

## 5 Slutsatser och rekommendationer

### 5.1 Tyska rekommendationer för framtida användning av Rieselfelder

En särskild rådgivande kommitté har utarbetat vetenskapligt- tekniska rekommendationer för hur Rieselfelder bör beredas och utnyttjas i framtiden (Empfehlungen des Wissenschaftlich-technischen Beirates Rieselfelder beim Landesumweltamt Brandenburg zur Rieselfeldnachnutzung im Umland von Berlin, Dezember 1995).

#### 5.1.1 Markskydd

Kommittén tar i sina rekommendationer hänsyn dels till i vilket tillstånd Rieselfelder nu befinner sig i, dels den tänkta framtida användningen.

Det nuvarande tillståndet indelas i

I/ Avställda och omgjorda Rieselfelder, strukturen finns inte längre kvar. Marken har bearbetats och omblandats, halten organiskt material har minskat kraftigt, pH-värdet i marken har sjunkit.

II/ Rieselfelder där strukturen finns kvar (vallar, dammar, diken etc.) men som inte längre tillförs vatten. Några minskningar i humushalter eller pH-värden har ännu inte börjat märkas.

III/ Rieselfelder som fortsatt hålls fuktiga genom tillförsel av vatten. Höga halter humus i markskiktet, inga pH-sänkningar.

Bland de tänkta användningsområdena finns a/ att låta dem fortsätta som infiltrationsytor, men med rent eller behandlat vatten och med andra belastningar; b/ att förvandla dem till grönområden; c/ att använda dem till åkerbruk eller trädgårdsskötsel; d/ att utnyttja dem till skogsbruk samt e/ att bebygga marken.

De olika användningsområdena kräver olika behandling av marken. I regel föreslås fukthållning av marken, ofta i kombination med kalkning antingen till pH 6,5 eller till pH>7. Fukthållningen kan ske med renvatten eller med biologiskt behandlat avloppsvatten där närsalterna kväve och fosfor reducerats. Om marken skall bebyggas rekommenderas att marken förseglas helt.

#### 5.1.2 Vattenskydd

För att skydda grundvattnet och ytvatten anses det inte vara nödvändigt med en sådan fukthållning som rekommenderats för skydd av marken enligt ovan. Den potentiella faran från vattensynpunkt ligger i anrikningen och urlakningen av skadliga ämnen, framför allt tungmetaller men också fosfor, kväve och organiska miljögifter.

För att skydda den övre grundvattenzonen rekommenderas i första hand att de särskilt belastade områdena (inloppsområden, avsättningsbassänger, diken mm.) säkras och snarast möjligt saneras. För andra högt belastade om-

råden rekommenderas bevattning med grundvatten som pumpats upp lokalt, eventuellt i kombination med plantering av närsaltkrävande växter. Det avrådes från beskickning med renat avloppsvatten.

Därjämte rekommenderas

- att inget okontrollerat uttag av grundvatten sker från den översta grundvattenreservoaren
- att, om marken skall användas för jordbruk eller skogsbruk, användningen av gödselmedel och växtbehandlingsmedel sker på ett kontrollerat och miljöriktigt sätt
- att, om marken skall bebyggas och därmed förseglas, allt dagvatten tillförs grundvattnet genom kontrollerad infiltration.
- att grundvattnet skyddas mot infiltration av skadliga ämnen genom att ett heltäckande växtskikt etableras och genom en lokalt anpassad tillförsel av kalk och humus.

Om emellertid fukthållning med renat avloppsvatten väljs av andra skäl, måste grundvattenbildningen och avrinningen till ytvattenrecipienter beaktas. Före utledning i vattendrag kan vattnet behöva renas med avseende på fosfor och kväve.

### 5.1.3 Vegetation

#### *Nedlagda Rieselfelder*

Nedlagda infiltrationsanläggningar används i Tyskland huvudsakligen för följande ändamål:

- Fortsatt infiltration av förorenat avloppsvatten eller dagvatten (för att bevara våtmarken, motverka mineralisering av jordar och bidra till grundvatten-nybildningen)
- Odling (begränsat urval av grödor)
- Permanent skogsplantering
- Energiskog.
- Bebyggelse (försegling av marken rekommenderas).

De grödor som rekommenderas för odling på förorenade jordar är i princip endast majs och stråsäd, där de skadliga ämnena binds i bladen, inte i kärnorna. Trots detta tillåts i Tyskland inte att dessa grödor används för utfodring av köttdjur, endast av sporthästar.

Vid odling av lövträd binds ämnena i löven, medan veden är fri från föroreningar. När bladen faller binds ämnena i ett lokalt kretslopp. Veden kan användas som bränsle och för andra ändamål. Träden fälls under den avlövade perioden av året.

### *Infiltration av dagvatten.*

De tyska riktlinjerna för utformning av infiltrationsanläggningar för dagvatten<sup>2</sup> föreskriver, att anläggningarna ska utformas som öppna infiltrationsbäckar, med naturnära utformning och plantering (se Figur 3.16). Riktlinjerna är mycket detaljerade och föreskriver bl.a:

- Oregelbunden, buktande form, med växlande lutningar och släntbredder
- Minst 2 meter breda grundvattenområden i strandzonen
- Minst 1.5 meters vattendjup (företrädesvis 2m) utanför strandzonen (för att motverka igenväxning)
- Anläggning av planterade öar (vid tillräckligt stora bäcken)
- Naturnära plantering, med inhemska och för platsen lämpliga växter, varvid en lämplig avvägning av sol och skugga på vattenytan ska eftersträvas.

För växtvalet ges rekommendationer, uppdelade på fyra olika typer av zoner:

- 1 Permanenta undervattensområden
- 2 Grundvattenområden (ständigt - ofta översvämmade områden)
- 3 Tidvis översvämmade områden
- 4 Områden helt ovanför den växlande vattenspegeln (fast mark)

Växterna understöder tillsammans med bottenskiktet den naturliga reningen av vattnet på olika sätt.

- Högre vattenväxter verkar som filter, genom att hejda och binda partiklar i vattnet.
- Högre vattenväxter och alger kan ta upp lösta kemiska ämnen direkt ur vattnet (t.ex mineralsalter, phenoler)
- Strandväxter, särskilt sälj och al, tar upp lösta föroreningar med sina rötter.

Riktlinjerna ger även detaljerade anvisningar för lämpligt växtval i de fyra zonerna, se förteckning i Bilaga E.

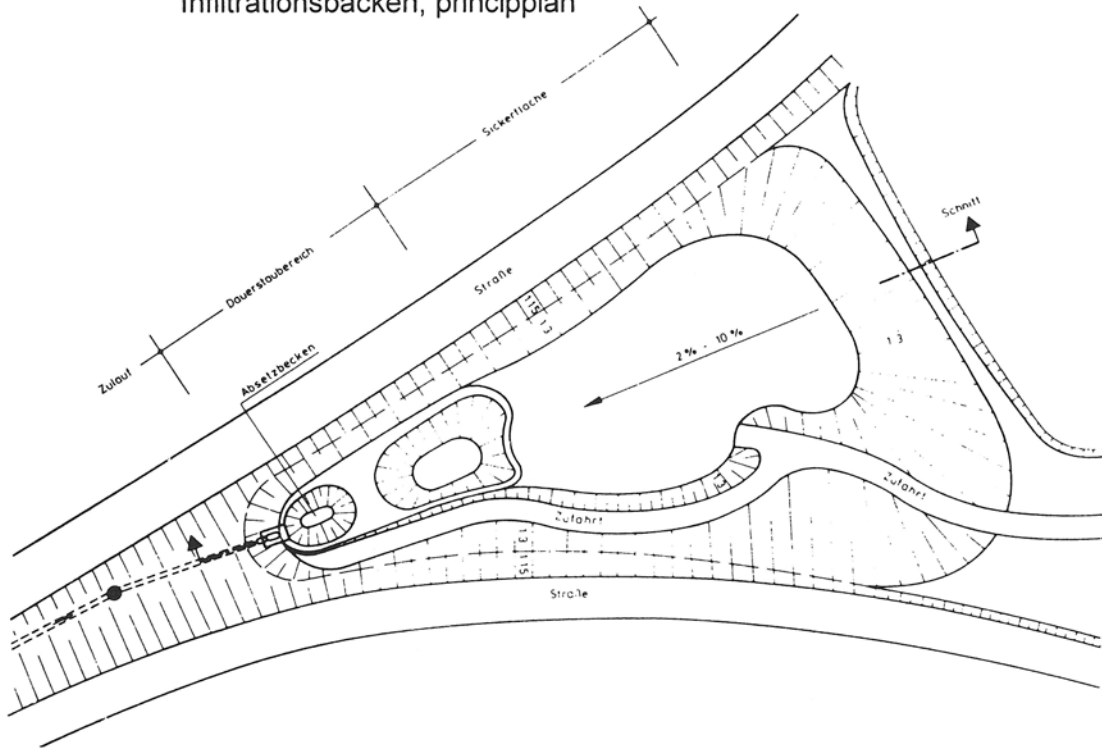
#### **5.1.4 Markanvändning**

Det är främst markens kontaminering med tungmetaller som sätter gränser för markanvändningen. Genom de stora variationerna i belastning måste varje Rieselfeld få specifika rekommendationer om framtida utnyttjande. I tabellen nedan sammanfattas rekommendationerna, skrivna av "Wissenschaftliche-technische Beirates Rieselfelder (WTB) beim Landesumwelt Brandenburg zur Rieselfeldnachnutzung im Umland von Berlin", december 1995.

<sup>2</sup>

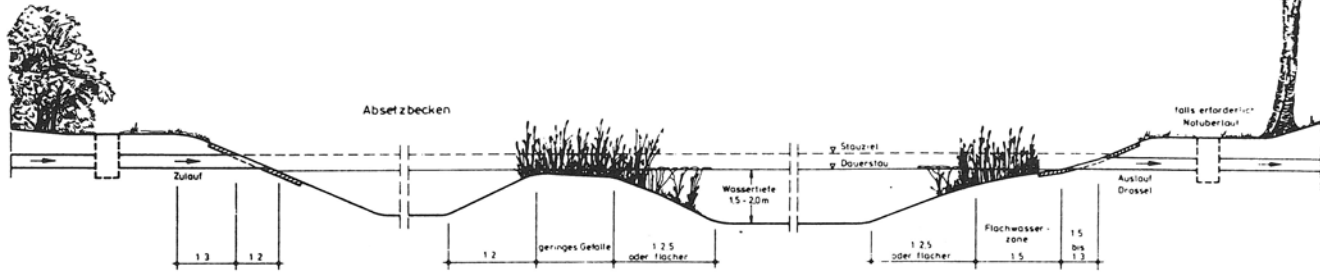
Richtlinien für die Anlage von Straßen. Teil:Entwässerung (RAS-Ew) 1987

## Infiltrationsbäcken, principplan



## Fördröjningsmagasin för dagvatten, principsektioner

### Längsschnitt



Bei Bedarf:  
 - Kontrollschacht bzw. Absturzbauwerk (bei starkem Gefällewechsel)  
 - Zufahrtmöglichkeit

Im Einlaufbereich bis über den Rohrscheitel hochgezogene Befestigung. Sohle des Einlaufs 10 cm über Dauerstau, bei beengten Platzverhältnissen kann ein Einstau im Zulauf zweckmäßig sein.

Beckensohle möglichst freier Boden; falls erforderlich Abdichtung nach Anhang 9. Bei Bedarf Wildpflaster oder Betonpflaster

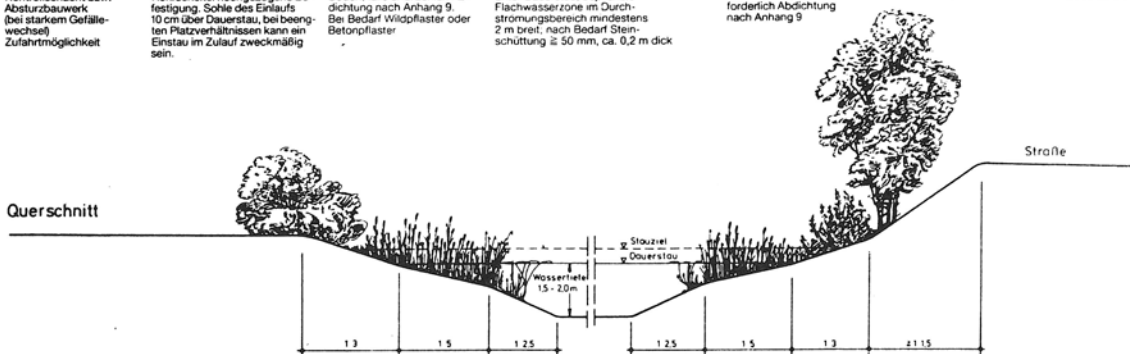
Überlaufschwelle 0,3 - 0,5 m unter Dauerstau; bepflanzte Flachwasserzone im Durchstromungsbereich mindestens 2 m breit; nach Bedarf Steinschüttung  $\geq 50$  mm, ca. 0,2 m dick

Beckensohle möglichst freier Boden, falls erforderlich Abdichtung nach Anhang 9

Befestigung nur im Auslaufbereich

Bei Bedarf:  
 - Kontrollschacht  
 - Zufahrtmöglichkeit

### Querschnitt



Figur 3.16 Utdrag ur tyska rekommendationer för omhändertagande av dagvatten från gator och större vägar ("Richtlinien - RAS - EW")



**Tabell 5.1.** Rekommendationer från Landesumwelt Brandenburg för markanvändning (Wissenschaftliche-technische Beirates Rieselfelder (WTB), 1995)

Markanvändning	Produkter	Markbelastning			
		Ingen el.liten	Svag	Hög	Mycket hög
		Lämplighet			
Trädgårdsskötsel	Grönsaker	x	o	o	o
	Frukt	x	x	o	o
	Prydnadsväxter	x	x	l	o
	Gräsmatta	x	x	o	o
Jordbruk	Spannmål	x	l	o	o
	Foderväxter	x	l	o	o
	Industriråvaror	x	x	l	o
	Kött, mjölk, ägg	x	x	l	o
	Inälvor	x	o	o	o
Skog/Park	Träd	x	x	x	(x)
	Bärbuskar	x	l	o	o
	Svampar	x	o	o	o
	Vilt (kött)	x	x	l	o
	Inälvor	x	l	o	o

x ofarligt ("unbedenklich")

l kontrollerat, med förbehåll ("kontrolliert, eingeschränkt")

o olämpligt ("nicht geeignet")

## 5.2 Tolkning och diskussion av resultaten för svenskt vidkommande.

### 5.2.1 Slutsatser från de tyska undersökningarna - effekter på mark och grundvatten.

Många forskningsprojekt har drivits och drivs för att studera effekterna av de avställda Rieselfelder i och runt Berlin. Resultaten från forskningen har publicerats i ett stort antal rapporter och resultaten uppvisar stora spridningar med avseende på haltnivåer, spridningar etc. Ett försök till generella slutsatser ges här:

**Marken** på avställda Rieselfelder är tydligt kontaminerad med tungmetaller och oönskade organiska ämnen. I flera avseenden överskrider såväl tyska som svenska riktvärden. Användningen av marken måste omges med restriktioner och/eller åtgärder måste vidtas för att sanera marken. Graden av påverkan varierar emellertid kraftigt med hur de undersökta ytorna har använts. Så kallade intensivytor, ofta slamavsättningsbassänger före den egentliga infiltrationen, uppvisar betydligt högre halter än de mer lågbelastade ytorna. Halterna i jorden på de lågbelastade ytorna överskrider bara de svenska riktvärdena med avseende på kadmium. Det har inte varit möjligt att få klarhet i vilka slags avloppsvatten som infiltrerats på de olika ytorna, men det måste ändå antas att de ytor som uppvisar de högsta halterna tungmetaller och organiska ämnen fått ta emot stora andelar industriellt avloppsvatten.

**Grundvattnet** uppvisar tydlig påverkan av avloppsinfiltrationen. Man kan se förhöjda halter av salter (konduktivitet) och kväve, samt spår av metaller. Påverkan är emellertid mindre än vad man haft anledning att tro efter 100 års infiltration av avloppsvatten. Berlins geologi är dock komplicerad med flera

akviferer, mer eller mindre avskilda från varandra. Transporttiderna i grundvattnet är långa. Det kan inte uteslutas att Berlins dricksvatten i framtiden kommer att få förhöjda halter av salter och metaller, även om tillförseln från Rieselfelder upphör.

Anledningen till engagemanget och de stora forskningsinsatserna är att man fruktar att tillförseln till grundvattnet av föroreningar från avställda Rieselfelder kommer att öka i framtiden. När tillförseln av avloppsvatten till ytorna har upphört, har efter en tid det organiska materialet börjat brytas ned, vilket tillsammans med sjunkande pH-värden medför att metaller remobiliseras och transporteras ned till grundvattnet. Grundvattenbildningen minskar också i och med att den konstgjorda grundvattenbildningen har upphört. De minskande vattenhalterna i jorden i kombination med den ökande nedbrytningen av organiskt material medför också att växtligheten skadas och att nyplanterade växter får svårt att överleva.

### **5.2.2 Skillnader mellan de tyska anläggningarna och svenska anläggningar**

Huvudsyftet med undersökningen har varit att studera effekterna av storskalig och långvarig infiltration av avloppsvatten i Berlin-Brandenburg för att kunna dra slutsatser för tillämpningen av avloppsinfiltration i Sverige. Det är då viktigt att peka på att det finns åtminstone tre viktiga skillnader mellan anläggningarna i Berlin-Brandenburg och svenska anläggningar för avloppsinfiltration. Skillnaderna rör främst a/ funktionen, b/ geologin och c/ driften av anläggningarna.

#### *A. Funktionen*

I ett Rieselfeld skedde först slamavskiljning i en särskild bassäng. Belastningen på denna har varit så stor, att man får anta att endast små mängder vatten förmått infiltrera ner till grundvattnet. Jorden torde ha varit så igensatt av slam att infiltration så gott som omöjliggjorts. Denna del av ett Rieselfeld kan alltså snarast jämföras med en högt belastad svensk damm eller bassäng för slamavskiljning.

Efter slamavskiljningen leddes avloppsvattnet ut till olika ytor, bevuxna med olika växtlighet. En del av avloppsvattnet har därvid tagits upp av växterna, medan en del har infiltrerat ned i grunden. Det har varit svårt att få uppgifter om hur mycket som har tagits upp respektive infiltrerat. Jämförelser har därför nedan gjorts dels med en svensk infiltrationsyta utan växtlighet, dels en bevattningsyta för *Salix*.

#### *B. Geologin*

Berlin är uppbyggd på i stort sett genomsläppliga sandjordar. Infiltration är möjlig nästan överallt. Även om Rieselfelder från början varit försedda med dräneringsrör och utloppsdiken, har dessa troligen under årens lopp satt igen sig och korroderat, med åtföljande infiltration till grundvattnet. Detta har såvitt känt inte orsakat några hydrauliska problem som översvämningar eller liknande. I stora delar av Sverige har vi mest morän, berg eller lera – infiltration är endast möjlig på enstaka ställen. Alternativet på många ställen i Sverige är då att bygga konstgjorda filter av sand – markbäddar eller filterbäddar. Detta är troligen en fördel eftersom det behandlade vattnet inte infiltrerar och således

inte hotar grundvattnet på samma sätt som vid infiltration. Vi lägger dock i Sverige stor vikt vid att behandlingsanläggningar placeras på ett geohydrologiskt rätt sätt – gäller både vid infiltration och uppbyggda filter.

I Europa finns mycket stora grundvattenmagasin som är mycket viktiga för vattenförsörjningen – några storskaliga ytvattenalternativ finns på många platser inte, som i Berlin. Detta gör att man måste ha en mycket långsiktig syn för skydd för grundvattenmagasinen – en förorening sprider ju sig med tiden till andra delar av magasinet.

I Sverige finns endast ett fåtal riktigt stora magasin, de flesta är förhållandevis små. Ofta finns ytvattenalternativ för vattenförsörjningen. De magasin som utnyttjas är dock viktiga och skyddet av dem är också mycket viktigt.

### *C. Driften av anläggningarna*

I slamavskiljningsbassängerna i ett Rieselfeld påfördes så mycket vatten vid varje beskickningstillfälle att en stående vattenyta bildades. Troligen var inte slamavskiljningen optimal. Detta medförde att slam snabbt avsattes på botten av infiltrationsdammarna och infiltrationskapaciteten minskade. När vattnet sjunkit undan fördes bottenlammet bort och lades i vallar. Undersökningarna har visat att metaller binds i humusrikt material – det finns alltså en stor mängd bundna metaller i slammet som lagts i vallarna men även i bottnen på dammarna som innehåller en del organiskt material.

I Sverige bygger vi anläggningarna oftast med en mycket effektiv slamavskiljning. En stor del av tungmetallerna fastnar i detta slam. En effektiv slamavskiljning är en förutsättning för att anläggningar med uppbyggda sandfilter skall fungera, dvs markbäddar eller filterbäddar. Möjlighet att ta bort slam i ett senare skede finns också hos filterbäddar.

De tyska Rieselfelder har ofta beskickats med stora volymer avloppsvatten. Efter slamavskiljningen i ett Rieselfeld leddes vattnet ut för bevattning och infiltration. Vattnet fördes ut i så stora mängder att fälten dränktes. Växterna fick under tiden vattennivån sjönk ta upp så mycket vatten och näring som tiden medgav.

Olika belastningar anges i de tyska rapporterna, men beskickningar av bevattningsytorna av i storleksordningen 3000 - 10000 mm per år nämns i rapporterna. Belastningarna på slamavsättningsbassängerna torde ha varit flera gånger högre.

Vanliga belastningar för en infiltrationsanläggning i Sverige, antingen det rör sig om infiltration ned till grundvattnet eller en filterbädd där vattnet dräneras ut efter behandlingen, är 30 - 60 l/m<sup>2</sup>, d, beroende på bl.a. kornstorleksfördelningen i filtermaterialet. Anläggningar med öppen infiltration, dvs anläggningar som inte är övertäckta, belastas normalt 3 - 5 gånger högre. Omräknat blir detta belastningar från 10000 till 50000 mm/år, eller, med hänsyn till att ytorna bör vila halva tiden, 5000 - 25000 mm/år. Jämfört med belastningarna på ett Rieselfeld är alltså belastningarna på en svensk infiltrationsanläggning ungefär dubbelt så höga.

En Salixodling i Sverige beskickas normalt med 3 mm/d under bevattningssäsong, enligt uppgifter från SLU. Vid försök i Kågeröd, Svalöv (Hasselgren 1996) anses en belastning av 6mm/d vara optimal. Belastningen är beroende

av markens genomsläpplighet men också av den naturliga nederbörden under bevattningsperioden. Exempel finns i Sverige där man inte kunnat bevattna alls under juli-augusti på grund av för hög naturlig nederbörd. Om vi antar att tre mm/d under sex månader kan vara ett riktvärde för svenska förhållanden, får vi att cirka 500 mm/år kan beskickas en energiskogsodling. Om vi jämför detta med de 3000 - 10000 mm/år som beskickats de tyska Rieselfelder, och vi dessutom antar att klimatet i Skåne inte skiljer sig nämnvärt från det i Berlin, ser vi att endast en mindre del av de avloppsvattenvolymer som tillförts Rieselfelder bör ha tagits upp av växtligheten, sett under ett år. Resterande volymer har då antingen avdunstat eller infiltrerat ned i grunden. Med en antagen avdunstning av 400 mm/år får vi en nettoinfiltration av i storleksordning 2000 - 9000 mm/år på bevattningsytorna i ett Rieselfeld. De tyska Rieselfelder har alltså huvudsakligen fungerat som infiltrationsytor.

Om man då jämför de tyska Rieselfelder med svenska infiltrationsanläggningar eller öppna filterbäddar kan man notera att de svenska anläggningarna:

- belastas ungefär dubbelt så mycket som de tyska Rieselfelder
- sällan påförs industriellt avloppsvatten eller dagvatten. De är i regel utformade för att enbart ta emot hushållsspillvatten.
- är noggrant lokaliserade med hänsyn till akviferens förutsättningar (små lokala akviferer utan uttag av grundvatten)
- är hydrauliskt utformade för en god reningseffekt
- alltid föregås av en effektiv slamavskiljning
- aldrig belastas så att man får en stående vattenyta
- drivs växelsvis med anpassade perioder av vila för nedbrytning av det organiska materialet

### 5.2.3 Slutsatser

Rimliga slutsatser av jämförelserna är

- att svenska bevattningsanläggningar för energiskog belastas mycket lägre än Rieselfelder och dessutom normalt inte tillförs industriellt avloppsvatten. Sådana effekter på grundvatten och framförallt mark som noterats vid Rieselfelder torde inte uppkomma i Sverige.
- att svenska infiltrationsanläggningar belastas ungefär dubbelt så mycket som Rieselfelder men att de inte tillförs industriellt avloppsvatten och att de anläggs och drivs på ett mer ändamålsenligt sätt. De trots allt relativt ringa effekterna på grundvattenkvaliteten i Berlin ger alltså inte anledning att tro att det finns någon långsiktig risk för allvarlig förorening av grundvattnet vid svenska infiltrationsanläggningar.

**BILAGA A**

till

långtidseffekter av storskalig  
avloppsinfiltation - erfarenheter  
från Berlin Brandenburg

**BESKRIVNING AV DE STUDERADE  
ANLÄGGNINGARNA**





*Figur A1. Rieselfeld i Wansdorf*



*Figur A2. Slamavskiljning före Rieselfeld, Wansdorf*

## Beskrivning av de studerade anläggningarna

### A 1 Wansdorf

Behandling av avloppsvatten från Berlin med omnejd sker idag genom rening i konventionella reningsverk. Det finns endast ett sk "Rieselfeld" kvar i bruk. Detta ligger ca 15 km nordost om Berlin, se *Figur 2.1*. Det är troligt att avloppsvattnet kommer från två mindre samhällen; Pausin och Wansdorf.

Avloppsvattnet genomgår som första steg behandling genom mekanisk avskiljning av slam i gjutna slambassänger, se *Figur A1 och A2*. Slammet förs troligen med självfall till stora slamtorkbäddar som ligger i omedelbar anslutning till slamavskiljarna, se *Figur A3*. I bakgrunden syns bygget av ett modernt reningsverk som skall ta över behandlingen av avloppsvatten inom en snar framtid. Grovrenset samlas på en betongplatta och körs vidare med lastbil, troligen till deponi, se *Figur A4*.

Från slamavskiljaren leds avloppsvattnet i ett kanalverk till de olika infiltrationsdammarna, se *Figur A5*. På fotot syns också de träskivor som kan sättas för kanalarmarna för att leda vattnet vidare till andra dammar. En infiltrationsdamm i bruk visas på *Figur A6*.

### A 2 Buch

#### A 2.1 Anläggningen

Infiltrationsanläggningen Buch ligger vid Berlins nordöstra gräns, se *Figur 2.1*. Anläggningen var i bruk fram till 1985. Totalt upptar infiltrationsområdet en yta av 1400 ha. Belastningen på infiltrationsytorna var mycket hög, ofta belastades dessa med 10 000 mm/år. Beskickning utfördes med pumpar. Varje delbehandlingsområde bestod av tre stycken parallella linjer med invallade dammar, se *Figur A7*. Avloppsvattnet påfördes den första dammen tills vattnet stod i jämnhöjd med vallens överkant. Därefter påfördes vatten i damm nr 2 och därefter i damm nr 3. Under tiden infiltrerade vattnet i de tidigare fyllda dammarna. Infiltrationshastigheten var till en början 400 mm/d men avtog efter hand på grund av igensättningar i bottnen på dammarna. När infiltrationsytorna efter hand satte igen, skalades de övre lagren bort och lades upp i vallar mellan infiltrationsytorna. Efterhand förflyttades dessa vallar.

Infiltrationsdammarna beskickades med ett avloppsvatten med hög halt av suspenderat material. Detta medförde att en stor del av närsalter och tungmetaller anrikades i de övre 20-30 cm. Föroreningsinnehållet ökade successivt under 20-, 30- och 40-talen för att nå sin kulmen under 70-talet och början av 80-talet. Avloppsvattnets sammansättning är inte känd.

I det följande beskrivs resultat från mer än ett forskningsprojekt. Resultaten är i alla stycken inte helt samstämmiga, vilket till största del beror på att de är utförda inom olika områden.





*Figur A3. Slamtorkbäddar, Wansdorf*



*Figur A4. Slamtömningsficka, Wansdorf*



## A 2.2 Försök till återställning

När anläggningen avställdes 1985 utfördes omfattande försök att återställa området. Inom ramen för ett skogsplanteringsprojekt planterades träd för 300 000 DM i området. Infiltrationsområdet planerades maskinellt och en stor mängd träd planterades. Man eftersträvade ett bestånd av blandlövskog. Till övervägande del planterades olika arter av poppel, men även fläder, björk, asp och körsbär planterades. Efter ca 4 år var endast 40 % av träden vid liv. Flera tänkbara orsaker diskuterades; dålig trädkvalitet, påverkan av ackumulerade föroreningar i mark och grundvatten mm. Flera forskningsprojekt påbörjades för att utreda orsakerna till att träden dog, se *Figur A8 och A9*.

## A 2.3 Geohydrologiska förhållanden

Området ligger på en sandurfält som avsattes utanför Weichselisens maximala utbredning. Sandurfältet består av upp till 10 meter mäktiga lager av sand och grus. Figur A10 visar övre delen av jordlagerföljden. Sandurfälten vilar på en ca 50 meter mäktig "grundmorän" som avsattes under en tidigare istid, Saaleistiden. Området begränsas i söder av "Berliner Urstromstal" som eroderat en smältvattenkanal ned i "grundmoränen".

Grundvattnets strömningsriktning i området är från nordost till syd. Avståndet till grundvattenytan varierar inom området mellan 1,80-5 meter under mark. När infiltrationen upphörde sjönk grundvattenytan i områdets norra del med 3 meter.

I området finns flera grundvattenmagasin. I det ovanliggande sandurfältet finns ett magasin och under "grundmoränen" finns det sk huvudgrundvattenmagasinet. I "grundmoränen" finns flera mer sandiga horisonter som är grundvattenförande.

Ur huvudgrundvattenmagasinet utvinns vattenverket i Buch dricksvatten på ett djup av 60-70 meter. Mätningar har visat att det inte föreligger någon hydraulisk kontakt mellan det översta grundvattenmagasinet och huvudgrundvattenmagasinet. Grundvattnet som utvinns ur det nedre magasinet är således skyddat genom den relativt täta "grundmoränen" och den långvariga infiltrationsverksamhet tycks inte påverkat vattenkvaliteten i dricksvattnet.

Viss hydraulisk kontakt finns mellan det övre magasinet i sandurfältet och de övre magasinerna i "grundmoränen".

## A 2.4 Påverkan på grundvattnet

### A 2.4.1 Närsalter och AOX

Grundvattnet i det övre magasinet kännetecknas framför allt av höga ammoniumkoncentrationer, upp till 170 mg/l har uppmätts. Dessa halter överskrider kraftigt Berlins listans riktvärde på 3 mg/l. Halterna varierar dock kraftigt inom området. Däremot är nitrathalten förhållandevis låg och överskrider riktvärdet 200 mg/l i Berlinlistan endast periodvis och i enstaka provtagningspunkter. Även för nitrat varierar halterna dock kraftigt inom området. I en av provtagningspunkterna framgår att ammoniumhalten är som högst under vintern



*Figur A5. Infiltrationsdamm i bruk, Wansdorf*



*Figur A6. Tillförselkanaler, Wansdorf*

och att halten nitrat ökar under den sommarmånaderna då ett för mikroorganismerna mer gynnsamt klimat råder.

I huvudgrundvattenmagasinet har halten ammonium analyserats till 0,35 mg/l vilket underskrider riktvärdet i dricksvattenförordningen (0,05 mg/l).

En förhöjd halt av ammonium, upp till 80 mg/l, kan noteras i det övre grundvattenmagasinet i "bottenmoränen". Även halten AOX uppgår till ungefär samma halter som i magasinet i sandurfältet (0,025-0,070 mg/l). Halten av klorer under liggande magasin.

Halten fosfor är förhöjd i det översta magasinet och uppgår till halter mellan 0,02 – 3,2 mg/l.

#### **A 2.4.2 Tungmetaller**

Halten tungmetaller ligger i de flesta provtagningspunkter under dricksvattenförordningens gränsvärden. Någon storskalig utlösning av metaller har inte noterats. I enstaka punkter har dock förhöjda halter av zink, nickel och kadmium uppmätts. Lokalt finns tecken på en ökad utlösning av metaller som funktion av sjunkande pH-värden. I en punkt stiger nickelhalterna från 0,15-0,67 mg/l och zinkhalterna från 0,7-3,5 mg/l. I en närliggande punkt ligger halterna av nickel och zink tämligen konstant vid 0,4 mg/l resp. 1,4 mg/l.

I slutet av 1992 sjönk zinkhalterna i dessa båda punkter i samband med försök att infiltrera renvatten i dammarna. Gemensamt för de båda provpunkterna är pH-värden i grundvattnet mellan 6,3 – 6,6 vilket är något surare än andra punkter där pH ofta ligger på 7. Tydligt har försurningen av de övre marklagren gått så långt att tungmetaller kan lösa ut och transporteras. I takt med ökande försurning kan det på längre sikt förväntas att utlösning av tungmetaller även sker inom andra områden. Infiltration med renvatten kan få denna process att avta eller till och med gå tillbaka.

### **A 2.5 Påverkan på mark**

#### **A 2.5.1 Metaller**

Undersökningarna har nästan uteslutande koncentrerats på jordlager och mycket lite material finns om påverkan på grundvattnet.

På en yta av 1300 ha uttogs 334 jordprover på nivån 0-10 cm och analyserades med avseende på Cd, Cr, Cu, Ni, Pb och Zn.

Uppmätta halter visar mycket stor spridning, från nästan bakgrundsvärden till ett vida överskridande av riktvärden (Berliner Liste, normal markanvändning) av framför allt metallerna Cd, Cr, Cu och Zn. Uppmätta halter framgår av *Tabell A1*.





*Figur A7. Infiltrationsdammar, Buch*



*Figur A8. Skadad vegetation, Buch*

**Tabell A1.** Riktvärden efter Berlinlistan (alla sorter i mg/kg TS).

	<b>Cd</b>	<b>Cr</b>	<b>Cu</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>
Minimum	0,1	1,1	3,4	0,9	6,4	12,7
Maximum	44,3	1850	876	285,3	452,2	3584
Wald (opåverkad, närliggande skogsmark)	0,3	ingen uppgift	3,0	ingen uppgift	17,9	16,8
RW Ib (känslig markanvändning)	1,5	100	100	50	100	300
Rw III (normal markanvändning)	20	800	600	300	600	3000

De högsta halterna tungmetaller påträffades vid inloppen till dammarna.

För att undersöka hur halten av tungmetaller varierar med djupet och förekomsten i vallarna mellan dammarna, utfördes en provtagning i 99 punkter utmed en 140 meter lång profil. Profilen lades från kanten av en damm och drogs diagonalt till borte kanten av en intilliggande damm. Vallen skärs efter 60 meter i 45° vinkel. I *Figur A11* visas halten av kadmium.

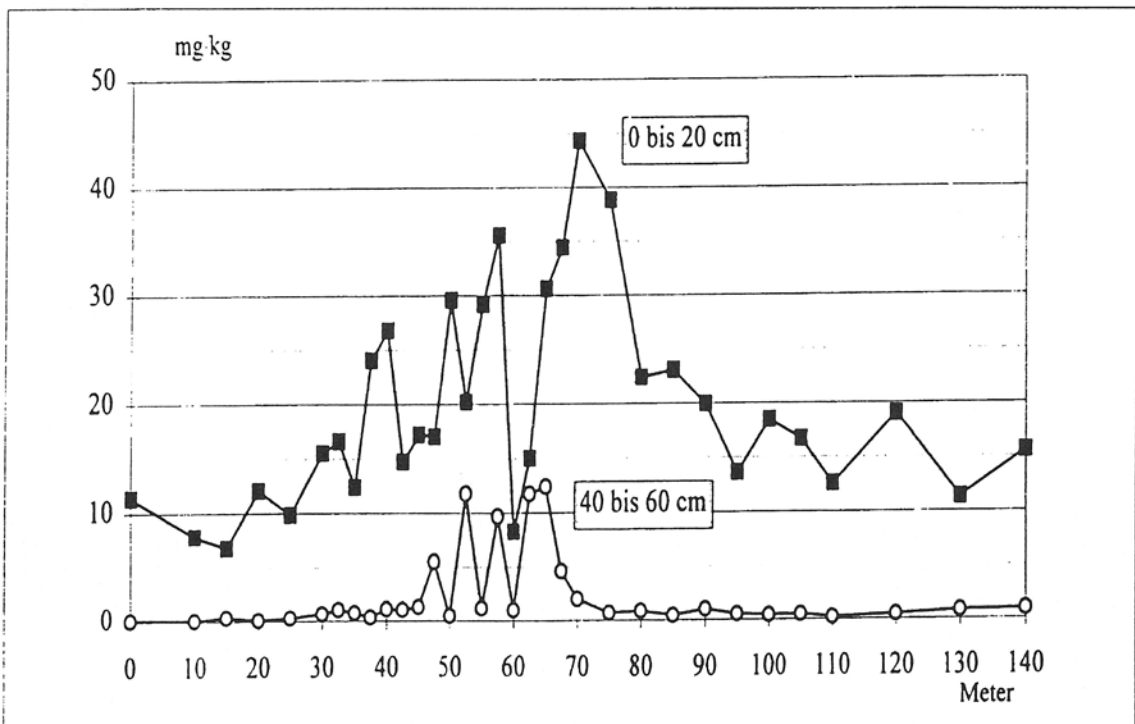


Abb. 1  
Cadmiumkoncentrationen i två djupstufor längs ena transekten.

Fig. 1  
Cadmium content at depths of 0–20 cm and 40–60 cm along a transect.

*Figur A11. Koncentration av kadmium.*





*Figur A9. Vegetation på en vall, Buch*



*Figur A10. Jordlagerföljd, Buch*

Av figuren framgår att kadmiumhalten är högst på båda sidor av vallkrönet och lägst i vallkrönet. Av Figur A12 framgår att även halten organiskt material är högst vid sidorna av vallkrönet.

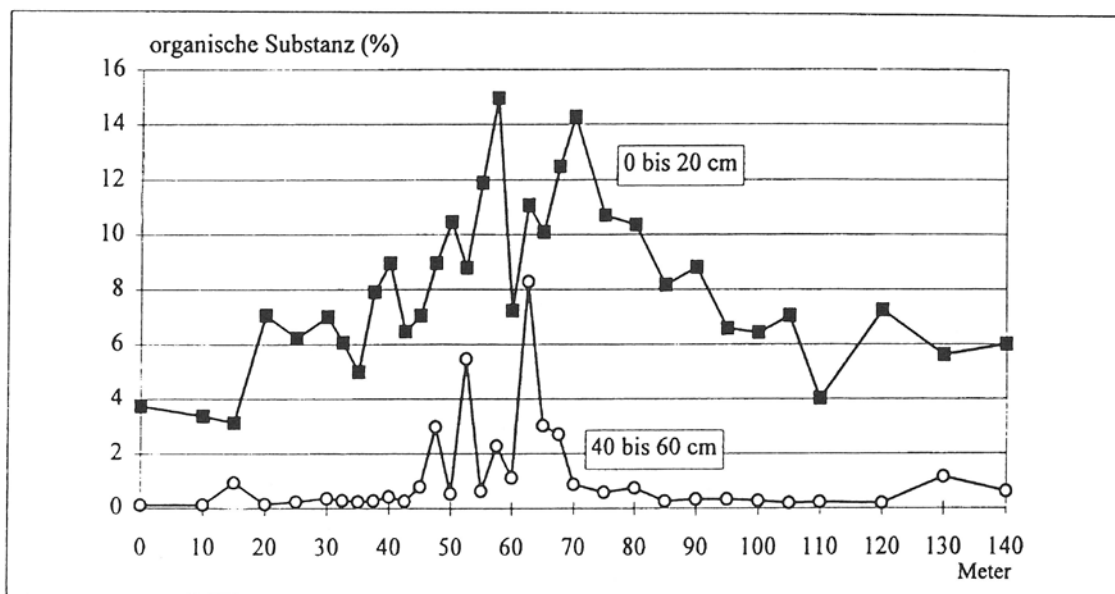


Abb. 2  
Gehalte an organischer Substanz in zwei Tiefenstufen entlang eines Transektes.

Fig. 2  
Organic matter contents at depths of 0 - 20 cm and 40 - 60 cm along a transect.

Figur A12. Halt av organiskt material.

### A 2.5.2 Organiska föreningar

Organiska föreningar är undersökt i 66 punkter (dioxin i 12) i de övre 0-20 cm. Analyser gjordes med avseende på PAH, PCB, MKW (ung. totalt extraherbara alifatiska kolväten) och dioxin/furan. Resultatet av dessa analyser framgår av Tabell A2.

Tabell A2. Organiska föreningar.

	PAH ug/kg	PCB ug/kg	MKW mg/kg	Dioxine ng TE/kg
Minimum	9	1	0	1,9
Maximum	7476	2559	1626	52,8
Wald (opåverkad, närliggande skogsmark)	9	0	36	ingen uppgift
RW Ib (känslig markanvändning)	1000	1000	300	100
RW III (normal markanvändning)	100 000	5000	5000	*

Av tabellen framgår att analysvärdena varierar kraftigt. De högsta halterna organiska föreningar är genom sorption koncentrerade till mark med högt organiskt innehåll.

De organiska föroreningarnas mobilitet påverkas inte av markens pH-värde.

På samma sätt som för metallerna, gjordes en provtagning utmed en profil. På samma sätt som för metallerna erhöles höga halter av PAH, PCB och MKW kring vallarna mellan dammarna.

Dessutom analyserades EOX, klorerade kolväten, aromatiska kolväten och fenol. Halterna av dessa i infiltrationsområdet överskred inte halterna i omgivningen.

### **A 2.5.3 Närsalter och pH-värde**

Den intensiva belastningen av spillvatten gör att höga halter av närsalter kan förväntas i området. Den organiska substansen i marken utgör en närsaltpool för framför allt kväve och fosfor. Den kvarhållande förmågan kan uppgå till så mycket som 85-90 % vilket gör att de övre jordhorisonterna har en avgörande roll när det gäller att förse området med närsalter.

Bestämning av pH-värdet har utförts i 61 vertikala profiler. Mätningarna visar att pH-värdet, tväremot naturliga förhållanden, inte ökar utan minskar med djupet. I och med av infiltrationen upphörde, sjönk grundvattnet i området med ca 1 meter. Detta har medfört att svavelföreningar kan oxideras genom ökat lufttillträde och svavelsyra bildas.

Den övervägande delen av profilerna visar något – starkt sura förhållanden, pH 4,0-6,0 (min- och maxvärde är 3,8 och 6,0). I en referensprofil i skogsmark uppmättes pH 3,3 i de övre marklagren.

### **A 2.5.4 Sammanfattande värdering**

Kadmiumhalter på 6-9 mg/kg kan verka hämmande på mikroorganismer i jorden. För krom är halter mer än 100 mg/kg toxiska för mikroorganismer och växter. I sura jordar (pH <5-6) kan zinkhalter på mer än 150 mg/kg förorsaka skador på växter.

I och med en ökande försurning kommer större halter av metallerna, framför allt Cd, Ni och Zn, att kunna lösas ut och därmed vara biologiskt överförbara men även utgöra en risk för grundvattnet.

De maximala PAH-värdena ligger i samma storleksordning som på en starkt trafikerad väg och kan sannolikt vara toxisk för mikroorganismer i uppmätta koncentrationer. En påverkan på växter från PAH, PCB eller dioxin/furan förväntas inte. När infiltrationsverksamheten nu upphört kommer troligen flertalet organiska föroreningar att dunsta till atmosfären och halterna kommer då att avta i motsats till tungmetallerna. Ämnena PCB, PAH och dioxin/furan är persistenta och kommer troligen att vara kvar i jorden under lång tid.

Halten av föroreningar varierar kraftigt över korta sträckor och följer bestämda mönster. De högsta värden finns i vallarna mellan dammarna, dit avdraget slam fördes. Det tycks som om träden är mest vitala när de växer på platser med hög humushalt men även med höga föroreningskoncentrationer. Mitt ute på infiltrationsytorna, där humustäcket är minst mäktigt och innehåller minst



föroreningar, trivs träden som sämst. Det är därför svårt att förklara svårigheterna för träden att anpassa sig med påverkan av föroreningar.

### **A 2.5.5 Vattenhållande förmåga**

Den största ytandelen av området består av mark med hög andel sand. I vallarna finns dock en högre andel silt och ler som fördes ut på infiltrationsytorna med spillvattnet och sedan lades upp i vallarna tillsammans med slammet. Dessa finkorniga jordarter har en högre vattenhållande förmåga. Dessutom innehåller vallarna en högre halt organiskt material som även det har en stor vattenhållanden förmåga.

Det för växterna tillgängliga vattnet, fältkapaciteten, är högre i vallarna än i infiltrationsytorna. Det är därför troligt att det i första hand är det tillgängliga vattnet som är avgörande för växternas förmåga att etablera sig och överleva.

## **A 2.6 Sammanfattning**

Det övre liggande grundvattenmagasinet i Buch är främst påverkat genom förhöjda halter av ammonium och fosfor. Halten metaller är oftast relativt låg men i enstaka provtagningspunkter är halterna zink, nickel och kadmium förhöjda. Detta beror troligen på att sjunkande pH lett till utlösning av metallerna. I samband med infiltration av renvatten sjönk metallhalterna.

Ett stort antal träd har planterats i Buch. Merparten av ungträden har dött. De överlevande träden växer på platser där vallar mellan dammarna finns eller har funnits, se *Figur A9*. Dessa platser innehåller de högsta halterna föroreningar. Den helt avgörande orsaken till tr addedöden tycks vara vattenbrist. I områden med vallar är humusskiktet mäktigare (40 cm) och kan hålla tillräckligt med vatten för att träden skall kunna växa. På de tidigare dammytorna är humuslagret mindre mäktigt (20 cm) och kan således hålla mindre, ej tillräcklig, mängd vatten för att träden skall kunna överleva.

## **A 3 Hennickendorf**

### **A 3.1 Anläggningen**

Hennickendorf var en anläggning för behandling av avloppsvatten från Stadt Strausberg genom infiltration och bevattning. Anläggningen ligger strax öster om Berlin vid sjön Steinitzsee (eg två sjöar) och ställdes troligen av 1992, se *Figur 2.1*. Det finns begränsat material om anläggningen och dess funktionsätt. Angivna mängder och volymer anger endast en storleksordning.

Anläggningen bestod av 7 stycken dammar för säsonglagring av vattnet. Dammarnas storlek varierade mellan 0,8-5,3 ha och volymen mellan 20 000 – 100 000 m<sup>3</sup>. Totalt upptog dammarna en yta av ca 30 ha och den tillgängliga volymen var i storleksordning 450 000 m<sup>3</sup>. Se *Figur A13 och A14*.

Avloppsvattnet avleddes till dammarna där en del infiltrerade och resterande användes för bevattning under växtperioden. Fram till 1989 bedöms spillvattnenflödet ha varit 8500 m<sup>3</sup>/d. Av denna mängd infiltrerade ca 4500 m<sup>3</sup>/d i sex



*Figur A13. Infiltrationsdamm, Hennickendorf*



*Figur A14. Infiltrationsdamm, Hennickendorf*

av dammarna och 2100 m<sup>3</sup>/d avleddes och sparades för bevattning av bevattningsytor med en sammanlagd yta på 2,7 km<sup>2</sup>. De resterande ca 2000 m<sup>3</sup> ledde till av nivåerna successivt höjdes i dammarna och 1986 brast en vall i en av dammarna. Vid denna tid pumpades även en del av spillvattnet till en skogssänka. Med tiden ökade spillvattenmängderna vilket ledde till att antalet dammar utökades och skogssänkan användes som en större infiltrationsyta samt att bevattning även förekom även vintertid.

Avloppsvattnet från Strausberg har följande sammansättning:

Parameter	Halt (mg/l)
PH	6,5
NH <sub>4</sub>	43,6
NO <sub>3</sub>	0,13
NO <sub>2</sub>	0,16
PO <sub>4</sub>	39,1
CSV-Mn (COD)	52,1
BSB <sub>5</sub>	163,6
Fe	1,0

### A 3.2 Geohydrologiska förhållanden

Området ligger i en randbildning som utgörs av ett sandur, Strausberger Sanders, med en mäktighet av upp till 8 meter. I området finns minst två grundvattenvåningar, en övre (oGWL=oberer Grundwasserleiter) samt en huvudgrundvattenvåning (HGWL=Hauptgrundwasserleiter). Den övre grundvattenvåningen är mer än 12 meter mäktig.

Den årliga nederbörden uppgår till 560 mm/år och grundvattenbildningen anges till 130 mm/år. Beräkningar har gjorts som visar att grundvattnets transporthastighet uppgår till 240-590 m/år.

Den huvudsakliga strömningsriktningen för yt- och grundvatten bedöms vara mot en sänka i nordväst som vidare leder vattnet mot Stienitzsee.

### A 3.3 Undersökningsprogram

För att undersöka påverkan på jord och vatten pågår forskning. I ett av projekten har följande undersökningsmetodik använts.

#### A 3.3.1 Grundvatten

I undersökningsprogrammet har man inriktat sig på att undersöka den övre grundvattenvåningen. För detta ändamål har 16 st grundvattenrör installerats i den övre grundvattenvåningen, varav 4 stycken i bevattningsområdet och 12 stycken kring 3 av dammarna. För provtagning av huvudgrundvattenytan har två stycken grundvattenrör installerats.

Följande parametrar har analyserats:

pH	NO <sub>3</sub> (nitrat)
ledningsförmåga	NH <sub>4</sub> (ammonium)
O <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub>
Redoxpotential	Sulfat
Fe	Kalium
Hårdhet	Cl
TOC	AOX
CSV-Mn (BOD)	Borat

### A 3.3.2 Ytvatten

Provtagning av ytvatten sker på 8 platser mellan dammarna och den nedströms liggande Stienitzsee. Det är framför allt på påverkan på sjön som bedöms vara mest intressant. Analysomfång är detsamma som för grundvatten.

### A 3.3.3 Mark

I området har 13 stycken platser för analys av jorden utvalts. Analys har skett på ett blandprov som består av fem prov tagna inom 100 m<sup>2</sup>. På några platser har analys gjorts på prov från olika djup. Provtagningsplatserna är jämnt fördelade mellan dammar, bevattningsytor, skog och andra ytor.

Analysparametrar:

pH  
glödgningsrest  
Natrium  
Kalium  
Tot-N  
Tot-P  
NH<sub>4</sub> (ammonium)  
AOX  
Borat

## A 3.4 Resultat

### A 3.4.1 Grundvatten

Med ledning av analysresultaten urskildes två typer av grundvatten:

Typ 1, som kännetecknades av en oxiderande miljö med höga halter av syre och kväve och med en hög redoxpotential. Dessa observationsrör ligger uppströms och något vid sidan av den bedömda strömningsriktningen för grundvatten. Den genomsnittliga syrehalten uppgår till 3,4 mg/l och kvävehalten till 90 mg/l. Nära nog fullständig nitrifikation föreligger. Den låga borhalten (en borhalt underskridande 0,02 mg/l tyder på ett icke påverkat grundvatten) i vattnet tyder på att grundvattnet endast är måttligt påverkat av avloppsvatten. Den höga kvävehalten förklaras av ursköljning av kväve från marken.

Typ 2, som kännetecknas av en reduktiv miljö som är syrefattig, ammonium- och järnrik och med låg redoxpotential. I denna miljö går järn i lösning. Det kan även konstateras en nära nog fullständig denitrifikation. Nitrathalterna har minskat från 90 mg/l till ca 6 mg/l.

Med ökande nedströms avstånd från dammarna kan följande trender noteras:

- Redoxpotentialen stiger från 159 till 343 mV
- Syrehalten är korrelerad med redoxpotentialen och stiger från 0,7 till 2,9 mg/l
- Borhalten sjunker från 0,88 till 0,44 mg/l
- Ammoniumhalten sjunker från 31,4 till 21,6 mg/l
- Kloridkoncentrationen sjunker från 90 till 80 mg/l

Dessa trender förklaras genom utspädning av nederbördsvatten. Några andra trender kunde inte noteras.

Halten AOX är ställvis hög, men binds tillsammans med partiklar och föreligger inte i lösning. Vissa höga analysvärden beror troligen på lokala andra utsläpp vilket försvårar tolkningen av resultaten.

En sammanställning av analysresultat av grundvatten, typ 1 och 2, samt avloppsvatten från damm 1 ges i Tabell A3.

**Tabell A3.** Analyser från grundvatten typ 1 och 2.

Parameter (mg/l)	Grundvatten typ1 10 analyser	Grundvatten typ 2 33 analyser	Avloppsvatten damm 1 27 analyser
PH	7,00	6,99	6,8
Ledningsförmåga (mS/cm)	1,15	1,12	-
O <sub>2</sub>	3,4	1,0	2,0
Redox (V)	0,43	0,21	-
NO <sub>3</sub>	90,4	5,8	0,8
NH <sub>4</sub>	0,99	24,2	15,1
N <sub>an</sub>	21,2	20,1	11,9
PO <sub>4</sub>	0,10	0,12	20,30
CSV-Mn	2,1	7,3	48,05
Cl	92,0	85,1	93,6
Fe	0,6	13,3	0,44
Bor	0,43	0,70	-
Hårdhet (dH)	16,4	9,0	14,6

#### A 3.4.2 Ytvatten

Det finns inget direkt tillflöde till Stienitzsee. Vatten som tillförs sjön kommer från en sänka norr om sjön som i sin tur tillförs vatten i form av infiltrationsvatten från dammarna ca hundra meter öster om sänkan. Ytvattnet som rinner i sänkan har påvisbara halter av klorid, bor och olika kväven. Genom upptag av växter, mikrobiell aktivitet och utspädning har kvävehalterna halverats från dammarna till utläckaget i sänkan.

När det infiltrerade vattnet rinner fram i sänkan har det en sammansättning som i stort sammanfaller med grundvatten typ 2, dvs reducerande. Detta har dels till följd att det lösta järnet oxideras och faller ut, men även att kvävet framför allt föreligger som ammonium och inte som nitrat när det rinner fram som källflöden i sänkan.

#### **A 3.4.3 Marken**

Marken inom bevattningsytorna och omgivande skog- och åkermark består av kalkfattiga sandiga jordar med låg sorptionskapacitet. Genom infiltration av avloppsvatten höjs pH-värdet i marken vilket gynnar ackumulation av närsalter och tungmetaller.

Koncentrationen av fosfor är starkt förhöjd både i de ytliga och djupare liggande marklagren. Det kan konstateras att ammonium oxiderats till nitrat i marken.

#### **A 3.4.4 Biotoper**

Det har visat sig att verksamheten med avloppsvatten även påverkat biotoper i närområdet. I omgivande skog och i sänkan väster om dammarna har tall och andra barrträd helt dött ut.

#### **A 3.4.5 Återanvändning av de tidigare infiltrationsbassängerna**

Den sydligaste av bassängerna avses enligt nu aktuella planer användas som komposteringsanläggning av organiskt material. Denna verksamhet har redan påbörjats, men omfattningen är än så länge mycket begränsad. I samband med komposteringen skall även möjligheterna till biologisk nedbrytning av skadliga material prövas. Uppgifterna kommer från Umweltamt i Rüdersdorf (ungefär motsvarigheten till miljö och hälsovårdsnämnden i en svensk kommun).

Övriga bassänger avses huvudsakligen utnyttjas för skogsbruk och rekreation. Man avser inte att riva vallarna, utan den nuvarande strukturen kommer att finnas kvar. I den till översiktsplanen för Hennickendorf hörande Landschaftsplan 1996 föreslås alternativt naturlig succession eller beskogning. Områdena var skogbevuxna före infiltrationsperioden, och räknas därför även nu juridiskt som skogsmark. Enligt uppgift från de lokala skogsvårdsmyndigheterna, Amt für Forstwirtschaft i Münchenberg kommer ytorna troligen att planteras med blandskog.

**BILAGA B**

till

långtidseffekter av storskalig  
avloppsinfiltration - erfarenheter  
från Berlin Brandenburg

**KONTAKTER OCH INTERVJUADE  
PERSONER - ADRESSLISTA**





## **Kontakter och intervjuade personer - Adresslista**

### **LUA Brandenburg**

*Brev:*

Abteilung Abfallwirtschaft, Altlasten und Bodenschutz  
Herr Dr. Binkelberg  
Postfach 601061  
14 410 Potsdam

Referat WA-8 Gewässerschutz/Wasserwirtschaft  
Frau Naumann  
Postfach 601061  
D - 14467 Potsdam

Abteilung Gewässerschutz/Wasserwirtschaft  
Außenstelle Frankfurt Oder  
Postfach 157  
15234 Frankfurt Oder

*Samråd 1997-05-30:*

Dr. Dinkelberg  
Dipl.-Agraring. Jurgen Ritschel

*Telefonsamtal 1997-05-30:*

Dr Schenk  
LUA, Abt. Wasserwirtschaft, Labor  
Berliner Strasse  
D - 14467 Potsdam  
tel 0331-2323-316

### **Senatsverwaltung, Berlin**

*Brev:*

Amtsleiter, Herrn Strobel  
Senatsverwaltung, Berlin  
Abt. IV. Boden-, Gewässerschutz, Wasserwirtschaft und Straßenreinigung  
Am Kölnischen Park 5  
D - 10179 Berlin

*Samråd 1997-06-02*

Dr Jahn SV, *underavdelning Gewässeraufsicht*  
Herr Sturmnitzky, SV, *underavdelning Gewässeraufsicht*

### **Technische Universität, TU, Berlin**

*Brev:*

Herr Christian Hoffmann  
TU Berlin  
FB7 - Institut für Ökologie - Bodenkunde -  
Salzufer 11 - 12  
10587 Berlin  
E-mail:crisnjhb@sp.zrz.tu-berlin.de

Frau Christine Kenter  
TU-Berlin  
FG Hygiene  
Sekt. ZI 3  
Amrumerstr. 32  
D-13353 Berlin  
Tel.: 030/314-27530  
FAX.: 030/314-27575  
E-mail: kalnowsk@itu401.ut.tu-berlin.de

Herr Dr. Thorsten Reemtsma  
TU-Berlin  
FG Wasserreinhaltung  
Sekt. KF 4  
Str. d. 17. Juni 135  
D-10623 Berlin  
Tel.: 030-314-26429  
FAX.: 030-314-23850  
E-mail: reemtsma@itu202.ut.tu-berlin.de

*Samråd 1997-05-29*  
Dipl.Ing. Christian Hoffman, TU  
Frau Christine Kentner, TU  
Dr. Thorsten Reemtsma, TU (del av tiden)

#### **Berliner Wasserbetriebe**

Hr. Dr. Altmann  
Berliner Wasserbetriebe  
Abt. Laboratorien  
Freiheit 17-25  
D-13597 Berlin  
Tel.: 030-8644-3890

Herr F. Sarfert  
Berliner Wasserbetriebe  
Freiheit 18A  
13 597 Berlin

*Telefon 1997 -06-02*  
Herr F. Sarfert  
(Herr Altmann var inte anträffbar, hade slutat på BW)

## **BILAGA C**

till

långtidseffekter av storskalig  
avloppsinfiltation - erfarenheter  
från Berlin Brandenburg

**REFERENSER OCH LITTERATUR-  
LISTA**



## Referenser och litteraturlista

Auhagen A. et al, 1994. Sanierungs- und Gestaltungskonzeption für die ehemaligen Rieselfelder im Bereich des Forstamtes Buch, Phase 1 (1991-93), Utgivet av: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Berlin.

Bahlo K., Wach G, 1992 Naturnahe Abwasserreinigung Planung und Bau von Pflanzenkläranlagen. Utgivet av ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg ISBN 3-922964-52-4.

Bechmann W., Blumenstein O., Bukowski H., Fischer F., Kapp I., Knösche R., Leinweber P., Portmann H-D., Schachtzabel H., Schade W., Schneider I., Schubert R., 1995. Wenn Abwasser die Landschaft verändert... - Fallstudie einer geoökologischen Komplexuntersuchung kontaminierter Geosysteme. **Stoffdynamik in Geosystemen (skriftserie) Band 1 1995**. Utgivet av: Arbeitsgruppe Stoffdynamik in Geosystemen in der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Potsdam 1995. ISSN 0949-4731.

Bechmann W., Blumenstein O., Bukowski H., Kapp I., Knösche R., Tessmann J., Schachtzabel H., Schneider I. 1997. Neue Cocktails mit bewehrten Rezepten - Beiträge zur Aufklärung hemerober Geosysteme. **Stoffdynamik in Geosystemen (skriftserie) Band 5 1997**. Utgivet av: Arbeitsgruppe Stoffdynamik in Geosystemen in der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Potsdam 1997. ISSN 0949-4731

Bäärnhelm A, 1993. Anrikning av fosfor i öppna infiltrationssystem. Examensarbete 1993, nr 83. Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. för markvetenskap.

Blumenstein O., Schachtzabel H., 1995. Translokationsmechanismen von Schadstoffen in hemeroben Geosystemen - Prozessverlauf und Probleme der Modellierung. Särtryck ur **Geoökodynamik Band XVI**, sid 243-263. 3/4 - 1995  
(Omar Seuffert in Verbindung mit dem Verein für Erdkunde zu Darmstadt e.V)  
(Potsdam, Geoökoverlag ISSN 0720-454 X)

Blumenstein O., Fischer F., Schubert R., under Mitwirkung von Bukowski H. und Geldmacher K. 1997. Zur Indikation von Remobilisierungsprozessen unter nicht mehr genutzten Rieselfeldflächen. Särtryck från **Geoökodynamik Band XVIII**, Potsdam, sid 61-78 1 - 1997. (Otmar Seuffert in Verbindung mit dem Verein für Erdkunde Zu Darmstadt e.V) (Geoökoverlag ISSN 0720-454 X)

Englöv P., Nilsson K., 1979. Avloppsinfiltration. Slutrapport från forskningsprojekt Avloppsinfiltration-grundvattenpåverkan. Forskningsrådsnämnden och VIAK AB. ISBN 91-85844-00-4.

Grunewald K. 1993. Bodenzustand und -belastung aktueller und ehemaliger Rieselfelder südlich Berlin. **Potsdamer geographische Forschungen. Band 5 1993** (Utgivet på eget förlag av Fachbereich Geographie der Universität Potsdam)

Hasselgren K, 1996. Use of Municipal Waste Products in Energy Forestry - Highlights from 15 years of experience. Paper at Joint 1996 Conference on Environmental Issues for Short Rotation Bioenergy Production, Vejle Denmark.

Hoffmann C., Renger M. Säulenversuche zur Schwermetallmobilität in Rieselfeldböden. **Artikel ur Landschaftsentwicklung & Umweltforschung 101** sid 67 ff.

Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei. Jahresbericht 1994/95

Kloos R., 1978. Die Berliner gewässer - Wassermänge, Wassergüte. **Der Senator für Bau- und Wohnungswesen, Berlin**. Besondere Mitteilungen zum Gewässerkundlichen Jahresbericht des Landes Berlin. Kulturbuchverlag GmbH Berlin.

Kloos R., Frey W., Jahn D., Schober R., Vogt D., 1986. Das Grundwasser in Berlin - Bedeutung, Probleme, Sanierungskonzeptionen. Besondere Mitteilungen zum Gewässerkundlichen Jahresbericht des Landes Berlin. **Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Berlin**. Utgiven av: Der Senator für Stadtentwicklung und Umweltschutz. Kulturbuchverlag GmbH Berlin

Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam 1997. Studien und Tagesberichte Band 9  
Rieselfelder Brandenburg - Berlin. LUA Brandenburg, Öffentlichkeitsarbeit 1997

Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam , Universität Potsdam 1997. Gemeinsamer Abschlußbericht, Teile 1-3. Projekt Rieselfelder südlich Berlin - Altlast, Grundwasser, Oberflächengewässer. Bericht aus dem Arbeit 1314. LUA Brandenburg, Öffentlichkeitsarbeit 1997

Larsson A., Rindeskog S., 1993. Avloppsvatten i öppna infiltrationsanläggningar. Examensarbete 1993:104E. Tekniska Högskolan i Luleå, Inst. för samhällsbyggnadsteknik. ISSN 0349-6023.

Lorenz U., Osterkamp S., Thobor C., Kettler C. Projektleitung Dr M. Schirmer. 1996.

Analyse von Funktion und Leistung der Awuarisa-Pilotanlage. Universität Bremen, Fachbereich Biologie, Institut für Ökologie und Evolutionsbiologie, Abt Aquatische Ökologie. Bremen 1996

Marschner B. Bodenchemische und -biologische Einflußfaktoren der Freisetzung von PAK und PCB aus einem Rieselfeldboden. **Artikel ur Landschaftsentwicklung & Umweltforschung 101** sid 75 ff.

Metz R., 1995. Landwirtschaftliche Nutzung von Rieselfelder. Humboldt Universität zu Berlin. I Studien und Tagesberichte Band 9: Rieselfelder Brandenburg-Berlin. Landesumwelt Brandenburg, Potsdam, 1995. ISSN 0948-0838.

Naturvårdsverket 1991. Rening av hushållspillvatten. Infiltrationsanläggningar och markbäddar för fler än 25 personer. Allmänna råd 91:2. Solna. ISBN 91-620-0058-6.

Naturvårdsverket 1997. Bakgrundshalter i mark. Halter av vissa halter och organiska ämnen i jord i tätort och på landsbygd". Rapport 4640, Stockholm. ISBN 91-620-4640-3.

Naturvårdsverket 1996. Generella riktvärden för förorenad mark, halter i mg/kgTS. Rapport 4638, Stockholm. ISBN 91-620-4638-1.

Naturvårdsverket, 1994. Vägledning för miljötekniska markundersökningar. Del 2: Fältundersökningar. Rapport 4310. ISBN 91-620-4310-2.

Portmann H-D., 1995. Ökologisch verträgliche Rieselfeldnachnutzung. I Studien und Tagesberichte Band 9: Rieselfelder Brandenburg-Berlin. Landesumwelt Brandenburg, Potsdam, 1995. ISSN 0948-0838.

Schlenther, L., Hoffman, C., Renger M., 1995. Verteilungsmuster von Nähr- und Schadstoffen innerhalb einer ehemaligen Rieselfeldgalerie. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 76, 433-436.

Schlenther L., Marschner B., Hoffmann C., Renger M. 1996. Ursachen mangelnder Anwuchserfolge bei der Aufforstung der Rieselfelder in Berlin - Buch - Bodenkundliche Aspekte. Artikel ur **Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Band 25, 1996** (Festschrift für Reinhard Bornkamm).

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin 1994. Sanierungs und Gestaltungskonzeption für die ehemaligen Rieselfelder in bereich des Forstamtes, Buch: Phase 1 (1991-93). Arbeitsmaterialien der Berliner Forsten 4, Berlin. Kulturbuchverlag GmbH Berlin

Tröger U., Asbrand M., 1995. Belastung des Grundwassers durch Schadstoffverlagerung im Verbreitungsgebiet der Rieselfelder südlich Berlins. Studien und Tagungsberichte 9. Utgiven av Landesumweltamt Brandenburg.

Wawrinsky R., 1885. Hygieniska notiser samlade under en resa i utlandet. K.L Beckmans förlag. Stockholm.

Werner L., Pfaff M., Schlutow A., 1992. Gutachten zur Sanierung und rekultivierung der Abwassersickerbecken in Hennickendorf/Rehfelde. ÖNU (Forschungs-, Beratungs- und Projektierungs-GmbH für Ökologie, Natur- und Umweltschutz). Opublicerad teknisk rapport.

Wissenschaftliche-technischen Beirates Rieselfelder (WTB) beim Landesumwelt Brandenburg zur Rieselfeldnachnutzung im Umland von Berlin. Stand 04. Dezember 1995. I Studien und Tagesberichte Band 9: Rieselfelder Brandenburg-Berlin. Landesumwelt Brandenburg, Potsdam. ISSN 0948-0838.

Abwasserentsorgung in Brandenburg - Rechtsgrundlagen, Betriebsformen,  
Kosten - Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes  
Brandenburg (MUNRO). Jan 1996.



**BILAGA D**

till

långtidseffekter av storskalig  
avloppsinfiltration - erfarenheter  
från Berlin Brandenburg

**UTDRAG UR "HYGIENISKA NOTI-  
SER" AV R WAWRINSKY, 1885**



Utdrag ur "Hygieniska notiser" av R. Wawrinsky, 1885

# HYGIENISKA NOTISER

SAMLADE

UNDER EN RESA I UTLANDET

AF

R. WAWRINSKY

MED. DOKTOR, SUNDHETSINSPEKTÖR



STOCKHOLM

TRYCKT HOS K. L. BECKMAN

1885.

Mötte sålunda sträfvandena att förse Berlin med rent vatten i tillräcklig mängd jämförelsevis ringa invändningar från befolkningens sida, så var detta däremot långt ifrån fallet, när fråga började väckas om stadens dränering och förseende med underjordiskt aflopp. Följderna af en förorenad och vattensjuk mark gifva sig också i allmänhet mycket långsammare till känna, än följderna af vattenbrist, och observeras för öfrigt icke så lätt af hvem som helst. Dräneringsarbeten äro af dessa skäl sällan så populära som t. ex. åtgärderna för anskaffande af rent vatten eller oförfalskade födoämnen.

Smutsvattnets bortledande försiggick i Berlin ända in på senaste tiden uti vanliga rännstenar mellan gatan och trottoaren. Dessa voro ofta, synnerligast mot ändpunkterna, mycket djupa, emedan gatornas lutning ej var tillräcklig för att bereda lämpligt fall, om rännstenen hela vägen lagts i gatans plan. Botten och väggar voro i regeln gjorda af små dåliga rullstenar, hvilka lätt föllo bort och lemnade smutsen fritt tillfälle att tränga in i den under liggande marken. Dess utom uppstodo ofta fördämningar, därigenom att orenlighet samlade sig på något ojämnt ställe i rännstenen, hvilket medförde gatans öfversvämmande af mer eller mindre orent vatten. Lukten och stanken från dessa öppna kloaker var också tidtals olidlig.

Ett af hufvudmotiven, hvarför myndigheterna så ifrigt påyrkat anläggandet af ett vattenledningsverk, hade egentligen varit önskan att ständigt hafva tillgång på vatten för att rensola dessa rännstenar. Sedan detta mål vunnits, visade sig emellertid denna nödfallsåtgärd vara långt ifrån tillräcklig, synnerligast sedan befolkningen allt mera började använda sig af vattenklosetter, hvilkas innehåll då äfven utsläptes i rännstenarna, där ej direkt ledning till floden kunnat anbringas.

Olägenheterna blefvo härigenom för svåra, för att längre kunna tolereras, och regeringen måste slutligen taga saken om hand. En komité af tre framstående ingenjörer, *Wiebe*, *Hobrecht* och *Veit-Meyer*, tillsattes 1860 och i dessas namn utgaf den först nämde året därpå sitt berömda betänkande öfver staden Berlins kanalisation, hvilket sedermera i hufvudsak blifvit lagdt till grund för det utförda arbetet.

Wiebe'ska förslaget afsåg att uppsamla allt kloakvatten på ett enda ställe nedanför staden för att der utpumpa det i floden, således en idé, som tämligen nära sammanfaller med Bazalgette's slutliga ordnande af Londons kloakväsende. Däremot uppstod emellertid från regeringens sida betänkligheter, emedan man befarade en allt för stor förorening af den ej särdeles djupa floden. Äfven från andra håll gjordes invändningar mot förslaget, och synnerligast sedan det utskott inom kommunalförvaltningen, som fått i uppdrag att granska det samma, offentliggjort den grundliga kritik däröfver, som under titeln »Reinigung und Entwässerung Berlins» är känd öfver

hela Europa, upplammade en strid, som i fråga om ett tekniskt spörsmål knappast haft sin like.

Ännu 1869 stod man sålunda på samma punkt som förut. Men då beslöto myndigheterna omsider att lemna sin byggnadschef, *Hobrecht*, i uppdrag att slita tvisten. Denne framlade ett fullständigt program för Berlins kanalisation, hvilket visserligen utgick från det Wiebe'ska förslaget, men var i så måtto skiljaktigt från det samma, att Berlin icke bildade ett enda distrikt, som utsläpte alla effluvier i Spree, utan i stället delades i flera kretsar, s. k. Radialsystem, hvar och en med sitt särskilda hufvudaflopp till olika punkter i periferien, där smutsvattnet kunde användas till gödsling af åker- och trädgårdsjord. Detta förslag såg dagen år 1872.

Den 16 nov. s. å. beslöt magistraten enhälligt att föreslå stadsfullmäktige bevilja medel till ett försöks anställande enligt *Hobrechts* plan, och att för den skull genast låta sätta i verket utförandet af radialsystemet III. Detta bifölls i mars 1873.

Företaget påbörjades i augusti s. å. Resultatet motsvarade förhoppningarne så väl, att stadsfullmäktige på magistratens anmodan beviljade nytt anslag i maj 1875 för utförande af radialsystemen I och II, samt sedermera i juni och oktober till systemen IV och V. Sedermera hafva tid efter annan medel beviljats till fullbordande äfven af de återstående radialsystemen.

Staden är nu indelad i 12 områden, från hvilka afloppsvattnet ledes till hvar sin särskilda pumpstation, där det med ångkraft pressas upp till flera utanför staden liggande öfversilningsfält. Vid hvarje pumpstation finnes en stor samlingsbrunn för gröfre orenligheter, hållande i diameter ung. 12 meter och delad medelst ett vertikalt stående järngaller i två hälfter. Till följd af den hastiga utvidgningen af hufvudkanalens profil förminskas vattnets strömhastighet så betydligt i denna brunn, att större delen af medföljande sand etc. aflagrar sig på botten af den samma, hvarförutom gallret kvarhåller andra gröfre orenligheter, som skulle kunna skada pumparna.

Från pumpstationerna pressas kloakinhållet i vida, underjordiska gjutjärnsrör ut till stora sandfält utanför staden, där en massa förgreningar fördela vattnet i olika riktningar. Hvarje förgrening slutar på den högsta punkten inom det område, hon har att spisa, och från denna punkt utrinne vattnet af egen tyngd i närgränsande sidokanaler, så snart hufvudventilen till grenröret öppnats. Genom att medelst spadformiga trästycken uppdämma vattnet i dessa sidokanaler, kan man få det att hvar som helst flöda öfver kanterna och öfversvämma de bredvid liggande fälten. Dessa äro sedermera indelade i smärre rutor, och till hvarje ruta hör utom tillförselkanalen

äfvén en afloppsgraf, dit vattnet efter att hafva passerat jordlagren ledes medelst särskilda dräneringsrör. Dessa grafvar utmynna slutligen å sin sida i något närliggande vattendrag.

För att gifva ett begrepp om de ofantliga vattenmassor, som bortföras till irrigationsfälten, torde jag enligt officiela berättelser få meddela följande uppgift från de 5 radialsystem, som vid mitt senaste besök voro fullt färdiga:

Från den 1 april 1885 till den sista mars 1886 bortleddes i medeltal dagligen i första radialsystemet 12,340 kbm., i andra radialsystemet 22,614, i tredje 17,194, i fjärde 21,671 och i femte 23,228 kbm. De staden tillhöriga egendommar, hvilka begagnas för irrigationsändamål, ligga delvis ganska aflägsset från stadsgränsen. De fördelas på de olika radialsystemen på följande sätt:

Radialsystem.	Irrigationsfält.	Areal.
I, II, VI	Osdorf, Friederikenhof, Heinersdorf .....	1242 hektar
III, VII	Grossbeeren.....	977 »
VIII, IX, X	Rosenthal, Blankenfelde ... ..	980 »
IV	Blankenburg, Malchow, Wartenberg .....	1291 »
V, XI	Falkenberg, Bürknersfelde.....	944 »
XII	Hellersdorf.....	450 »
I—XII	Till sammans	5884 hektar

Inköpssumman för dessa irrigationsfält har uppgått till nära 12 millioner mark. De äro indelade i 3 grupper, terrängen med den starkaste lutningen har apterats till ängsfält, de svagt lutande fälten användas till grönsaks- och trädgårdssängar och de horisontela jordstyckena till stora bassängar, i hvilka kloakvattnet uppfångas vintertiden, när vegetationen hvilar, och där orenligheterna aflagras till det kommande vårarbetet. Jordmånen utgöres öfver alt af sandjord.

De till *grönsakssängar* anordnade jordstyckena bestå af ett antal terrassformigt invid hvar andra liggande grupper utaf större eller mindre åsar. Hvarje grupp eller terrass, betraktad ensam för sig, ligger i ett helt och hållet horisontelt plan; de särskilda åsarna äro vid basen 1 m. breda samt af växlande, efter terrängen afpassad längd, dock aldrig mer än 20—30 m. långa, emedan vattnet annars icke skulle hinna att jämnt fördela sig i fårorna. Dessa senare äro i allmänhet 0,30 m. breda och djupa.

Vattningen försiggår här på så sätt, att ventilen till hvarje grupps hufvudkanal hålles öppen så länge, att alla fårorna hinna fyllas.

Vattnet intränger då från sidorna uti hvarje säng och kommer följaktligen endast i beröring med växternas rötter, emedan knapt mer än åsarnas öfre halfvor besås. Emellertid har det synts önskligt, att någon gång före sådden äfven kunna ställa sängarne helt och hållet under vatten, och för den skull brukar sista åsen i hvarje grupp göras 8—12 ctm. högre än de andra, hvarigenom en barrier bildas, som uppdämmer vattnet till åsarnes höjd.

De till *ängar* utlagda jordstyckena äro i allmänhet af rektangulär form och hafva så vidt möjligt en alldeles jämn och likformig lutning. Utloppsventilen befinner sig på den högsta punkten, och vattnet utsläppes först i ett ungefär 0.30 m. bredt och djupt dike, öfver hvars kant det sedan vid uppdämning afrinner på fälten. Därvid får blott så mycket vatten påsläppas, som jorden förmår absorbera, emedan annars den lägst. liggande delen af fälten skulle komma att öfvergödas och bli mindre bärande. Svårigheten vid denna anordning ligger egentligen i att kunna få en jämn lutning på så stora ytor, och man brukar därför oftast genom jorddiken sönderdela fälten uti mindre rutor på 10—30 ar hvardera, då arbetet naturligtvis blir betydligt lättare.

*Bassängerna* äro helt vanliga horisontela jordstycken med uppstående sidokanter. De måste dock å ena sidan vara så stora, att man i de samma kan utan svårighet verkställa erforderliga jordarbeten, men å andra sidan ej håller göras större, än att vatten, som utsläppes i dem, kan uppnå äfven den aflägsnaste punkten, innan det alt sammans nedsjuncker i jorden. Alt efter antalet tilloppskanaler kunna de därför vara högst olika stora; i Grossbeeren och Osdorf syntes de växla mellan 2 och 9 hektar.

Hvarje bassäng omgifves af en 0,7—1 m. hög och 4—6 m. bred jordvall, hvilken äfven tjänar till körväg, och från hvilken man på vissa ställen kan köra ned till bassängens botten. Dessa jordlotter användas till irrigation blott under november till april; på våren upplöjas de och besås med hvete, hafre, rofvor, betor, hampa, majs m. m. Deras skötsel fordrar mycken försigtighet och omtanke, för att resultatet skall blifva tillfredsställande, och en särskild instruktion finnes därför på de flesta ställen uppgjord för irrigationen uti dessa bassänger.

Vid jordarbetena på irrigationsfälten har man på sista åren börjat använda kommunens fattighjon och för den skull på några ställen uppfört baracker vid några centrala punkter, i hvilka hjonen inhysas under våren och sommaren; så länge arbetena pågå. I förbigående torde böra anmärkas, att hälsotillståndet bland arbetshjonen visat sig under denna tid betydligt bättre än under vintern, då de vistas i de

egentliga arbetsinrättningarna, hvilket väl häntyder på, att arbetena på irrigationsfälten icke kunna vara skadliga, såsom systemets motståndare vilja låta påskina. Vissa delar af egendomarne hafva blifvit utarrenderade till enskilda personer, hvilka för egen räkning drifva jordbruk på irrigationsfälten, hvarjämte äfven så småningom grannarna på några ställen börjat att mot bestämd afgift begagna sig af stadens klokvatten för gödsling af åkerfälten.

Med afseende på det ekonomiska resultatet af anläggningarna kan ej förnekas, att det samma hitills ställt sig tämligen ofördelaktigt, trots de rika och talrika skördar, som årligen erhållas, och den yppiga växtlighet, som irrigationsfälten utveckla. De kolossala summor, som de dyrbara anläggningarna och de vidsträckta jordegorna slukat, kunna väl också svårligen någonsin återfås; emellertid lär dock på sista åren inkomsterna af irrigationsfälten så mycket ökats, att man redan räknar en icke alt för låg ränta på den inköpta jorden. Äfven detta resultat, som man antager med tiden komma att ställa sig ännu gynsammare, bör likväl, om det betraktas ur sin rätta synpunkt, kunna anses såsom ganska tillfredsställande. Ty man måste hålla i minne, att irrigationens ändamål icke är i egentlig bemärkelse *finansiellt* utan framför alt *sanitært*. För närvarande torde väl också knappast något renhållningssystem kunna framvisas, som bättre än vattenspolningssystemet med ty åtföljande irrigation lämpar sig för en så stor och på samma sätt som Berlin belägen stad, och hvilket med samma sanitära fördelar kunnat förena ett jämförelsevis så gynsam ekonomiskt resultat. De till en början ständigt upprepade anmärkningarna mot Berlins renhållningssystem hafva därför också småningom tystnat, och belåtenheten med det samma synes nu mera vara allmän till och med bland dem, som förr uppträdde som dess ifrigaste veder-sakare.

Irrigationsfältens renande förmåga har redan från början visat sig synnerligen stor. Enligt analyser af prof. Salkowsky innehöllo 100,000 delar af:

	kloak-vattnet.	afloppsvattnet från	
		träd-gårds-landen.	än-garna.
Fasta ämnen vid 115° C.....	82.12	89.40	87.80
Glödgningsförlust.....	24.52	10.80	8.56
Syreförbrukning .....	25.22	1.51	1.51
Ammoniak....	14.60	0.03	spår



	kloak- vattnet.	afloppsvattnet från	
		träd- gårds- landen.	än- garna.
Salpetersyra .....	0	9.66	9.37
Svafvelsyra.....	spår	8.48	8.65
Klor.....	20.60	15.33	15.11
Kali och Natron.....	22.74	15.69	16.54

Så väl från regeringens som stadsmyndigheternas sida har från början sträng kontroll hållits öfver systemets inflytande på hälsoförhållandena så väl i trakten af egendomarna som i staden, men inga andra än gynsamma resultat hafva hitills erhållits därvid. Alt motstånd metoden rönt, har också endast bidragit till att ännu tydligare än förut bevisa dess fördelar och manat myndigheterna att icke spara någon kostnad eller möda för att bringa företaget till ett lyckligt slut. Också torde man med alt fog kunna säga, att sedan det gamla Roms dagar har icke något så storartadt och fulländadt arbete i hälsovårdssyfte blifvit utfördt som Berlins kanalisation.

Inom själfva staden delas gatuledningarna uti hufvudkanaler och biledningar af hvilka de förra äro murade och hafva äggformig profil, under det att de senare i allmänhet äro lagda med runda lerrör. Hufvudkanalernas botten består af ett dubbelt lager hårdbrändt tegel i cement eller af beton; diametern växlar mellan 0.90 och 2 m. Lerrören äro däremot endast 21 till 48 ctmr vida.

Spolning verkställes medelst vatten från vattenledningsverket, som påsläppes ur hydranter invid gatorna. Särskilda nödutlopp till de naturliga vattendragen finnas anordnade på lämpliga ställen för att tjänstgöra vid starkare nederbörd. Till ventilation af kanalerna begagnas dels stuprännorna från husen, dels gatubrunnarna och revisionschakten. De senare äro anbragta i alla gatukorsningar på 80 till 100 m:s afstånd från hvar andra; de förra ligga ung. 60 m. från hvar andra och äro utan vattenlås för att medgifva kloakgasernas fria utströmning.

På grund af en polisförordning från 1874 måste alla egendommar genast förenas med afloppsledningen, alt efter som den samma fortskrider. Alla vattenklosetter skola förenas direkt med gårdsledningen och i likhet med alla slaskledningar vara försedda med vattenlås. För anslutningen betalas årligen 1 pct af hyresinkomsterna för huset eller motsvarande ränta.

För närvarande har arbetet framskridit så långt, att endast några få af stadens yttre och mera glest bebygda distrikt återstå att kanalisera. Antagligen torde dock äfven dessa blifva färdiga med 1887 års slut. —



## **BILAGA E**

till

långtidseffekter av storskalig  
avloppsinfiltration - erfarenheter  
från Berlin Brandenburg

**FÖRTECKNING ÖVER LÄMPLIGT  
VÄXTVAL VID INFILTRATIONSAN-  
LÄGGNINGAR FÖR DAGVATTEN**



## Förteckning över lämpligt växtval vid infiltrationsanläggningar för dagvatten.

(enligt tyska riktlinjer för anläggningen)

### Zon 1 Djupvattenzonen

- *Hottonia palustris* - Vattenblink
- *Nuphar lutea* - Gul Näckros
- *Nymphaea alba* - Vit Näckros
- *Potamogeton crispus* - Nate
- *Potamogeton natans* - Gäddnate
- *Polygonum amphibium* - Vattenpilört
- *Ranunculus aquatilis* - Vattenranunkel

### Zon 2 Grundvattenzonen. (Ständigt -ofta översvämmad mark)

- *Acorus calamus* - Kalmus
- *Alisma plantago* - Svalting
- *Butomus umbellatus* - Blomvass
- *Carex elata* - Starr
- *Carex gracilis* - Vass-starr
- *Glyceria maxima*\*
- *Iris pseudacorus*\* - Gul Svärdslija
- *Juncus effusus*\* - Veketåg
- *Juncus inflectus*
- *Phalaris arundinacea*\*
- *Phragmites australis*\* - Vass
- *Sagittaria sagittifolia* - Pilblad
- *Schoenoplectus lacustris*\*
- *Sparganium emersum* - Igelknopp
- *Sparganium erectum*
- *Typha angustifolia* - Kavelmun
- *Typha latifolia*\* - Bredbladig Kavelmun

De med \* betecknade växterna har visat sig vara särskilt effektiva och motståndskraftiga mot föroreningar. *Schoenoplectus*, *Juncus* och *Phragmites* bör företrädesvis användas i inloppsområdet till anläggningen.

### Zon 3 Tillfälligt översvämmad mark

#### Trädskikt:

- *Alnus glutinosa* - Al
- *Salix alba* - Guldpil
- *Salix aurita* -
- *Salix caprea* - Sälga
- *Salix purpurea*
- *Salix viminalis*

#### Örtskikt:

- *Caltha palustris* - Kabbeleka
- *Lysimachia nummularia* - Penningört
- *Lythrum salicaria* - Fackelblomster
- *Myosotis palustris* - Förgätmigej

#### Zon 4 Fast mark

- *Acer platanoides* - Lönn
- *Coryllus avellana* - Hassel
- *Fraxinus excelsior* - Ask
- *Populus canescens* - Poppel
- *Prunus padus* - Hägg
- *Quercus robur* Ek
- *Rhamnus frangula*
- *Sambucus nigra* - Fläder
- *Ulmus carpinifolia* - Alm

För anläggande av grässkikt rekommenderas följande blandning:

- |   |     |
|---|-----|
| - <i>Agrostis gigantea</i> - Ven              | 10% |
| - <i>Festuca ovina</i> - Fårsvingel           | 20% |
| - <i>Festuca rubra commutata</i> - Rödsvingel | 20% |
| - <i>Festuca rubra rubra</i> och /eller       |     |
| - <i>Festuca rubra tricophylla</i>            | 30% |
| - <i>Lolium perenne</i> - Engelskt rajgräs    | 10% |
| - <i>Poa trivialis</i> - Kärrgröe             | 10% |

Kommentar: Huvuddelen av växterna i förteckningen är inhemska även i Sverige, och växtvalet torde därmed kunna vara vägledande även för våra förhållanden.

## **BILAGA F**

till

långtidseffekter av storskalig  
avloppsinfiltration - erfarenheter  
från Berlin Brandenburg

**AKTUELLA TENDENSER  
ANGÅENDE LOKALA AVLOPPSAN-  
LÄGGNINGAR I TYSKLAND**





# Aktuella tendenser angående lokala avloppsanläggningar i Tyskland

## Aktuella tendenser i Tyskland

Vilka slutsatser har då tyskarna själva dragit av sina erfarenheter? Huvudsakligen tycks tendensen vara en övergång till "konventionell" reningsteknik. I varje fall tar man helt avstånd från infiltration i större skala, framför allt p.g.a omöjligheten till kontroll av processen. Dr Jahn på Senatsverwaltung, Berlin avråder bestämt från infiltration och nämner rotzonsanläggningar och minireningsverk, som bl.a utnyttjar aktivt kol för reningen, som exempel på bättre tekniker.<sup>1</sup>

Det finns under senare år två vitt skilda tendenser inom tysk avloppsteknik, dels går utvecklingen mot allt större och mer sofistikerade reningsverk, med bl.a insats av aktivt kol i reningsprocessen,<sup>2</sup> dels prövar man i många fall på landsbygden (framför allt för avloppsmängder understigande 1000 pe) "naturnära avloppsbehandling" i s.k *Pflanzkläranlagen* - det som vi benämner rotzonsanläggningar.

Meningarna är emellertid ytterst delade om rotzonsanläggningarnas användbarhet. En ganska inflammerad diskussion fördes i tyska massmedia under flera år om "*Wurzelraumentsorgung nach Prof. Kickuth*". Förespråkarna menade, att rotzonsanläggningarna ombesörjer reningen av avloppsvattnet inte bara "naturligare" utan även bättre och billigare än konventionell avloppsteknik. Myndigheterna var å sin sida ytterst avvaktande. Entusiasmen för naturnära avloppsrening, som nådde en höjdpunkt under slutet av 80-talet då ett flertal experimentanläggningar anlades, har numera avsevärt bedarrat. Anledningen är dels myndigheternas restriktiva inställning, dels att påståendena om anläggningarnas effekt visat sig betydligt överdrivna.

Numera har båda sidor modifierat sina ståndpunkter, och rotzonsanläggningarna framstår i många fall som ett realistiskt alternativ på den tyska landsbygden, där konventionell reningsteknik skulle kräva kilometerlånga tryckledning- ar till närmaste avloppsreningsverk.

Det finns tyska DIN-normer framtagna för utformning av lokala reningsanläggningar för hushållsavlopp med en storlek av upp till 8 m<sup>3</sup>/dygn motsvarande 50 pe (DIN 4261). I normerna regleras även den biologiska efterbehandlingen av avloppsvattnet, sedan det först letts genom en flerkammarbrunn för slamavskiljning.

De biologiska efterbehandlingstekniker, som behandlas i normen är:

- underjordisk infiltration
- filterbädd
- anläggningar med teknisk syresättning av avloppsvattnet

Rotzonsanläggningar och andra typer av avloppsrening med växter behandlas inte i DIN-4261.

I en skrift från Ökobuch Verlag; (Klaus Bahlo, Gerd Wach, , *Naturnahe Abwasserreinigung*) behandlas fördelar och problem med naturnära reningstoder. Författarna gör ett försök till objektiv framställning av rotzonsanlägg-

1 Intervju med Dr Jahn och Herr Sturmritzky, Senatsverwaltung, Berlin, Abteilung IVB, Boden-, Gewässerschutz, Wasserwirtschaft und Straßenreinigung, underavdelning Gewässeraufsicht 1997-06-02

2 Intervju med Christian Hoffmann, Technische Universität Berlin

ningarnas funktion och påverkan på den yttre miljön, och redovisar även myndigheternas förhållningssätt till denna typ av anläggningar i olika delstater.

Generellt sägs i boken, att tungmetaller och andra icke nedbrytbara skadliga substanser, som t.ex högklorerade organiska substanser, måste avskiljas vid källan. På lång sikt är ett förbud mot tillverkning och försäljning av produkter som innehåller dessa ämnen den enda möjliga lösningen. Författarna säger även att man måste lära av de misstag som begåtts i gamla Bundesländer, så att man inte upprepar dessa misstag. I boken nämns separation av fekalier, komposttoaletter och återanvändning av renat avloppsvatten till toalettspolning som "ekologiska" avloppskoncept. Urinseparering nämns över huvud taget inte ( boken är från 1992, oförändrad nyupplaga 1995)

Det finns två huvudtyper av växtbaserade anläggningar, torra och akvatiska. De torra utgörs i princip av bevuxna sandfilter eller av bevattning med avloppsvatten, de akvatiska av sumpbäddar, dammar eller diken med planteringar av framför allt vass (*Phragmites australiensis*). Den avgörande betydelsen för själva reningsprocessen har i alla dessa typer av anläggningar markens eller filtersubstratets sammansättning, samt beskickningssättet. Växternas funktion är framför allt understödande, de bidrar till

- höjande av markens genomsläpplighet genom att sekundärporer bildas
- förhindrande av igensättning ("soil clogging") genom tillväxt av stänglar och rötter
- förhöjning av reningsprocessen, genom att livsbetingelser för bakterier skapas vid rötter och rhizomer
- syresättning av marken genom luftledande vävnader i stammen.

Vassbäddar används även för stabilisering och avvattning av avloppsslam.

Die Abwassertechnische Vereinigung eV (ATV), Tysklands största tekniskt/vetenskapliga förening, gav i slutet av år 1989 ut rekommendationsbladet H262 "*Behandlung von häusliches Abwasser in Pflanzenbeeten*" (Behandling av hushållsavlopp i plantbäddar). I detta anges mätkriterier samt anläggnings- och driftsrekommendationer för växtreningsanläggningar. H262 används idag av myndigheterna som beslutsunderlag vid tillståndsgivning.

I *Wasserhaushaltsgesetz, WHG*, liksom i delstaternas egna vattenlagar stipuleras, att avloppsanläggningar måste uppfylla "*allgemein anerkannten Regeln der Technik*" - "a.a.R.d.T", dvs allmänt vedertagna regler för teknik. Begreppet innebär att tekniken måste vara beprövad och av majoriteten av fackkunniga inom gebitet ansedd för riktig. Även om växtreningsanläggningar i H262 inte åsatts benämningen a.a.R.d.T, behandlas de i många delstater som sådana.

Författarna till boken anger som sin uppfattning, att växtreningsanläggningarna vid riktig dimensionering, utformning och drift har tillräckligt god funktion för att uppfylla kraven. En enkät i olika tyska delstater genomfördes 1991/92. Resultaten av denna visar att mindre anläggningar (upp till 1000 pe) i allmänhet tillåts, baserat på rekommendationsbladet H262. Större anläggningar tillåts mindre ofta, även om de i de flesta Bundesländer generellt anges som "tillståndsvärdiga". Mest liberala är Niedersachsen och Hessen, medan Bayern, Schleswig-Holstein, Saarland och Nordrhein-Westfalen intar en något mer restriktiv inställning, och Baden-Württemberg förbjuder dem helt. Storstäderna Hamburg och Berlin, liksom Rheinland-Pfalz tillåter pilotanläggningar. Flera av de nya delstaterna, bl.a Brandenburg, intar en avvaktande hållning

och hänvisar till bristande erfarenheter. I Mecklenburg-Vorpommern och Sachsen tillåts såväl mindre som större anläggningar. Ministerierna i Sachsen-Anhalt och Bremen besvarade inte enkäten.

Några av delstaterna (Niedersachsen, Schleswig-Holstein och Nordrhein-Westfalen) har utformat egna regelverk och rekommendationer, andra (Sachsen och Mecklenburg-Vorpommern) förbereder sådana.<sup>3</sup>

I broschyren *Abwasserentsorgung in Brandenburg -Rechtsgrundlagen, Betriebsformen, Kosten*,<sup>4</sup> som getts ut av MUNRO (högsta miljömyndigheten i Land Brandenburg) i januari 1996, redovisas dels dagens lagstiftning inom området avloppshantering, dels ett antal förslag till lokala avloppslösningar för landsbygden, som uppfyller myndigheternas krav. I förordet till broschyren uttalas, att det vid överprövning av det planerade avloppssystemet ute på landsbygden har visat sig att dessa i många fall kommer att leda till oskäligt höga avgifter för enskilda medborgare. Orsaken sägs vara otillräckliga underlag för driftsrutiner samt feluppskattningar av utvecklingen (kraftigt överdrivna förväntningar på befolkningsutveckling, utveckling av nya verksamheter, dricksvattenförbrukning och avloppsmängder).<sup>5</sup>

De typer av lokala anläggningar som redovisas i broschyren är:

- Underjordisk infiltration (ungefär samma typ som våra slutna infiltrationer)
- Filtergrav (motsvarar vår markbädd)
- Optimerad filtergrav
- Plantbädd (öppen infiltration, med rotzonsanläggning)
- "Avloppsdamm" (öppen damm, med vassplantering)

Samtliga typer förutsätts föregås av slamavskiljning i flerkammarbrunn.

MUNRO redovisar i och med denna broschyr en helt ny policy, som går ut på att avloppsförsörjningen i glesbygd inte nödvändigtvis måste ske genom konventionella reningsverk. I stället tillåts avloppsförsörjningen ske genom olika typer av lokala anläggningar.

De tyska myndigheternas generella inställning kan sammanfattas som följer:

- ⇒ Svårnedbrytbara miljöfarliga ämnen bör avskiljas vid källan. På lång sikt måste dessa ämnen bort ur kretsloppen. Förbud mot tillverkning och försäljning bör införas.
- ⇒ Olika principer för avloppsrening bör tillämpas i tätbebyggelse och glesbygd. I tätbebyggelse är "konventionell" avloppsrening den lämpligaste lösningen. I glesbygd kan lokala lösningar vara lämpligare.
- ⇒ Rotzonsanläggningar kan vara ett lämpligt komplement till mekanisk-biologiska lokala anläggningar.

---

3 Uppgifterna gäller 1991 - 1992 och är alltså något inaktuella.

4 Avloppsförsörjning i Brandenburg - lagstiftning, driftsformer, kostnader

5 De planer som gjordes byggde på kommunernas egna överoptimistiska befolkningsprognoser, och har resulterat i överdimensionerade avloppsreningsverk och ledningsnät, samt mycket långa tryckledning för att ansluta den glest utspridda bebyggelsen till de byggda eller planerade reningsverken. I många fall har anläggningarna aldrig kommit till stånd, p.g.a brist på likvida medel.









## Rapporter utgivna i VA-FORSK-serien

- 1992-01 Hydraulisk analys av vattenledningsnät, *Lennart Andersson*
- 1992-02 Samverkan mellan avloppsnät och reningsverk, *Claes Hernebring*
- 1992-03 Lukt- och smakstörningar i dricksvatten, *Kjell Kihlberg, Roger Sävenhed*
- 1992-04 Artificial Groundwater Recharge – State of the Art, *Cristina Frycklund*
- 1992-05 Analysmetod för kloridoxid, klorit och klorat, *Mats Lindgren, Einar Pontén*
- 1992-06 Undersökning av förfilter för järn- och manganreduktion vid dricksvattenrening, *Tibor Nemeth, Åke Elgemark*
- 1992-07 Inventering av datorbaserade system för övervakning och styrning inom kommunal teknik, *Bengt Zagerholm*
- 1992-08 Bräddning – Problemet omfattning i svenska tätorter, *Mats Andreason, Johan Larsson*
- 1992-09 Lokal dagvattenhantering — Erfarenheter från några anläggningar i drift, *Eva Jansson, Bo Lind, Björn Malbert*
- 1992-10 PRISEK Prioritering Samhällskonsekvenser Ekonomi – Ekonomisk modell och systematisk effektredovisning för värdering och prioritering av va-åtgärder, *Bertil Gustafsson, Gilbert Svensson*
- 1992-11 Konditionsstabilitet hos avloppsledningar av betong, *Viveka Lidström*
- 1992-12 Skadefall på nylagda betongledningar, *Ann-Christin Sundahl*
- 1992-13 Konstgjord grundvattenbildning, *Bertil Sundlöf, Lars Kronqvist*
- 1992-14 Trädrötter och ledningar, *Örjan Ståhl*
- 1992-15 Naturliga system för avloppsrening och resursutnyttjande i tempererat klimat, *HB Wittgren, Kenth Hasselgren*
- 1992-16 Vattenboken – En bok för mellanstadiet om vårt svenska vatten, *Accurat Information AB, VAV*
- 1992-17 Vattenboken – Läroboken, *Accurat Information AB, VAV*
- 1992-18 Utvärdering av VA-FORSK, *Björn Svedinger*
- 1992-19 Hårdgöring av dricksvatten med krita-kolsyra – ett alternativ till kalk-kolsyra, *Dan Göthe, Bertil Israelsson*
- 1993-01 Alternativ va-teknik – Exempelsamling, *Per-Arne Malmqvist, Agneta Samuelsson*
- 1993-02 Luft- och sedimentansamlingar i tryckledningar – Inledande studie, *Lennart Jönsson*
- 1993-03 Algtoxiner i dricksvatten – en undersökning vid två svenska vattenverk samt litteraturstudie, *Heléne Annadotter*
- 1993-04 Simulering av hydrologin inom urbana områden. Metodikmanual – MouseNAM, *Lars-Göran Gustafsson*
- 1993-05 Användning av kloridoxid — Reaktorstudier och halter i distributionssystemet vid nio vattenverk, *Mats Lindgren, Einar Pontén*
- 1993-06 Slamspridning på åkermark, *Per-Göran Andersson, Peter Nilsson*
- 1993-07 Analys av tillförselgrad till avloppsverk — svårigheter och möjligheter. Tillämpning på tillrinningen till Tivoliverket i Sundsvall, *Claes Hernebring*
- 1993-08 Indirekt nederbördspåverkan i spillvattensystem, *Hans Bäckman, Björn Marklund, Rune Olsson, Bengt-Lennart Peterson, Tore Wästlin*
- 1993-09 Franska va-driftentreprenader, *Lise-Lotte Nilsson*
- 1993-10 Generell kravspecifikation för styr- och övervakningssystem, *Bengt Zagerholm*
- 1993-11 Va på entreprenad, *Gösta Fredriksson, Bo Lannblad, Bengt Larsson, Åke Mattsson*
- 1993-12 Renovering av avloppsledningar. Riktlinjer för dokumentering och kvalitetskontroll, *Björn Borstad, Inge Faldager, Thomas Johansson*
- 1993-13 Simulering av vattenledningsnät med Piccolo — en utvärdering, *Krister Törneke*
- 1993-14 Drömmen om att allt ska förbli som det var — några reflexioner om konkurrens och strategier för förändring inom va-branschen, *Lennart Hansson, Ola Mattisson*
- 1993-15 Kostnader för drift av avloppsreningsverk, *Peter Balmér, Bengt Mattsson*
- 1993-16 Rötkammarers förmåga att bryta ned organiska föreningar i slam, *Hans Ring*
- 1994-01 Va-ledningars kondition, *Peter Stahre, Ann-Christin Sundahl, Viveka Lidström*
- 1994-02 Tillämpning av kvicksilverfri COD-analys inom va-tekniken, *Evy Axén, Gregory M Morrison*
- 1994-03 Drifterfarenheter med biologisk kvävereduktion, *Magnus Emanuelsson*
- 1994-04 Bestämning av nitrat i kommunalt avloppsvatten — en metod lämpad för automatiserad övervakning och kontroll, *Christer Björklund, Bo Karlberg, Maikael Karlsson*
- 1994-05 Vattenförbrukningens dygnsvariation, *Lars Nikell*
- 1994-06 Dagvattnets sammansättning, recipientpåverkan och behandling, *Thomas Larm*
- 1994-07 Svavelväteproblem i avloppsledningar — praktiska drifterfarenheter och tillämpbara anvisningar, *Anders Ledskog, Sven-Gunnar Larsson, Bo Göran Lindqvist*
- 1994-08 Konstgjord grundvattenbildning — Processtudier vid inducerad infiltration och bassänginfiltration, *Cristina Frycklund, Gunnar Jacks, Per-Olof Johansson, Kerstin Lekander*
- 1994-09 Desinfektion/oxidation som förbehandling av ytvatten, *Mats Engdahl*
- 1994-10 Kontroll av bräddavlopp, *Bertil Forsberg*
- 1994-11 Dagvattnets sammansättning, *Per-Arne Malmqvist, Gilbert Svensson, Caroline Fjellström*
- 1994-12 Kortbedömning av TV-inspekterade avloppsledningar, *Olle Nilsson, Peter Stahre*
- 1994-13 Utjämningsmagasin. Erfarenheter i svenska avloppsnät, *Rolf Mansfeldt, Mats Andréasson, Bertil Svensson*
- 1994-14 MIKE SHE I Urban Miljö, Tillämpningsexempel Vittskövle, *Stefan Winberg, Lars-Göran Gustafsson, Lars Bengtsson*
- 1994-15 Avskiljare för lätta vätskor och fett, *Fred Nyberg*
- 1994-16 Datorstödd simulering av aktivslamprocessen – Försök vid 5 svenska reningsverk, *Jes la Cour Jansen, Dines Thornberg, Anders Finnson*
- 1995-01 Ringar på vattnet – VA-verken och Agenda 21, *Anna Helmrot, Gunnel Jonsson, Örjan Eriksson*
- 1995-02 Transport av föroreningar i avloppssystem. Beräkningsmöjligheter med MouseTRAP, *Claes Hernebring, Cecilia Appelgren*
- 1995-03 Alternativa avloppssystem i Bergsjön och Hamburgsund. Delrapport från ECO-GUIDE-projektet, *Per-Arne Malmqvist, Hans Björkman, Majlis Stenberg, Ann-Carin Andersson, Anne-Marie Tillman, Erik Kärman*
- 1995-04 Utvärdering av biologisk fosforavskiljning vid Öresundsverket i Helsingborg – Processtekniska och mikrobiologiska aspekter, *Magnus Christensson, Karin Jönsson, Natuschka Lee, Ewa Lie, Per Johansson, Thomas Welander, Kjetill Østgaard*
- 1995-05 Internkontroll vid VA-verk. Arbetsbok för upprättande och genomförande av internkontrollprogram för arbetsmiljön vid va-verk, *Ingvar Borgström, Anders Karlsson*
- 1995-06 Regional VA-samverkan – Potential och principer, *Lennart Hansson, Ola Mattisson*
- 1995-07 Hårdhethöjning av dricksvatten med krita-kolsyra, ett alternativ till kalk-kolsyra – Fullskaleförsök vid Öxsjöverket Lerum, *Dan Göthe, Bertil Israelsson*
- 1995-08 Våtmarksrening vid Landsbro ARV, *Leif Lorentzon, Göran Nilsson, Yvonne Gunnevik, Carl Odelberg, Thomas Svensson*
- 1995-09 Tvättmedel – Effekter på reningsverk och miljö, *Cajsa Wahlberg*
- 1995-10 Utvärdering av VAVs läckagestatistik, *Ann-Christin Sundahl, Åse Hasselkvist*
- 1995-11 Trädrötter och avloppsledningar. En fördjupad undersökning av rotproblem i nya avloppsledningar, *Örjan Ståhl, Jörgen Rosenlöf*
- 1995-12 Renovering av vattenledningar. Riktlinjer för metodval, dimensionering och utförande, *Thomas Johansson, Per Romdal, Øistein Torgersen*
- 1995-13 Nya kemikalier – En utmaning för kommunala reningsverk. Förstudie, *Björn Frostell, Bengt Hultman, Jonas Röttorp, Peter Solyom*
- 1995-14 CD-ROM inom VA, *Leif W Linde, Gunnar Petersson*
- 1995-15 Kvalitetssäkerhet och leveranssäkerhet i distributionssystem för dricksvatten, *Bengt Zagerholm, Rolf Bergström*
- 1995-16 Försöksrapport från biologisk fosforavskiljning vid Jämshögs reningsverk, Olofströms kommun, *Carl-Johan Legeth*



## Rapporter utgivna i VA-FORSK-serien

- 1996-01 Organiskt avfall som växtnäringsresurs. Potential och förslag till forsknings- och utvecklingsinsatser, *H B Wittgren*
- 1996-02 Rotinträngning i avloppsledningar. En undersökning av omfattning och kostnader i Sveriges kommuner, *Örjan Stål*
- 1996-03 Källsorterad humanurin i kretslopp – Förstudie i tre delar, *Håkan Jönsson, Anna Olsson, Thor Axel Stenström, Gunnel Dalhammar*
- 1996-04 VA sett på nytt sätt – Driftentreprenader i några kommuner, *Gösta Fredriksson, Bo Lannblad, Bengt Larsson, Åke Mattsson*
- 1996-05 Avrinningsområdesbaserade organisationer som aktiva planeringsaktörer, *Jan-Erik Gustafsson*
- 1996-06 Bedömningsgrunder för ovidkommande vatten i avloppsnät. Metodikmanual, *Ann-Marie Gustafsson, Gilbert Svensson*
- 1996-07 Snösmältningspåverkan på avloppssystem inom urbana områden, *Claes Hemebring*
- 1996-08 Rening av avloppsslam från tungmetaller och organiska miljöfarliga ämnen, *Erik Levlín, Lars Westlund, Bengt Hultman*
- 1996-09 Kemikaliers effekter i VA-sammanhang. En datasammanställning, *Ingemar Dellien*
- 1996-10 Syrgas i kombination med luftinblåsning vid pilotförsök med kväverening vid Västerås reningsverk, *Hermann Wiklund, Kjell-Ivar Dahlqvist, Bernt Ericsson*
- 1996-11 Export av svenskt kommunalt VA-kunnande, *Gösta W Fredriksson, Åke Mattsson*
- 1996-12 Litteraturlöslösning för grundvatten i urban miljö på Internet, *Chester Svensson*
- 1996-13 Konkurrensutsättning av VA-verksamheten, *Stig Tunestål*
- 1997-01 Utvärdering av VA-lösningar i ekobyar, *J-E Haglund, B Olofsson*
- 1997-02 Aktivt stöd till fastighetsägare vid nybyggnad av VA-nät, *Roland Strandberg, Mårten Wärnö*
- 1997-03 Dosering av biokultur i en igensatt infiltrationsanläggning – En utvärdering, *Jenny Holmgren*
- 1997-04 Biogasanläggningar i Sverige, *Anna Lindberg*
- 1997-05 VA-försörjning i ny skepnad – Om konkurrens och strukturomvandling i Vaxholm, *Ola Mattisson*
- 1997-06 Fosfors växttillgänglighet i olika typer av slam, handelsgödsel samt aska, *Kersti Linderholm*
- 1997-07 Dricksvatten och korrosion – En handbok för vattenverken, *Bo Berghult, Ann Elfström Broo, Torsten Hedberg*
- 1997-08 Alternativa avloppssystem i Bergsjön och Hamburgsund. Sammanfattande slutrapport från ECO-GUIDE-projektet, *Per-Arne Malmqvist, Majlis Stenberg*
- 1997-09 Analys av avloppssystem med datormodeller. Tillämpningsexempel med MOUSE-systemet, *Bo Granlund, Mats Andréasson*
- 1997-10 Läckökning med hjälp av tryckslagsmätningar – Transientmetoden, *Lennart Jönsson, Anders Svensson*
- 1997-11 Modellering av ekologisk dagvattenhantering, *Cecilia Wennberg*
- 1997-12 Avvattningslaguner för slam från enskilda brunnar, *Erik Brydolf, Eric Rönnols*
- 1997-12 Lövånger, *Daniel Hellström, Elisabeth Kvarnström*
- 1997-13 Sambandet mellan kostnader och avgifter inom kommunal VA-verksamhet, *Torbjörn Tagesson*
- 1997-14 Kundorienterad kvalitetsutveckling i VA-verksamhet – Rapport från en förstudie, *Patrik Larsson, Saara Isaksson*
- 1997-15 Läck- och dräneringsvatten i spillvattensystem, *Hans Bäckman, Bengt Göran Hellström, Anders Jaryd, Åke Jonsson*
- 1997-16 Avvattningslaguner för slam från enskilda brunnar, *Erik Brydolf, Eric Rönnols*
- 1998-01 Tryckslag i vattenledningsnät – några exempel, *Johan Spännare*
- 1998-02 Tryckslags inverkan på vattenledningsnät, *Jakob Büchert, Anders Svensson*
- 1998-03 Analys av redovisade kostnader enligt DRIVA Kostnadsjämförelser för åren 1993-1995, *Gilbert Svensson, Annika Malm*
- 1998-04 Långsamfilters reningspotential, *Essie Andersson*
- 1998-05 Kontaktfiltrering av ytvatten – en teknik på frammarsch, *Maria Byström*
- 1998-06 Utvärdering av WEFs CD kurs "Operations Training – Wastewater Treatment Course" *José-Ignacio Ramírez*
- 1998-07 Nordisk konferens om kväverening och biologisk fosforering – 1997, *Bengt Göran Hellström, Anders Finnson*
- 1998-08 Toluen i avloppsslam – En studie av Lingsheds reningsverk, *Thomas Hellström, Hans Hedvall*
- 1998-09 Långtidseffekter av storskalig avloppsinfiltration – Erfarenheter från Berlin–Brandenburg, *Per-Arne Malmqvist, Viveka Ramstedt, Hans Björkman*