

# Lösungsansätze aus der Wasserwirtschaft

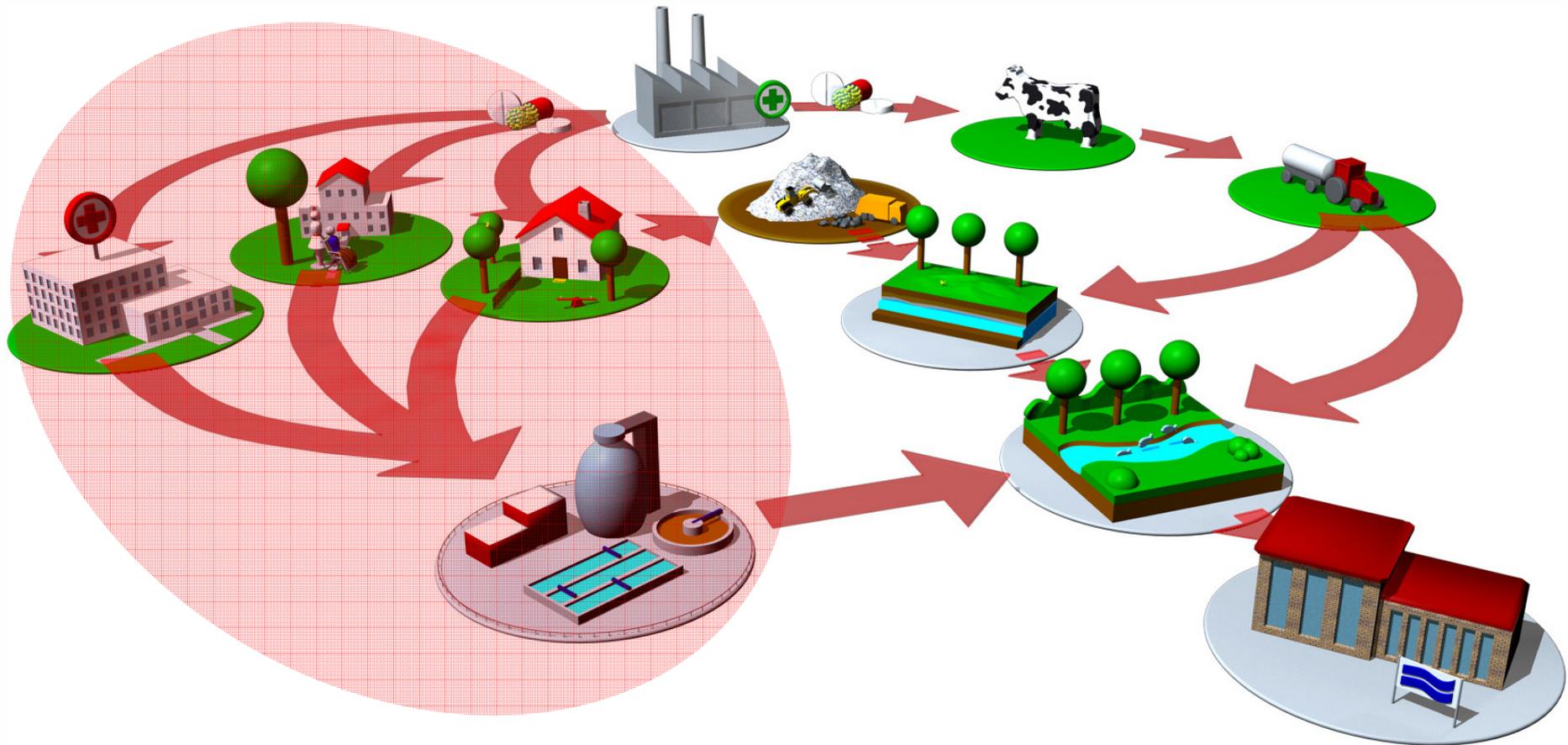
## Techniken und Instrumente zur Reduzierung des Eintrags von pharmazeutischen Rückständen

Dr.-Ing. Issa Nafo

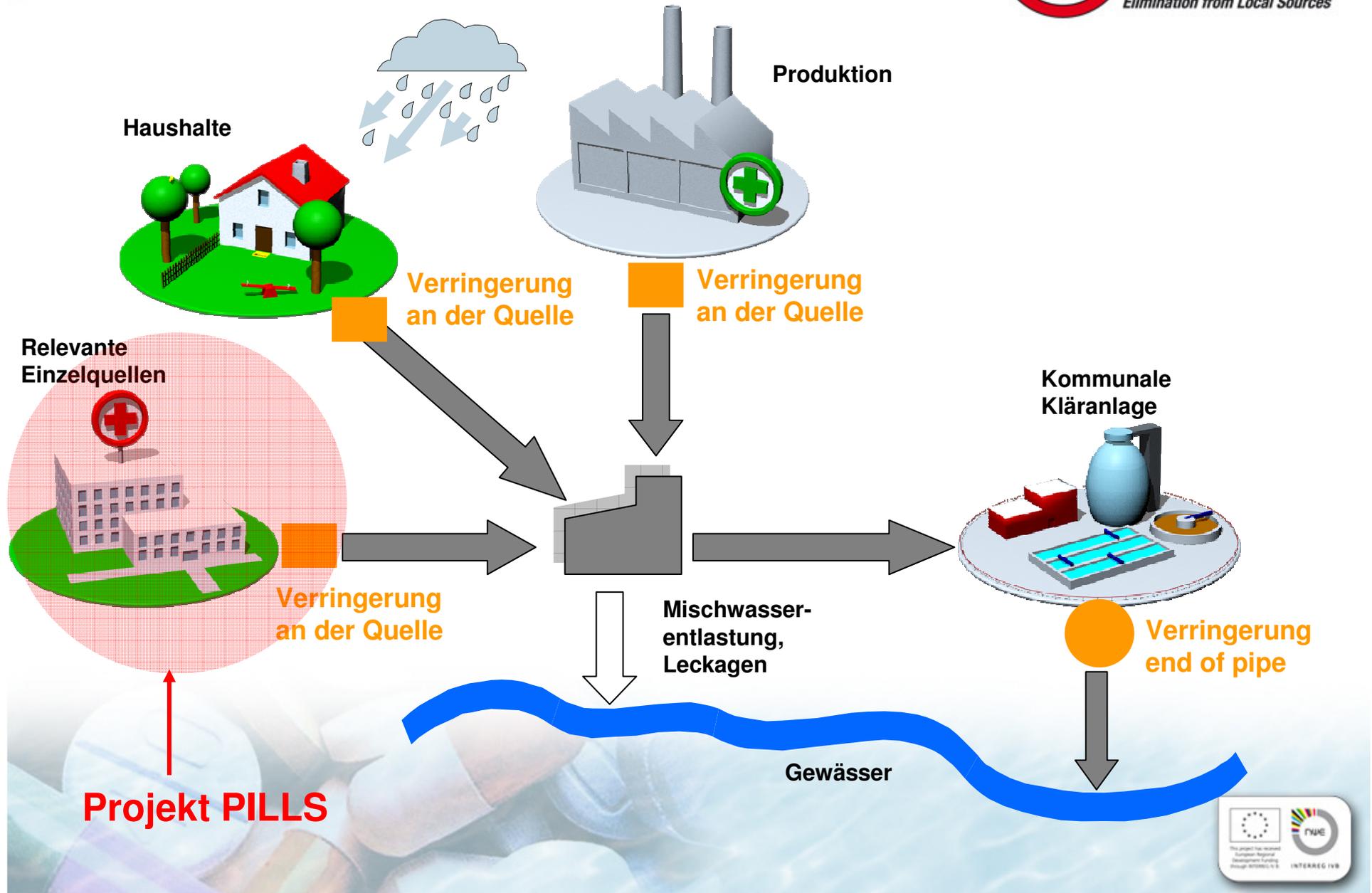
Symposium - Arzneimittel im Wasser, 06.11.2009



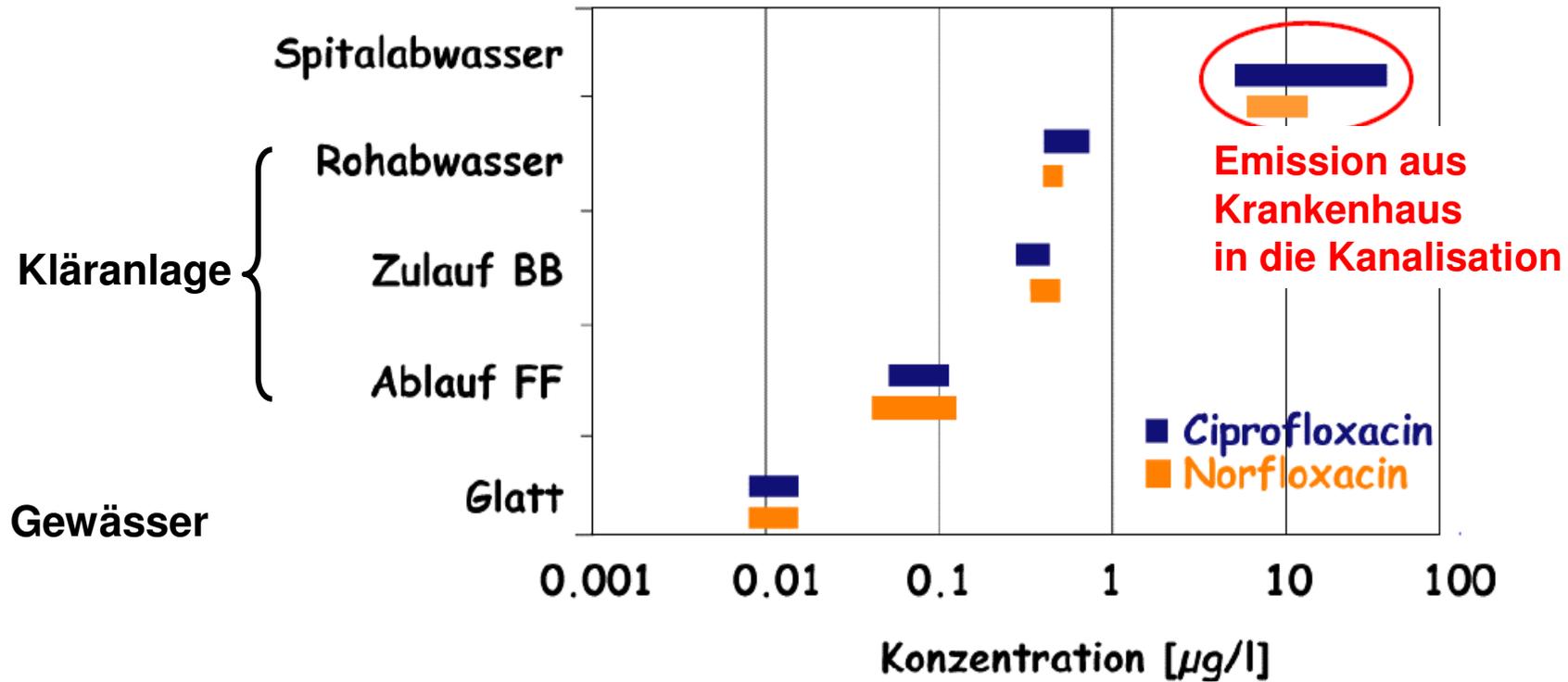
# Quellen und Pfade



# Wasserwirtschaftliche Maßnahmen



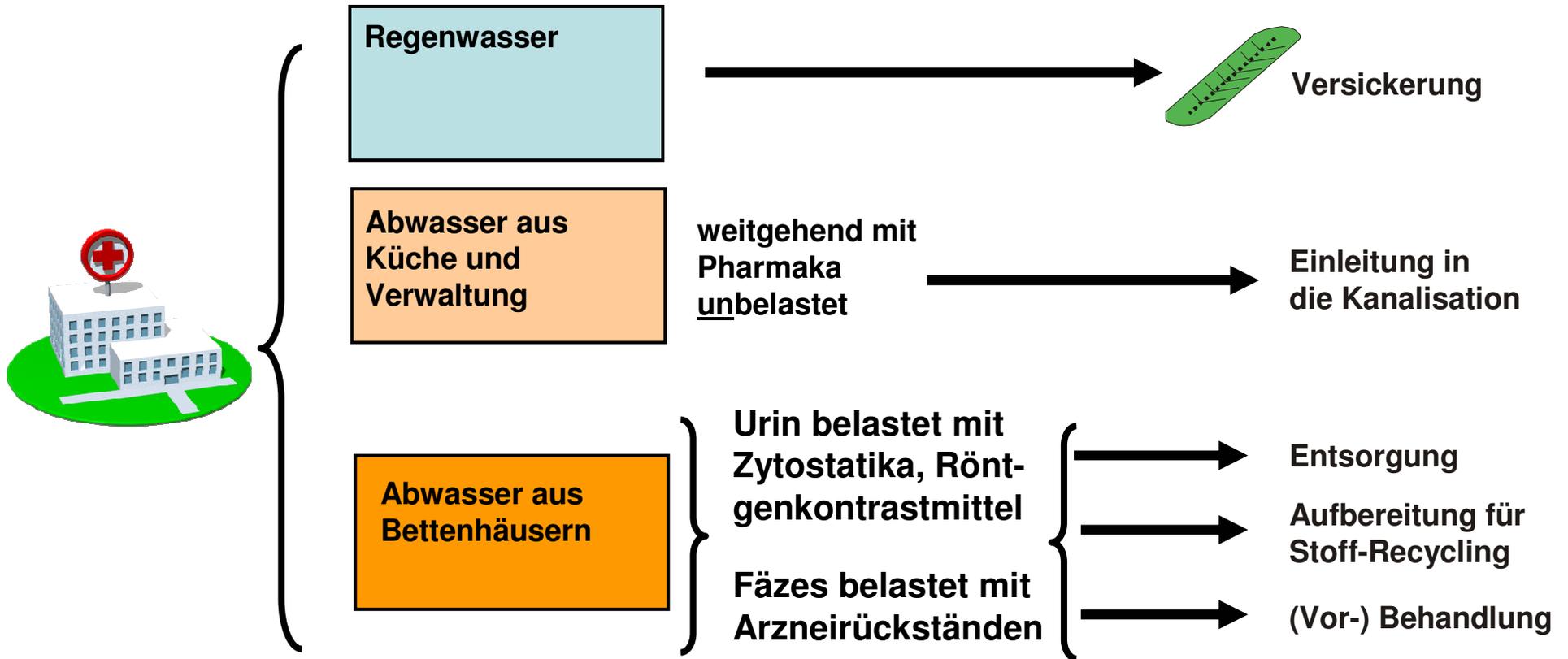
# Verringerung von Einträgen an der Quelle



g. n. Alder et al. (2006)  
aus Ternes, IKSR-WS, Bonn (2007)



# Verringerung von Einträgen an der Quelle

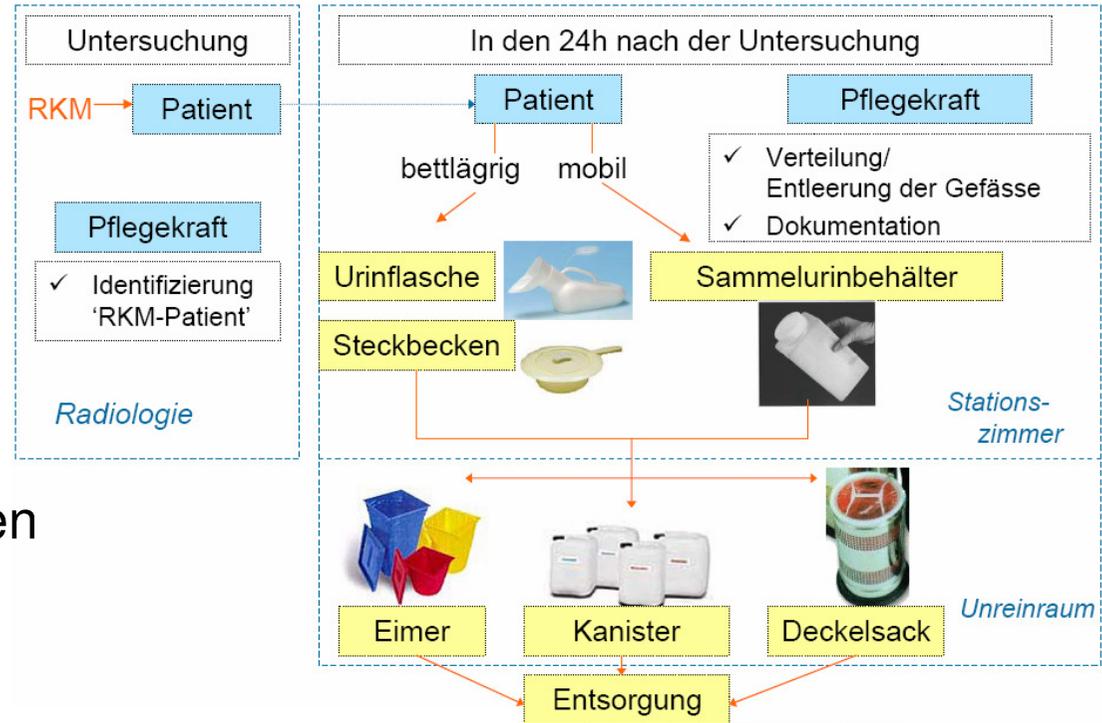


# Sammlung und Entsorgung an der Quelle



Beispiel Sammlung von Röntgenkontrastmitteln in Berlin

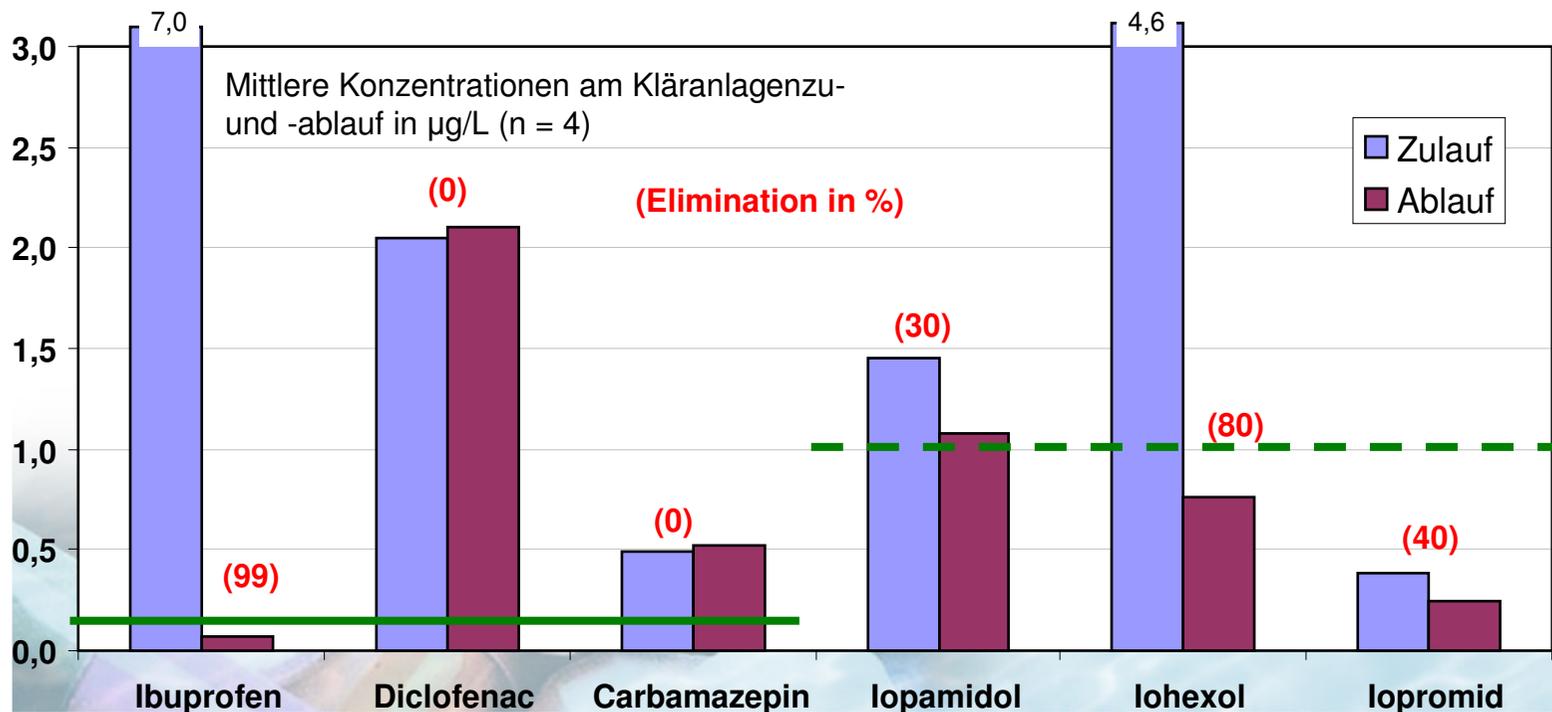
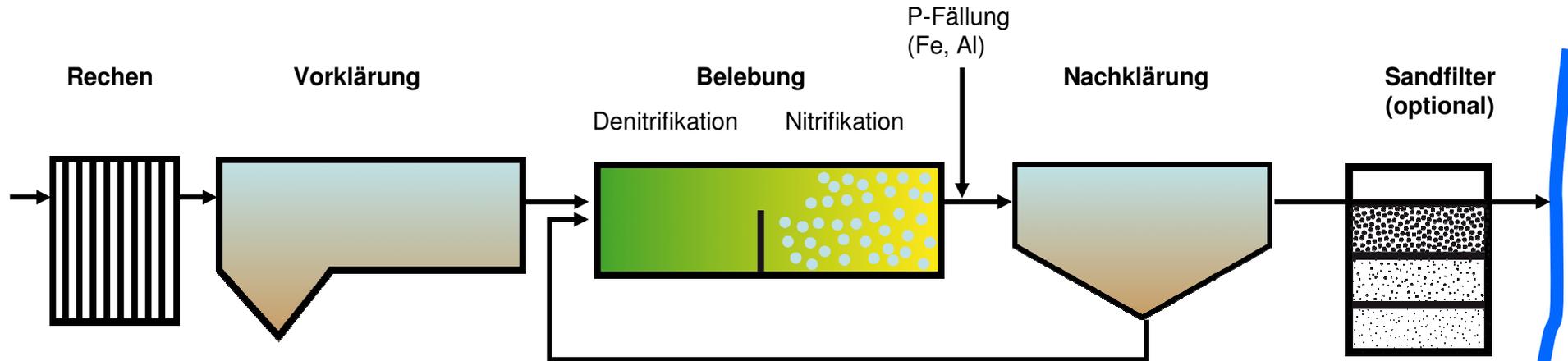
- Forschungsprojekt in 2 Berliner Krankenhäusern
- Befragung ergab hohe Akzeptanz bei Ärzten, Klinikpersonal und Patienten
- Kosten 6 bis 7 EUR/L Urin, davon > 80 % Personalkosten



Heinzmann et al., Berlin, 2006



# Abwasserbehandlung nach Stand der Technik



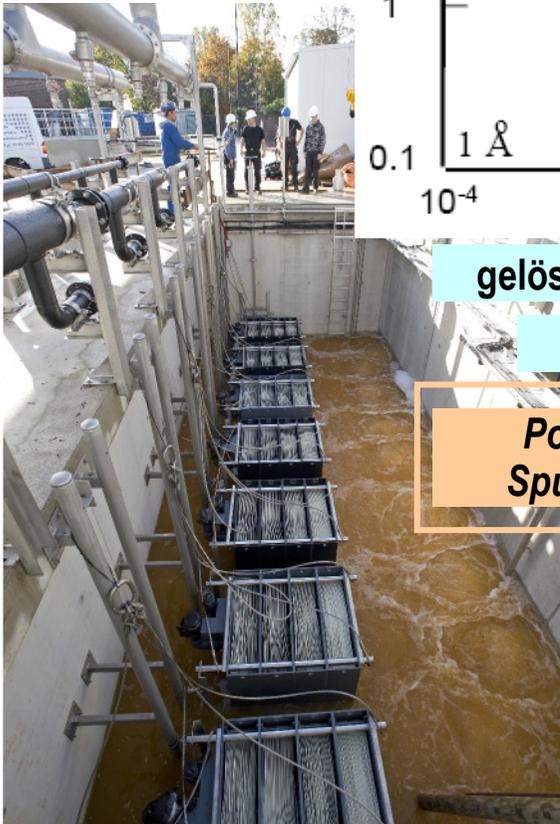
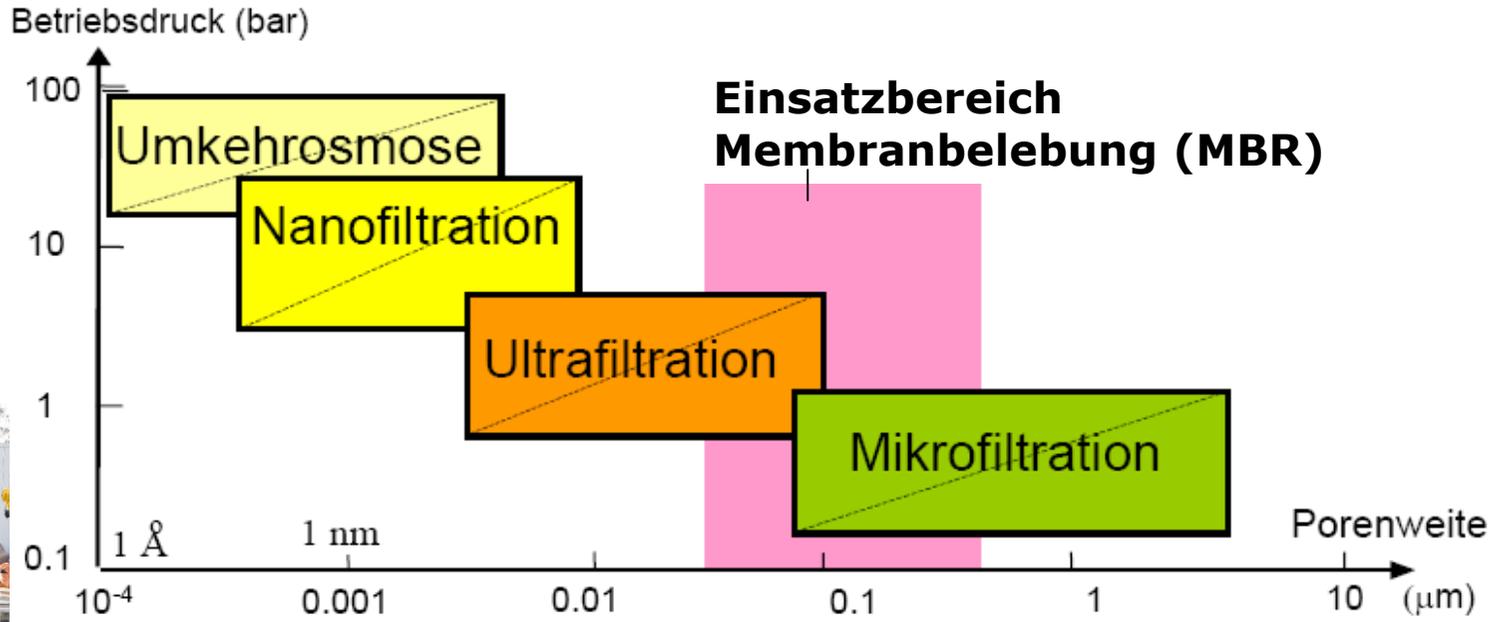
# Techniken für die Elimination von pharmazeutischen Rückständen



Membranfiltration	Oxidation	Adsorption an Aktivkohle
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Mikrofiltration</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Ozonierung (<math>O_3</math>)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Pulverkohleverfahren</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Ultrafiltration</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ UV-Bestrahlung (UV)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Bettfiltration</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Nanofiltration</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Wasserstoffperoxid (<math>H_2O_2</math>)</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Umkehrosmose</li></ul>		



# Membranfiltrationsverfahren



nach Joss et Siegrist, 2006



# Elimination mit MBR

Ergebnisse PILLS (CH), McArdell (2009)

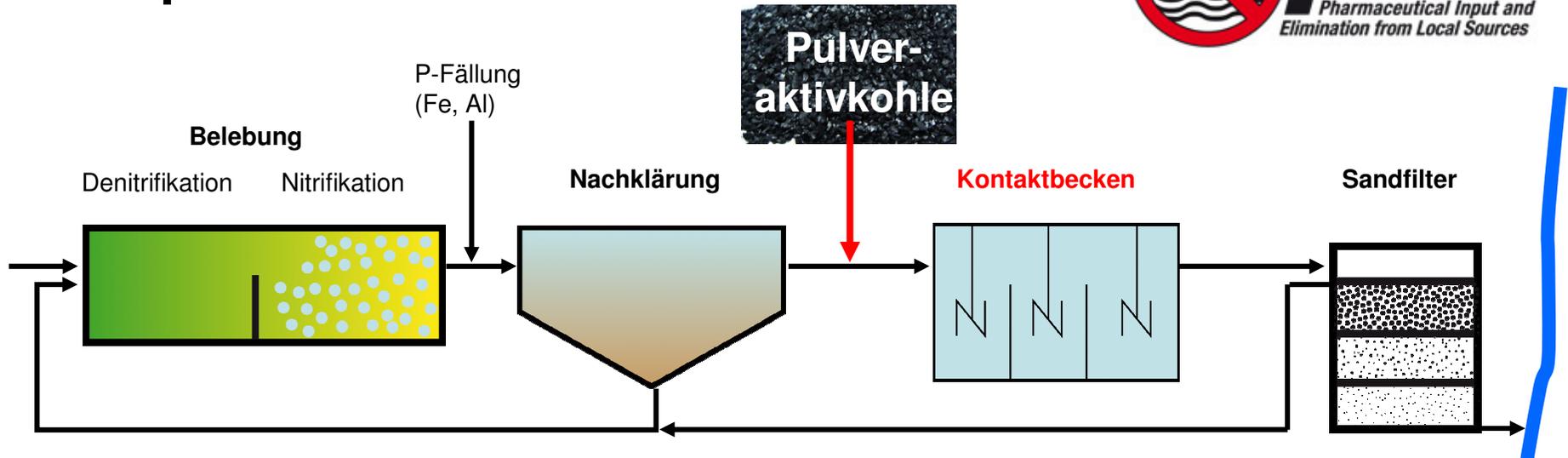


Elimination efficiency	compound
> 80%	Cilastatin, Levetiracetam, Mefenamic acid, N-Acetyl-Sulfamethoxazole, Paracetamol, Ritonavir, Valsartan, Metabolite Atenolol acid
50 - 80%	<i>4-Methylaminoantipyrin</i> (and its metabolites 4-Acetamidoantipyrin, 4-Aminoantipyrin, 4-Formylaminoantipyrin), <i>Atenolol</i> , Ciprofloxacin, Clarithromycin, Lidocain, <i>Morphine</i> , Norfloxacin, <i>Ranitidin</i> , <i>Trimethoprim</i> , Verapamil, Benzotriazole
20 - 50%	Gabapentin, lomeprol, Iopromide, Metoprolol, Metronidazole
< 20%	Carbamazepine, Clindamycin, Diatrizoate, Diclofenac, Fluconazol, Furosemid, Hydrochlorothiazid, Iopamidol, Ioxitalamic acid, Oxazepam, Phenanzone, Primidone, Propranolole, Sotalol, Sulfamethoxazole, Tramadol, Venlafaxin, D617 (metabolite of Verapamil), 5-Methylbenzotriazole

⇒ Restkonz. im Ablauf von 1 bis 1000 µg/L tlw. trotz Elimination > 50%



# Adsorption an Aktivkohle

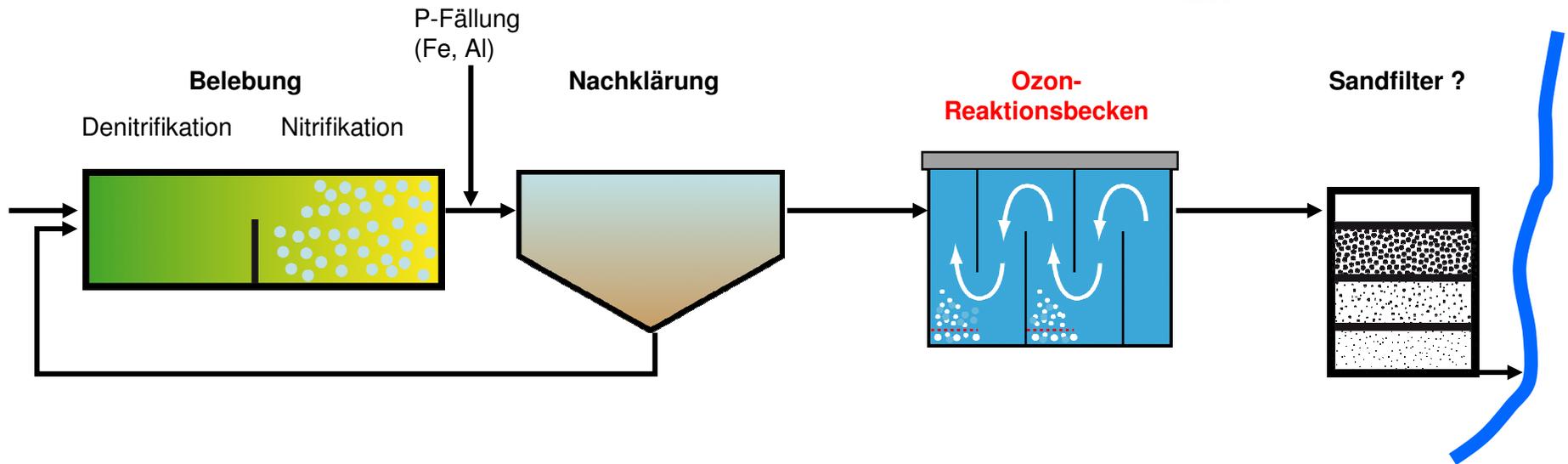


Elimination efficiency	compound
> 80%	Ciprofloxacin, Clarithromycin, Clindamycin, D617 (metabolite of Verapamil), Diclofenac, Fluconazol, Iopromide, Lidocaine, Metoprolol, Phenanzone, Ritonavir, Sotalol, Tramadol, Venlafaxin, Verapamil, Benzotriazole, 5-Methylbenzotriazole
50 - 80%	<i>Carbamazepine, Furosemid, Ifosfamid, lomeprol, Iopamidol, Mefenamic acid, Metronidazol, N4-Acetyl-Sulfamethoxazole, Norfloxacin, Oxazepam, Primidone, Propranolol, Ranitidin, Metabolites 4-Acetamidoantipyrin, 4-Aminoantipyrin, 4-Formylaminoantipyrin of 4-Methylaminoantipyrin</i>
20 - 50%	<i>Atenolol acid, Gabapentin, Hydrochlorothiazid, Ioxitalamic acid, Levetiracetam, Morphine, Valsartan</i>
< 20%	Diatrizoate, Sulfadiazine, Sulfamethoxazole

Ergebnisse PILLS (CH), McArdell (2009)



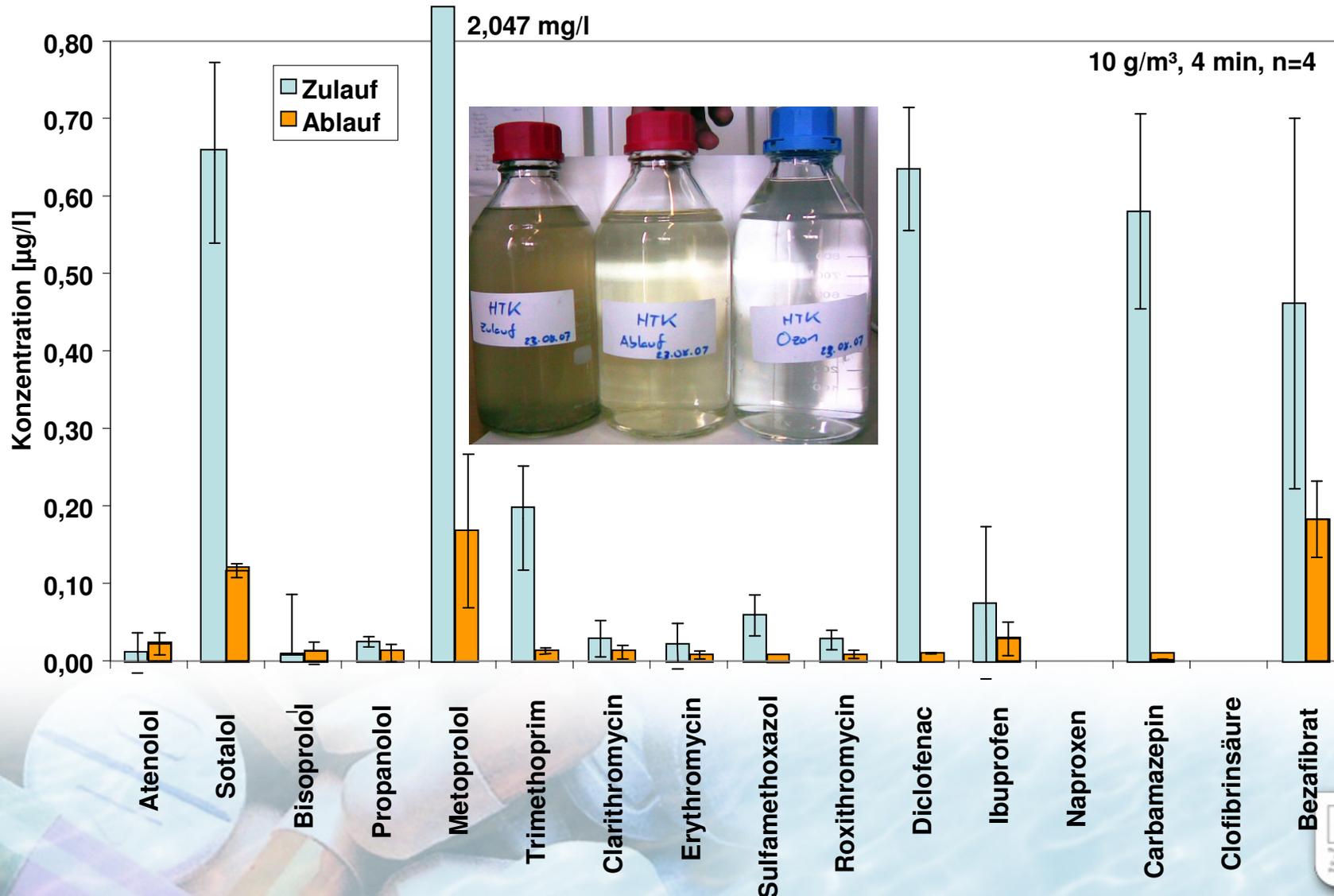
# Ozonierung



# Ozonierung



Ergebnisse Halbtechnische Untersuchungen (Emschergenossenschaft, 2009)



# Ozonierung – Gefährliche Transformationsprodukte?



## Ergebnisse in EU-Projekt NEPTUNE (Siegrist, 2009)

- Ozonierung reduziert die Ökotoxizität und hygienisiert
- Embryonentest mit Forellen zeigte Entwicklungsverzögerungen nach Ozonierung an, die nach Sandfiltration nicht mehr auftreten
- Bildung von Nebenprodukten (Nitrosaminen (NDMA) und assimilierbaren organischen Kohlenstoffen), die über Sandfiltration eliminiert werden

## Ergebnisse Projekt Krankenhaus Waldbröl (Beier et al., 2009)

- Ozonierung und Behandlung mit Aktivkohle erzielen hohe bis vollständige Eliminierung von mutagenen Potentialen
- Ozonierung und Behandlung mit Aktivkohle führen zur Reduktion der endokrinen Aktivität
- keine Hinweise auf Bildung von Transformationsprodukten mit ökotoxikologischer Wirkung



## Zwischenfazit



- Umkehrosmose und Nanofiltration sind **nicht wirtschaftlich** für die Abwasserbehandlung
- Mikro- und Ultrafiltration (als MBR) sind **nicht ausreichend** für eine effiziente Elimination der breiten Palette pharmazeutischer Rückstände, aber gute Vorbehandlung für die Ozonierung bzw. die Adsorption an Aktivkohle
- **Hohe Eliminationsleistungen** mit Ozon und Aktivkohle
- **Einsatz eines einzelnen** Behandlungsverfahren **teilweise nicht ausreichend** zur Einhaltung vorgeschlagener Zielwerte (hohe Restkonzentrationen einzelner Substanzen im gereinigtem Ablauf)

# PILLS-Kläranlage

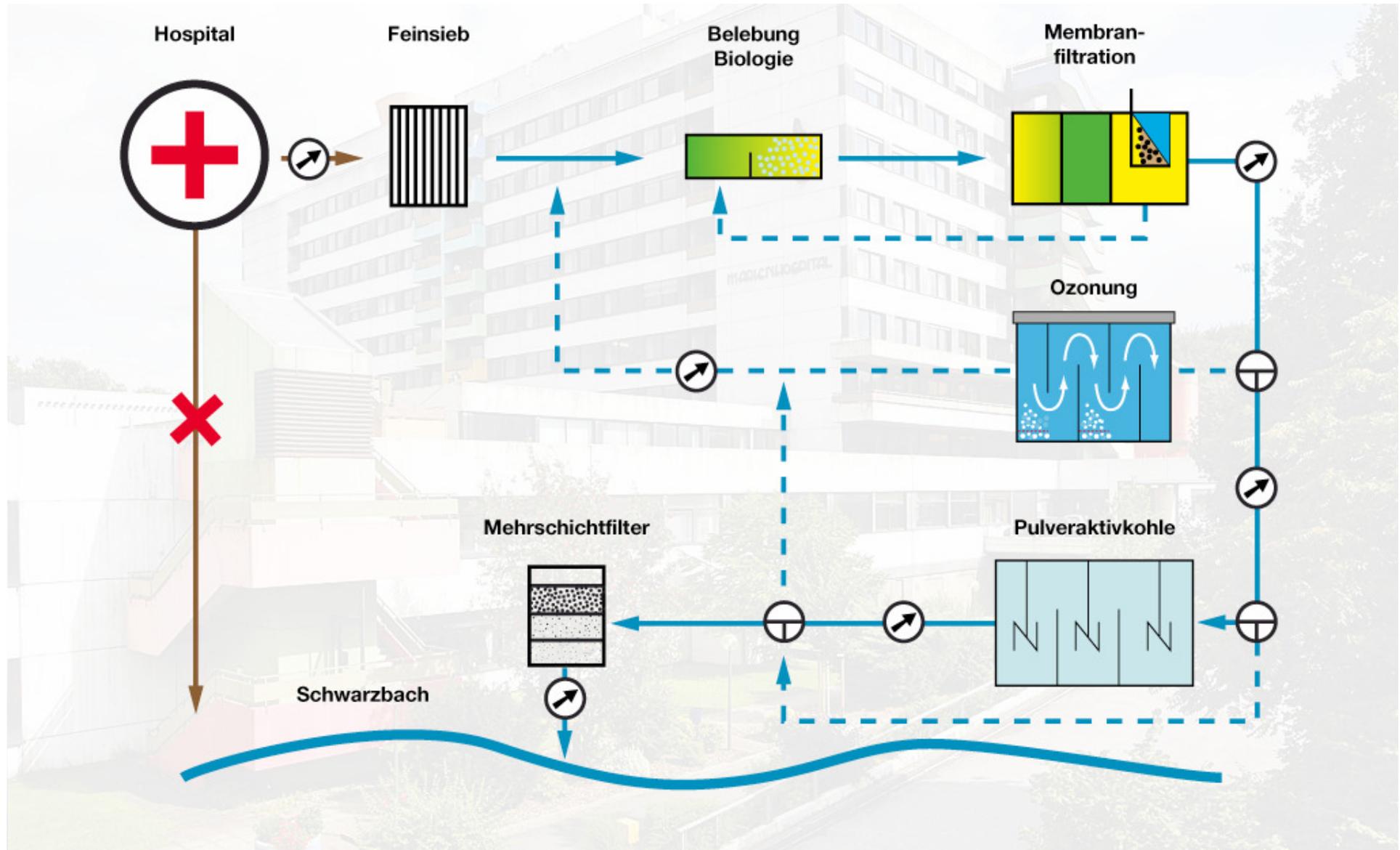


## Marienhospital Gelsenkirchen

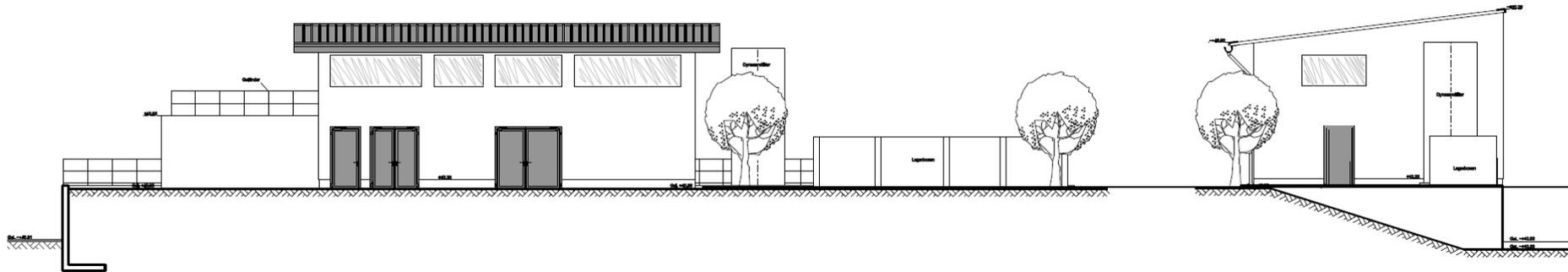
- 560 Betten
- 75.000 Patienten im Jahr
- 1.200 Mitarbeiter
- 60.000 m<sup>3</sup> im Jahr



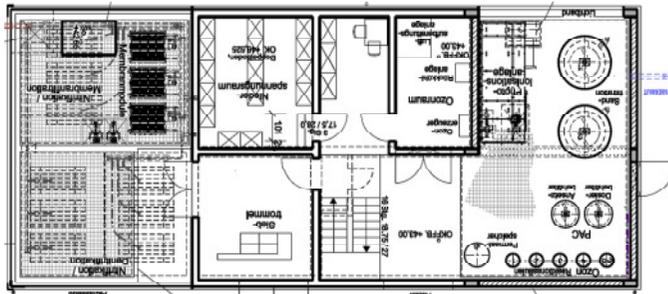
# PILLS-Kläranlage Marienhospital Gelsenkirchen



# PILLS-Kläranlage Marienhospital Gelsenkirchen



## GRUNDRISS EG



### Hohe Anforderungen

- Lärmschutz
- Abluftbehandlung

### Bemessungseckdaten

- Größenklasse 2
- Mittlerer Zufluss 200 m<sup>3</sup>/d
- BSB<sub>5</sub>-Belastung 3.100 EW
- Stickstoffbelastung 1.600 EW

### Anlageneckdaten

- Grundfläche 250 m<sup>2</sup>
- Membranfläche 1200 m<sup>2</sup>
- Volumen Belebungsbecken 270 m<sup>3</sup>

# PILLS-Kläranlage Marienhospital Gelsenkirchen



Fotomontage!



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



## Die PILLS – Mannschaft bei der Emschergenossenschaft

Kooperationspartner:  
Marienhospital Gelsenkirchen  
St. Elisabeth-Hospital Herten  
Elisabeth Krankenhaus Recklinghausen

