

A experiência alemã no abastecimento urbano de água: presente e futuro sob o aspecto das mudanças climáticas

Semana Internacional Paulista de Águas Subterrâneas

19 A 22 DE MARÇO DE 2025
BAURU, SP

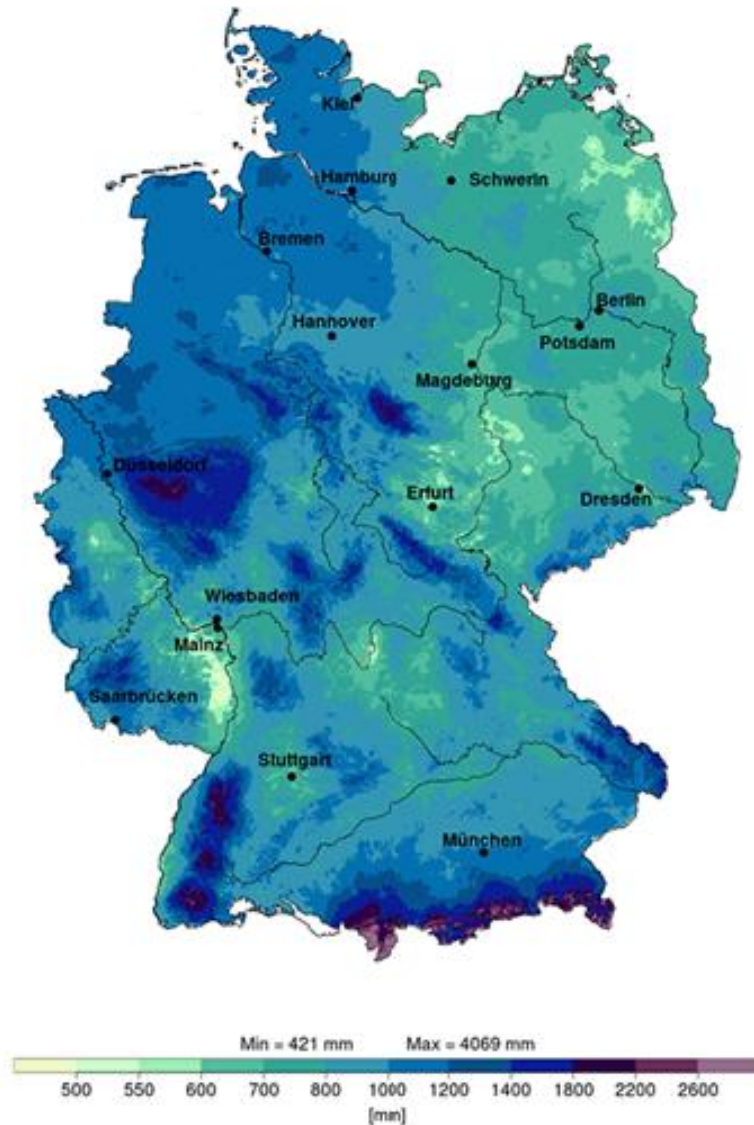
Prof. Dr. Uwe Troeger

Anteriormente chefe de departamento
da

Hidrogeologia Technische Universität Berlin
utroe@snaflu.de



Precipitação na Alemanha

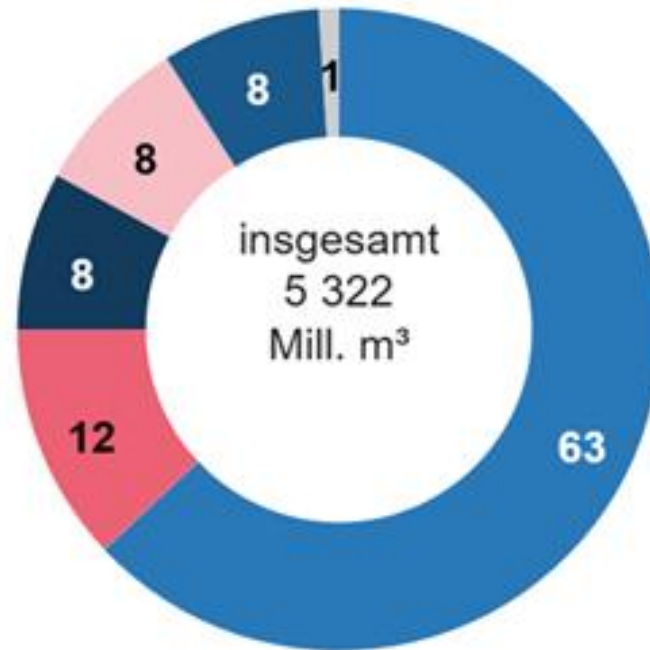


As maiores precipitações ocorrem nas montanhas e na borda dos Alpes

As montanhas Harz e as montanhas de ardósia da Renânia vêm em seguida, com menos precipitação. A rocha nessas regiões é relativamente impermeável e há pouca água subterrânea. A água é fornecida por meio de uma rede de reservatórios.

Extração pública de água 2022

Água subterrânea
Água de lagos e reservatórios
Água de nascente
Filtrado da margem do rio
Recarga artificial de água subterrânea
Água dos rios

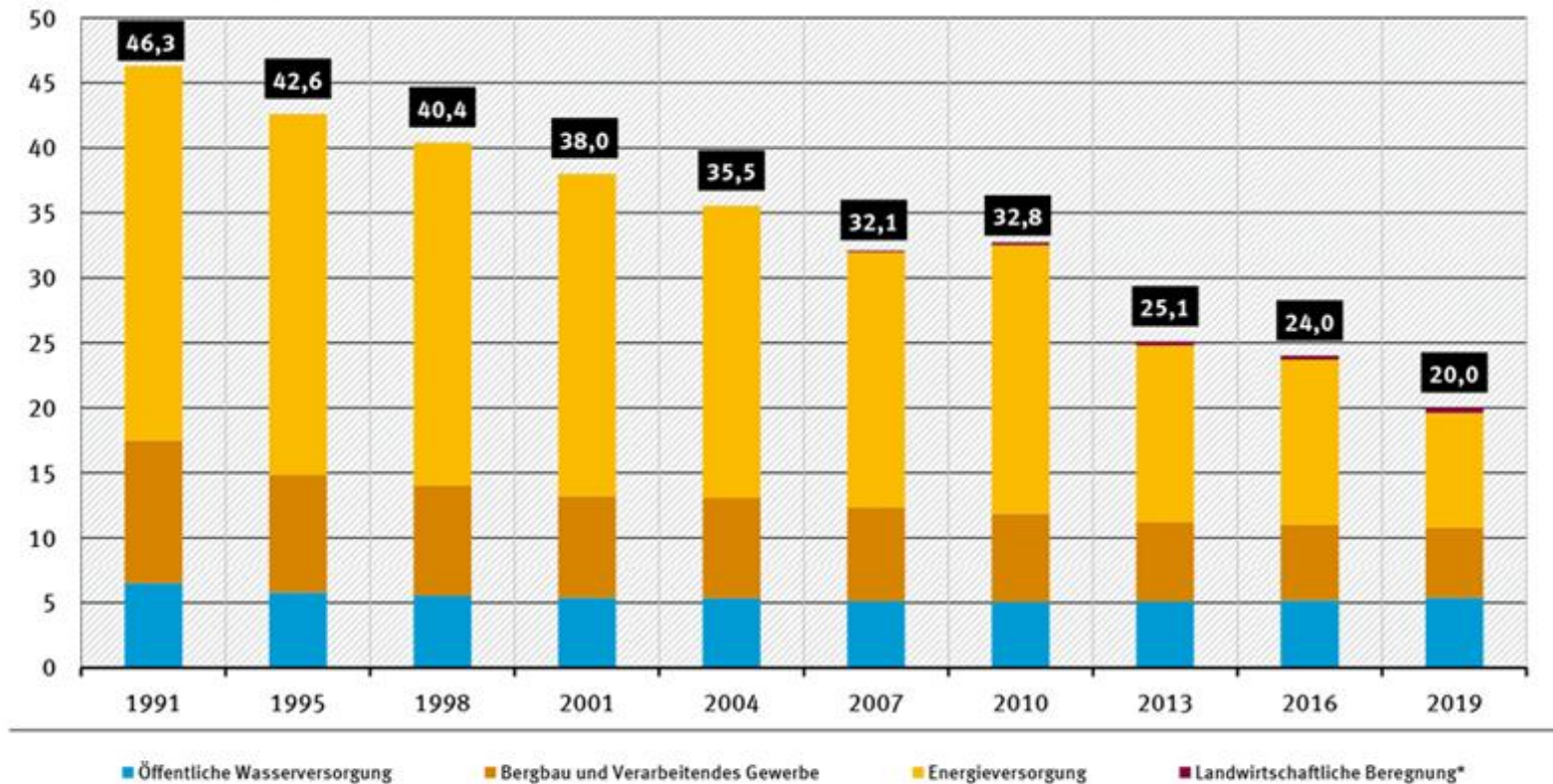


■ Grundwasser ■ See- und Talsperrenwasser ■ Quellwasser ■ Uferfiltrat
■ angereichertes Grundwasser ■ Flusswasser

Extração de água

Abastecimento público de água, mineração, indústria, energia e agricultura

Captação de água em bilhões de metros cúbicos

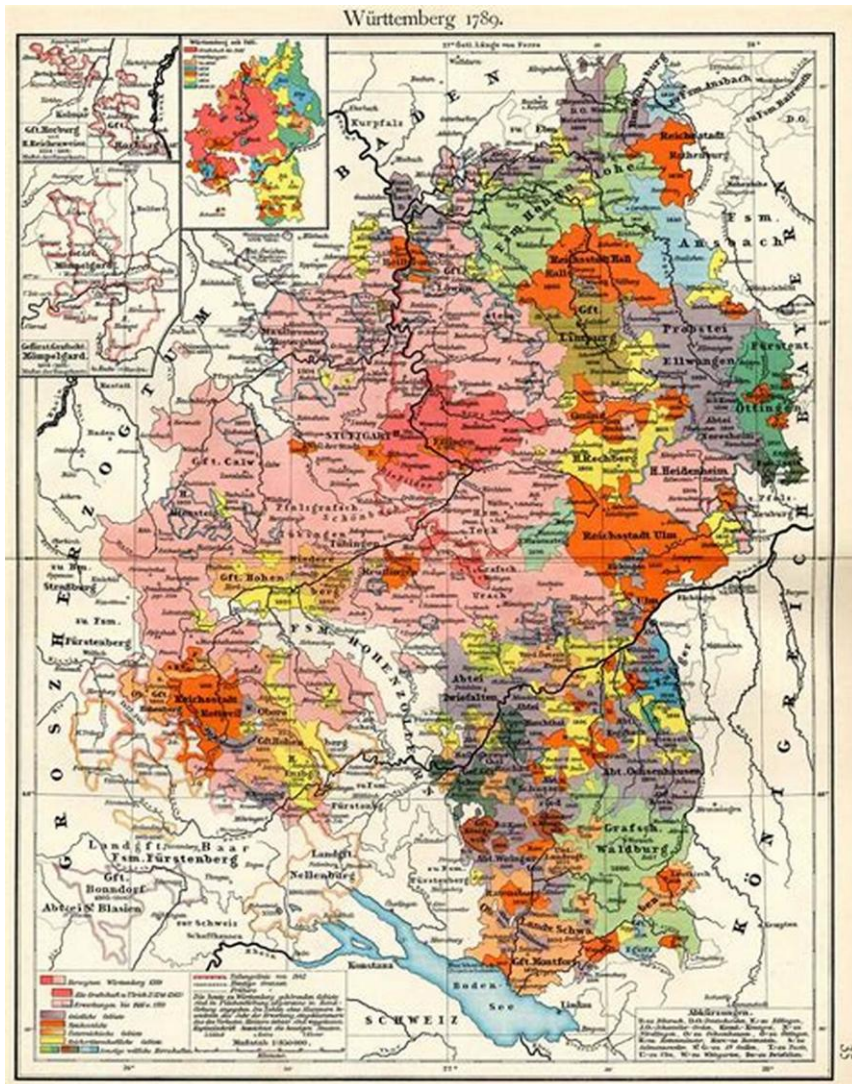


* Daten erst ab 2007 verfügbar

Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, R. 2.1.1 und 2.2, Wiesbaden, verschiedene Jahrgänge

Alemanha: uma colcha de retalhos até 1870

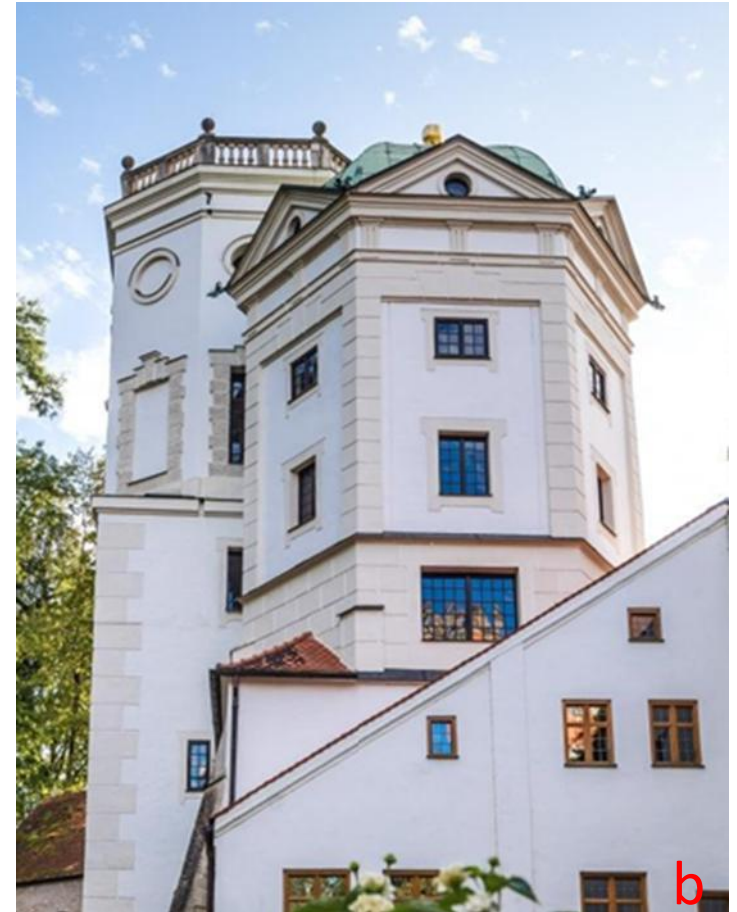
Condados, principados e cidades imperiais livres



Cidade de Augsburg – Bavaria



O sistema de **gerenciamento de água** de Augsburg desde o século 14 é um **Patrimônio Mundial da UNESCO**. Ele foi e é um sistema de gerenciamento que sempre esteve à frente de seu tempo e continuará a levar em conta as mudanças climáticas no futuro.

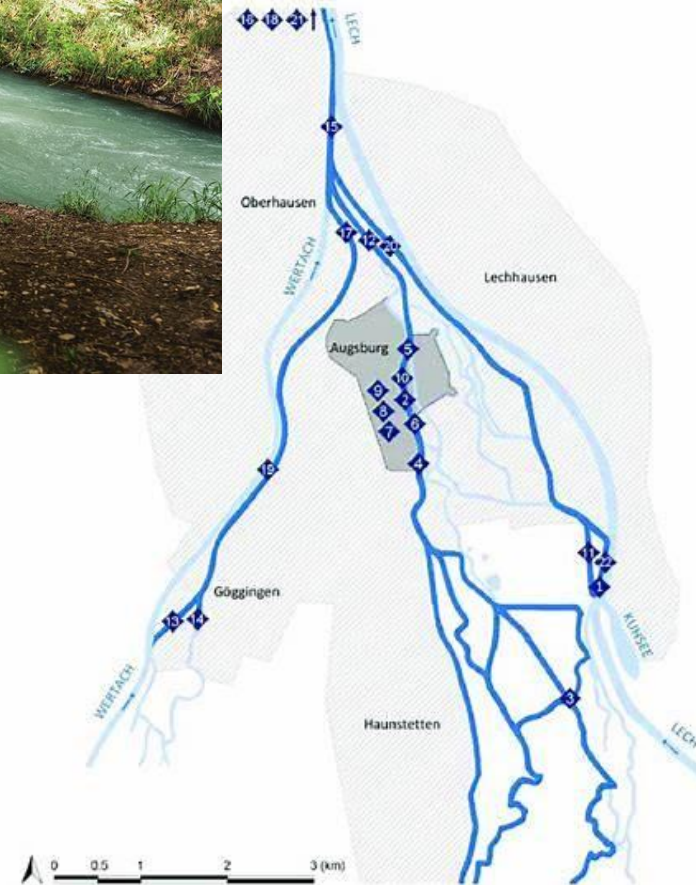
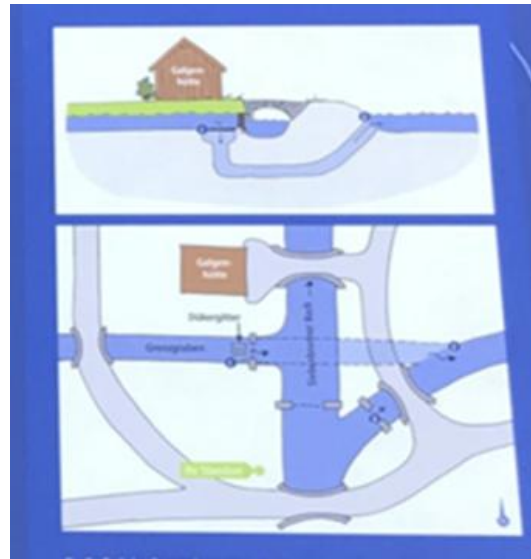


a) Aqueduto do período romano
b) Torre de água do século XV

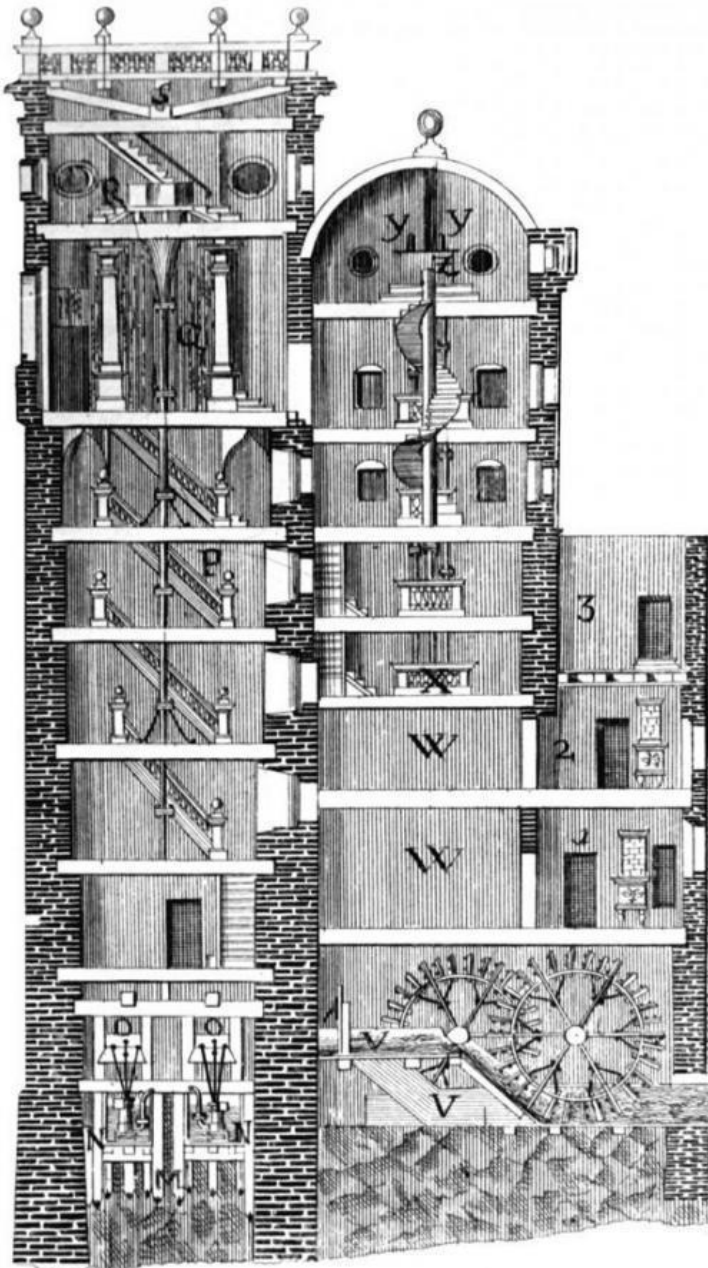
Gerenciamento de água de cidade de Augsburg desde 1416

A água da nascente foi canalizada sob o rio Lech, evitando que a água superficial contaminada se misturasse ou contaminasse a água potável bombeada da água subterrânea.

O sistema está pronto para ser operado e pode ser usado quando os poços que atualmente abastecem a cidade não fornecerem água suficiente.



Abastecimento de água potável



A separação da água potável e da água de processo existe desde 1416, quando foi construída a primeira torre de água, que ainda hoje pode ser visitada graças à sua manutenção permanente.

A água subterrânea (captação da nascente) era bombeado para a cidade usando rodas de Arquimedes e a água era canalizada para as casas por meio de um tubo de pressão. O lençol freático (captação da nascente) era bombeado para a cidade usando rodas de Arquimedes e a água era canalizada para as casas por meio de um tubo de pressão.

As rodas eram movidas por 10 moinhos.

Leis e regulamentos que já exigem planejamento antecipado

- Lei de Recursos Hídricos (1952 para RFA)
- Lei sobre a organização do balanço hídrico (Lei Federal da Água – WHG, 1957)
- Portaria sobre a proteção de águas subterrâneas (Portaria sobre águas subterrâneas - GrwV) de 2010
Março de 2021
- Diretrizes sobre áreas de proteção de água potável;
Parte 1: Áreas de proteção de águas subterrâneas

DIRECTIVA 2000/60/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO

de 23 de Outubro de 2000

que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da
política da água

Tendo em conta o Tratado que institui a Comunidade Europeia e, nomeadamente, o n.º 1 do seu artigo 175.º ,

Tendo em conta a proposta da Comissão (1) ,

Tendo em conta o parecer do Comité Económico e Social (2),

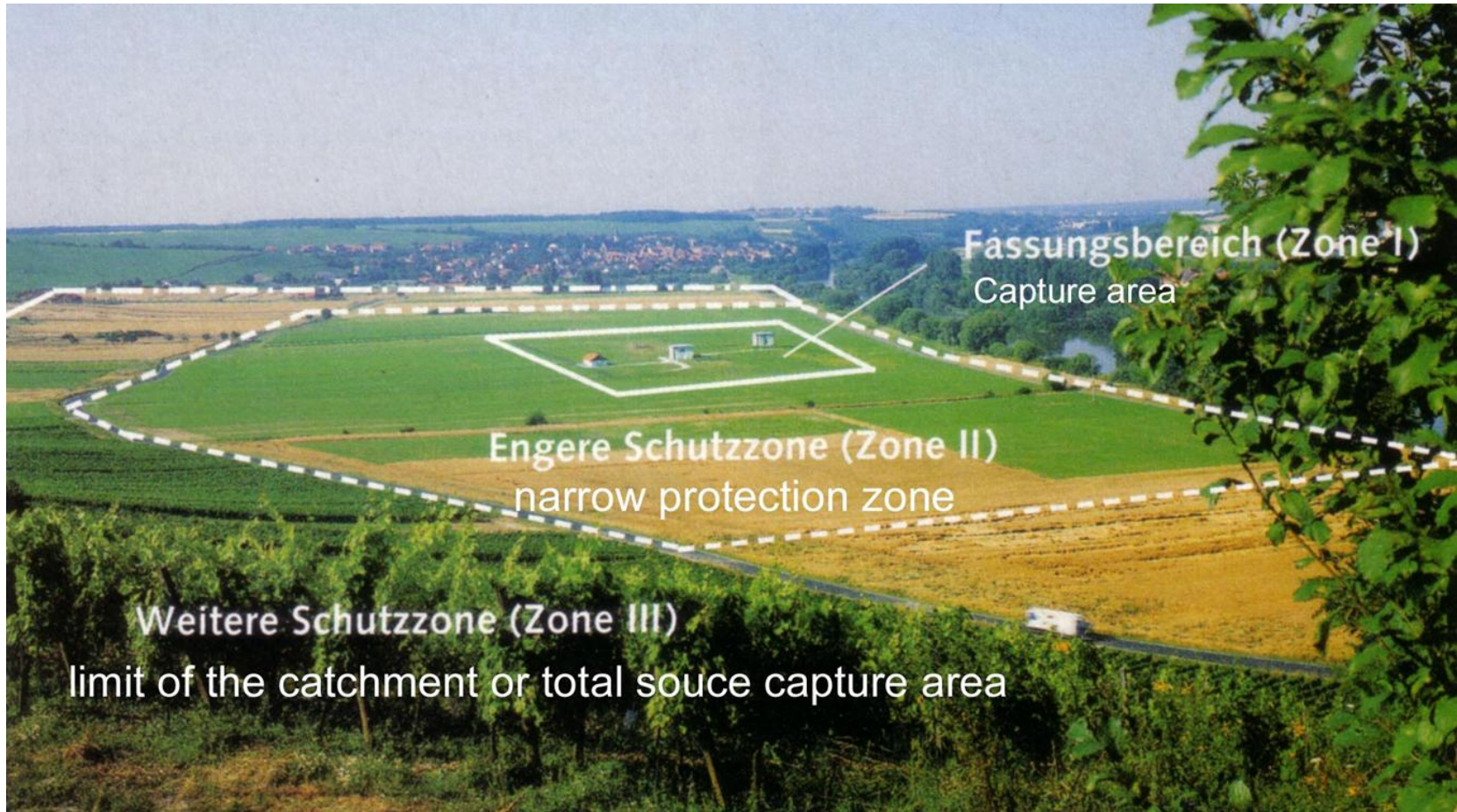
Tendo em conta o parecer do Comité das Regiões (3),

Deliberando nos termos do artigo 251.º do Tratado (4), à luz do projecto comum aprovado pelo Comité de Conciliação em 18 de Julho de 2000,

1) A água não é um produto comercial como outro qualquer, mas um património que deve ser protegido, defendido e tratado como tal.

Diretiva 2014/80/UE da Comissão, de 20 de junho de 2014, que altera o Anexo II da Diretiva 2006/118/CE do Parlamento Europeu e do Conselho relativa à proteção das águas subterrâneas contra a poluição e a deterioração.

A proteção de águas subterrâneas



As normas para as áreas protegidas restringem significativamente a utilização e constituem uma expropriação. O proprietário da terra é indenizado por isso de uma só vez ou recebe pagamentos anuais de indenização.

Nitrato - um problema de contaminação das águas subterrâneas

Mais de 75% da demanda de água na Alemanha é coberta por águas subterrâneas

Quase 100% da recarga de água subterrânea vem da precipitação

Mudanças no suprimento de água subterrânea resultam em mudanças na captação

Outro problema é a qualidade da água subterrânea, por exemplo, a contaminação por nitrato

Os modelos numéricos apoiam a seleção dos locais dos poços

Nitratbelastung des Grundwassers

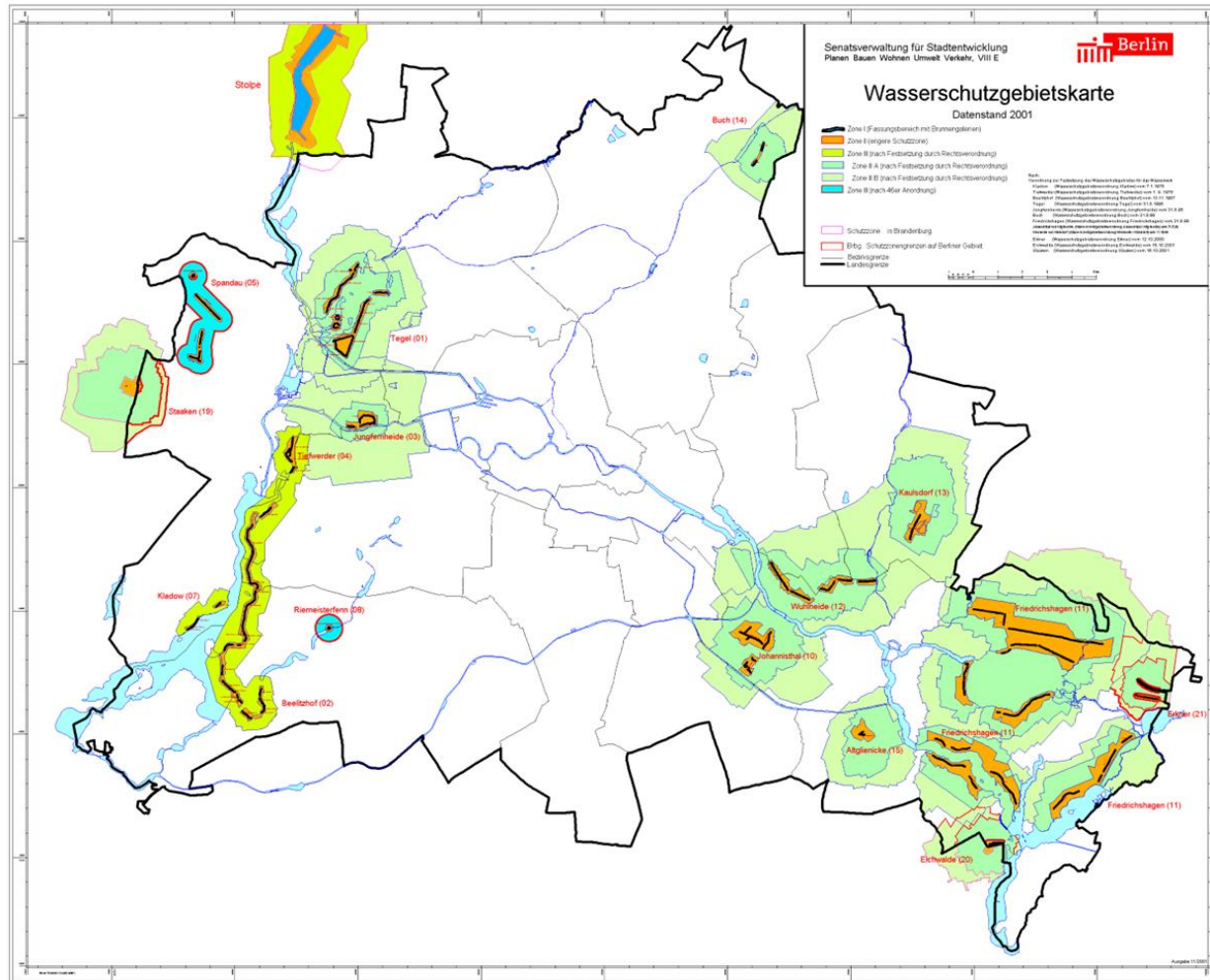
-  Guter Zustand (bis zu 50 mg Nitrat / Liter)
-  Schlechter Zustand (über 50 mg Nitrat / Liter)

DVGW-Grafik; Quelle: WasserBLick / BfG 2010



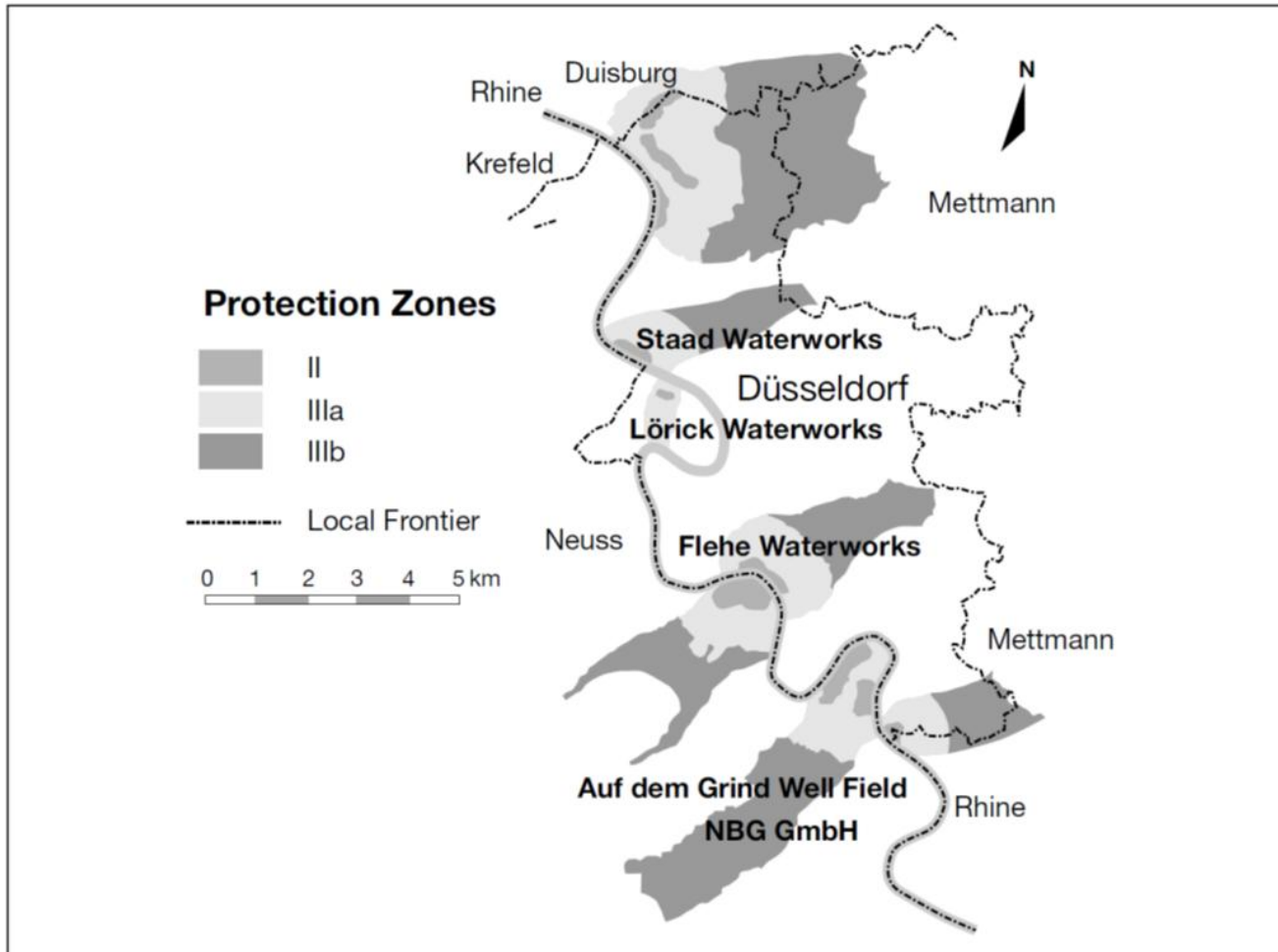
O maior problema na Alemanha não é tanto a quantidade, mas a qualidade da água potável.

Áreas de proteção de água potável



Os poços bombeiam a água subterrânea real e o filtrado do banco, que também é água subterrânea em termos legais.

Água filtrado do banco do rio



Aquíferos muito limitados têm baixo rendimento (aquíferos de fissura). A água do Reno é filtrada nos sedimentos do rio e tem qualidade de água potável. Os poços são fechados em caso de alarme do Reno. O potencial de produção de água filtrada excede em três vezes o consumo.

Galerias de poços ao longo do Reno



Os poços têm de 25 a 30 m de profundidade. O nível estatico da água nos poços está no nível do Reno. Em caso de rebaixamento, a água subterrânea natural e a água do Reno filtrada pelas margens fluem para os poços.

Isso garante água potável suficiente, mesmo durante períodos de seca mais longos

Recarga artificial (2º passo)



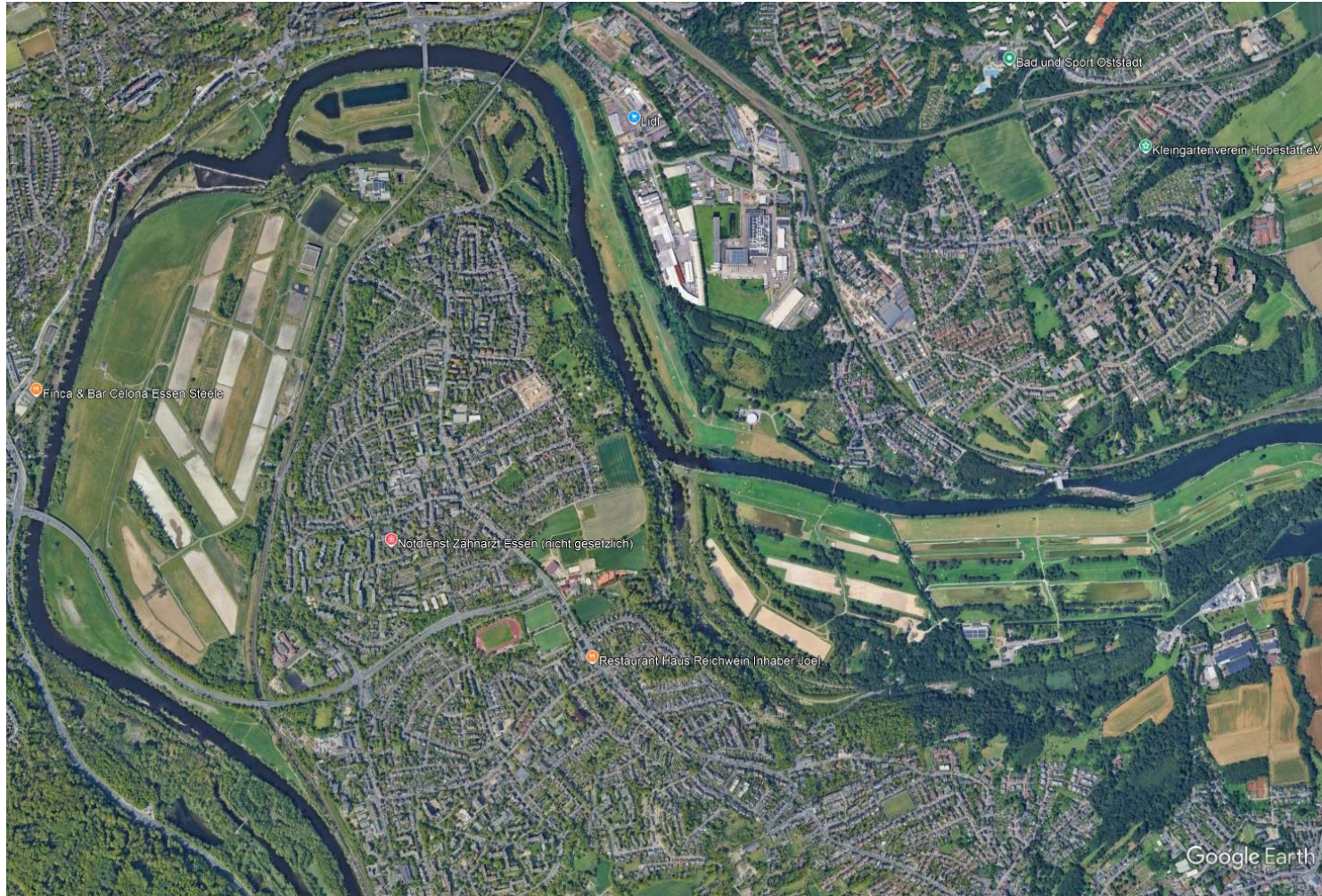
Infiltração do filtrado do banco para obter água potável de alta qualidade

Literatura sobre filtragem de bancos

C.K. Schmidt, H.-J. Brauch, Benefits of riverbank filtration and artificial groundwater recharge: The German experience, In: M. Dimkic, H.-J. Brauch, M. Kavanough, Groundwater management in large river basins, 310-331, IWA Publishing (2008).

C.K. Schmidt, H.-J. Brauch, Characteristics of natural attenuation processes for organic micropollutant removal during riverbank filtration, In: M. Dimkic, H.-J. Brauch, M. Kavanough, Groundwater management in large river basins, 332- 352, IWA Publishing (2008).

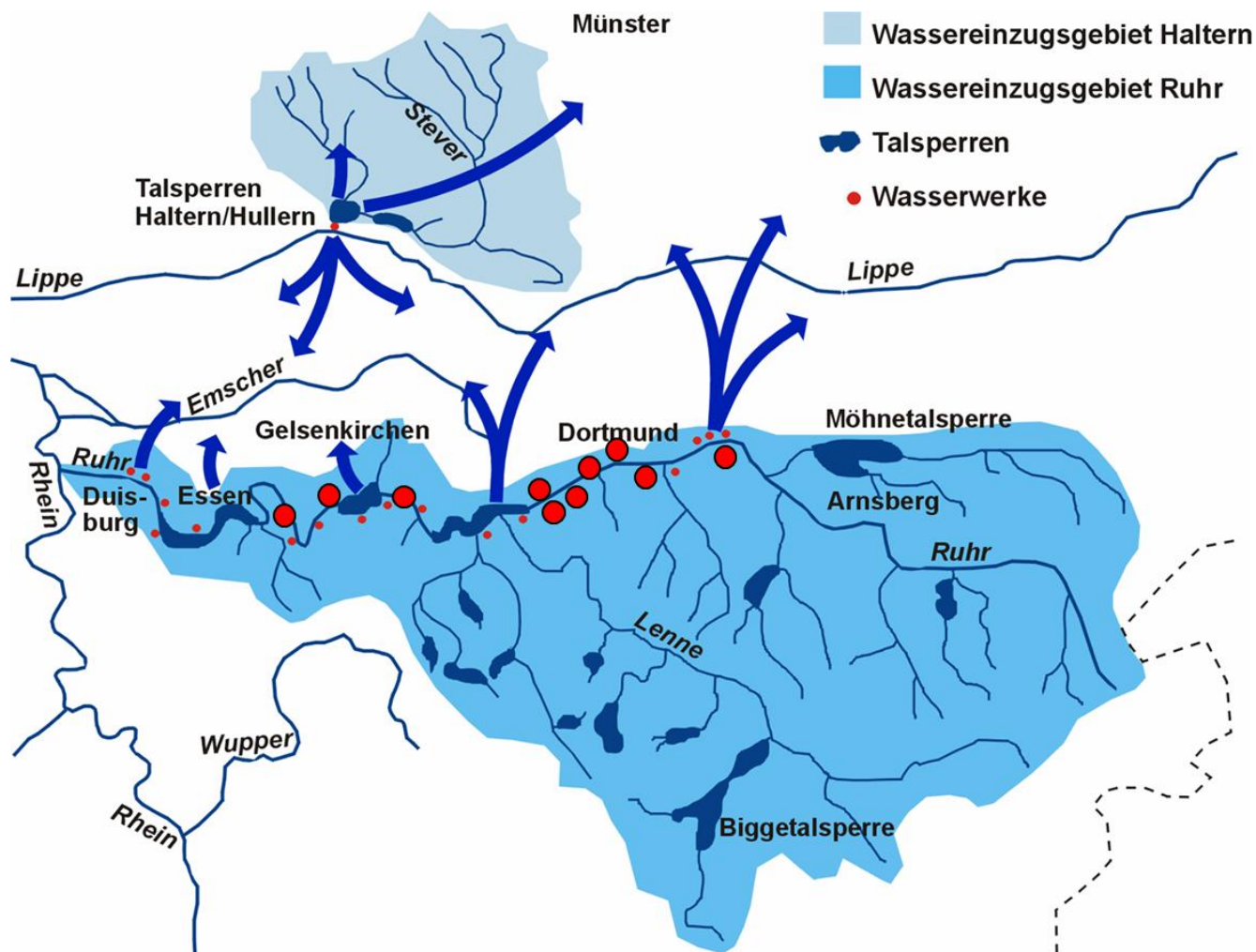
Recarga artificial de água subterrânea para abastecimento público na região do Reno-Ruhr desde 1912



Abastecimento de água para cerca de 5 milhões de pessoas



Abastecimento de água para cerca de 5 milhões de pessoas por meio da recarga artificial de águas subterrâneas

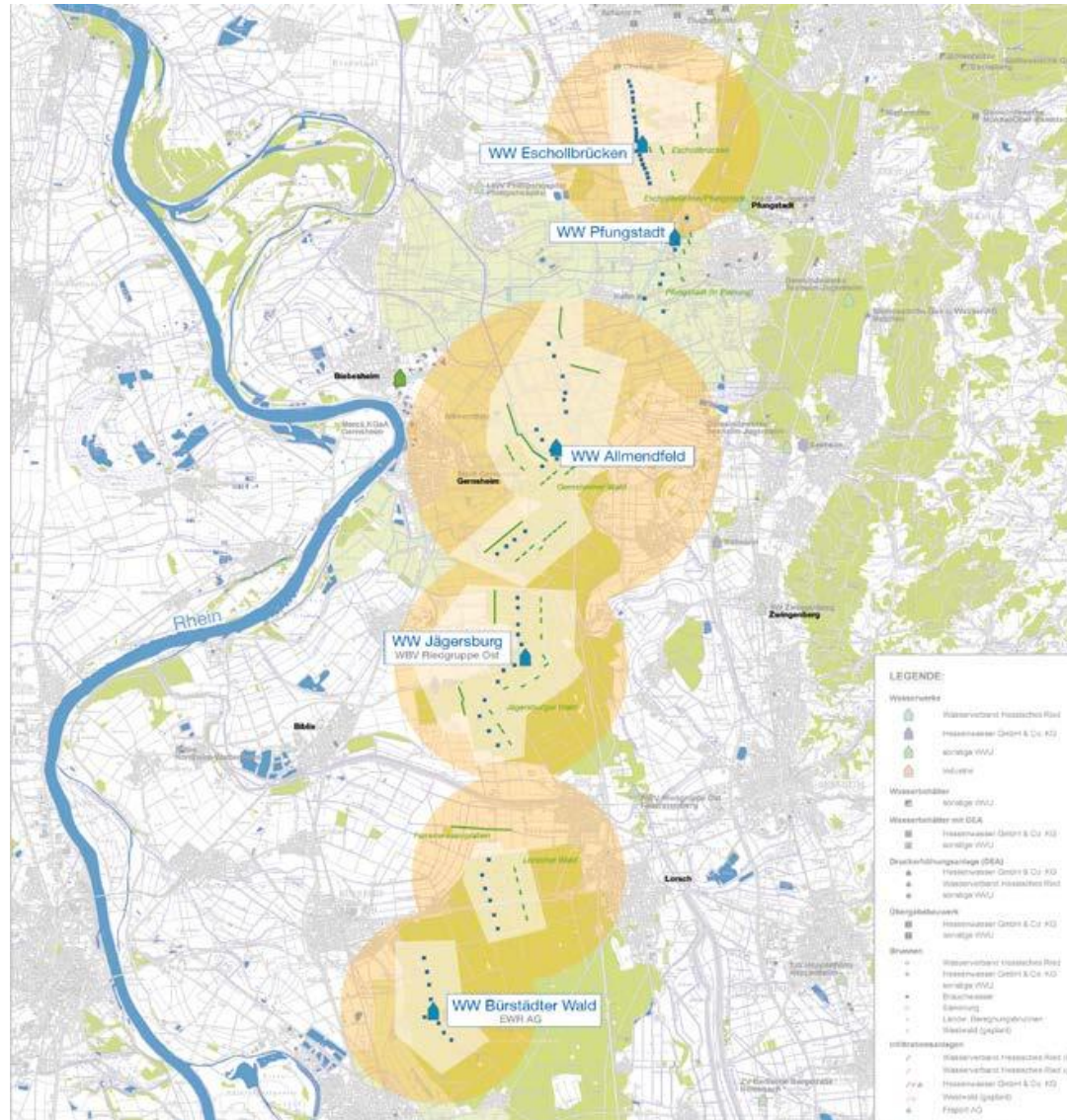


Purificação da água do Reno para água potável (Hessisches Ried)

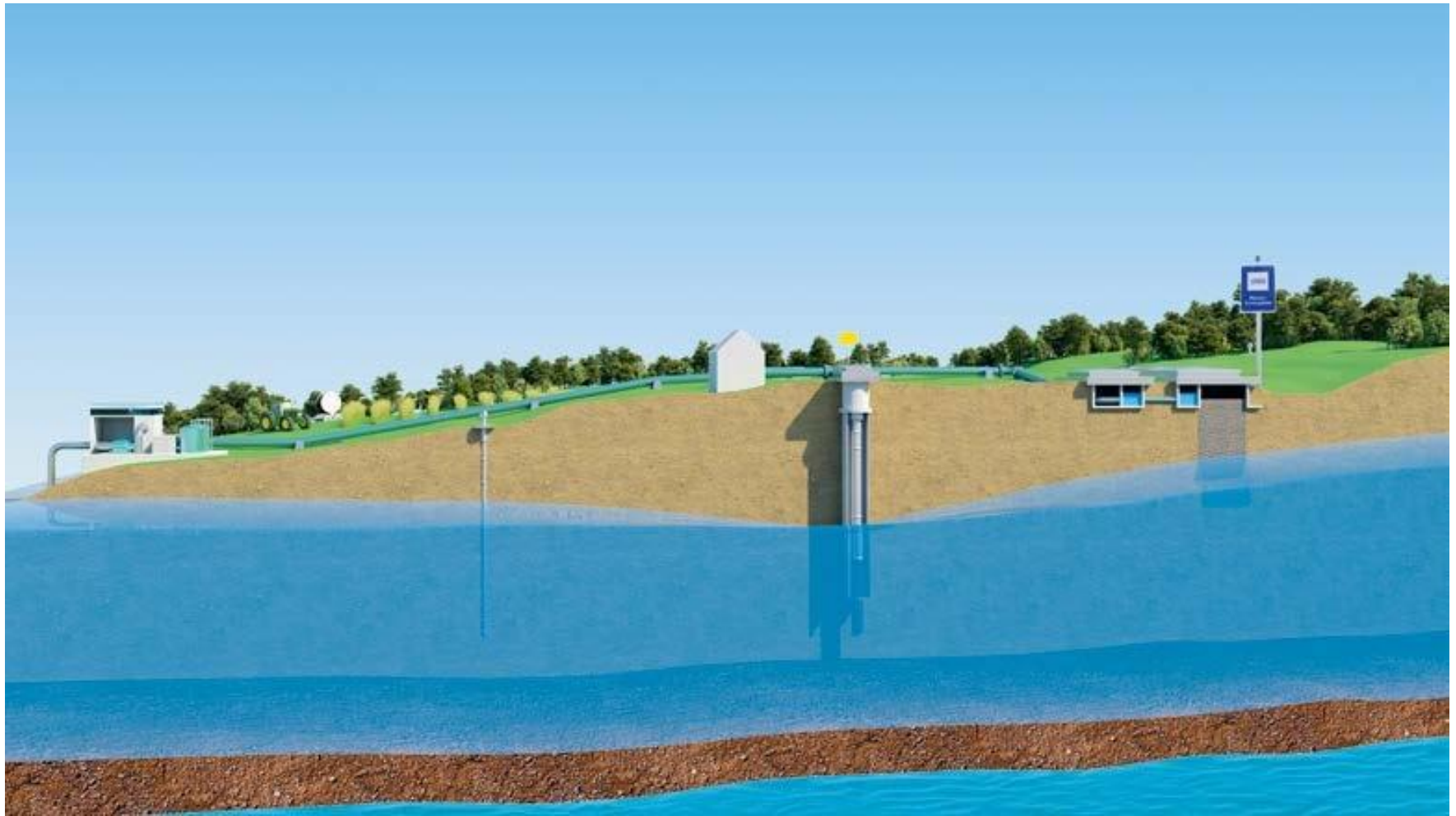


A legislação da UE exige que a água usada para recarga artificial de águas subterrâneas seja de qualidade semelhante ou superior.

Hessian Ried recarga artificial de água subterrânea e o sistema de abastecimento de água.



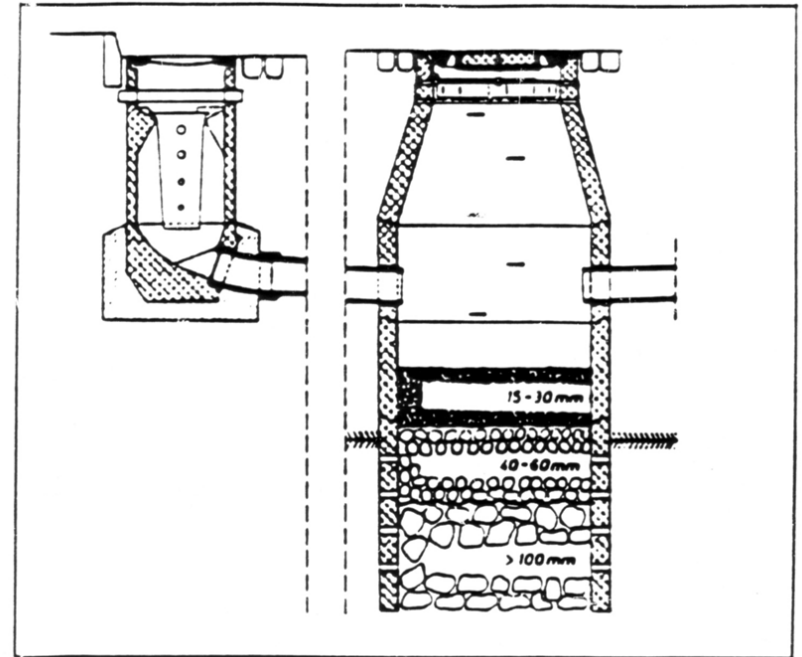
Esquema para recarga artificial de água subterrânea no Hessian Ried



Trincheiras de fenda para recarga artificial de água subterrânea



Recarga artificial de água subterrânea por meio de trincheiras de infiltração e leitos de cascalho em terras baixas



Dependendo do estado federal, uma taxa deve ser paga pelos solos impermeáveis causados pelo desenvolvimento ou a água da chuva deve ser infiltrada. A lei federal deixa a cargo dos estados federais a decisão de como lidar com esse fato.

Resiliência das cidades à beira-mar

- A garantia do abastecimento de água potável para as cidades do Mar do Norte e do Mar Báltico tem dois componentes.
- A intrusão de água do mar aumenta com o aumento da captação de água subterrânea. Devido às temperaturas mais altas, o gelo nos polos está derretendo e espera-se que os níveis de água do mar aumentem. Como resultado, a intrusão de água do mar continuará a aumentar.
- Até o momento, apenas a cidade de Bremen tem uma tubulação de longa distância para os reservatórios de Harz.
- Ou a água salobra é convertida em água potável por osmose reversa ou os poços precisam ser abandonados.
- Não há planos concretos para isso

Nilômetro na ilha de Elefantina - Assuã

Obrigado por sua atenção
Sempre pronto para responder perguntas

