Münchner Stadtentwässerung

Die Abwasserentsorgung der Stadt München –

vom Schwemmkanal zur Abwasserdesinfektion

Dr.-Ing. Bernhard Böhm

Münchner Stadtentwässerung, Klärwerksbau

Gliederung

- Einführung
- Historische Entwicklung
  - Schwemmkanalisation
  - Anfänge der Abwasserreinigung
- Ausbau der Klärwerke
  - Entwicklung der Reinigungsstufen
- Baden in der Isar
  - Abwasserdesinfektion
  - Sonderprogramm Isar-Loisach-Würm
  - Desinfektionsanlage Klärwerk München II
  - Baden in der Isar

Gliederung

- Einführung
- Historische Entwicklung
  - Schwemmkanalisation
  - Anfänge der Abwasserreinigung
- Ausbau der Klärwerke
  - Entwicklung der Reinigungsstufen
- Baden in der Isar
  - Abwasserdesinfektion
  - Sonderprogramm Isar-Loisach-Würm
  - Desinfektionsanlage Klärwerk München II
  - Baden in der Isar

Münchner Stadtentwässerung

Abwasserbeseitigung um 1811

Bevölkerung 50.000 Einwohner

Hausabwässer

- Versitz- und Abortgruben
- Direkte Einleitung in Stadtbäche

Niederschlagswasser

- Offene Straßengräben und Rinnen
- Ableitung über Stadtbäche

→ teilweise unhaltbare hygienische Zustände

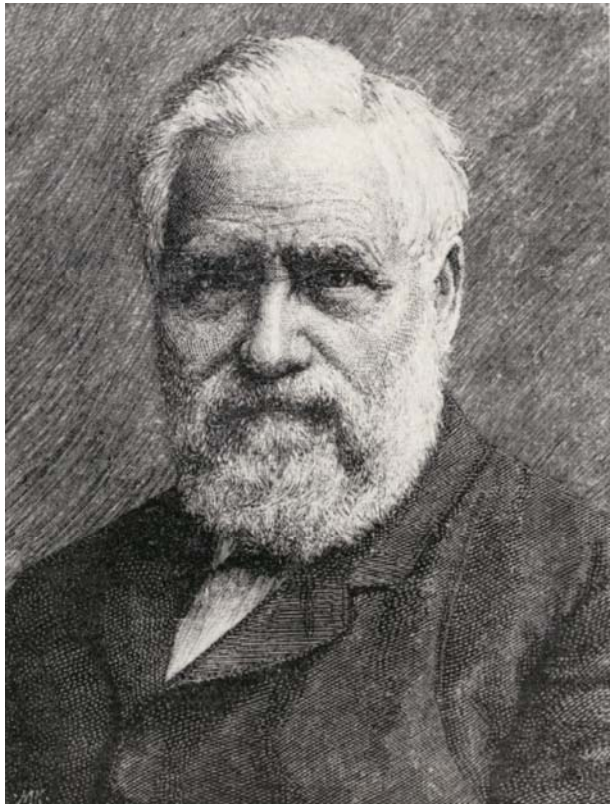
Münchner Stadtentwässerung

Die ersten Kanäle

- 21. Oktober 1811
  Genehmigung der Vorschläge des Gemeindebauinspektors „Die Erbauung von unterirdischen Abzugskanälen betreffend“
- Bau eines ersten Sammelkanals, Weiterbau wegen fehlender Finanzierung zunächst eingestellt
- 28. März 1820
  Einführung von Kanalbaubeiträgen der Hausbesitzer
- 1820 – 1856 systemloser weiterer Ausbau des Kanalnetzes

→ keine durchgreifende Verbesserung der hygienischen Zustände

Max von Pettenkofer



Max von Pettenkofer
ord. Professor für Hygiene

Münchner Stadtentwässerung

Das Sielsystem Zenettis

- Studienreisen des Bauingenieurs Arnold Zenetti in den norddeutschen Raum und nach Paris
- Erarbeitung des ersten systematischen Kanalisationsentwurfs
- 1862 – 1874 Bau eines Sielnetzes von 24,6 km Länge

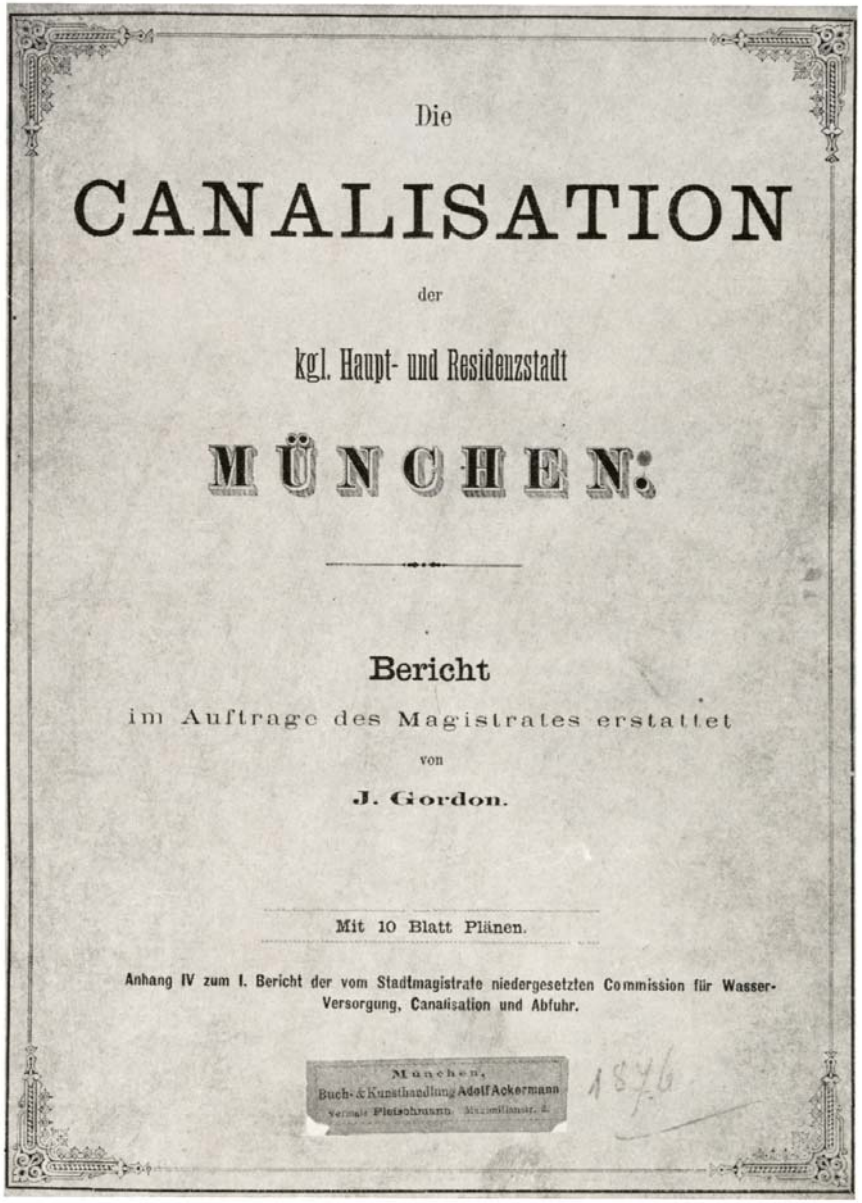
→ deutliche Verbesserung der Situation, aber weiterhin viele Beschwerden vor allem wegen Geruchsbelästigung

Historische Entwicklung

Münchner Stadtentwässerung

Weitere Entw

- Starke Bevöll Einwohner
- Weiterhin sch demien
- Erneute Inter kofer
- „Allgemeines r Stadt München“
- 1876 Vorlage durch J. Gordon



Die

CANALISATION

der

kgl. Haupt- und Residenzstadt

MÜNCHEN:

Bericht

im Auftrage des Magistrates erstattet

von

J. Gordon.

Mit 10 Blatt Plänen.

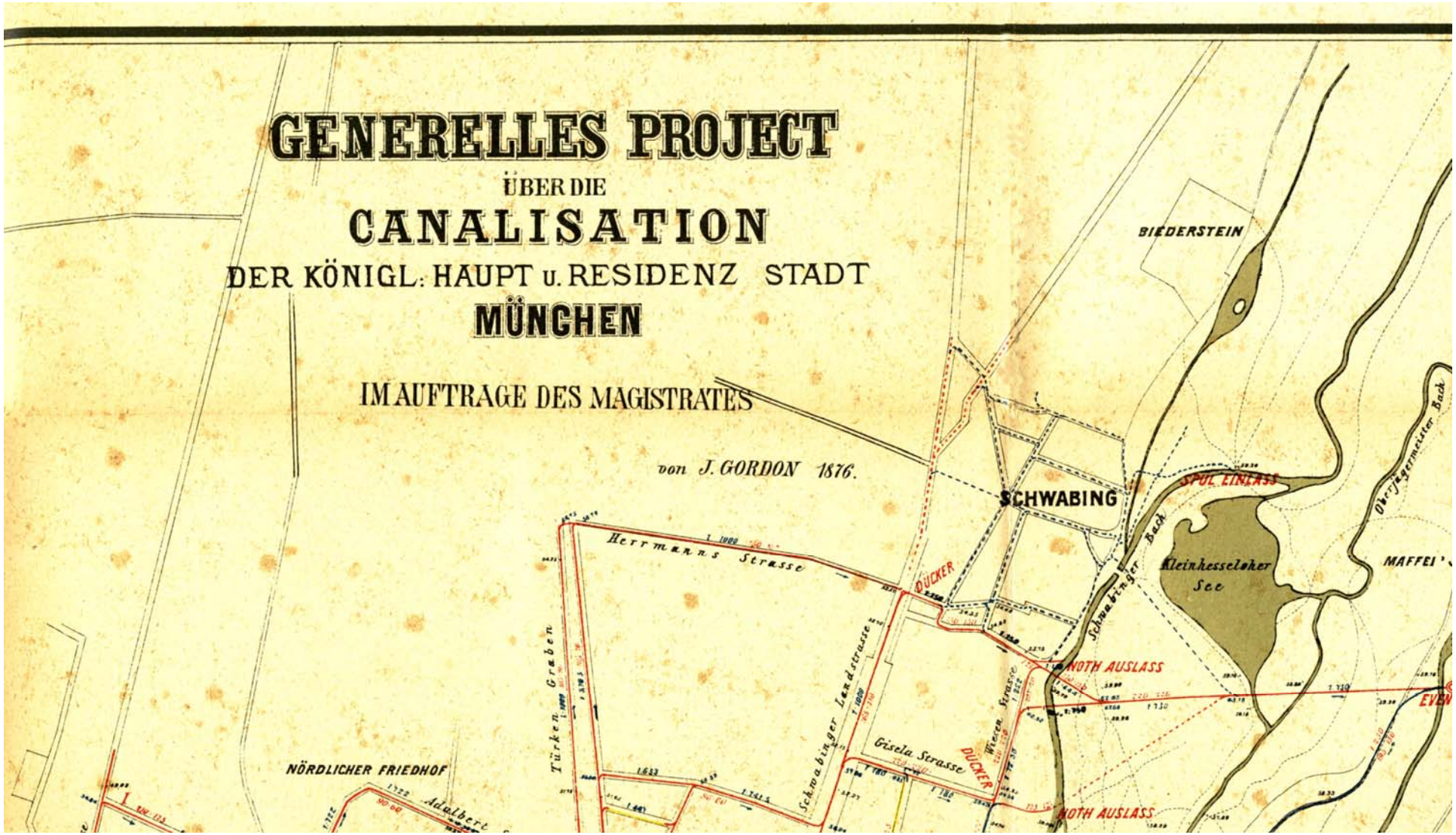
Anhang IV zum I. Bericht der vom Stadtmagistrate niedergesetzten Commission für Wasser-Versorgung, Canalisation und Abfuhr.

München,
Buch- & Kunsthandlung Adolf Ackermann

1876

Münchner Stadtentwässerung

Weitere Entwicklung



Historische Entwicklung

Münchner Stadtentwässerung

Das Kanalprojekt von J. Gordon 1876

Erster General-entwässerungsplan für München

Grundlage des heutigen Kanalsystems

Münchner Stadtentwässerung

Anfänge der Abwasserreinigung

- Einleitung der ungeklärten Abwässer in die Isar
- Bereits durch J. Gordon Einplanung von Rieselfeldern
- 1902 – 1915 Planung einer Abwasserreinigung

→ Aufschub der Ausführung wegen des 1. Weltkriegs

Historische Entwicklung

Münchner Stadtentwässerung

Das Projekt Mittlere Isar

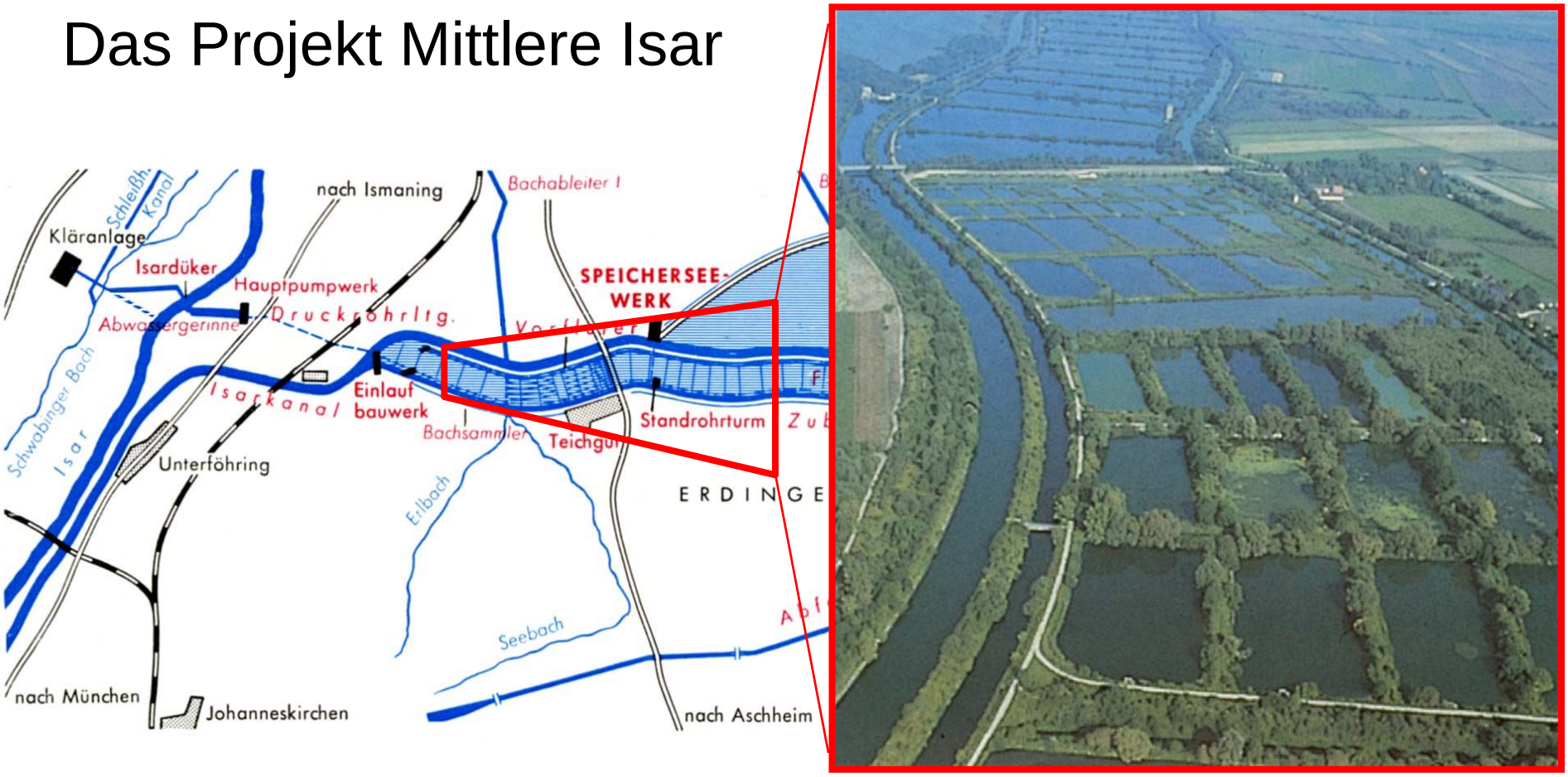
- 1917 – 1922
- Nutzung des … von 88 m zur Stromer…
- Gründung u…
- Bau des Ob… und eines 54…
- Ausleitung d…

→ Wegfall des Vorfluters Isar

Historische Entwicklung

Münchner Stadtentwässerung

Das Projekt Mittlere Isar



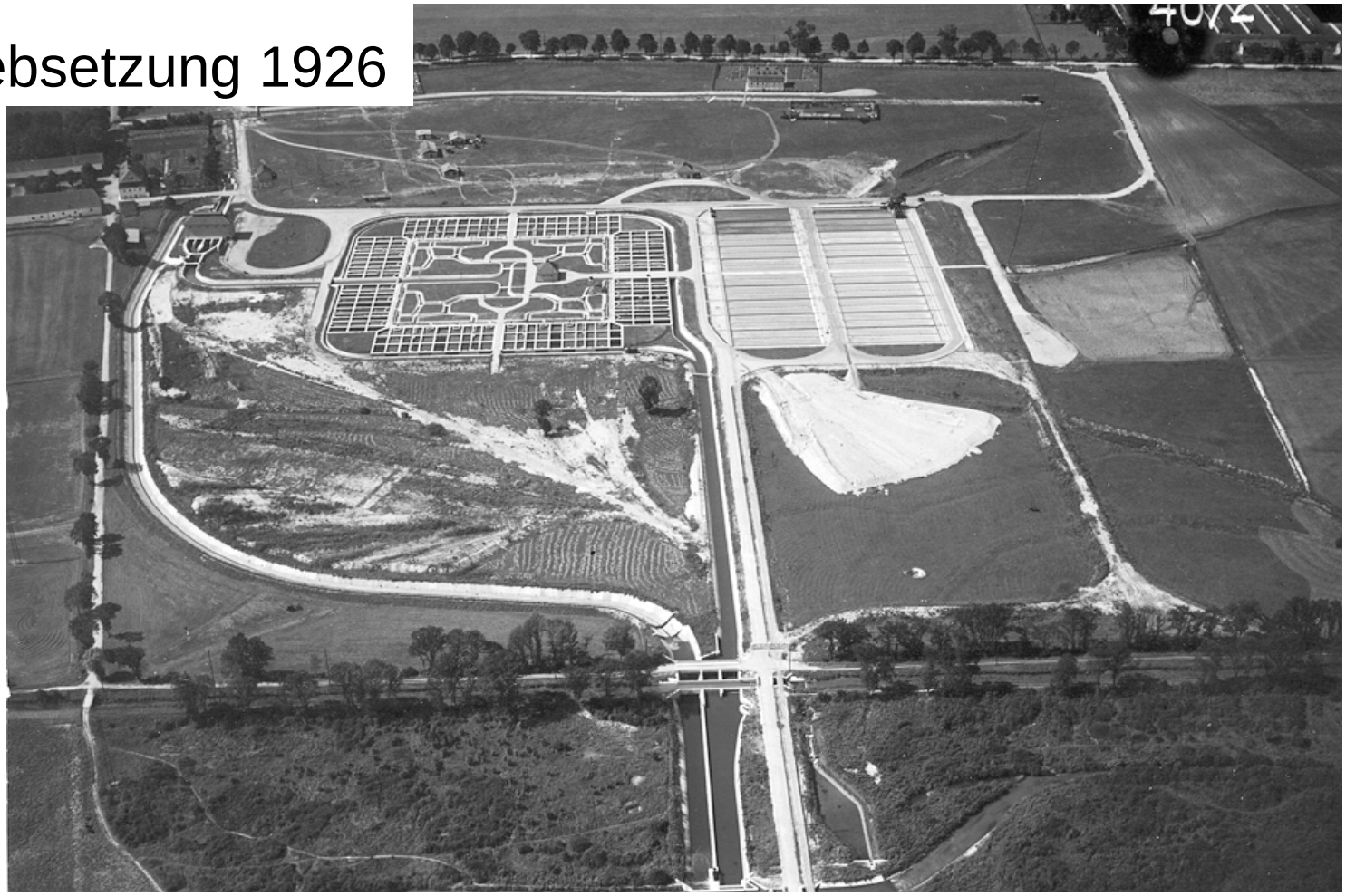
Situation der Vorflut und Abwasserreinigung

Historische Entwicklung

Münchner Stadtentwässerung

Klärwerk Gut Großlappen

- Ausbau für 460.000 Einwohner
- Inbetriebsetzung 1926



Historische Entwicklung

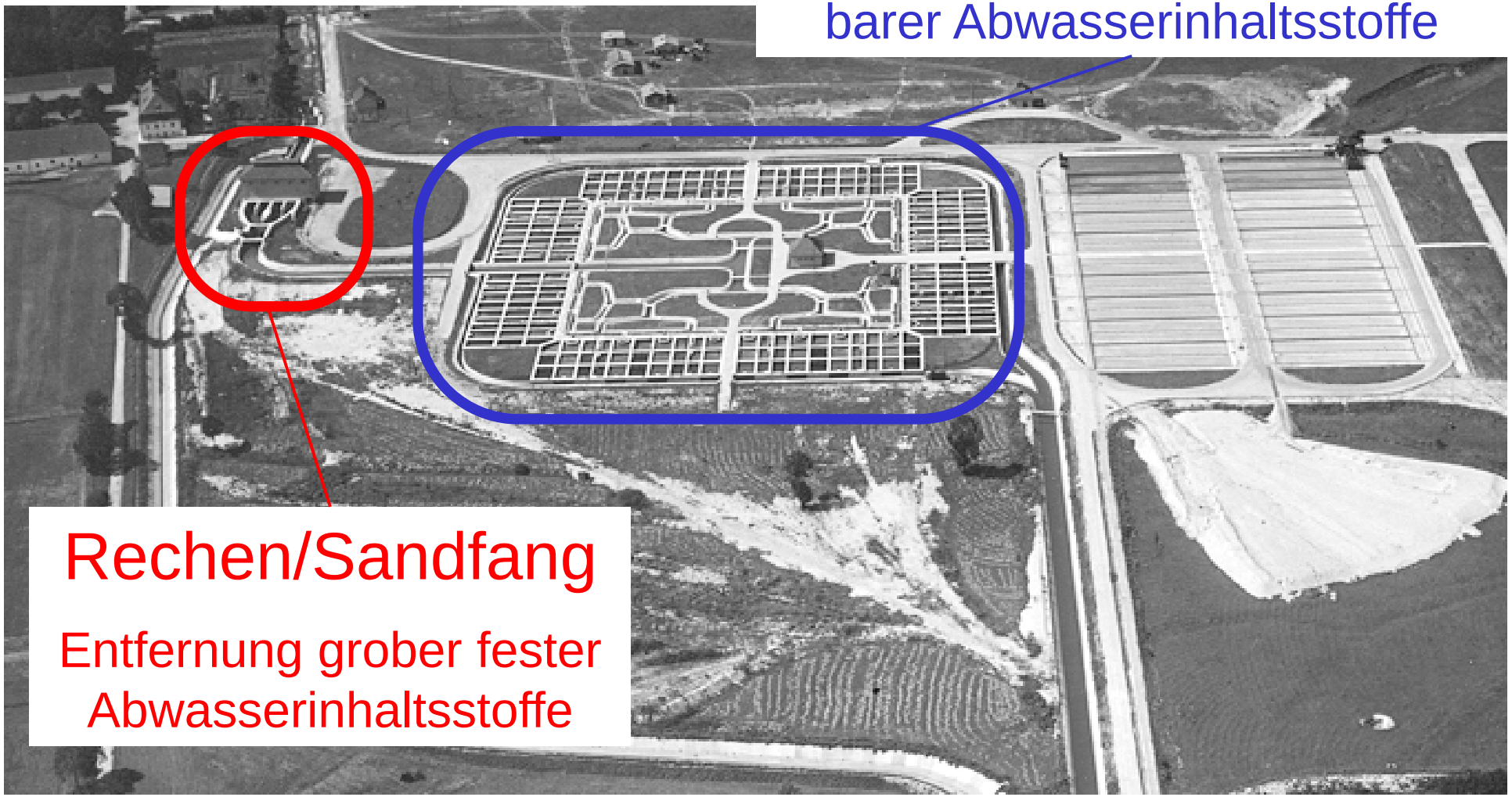
Münchner Stadtentwässerung

Klärwerk Gut Großlappen

- Inbetriebsetzung 1926

Emscher-Becken

Entfernung und Faulung absetz-barer Abwasserinhaltsstoffe



Rechen/Sandfang

Entfernung grober fester Abwasserinhaltsstoffe

Historische Entwicklung

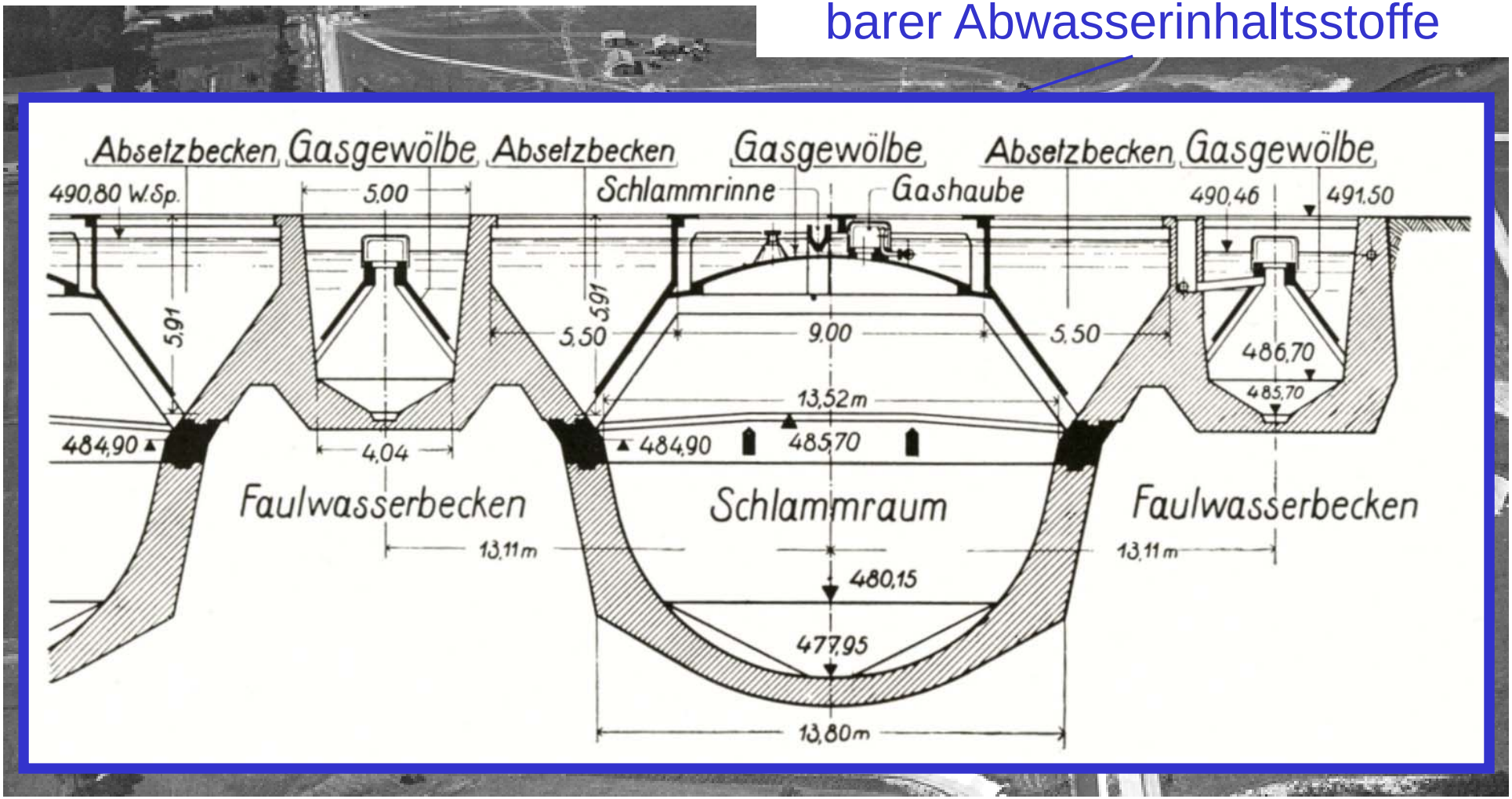
Münchner Stadtentwässerung

Klärwerk Gut Großlappen

Emscher-Becken

- Inbetriebsetzung 1926

Entfernung und Faulung absetzbarer Abwasserinhaltsstoffe

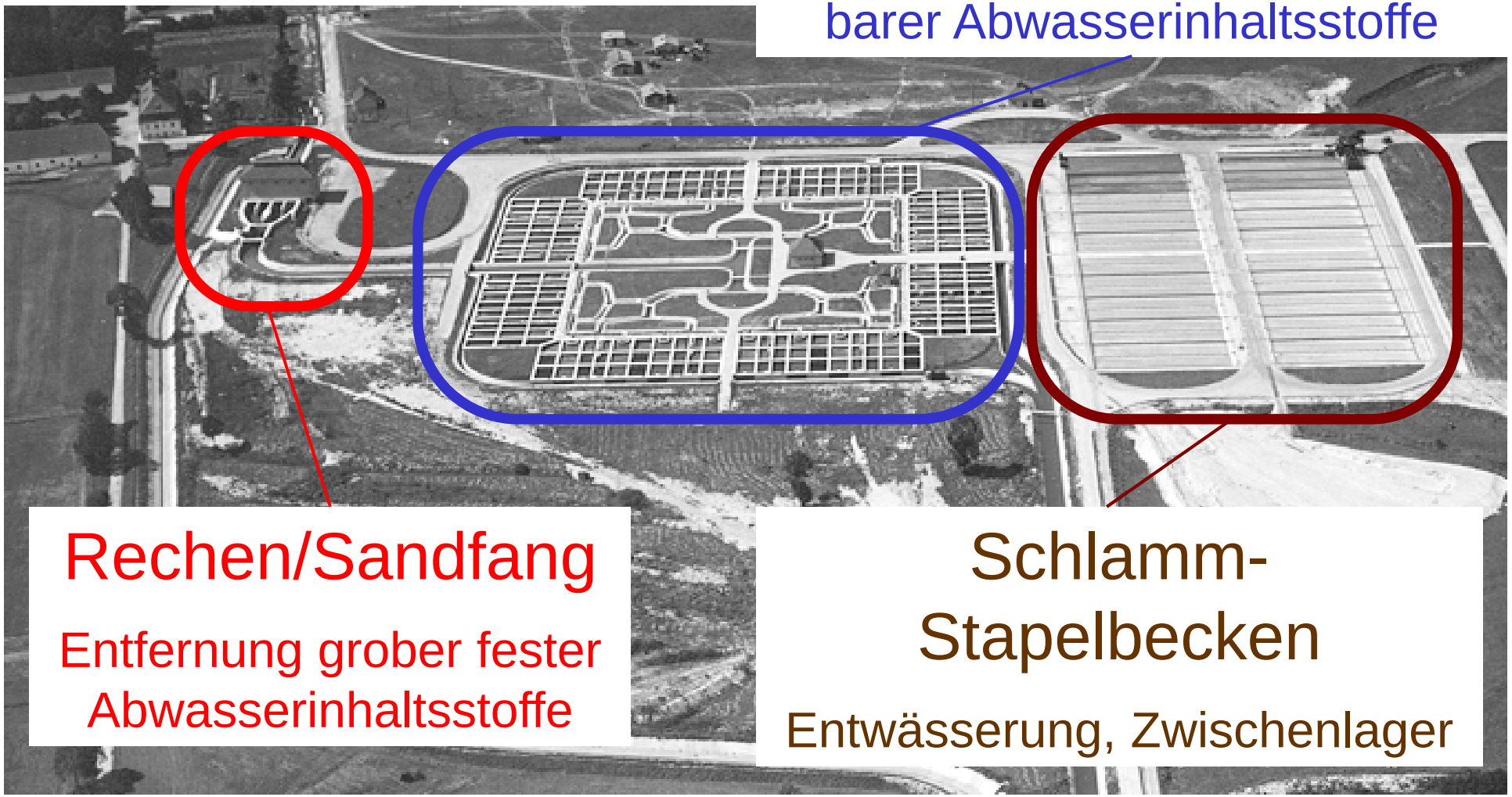


Historische Entwicklung

Münchner Stadtentwässerung

Klärwerk Gut Großlappen

- Inbetriebsetzung 1926



Emscher-Becken

Entfernung und Faulung absetzbarer Abwasserinhaltsstoffe

Rechen/Sandfang

Entfernung grober fester Abwasserinhaltsstoffe

Schlamm-Stapelbecken

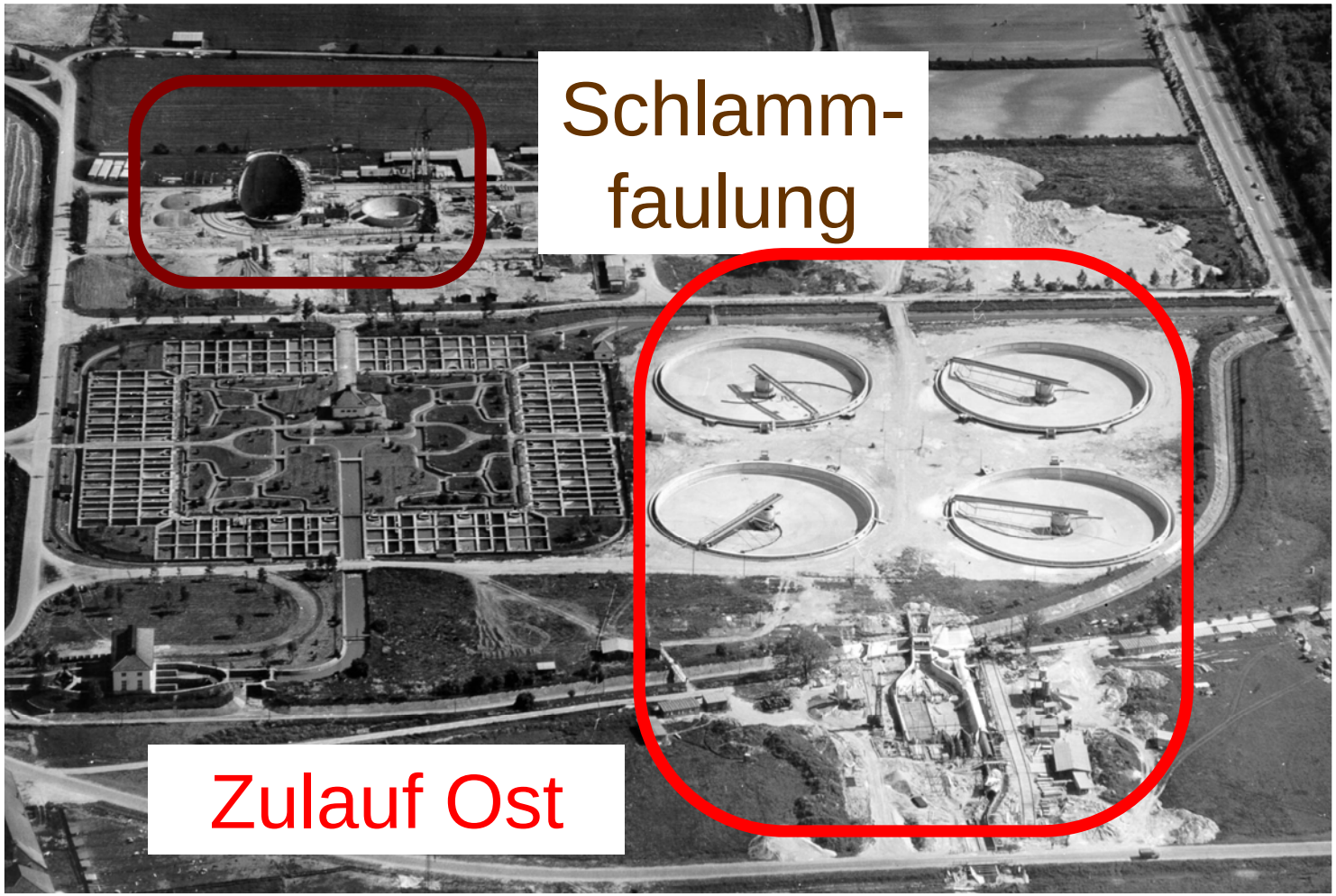
Entwässerung, Zwischenlager

Gliederung

- Einführung
- Historische Entwicklung
  - Schwemmkanalisation
  - Anfänge der Abwasserreinigung
- Ausbau der Klärwerke
  - Entwicklung der Reinigungsstufen
- Baden in der Isar
  - Abwasserdesinfektion
  - Sonderprogramm Isar-Loisach-Würm
  - Desinfektionsanlage Klärwerk München II
  - Baden in der Isar

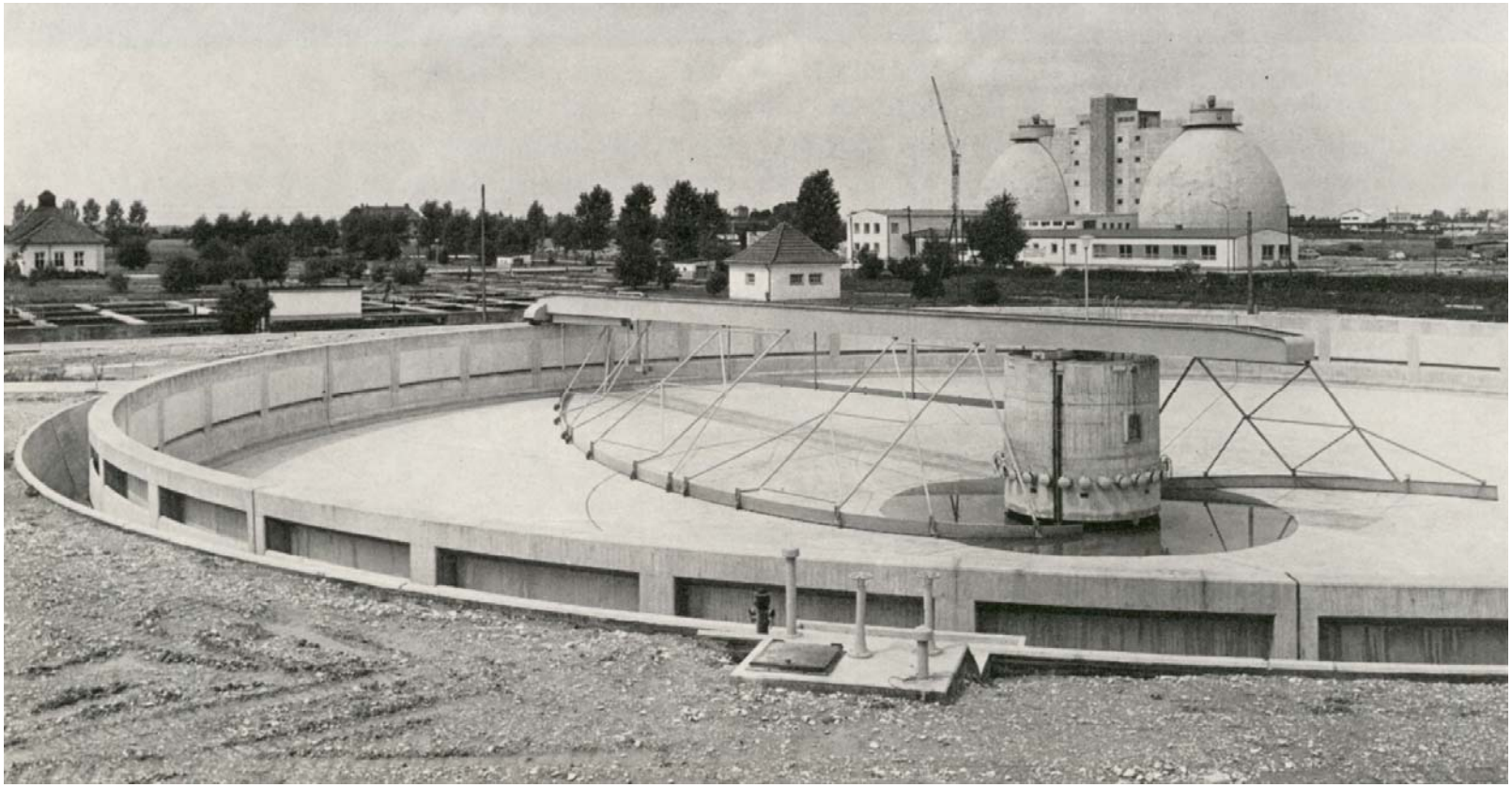
Klärwerk Gut Großlappen

- kontinuierlicher Ausbau (Zulauf Ost, Faulung)



Jahr 1958

Klärwerk Gut Großlappen



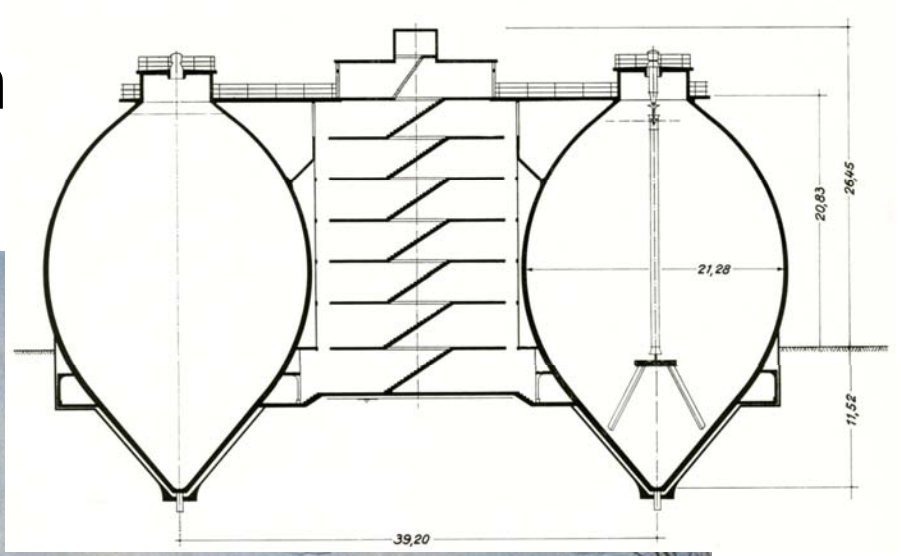
Jahr 1960

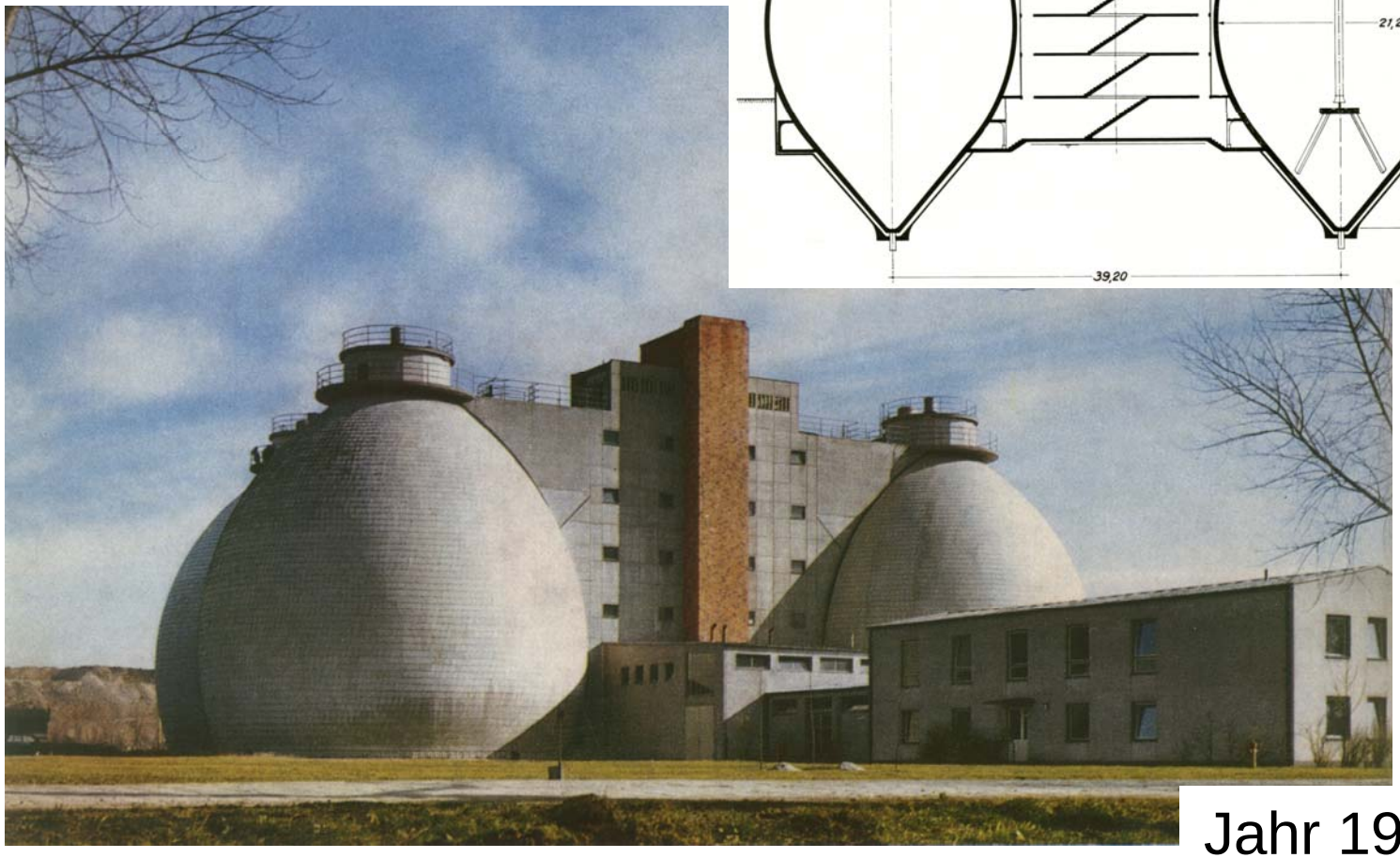
Münchner Klärwerke

Münchner Stadtentwässerung

Klärwerk Gut Großlappen

- Schlammfaulung

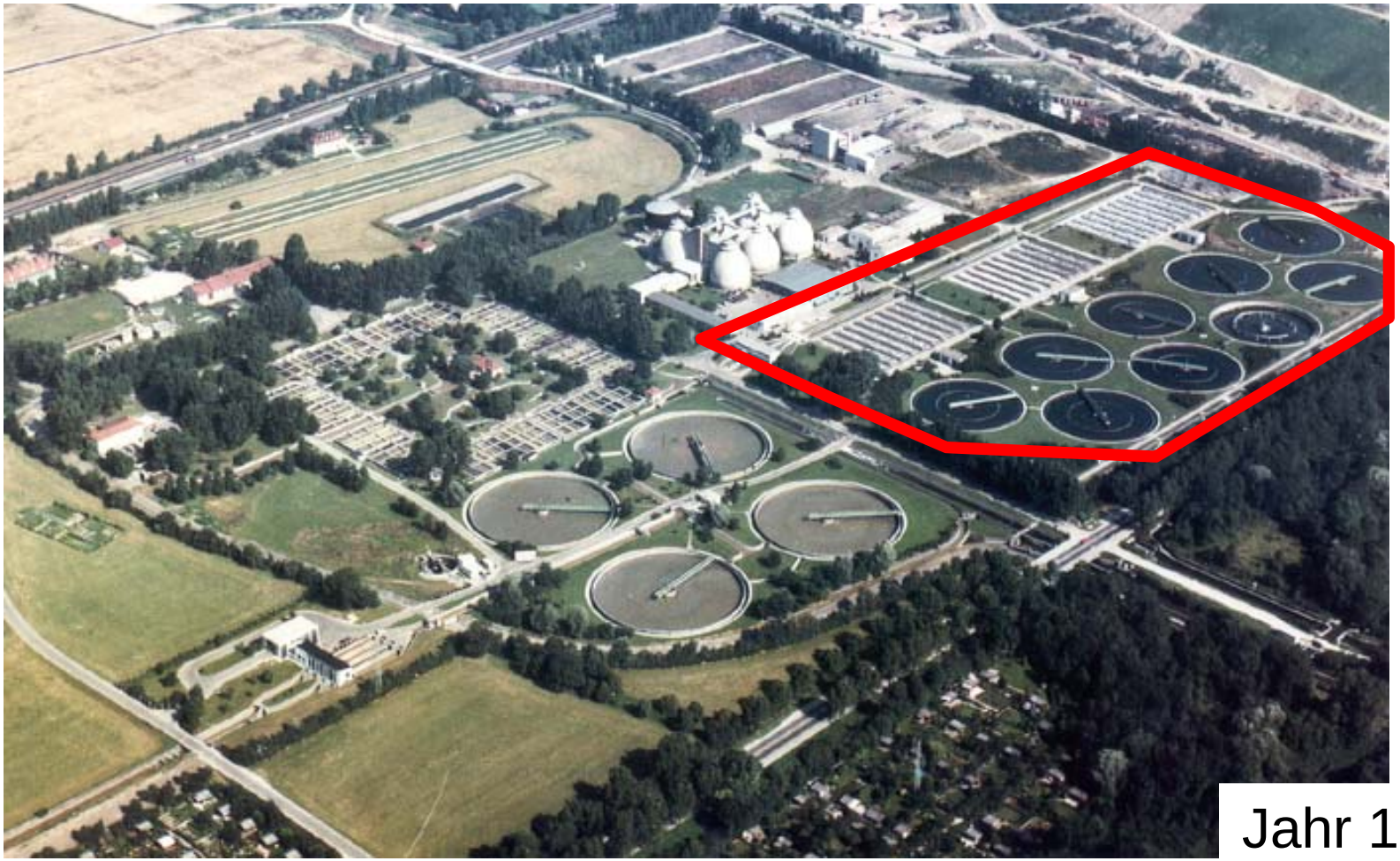




Jahr 1968

Klärwerk Gut Großlappen

- kontinuierlicher Ausbau (Biologische Stufe)



Jahr 1971

1. biologischen Stufe

Klärwerk Gut Großlappen, 1. biologische Stufe

Münchner Stadtentwässerung

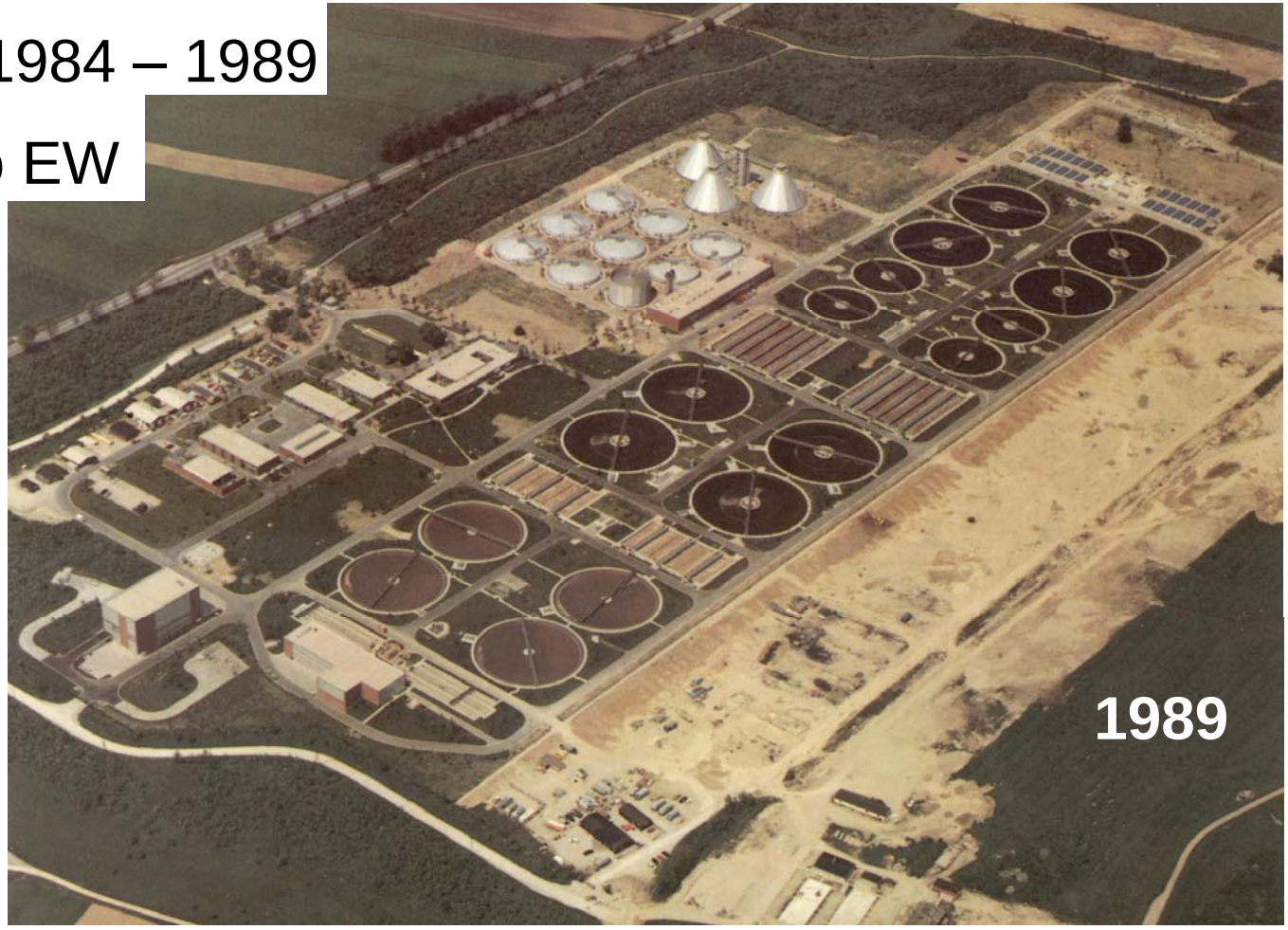
Klärwerk Gut Großlappen

- Entfernung partikulärer Stoffe
- CSB-Elimination

Münchner Stadtentwässerung

Kläranlage München II „Gut Marienhof“

- Bau 1984 – 1989
- 1 Mio EW

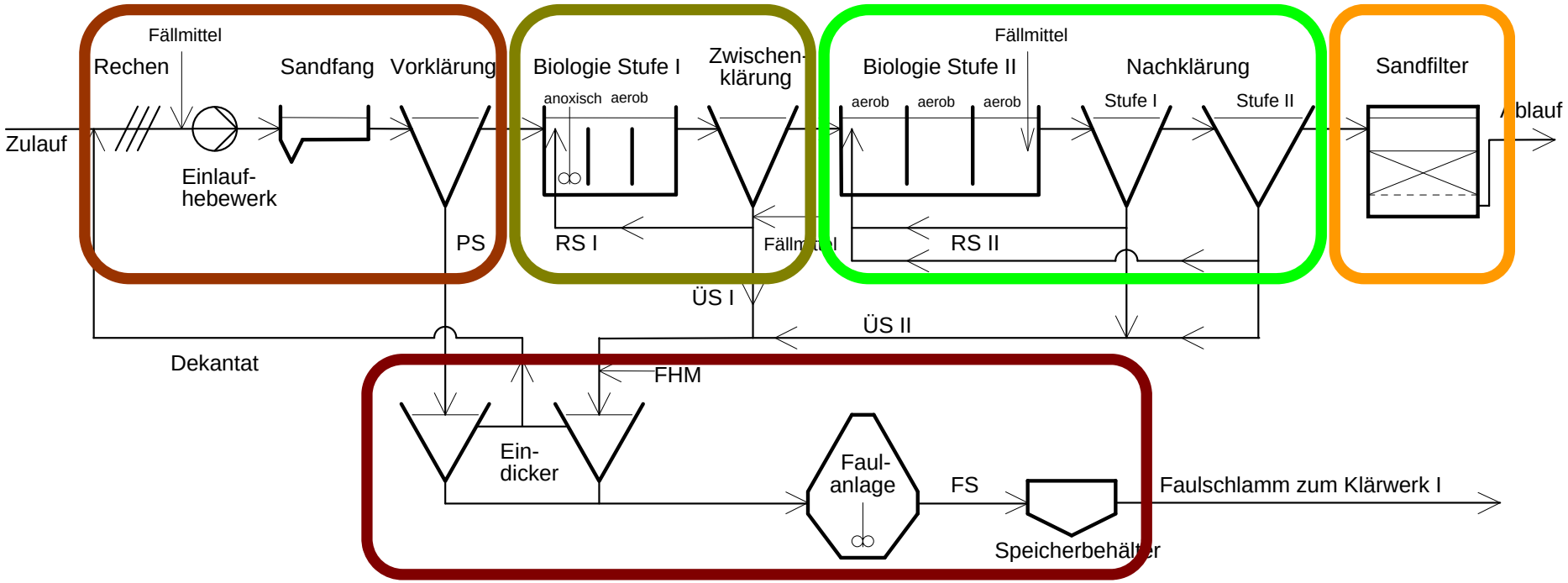


Klärwerk Gut Marienhof während der Inbetriebsetzung

Münchner Klärwerke

Münchner Stadtentwässerung

Kläranlage München II „Gut Marienhof“



Vereinfachtes Verfahrensschema

Mechanische Reinigung 1. Biologische Stufe 2. Biologische Stufe Sandfilter

Schlammbehandlung

Klärwerk Gut Großlappen

1988 - 1994 Bau 2. biologische Stufe

Münchner Klärwerke

Münchner Stadtentwässerung

Ausbauzustand zu Beginn der 90er Jahre

- Beide Klärwerke zweistufige biologische Reinigung
- Klärwerk Gut Marienhof zusätzlich mit Sandfilter

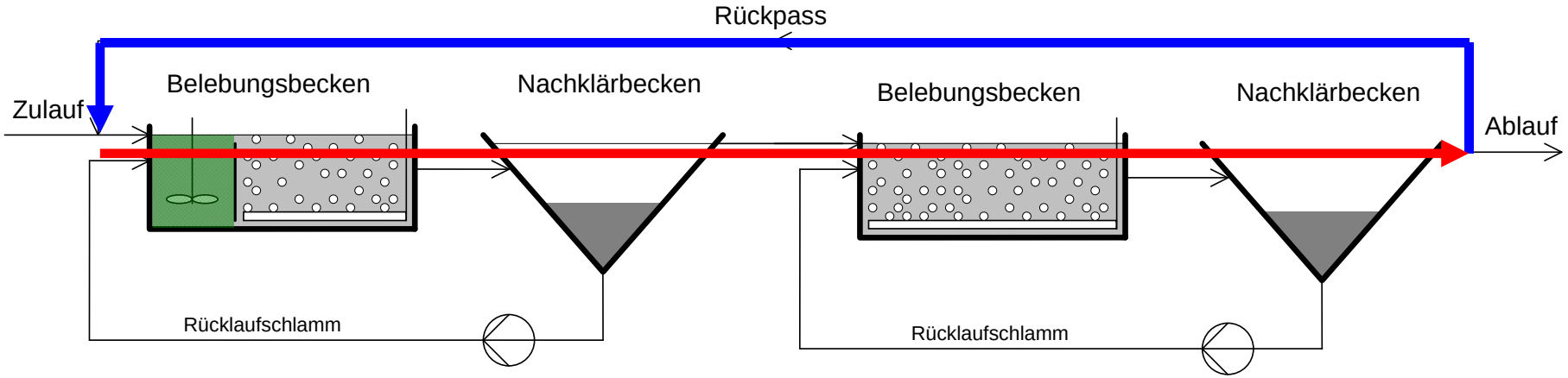
Reinigungsleistung

- Entfernung partikulärer Stoffe
- CSB-Elimination
- Nitrifikation
- P-Elimination

keine Denitrifikation!!

Umrüstung auf Denitrifikation – Rückpassdenitrifikation

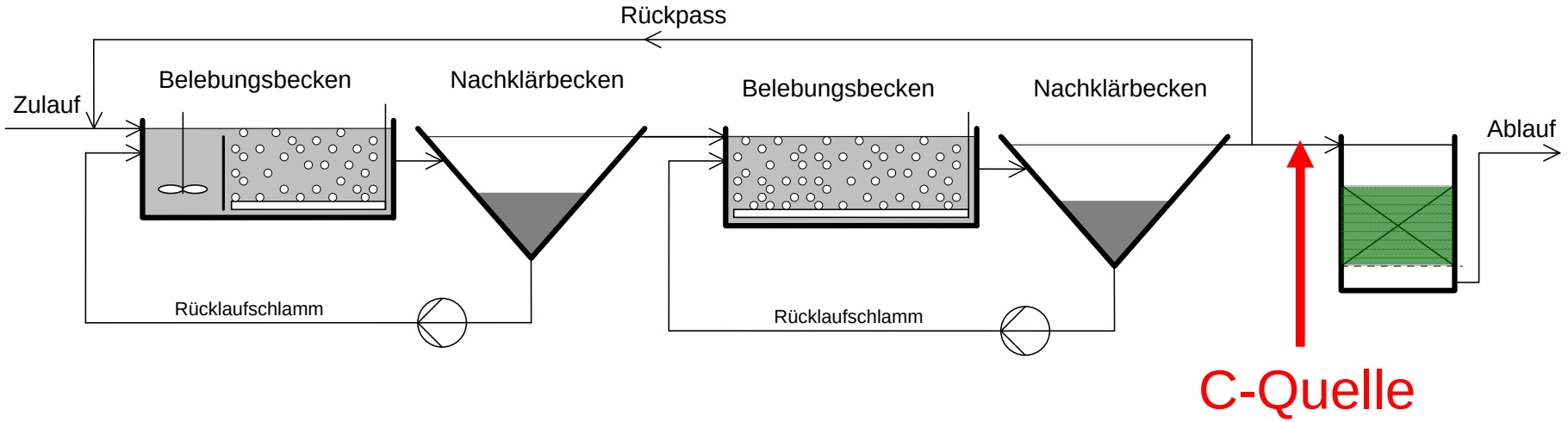
- Nitratzufuhr durch Rückpass
- unbelüftete Zone im Zulaufbereich
- Energieeintrag (Rührwerke)



Zusätzliche hydraulische Belastung der Absetzbecken!

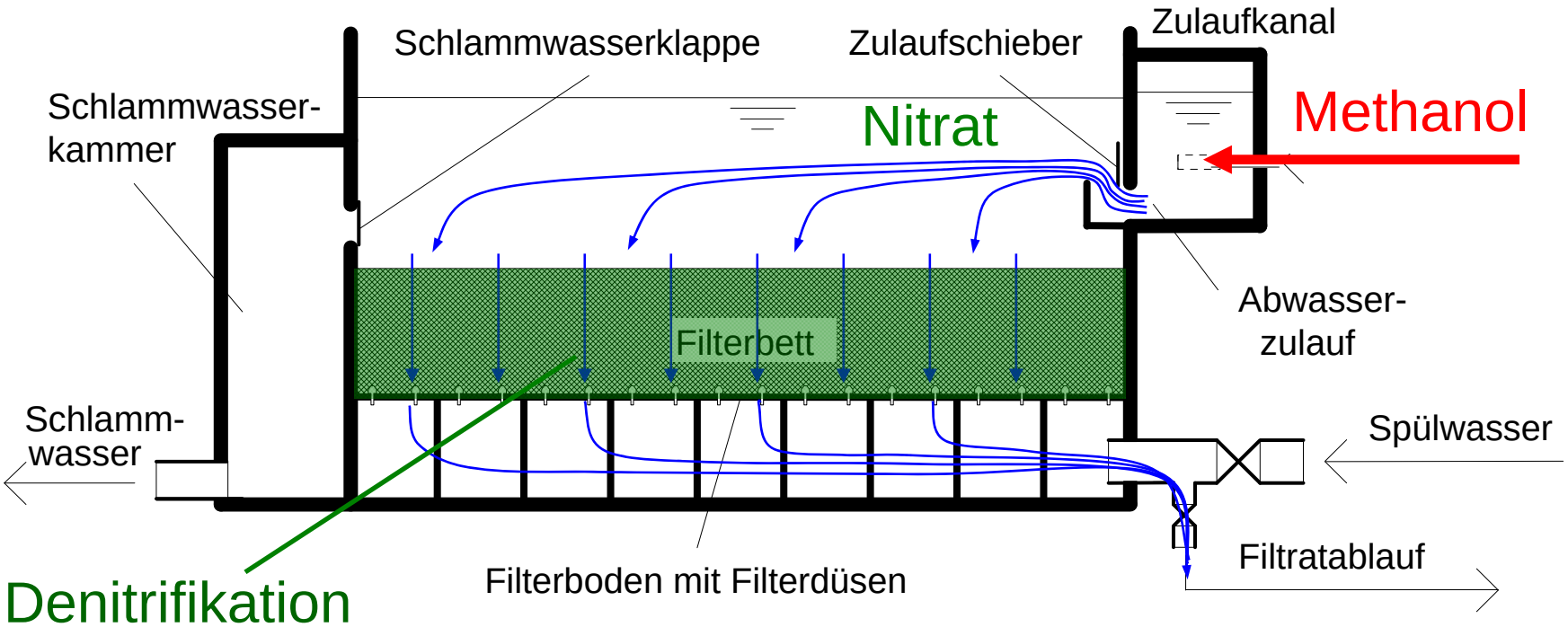
Münchner Stadtentwässerung

Nachgeschaltete Denitrifikation – MDS-Verfahren



- Sandfilter als Biofilmreaktor
- Vollständige oder Restdenitrifikation
- Externe Kohlenstoffquelle erforderlich

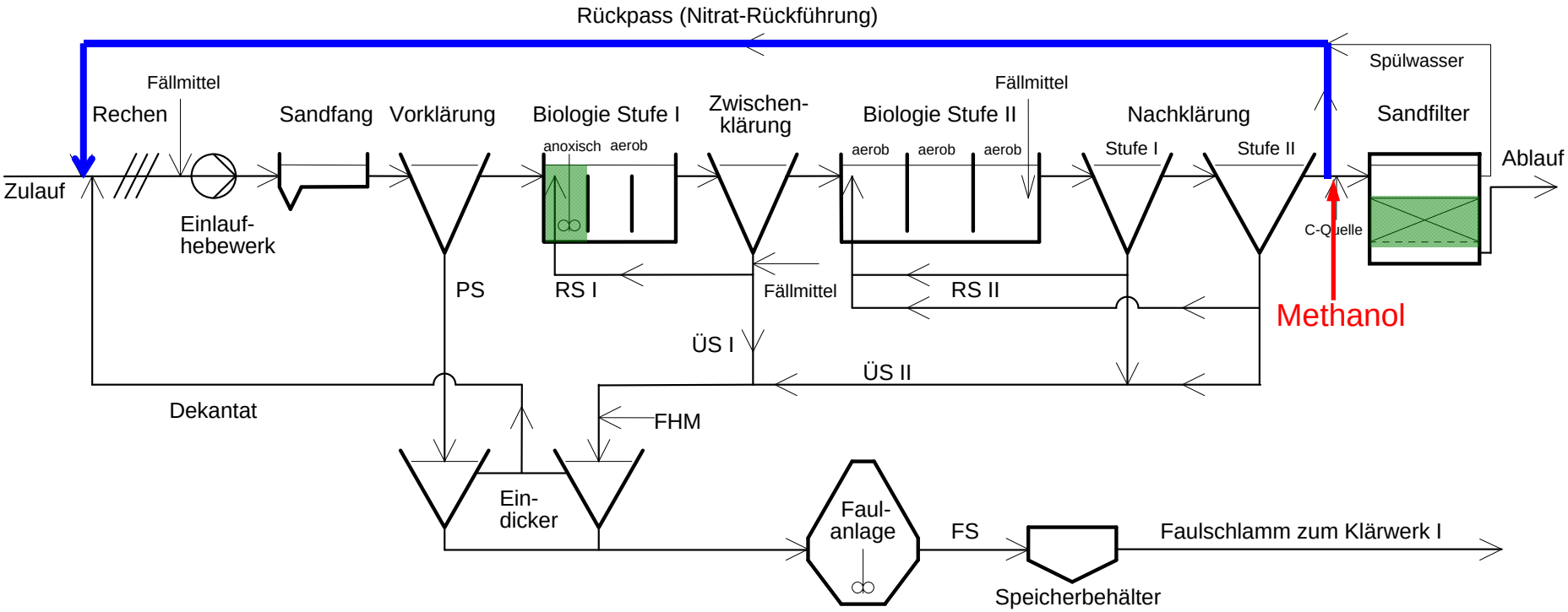
Sandfilter Klärwerk Gut Marienhof



Schematischer Querschnitt einer Filterzelle

Münchner Stadtentwässerung

Kläranlage München II „Gut Marienhof“



Denitrifikationskonzept

- Rückpassdenitrifikation in der 1. biologischen Stufe
- Restdenitrifikation im Sandfilter mit Methanol

Münchner Stadtentwässerung

Denitrifikationskonzept Stand 2007

Zielsetzung: Stickstoffelimination bis N_{ges} 13 mg/l

Klärwerk Gut Großlappen

- Deni-Kombi-Becken
- Deni-Becken West
- 1. biologische Stufe
- 2. biologische Stufe
- Teilstromsandfilter

Klärwerk Gut Marienhof

- 1. biologische Stufe
- Sandfilter

Münchner Klärwerke

Münchner Stadtentwässerung

Klärwerk Gut Großlappen – Baustelle Sandfilter

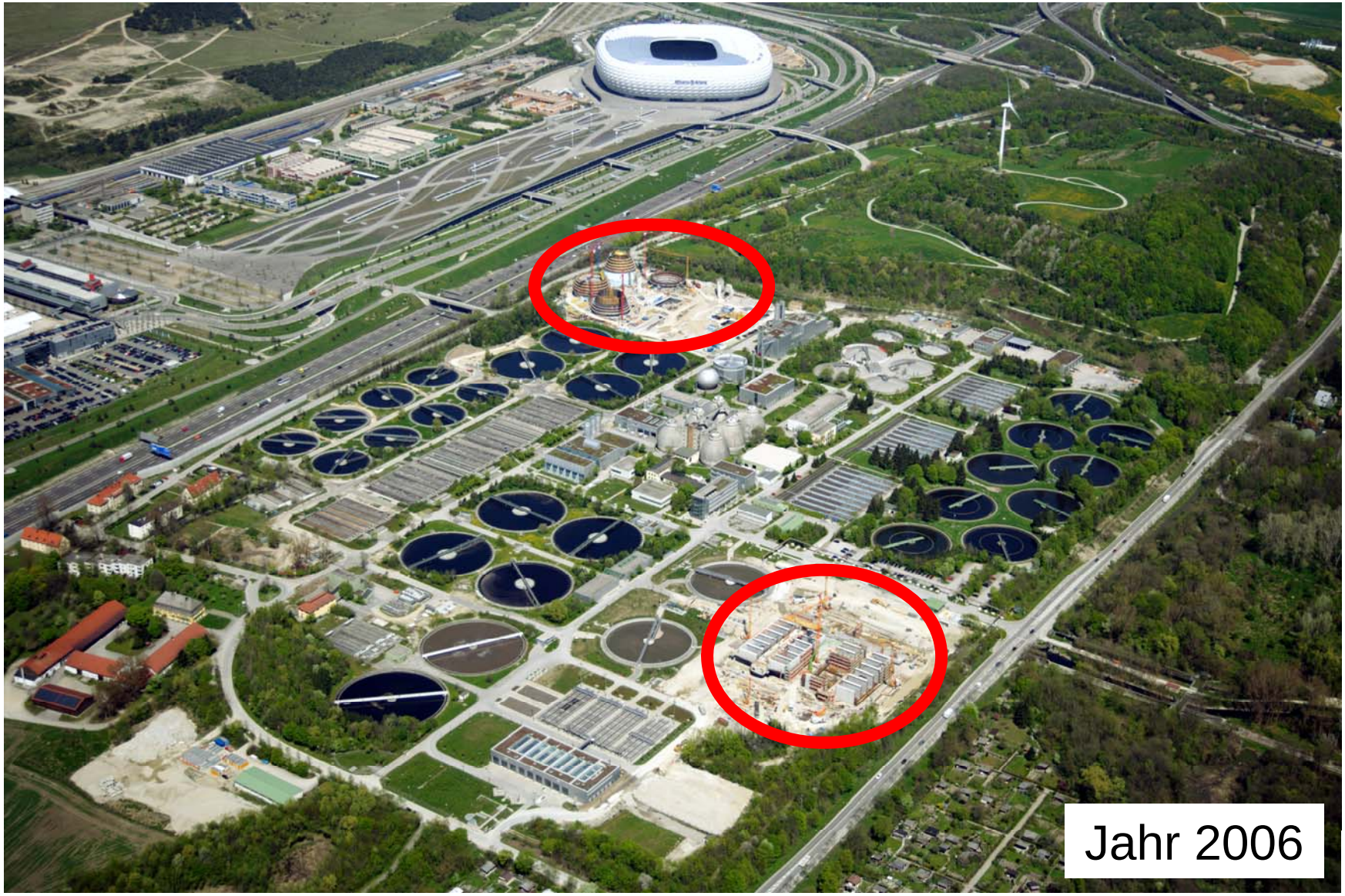
Münchner Klärwerke

Münchner Stadtentwässerung

Klärwerk Gut Großlappen – Baustelle Sandfilter

Münchner Klärwerke

Münchner Stadtentwässerung



Klärwerk München „Gut Großlappen“

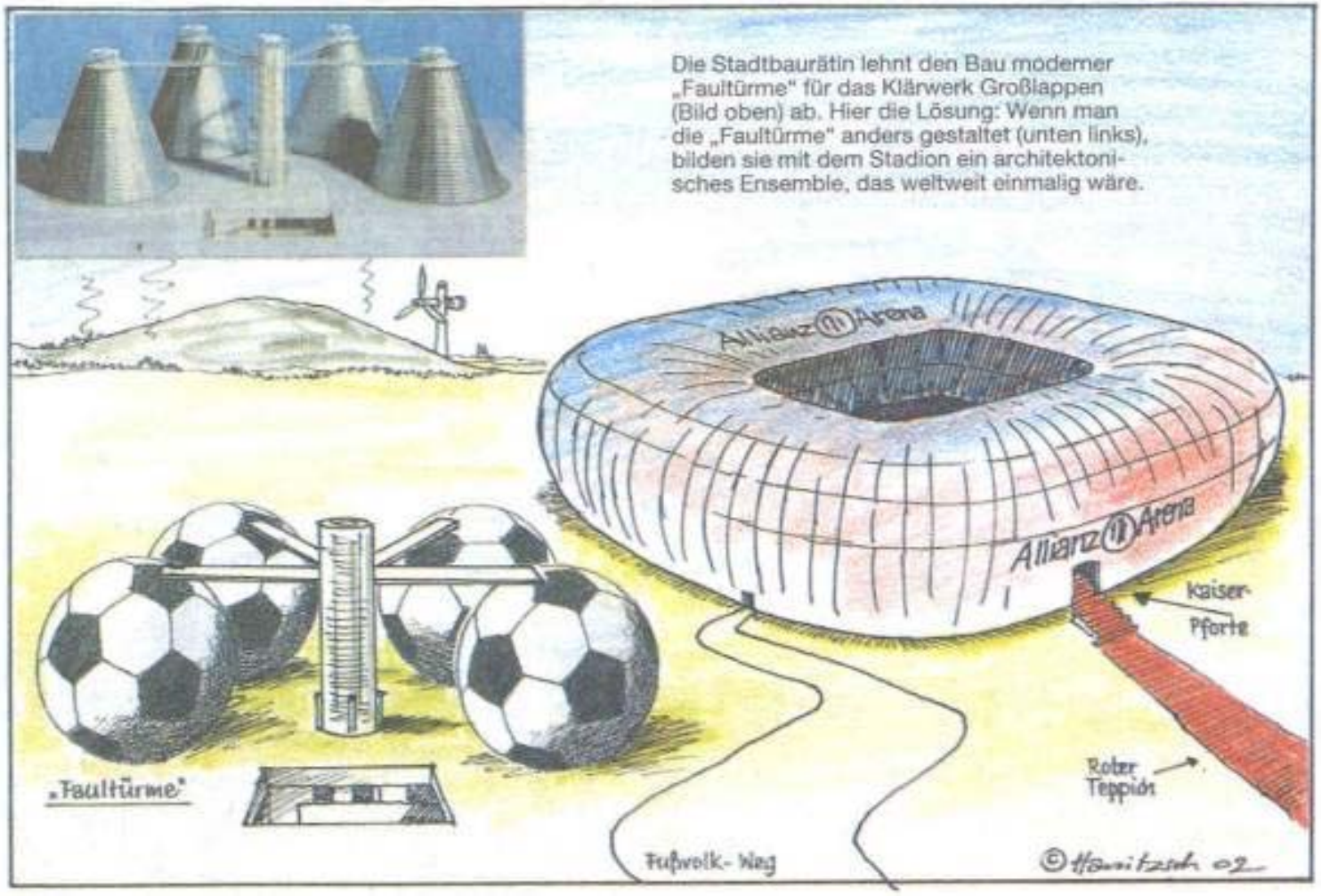
Münchner Klärwerke

Münchner Stadtentwässerung

Klärwerk München „Gut Großlappen“ – Neue Faulbehälteranlage

Münchner Klärwerke

Münchner Stadtentwässerung



Klärwerk München „Gut Großlappen“ – Neue Faulbehälteranlage

Münchner Klärwerke

Münchner Stadtentwässerung

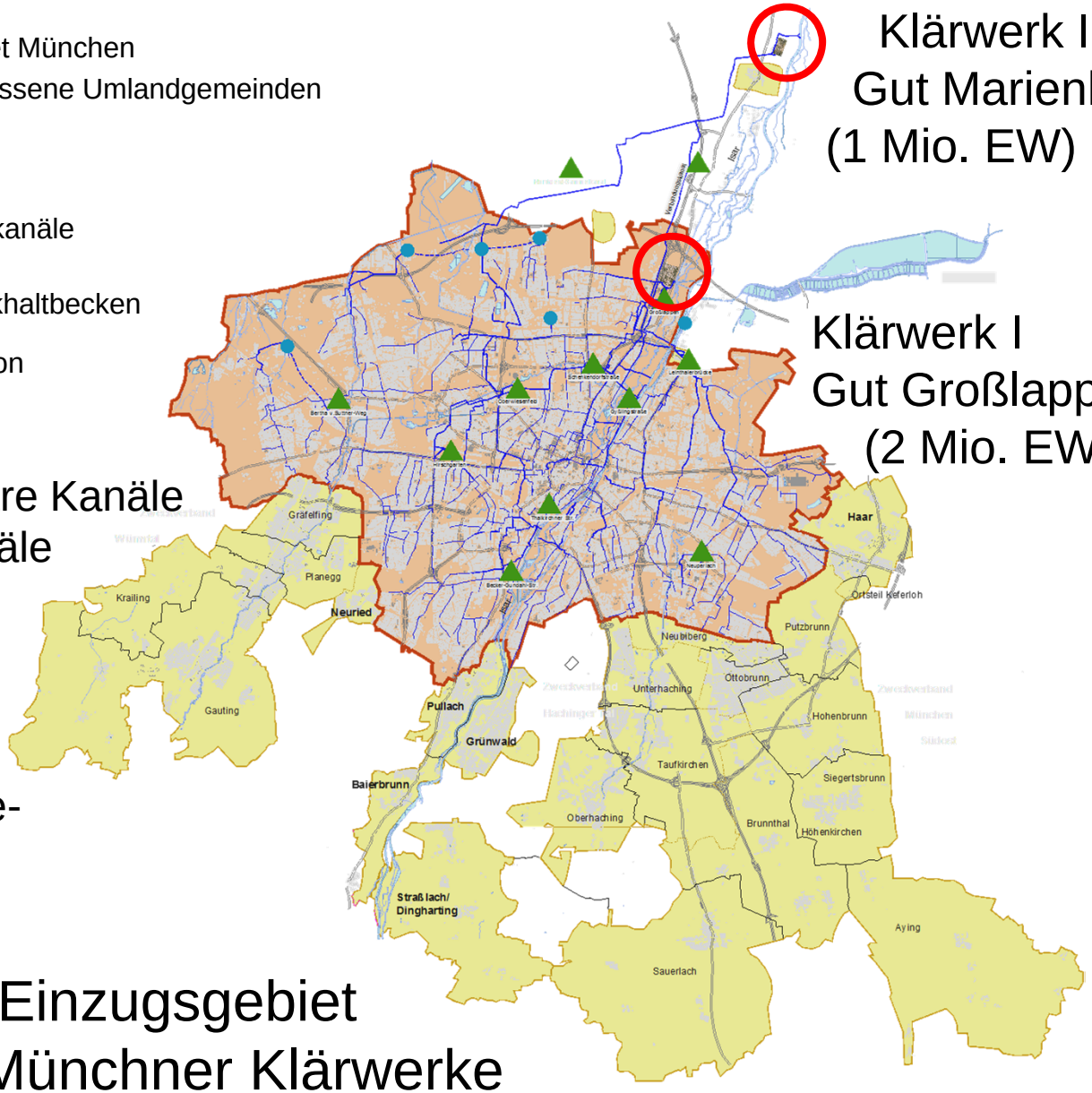
Stadtgebiet München
Angeschlossene Umlandgemeinden
Stadtrand
Abwasserkanäle
Regenrückhaltbecken
Pumpstation

Klärwerk II
Gut Marienhof
(1 Mio. EW)

Klärwerk I
Gut Großlappen
(2 Mio. EW)

1.208 km begehbare Kanäle
1.195 km Rohrkanäle
2.403 km Kanal

706.000 m³ Regen-rückhalte-volumen



Das Einzugsgebiet
der Münchner Klärwerke

Gliederung

- Einführung
- Historische Entwicklung
  - Schwemmkanalisation
  - Anfänge der Abwasserreinigung
- Ausbau der Klärwerke
  - Entwicklung der Reinigungsstufen
- Baden in der Isar
  - Abwasserdesinfektion
  - Sonderprogramm Isar-Loisach-Würm
  - Desinfektionsanlage Klärwerk München II
  - Baden in der Isar

Münchner Stadtentwässerung

EU-Badegewässerrichtlinie – Wesentliche Inhalte

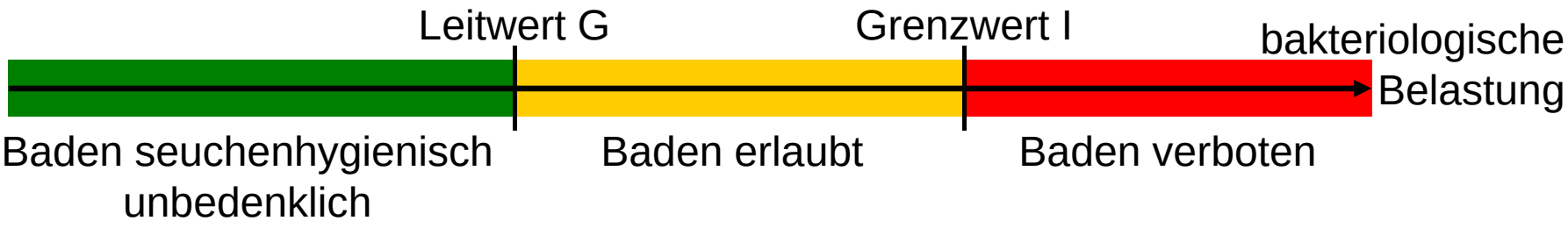
- Definition „Badegewässer“
- „Badesaison“
  – 15. Mai bis 15. September (Bayern)
- Mikrobiologische Parameter
- Physikalische und chemische Parameter
- Andere Stoffe
- Unterscheidung
  – Leitwert G (guide)
  – zwingender Wert I (imperative)

Mikrobiologische Parameter

Escherichia coli

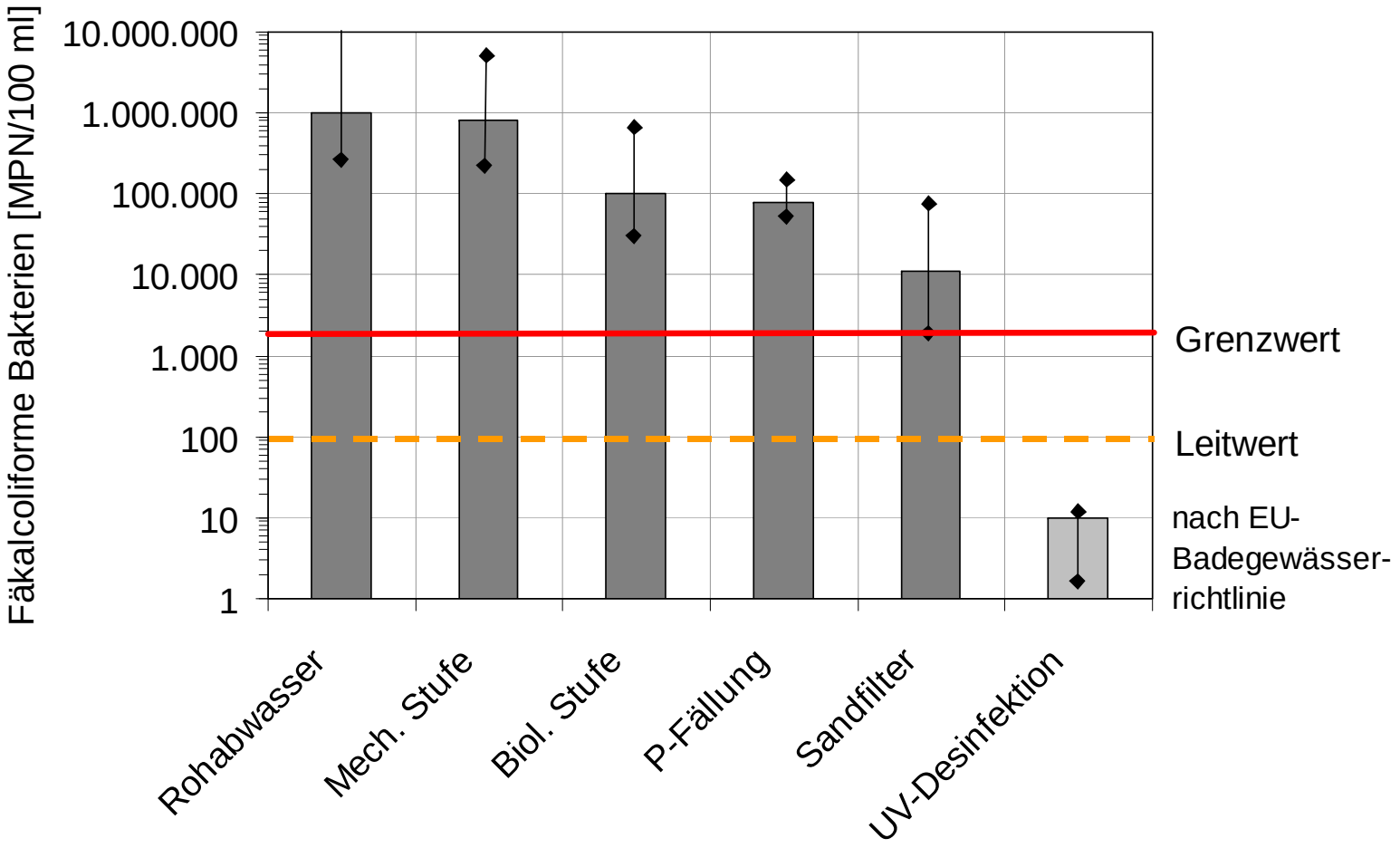
Mikrobiologischer Parameter			**Leitwert** (G-Wert)	**Grenzwert** (I-Wert)
Fäkalcoliforme Bakt.	/100 ml	R	100 (80)	2.000 (95)
Gesamtcoliforme Bakt.	/100 ml	R	500 (80)	10.000 (95)
Streptococcus faec.	/100 ml	A	100 (90)	–
Salmonellen	/1000 ml	A	–	0 (95)
Darmviren	pfu/10 l	A	–	0 (95)

R = Routineparameter
A = Untersuchung auf Anforderung



Abwasserdesinfektion

Münchner Stadtentwässerung



Konzentration fäkalcoliformer Bakterien im Abwasser

(Popp et al., 2000)

Desinfektionsverfahren

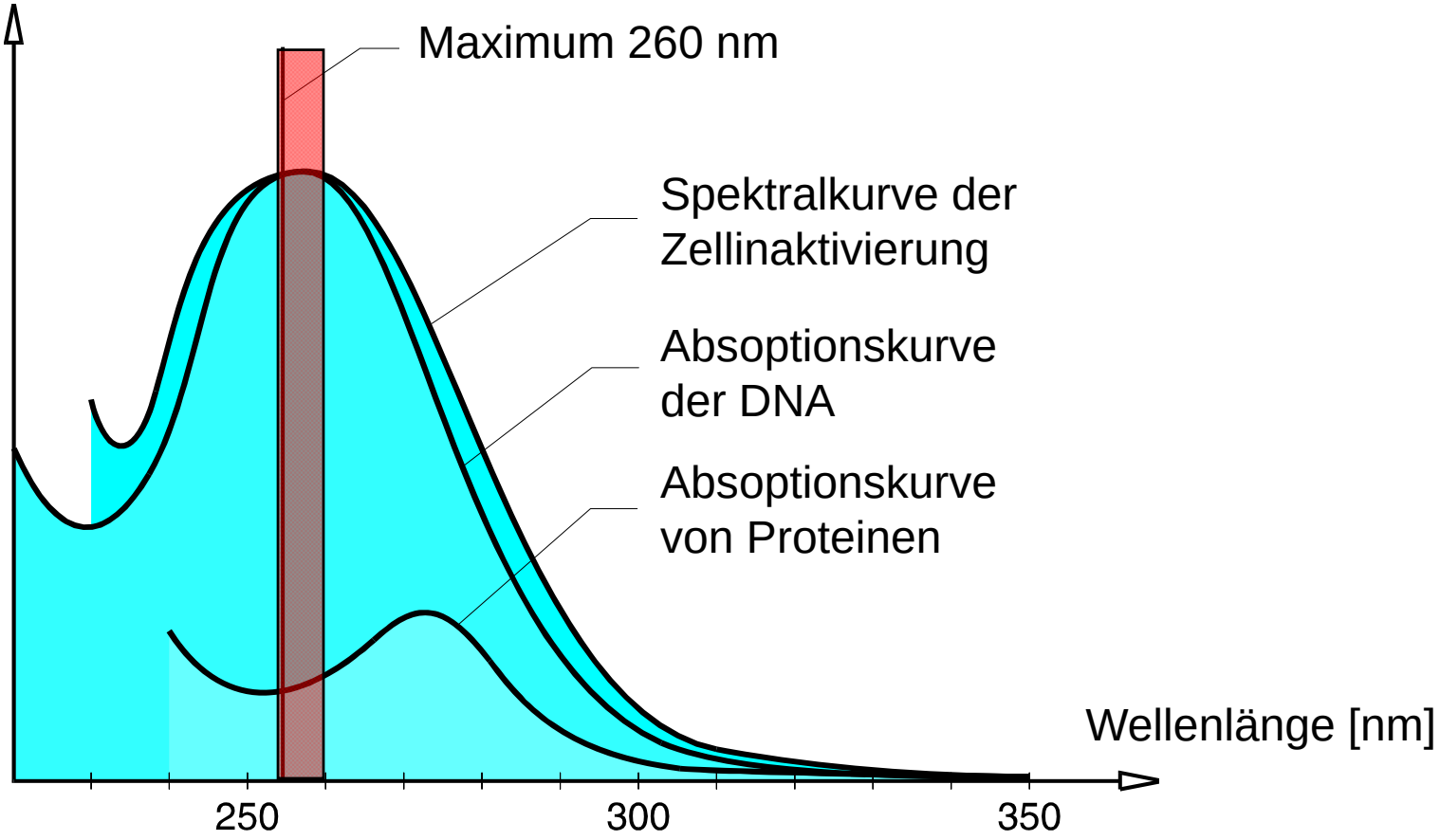
Verfahren	Desinfektions-wirkung	Betriebs-erfahrungen	Umwelt-verträglichkeit	Kosten [€/m³]
UV-Bestrahlung	+	++	+	0,03–0,05
Membranfiltration	++	– –	++	0,20–0,80
Ozonung	+	+	–	0,05–0,20
Chlorung	++	++	– –	0,04–0,06

Bewertung und Kosten von Desinfektionsverfahren

(ATV-M 205)

Münchner Stadtentwässerung

Absorptionskurven im UV-Bereich



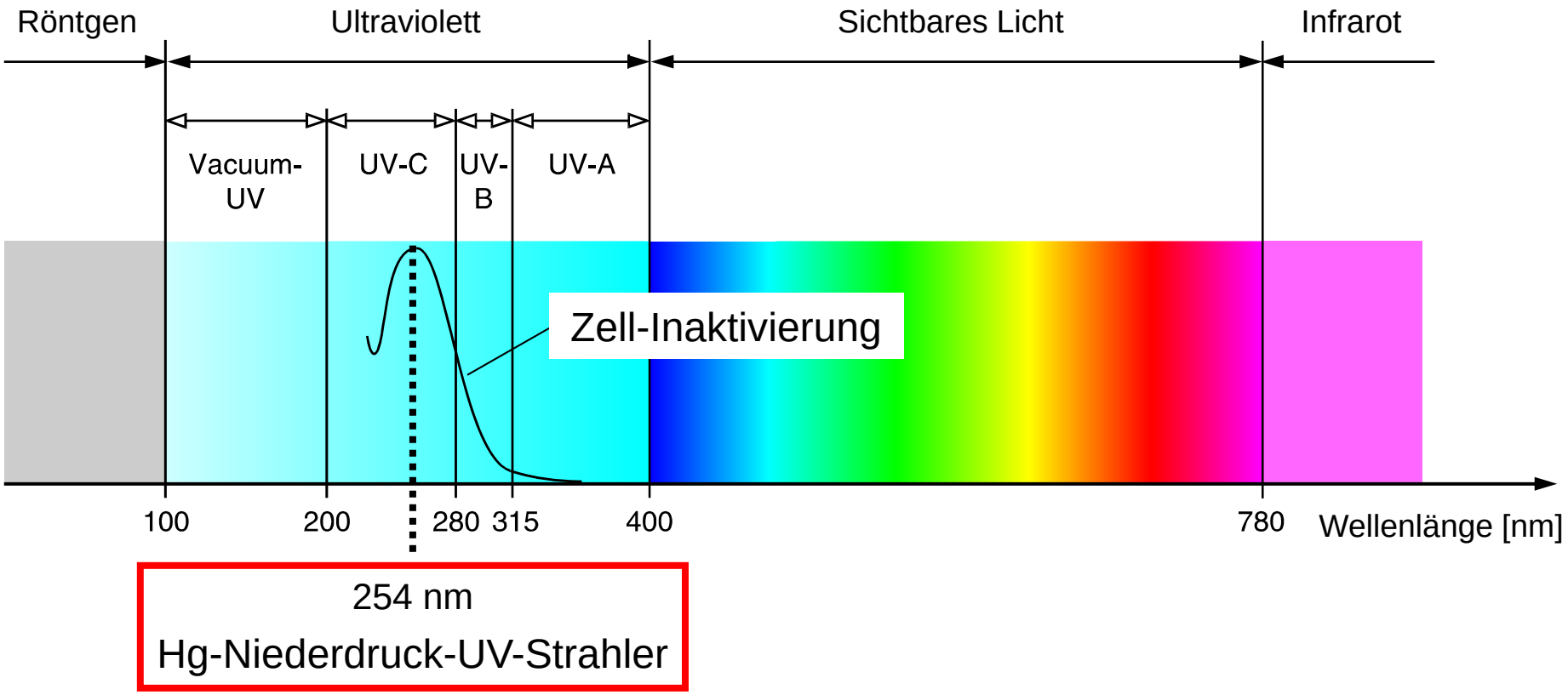
Spektrale Wirkungskurve der Zellinaktivierung durch UV-Licht

(Schlegel: Mikrobiologie)

Abwasserdesinfektion

Münchner Stadtentwässerung

UV-Bestrahlung

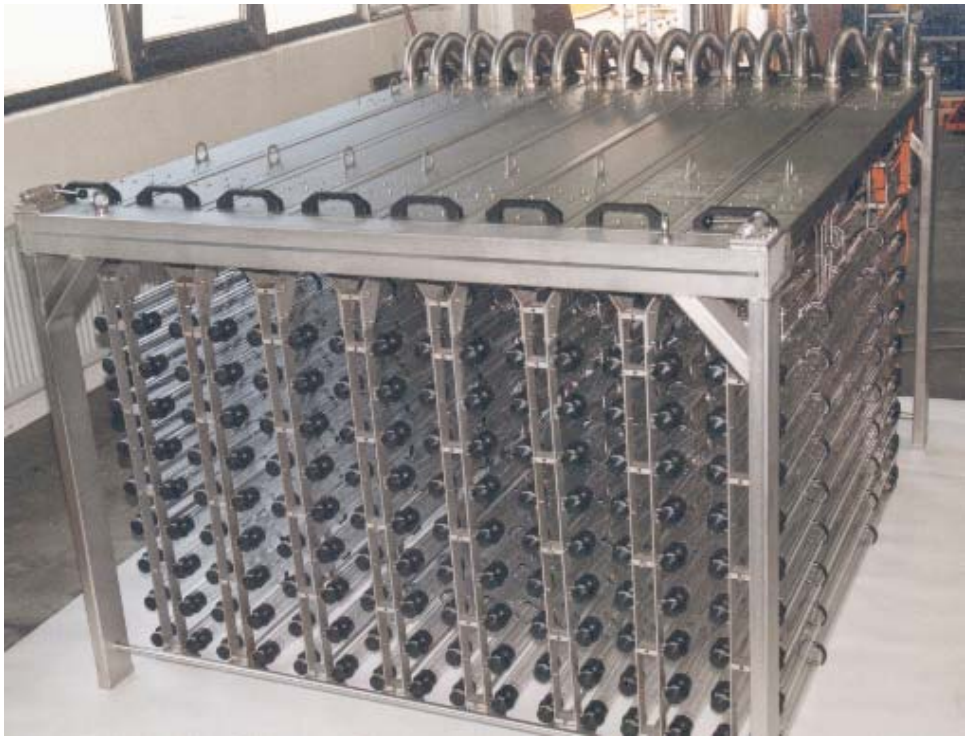


Abwasserdesinfektion

Münchner Stadtentwässerung

UV-Bestrahlung

HG-Niederdruckstrahler



Bank mit 8 Modulen à 18 Lampen

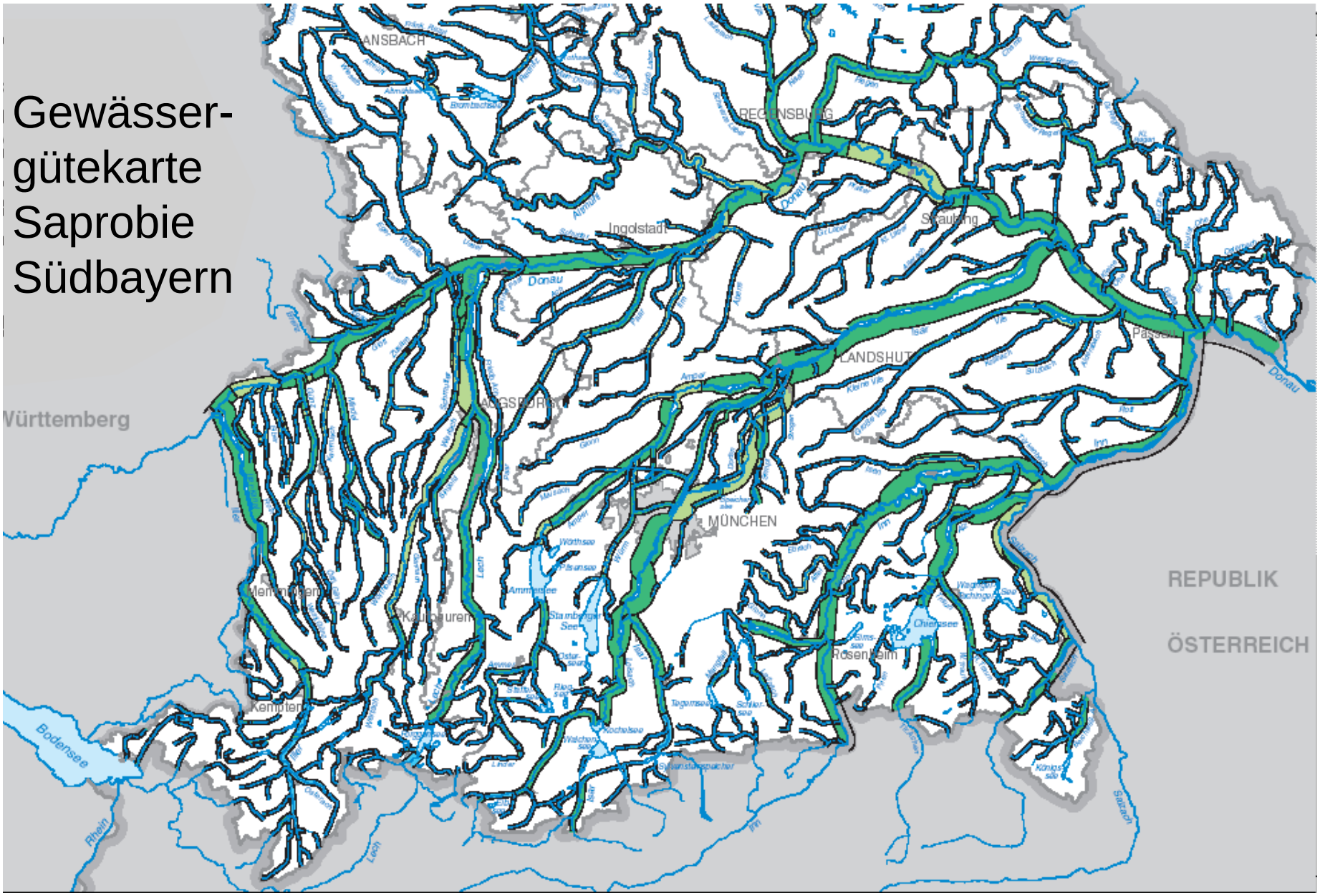
Bakteriologische Gewässerbelastungen

- Punktuelle Belastungen
  - Kläranlagen
  - Entlastungen aus Kanalisation

- Diffuse Belastungen
  - Landwirtschaft
  - Dezentrale Abwasserentsorgung
  - Weidebetrieb am Gewässer
  - Wildtiere, Wasservögel

Sonderprogramm Isar-Loisach-Würm

Münchner Stadtentwässerung



Sonderprogramm Isar-Loisach-Würm

Münchner Stadtentwässerung

Einzugsgebiet der Isar bis Landshut

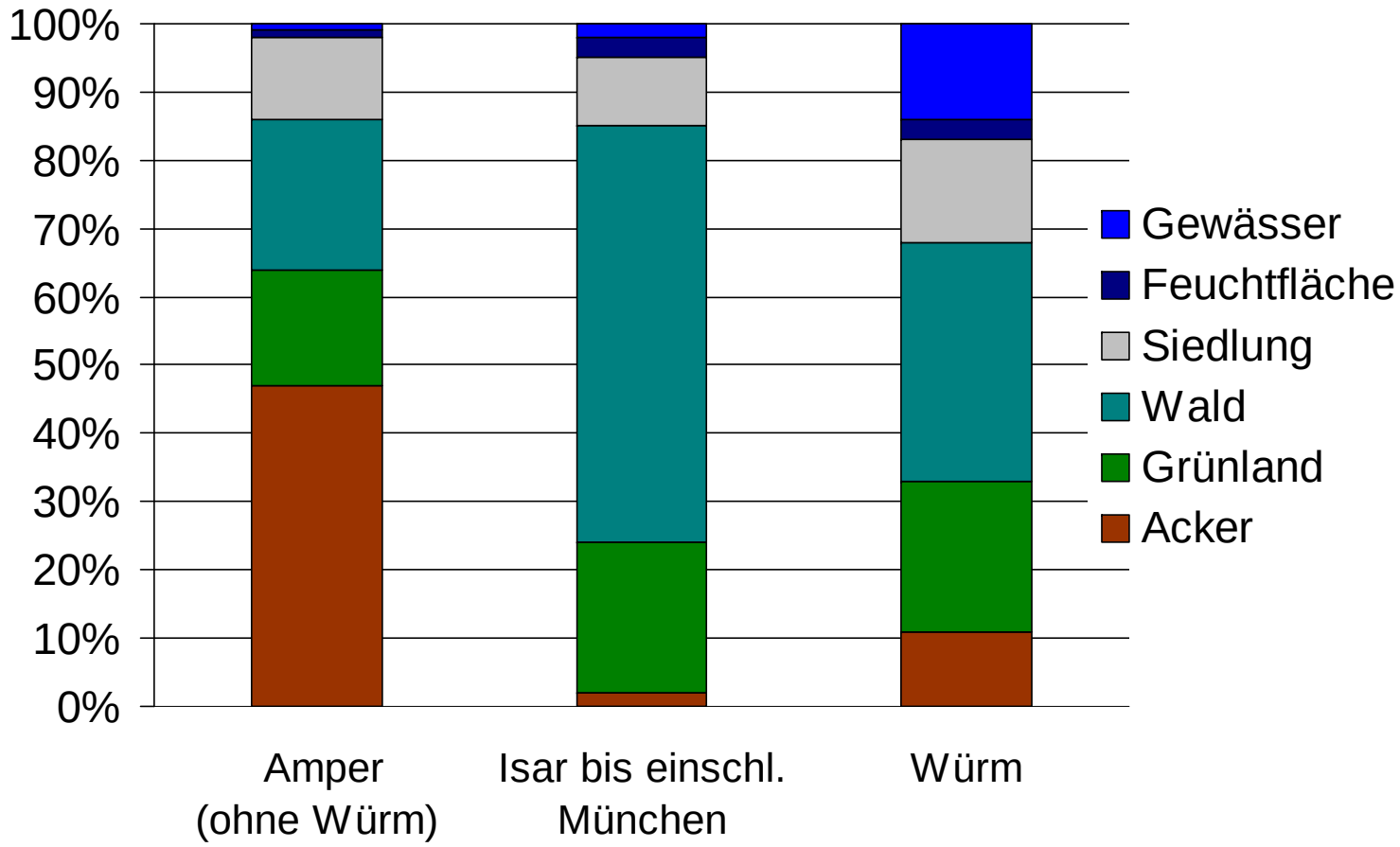
1997 – 1998

Untersuchungen zur Aufdeckung von Belastungs-schwerpunkten für Fäkalbakterien

Gewässergütekarte Saprobie
Isar - Loisach - Amper - Würm
(BayLfW)

Münchner Stadtentwässerung

Nutzungsanalyse



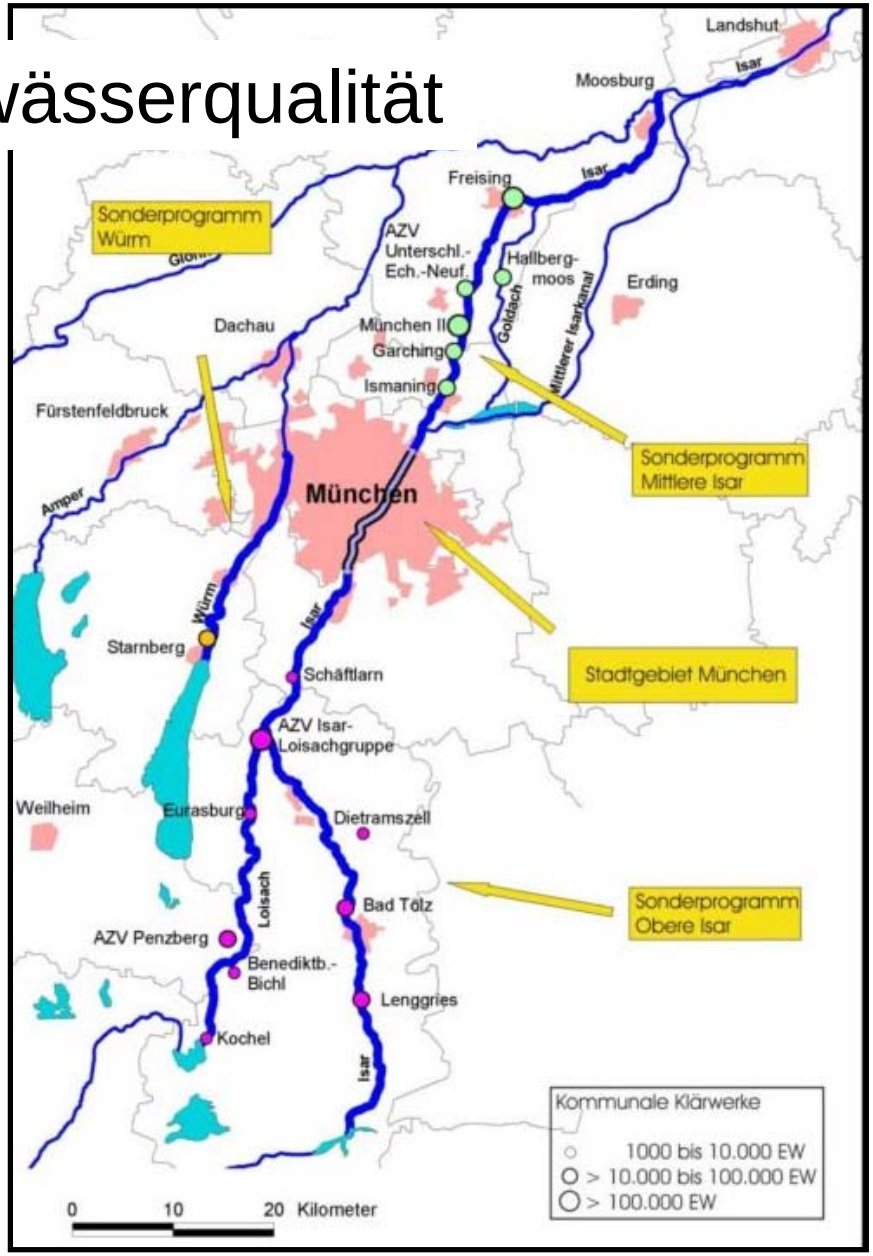
Vergleich der Nutzungen in den Einzugsgebieten (BayLfW)

Sonderprogramm Isar-Loisach-Würm

Münchner Stadtentwässerung

Sonderprogramm Badegewässerqualität

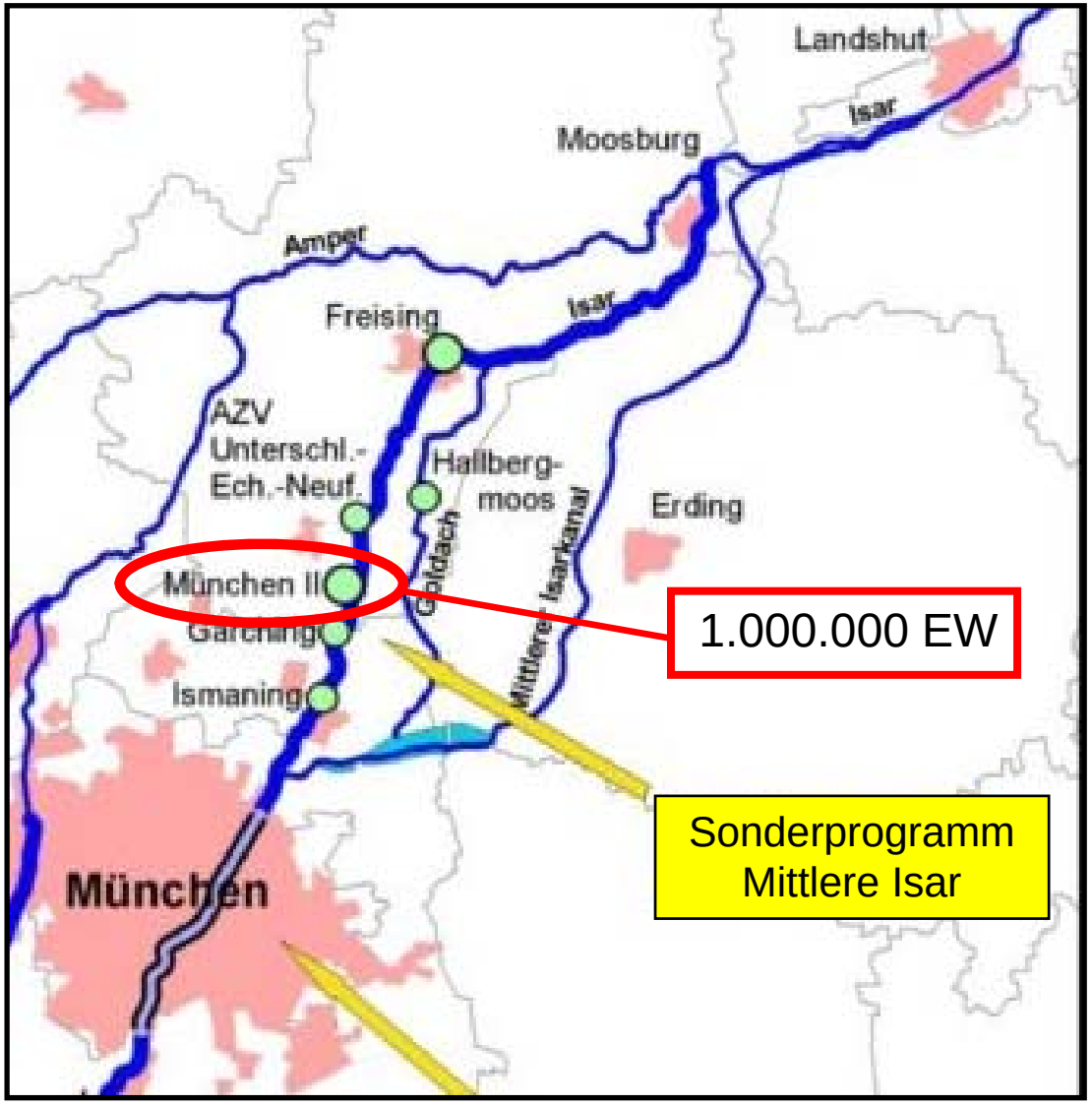
- Sonderprogramm Würm
  - Würm südlich München
  - 1 Kläranlage
- Sonderprogramm Mittlere Isar
  - Isar von München bis Moosburg
  - 6 Kläranlagen
- Stadtgebiet München
  - Abw.-Rückhalt, Renaturierung
- Sonderprogramm Obere Isar
  - Loisach und Isar südl. München
  - 4 + 5 Kläranlagen



(BayLfW)

Sonderprogramm Isar-Loisach-Würm

Münchner Stadtentwässerung



Mittlere Isar

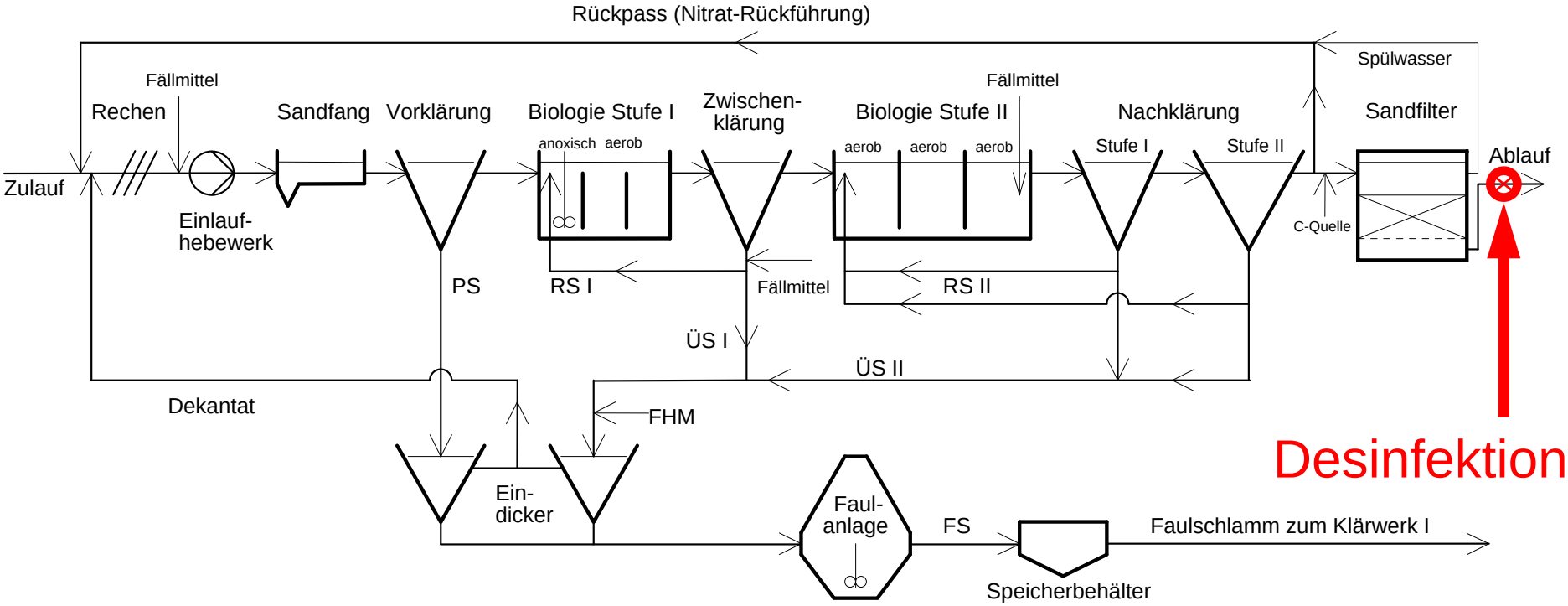
Kläranlagen

- Ismaning
- Garching
- **München II**
- Grüneck
- Freising

Desinfektion Klärwerk München II

Münchner Stadtentwässerung

Kläranlage München II „Gut Marienhof“



- Mechanische Reinigung
- Zwei getrennte biologische Stufen
- Sandfilter

Desinfektion Klärwerk München II

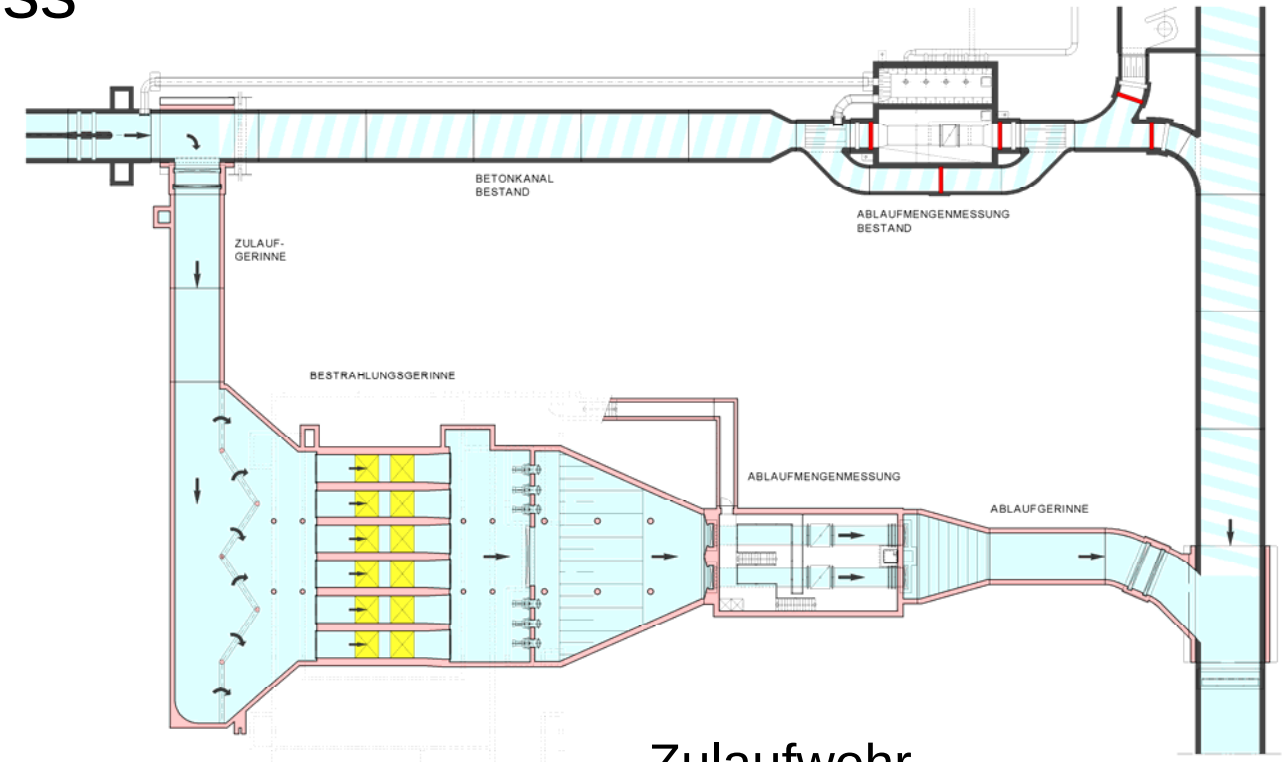
Münchner Stadtentwässerung

Sandfilter und Desinfektionsanlage Klärwerk München „Gut Marienhof“

Desinfektion Klärwerk München II

Münchner Stadtentwässerung

Grundriss

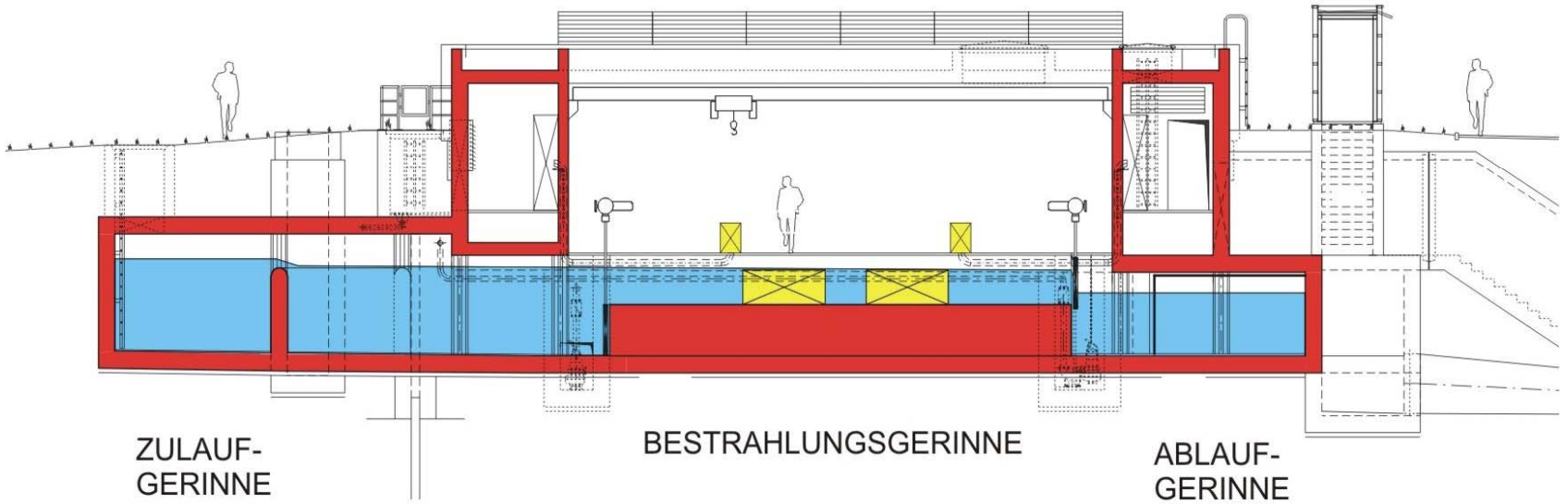


- Zulaufwehr
- 6 Bestrahlungsgerinne
- Ablaufpumpwerk
- Abflussmessung 2 x DN 1600

Desinfektion Klärwerk München II

Münchner Stadtentwässerung

SCHNITT



Desinfektion Klärwerk München II

Münchner Stadtentwässerung

Technische Daten

Ausbaugröße Kläranlage	**1.000.000 EW**
Abwasserabfluss bei Trockenwetter	**3,33 m³/s**
max. Abwasserabfluss bei Mischwasser	**6,00 m³/s**
min. Abwasserabfluss bei Nachtminimum	**0,50 m³/s**
abfiltrierbare Stoffe nach Sandfilter	**< 3 mg/l**
Transmission Ablauf Kläranlage	**> 70 % pro cm**
Mindest-UV-Bestrahlungsdosis	**450 J/m²**
Gesamtanzahl der Niederdruckstrahler in 12 Banks	**1.296 Stück**
Gesamt-Nennleistung	**ca. 450 kW**

Desinfektion Klärwerk München II

Münchner Stadtentwässerung

Fassade

Desinfektion Klärwerk München II

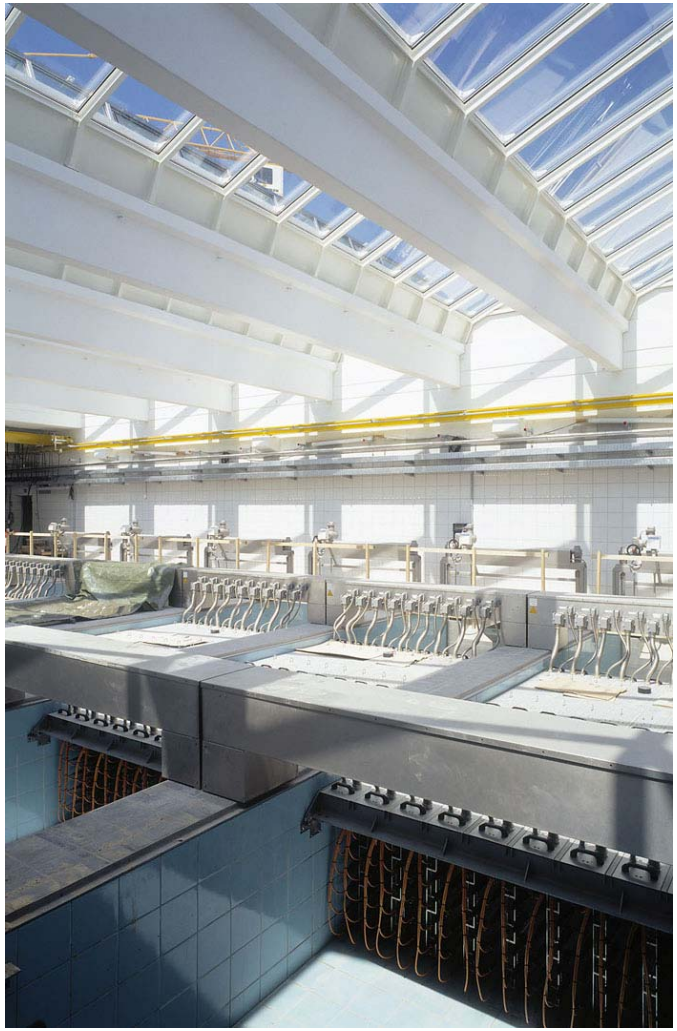
Münchner Stadtentwässerung

Halle mit Bestrahlungsgerinnen

Desinfektion Klärwerk München II

Münchner Stadtentwässerung

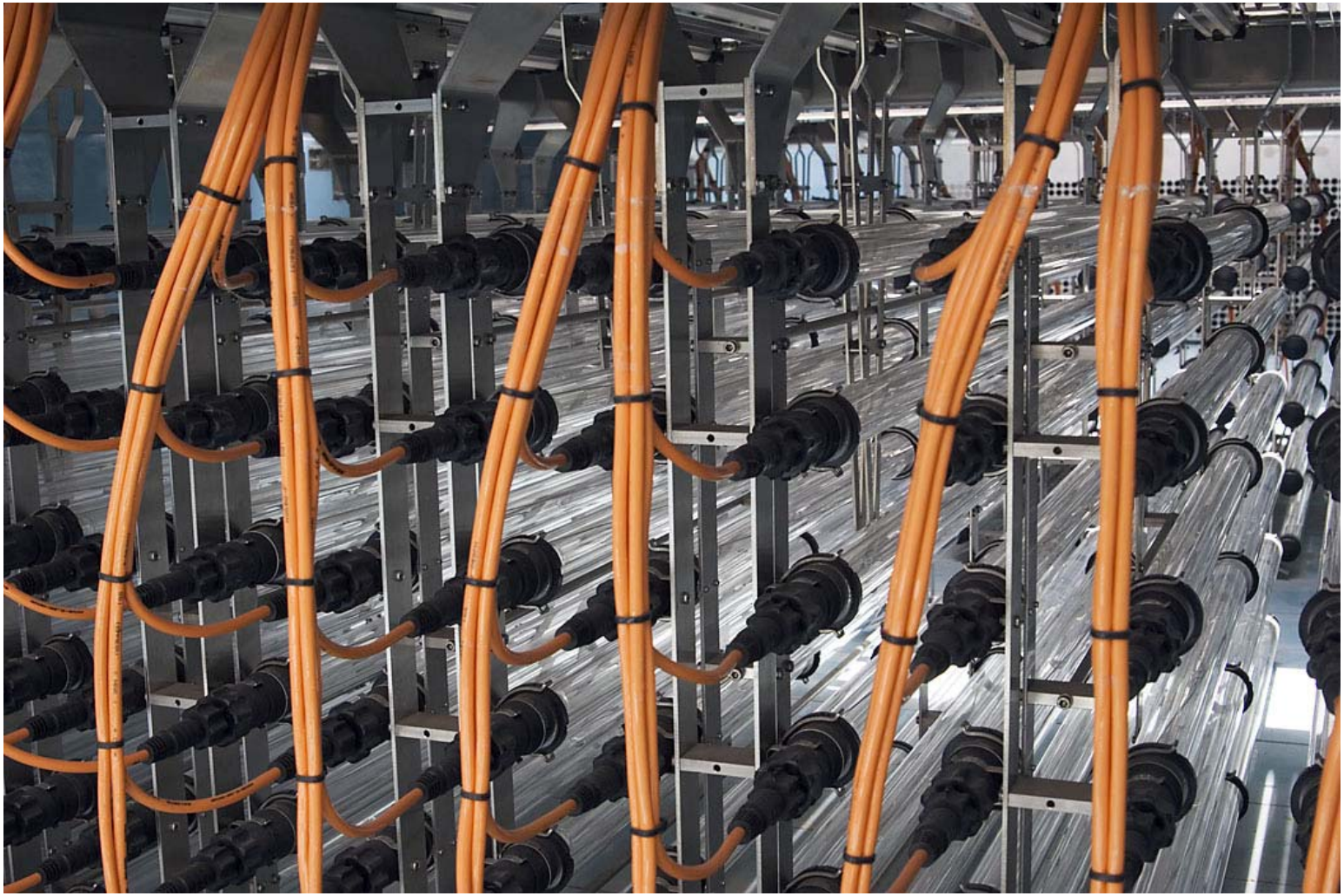
Halle mit Bestrahlungsgerinnen



Desinfektion Klärwerk München II

Münchner Stadtentwässerung

Bestrahlungseinheit



Spezifische Kosten

- **Investitionskosten (netto) 10 € / EW**
- **Strahlerersatzkosten umgerechnet pro Jahr (netto) 0,15 € / EW a**
- **Energie, Ersatzteile, Wartung (netto) 0,20 € / EW a**

- **Spez. Behandlungskosten für Desinfektion 2 - 3 Ct/m³**

Desinfektion Klärwerk München II

Münchner Stadtentwässerung

Betriebsergebnisse

	Grenz-wert *)	Leit-wert *)	Garantie-wert	19.04.06	03.05.06	10.05.06	22.05.06	14.06.06
Gesamt-coliforme Keime	10.000	500	50	1,5	3	4,3	2,3	0,5
Fäkal-coliforme Keime	2.000	100	10	1	1,5	1,5	1	0,5
Fäkale Strepto-kokken	---	100	10	0,5	2,5	0,5	0	0,5

Werte: Keime pro 100 ml im Ablauf der Desinfektionsanlage
*) nach BayBadeGewV vom 20.07.1998

Münchner Stadtentwässerung

Bakteriologische Gewässerbelastungen

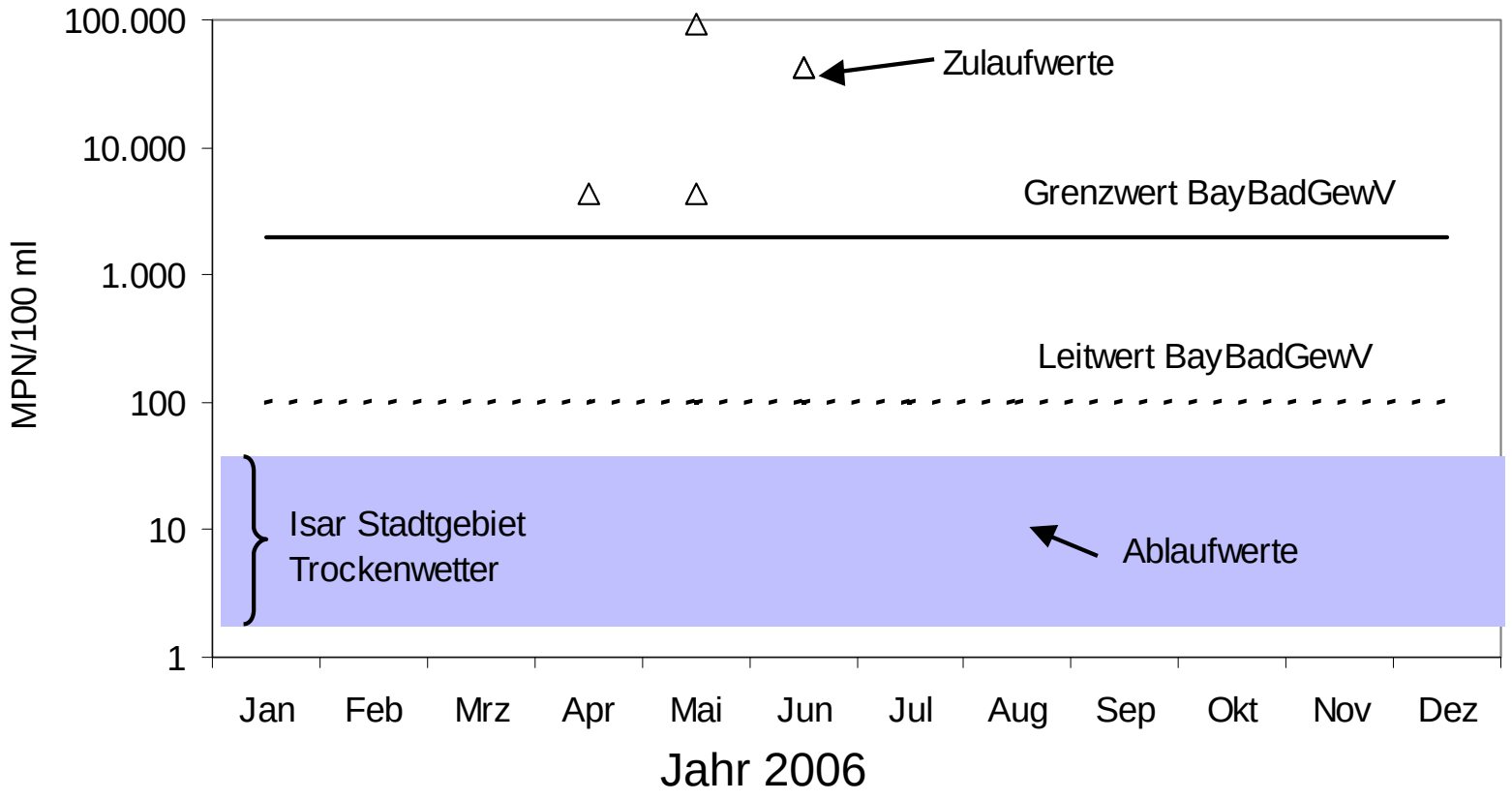
- Punktuelle Belastungen
  - Kläranlagen
  - Entlastungen aus Kanalisation

- Diffuse Belastungen
  - Landwirtschaft
  - Dezentrale Abwasserentsorgung
  - Weidebetrieb am Gewässer
  - Wildtiere, Wasservögel

Baden in der Isar

Münchner Stadtentwässerung

Wasserqualität der Isar



Fäkalcoliforme Bakterien (Untersuchungen TU München)

Baden in der Isar

Münchner Stadtentwässerung

Münchner Stadtentwässerung

Bakteriologische Gewässerbelastungen

- Punktuelle Belastungen
  - Kläranlagen
  - Entlastungen aus Kanalisation

- Diffuse Belastungen
  - Landwirtschaft
  - Dezentrale Abwasserentsorgung
  - Weidebetrieb am Gewässer
  - Wildtiere, Wasservögel

Baden in der Isar

Münchner Stadtentwässerung

Neues Hinweisschild für die Isar

...15. April bis 30. September...

...Wildfluss...

...keine konstante Badegewässerqualität...

...bei Starkregen...

...Einträge von Krankheitserregern...

...eigene Verantwortung...

Baden in der Isar

Münchner Stadtentwässerung

Die Isar wird von der Bevölkerung uneingeschränkt als Badegewässer angenommen

Münchner
Stadtentwässerung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit