

Tyske erfaringer med kunstig grunnvannsinfiltrasjon

Av Dr. Ing. Erich Bieske, Stockstadt-Rhein

Dr. Ing. Erich Bieske har tatt sin doktorgrad i Danzig. I tidsrommet 1945—1953 har han blant annet vært leder for forskjellige brønnboringsfirmaer i Tyskland. Siden 1953 har han vært leder for filterrøravdelingen ved firma J. F. Nold & Co., Stockstadt/Rhein. Han har videre skrevet en rekke artikler og bøker om borebrønner o.l.

Da de naturlige grunnvannsforkomster p.g.a. stadig økende drikkevannsbehov mange steder ikke lenger er tilstrekkelige, har man forsøkt å frembringe kunstig grunnvann. Dette skjer ved hjelp av grunnvannssupplering.

Med grunnvannssupplering forstås bevisst og planmessig foretatt vanntilførsel for å øke grunnvannsmagasinen.

Dette kan skje etter de såkalte direkte metoder, hvor vannet blir infiltrert i grunnen, eller etter den såkalte indirekte metode — ved strandinfiltrasjon. Bli grunnvannsspeilet ved stranden av en elv eller innsjø senket p.g.a. uttak fra en brønn, trenger vannet gjennom bunnen av vassdraget inn i undergrunnen — og over i grunnvannet. Ved gjennomstrømmingen av elveleiets sand/grusskikt undergår vannet en kvalitativ forandring, og på veien gjennom grunnen frem til grunnvannsbrønnen, får vannet dessuten mer eller mindre fullstendig egenskap av naturlig grunnvann.

Strandinfiltrasjon.

Ved strandinfiltrasjon blir vertikale eller horisontale brønner anbragt i nærheten av elvebredder eller innsjøer. Der

som grunnvannsspeilet senkes (Fig. 1), strømmer overflatevannet gjennom bunnen av vassdraget frem til brønnen. Forutsetningen for dette er at bunnen ikke blir tilstoppet med avsettbare stoffer. Avstanden fra strandbredden frem til brønnen må dessuten være så lang at overflatevannet gjennom infiltrasjonen mer eller mindre kan tilegne seg grunnvannets egenskaper.

For vannuttak fra en vertikal brønn gjelder brønnformelen etter Dupuit-Thien for fritt vannspeil. Samme formel gjelder også for strandinfiltrasjon:

$$q = k \cdot \frac{H^2 - h^2}{\ln \frac{R}{r}} \text{ i m}^3/\text{s}$$

Her er:

q = Kapasitet i grunnvannsskiktet m³/s

H = Tykkelse av grunnvannsskiktet m

h = Høyden på brønnens senkede vannspeil m

R = Rekkevidden på senkings-trakten ved pumpning m

R = 3000 · s · √k
(iflg. Sichardt) m

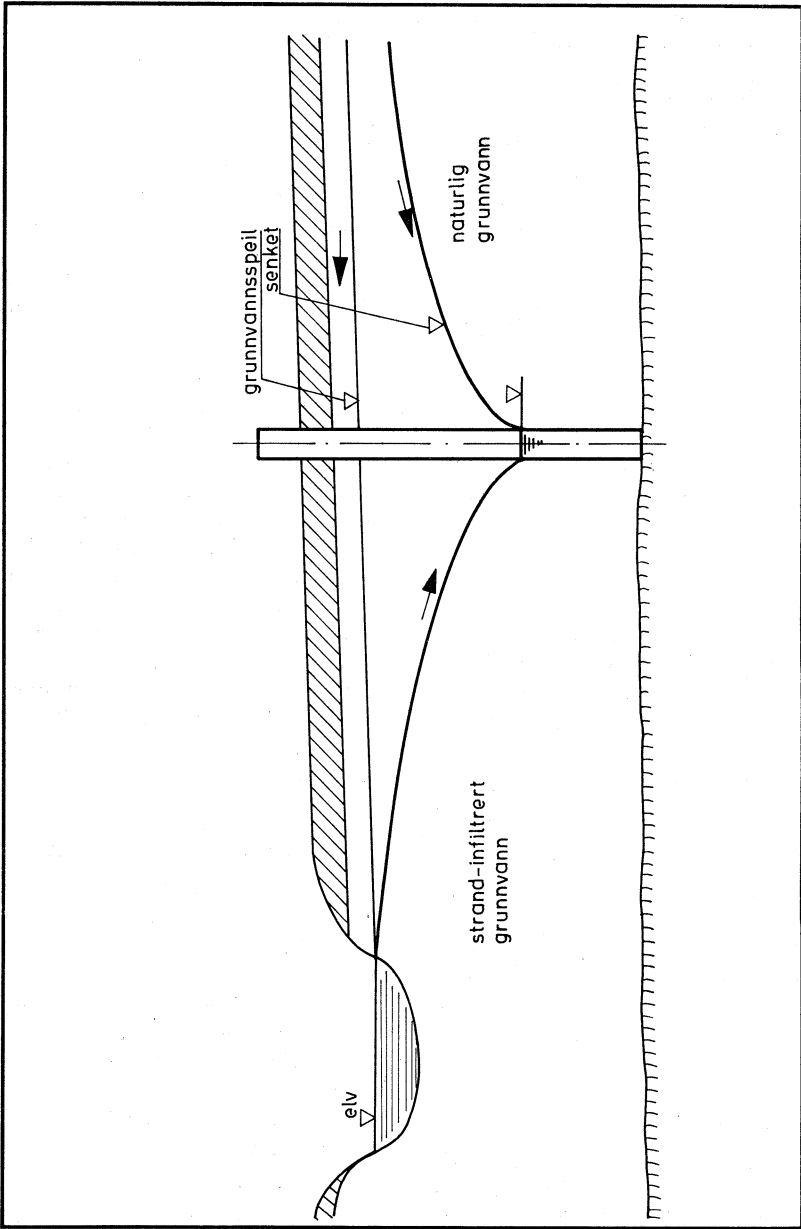


Fig. 1. Strandinfiltrasjon.

r = Brønnradius	m
s = Senkningsdybde	m
k = Gjennomstrømningskoeffisient	m/s

Der det ved brønnanlegg blir utvunnet vann ved såvel strandinfiltrasjon som fra naturlig grunnvannsforekomst, er det av interesse å bestemme omfanget av begge kilder.

Dette kan gjøres tilnærmet ved hjelp av temperatur-sammenligning etter følgende formler:

$$V_1 = V_2 \cdot \frac{T_1 - T_3}{T_2 - T_1} \text{ i m}^3, \text{ eller}$$

$$V_2 = V_1 \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_3 - T_1} \text{ i m}^3$$

Her er:

V_1 = Andel vann ved strandinfiltrasjon m^3

V_2 = Andel vann ved naturlig grunnvann m^3

T_1 = Vanntemperatur tatt ved brønnen $(\text{i } ^\circ\text{C})$

T_2 = Temperatur, overflatevann $(\text{i } ^\circ\text{C})$

T_3 = Temperatur, naturlig grunnvann $(\text{i } ^\circ\text{C})$

En sammenligning av de kjemiske egenskaper av begge vann typer kan også føre frem til en tilnærmet andelsbestemmelse.

$$V_2 = \frac{C_m - C_o}{C_g - C_o} \cdot 100$$

Her er:

C_g = Kjemiske elementer i grunnvann mg/l

C_o = Kjemiske elementer i overflatevann mg/l

C_m = Kjemiske elementer i blandingsvann mg/l

Loddrett infiltrasjon.

Den direkte fremgangsmåte ved å fremkalle kunstig grunnvann består i den såkalte loddrette infiltrasjon. På forhånd renses overflatevann blir infiltrert i grunnen for å øke grunnvannsbeholdningen.

Kapasiteten av det mottagende skikt, såvel som avstanden mellom infiltrasjonsanlegget og brønnanlegget, d.v.s. lengden av infiltrasjonsveien i horisontal og i vertikal retning, må være så stor at det kan finne sted en tilnærming av egenskapene til det kunstig fremkalt vann og egenskapene til det naturlige grunnvann.

Den loddrette infiltrasjon kan skje fra infiltrasjonsgrøfter og infiltrasjonsbassenger ved jordoverflaten, eller fra infiltrasjonsbrønner ført dypere ned i grunnen.

Infiltrasjonsgrøfter.

Fig. 2 viser skjematisk infiltrasjon av overflatevann ved hjelp av infiltrasjonsgrøfter.

Gjennomstrømningskapasitet er:

$$S = L \cdot d \cdot \frac{k}{2} \cdot \frac{h + \ddot{u}}{h} \text{ i m}^3/\text{s}.$$

Her er:

h = Høydedifferansen mellom grøftens bunn og grunnvannsspeilet m

\ddot{u} = Trykkehøyde (vannstand over grøftens bunn) m

L = Lengde av infiltrasjonsgrøftene m

d = Bredde av infiltrasjonsgrøftene m

Av og til har man forsøkt å anordne horisontale infiltrasjonsledninger istedenfor infiltrasjonsgrøfter. Det har imidlertid vist seg at disse lett blir tilstoppet dersom man ikke kan få drikkevannskvalitet ved forutgående rensing av overflatevannet.

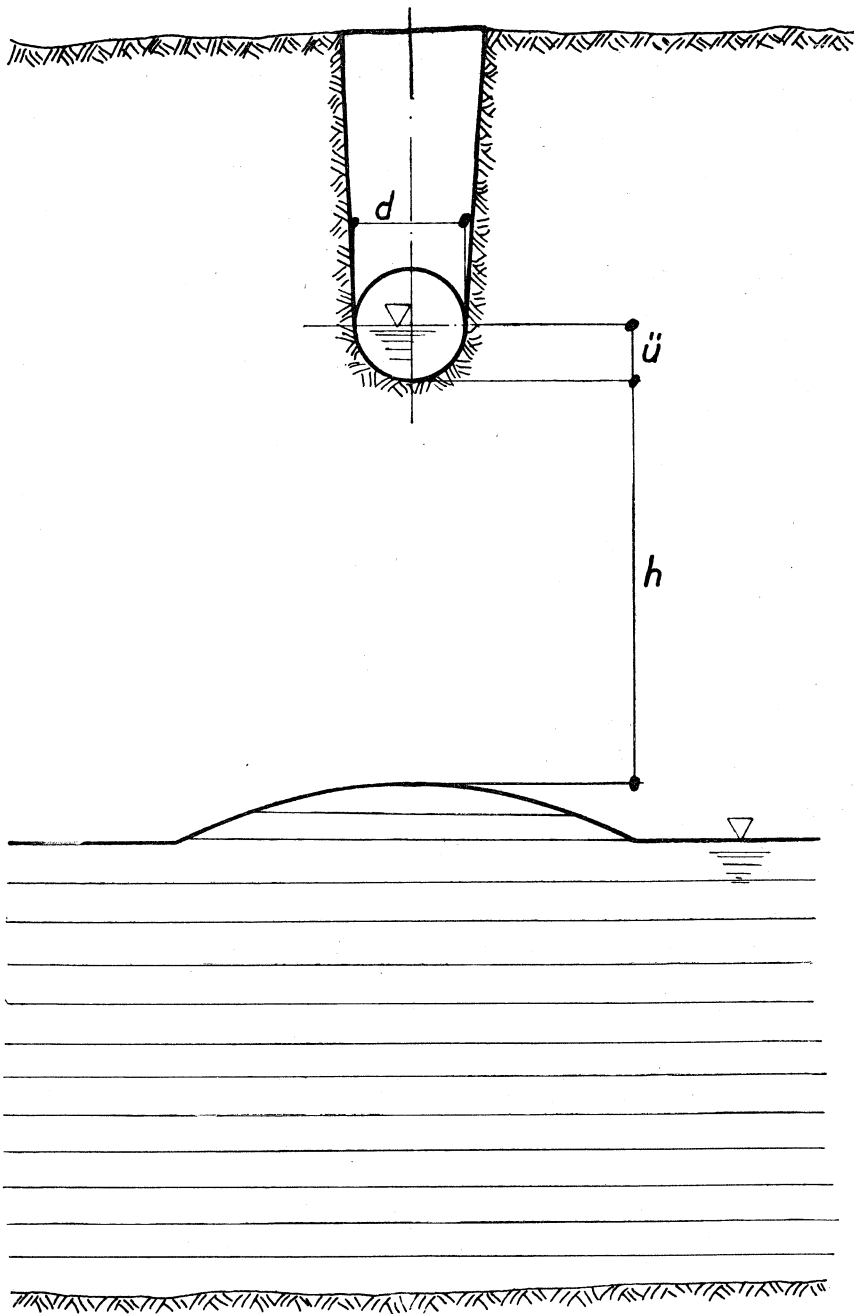


Fig. 2. Infiltrasjonsgrøft

Infiltrasjonsbassenger

Av infiltrasjonsanlegg for overflatevann er infiltrasjonsbassenger mest kjent. Mest vanlig er at det på bunnen av bassenget blir anbragt et sandskikt på ca. 0,5 m, som i prinsippet arbeider som et «langsomt virkende sandfilter».

Gjennomstrømningskapasiteten for et infiltrasjonsbasseng tilsvarende kapasiteten fra en infiltrasjonsgrøft:

$$S = F \cdot \frac{k}{2} \cdot \frac{h + \ddot{u}}{h} \text{ i m}^3/\text{s}.$$

Her gjelder forøvrig de samme betegnelser som for infiltrasjonsgrøfter, når F = bassengarealet ($F = L \times d$) i m^2 .

Mens infiltrasjonen ved jordoverflaten, spesielt infiltrasjonen av vannet i sandfylte bassenger ofte blir anvendt, hadde forsøkene på å føre vannet direkte inn dypere i grunnen, liten suksess. Den avgjørende ulempe ved undergrunnsinfiltrasjon er at vannet som er bestemt for dette formål på forhånd må renses meget omhyggelig.

Ved overflateinfiltrasjon kan man imidlertid klare seg med mindre forrensning, i noen tilfelle med urensset elvevann. Her må man imidlertid regne med en rask tilstopning av infiltrasjonsflaten. På den annen side kan denne infiltrasjonsflate lett rengjøres.

Dersom vannet ved infiltrasjon gjennom brønner (fig. 4) eller «terrasser» inneholder organiske stoffer som er tilført, eller mikroorganismer, kan disse ha mulighet til å formere seg. Dette kan forårsake tilstopning i nærheten av infiltrasjonsområdet i grunnen. Denne tilstopning kan være temmelig vanskelig å fjerne. Hvis det overhode er mulig, stilles

det svært store tekniske krav.

Forsøk på å øke grunnvannsmengden ved hjelp av undergrunnsinfiltrasjon har nesten alltid mislykkes, fordi absorpsjonskapasiteten i brønnene eller terrassene før eller senere avtar sterkt.

Infiltrasjonsbrønner.

For vertikale infiltrasjonsbrønner får man følgende gjennomstrømningskapasiteter:

Ved gjennomstrømning i grunnvann med fri overflate (fig. 4).

$$S = \pi \cdot k \cdot \frac{(2 \cdot H \cdot \ddot{u} + \ddot{u}^2)}{R \ln \frac{R}{r}} \sqrt{i} \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$S = \frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot m \cdot \ddot{u}}{R \ln \frac{R}{r}} \sqrt{i} \text{ m}^3/\text{s}.$$

Her er:

- H = Infiltrasjonsbrønnens nedsenkingsdybde i grunnvannet m
 \ddot{u} = Trykkhøyde over det normale grunnvannsspeilet i infiltrasjonsbrønn m
 R = Rekkevidde på gjennomstrømning m
 r = Brønnens radius m
 m = Tykkelse av det vannledende skikt m

Opplysninger om prosjektering.

Ved prosjektering av grunnvannssupplering må det tas hensyn til en rekke faktorer.

De mottagende grunnvannsskikt må helst være porøse, og frem for alt være frie for jern, mangan og svovelforbindelser samt humus.

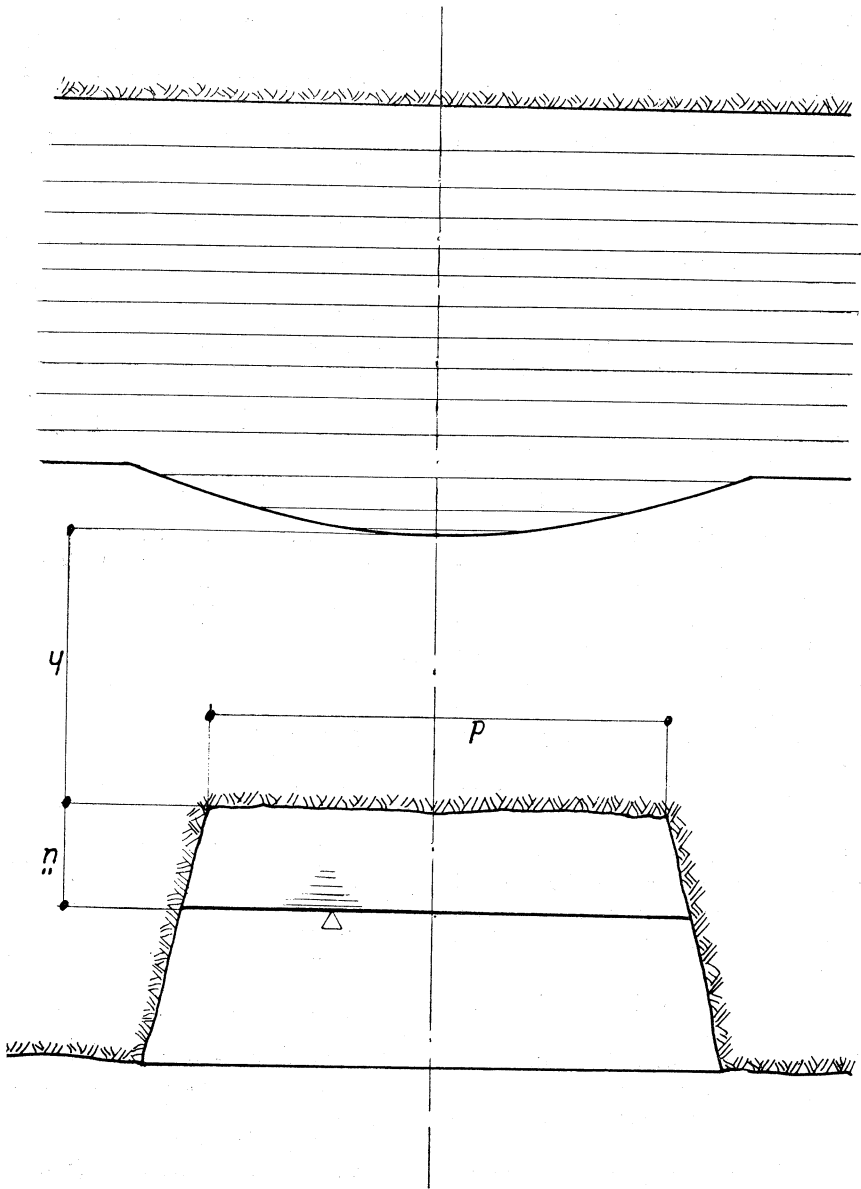


Fig. 3. Infiltrasjonsbasseng.

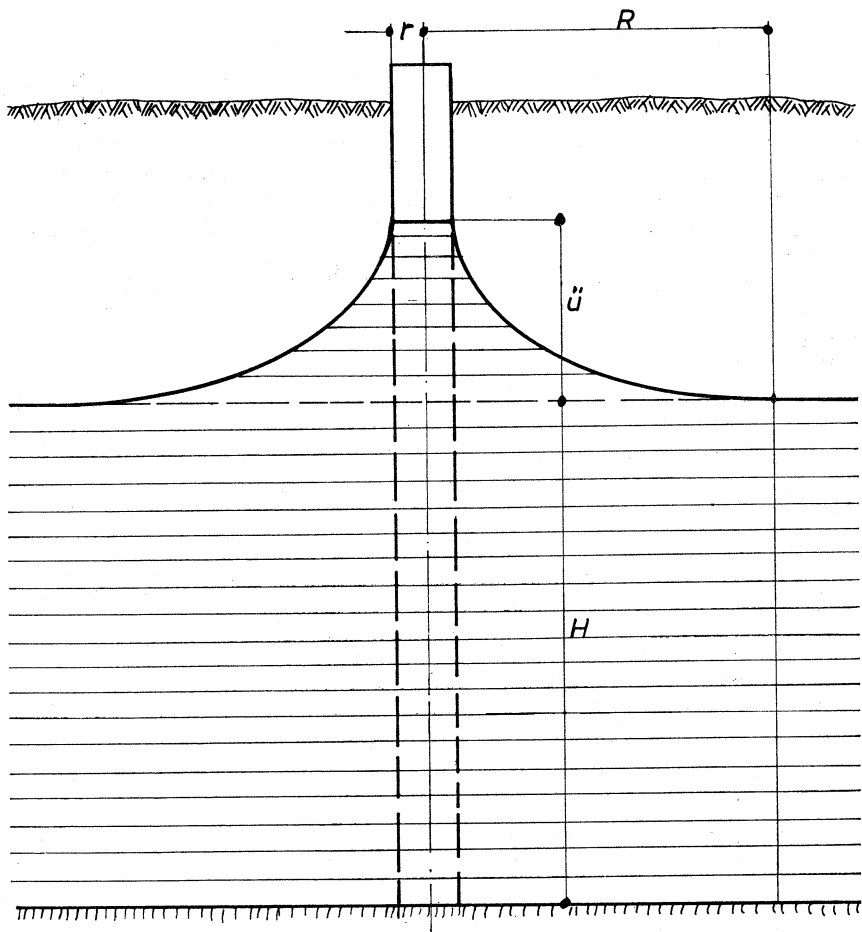


Fig. 4. Infiltrasjonsbrønn.

Porevolumet av de mottagende grunnvannsskikt må minst være 15—35 %.

Ved anlegg av infiltrasjonsbassenger bør eventuelle dekkskikt over grunnvannsførende lag ikke være tykkere enn 2—3 m. Ved større tykkelse blir utgravningene av disse for kostbare, og infiltrasjonsbrønner blir aktuelle.

Det naturlige grunnvannsspeil må ikke ligge for nær jordoverflaten, men derimot flere meter under denne, slik at

tilstrekkelig hydraulisk overtrykk er tilstede, slik at det kan danne seg et vannforråd i undergrunnen.

Oksygenreserven, som er begrenset til oksygeninnholdet i råvannet, må alltid være så stor at den er tilstrekkelig for reduksjon av resterende organiske forbindelser. I undergrunnen må det nemlig ikke herske oksygenmangel.

Råvann som skal luftes før overføring til infiltrasjonsbasseng, blir ledet over

trappeformede terrasser (kaskader). Av og til er kaskadene bygget som «bærekaskader», for å garantere en grundigere oksygentilførsel.

Infiltrasjonsterrassene og infiltrasjonsbrønner er ofte utsatt for tilstopning. Langvarig vinterkulde med isdannelse samt annen tildekning av jordoverflaten vil imidlertid skape særlige vanskeligheter for vanninfiltrering.

En feilfri funksjon av undergrunns-gjennomstrømning forutsetter imidlertid at råvannet som skal infiltreres, er behandlet slik, at det har en noenlunde drikkevannskvalitet. Som kjent er det i dag teknisk mulig å fremstille drikkevann av avløpsvann. På den annen side er det vanskelig å etterkomme visse estetiske krav når det gjelder opprinnelse av dette drikkevann. Erfaringene har vist at anvendelse av en lengre gjennomstrømning i grunnen har løst dette vanskelige spørsmål, som også har hatt til følge at temperaturen ble nedsatt til grunnvannstemperatur.

Enda noen erfaringer bør kort nevnes: Temperaturforholdene medfører at infiltrasjon i bassenger fungerer langt gunstigere om sommeren, enn om vinteren.

Da elvene i de siste årtier mer og mer er blitt tilslammet har man f. eks. latt elvevannet flyte over høyereliggende «Sedimentasjonsbassenger» før det blir ført inn i de egentlige infiltrasjonsbassenger.

Den betydning grunnvannssupplering har, kan indikeres med følgende eksempler:

30 % av drikkevannsbehovet i Vest-Tyskland dekkes f. t. ved strandinfiltrasjon og derved fremstilling av kunstig grunnvann.

60 % av drikkevannet i Nordrhein-Westfalen området blir skaffet til veie på tilsvarende måte.

Anvendelsesmuligheten for grunnvannssupplering er temmelig stor, som følgende oversikt viser:

GRUNNVANNSSUPPLERINGSANLEGG

<i>Vannverk</i>	<i>Grunnforhold</i>	<i>Tykkelse på mottagelses-ski-kt m</i>	<i>Gjennomstrømningsverdi k_i m/s</i>	<i>Avstand — infiltrasjon/ brønn m</i>
Haltern (Gelsenkirchen)	Finsand	120	0,00012	50
Letzlinger Heide (Magdeburg)	Sand	60	0,00015 0,00047	
Rheader Forst (Gütersloh)	Sand	10—20	0,000146	
Schierstein (Wiesbaden)	Sand Grus	7	0,0012	230
Muttenger Hard (Basel)	Sand Grus	50	0,0040	
Wasserwerke im Ruhrtal	Grus Singel	5—7	0,0162	50