

jordbruksproduktion på infiltrationsytorna. På en del av områdena fortsatte man dock att infiltrera för att säkerställa grundvattenförsörjningen framför allt för industriändamål i södra Berlin. Ännu tills för några år sedan användes cirka 1000 ha för detta ändamål.

Sedan Tysklands återförening har ett kommunalägt förvaltningsbolag bildats som har ansvar för återställandet och användningen av de cirka 20000 ha forna infiltrationsområdena. Ännu 1997 används ett fåtal områden för infiltration av orenat avloppsvatten i väntan på att de moderna avloppsreningsverk som är under byggnad skall tas i drift.

Kartan i *Figur 2.1* visar omfattningen och belägenheten av Rieselfelder i och runt Berlin.

I hela Tyskland har cirka 30000 ha använts som Rieselfelder, varav alltså 22000 enbart i Berlin med omnejd.

2.2 Teknik

Årligen har mellan 800 och 5000 mm avloppsvatten infiltrerats, mer i början av 1900-talet och sedan allt mindre efter hand som reningsverk har byggts. Avloppsvattnet bestod av såväl hushållsspillvatten som industriavloppsvatten och dagvatten. Inkommande vatten var efter pumpning i långa ledningar typiskt svartfärgat med höga halter av ammonium och svavelväte, praktiskt taget fritt från syre och nitrat. Sammansättningen i övrigt växlade starkt, beroende på vilka industrier som var anslutna.

Inkommande avloppsvatten genomgick en grovavskiljning i en första bassäng, varefter det fördelades på olika parceller genom ett kanalsystem. Exempel visas i *Figur 2.2 och 2.3*. Parcellerna kunde vara cirka 0,25 ha stora och omgavs med jordvallar. Typiska beskickningar kunde vara 100 - 500 mm per gång, flera gånger per år.

Grovslammet som avsattes i de första bassängerna användes för att bygga på de jordvallar som omger parcellerna. Tidvis har det också använts som gödselmedel och transporterats till andra jordbruksmarker. Kvävet i avloppsvattnet avgick nästan helt och hållet som ammoniak. Infiltrationsytorna har med vissa mellanrum maskinellt bearbetats i syfte att upprätthålla infiltrationskapaciteten. Avsättningarna har antingen transporterats bort eller plöjts ned i jorden.

Från början var inte syftet med Rieselfelder att vattnet skulle infiltreras ner till grundvattnet. Ett system med dräneringsrör skulle leda det filtrerade vattnet ut till närmaste vattendrag, och inte tillåtas bidra till grundvattenbildningen. De dåtida kunskaperna om områdenas geohydrologi var emellertid bristfälliga, och dräneringssystemet kom att fungera endast delvis. Större delen av det infiltrerade vattnet kom att avledas till den nedre grundvattenbassängen, se kapitel 3.1.



*Figur 2.2 Kanalsystem
för fördelning till olika
infiltrationsbassänger.*



*Figur 2.3 Kanalsystem
för fördelning till olika
infiltrationsbassänger.*

2.3 Återställningsarbeten

Efter det att Rieselfelder har övergivits och ersatts av moderna reningsverk uppstår frågan hur områdena skall utnyttjas. De problem man då särskilt måste beakta är kontaminationen av marken med tungmetaller och organiska skadliga ämnen, samt förorening av grundvattnet. Av metallerna har i marken uppmätts höga halter av främst kadmium, zink, nickel, koppar och bly. Särskilt kadmium och bly har funnits inte bara i marken utan också i den vegetation som växer där. Av de organiska miljögifterna har man noterat höga koncentrationer av PCB, PAH och biocider, till exempel DDT. Förhållandena varierar dock högst avsevärt mellan de olika infiltrationsområdena, och inom varje Rieselfeld. Särskilt höga koncentrationer har uppmätts i marken under grovavskiljningsbassängerna, tilloppsdikena, jordvallarna som omger parcellerna samt slamtorkbäddarna.

Rieselfelder runt omkring Berlin representerar mycket stora ytor som nu håller på att tas i anspråk för Berlins tillväxt. Områdena har planlagts för olika ändamål, bland annat för utbyggnad av industriområden, bostadsområden och andra bebyggelseområden på de mindre förorenade områdena. Vanligast är dock att områdena har planerats som fritidsområden av olika slag. På flera områden har planerats skog, på vissa områden odlas säd, huvudsakligen foderväxter. Några av områdena har också reserverats som naturskyddsområden då där finns ett rikt djur- och fågelliv, se *Figur 2.4 och 2.5*. Rieselfelder som gamla kulturlandskap har också ansetts vara värda att bevara. Några Rieselfelder drivs vidare som infiltrationsytor i avsikt att bevara grundvattenytorna och att förhindra utlösning av ackumulerade ämnen, se *Figur 2.6 och 2.7*. Behandlat avloppsvatten eller renvatten används då för infiltrationen.

2.4 Administration och lagstiftning

Rieselfelder klassas som kontaminerad mark - och administreras i Land Brandenburg av *Landesumweltamt, LUA, Abteilung Abfallwirtschaft, Altlasten und Bodenschutz* på Landesnivå och av *Umweltamt* inom *Landkreis* på "länsnivå". Inom Land Berlin har *Senatsverwaltung, Abt. IV. Boden-, Gewässerschutz, Wasserwirtschaft und Straßenreinigung* samma ansvarsområde. Det finns olika delar av avdelning IV, en sysslar huvudsakligen med tillståndsgivning, en annan med lagfrågor, en tredje med planering och utbyggnad av ledningsnät och reningsverk, en fjärde med "*Altlasten*" (betyder ungefär "gamla synder").

Effekterna från avloppsinfiltrationerna är väl dokumenterade. *LUA* och *Landkreis* för arkiv - "*Kataster*" - på alla kända och misstänkta *Altlasten*, med åtföljande krav på undersökningar och iordningställande av marken före eventuell bebyggnad. Varje fall behandlas separat, och en *Gutachten* (teknisk rapport) framställs som underlag för beslut om hur marken får användas. Oftast genomförs även *UVS* (= *MKB*). För många f.d Rieselfelder - dock ej alla - finns återställandeplaner av olika slag.

Inga gränsvärden för skadliga ämnen finns i Bundes-lagarna. Lagar som reglerar dessa frågor är:

- Bodenschutz und Altlastengesetz (Bundesgesetz)
- Verordnung zu Bodenschutz und Altlastengesetz
- Landesabfallvorsorgegesetz Brandenburg (fram till maj 1997)
- Landesabfallgesetz Brandenburg (ny lag fr.o.m maj 1997)



Figur 2.4. Skyltar vid infarten till ett Rieselfeld, utvisande att det dels är farligt att vistas där, dels att det är ett naturområde.



Figur 2.5 Skylt vid en infart till ett Rieselfeld med beskrivning av fältförsök.

- Bundeswasserhaushaltgesetz , där §34 reglerar hur infiltration av avloppsvatten får ske. Brandenburg har preciserat §34 i en "Erlaß" (rekommendation) (från MUNRO), bl.a att avloppsinfiltation bara får ske i städer med mindre än 10 000 inv. (Sedan 1991 är denna paragraf i praktiken avskaffad, eftersom i stort sett all infiltration upphört).

Alla länder (även Bundesländer) har sina egna riktlinjer för gränsvärden: (Berliner Liste, Brandenburgische Liste, Hollandische Liste etc). Anvisningar är under utarbetande i Brandenburg, dock fortfarande bara som riktlinjer, inte som lag.

Ett problem när det gäller just Rieselfelder är, att de trots föroreningarna ofta utgör enligt lag skyddade biotoper enligt §20c *Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG)* och §32 *Brandenburgischer Naturschutzgesetz (BbgNatSchG)*. Som skyddade biotoper klassas t.ex i Tyskland alla typer av "småvatten" (<1 ha) och våtmarker samt magra "torrängar". ("*Trockenrasen*"). Enligt den tyska lagstiftningen får inte skyddade biotoper förstöras eller ändras på något sätt, utan särskilt undantagstillstånd, som kan beviljas av naturvårdsmyndigheterna på Kreisnivå - "*Untere Naturschutzbehörde*".

Många av områdena med nedlagda Rieselfelder ligger dessutom under förstärkt skydd, som naturskyddsområde, *Naturschutzgebiet, NSG*, eller landskapsskyddsområde, *Landschaftsschutzgebiet, LSG*. (Dessa former av skydd administreras av naturvårdsmyndigheterna på Landesnivå, dvs i Land Brandenburg "*Obere Naturschutzbehörde*" på *Landesumweltamt, LUA*). Detta får i en del fall nästan absurda effekter, som i en av de få infiltrationsanläggningar som ännu är i drift, (Wansdorf, norr om Falkensee, NV om Berlin). Skyltar med "Tillträde förbjudet" och "Livsfara" sitter här sida vid sida med skylten för *Landschaftsschutzgebiet* (Fig 2.4).

Motivet för skyddet är, att områdena dels ofta utgör en mosaik av olika typer av skyddade biotoper, dels utgör livsrum för flera olika typer av sällsynta eller hotade arter enligt "*Rote Liste*" (i allmänhet amfibier, kräldjur och insekter, men även många växtarter). Eftersom områdena är stora, sammanhängande och idag relativt ostörda av mänsklig påverkan - (många Rieselfelder är nedlagda sedan mer än 10 år tillbaka) har ofta en ny vegetation hunnit etablera sig och det finns ett rikt djurliv. Ett flertal f.d Rieselfelder klassas även som fågelskyddsområde, p.g.a betydelsen för framför allt vattenfåglar och rastande flyttfåglar. Områdena har även stor betydelse för det rörliga friluftslivet, Karolinenhöhe utgör t.ex ett omtyckt strövområde för berlinarna.

Eftersom vegetationen förändras med tiden och tillgången på vatten, förändras även levnadsbetingelserna och därmed skyddsstatusen för områdena successivt. De delar som förblir fuktiga, förblir även skyddade biotoper, när de förbuskas och med tiden övergår från kärrmark eller fuktäng till sumpskog (oftast alskog). Eftersom undergrunden runt Berlin i allmänhet utgörs av sand, torkar emellertid många av infiltrationsbassängerna snabbt ut när vattentillförseln upphör. Detta medför inte bara en mineralisering av jordarna (med påföljande risk för utlakning av de skadliga ämnena) utan även att levnadsbetingelserna för våtmarksrelaterade arter snabbt försvinner. De tidigare vattenspeglarna och mosaiken av olika grader av våtmarker försvinner och därmed även de höga naturvärdena. Många gamla Rieselfelder övergår därmed först



Figur 2.6 Damm för infiltration av renvatten för fukthållning.



Figur 2.7 Våtmark med behandlat avloppsvatten för fukthållning.

till näringsrik gräsmark (som inte har någon status som skyddad biotop) och sedan successivt till buskage och ungskog (som i en del fall återigen utgör skyddad biotop). I många fall (t.ex i Buch) har den upphörande tillförseln av vatten och därav följande sänkning av grundvattenspegeln haft en negativ inverkan även på omgivande områden. (Relativt omfattande trädskador eller träddöd p.g.a uttorkning har konstaterats i angränsande skogar).

Det finns också ett exempel i kommunen Hennickendorf - (där en av de studerade anläggningarna ligger) - på en infiltrationsanläggning som tillförs ornat (men utspätt) lakvatten från en näraliggande deponi. Trots de höga föroreningshalterna klassades denna infiltrationsbassäng som en av de värdefullaste biotoperna i kommunen vid den biologiska inventering som gjordes i samband med upprättandet av *Landschaftsplan* för Hennickendorf, och föreslås i planen få förstärkt naturskydd som "*geschützte Landschaftsbestandteil, GLB*" (motsvarar i skyddsstatus ungefär *Landschaftsschutzgebiet*, men används för mindre områden). Samtidigt klassas infiltrationsanläggningen som *Alllast* och utgör ett påtagligt hot mot grundvattnet och ett stort bekymmer för kommunens *Umweltamt*.

Den dagen tillförseln av vatten försvinner, kommer marken snabbt att torka ut, vattenspegeln försvinner och därmed även naturvärdena. Denna förändring har redan inträffat för de nedlagda säsongslagringsbassänger i norra delen av kommunen, som utgör ett av våra studerade objekt. De stora vattenspeglar som redovisas på gamla topokartor är idag gräsmark, med trivial flora och endast begränsat naturvärde.

Anledningen till att man fortsätter att tillföra förorenat avloppsvatten eller dagvatten till en del nedlagda Rieselfelder, är i första hand att motverka mineralisering och därav följande urlakning av ämnen, men även att bevara de höga naturvärden som - om än oavsiktligt - uppstått i och i anslutning till infiltrationsbassängerna.

2.5 Forskning och undersökningar

Enligt de uppgifter vi erhållit har ett tiotal forskningsprojekt i anslutning till anläggningarna i Karolinenhöhe och Buch genomförts eller pågår parallellt. Bl.a är följande institutioner inblandade i olika forskningsprojekt:¹

- Berlin Technische Universität, BTU. Flera olika forskningsprojekt pågår parallellt i Buch och Karolinenhöhe (Berliner Wasserbetriebe). Ansvariga för olika delprojekt är bl.a Christian Hoffmann, Dept. Soil Science (Geologie, Geohydrologie), Frau Christine Kenter, FG Hygien (Mikrobiologie), Herr Dr. Thorsten Reemtsma, FG Wasserreinhalung (organische Schadstoffe)
- Humboldtuniversitetet i Berlin
- Technische Universität, Potsdam
- Technische Universität, Cottbus (Prof. Grünwald)
- Technische Universität, Dresden
- Technische Universität Braunschweig

¹ Källor: Doktor Dinkelberg, Landesumweltamt, LUA, Dr Jahn, Senatsverwaltung, Berlin, Abteilung IVB, Boden-, Gewässerschutz, Wasserwirtschaft und Straßenreinigung, unteravdelning Gewässeraufsicht, Christian Hoffmann, BTU, Dept. Soil Science

- EGB Berichte (Dr Nützmann)
- LUA bedriver även egna undersökningar i södra Berlin (Dr Kalbe på Hauptlabor är samordnare för LUAs projekt).

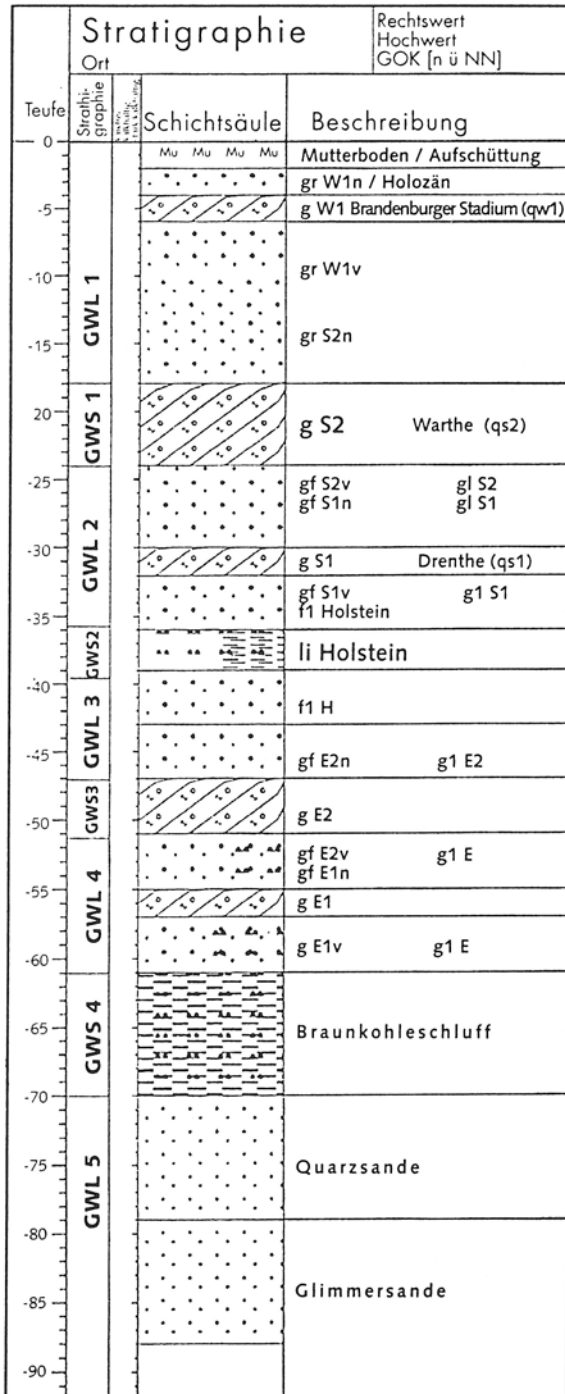
Materialet från alla dessa forskningsprojekt är emellertid mycket svåröverskådligt enligt vår sagesman Dr. Dinkelberg på LUA. Det finns inga sammanställningar gjorda, man måste in i varje enskilt projekt för att få ut t.ex mätserier.

Dinkelberg redogjorde för vissa av undersökningarna. LUA Potsdam har framför allt varit engagerade i projekt Berlin-Süd tillsammans med bl.a. Universitetet i Potsdam. En rapport från en seminariedag om Rieselfelder 1995 ingår i bakgrundsmaterialet till föreliggande forskningsprojekt. Herr Schenk på LUA i Potsdam kommer inom kort att ge ut en sammanfattande rapport om projektet, som kan beställas.

3 Geohydrologi och vattenförsörjning

3.1 Berlins geologi och geohydrologi

De kvartära avlagringarna i södra Berlin är ca 60 meter mäktiga, en principiellerföljd visas i *Figur 3.1*. Lagerföljden består av till stor del av lager med sand och grus och mellan dessa finns lager som består av leriga jordarter (lerig sand, märgel). Ett brunkolslager utgör gränsen för de underliggande tertiära bildningarna.

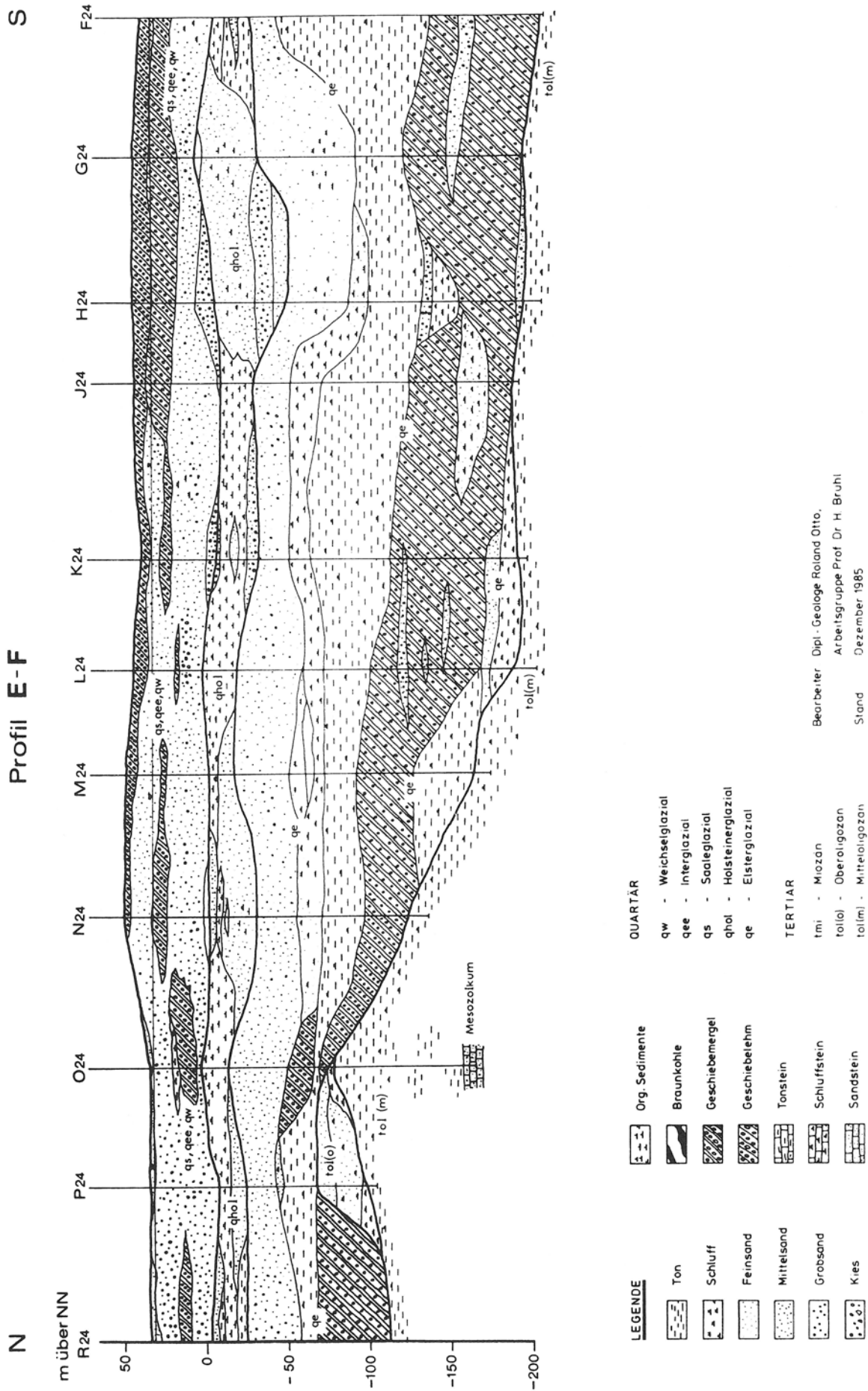


Geologin kring Berlin präglas i den övre delen av avsättningar från den sista istiden (Weichsel). Isens maximala utbredningen sträcker sig till strax söder om Berlin och betecknas "Brandenburgstadiet". Gränsen utgörs av ändmoränbildningar (israndbildning) som bildades när isen omväxlande drog sig tillbaka och gjorde mindre framryckningar. Det smältvatten som kom från isen förde med sig sand och grus och avsatte detta material utanför israndbildningen som stora sandurfält. Smältvattnet rann vidare via urströmsdalar (Urstromstal) mot Elbe i väster. Norr om Berlin finns nästa israndlinje (kallad Frankfurtstadiet) med ändmoräner och sandurfält. De ytliga jordlagren i Berlin utgörs framför allt av finsand.

I den kvartära delen av lagerföljden kan 4 grundvattenvåningar (GWL 1-4 i *Figur 3.1*) urskiljas och i den tertiära delen finns en grundvattenvåning (GWL 5). De olika grundvattenvåningarna i den kvartära delen återfinns i sandiga-grusiga partier (markerade med prickar i *Figur 3.1*) och är mer eller mindre åtskilda av tätare partier (markerade med diagonala streck i *Figur 3.1*). De olika grundvattenvåningarna är inte helt åtskilda utan kommunikation finns. Den finns ingen eller endast mycket begränsad kommunikation mellan grundvattnet i de tertiära och kvartära delarna.

Den övre grundvattentytan ligger inom stora delar av Berlin på ca 2 meter under mark. Den huvudsakliga grundvattenströmningen i området är mot sjöarna Tegeler See och Havel väst om Berlin.

Figur 3.1 Principbild av stratigrafin i Berlin (Tröger och Asbrand 1995)



Figur 3.2. Geologisk tvärsektion

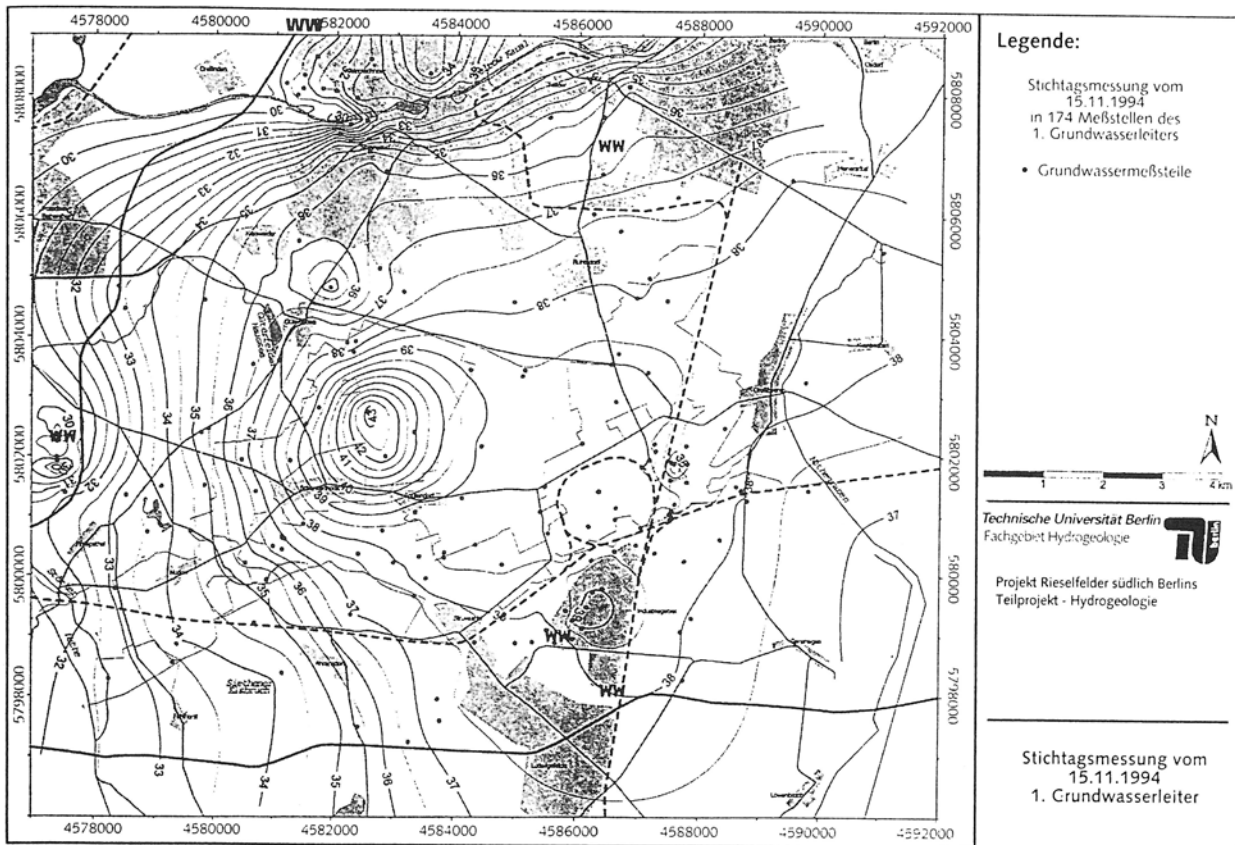
3.2 Berlins vattenförsörjning

Berlins vattenförsörjning baseras helt på grundvatten. Det finns totalt 15 st grundvattenverk i Berlin, 8 resp. 7 st i tidigare Väst- och Östberlin, se *Figur 3.3*. Totalt finns över 1200 brunnar som till övervägande utnyttjar grundvatten från 26 - 170 meters djup i de kvartära avlagringarna. Grundvattenuttaget var under första delen av 80-talet ca 230 miljoner m³/år (7290 l/s).



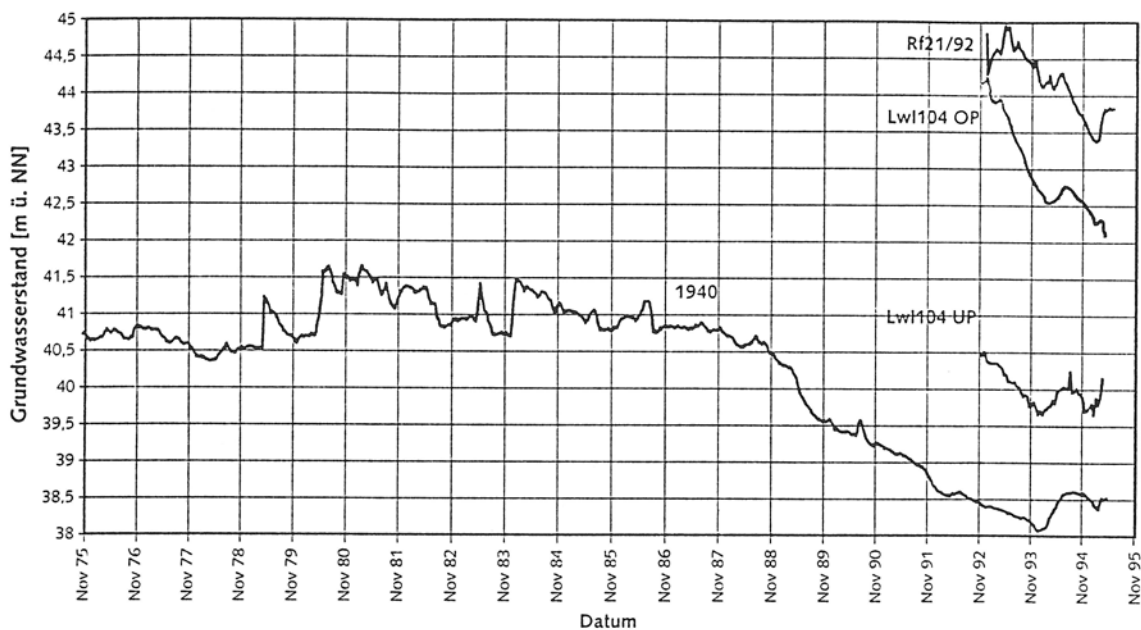
Figur 3.3. Berlins grundvattentäkter. Berlins yttre begränsning markeras med en något grövre linje (Kloos et al 1986)

Under den tid då infiltrationsanläggningarna var i drift utgjorde dessa en väsentlig del av grundvattenbildningen. I *Figur 3.4* visas grundvattennivån i det övre magasinet den 1994-11-15. Det är tydligt att de högsta grundvattennivåerna finns i anslutning till infiltrationsfält och att nivåerna avtar radiellt. Den konstgjorda grundvattenbildningen påverkade inte endast det övre magasinet (GWL 1), utan även magasin 2 och 3 (GWL 2-3).



Figur 3.4. Grundvattennivåer i det övre magasinet i södra Berlin (Tröger och Asbrand 1995)

När användandet av infiltrationsanläggningarna upphörde var grundvattenbildningen till största delen beroende av nederbörden och nivåerna sjönk kraftigt, se Figur 3.5



Figur 3.5 Grundvattennivåerna i södra Berlin sjönk successivt i takt med att infiltrationsanläggningarna togs ur bruk (Tröger och Asbrand 1995).

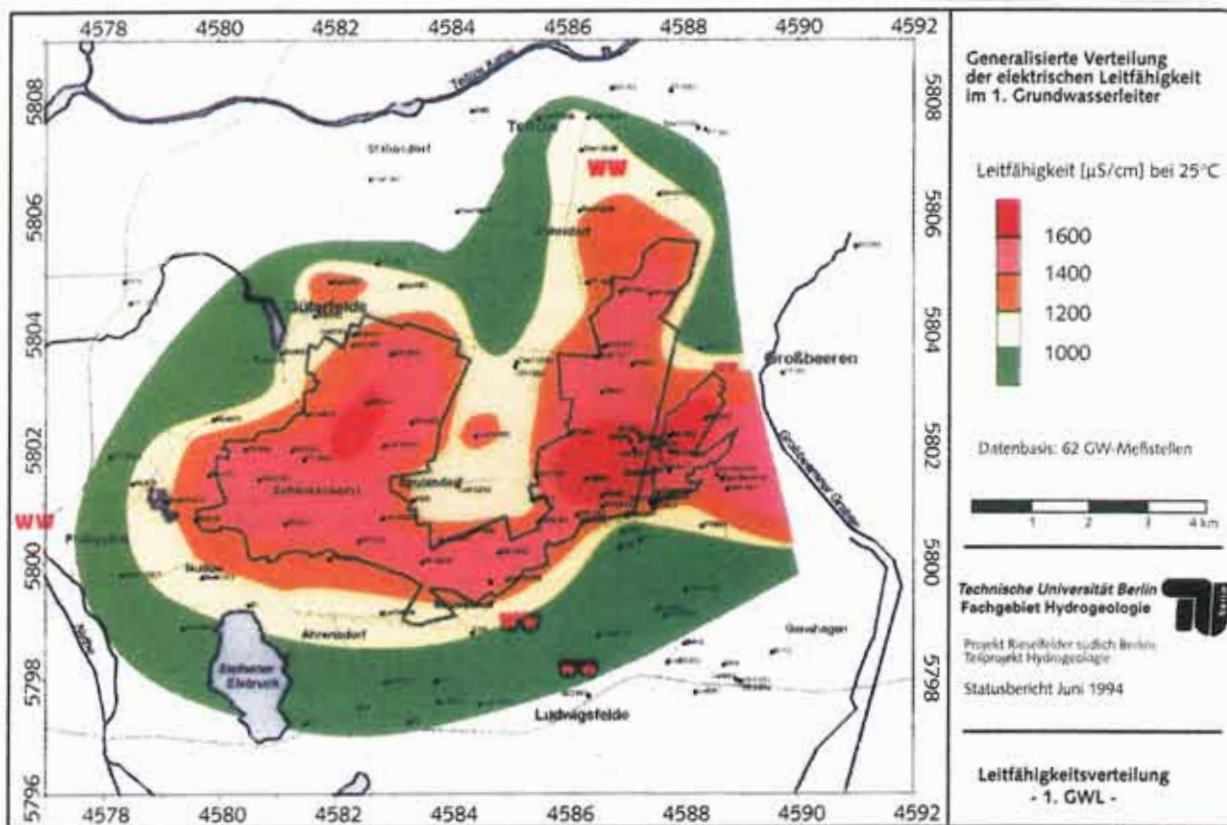
3.3 Spridningsmodell

För att undersöka hur grundvattnets transportvägar ser ut har konduktiviteten (ledningsförmågan som främst är avhängig kloridhalten) mätts i 60-70 punkter kring "Rieselfelder" i södra Berlin. I *figur 3.6* visas hur ledningsförmågan varierar i den övre grundvattenvåningen och i *figur 3.7* i den andra grundvattenvåningen. Det kan noteras att den högsta konduktiviteten i *figur 3.6* återfinns i anslutning till "Rieselfelder". Det saltpåverkade vattnet sjunker sakta nedåt och sprids i stort sett radiellt, se *figur 3.7*.

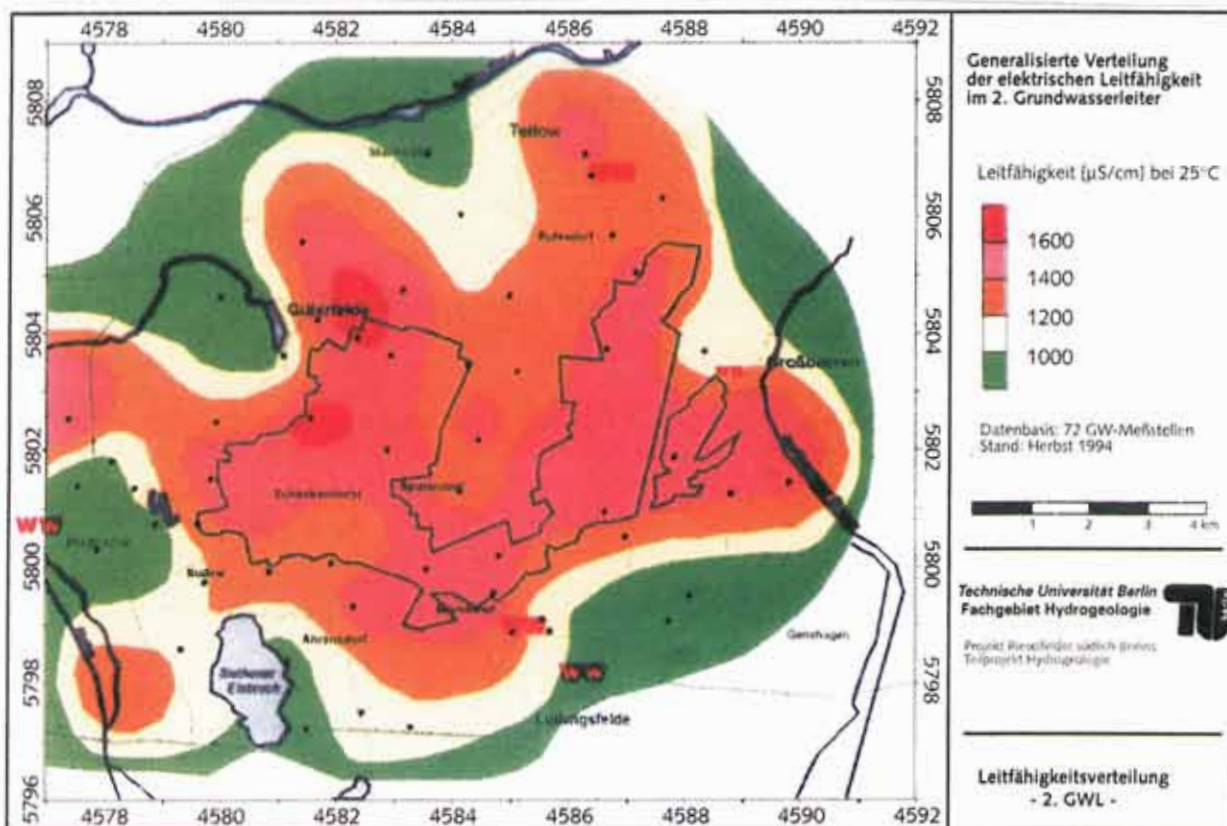
En tvådimensionell "finit-element" modell har tagits fram för att kunna prognosticera det påverkade grundvattnets strömning i undergrunden. I modellen förutsätts att det är klorid som transporteras i grundvattnet. I *figur 3.8* visas hur modellprofilen är utlagd och i *figur 3.9* visas områdets geologi och grundvattnets strömninglinjer från "Rieselfelder" mot Teltowkanalen. Transporten är till en början övervägande vertikal men blir efterhand mer horisontell. I *figur 3.10 - 3.12* visar hur klorid sprids med grundvattnet efter 10, 50 och 100 år med infiltration av grundvatten. Det kan noteras att det förorenade vattnet transporteras under ett tätare skikt (markerat med diagonaler i figurerna) men når efter 50 år fram till vattenverket i Teltow vilket syns i form av en uppåtgående ström mot uttagsbrunnarna.

Efter 100 år har det kloridhaltiga grundvattnet nått sin maximala utbredning i samband med att infiltrationen i "Rieselfelder" i upphör. I *figur 3.13 - 3.1* visas hur tillbakagången av det påverkade grundvattnet sker. Tillbakagången sker genom att nederbörden infiltrerar och bildar grundvatten vilket medför att det förorenade grundvattnet efter hand späds ut. Efter så lång tid som 50 år efter det att infiltrationen upphört kan påverkan fortfarande märkas i grundvattnet vid vattenverket i Teltow. Efter 100 år av infiltration kunde en kloridhalt på upp mot 170 mg/l mätas i grundvattenvåningarna 1, 2 och 3. Med hjälp av modellen förutses att kloridhalten i grundvattenvåning 3 uppgår till 150 mg/l efter det att infiltrationen varit avställd i 50 år.

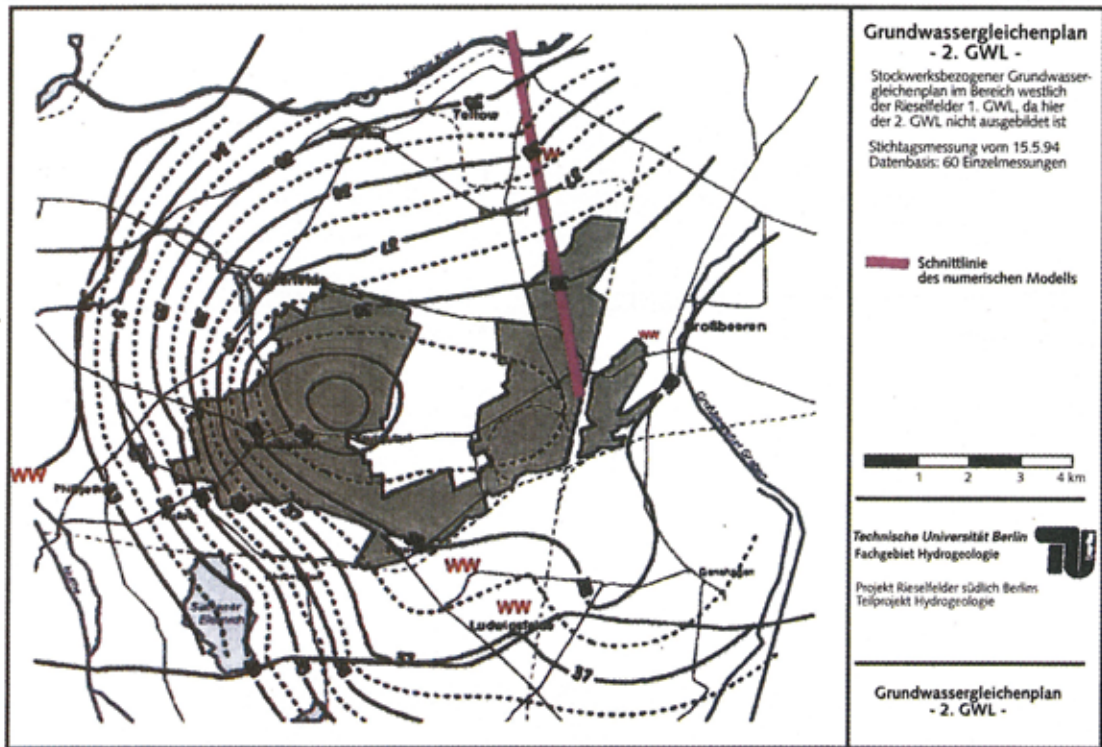
Samtliga figurer i detta kapitel har hämtats från Uwe Tröger und Martin Asbrand, 1995.



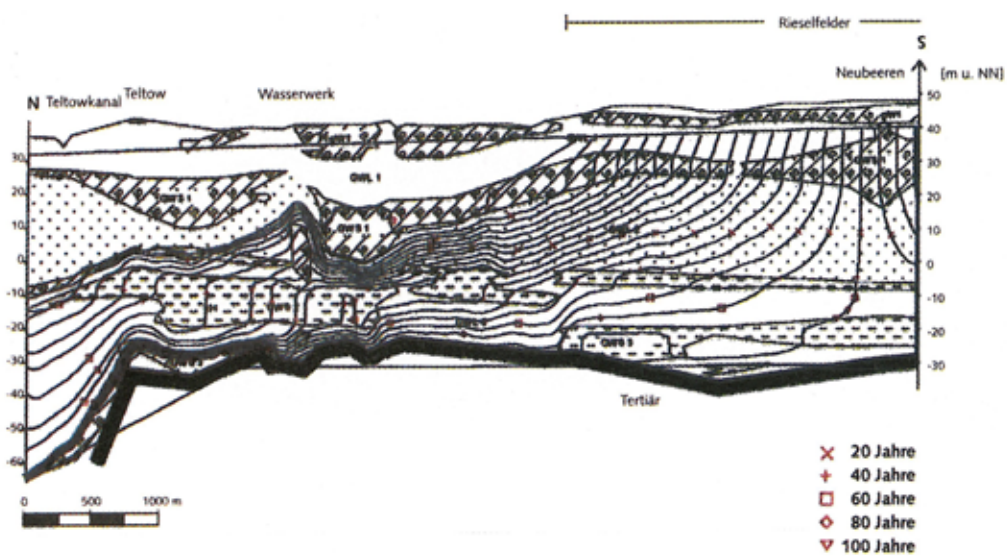
Figur 3.6 Konduktivitet i det första grundvattenmagasinet i anslutning till "Rieselfelder".



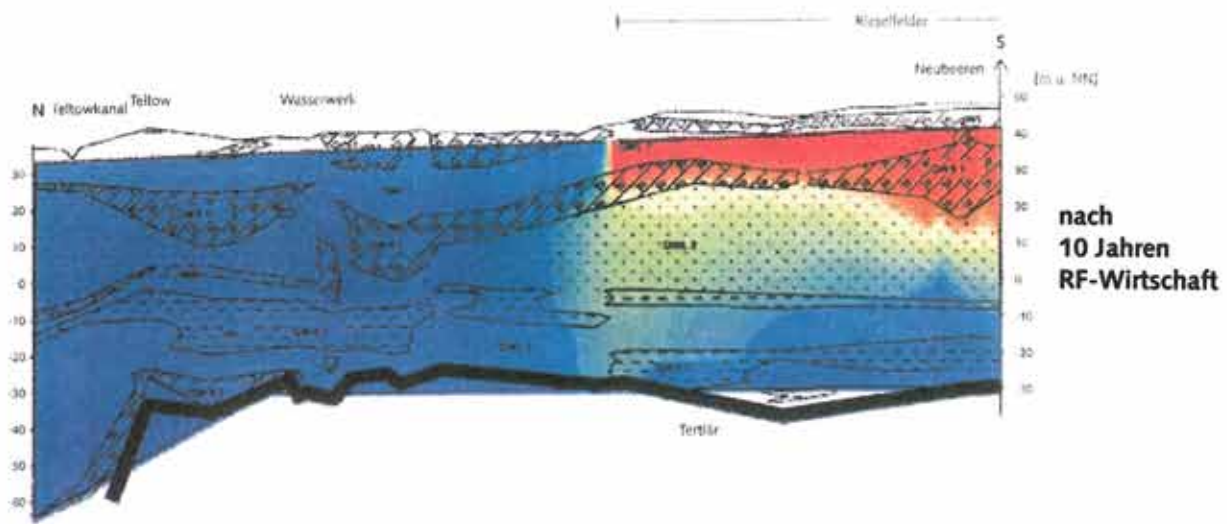
Figur 3.7 Konduktivitet i det andra grundvattenmagasinet i anslutning till "Rieselfelder".



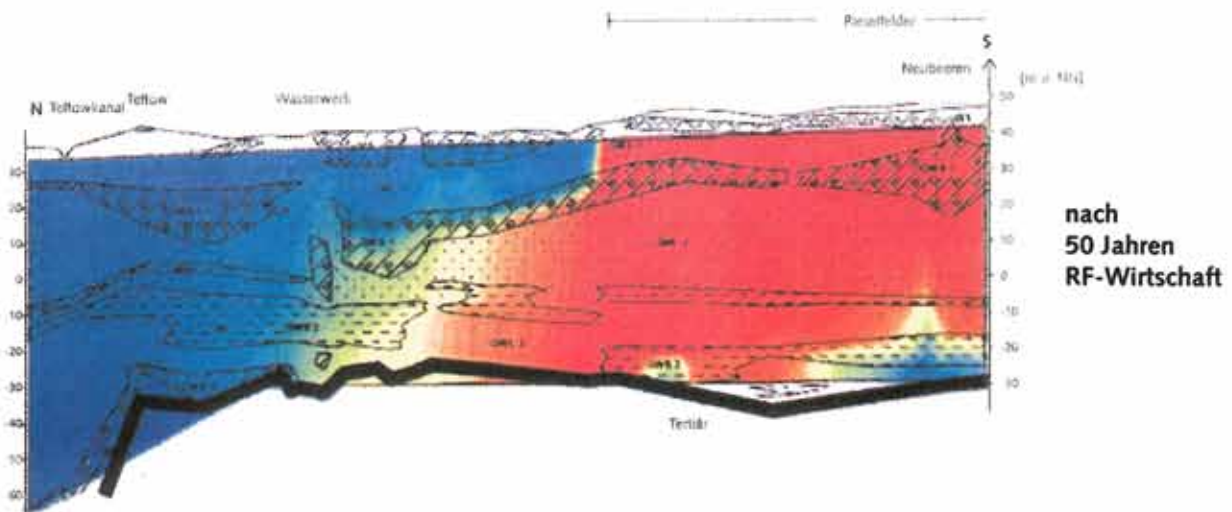
Figur 3.8 Modellens profil. Grundvattentäkt "Teltow" i figurens övre del.



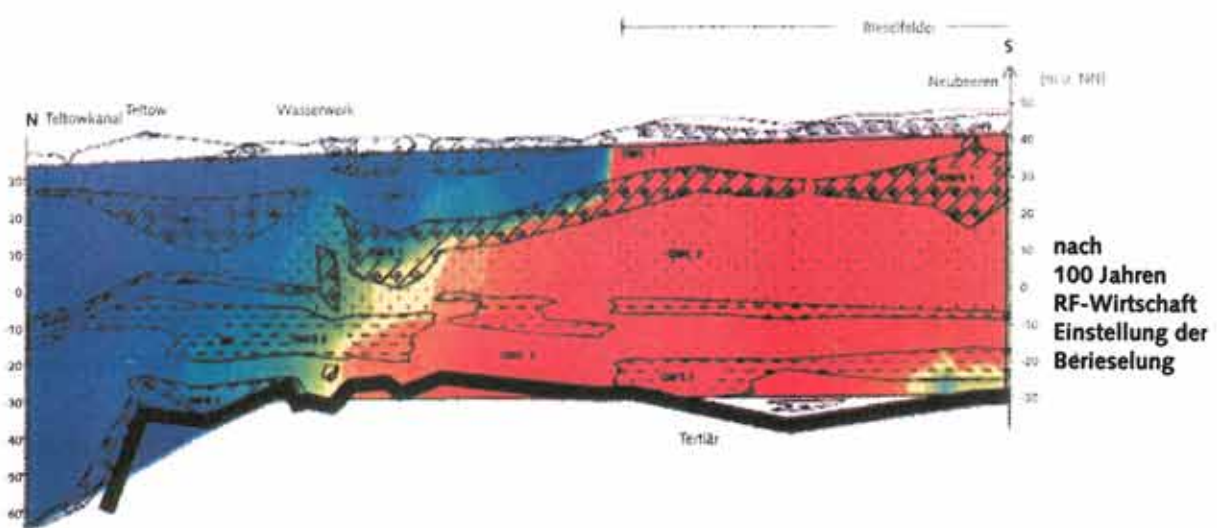
Figur 3.9 Grundvattnets strömningslinjer. De prickade delarna betecknar sandiga, genomsläppliga lager och de med diagonala markeringar är tätare horisonter.



nach
10 Jahren
RF-Wirtschaft

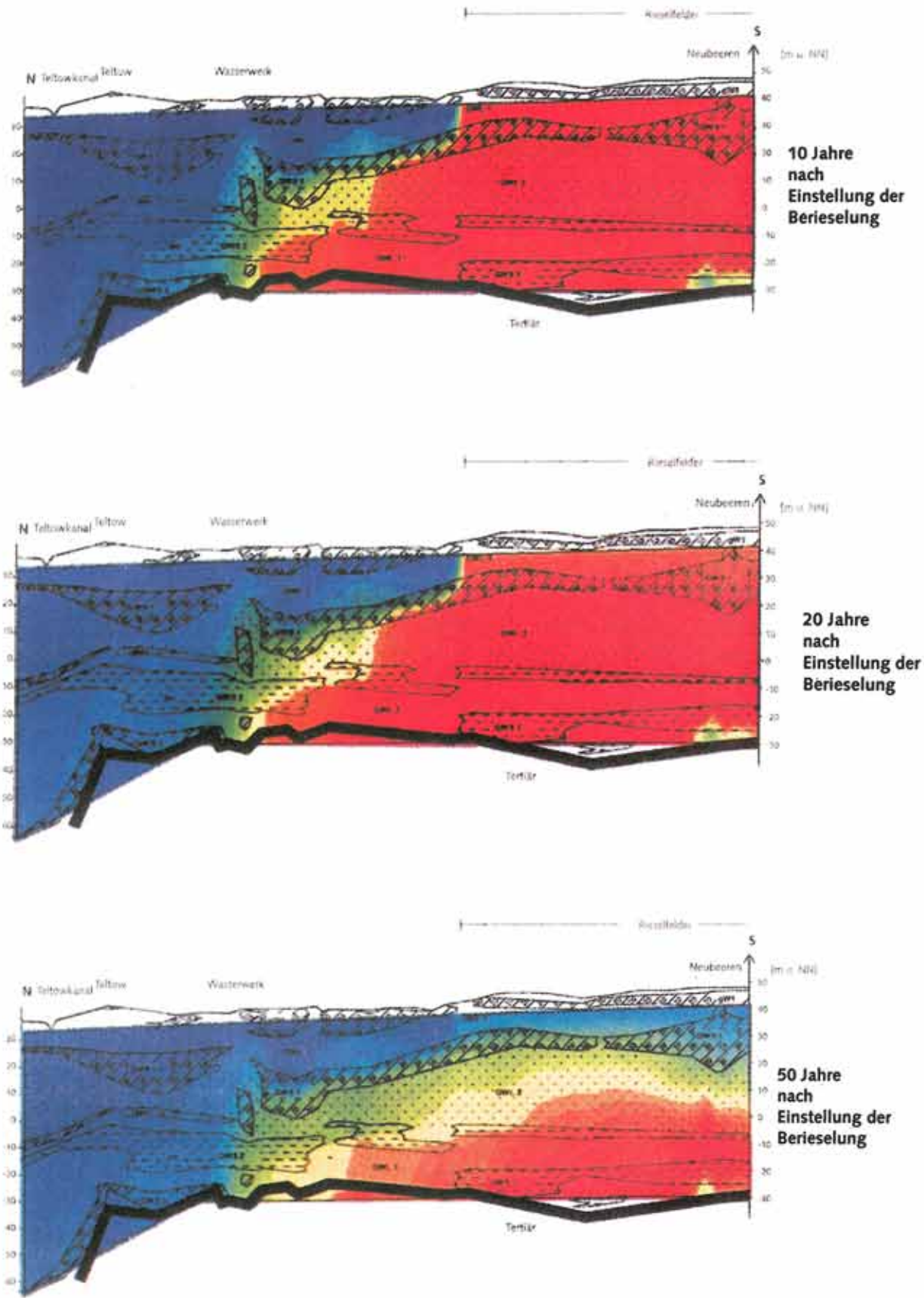


nach
50 Jahren
RF-Wirtschaft



nach
100 Jahren
RF-Wirtschaft
Einstellung der
Berieselung

Figur 3.10 - 3.12 Spridningsmodell av grundvattnet efter 10, 50 och 100 år med infiltration.



Figur 3.13 - 3.15 Spridningsmodell av grundvattnet efter 10, 20 och 50 år efter det att infiltrationen upphört.

4 Miljöeffekter

4.1 Påverkan på mark och växtlighet

4.1.1 Allmänt

Rieselfelder har under mycket lång tid ackumulerat skadliga ämnen. De klassas dock inte juridiskt som "Altlasten" utan som förorenad mark i allmänhet. Vilka ämnen som har ackumulerats och i vilken utsträckning varierar avsevärt mellan de olika områdena. Följande allmänna slutsatser kan dras:

A/ Oorganiska ämnen

Det problem som varit känt längst är anrikningen av tungmetaller, särskilt Cd, Pb, Zn, Cu och Hg, i vissa områden också Ni och Cr. Tungmetallerna är i allmänhet bundna till organiska komplex och kan mobiliseras genom förändringar i pH-värde eller redoxpotential. Halten organisk substans spelar därvid en mycket viktig roll.

Närsalter, framförallt kväve och fosfor, kan lösas ut och kontaminera grundvatten och ytvatten.

B/ Organiska ämnen

Organiska miljögifter återfinns bundna till de översta jordlagren. Framförallt har man funnit PCB (polyklorerade bifenyler) och PAH (polyaromatiska kolväten). Belastningen med till exempel dioxiner och furaner är ännu inte fullständigt utredd, inte heller belastningen av mediciner och deras metaboliter.

Särskilt belastade områden är sk. intensivytor, slamavsättningsbassänger, slamtorkbäddar och inloppsdiken.

De faror man nu ser vid avställningen av infiltrationsytorna är huvudsakligen två: a/ nedbrytning av det organiska materialet och ett sjunkande pH-värde samt b/ förändring av markegenskaperna.

Nedbrytning av det organiska materialet leder till remobilisering av de ackumulerade skadliga ämnena, med åtföljande belastning på grundvatten, ytvatten och växtlighet. Förändringen av markens egenskaper yttrar sig framför allt i starkt sjunkande grundvattenytor och sämre betingelser för växtligheten, men också i lägre nybildning av grundvatten mm.

4.1.2 Tungmetaller

Tungmetallinnehållet i de översta marklagren varierar mellan de olika områdena. Tabell 4.1 visar en generell sammanställning.

Tabell 4.1 Tungmetallhalter i de översta marklagren i Rieselfelder (mg/kg TS) och procentuell andel av de totala ytorna (Extraktion med kokning i 1,5 N HNO₃) (777 prov). (Metz 1995).

	Svag belastning		Medel - stark belastning		Högbelastning ¹	
	mg/kgTS	% yta	mg/kgTS	% yta	mg/kgTS	% yta
Cd	0,1 - 1,5	26	1,5 - 10	66	10 - 43	8
Cu	8,1 - 90	81	90 - 180	17	180 - 730	2
Ni	1,4 - 15	79	15 - 25	15	25 - 95	6
Pb	13 - 90	73	90 - 450	27	450 - 1050	0,4
Zn	49 - 240	67	240 - 400	23	400 - 1830	10

1/ Intensivytor, avsättningsbassänger m.fl.

Dessa halter kan jämföras med den s.k. Berlinlistan (Naturvårdsverket 1994). I Tyskland saknas standarder för bedömning av förorenad mark, och i brist på standarder har varje delstat formulerat egna kriterier för jordkvalitet och sanering. I tabell 4.2 visas halter för förorenad mark. Halterna anger när jorden behöver åtgärdas.

Tabell 4.2 Utdrag ur "Berlinlistan" för förorenad mark, mg/kg torkad jord. (Naturvårdsverket 1994). 1a: vattenskyddsområde, 1b: ytor med känslig användning 2: floddal/alluviala avsättningar 3: område utan akvifer

Ämne	1a	1b	2	3
Kadmium	2	1,5	10	20
Koppar	200	100	500	600
Nickel	200	50	250	300
Bly	100	100	500	600
Zink	500	300	2000	3000
PAH, summa	10	1	50	100
PCB	-	-	-	-

Kadmium, koppar och bly är de ämnen som klarast överskrider haltnivåerna i Berlinlistan, särskilt från högbelastade anläggningar.

Jämförelser kan göras med innehållet av tungmetaller i mark i Sverige. I Naturvårdsverkets rapport "Bakgrundshalter i mark" (Rapport 4640, 1997) redovisas metallhalter i landsbygdsomoräner och i tätortsmoräner. Värdena i tabellen nedan avser prov från tätortsmoräner, de översta 0 - 20 cm.

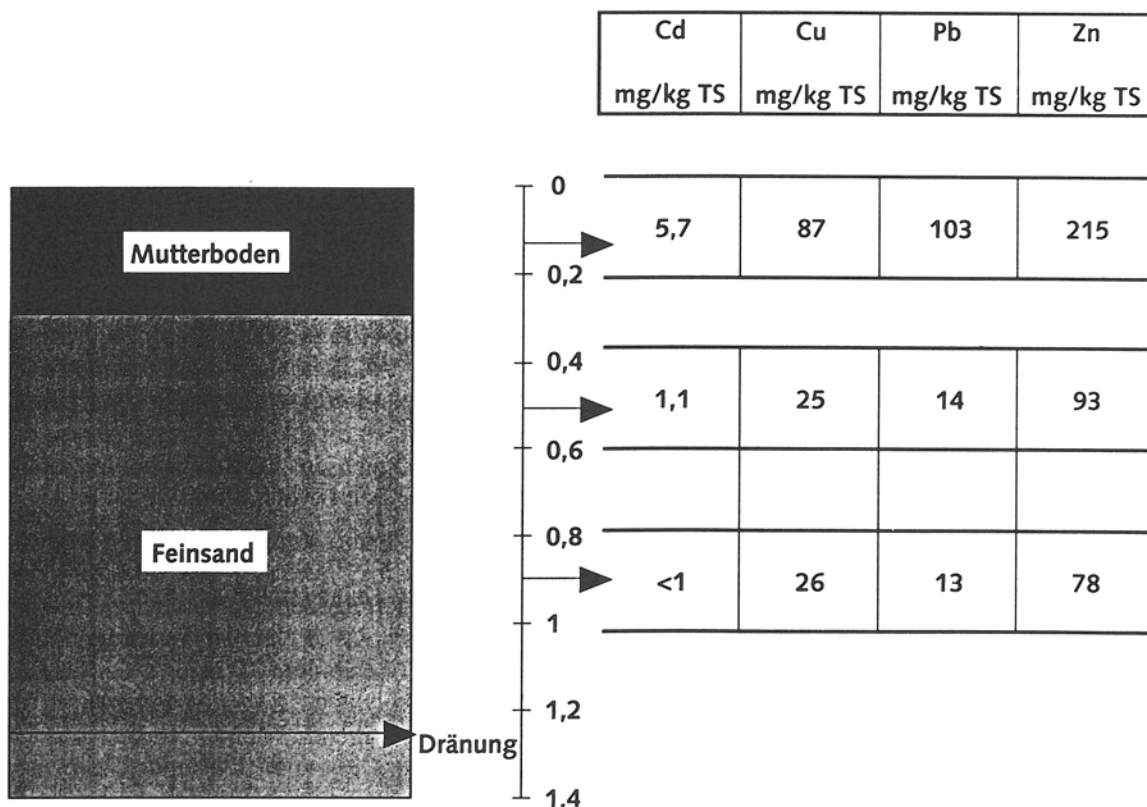
Tabell 4.3 Metallhalter i ytliga tätortsmoräner i Sverige, mg/kg TS. Analysmetod ICP. (Naturvårdsverket 1997)

mg/kgTS	Antal prov	Min. värde	Medelvärde	Max. värde
Cd	60	0,05	0,27	1,35
Cu	108	2	20	94
Ni	108	1	12	49
Pb	108	0*	36	409
Zn	108	10	83	719

* Under detektionsgränsen

Medelvärde för samtliga redovisade metaller ligger inom intervallet "Svag belastning" i den tyska undersökningen. Maximalt uppmätta halter av kadmium, koppar och bly i Sverige hamnar ej inom intervallet "högbelastning" i den tyska undersökningen.

Metallhalterna sjunker med djupet, såväl i den svenska som i den tyska undersökningen. *Figur 4.1* visar exempel från Rieselfelder i Wassmansdorf.



Figur 4.1 Exempel på tungmetallprofil (Berlin Süd) (Portmann, 1995)

Man kan också jämföra de uppmätta halterna i Tyskland med de generella riktvärden som Naturvårdsverket i Sverige givit ut för förorenad mark, se tabell 4.4.

Tabell 4.4. Generella riktvärden för förorenad mark, halter i mg/kg TS. (Naturvårdsverket 1996).

Ämne, mg/kgTS	KM	MKM GV	MKM
Cd	0,4	1	12
Cu	100	200	200
Ni	35	150	200
Pb	80	300	300
Zn	350	700	700
PCB	0,02	4	7
Summa PAH	20,3	47	47

KM: Känslig Markanvändning. Markkvaliteten begränsar inte val av markanvändning och grundvattnet skyddas, dvs all markanvändning är tillåten.
MKM: Mindre Känslig Markanvändning. Markkvaliteten begränsar val av markanvändning och grundvattnet skyddas inte. Marken kan användas för kontor, industri, vägar etc.
MKM GV: Mindre Känslig Markanvändning med GrundVattenskydd. Markkvaliteten begränsar val av markanvändning och grundvattnet skyddas.

Tabellen avser riktvärden och inte gränsvärden. Tabellen kan tolkas så, att när värdena överskrids måste åtgärder eller en fördjupad undersökning ske.

Om man jämför de uppmätta värdena i Tyskland med de riktvärden som Naturvårdsverket fastställt, finner man:

för **Kadmium**: Marken på i princip samtliga typer av Rieselfelder skulle i Sverige ha ansetts lämplig endast för Mindre Känslig Markanvändning

för **Koppar**: Marken på svagt belastade Rieselfelder skulle i Sverige anses lämplig för Känslig Markanvändning (KM), medan marken under högbelastade Rieselfelder skulle klassas för Mindre Känslig Markanvändning (MKM)

för **Nickel**: Marken på svagt belastade och medelbelastade Rieselfelder skulle i Sverige anses lämplig för Känslig Markanvändning (KM), medan marken under högbelastade Rieselfelder skulle klassas för Mindre Känslig Markanvändning med Grundvattenskydd (MKM GV)

för **Bly**: Marken på svagt belastade Rieselfelder skulle i Sverige anses i princip lämplig för Känslig Markanvändning (KM), medan marken under medelbelastade och högbelastade Rieselfelder skulle klassas för Mindre Känslig Markanvändning med Grundvattenskydd (MKM GV) eller Mindre Känslig Markanvändning (MKM)

för **Zink**: Marken på svagt belastade Rieselfelder skulle i Sverige anses lämplig för Känslig Markanvändning (KM), medan marken under medelbelastade och högbelastade Rieselfelder skulle klassas för Mindre Känslig Markanvändning med Grundvattenskydd (MKM GV) eller Mindre Känslig Markanvändning (MKM)

Sammanfattningsvis skulle marken på samtliga typer av Rieselfelder behöva anses vara olämplig för Känslig Markanvändning (KM) med hänsyn till kadmiumhalten. Med hänsyn till övriga studerade tungmetaller skulle marken på svagt belastade Rieselfelder kunna anses lämplig för Känslig Markanvändning (KM).

4.1.3 Organiska ämnen

Halterna PAH och PCB i marken har undersökts i Rieselfelder i Buch. I tretton olika punkter och på sex djup togs jordprover.

Högsta uppmätta halten summa PAH var 7500 µg/kg TS och den lägsta halten var 88 µg/kg TS i de översta skikten. Som bakgrundsvärde angavs halten i marken i en skog i närheten vara 9 µg/kg TS. Halterna avtog mot djupet och var vid 60 cm djup under detektionsgränsen.

Halterna PCB varierade mellan ej detekterbart (i fyra prov av tretton) och 2400 µg/kg TS.

PAH- och PCBhalter i samma storleksordning har mätts upp även i andra Rieselfelder, t.ex. i Münster.

Halterna av PAH och PCB i jordprover är svåra att tolka. I Naturvårdsverkets rapport 4640 "Bakgrundshalter i mark. Halter av vissa halter och organiska ämnen i jord i tätort och på landsbygd" redovisas de tyngre PAH-fraktionerna från sex större städer i Sverige. I allmänhet saknades PAH med låga kokpunkter i proverna. De redovisade värdena kan tolkas så, att halterna summa PAH i yttlig tätortsjord varierade mellan 0,3 (Karlstad) och 2,4 mg/kg TS (Malmö).

Om PCB sägs i Naturvårdsverksrapporten: "Förekomsten av ytterst små mängder PCB i ett enda prov bekräftar att dessa ämnen normalt saknas i mätbara kvantiteter i tätortsjordar."

I Tabell 4.4 ovan redovisas Naturvårdsverkets Generella riktvärden för förorenad mark för PCB och PAH. Om man jämför de uppmätta värdena på Rieselfelder finner man:

för **PCB**: att marken på Rieselfelder förmodligen ofta är olämplig för Känslig Markanvändning (KM) (ett litet dataunderlag)

för **PAH**: att marken på Rieselfelder förmodligen kan klassas som lämplig för Känslig Markanvändning (KM). Halterna är dock förhöjda jämfört med omgivande mark.

PAH-halterna överskrider klart de haltnivåer som anges i "Berlinlistan", tabell 4.2 ovan.

4.1.4 Påverkan på skog

Försök med skogsplantering har skett i flera områden. Särskilt väl undersökt är Rieselfelder i Buch, i nordvästra Berlin.

Avloppsinfiltrationen i Buch upphörde 1986 efter färdigställandet av avloppsreningsverket i Schönerlinde 1984. Skogsplanteringar både före och efter detta datum har till stor del misslyckats, beroende på föroreningar i marken, mineralisering av det organiska materialet samt sjunkande grundvatten.

Inom området varierar belastningen på de huvudsakligen sandiga jordarna avsevärt, beroende på hur ytorna en gång använts och hur återställningsarbetena utförts. I de högst belastade områdena återfinns mycket höga halter av kadmium, krom, koppar och zink vilket utgör en klar risk för kontaminering av växtlighet och grundvatten. Mobiliteten av tungmetaller är dock ännu relativt låg genom att pH-värdet ännu inte sjunkit under cirka 5 och genom att humusjordarna ännu inte brutits ner i särskilt stor omfattning. I vissa områden har också höga halter av organiska miljögifter som PCB, PAH och mineralolja funnits.

Emellertid har man inte lyckats visa något klart samband mellan belastning av tungmetaller och organiska miljögifter och de dåliga växtbetingelserna. I stäl-

let har man funnit att det är den låga och sjunkande vattenhalten i marken som begränsar växtligheten. Tydliga tecken på detta kan man se om man jämför växtligheten inne i en bassäng med de vallar som omger bassängerna. Vallarna är till stor del uppbyggda med slam från slamavsättningsbassängerna, och består alltså till mycket stor del av organiskt material som betydligt bättre förmår hålla kvar fuktighet än den omgivande sandiga marken med endast ett tunt humustäcke, se figurerna i bilaga A. Andra faktorer inverkar säkerligen också, så har till exempel etableringen av dagmaskar varit synnerligen dålig.

Den höga dödligheten bland träd som planterats under DDR-tiden anges också vara resultatet av en serie missgrepp som då skedde, bland andra:

- Otillräcklig och felaktig markberedning, bland annat genom avhyvling och utjämning av vallar och dämmen, ofta med hjälp av tunga maskiner
- Felaktigt val av växter, ofta arter från andra delar av DDR som inte kunde anpassa sig till de lokala förhållandena
- Maskinell och felaktig plantering
- Ogynnsamma väderleksförhållanden med flera torra år i rad (1985 - 1990)

4.1.5 Påverkan på fauna

I Buch finns ett förvånande stort antal vildbin, trots att det inte finns så många blommande växter. Där finns ett relativt litet antal skalbaggar och spindlar. Fågellivet är mycket rikligt. Ett relativt stort antal däggdjur finns också - kaniner, rävar, rådjur. Undersökningar har funnit förhöjda halter av tungmetaller (kadmium, bly och arsenik) i framförallt de inre organen hos kaniner, mindre i räv och rådjur. I djurens muskulatur har endast låga koncentrationer funnits.

4.2 Påverkan på grundvatten

4.2.1 Grundvattnets sammansättning

Behandling av avloppsvatten genom infiltration pågick under ca 100 år. Under denna tid har stora mängder föroreningar förts ut i infiltrationsdammarna. Både organiska och oorganiska ämnen infiltrerade ned i jorden tillsammans med avloppsvattnet.

Beroende på pH och Eh-potential samt olika ämnens löslighet, kvarhålls inte en del av föroreningarna i de övre marklagren utan transporteras till grundvattnet.

Höga salthalter är utmärkande för avloppsvatten. Markens förmåga att kvarhålla olika salter är ofta begränsad vilket lett till att framför allt förhöjda salthalter kunnat märkas i grundvattnet.

Den relativt långa transportvägen i grundvattnet har medfört att tungmetaller, kväveföreningar och fosfat till stor del inte nått fram till vattenverken.

I Tabell 4.5 visas sammansättningen på ett opåverkat grundvatten och ett grundvatten i det övre grundvattenmagasinet som påverkats av avloppsvatten från Rieselfelder.

Tabell 4.5. Innehåll av olika ämnen i opåverkat grundvatten resp. grundvatten som påverkats av infiltration av avloppsvatten.

Påverkat grundvatten	Parameter	Opåverkat grundvatten
500	HCO ₃	165
240	SO ₄	85
150	Cl	14
12	PO ₄	0,01
190	NO ₃	0,3
0,5	NO ₂	0,01
220	Ca	79
22	Mg	7
170	Na	7
25	K	1,5
2,6	NH ₄	0,05
7	Fe	0,5
170	Konduktivitet mS/m	50

Kväveföreningarna överskrider klart uppställda gränsvärden enligt "Grenzwert der Trinkwasserverordnung" (TVO). Även fosfathalterna är starkt förhöjda och överskrider gränsvärden i "Brandenburger Liste" med 50 –100 gånger. Även andra salter uppvisar förhöjda halter.

Grundvattnets elektriska ledningsförmåga har mätts i grundvattenvåning 1 och 2 (GWL 1 och 2). De högsta värdena, 160 mS/m, har uppmätts i den övre grundvattenvåningen (GWL 1) i anslutning till infiltrationsområdena.

Förhöjd ledningsförmåga kan uppmätas även i den andra grundvattenvåningen. Saltfronten rör sig rör sig tämligen obehindrat ned genom lagren med mörkel. Fronten blir mindre distinkt eftersom flödet sker radiellt ut från Rieselfelder och således späds ut i en allt större vattenvolym.

Saltpåverkan kan även noteras i grundvattenvåning 3.

4.2.2 Tungmetaller

På grund av den ökade försurningen och analyser av jordlagren förväntas att grundvattnet kommer att kontamineras av tungmetaller i hög grad. En stor del av forskningsprojekten är därför inriktade just på frågor kring tungmetaller. Universitet i Potsdam har fastställt att det finns en stor tungmetallpool i de övre markhorisonterna, och att man kan förmoda att en stor del av tungmetallerna så småningom kommer att nå fram till grundvattnet. I Tabell 4.6 framgår att metallinnehållet i den övre grundvattenvåningen är tydlig. Man har inte kunnat fastställa någon större spridning i det andra grundvattenmagasinet.

Tabell 4.6. Tungmetaller i den övre grundvattenvåningen baserade på 531 analyser i 160 provtagningspunkter.

Parameter	Bakgrunds- värde	Mätningar som överskred bak- grundsvärdet		Riktvärde för påver- kan	Mätningar som överskred rikt- värdet	
		antal	andel %		antal	andel %
	mg/l			mg/l		
Zn	0,5	0	0	1,0	0	0
Cu	0,025	7	4,4	0,040	4	2,5
Pb	0,040	0	0	0,040	0	0
Co	0,020	5	3,1	0,050	0	0
Cd	0,005	1	0,6	0,005	1	0,6
Ni	0,050	12	7,5	0,050	12	7,5
Cr	0,050	0	0	0,050	0	0
As	0,040	0	0	0,040	0	0
Sn	0,020	4	2,5	0,040	1	0,6
Hg	0,001	0	0	0,001	0	0
Överskridande av gränsvärde		18	11,3		15	9,4

Grundvattnet i den övre grundvattenvåningen är framför allt påverkat av koppar och nickel men även av zink. De mer toxiska tungmetallerna såsom bly, kadmium och kvicksilver har inte påvisats. I Tabell 4.7 redovisas kontaminationsgraden i den övre grundvattenvåningen.

Tabell 4.7. Koncentrationer och gränsvärdesöverskridande av föroreningar i den övre grundvattenvåningen.

Parameter	Dominerande kon- centrationer	Över gränsvärdet i Brandenburger Liste	Maximal halt
Cu	- 80 µg/l	25% över 40 µg/l	160 µg/l
Ni	- 40 µg/l	15% över 50 µg/l	120 µg/l
Sn	< 10 µg/l	15% över 40 µg/l	80 µg/l
Zn	20 - 1000 µg/l	inget över 1000 µg/l	800 µg/l
NO ₃	- 200 µg/l	50% över 40 µg/l	> 500 µg/l
NH ₄	0,25 - 2,5 µg/l	40% över 0,5 µg/l	> 50 µg/l
PO ₄	- 10 µg/l	40% över 0,5 µg/l	> 135 µg/l
SO ₄	150 - 240 µg/l	20% över 240 µg/l	> 500 µg/l
DOC	10 - 30 µg/l		70 µg/l
AOX	20 - 100 µg/l		400 µg/l
cykliska kolväten	- 30 µg/l	15% över 25 µg/l	60 µg/l
Vinylklorid		10% över 1 µg/l	10 µg/l
Clofibrinsyra	0,5 - 2 µg/l		4 µg/l
PAH	Har hittills endast påvisats sporadiskt		
PCB			
Fenol			
Pesticider	långt under 0,1 µg/l		

4.2.3 Organiska ämnen

Ur Tabell 4.7 framgår att det inte endast är analysvärden av tungmetaller och oorganiska ämnen som överskrider fastställda gränsvärden, utan även klorerade kolföreningar som t e x vinylklorid. Sådana ämnen i högre koncentrationer har endast påträffats på ett fåtal lokaler. På andra lokaler har koncentrationerna varit så låga att de kan anses försumbara. Det anses troligt att kolväteföreningar inte härstammar från Rieselfelder utan från andra källor.

Det har inte kunnat visats att organiska föroreningar som överskridit fastställda gränsvärden beror på verksamheten kring Rieselfelder. Pesticider, som förmodas finnas i stora mängder i de avställda infiltrationsytorna, har inte påvisats utom möjligen som spår.