericht von Emschergenossenschaft und Lippeverband

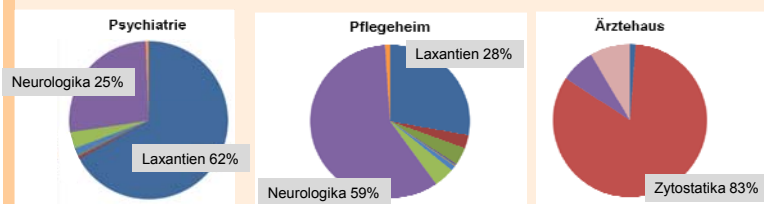
<sup>2</sup> Statistisches Bundesamt (Pressemitteilung Nr. 286 vom 28.08.2013)



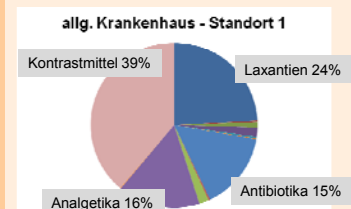
7

## Bilanzierung der Arzneimittelverbräuche

### + Im Fokus stehende Einrichtungen



### + Vergleichende Einrichtung (hier bspw. Standort 1 des allg. Krankenhauses)



#### Bilanzierungszeitraum

- Jahre 2010, 2011, 2012, 2013 (Werte für 2011 abgebildet)
- keine wesentlichen Unterschiede bei den Verbrauchsdaten zu verzeichnen



8

# Vergleich der Emissionen

+ Ziel: Vergleich der Emission relevanter Arzneimittel aus Einrichtungen des Gesundheitswesens mit der Emission aus privaten Haushalten

+ Vorgehensweise

- 52 relevante Wirkstoffe ausgewählt
- Defined Daily Dose (DDD) berechnet
- Berechnung des Eintragungspotentials I<sub>EP</sub> für die Jahre 2011 und 2012

$$I_{EP} = \frac{DDD_{Einrichtung(en)}}{DDD_{Privathaushalte}}$$

### Vergleich auf nationaler Ebene

Hochrechnung der Verbräuche in den Einrichtungen mit Hilfe der Fallzahlen  
Nationaler Vergleich anhand der Einwohnerzahl Deutschlands



### Vergleich auf regionaler Ebene

Herunterrechnung der Verbräuche in Privathaushalten für zwei Regionen

**Region 1**  
75.000 Einwohner + Psychiatrie + Standort 1 & 3 des allg. Krankenhauses

**Region 2**  
13.000 Einwohner + Pflegeheim + Standort 2 des allg. Krankenhauses



# Ergebnisse zum Eintragungspotential

ATC	Wirkstoff	KD	nationaler Vergleich	Pflegeheim	regionaler Vergleich 1	PfVDR	regionaler Vergleich 2	NI
A02	Pantoprazol	9.504-02	3.388-03	4.471-02	9.798-02	9.476-03	1.468-01	1.008-01
A02	Succinilat	1.310-01	-	-	2.490-01	-	-	-
A07	Moxifloxacin	1.116-02	-	2.790-03	2.190-02	-	-	6.050-03
A10	Metformin	2.500-03	0.050-04	1.080-02	3.500-03	1.080-03	7.500-03	2.440-02
B01	ASPI	4.000-02	2.440-03	7.000-02	7.000-02	7.000-02	8.000-02	7.000-02
C01	Amiloridon	8.840-02	-	-	1.300-01	-	-	1.000-01
C03	Furosemid	6.360-02	-	6.200-02	1.200-01	-	-	1.300-01
C07	Metoprolol	2.200-03	-	8.300-03	3.100-03	-	7.100-03	1.400-02
C09	Valproat	1.870-02	-	1.950-02	2.700-02	-	4.300-02	4.300-02
C10	Sildenafil	8.840-02	7.700-04	1.870-02	1.010-03	3.100-03	2.300-03	3.700-02
J01	Cefuroxim	8.000-01	1.600-03	-	1.010-03	4.000-03	3.000-03	-
J01	Stoffwechsellinien	1.420-01	2.000-03	8.000-02	2.490-01	1.010-02	1.100-01	1.940-02
L01	Fluocortid	-	-	-	-	-	-	-
L01	Niclosatin	7.860-03	-	1.100-03	8.800-02	-	3.800-01	3.400-03
M01	Acetylsalicylat	3.470-02	2.000-03	9.300-03	1.000-02	3.000-03	3.470-02	2.110-02
M01	Aspirin	1.700-02	-	2.800-02	1.710-02	-	2.000-02	3.400-02
N01	Lidocain	-	-	-	-	-	-	-
N01	Maprotilin	-	-	-	-	-	-	-
N01	Propofol	-	-	-	-	-	-	-
N02	Memantin	2.300-01	3.100-03	3.000-02	4.100-01	8.000-03	7.740-01	1.810-01
N02	Propylthiouracil	8.300-01	8.770-03	2.000-02	8.720-01	1.000-02	8.400-01	4.070-02
N03	Tiludat	8.310-02	1.200-03	1.700-02	8.140-02	3.140-03	3.300-01	3.640-02
N03	Tyramidol	1.480-02	1.200-03	1.800-02	8.310-02	3.840-03	1.840-01	1.880-02
N03	Carbamazepin	1.300-02	3.700-03	1.700-01	3.300-02	3.100-02	-	3.800-01
N03	Etilcarbazepinacetat	-	-	-	-	-	-	-
N03	Galantamin	7.800-03	8.800-04	7.300-02	1.000-02	1.300-02	-	1.800-01
N03	Levetiracetam	1.340-02	4.000-03	6.700-02	2.840-02	1.270-02	-	2.200-01
N03	Levetiracetam	2.500-02	2.000-03	9.010-02	4.740-02	3.740-02	-	2.100-01
N03	Clonazepam	2.000-03	1.500-02	8.270-01	1.400-02	1.200-02	-	1.600-01
N03	Propabalin	2.720-02	1.000-02	1.500-01	5.100-02	4.640-02	-	3.570-01
N03	Valproat	8.800-03	3.000-03	3.000-01	1.400-01	6.640-03	-	4.900-01
N04	Clozapin	8.100-02	3.700-03	3.000-01	8.400-02	-	-	8.600-01
N04	Levodopa	2.700-03	1.800-04	1.700-02	3.200-03	4.000-04	-	3.900-02
N04	Amisulprid	1.100-02	4.000-02	-	2.810-02	1.300-01	-	1.700-01
N04	Quetiapin	1.140-02	2.710-01	-	6.100-02	6.100-01	-	7.800-01
N04	Quetiapin	1.140-02	6.100-02	3.340-01	2.100-02	1.700-01	2.000-02	7.800-01
N05	Malpiron	1.100-01	4.600-02	4.800-01	1.820-01	1.300-01	1.500-01	1.000-01
N05	Rimexetamin	2.000-03	7.000-02	8.600-01	8.600-01	2.200-01	-	1.600-01
N05	Quetiapin	8.200-03	7.000-02	1.000-02	1.870-02	1.800-01	-	1.100-01
N05	Acetylsalicylat	8.800-03	4.000-03	-	1.300-02	1.300-02	-	-
N05	Rapinon	1.900-01	3.300-02	1.940-01	3.300-01	1.910-01	-	4.300-01
N05	Diclofenac	3.500-03	6.420-03	3.200-02	1.800-02	1.800-02	-	2.000-01
N05	Indometacin	1.000-03	3.740-03	-	-	7.800-03	-	-
N06	Mirtazapin	2.170-02	1.470-02	1.800-01	4.100-02	4.100-02	-	2.370-01
N06	Mirtazapin	2.200-01	-	3.010-02	2.300-01	8.000-02	-	1.400-01
N06	Paralidol	3.000-02	-	-	-	-	-	-
N06	Trisopramin	1.020-02	8.800-03	-	1.920-02	1.920-02	-	-
N06	Nicotin	1.000-01	4.970-03	3.840-03	7.840-01	1.970-01	-	8.640-03
V03	Lamman	2.100-01	-	-	4.100-01	-	-	-
V03	Bevitamin	2.300-01	-	-	4.300-01	-	-	-



## Ergebnisse zum Eintragungspotential

### + Nationaler Vergleich

- Arzneimitteleintrag aus Einrichtungen des Gesundheitswesens für fast alle der 52 Wirkstoffe geringer als aus Privathaushalten
- Ausnahme: einrichtungstypische Substanzen

### + Regionaler Vergleich

- Arzneimitteleintrag aus Einrichtungen des Gesundheitswesens meistens geringer als aus Privathaushalten
- Abweichungen in Abhängigkeit der Region, Einrichtung und Substanz

#### Region 1 (75.000 Einwohner + Psychiatrie + Standort 1 & 3 )

- Psychiatrie: durchweg geringere Einträge als aus Privathaushalten
- Allg. Krankenhaus: Eintragungspotential >1 für Cefuroxim, Clomethiazol und Acetazolamid

#### Region 2 (13.000 Einwohner + Pflegeheim + Standort 2)

- Pflegeheim: Eintragungspotential >1 bei 6 Substanzen für das Nervensystem
- Allg. Krankenhaus: Eintragungspotential >1 für Cefuroxim und Clomethiazol



11

## Antibiotikaresistenz

Kultureller und molekularbiologischer Nachweis von 39 Resistenztypen in den Abwasserströmen

### + Detektion von:

#### + Breitspektrum- $\beta$ -Laktamasen

(ESBL, AmpC-, Metallo- $\beta$ -Laktamasen)

#### + Tetracyclin-Resistenzen

(Tet A,B,C,D,E,G,L,K,M,O)

#### + Vancomycin-Resistenzen

(Van A, Van B)

#### + Methicillin-resistente Staphylokokken

(nur vereinzelt MRSA)



12

## Antibiotikaresistenz

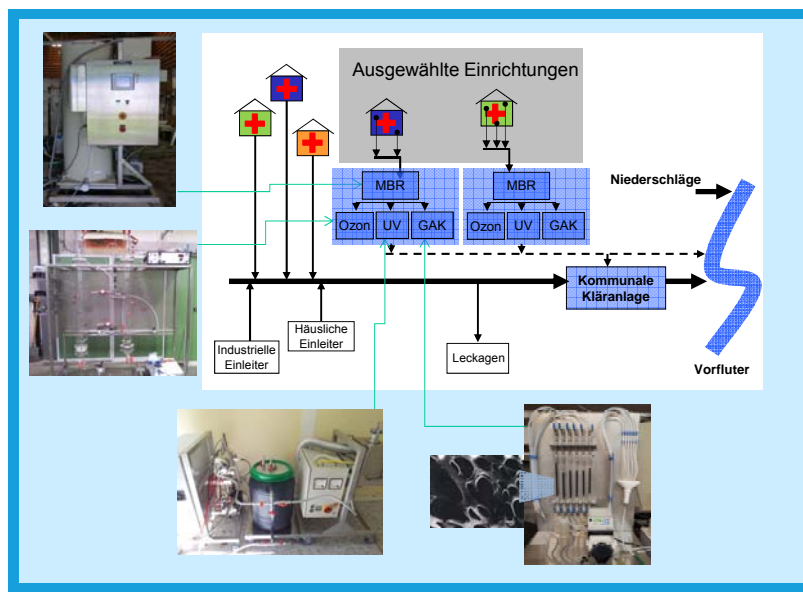
### Schlussfolgerungen

- + Eintrag von Resistenz-Genen gegen unterschiedliche Breitspektrum-Beta-Laktame durch jede Einrichtung (3.-/4.-Gen.-Cephalosporine und Carbapeneme)
- + Kein Zusammenhang zwischen Antibiotikaverbrauch in den Einrichtungen und der vorgefundenen Resistenzsituation
- + Kein Unterschied zwischen Abwässern aus Einrichtungen des Gesundheitswesens und beprobten öffentlichen Abwassersystemen



13

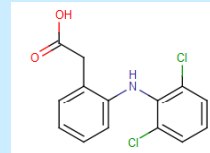
## Technologien - Membranbioreaktor



14

## Voruntersuchungen zur Aktivkohle

- + als charakteristische Kennzahlen wurden für verschiedene Aktivkohle innere Oberfläche (BET), Porengröße, Porenvolumen und Melassezahl ermittelt
- + die Molekülgrößen einiger pharmazeutischer Wirkstoffe wurde der Meso- und Makroporenstruktur verschiedener Aktivkohlen gegenübergestellt
- + die Ergebnisse der Voruntersuchungen werden nun mit den in der Pilotanlage ermittelten Abscheideleistungen korreliert
- + basierend auf diesen Kennzahlen soll zukünftig für Anwender eine verbesserte Auswahl an Adsorbentien zur Verfügung stehen



Diclofenac  
Molekülgröße: 7,5 x 10 Å



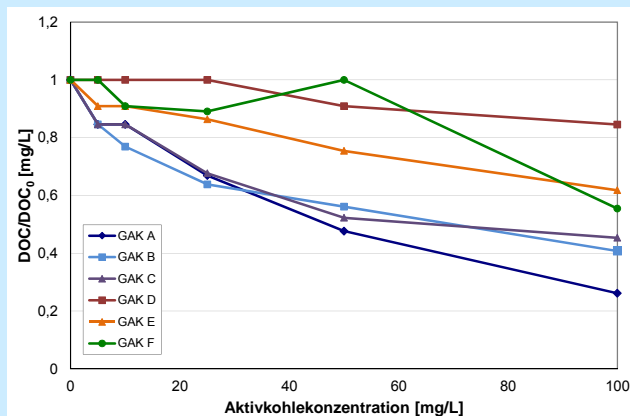
REM Aufnahme  
Aktivkohle



15

## Voruntersuchungen zur Aktivkohle

- + Adsorptionsisothermen an verschiedenen Aktivkohlen
- Große Unterschiede zwischen den Aktivkohlen feststellbar



16



## Strategien – Vorstellung der Szenarien

### Trendszenario – Was verändert sich bis 2030 ?

- + Trotz Prävention und Gesundheitsförderung: Ansetzen an Symptomen; kaum gebremster Trend zur Medikamentengabe
- + Nachhaltige Orientierung in der (forschenden) Pharmabranche zunehmend (z.B. Label für „grünes Medikament“, Forschungsfeld „nachhaltige Pharmazie“)
- + Listung von Arzneimittel-Wirkstoffen als „prioritäre Stoffe“ (WRRL) führt neben Monitoring zu vermindertem Eintrag (der Prioritären)
- + Ausbau der Abwasserreinigung in zwei Bundesländern, teilweise bedarfsorientierte Behandlung an Hotspots
- + Antibiotikaeinsatz leicht rückläufig

### Fazit

- + Eintrag von Pharma-Wirkstoffen in die aquatische Umwelt verringert sich. Doch bleiben erhebliche Umweltrisiken bestehen.
- Storyline abgeschlossen; Ausarbeitung Wirkungsabschätzung



17

## Strategien – Vorstellung der Szenarien

### Nachhaltigkeitsszenario

#### Vision „Null-Emission“ 2030

Abwasser darf keine Arzneimittelwirkstoffe und multi-resistenten Keime enthalten („Quasi-Null“ analog der Orientierungswerte der Trinkwasser-Kommission).

#### Ansatzpunkte

- + Nachhaltigkeitspolitik
  - Hier: Integration von Gesundheits-, Umwelt & Technologiepolitik
- + Reformen im Gesundheitswesen
  - Konsequente Prävention bei den Risikogruppen
  - Konsumierte Pharmazeutikamengen reduzieren
- + Räumlich differenzierter Technikansatz
  - Punktquellen in den Blick nehmen
- + Forcierung „nachhaltige Pharmazie“
  - Finanzielle Anreize und rechtlichen Rahmen setzen



18

## Strategien – Handlungsmaßnahmen

### Vorläufige Schlussfolgerungen

- + Das Nachhaltigkeitsszenario enthält mehr innovative Maßnahmen als das Trendszenario
- + Für die im Nachhaltigkeitsszenario enthaltenen Maßnahmen gilt:
  - Realisierung der Szenariomaßnahmen bedeutet hohen Aufwand
  - „Null-Emission“ ist bis 2030 erreichbar, wenn auch auf umwelttechnische Maßnahmen (für Hotspots) zurückgegriffen wird
  - Auch unpopuläre Maßnahmen müssen realisiert werden
  - Industrie- und gesundheitspolitische Chancen könnten Aufwand rechtfertigen
- + Die im Trendszenario enthaltenen Maßnahmen sind dagegen wesentlich leichter zu realisieren, haben aber eine geringere Wirkung

### Weiter zu klären

- + Evtl. Doppelaufwand (Umwelttechnik vs. Umbau des Gesundheitssystems)

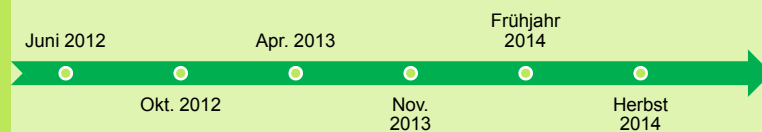


19

## Stakeholder-Kommunikation

### Stakeholder aus

- Abwasserwirtschaft (3)
- Altenpflegesektor (2)
- Ärzteschaft (2)
- Forschung (1)
- Gewässerschutz (1)
- Pharmaindustrie (2)
- Regulierungsbehörde (2)
- Umweltschutzverband (2)
- Verbraucherschutz (1)
- Technisches Management (1)
- Wasserversorgung (3)



20

## Stakeholder-Kommunikation

Stakeholder-Workshops dienen

- Dialog
- Diskussion
- Austausch



- Einstellung der Stakeholder zur Projektidee
- Erwartungen und Befürchtungen
- Anregungen, Impulse und inhaltl. Beiträge



Robustere Instrumente und Strategien zur Erreichung des Projektzieles



21

## Risikokommunikation - Anforderungsanalyse

Übergeordnetes Ziel	
Risikourteilskraft	
Kurz- bis mittelfristige Ziele	Langfristiges Ziel
Sensibilisierung	
Sachlich fundierte Aufklärung	
Verhaltensanpassung (Entsorgung von Medikamenten)	Verhaltensanpassung (Einnahme und Entsorgung von Medikamenten)



22

## Anforderungen an die Risikokommunikation

- + Weil Viele wenig wissen und wenig motiviert sind, mehr zu erfahren: *Schlüsselreize* beachten und gezielt einsetzen (z.B. Vertrauenswürdigkeit der Informationsquellen) und Ansprache auch auf *intuitiv-affektive Weise* (z.B. „Verweiblichung von Fischen“).
- + Risikotheema so einbetten, dass individuelle *Betroffenheit* erhöht wird: z.B. „Verantwortungsvoller Umgang mit Medikamenten“.
- + Dem Schrecken der „schleichenden Gefahr“ (Medien) mit Hinweisen zur individuellen *Handlungsmächtigkeit* entgegen wirken.
- + „„Wir trinken, was wir pinkeln“: Informieren darüber, was *Grenzen* von Trinkwasserreinheit sind.
- + „*Sachgerechter Entsorgung*“ in Kampagnen ausreichend Raum geben: nicht zu vernachlässigende Eintragsquelle; jede(r) kann was tun; aus abstrakt wird konkret; visualisierbar (Piktogramme).



23

## Kenntnisstand von Ärzten und Pflegepersonal

### Empirische Erhebung

- + **Theoretische Grundlage:** Integriertes Lern- und Handlungsmodell nach Martens & Rost (1998)
- + **Datenerhebung per Fragebogen:** weitgehend identisch für ärztliches und Pflegepersonal (Bearbeitungszeit: 10 Minuten)
- + **Dimensionen** (n Items): Motivation (8), Intention (4), Handlungen (6), Situative Barrieren (2), Routinen (4), Umweltbewusstsein (3), Soziodemographie (4), Kommunikation (1)
- + **teilnehmende Einrichtungen:** 3 allgemeine Krankenhäuser (KH) und 10 Altenpflegeeinrichtungen (AP)
- + **Pflegepersonal:** 151 Personen (75 aus KH, 76 aus AP); 1/3 weiblich, 2/3 männl.; Alter 22-62 ( $\bar{x}$ =41,4); beschäftigt  $\bar{x}$ =12,3 J.
- + **Ärztliches Personal:** 55 Personen (ausschließlich aus KH); (36,4% weiblich; 52,7% männlich), Alter 28-65 ( $\bar{x}$ =43,5); beschäftigt  $\bar{x}$ =11,0 Jahre

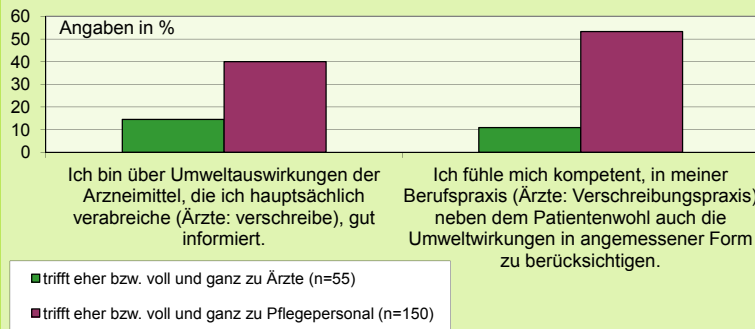


24

## Kennnisstand von Ärzten und Pflegepersonal

### Ergebnisse

- + **Kompetenzerwartung** von pflegendem und ärztlichem Personal weist **große Unterschiede** auf



- + **Informationsbedarf bzw. Fortbildungsbereitschaft** ist beim überwiegenden Teil der Befragten vorhanden
- + keine signifikanten Unterschiede zw. Teilpopulationen (KH – AP)



25

GEFÖRDERT VOM  

 Bundesministerium für Bildung und Forschung

Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf

## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

[www.sauberplus.de](http://www.sauberplus.de)

Förderkennzeichen: 02WRS1280A - J



26