

Semizentrale Ver- und Entsorgungssysteme



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Integrierte Lösungen für
innerstädtische Grauwasserwiederverwendung



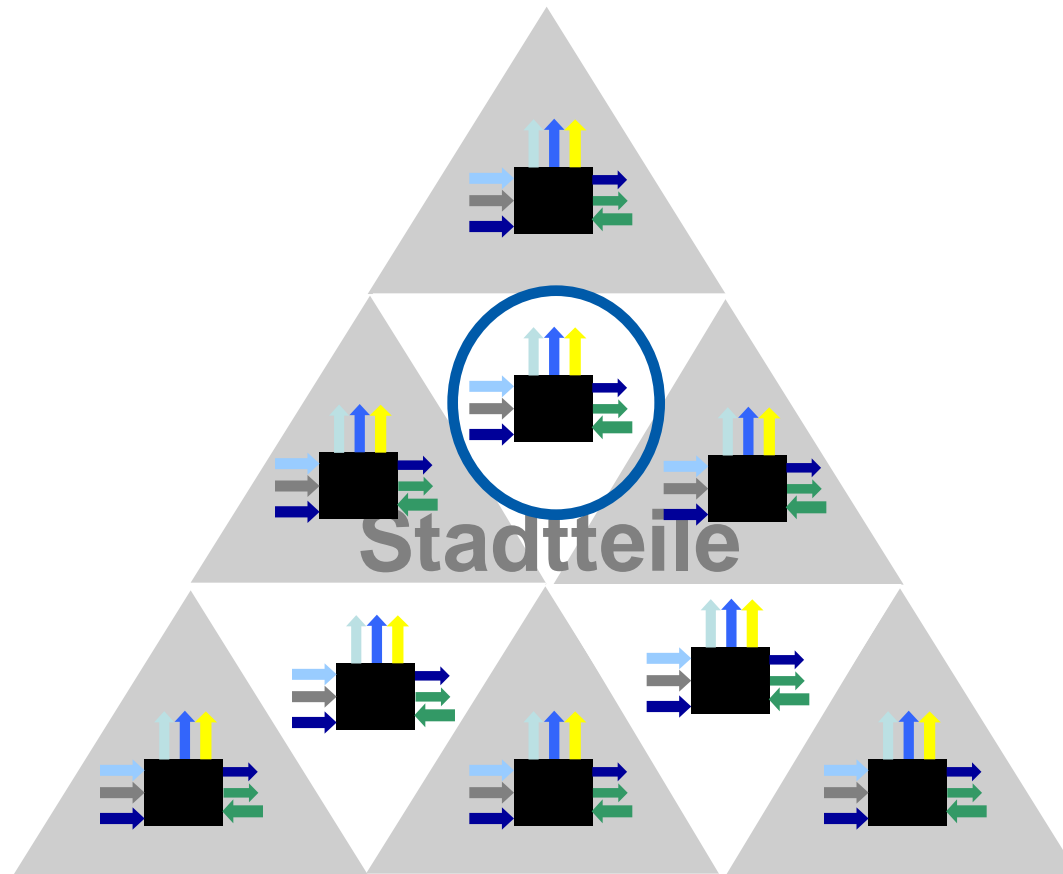
Technische Universität Darmstadt, Institut **IWAR**

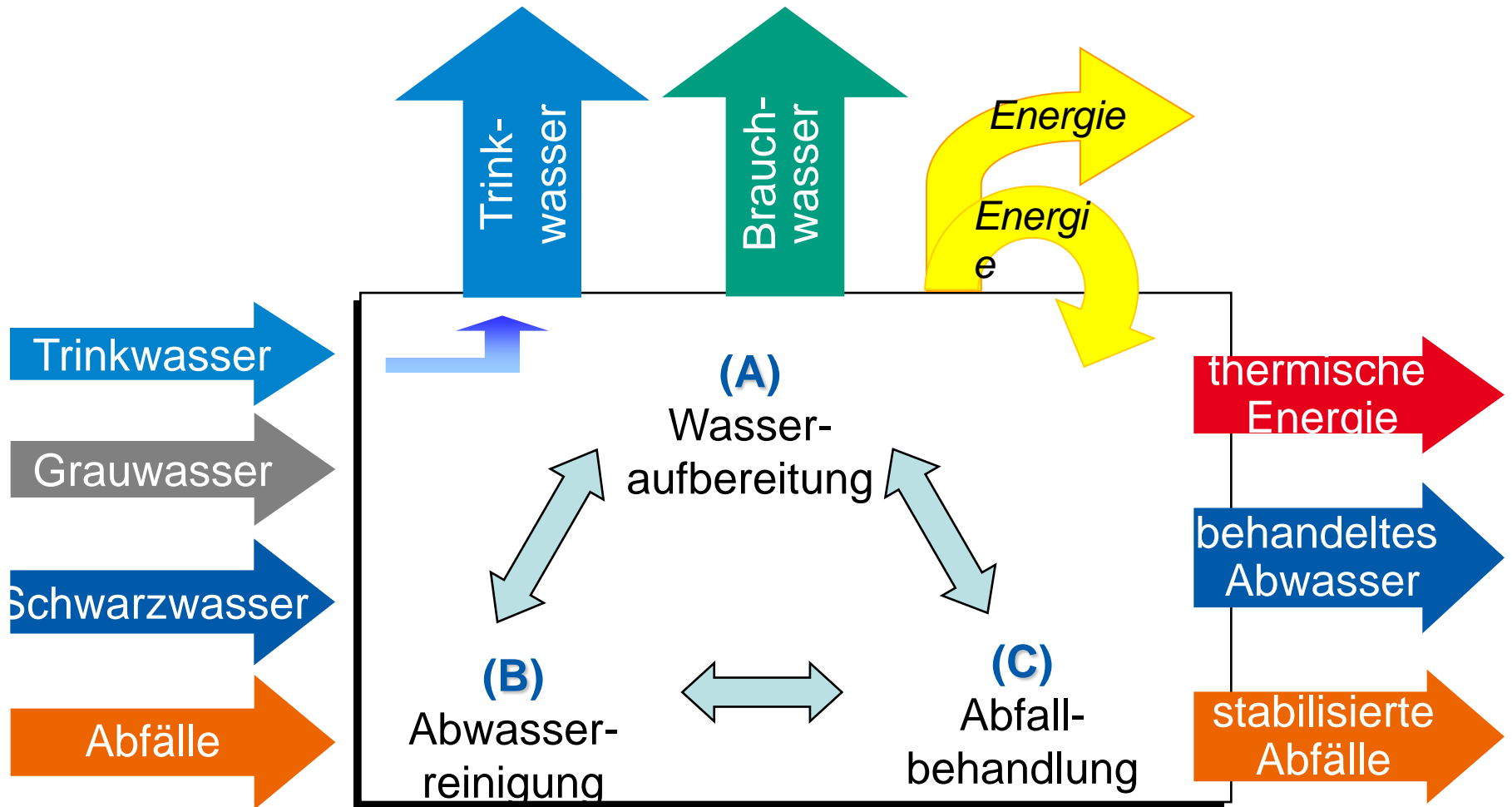
Prof. Dr.-Ing. Peter Cornel
Dr.-Ing. Susanne Bieker

Der Semizentral Ansatz – integrierte Behandlung auf Quartiersebene



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT





Semizentral – was ist anders?



Eine Frage der Größe

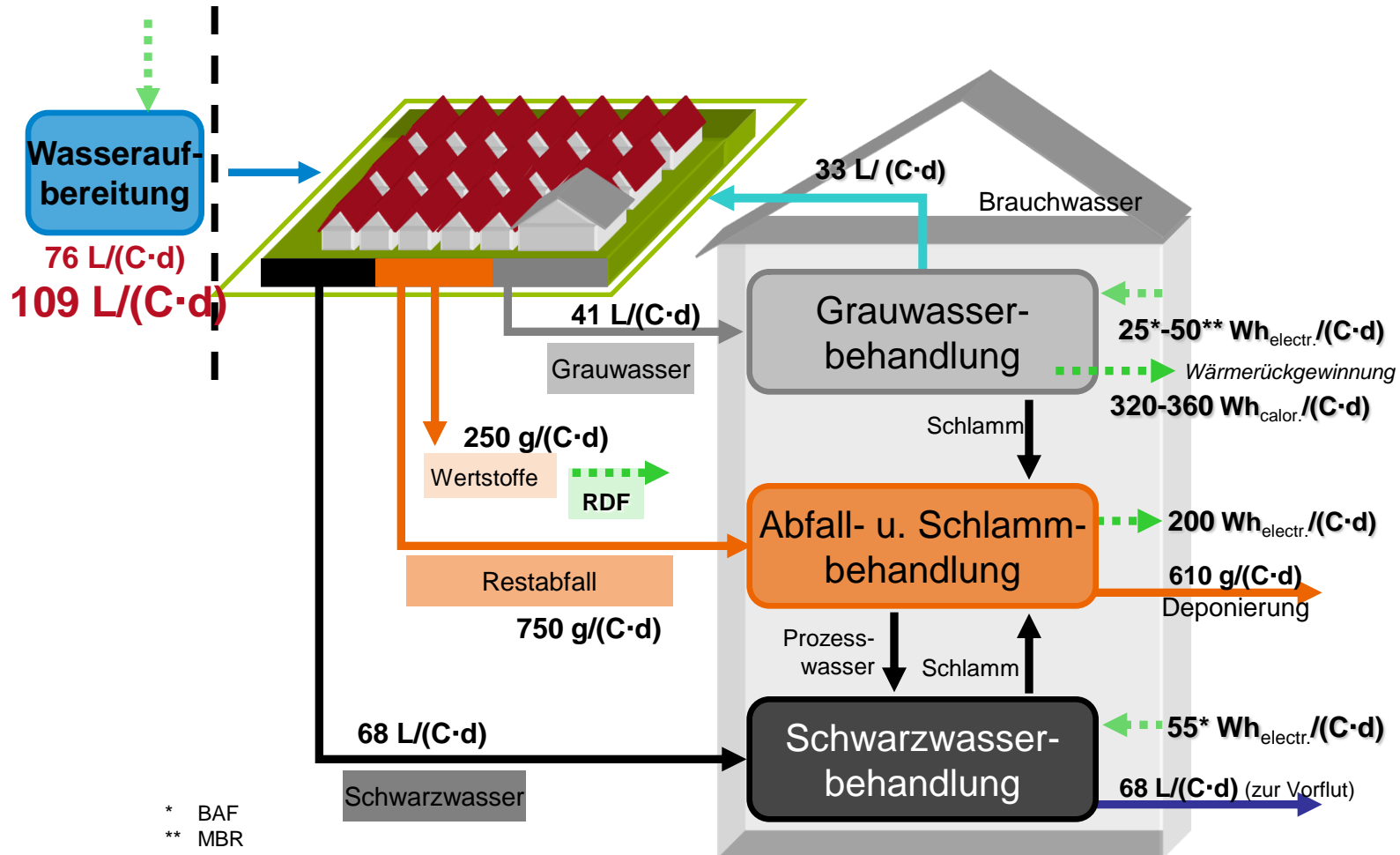
- **Wasserwiederverwendung** erfordert kleine(re) kompakte Systeme
 - Minimierung der Investitionskosten für Leitungen und Kanäle
 - Minimierung des Energieaufwandes für Aufbereitung und Transport
 - Minimierung von Wasserverlusten
- **Wärmerückgewinnung** nahe am Warmwasseranfall
 - beispw. Nutzung des thermischen Energiepotenzials im Grauwasser (aus Duschabläufen, Waschmaschinen, ...)
- Hohe Qualitätsanforderungen und **professioneller Betrieb** erfordern **Mindestgrößen** (Nutzung von Skaleneffekten)
 - Die “Schnittmenge” der Anforderungen führt zu **semizentralen Größenordnungen** (“so klein wie möglich, so groß wie nötig”)



Eine Frage der **Integration**

- **energieautarker Betrieb** erfordert integrierte (anaerobe) Behandlung von biologischen Abfällen (gemeinsam mit Klärschlamm)
 - **Flexibilität** erfordert Modularität in Technik und Größeneinheiten
 - **angepasste Lösungen** erfordern ganzheitliche Ansätze
Berücksichtigung juristischer, organisatorischer und technischer Bedingungen sowie Nutzerinteressen und wirtschaftlichen Erfordernisse
- ➔ **Zusammenführung der Erfordernisse führt zu integrierten Ansätzen, die**
- **Räumliche Planung und Fachplanungen** ebenso zusammenführt wie
 - **die verschiedenen Fachplanungsebenen**
(Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Abfallbehandlung)

Der Semizentral Ansatz



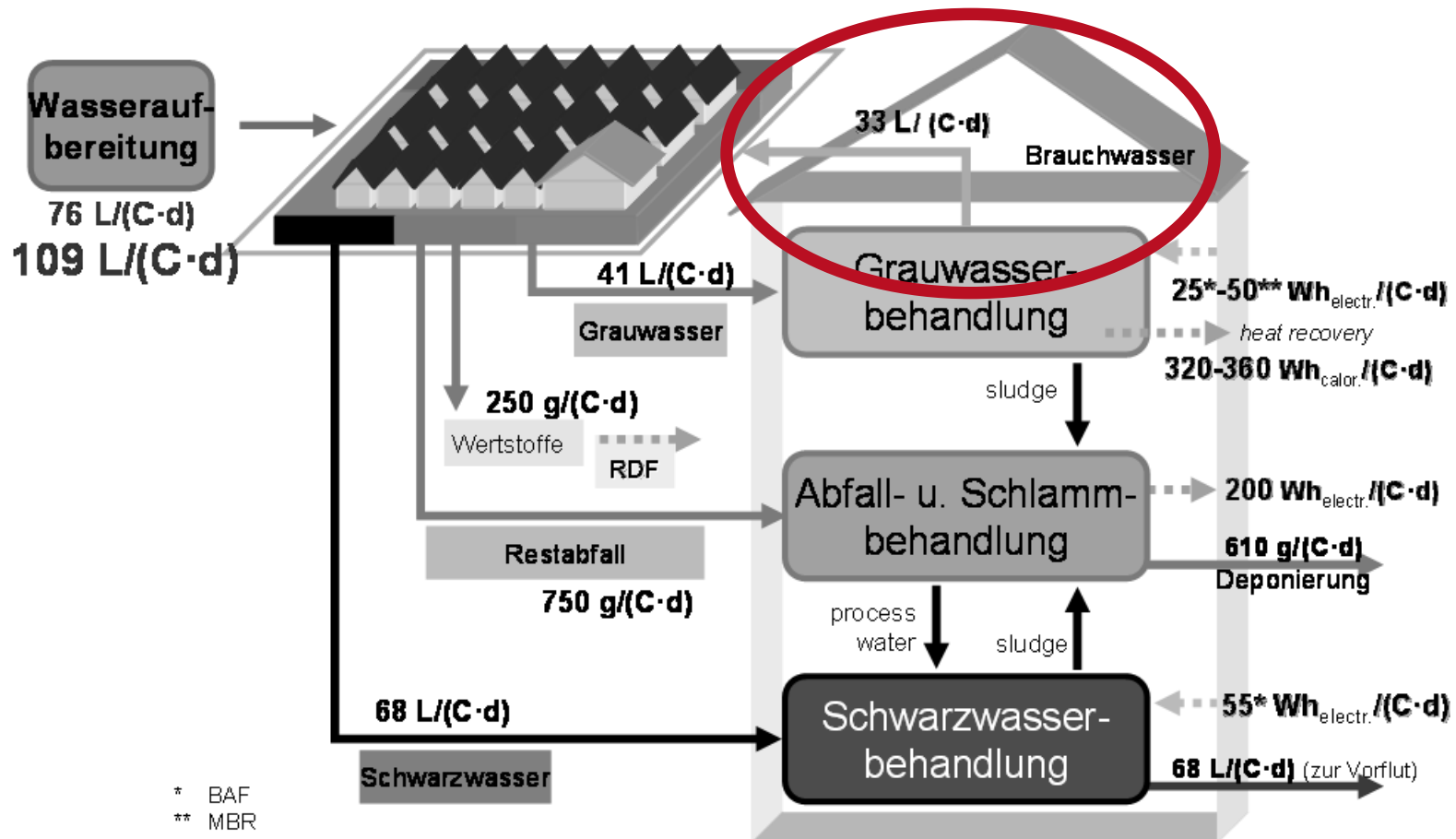


- **Einsetzbarkeit** von semizentralen Ver- und Entsorgungssystemen
 - entwickelt für den Neubau in schnell wachsenden urbanen Räumen
 - ebenso einsetzbar in Bereichen, in denen Bestand und Neubau kombiniert werden (Beispiel Hanoi) und
 - für die Nachrüstung in Sanierungsgebieten

- **Der integrierter semizentraler Infrastrukturansatz**
 - ermöglicht eine **Wassereinsparung von 30%** und mehr
 - Ist technisch mit verschiedenen Verfahren realisierbar
 - ermöglicht **energieautarken Betrieb**
 - ermöglicht **Wärmerückgewinnung aus Grauwasser**

Innerstädtische Wasserwiederverwendung

- nicht nur eine Frage des Ressourcenschutzes...

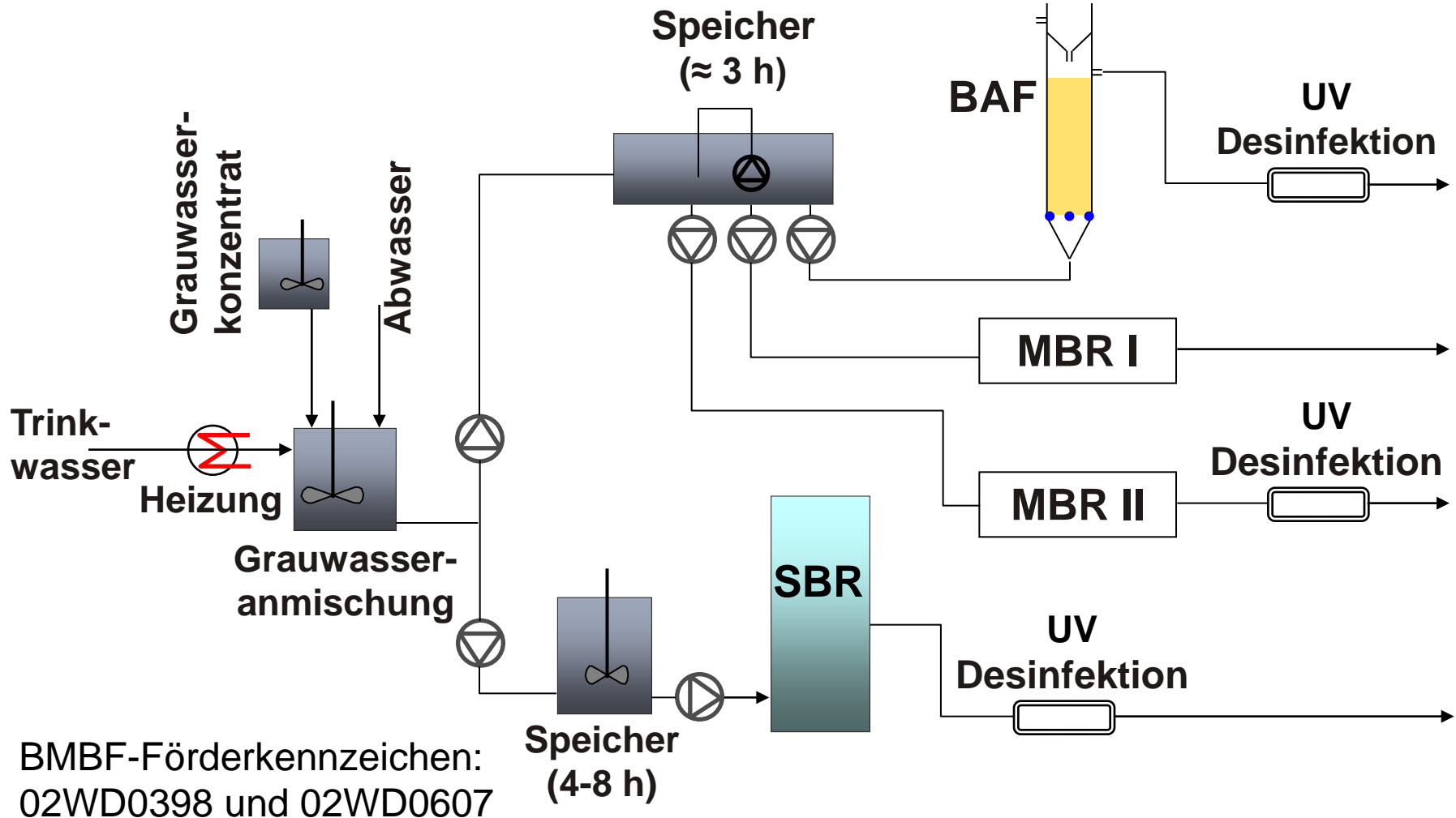


Grauwasseraufbereitung

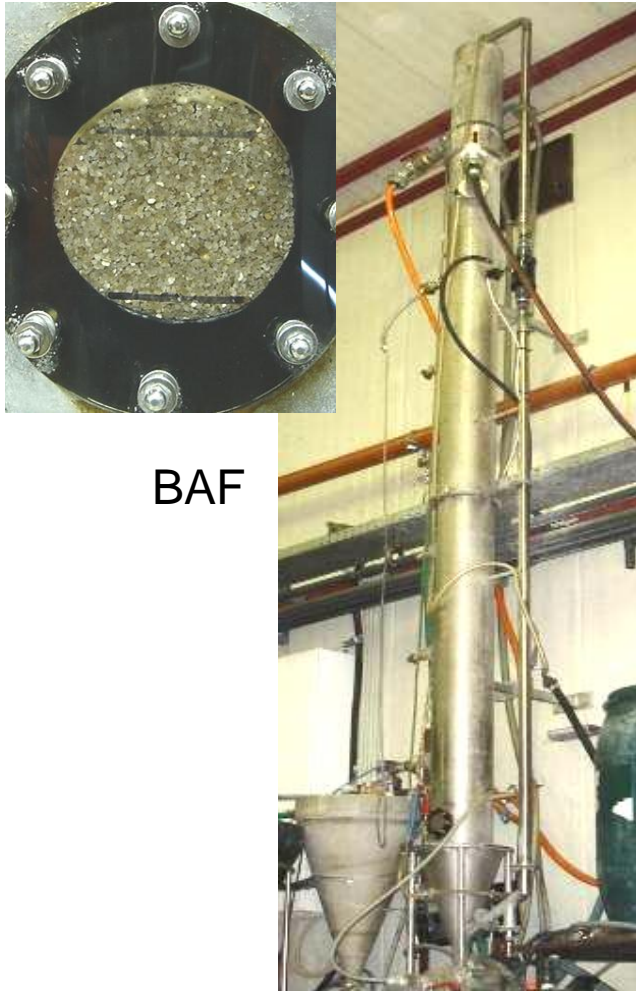
– ein Verfahrenvergleich

- Anforderungen
 - verlässlich und robust
 - modular einsetz- und erweiterbar
 - geringer Flächenbedarf
 - geringe Emissionswerte (Lärm, Geruch, Aerosole)
- Untersuchte biologische Grauwasserbehandlungsverfahren
 - Biofilter (biological aerated filter)
 - MBR (membrane bioreactor)
 - SBR (sequential batch reactor)
- Im Rahmen der vom BMBF geförderten Projekte “Semizentrale Ver- und Entsorgungssysteme für urbane Räume Chinas”
Förderkennzeichen 02WD0398& 02WD0607

Verfahren zur innerstädtischen Grauwasserreinigung



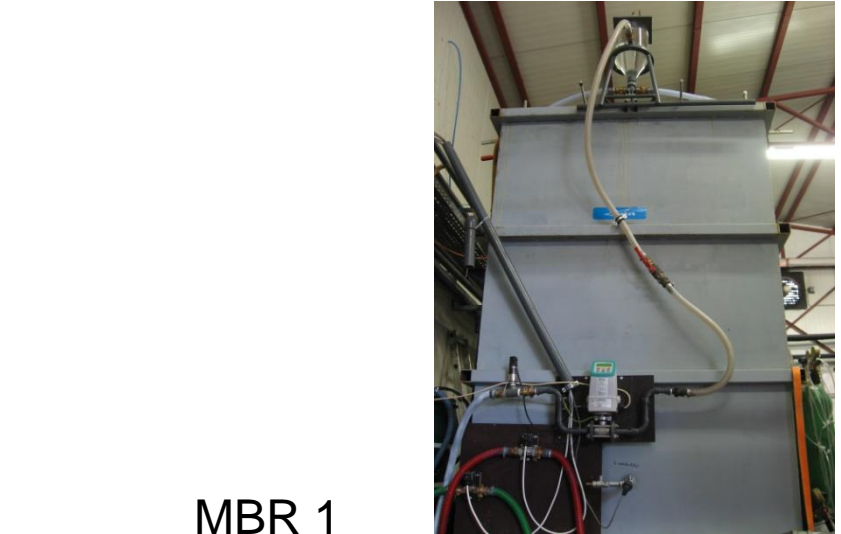
Pilotanlage— BAF, SBR, MBR



BAF



SBR



MBR 1



MBR 2

Ergebnisse der halb-technischen Versuche

- **BAF, MBR und SBR sind grundsätzlich geeignet** das anfallende Grauwasser entsprechend der Chinesischen Standards zur innerstädtischen Wasserwiederverwendung zu behandeln

Parameter	BSB ₅	anionische Tenside	coliforme Bakterien	Trübung
	[mg/L]	[mg/L]	[Anzahl/L]	[NTU]
Zulauf	150	65	10 ⁴	80
Anforderungen chin. Standard	<10	<1	<3	<5
BAF	~ 4	~ 0.8	< 3 nach UV Desinfektion	< 5 bei CSB Fracht < 8 kgCOD/(m ³ ·d) > 5 bei CSB Fracht > 8 kgCOD/(m ³ ·d)
MBR	< 3	< 0.5	< 3 ohne Desinfektion	< 1
SBR	~ 5	~ 0.6	< 3 nach UV Desinfektion	30 < 5 (mit Polymerzusatz)

Ergebnisse: Auslegungs- und Betriebsparameter - 1

		BAF	MBR ¹⁾	SBR
Raumbelastung	kg CSB/(m ³ ·d)	<7	0.6	0.85
erforderliches Reaktorvolumen (netto)	L/C	4.1	9.8	18
Fußabdruck (ohne Aggregate, netto)	m ² /1.000 C	0.8	1.6	3.3
Minimale Anzahl an Reaktoren	-	3	2	3
erforderliches Volumen für zusätzlichen Komponenten	L/C	3.9 ²⁾	2.5 ³⁾	8 ²⁾
Gesamtvolumen	L/(C·d)	8	12.3	26
Energiebedarf	kWh/m ³	0.14	0.5–0.7	0.3 mit Injektor 0.1 mit feinblasiger Belüftung

¹⁾Schlammalter ca. 30 d; ²⁾Zulaufspeicher; ³⁾Ablaufspeicher (wenn nicht im Reaktor integriert)

Ergebnisse: Auslegungs- und Betriebsparameter - 2

		BAF	MBR	SBR
TS-Gehalt	g/L	---	10–12	3–4
Schlammalter	d	---	30	3–4
spez. Sauerstoffbedarf	kg O ₂ /kg BSB ₅	0.6	1	1
Spez. Schlammproduktion	kg TS/kg BSB ₅	0.6	0.6	0.8
Spülwasser + Überschussschlamm	vol.-%	16	5	7
Belüftungssystem		grob- blasig	fein- blasig	Injektor o. feinblasig
Chemikalien		keine	Säure & Hypochlorid¹⁾	Polymer ²⁾
Qualifikation des Betriebspersonals		moderat / hoch	hoch	moderat

1) Für Membranreinigung 2) Für Reduzierung der Trübung im Ablauf

Zusammenfassung der Ergebnisse



▪ **BAF: kompakt und energieeffizient**

- + geringster Energiebedarf
- + geringster Flächenbedarf
- + kein Bedarf an chemischen Zusätzen

▪ **MBR: beste Ablaufqualität**

- + beste Ablaufqualität
- höchster Energiebedarf (crossflow)
- Membranreinigung erfordert Chemikalieneinsatz

▪ **SBR: robust und einfach zu betreiben**

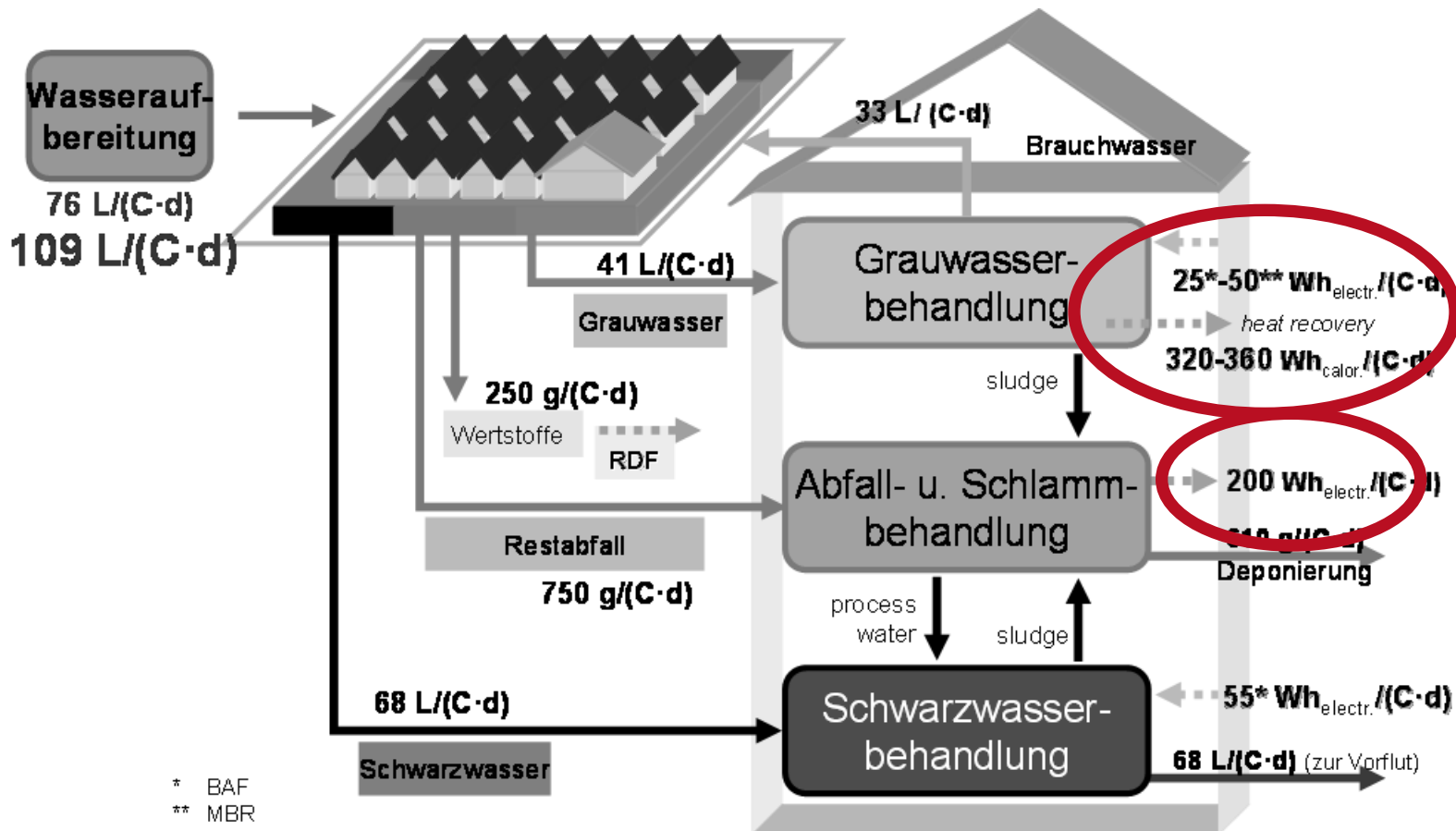
- + Erprobtes Verfahren mit geringem Anspruch an Betrieb (Ausbildung des Betriebspersonals)
- höchster Flächenbedarf
- Zusatz von Polymeren erforderlich

Energie- und Wärmerückgewinnung

- nicht nur eine Frage des Ressourcenschutzes



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



▪ Potentielle Energie

- direkt zur Höhe proportional (Vernachlässigung von Reibungsverlusten)
- bei Wasserverbrauch von 130 L/(E·d), 50 m Höhe:

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h = 130 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 50 \text{ m} = \mathbf{0,0177 \text{ kWh/(E·d)}}$$

▪ Wärmeenergie

- aus Warmwassererzeugung, überwiegend Grauwasser
- Bei einer Grauwassermenge von z. B. 1,16 m³/E, ΔT von 15°C

$$E_{\text{therm}} = c_p \cdot \Delta T \cdot m = 15 \text{ K} \cdot 1,16 \text{ m}^3 \cdot 40 \text{ L} = \mathbf{0,7 \text{ kWh/(E·d)}}$$

▪ Chemisch gebundene Energie

- Aus dem des CSB gebundene organische Inhaltsstoffen
- tägliche CSB-Menge: 110-120 g/Einwohner
- 0,35 m³ Methan pro kg CSB → 3,49 kWh/kg CSB (Heizwert Methan: 9,97 kWh/m³)

$$E_{\text{chem}} = 3,49 \text{ kWh/kg CSB} \cdot 0,12 \text{ kg CSB/(E·d)} = \mathbf{0,42 \text{ kWh/(E·d)}}$$

!! Energieinhalt ≠ Rückgewinnungspotential !!

Wärmerückgewinnung aus Warmwasser

- Die Warmwassererzeugung ist mit ca. 21 kWh/m³ nach der Heizung größter Energieverbraucher im Haushalt.
 - 17 % des Stromverbrauchs
 - 14 % des Erdgasverbrauchs (BDEW 2008)
- Die Wärme geht i.d.R. mit dem Abwasser ungenutzt verloren

Alternative:

Wärmerückgewinnung aus Dusche, Bad und Waschmaschine mittels Wärmetauscher

Rückgewinnungspotential > 50%

Quelle: *Pontos AquaCycle* von HansGrohe



Innerstädtische Einsatzmöglichkeiten von Brauchwasser



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT





- Neue Herausforderungen bedingen **ressourcenoptimierte Infrastruktursysteme**
- **Dynamiken** in der Stadt- und Siedlungsentwicklung sind derzeit einzigartig schnell.
 - ↳ neue Anforderungen in punkto Flexibilität und Anpassungsfähigkeit an sich verändernde Rahmenbedingungen
- **Integrierte semizentrale Ver- und Entsorgungssysteme bieten eine erhöhte Ressourceneffizienz**
 - Wassereinsparungen von 30% und (deutlich) mehr
 - energieautarken Betrieb (integrierter Ver- und Entsorgungszentrum)
 - Potenziale zur Wärmerückgewinnung

Semizentrale Ver- und Entsorgungssysteme

Integrierte Lösungen für
innerstädtische Grauwasserwiederverwendung



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



SEMIZENTRAL
GERMANY

Technische Universität Darmstadt, Institut **IWAR**

Prof. Dr.-Ing. Peter Cornel
Dr.-Ing. Susanne Bieker

BMBF-Förderkennzeichen:
02WD0398 und 02WD0607