

Arbeitsrichtlinie

Erkundung Uferfiltratsvorräte



VEB Hydrogeologie

Richtlinie

"Methodik zur Erkundung von Uferfiltratvorräten"


Bearbeiter: Dipl.-Ing. Heeger
Dipl.-Ing. Krug
Dipl.-Geol. Emshoff

Bearbeitungszeitraum: 10/74 - 12/74

Vertraulichkeitsgrad: NfD

Die vorgelegte Richtlinie wird hierdurch bestätigt:

Nordhausen, den 19. März 1975


.....
Hartung
Werkdirektor

Verteiler:

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abkürzungen und Symbole	3
Vorbemerkung	6
1. Einleitung	8
2. Hydrogeologisches System der Uferfiltration	9
3. Problemübersicht	12
4. Mengennachweis	15
4.1. Oberflächenwasserabfluß	15
4.2. Hydrogeologisches Modell	16
4.2.1. Wissenschaftlich-technische Untersuchungsarbeiten	16
4.2.2. Dokumentation des hydrogeologischen Modells	28
4.3. Vorratsberechnung	30
4.3.1. Grundsätzliches und Zielstellung	30
4.3.2. Die Verfahren zur Vorratsberechnung	31
4.3.2.1. Analytische Berechnungsverfahren	31
4.3.2.2. Modelltechnische Verfahren	34
4.3.2.3. Demonstrativer Nachweis - Probetrieb	36
4.3.3. Auswahl des Berechnungsverfahrens	37
4.3.4. Hinweise zum Berechnungsablauf (methodisches Vorgehen)	40
4.3.5. Anwendungsbeispiel zur Fragmentmethode	43
5. Beschaffenheitsnachweis	46
6. Nachweis der Gewinnbarkeit	51
7. Literaturnachweis	54

Abkürzungen und Symbole

Abk./Symbol	Einheit	Bezeichnung
Lit. [4]	-	Hinweis auf einschlägige Literatur - Literaturtitel siehe Literaturverzeichnis
siehe Nr. (16)	-	Hinweis auf "Maßnahme", die in den Schemata zur Erkundung aufgezählt und numeriert sind
a	m	Brunnenabstand bei Brunnenreihen
B	m	Speisungsfaktor
BfG	-	Bezirksstelle für Geologie beim Rat des Bezirkes
BHI	-	Bezirks-Hygiene-Institut
b	m	Breite des infiltrierenden Gewässers
ch	-	Kosinus hyperbolicus
DE	-	Detailerkundung im Rahmen der hydro- geologischen Erkundung
DPV	-	Demonstrativpumpversuch
d	m	Dicke der kolmatierten Schicht
d ₁₀ , d ₆₀	mm	Korngröße der Siebkurve eines Korn- gemisches
EAM	-	Elektroanalogie-Modellierung
EDV	-	Elektronische Datenverarbeitung
EDVA	-	Elektronische Datenverarbeitungsanlage
F _{Fu}	km ²	unterirdisches Einzugsgebiet
G	kcal.cm ⁻² .a ⁻¹	Globalstrahlung
GFF	-	VEB Geologische Forschung u. Erkundung
GW	-	Grundwasser
GWBR	-	Grundwasserbeobachtungsrohr
GWL	-	Grundwasserleiter
H	m	Standrohrspiegelhöhe im Ausgangszustand
h	m	Standrohrspiegelhöhe im abgesenkten Zustand
I	A	Stromstärke
i	-	Anzahl der Brunnen
K	mg . l ⁻¹	Konzentration eines Stoffes
KNQ ₁₅	m ³ . s ⁻¹	der an 15 aufeinanderfolgenden Tagen auftretende Niedrigwasserabfluß

Abk./Symbol	Einheit	Bezeichnung
KNW ₁₅	m ü NN	Wasserstand bei KNQ ₁₅
k	m · s ⁻¹	Durchlässigkeitsbeiwert
k'	m · s ⁻¹	Durchlässigkeitsbeiwert der kolmatierten Schicht
L	m	Länge
Δ L ₁	m	fiktive Zusatzlänge zur Berücksichtigung der Unvollkommenheit (siehe Bild 1)
Δ L ₂ bzw. Δ L _k	m	fiktive Zusatzlänge zur Berücksichtigung der Kolmation (siehe Bild 1)
l ₀	m	Länge des Brunnenfilters
M	m	Mächtigkeit des Grundwasserleiters
MQ	m ³ · s ⁻¹	Mittelwasserstand
N	mm	Niederschlag
NQ	m ³ · s ⁻¹	Niedrigwasserabfluß
NQ _{30/10}	m ³ · s ⁻¹	der an 30 aufeinanderfolgenden Tagen auftretende Niedrigwasserabfluß mit einer Wahrscheinlichkeit von 10 Jahren
NW	m ü NN	Niedrigwasserstand
NW _{30/10}	m ü NN	Wasserstand bei NQ _{30/10}
n _e	%	entwässerbarer Porenanteil
Ofm	-	Oberflußmeisterei
PV	-	Pumpversuch
Q	m ³ · s ⁻¹	Förderleistung einer Fassung, GW-Fließmenge
Q _{Br}	m ³ · s ⁻¹	Förderleistung eines Brunnens
Q _{Br,n}	m ³ · s ⁻¹	" des n-ten Brunnens
Q _L	m ³ · s ⁻¹	Landseitiger Zufluß - der aus dem landseitigen unterirdischen Einzugsgebiet einer UF-Fassung kommende Zufluß
Q _{Limit}	m ³ · s ⁻¹	Abflußlimit im Gewässer, welches auch bei Niedrigwasser (KNQ ₁₅ , NQ _{30/10}) der Uferfiltration uneingeschränkt zur Verfügung steht

Abk./Symbol	Einheit	Bezeichnung
Q_{LM}	$m^3 \cdot s^{-1}$	Landschaftlich notwendiger Mindestabfluß
Q_N	$m^3 \cdot s^{-1}$	der für wasserwirtschaftliche Nutzung an erforderliche Abfluß
Q_{UF}	$m^3 \cdot s^{-1}$	Uferfiltrat (-zufluß) - der vom Gewässer als Uferfiltrat der Fassung zuströmende Zufluß
q	$m^3 \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}$	spezifischer Durchfluß
q_I	$m^3 \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}$	Infiltrationsrate
q_L	$m^3 \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}$	spezifischer landseitiger Zufluß (in einem definierten Schnitt)
R_E	Ω	elektrischer Widerstand
R_{hy}	$s \cdot m^{-2}$	hydraulischer Widerstand
R_q	Ω	Quadratwiderstand des elektrisch leitenden Papiers
r_o	m	Brunnenradius
S_o	-	Speicherkoeffizient
s	m	Absenkung
s_{Br}	m	Absenkung im Brunnen
$s_{Br, zul}$	m	zulässige Absenkung im Brunnen
sh	-	Sinus hyperbolicus
s_R	m	Absenkung an der Randbedingung
$s_{R, zul}$	m	zulässige Absenkung an der Randbedingung
T	$m^2 \cdot s^{-1}$	Profildurchlässigkeit
th	-	Tangens hyperbolicus
U	V	elektrische Spannung gegen Erde
UF	-	Uferfiltration, Uferfiltrat
V	mm	Verdunstung
VE	-	Vorerkundung im Rahmen der hydrogeologischen Erkundung
v_N	$m^3 \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$	Grundwasserneubildung im unterirdischen Einzugsgebiet
WAB	-	VEB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung
WW	-	Wasserwerk
w	$m \cdot m^{-1} \cdot s$	Infiltrationswiderstand $w = d/k'$
ϕ	m^2	GIRINSKIJ-Potential (siehe Bild 1)

Vorbemerkung

Die Nutzbarmachung von Uferfiltratvorräten für die Wasserversorgung vollzieht sich in 3 Stufen

- hydrogeologische Erkundung
- wasserwirtschaftliche Projektierung
- Betrieb des Wasserwerkes

Die hydrogeologische Erkundung von Grundwasserlagerstätten der Nachweis von Vorräten nach Menge, Güte und Gewinnbarkeit obliegt gemäß Berggesetz der DDR vom 12. 5. 1969 (Gbl. Teil I, Nr. 5, 19. 5. 1969) Betrieben, die beim Ministerium für Geologie der DDR (ehemals Staatssekretariat für Geologie) registriert sind (z. B. VEB Hydrogeologie). Entsprechend der Lagerstättenwirtschaftsordnung vom 15. 3. 1971 (Gbl. Teil II, Nr. 34, 30. 3. 71) erfolgt die Berechnung der Lagerstättenvorräte gemäß den Grundsätzen der von der Staatlichen Vorratskommission der DDR herausgegebenen "Klassifikation der Grundwasservorräte der DDR" vom 15. 4. 1966 sowie "Instruktion zur Anwendung der Klassifikation der Grundwasservorräte" (1. Grundwasserinstruktion) vom 1. 7. 1967. Es ist festgelegt, daß die im Ergebnis der hydrogeologischen Erkundungsarbeiten berechneten Grundwasservorräte bei der Staatlichen Vorratskommission zur Bestätigung einzureichen sind. Die Vorbereitung und Durchführung von wasserwirtschaftlichen Investitionen zur Nutzung der Vorräte ist nur auf der Grundlage bestätigter Bilanzvorräte möglich (Lagerstättenwirtschaftsordnung).

Die Richtlinie "Erkundungsmethodik Uferfiltratvorräte" wurde vom VEB Hydrogeologie als dem Hauptauftragnehmer für hydrogeologische Erkundungsarbeiten erarbeitet. Sie dient als methodische Grundlage für die Erkundung von Uferfiltratvorräten. Ihre Anwendbarkeit erstreckt sich auf alle Probleme der hydrogeologischen Erkundung.

Die Projektierung der wasserwirtschaftlichen Anlagen obliegt grundsätzlich dem VEB PROWA Halle. Im Zusammenhang mit der Nutzung von Uferfiltratvorräten führt der VEB PROWA die konstruktive Durchbildung der Fassungsanlagen (Fördersystem!), die Projektierung der Wasseraufbereitung, der Wasserspeicherung und Wasserverteilung durch. Die konstruktiven Fragen der Wassergewinnungsanlagen wie auch Fragen des rationellen und leistungskonstanten Betriebes von Uferfiltratfassungen werden in dem vom VEB PROWA zu erarbeitenden Werkstandard (Juni 1975) WAPRO "Wassergewinnungsanlagen Uferfiltratfassungen" behandelt. Für die Probleme der wasserwirtschaftlichen Projektierung und den Betrieb von Uferfiltratfassungen wird die Anwendung dieses Werkstandards empfohlen.

1. Einleitung

Der ständig steigende Wasserbedarf besonders der Industrie macht es erforderlich, auch den oberirdischen Abfluß in verstärktem Maße zu nutzen. Mit der Gewinnung von Uferfiltrat bietet sich eine günstige und wirtschaftliche Möglichkeit. Entsprechend dieser volkswirtschaftlichen Notwendigkeit wird mit der vorliegenden Richtlinie eine Rationalisierung der Erkundungsarbeiten angestrebt. Sie zielt darauf ab, eine Vereinheitlichung und Erhöhung der Qualität der hydrogeologischen Untersuchungsarbeiten zu erreichen. Grundlage der Richtlinie ist die Themenstudie des VEB Hydrogeologie "Methodik zur Erkundung von Uferfiltratvorräten" [12], sind die "Grundsätze für die Projektierung und den Betrieb von Uferfiltratfassungen" des IfW Berlin [14]. Diese Richtlinie behandelt ausschließlich Fragen der Methodik der hydrogeologischen Erkundung von Uferfiltratvorräten. Es werden die wissenschaftlich-methodischen Probleme sowie ihre Abhängigkeiten dargelegt und Möglichkeiten bzw. Maßnahmen zur Lösung dieser Fragen mitgeteilt. Sie ist damit eindeutig problembezogen!

Der organisatorische Ablauf der Uferfiltraterkundung ordnet sich in den Erkundungsablauf eines allgemeinen Lagerstättenaufschlusses ein, so daß hierfür die im VEB Hydrogeologie geltenden "Programmablaufpläne für die hydrogeologische Erkundung" [2] bei geringfügiger Modifizierung (Erweiterung des Komplexes "Spezialuntersuchungen" um die uferfiltratspezifischen Untersuchungsarbeiten zum Nachweis von Kommunikation und Kolmation) auch für Uferfiltratvorhaben Geltung besitzen.

In der vorliegenden Richtlinie wird aus Gründen der Übersichtlichkeit weitgehend eine schematische Darstellung gewählt. Die vorgeschlagenen Maßnahmen werden fortlaufend nummeriert, so daß diesbezügliche Verknüpfungen deutlich werden. Textliche Erläuterungen der Maßnahmen werden als Bemerkungen zu den Schemata nur dort gegeben, wo diese zum

Verständnis spezieller Fragen unbedingt erforderlich sind. Weitergehende Informationen sind der Literatur [12] zu entnehmen.

Diese Richtlinie wurde im Oktober/November 1974 erarbeitet und beinhaltet den zu diesem Zeitpunkt allgemein zugänglichen Kenntnisstand. Derzeit laufen die in den vergangenen Jahr in der DDR begonnenen Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Uferfiltration weiter, so daß eine fortlaufende Aktualisierung der Richtlinie notwendig wird.

2. Hydrogeologisches System der Uferfiltration

Die Uferfiltration ist ein Vorgang, bei dem aufgrund des Betriebes ufernäher Wasserfassungen die **Infiltration** von Oberflächenwasser durch das Gewässerbett in den Grundwasserleiter erfolgt.

Voraussetzung für die Durchführung einer Uferfiltration zum Zwecke der Wassergewinnung ist das Vorhandensein eines Gewässers als Speisungsobjekt (Abfluß), eines Grundwasserleiters und dessen hydraulische Kommunikation mit dem Gewässer.

Durch die Grundwasserabsenkung in den ufernahen Fassungsanlagen wird zum Wasserspiegel des Oberflächengewässers ein Potentialunterschied erzeugt, der das Oberflächenwasser zwingt, in den Wasserleiter zu **infiltrieren** und als Uferfiltrat den Fassungen zuzuströmen. Da der Grundwasserleiter auch landseitig der Brunnen eine mehr oder weniger große Ausdehnung besitzt, gelangt neben dem Uferfiltrat auch das im landseitigen unterirdischen Einzugsgebiet neugebildete Grundwasser in die Fassungen. Damit ist das hier geförderte Rohwasser mengen- und gütemäßig generell ein Mischwasser aus Uferfiltrat und sich erneuerndem Grundwasser. (**Neubildung infolge Niederschläge**).

Die hydrogeologischen Zusammenhänge bei der Uferfiltration umfassen somit sowohl die Vorgänge zwischen den Fassungen und dem Gewässer als auch die Vorgänge landseitig der Fassungen, einschließlich ihrer Wechselbeziehungen.

Uferfiltrat

Uferfiltrat ist an 3 hydrogeologische Einheiten gebunden, in denen hydrogeologische, hydrologische, geohydraulische, hydrochemische, -physikalische und -bakteriologische sowie gewässerkundliche Merkmale den Vorgang der Uferfiltration kennzeichnen bzw. beeinflussen.

- Gewässer
- Randfläche Gewässer/Grundwasserleiter
- Grundwasserleiter

Wichtigste Randbedingung für die Uferfiltratmenge und das Absenkungsregime, mithin für die Leistungsfähigkeit der ufernahen Fassung ist die kolmatisierte Randfläche Gewässer/Grundwasserleiter, die Kolmation. Sie stellt die Verdichtung der Randfläche durch Ablagerung von Sinkstoffen, Schwebstoffen und Ausfällprodukten des Wassers dar. Ihre Erscheinungsform ist die äußere Kolmation (Sedimentation auf der Randfläche) und die innere Kolmation (Invasion von Wasserinhaltsstoffen in die Poren des Filterkörpers der Randfläche). Die äußere Kolmation ist stark von der Spezifik des Gewässers abhängig (vgl. Lit. [7]).

Jedes Gewässer besitzt bereits vorläufig eine gewisse natürliche Kolmationsschicht, Aufgangskolmation. Durch die Uferfiltration (Wasserentzug) entwickelt sich aus diesem Zustand als Reaktion der Zeit und der Kolmationsfaktoren ein quasistabiler Zustand (quasistabiler Konzentration) der Randflächenverhältnisse, der für den langfristigen Uferfiltratbetrieb ausschlaggebend ist.

Die Kolmationsschicht wird hinsichtlich ihrer geohydraulischen Durchlässigkeit durch folgende Parameter gekennzeichnet:

Mächtigkeit d [m]
Wasserdurchlässigkeit k' [m, s⁻¹]

$$w = \frac{d}{k'} \quad [s]$$

fiktive Zusatzlänge des
Grundwasserströmungsfeldes ΔL_k [m]

Die Wasserbeschaffenheit des Uferfiltrates wird im wesentlichen durch die bei der Bodenpassage vom Gewässer zu den Fassungen stattfindenden chemischen, bakteriologischen wie auch physikalischen (Temperatur) Gütebesserung bedingt.

Landgrundwasser

Der landseitige Zufluß sich nicht erneuernden Grundwassers ist an die hydrogeologische Einheit

- landseitiges Einzugsgebiet

gebunden, welches durch eine Vielzahl von hydrogeologischen, hydrologischen und Wassergütemerkmalen charakterisiert ist. Der landseitige Grundwasservorrat beeinflusst die faßbare Wassermenge nach Menge und Beschaffenheit.

Nachstehendes Schema zeigt die wesentlichsten Merkmale der Uferfiltration und deren Einflüsse auf den Prozeß der Uferfiltration auf, stellt die Mechanismen und Zusammenhänge bei der ufernahen Wassergewinnung dar. (vgl. Seite 12).

Gewinnbarer Vorrat
Nach Menge und Güte Mischwasser aus
Uferfiltrat und Landgrundwasser

Uferfiltrat

Landseitiger Grundwasservorrat

	Merkmale	Einfluß
1. Gewässer	1.1. Abfluß	- Uferfiltratmenge (Abflußlimit für Nutzung durch Uferfiltration) - Kolmation
	1.2. Wasserstand	- Uferfiltratmenge - Absenkungsregime im Strömungsfeld
	1.3. Wasserbeschaffenheit	- Wassergüte
	1.4. Geohydrologisch unvollkommene äußere Berandung	- Absenkungsregime im Strömungsfeld
	1.5. Gewässermorphologische Merkmale - Erosion - Anlandung	- Kolmation
	1.6. Wasserbau und Verkehrswesen - Stauanlagen - Deichanlagen - Baggerarbeiten - Schiffsverkehr	Kolmation, UF-Menge Kolmation Kolmation
	1.7. Sonstige Merkmale (Wassertiere, Wellenschlag durch Wind)	- Kolmation
2. Randliche Gewässer/ Grundwasserleiter	2.1. Hydraulische Kommunikation Gewässer-Grundwasserleiter	- Kontinuität der Filterströmung (Uferfiltratströmung)
	2.2. Kolmation	- Hydraulische Einfl. Uferfiltratmenge (hydrologisch kritischer Durchflußquerschnitt); Kontinuität der Filterströmung σ_{zul} . - Hydrochem. Einfl. Eliminierung von Wasserinhaltsstoffen
3. Grundwasserleiter	3.1. Lagerungsverhältnisse	- Hydraulische Einfl. hydrologisch kritischer Durchflußquerschnitt; optimale Absenkungshöchstgrenze c_{Br}
	3.2. Lithologie	
	3.3. Parameter $k [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] S_0$	- Hydrochemische Einfl. Eliminierung von chem. und bakt. Wasserinhaltsstoffen; Temperaturvergleichmäßigung;
	3.4. Begrenzung	Lösung von im Grundwasserleiter enthaltenen chem. Komponente

Merkmale	Einfluß
1.1. Lagerungsverhältnisse	- Menge des landseitig aufließenden sich erneuernden Grundwassers
1.2. Lithologie	
1.3. Parameter $k [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] S_0$	
1.4. Begrenzung	- Absenkungsregime im Strömungsfeld
1.5. Dynamik	
1.6. Neubildung	
1.7. Natürliche Grundwasserbeschaffenheit	Grundwasserbeschaffenheit, insbesondere hydrochemische Störinflüsse
1.8. Geogene hydrochemische Anomalie	
1.9. Anthropogene hydrochemische Anomalien	

3. Problemübersicht

Der in einer ufernahen Fassung gewinnbare Vorrat stellt sowohl mengen- als auch gütemäßig ein Mischwasser aus Uferfiltrat und landseitigem Grundwasserzufluß dar.

Die Erkundungsmethodik ist damit auf die Klärung der spezifischen Probleme, die mit dem Uferfiltrat wie mit dem Landgrundwasser zusammenhängen, gerichtet.

In einer Übersicht werden in dem nachstehenden Schema (Seite 14) die Komplex- und Einzelprobleme zusammengefaßt, wodurch dem Erkundungspraktiker ein Überblick über die methodischen Fragen beim Vorratsnachweis vermittelt werden soll.

Hierbei wird von folgender Untergliederung der Erkundungsaufgabe ausgegangen (Nachweiskomplexe):

- Nachweis der gewinnbaren Vorratsmenge
- Nachweis der Beschaffenheit des Vorrates
- Nachweis der Gewinnbarkeit des Vorrates.

In den Abschnitten 4., 5. und 6. dieser Richtlinie werden dann die Erkundungsmaßnahmen empfohlen, die der Lösung der aufgezeigten Probleme dienen.

4. Mengennachweis

Der Nachweis der gewinnbaren Wassermenge erfolgt generell durch die Vorratsberechnung unter Zuhilfenahme analytischer und/oder modelltechnischer Verfahren.

(Der demonstrative Nachweis stellt einen Ausnahmefall dar, vgl. Abschnitt 4.3.2.3.)

Grundlage und Voraussetzung der Vorratsberechnung ist:

- Erkundung des hydrogeologischen Modells; repräsentatives hydrogeologisches Modell
- Analyse der Abflußbilanz im Gewässer; Abflußlimit

4.1. Oberflächenwasserabfluß

Problem

Nachweis des Vorhandenseins eines Abflußlimits Q_{Limit} im Gewässer, welches der Uferfiltration uneingeschränkt zur Verfügung steht.

Ausgangswert ist kritischer Abfluß $NQ_{30/10}$ bzw. KNQ_{15} , von dem der landschaftlich notwendige Mindestabfluß Q_{LM} und der für wasserwirtschaftliche Nutzungen der Unterlieger erforderliche Abfluß Q_{N} subtrahiert wird.

Sonderfall UF am See: Ausgangswert kann Mittelwasserabfluß MQ (Seedurchfluß) bei Berücksichtigung der Speichervirkung des Sees (Flächenretentionswirkung) sein. Bei kleinen Seen mit geringem Retentionsvermögen sollen sich die wasserhaushaltlichen Betrachtungen auf den Niedrigwasserabfluß NQ beziehen.

Maßnahme

Abforderung des Abflußlimits Q_{Limit} von zuständiger OFM im Rahmen eines Gutachtens.

4.2. Hydrogeologisches Modell

Im hydrogeologischen Modell des Grundwasserströmungsfeldes der künftigen Uferfiltratfassung sind alle natürlichen hydrogeologischen Gegebenheiten zu erfassen und in schematischer Form darzustellen.

4.2.1. Wissenschaftlich-technische Untersuchungsarbeiten

Die wissenschaftlich-technischen Untersuchungsarbeiten zur Erkundung des repräsentativen hydrogeologischen Modells beziehen sich auf die Problemkomplexe:

- Kommunikation Gewässer-Grundwasserleiter
- Kolmation der Randfläche Gewässer/Grundwasserleiter
- Hydrogeologischer Aufbau des Grundwasserleiters
- Grundwasserneubildung.

Im nachstehenden Schema (Seite 17) sind diese Komplexe mit Angabe des Untersuchungszieles aufgezeigt. Die Erkundungsmaßnahmen zur Lösung der Problemkomplexe sind den Detailschemata Seite 18-22 zu entnehmen.

Nachweis des repräsentativen
hydrogeologischen Modells

Kommunikation

Nachweis der hydraulischen Kommunikation zwischen Gewässer und Grundwasserleiter

Sonderfall UF am See:

Durchführung einer Seebodenkartierung, die die Ausgliederung infiltrationsunaktiver, mächtiger Muddeschichten zum Ziel hat

Kolmation

- Qualitative Beurteilung der Kolmationsanfälligkeit des Gewässers aufgrund der Wirkung der natürlichen Einflußfaktoren; Rückschlüsse hinsichtlich eventueller Aussparung von Uferzonen.
- Einschätzung der Kolmationsparameter $k' [m \cdot s^{-1}]$ und $d [m]$ ggf. als $w = \frac{d}{k'}$, bzw. $\Delta L_w [m]$ nach abgeschlossener Kolmationsentwicklung bei Uferfiltratbewirtschaftung (Stadium Vorerkundung)
- Bestimmung der Kolmationsparameter $k' [m \cdot s^{-1}]$ und $d [m]$ ggf. als $w = \frac{d}{k'}$, bzw. $\Delta L_w [m]$ für Zeitpunkt des relativen Abschlusses der Kolmationsentwicklung, die sich bei permanenter Uferbelastung durch Fassungen einstellt (Stadium Detaillerkundung)

Hydrogeologie

Grundwasserleiter

Aufschluß der hydrogeologischen Verhältnisse im Grundwasserleiter:

- zwischen dem Gewässer und der Fassungs-trasse
- entlang der Trasse einer künftigen Wasserfassung
- im landseitigen unterirdischen Einzugsgebiet bis zur natürlichen Berandung (geologische/hydraulische Begrenzung)

Grundwasserneubildung

Grundwasserneubildung im landseitigen unterirdischen Einzugsgebiet $[l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}]$ und landseitiger Zufluß (Durchfluß) sich erneuernder Grundwasservorräte (Q_r) zur künftigen Fassungs-trasse $[l \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}]$ unter Beachtung von Grundwasserzehrung und Fremdnutzung. Dafür in 1. Näherung Abgrenzung des landseitigen Einzugsgebietes entsprechend der natürlichen Grundwasserdynamik (Anfangsbedingungen) auf der Grundlage der Einschätzung der Ausdehnung der künftigen ufernahen Fassung sowie der äußeren Berandung des Strömungsfeldes. Präzisierung der Begrenzung des landseitigen Strömungsfeldes und des Zuflusses landseitiger Grundwasservorräte im Rahmen der Vorratsberechnung (siehe Abschnitt 4.3.4.)

Kommunikation

Gewässermorphologische Beurteilung; Erosions- und Anlandungsformen (Ziel: Aussparung von Anlandungsformen)

Infiltrationsfläche geohydraulisch als Infiltrationsfläche wirksame Gewässerfläche bei kritischem Wasserstand gemäß $NQ_{30/10}$, KNQ_{45} (Bestimmung von b [m])

Hydrogeologischer Aufbau der Gewässersohle

Hydrogeologischer Aufbau des Grundwasserleiters unter Gewässersohle

Indirekte Ermittlung des Kommunikationsverhaltens

Gewässersohlenprofil, Querschnitt Längsschnitt

Krit. Wasserstand (Infiltrationsdruckhöhe) KNW_{45} , $NW_{30/10}$

Geophysikalische Dichteanforderungen; geoelektrische Dreielektrodenverfahren; geoelektrische Dichteanforderungen; Vergleich. Bemerkungen Seite 23

Geophysikalische Dichteanforderungen; geoelektrische Dreielektrodenverfahren; Vergleich. Bemerkungen Seite 23

Krit. Wasserstand (Infiltrationsdruckhöhe) KNW_{45} , $NW_{30/10}$

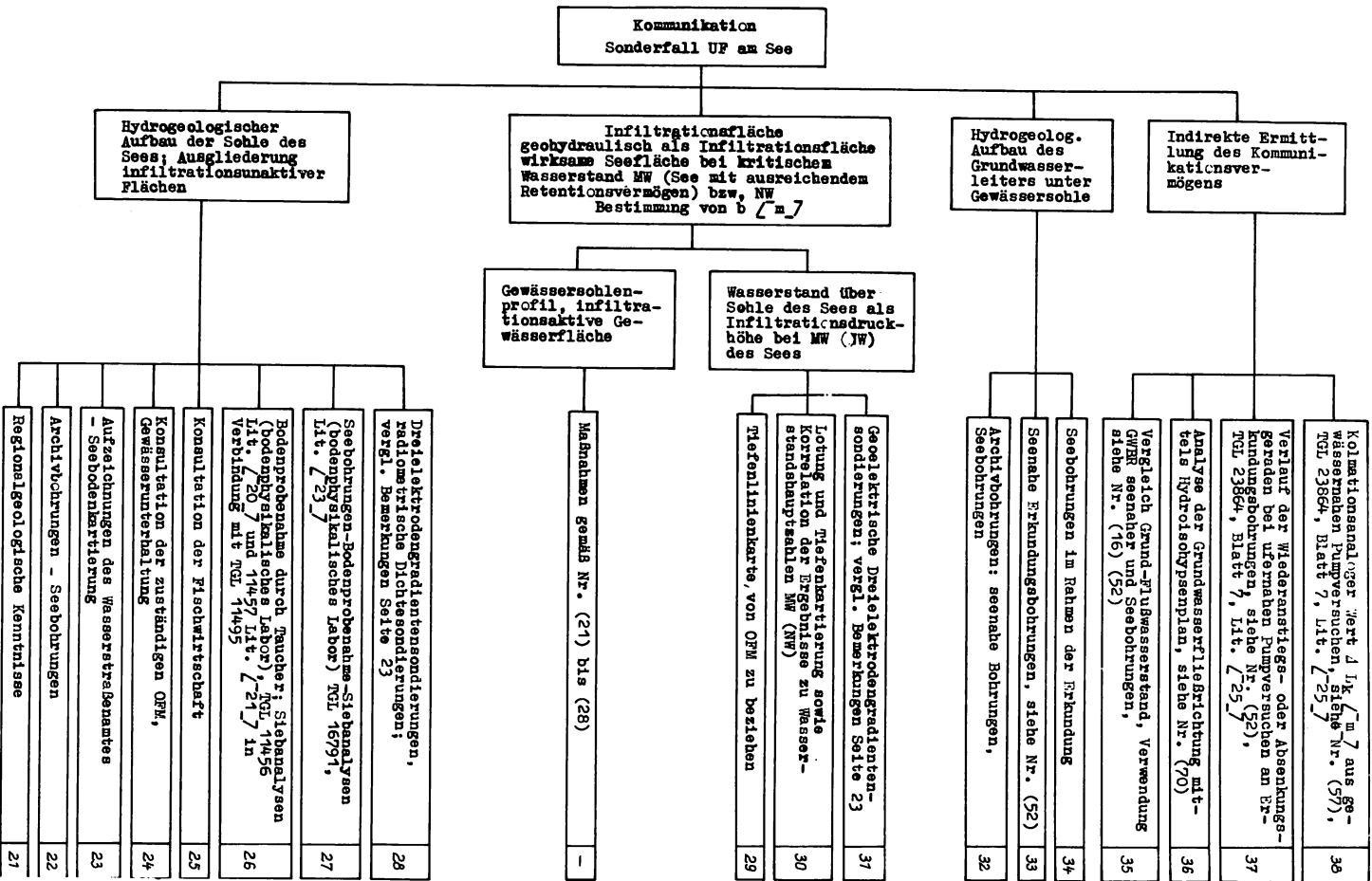
Geophysikalische Dichteanforderungen; geoelektrische Dreielektrodenverfahren; Vergleich. Bemerkungen Seite 23

Geophysikalische Dichteanforderungen; geoelektrische Dreielektrodenverfahren; Vergleich. Bemerkungen Seite 23

Geophysikalische Dichteanforderungen; geoelektrische Dreielektrodenverfahren; Vergleich. Bemerkungen Seite 23

Kolimationsanaloger Wert ΔI_k aus Gewässenanhang PV, siehe Nr. (57), TdL 2385a, Blatt 7, Lit. [25]

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20



Kolmatation

Qualitative Beurteilung der Kolmatationsfähigkeit

- Hochwasserscheinungen
- Erosions- und Anlandungsstellen
- Stauanlagen
- Deichanlagen
- Schiffsverkehr
- Baggerarbeiten
- Wind und Wellen
- Wassertiere

Bestimmung der Kolmatationsparameter $w = \frac{d}{K}$, bzw. $K' \left[\frac{m}{s} \right]$ und $d \left[m \right]$;
Zustatzlänge $L_K \left[m \right]$;

Kolmatationszustand

Quasistabiler Endzustand der Kolmatationsentwicklung bei Belastung des Gewässers durch Uferfiltratwasserwerk

Geländebegehung: Wasserbauten, Wellenwirkung etc.	47
Röhrenschnitt- und Längsschnittarbeiten, vom Messen des Bauschutt oder durch Gewässerleitung, siehe Nr. (7)	40
Kanalstationen: Wasserversorgungs- Oberflächenerosion, Gewässerunterhaltung	39

Infiltrationsversuche auf Gewässerzwecke, Lit. [4]	44
Entnahme ungestörter Bodenproben von Gewässerzwecke (Zell 14-56 Lit [20] und 14-57, Lit. [21] in Verbindung mit Zell 14-55), Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit nach Zell 14-62, Blatt 19, Lit. [22]	43
Pumpversuche an Gewässerzwecken, Bohrungen, siehe Nr. (5). Nach Zell 2386a, Blatt 7, Lit. [25]	42

Einnassung des Grundwasserströmungsfeldes- Hydrologieplan, siehe Nr. (70) - Modellparameter	45
---	----

Einschätzung der Kolmatationsparameter durch Verwendung von Forschungsergebnissen der Sektion, Lit. [1] bis [10] Dresden Lit. [11] schwach sandige, kleine Gewässerbetten $K' = (2,0 \dots 3,5) \cdot 10^6 \left[\frac{m}{s} \right]$ bei $d = 0,30 \text{ m}$ - für schwach leistungsfähige sandige Gewässerbetten $K' = (2,0 \dots 3,5) \cdot 10^7 \left[\frac{m}{s} \right]$ bei $d = 0,03 \text{ m}$	46
--	----

Einschätzung der Kolmatationsparameter durch Verwendung von Forschungsergebnissen der Sektion, Lit. [1] bis [10] Dresden Lit. [11] schwach sandige, kleine Gewässerbetten $K' = (2,0 \dots 3,5) \cdot 10^6 \left[\frac{m}{s} \right]$ bei $d = 0,30 \text{ m}$ - für schwach leistungsfähige sandige Gewässerbetten $K' = (2,0 \dots 3,5) \cdot 10^7 \left[\frac{m}{s} \right]$ bei $d = 0,03 \text{ m}$	47
--	----

Analogieschlüsse zu bestehenden Wasserwerken auf der Grundlage direkter Erkundungstechnischer Untersuchungen im Analogwasserwerk zur Bestimmung des dortigen Kolmatationszustandes, der nach Abschluss einer Vertikalfiltrationsanlagen Kolmatationsentwicklung in situ vorliegt, Kolmatationszustand nach Bestimmungsmethode Nr. (42) bis (45)	48
---	----

Versuchsstechnische Ermittlung der Kolmatationsparameter durch halbtechnische Versuche (Geländeverfahren); vergl. Bemerkungen Seite 25	49
--	----

Hydrogeologie Grundwasserleiter

Grundwasserleiter in Fassungstrasse und zwischen dieser und Gewässer

Grundwasserleiter in landseitigen unterirdischen Einzugsgebiet

	Lagerungsverhältnisse Lithologie Begrenzung (vertikal) Mächtigkeit	Korn- aufbau Porosität	Hydrogeologische Parameter: $K = \frac{a}{b} \cdot \frac{1}{\sigma}$ $K = \frac{a}{b} \cdot \frac{1}{\sigma}$ $K = \frac{a}{b} \cdot \frac{1}{\sigma}$	Lagerungsverhältnisse Lithologie Begrenzung (vertikal) horizontal) Mächtigkeit	Korn- aufbau Porosität	Hydrogeologische Parameter: $K = \frac{a}{b} \cdot \frac{1}{\sigma}$ $K = \frac{a}{b} \cdot \frac{1}{\sigma}$ $K = \frac{a}{b} \cdot \frac{1}{\sigma}$	Grundwasserdynamik Darstellung des Fließbildes im land- seitigen unterirdischen Einzugsgebiet unter Einbeziehung der Uferbereiche und des Gewässers
50	Archivbohrungen						Korrelationsbetrachtungen bezüglich Mittel- und Niedergrundwasser; Land innerhalb des Strömungsfeldes
51	Erkundungsbohrungen in künftiger Fassungstrasse; vgl. Bemerkungen Seite 25						Einmessung und Konstruktion des Hydroisoplethplans unter Verwendung aller zu GWBR (nach TGL 24354) Lit. (297) ausgehauener Erkundungsbohrungen / Nr. (51), (52), (61); Altgrundwasserbeobachtungsrohre, Wirtscharts- und Feuerlöschbohrungen; Degellationen im Gewässer; Konstruktion; Empfehlung EGV-Isolierprogramm (Lit. 197) vgl. Bemerkungen Seite 26
52	Erkundungsbohrungen am Gewässerstrand, mit denen in Fassungstrasse (Nr. 51) ein Profil bildend; vgl. Bemerkungen Seite 25						Speicherkoefizient S_0 bei freier Grundwasseroberfläche aus laborativ best. Bestimmung des entwässerbaren Porenanteils n_0 , siehe Nr. (65)
53	Bohrlochgeophysikalische Vermessungsverfahren bei Erkundungsbohrungen / Nr. (51), (52) als Spülbohrungen; vgl. Bemerkungen Seite 24						Aus Siebanalysen - siehe Nr. (65) - und maschineller Berechnung des k -wertes (Verfahren BEYER)
54	Geoelektrische Sondierungen; Widerstandselektrik; vgl. Bemerkungen Seite 23						Aus Pumpversuchen an den Erkundungsbohrungen (siehe Nr. (61)) nach TGL 23864 Lit. 229
55	Siebanalysen und laborative Untersuchungen von Bodenproben; aus Archivbohrungen, siehe Nr. (50) - aus Erkundungsbohrungen Nr. (51), (52) und Roden-Probenehme TGL 16791 Lit. 227, 23977 Lit. 257, 23979 vgl. 227						Aus Archivmaterial
56							Siebanalysen und laborative Untersuchungen von Bodenproben / Spülbohrungen, siehe Nr. (60) - aus Erkundungsbohrungen Nr. (61) + Bodenprobenehme, TGL 16791 Lit. 227, 23977 Lit. 257/23979 Lit. 227
57	Aus Pumpversuchen an den Erkundungsbohrungen (siehe Nr. (51), (52)) nach TGL 23864 (Bl. 7) vgl. 227						Erkundungsbohrungen; vgl. Bemerkungen Seite 25
58	Aus Siebanalysen - siehe Nr. (55) - und maschineller Berechnung des k -wertes (Verfahren BEYER)						Archivbohrungen
59	Speicherkoefizient S_0 bei freier Grundwasseroberfläche aus laborativ Bestimmung des entwässerbaren Porenanteiles n_0 , siehe Nr. (55)						Erkundungsbohrungen; vgl. Bemerkungen Seite 24
60							Geoelektrische Sondierungen; Widerstandselektrik; vgl. Bemerkungen Seite 23
61							Bohrlochgeophysikalische Vermessungsverfahren bei Erkundungsbohrungen Nr. (61) als Spülbohrungen; vgl. Bemerkungen Seite 24
62							Horizontale Begrenzung vermutlich geolog. Karte 1:25 000, Hydrogeol. Übersichtskarte 1:200 000
63							Geoelektrische Sondierungen; Widerstandselektrik; vgl. Bemerkungen Seite 23
64							Siebanalysen und laborative Untersuchungen von Bodenproben / Spülbohrungen, siehe Nr. (60) - aus Erkundungsbohrungen Nr. (61) + Bodenprobenehme, TGL 16791 Lit. 227, 23977 Lit. 257/23979 Lit. 227
65							Aus Archivmaterial
66							Aus Pumpversuchen an den Erkundungsbohrungen (siehe Nr. (61)) nach TGL 23864 Lit. 229
67							Aus Siebanalysen - siehe Nr. (65) - und maschineller Berechnung des k -wertes (Verfahren BEYER)
68							Aus Pumpversuchen an den Erkundungsbohrungen (siehe Nr. (61)) nach TGL 23864 Lit. 229
69							Speicherkoefizient S_0 bei freier Grundwasseroberfläche aus laborativ Bestimmung des entwässerbaren Porenanteils n_0 , siehe Nr. (65)
70							Einmessung und Konstruktion des Hydroisoplethplans unter Verwendung aller zu GWBR (nach TGL 24354) Lit. (297) ausgehauener Erkundungsbohrungen / Nr. (51), (52), (61); Altgrundwasserbeobachtungsrohre, Wirtscharts- und Feuerlöschbohrungen; Degellationen im Gewässer; Konstruktion; Empfehlung EGV-Isolierprogramm (Lit. 197) vgl. Bemerkungen Seite 26
71							Korrelationsbetrachtungen bezüglich Mittel- und Niedergrundwasser; Land innerhalb des Strömungsfeldes

<p>Grundwasserneubildung V_N im landseitigen unterirdischen Einzugsgebiet (Berechnung nach verschiedenen Verfahren (Lit. [1, 7]) unter Beachtung eventueller Grundwasserzehrung, Landseitiger Zufluß Q_L</p>	Grundwasser- nutzungen innerhalb des Einzugsgebietes	Erhebungen bei OFM und VEB WAB hinsichtlich Entnahme für zentrale Wasserversorgungen	82
		Erhebungen bei OFM hinsichtlich Einzelentnahmen	81
	Bodenbedeckung im Einzugsgebiet	Aus geologischen Karten	80
		Aus topographischen Karten	79
	Bodenart im Einzugsgebiet	Aus Archivbohrungen [siehe Nr. (60) und Erkundungsbohrungen [siehe Nr. (61)]; andere geologische Aufschlüsse	78
		Aus Unterlagen der Bodenschätzung beim Rat des Bezirkes (Rat für landw. Prod. und Nahrungsgüterwirtschaft)	77
		Geologische Karte analysieren	76
	Klimatische Daten	Globalstrahlung G [$\text{kcal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$]: - abfordern vom Meteorolog. Dienst der DDR - aus Lehrbrief "Grundwasserneubildung des VEB Hydrogeologie (Lit. [11])	75
		Niederschlag N [mm] - vom Meteorolo- gischen Dienst der DDR abfordern	74
	Einzugsgebiets- fläche	Hydroisohypsenplan des durch die Brunnen- absenkungen beeinflussten Grundwasser- strömungsfeldes (vgl. Abschnitt 4.3.)	73
		Hydroisohypsenplan des natürlichen Grundwasserfließbildes, siehe Nr. (70)	72

Bemerkungen zu den Maßnahmen

1. Geophysikalische Verfahren

Geoelektrische Sondierungen - Widerstandselektrik,

siehe Nr. (54), (63). Prinzipiell für gesamten Lockergesteinsbereich zur Erkundung der oberflächennahen Schichten, insbesondere zur Erkundung der horizontalen und vertikalen Verbreitung des GWL einsetzbar. Die Ausgliederung geringmächtiger, stauender Zwischenschichten im GWL ist allerdings nur in Ausnahmefällen möglich (sofern geringmächtige Stauer gleichzeitig Mineralisationsgrenze darstellen). Das Vorhandensein mächtiger, trockener Sande mit ihren extrem hohen Widerständen erschwert derartige Untersuchungen erheblich.

Je nach Problemstellung ist Verknüpfung mit anderen geophysikalischen Methoden und mit Bohrungen empfehlenswert. Lit. [57, [67

Dreielektrodengradientensondierungen, siehe Nr. (3), (8),

(12), (28), (31). Mittels dieses Widerstandsverfahrens (Geoelektrik) ist das Feststellen der Grenze Wasser/Gewässersohle bzw. organischer Ablagerungen/Lockergesteinsuntergrund möglich. In Verbindung mit radiometrischen Dichtesondierungen (s. u.) können Tiefenlinienpläne erarbeitet werden.

Bestimmung der Mächtigkeit organogener Ablagerungen nur in Ausnahmefällen möglich. Lit. [57, [67

Radiometrische Dichtesondierungen, siehe Nr. (3), (6),

(12), (28). Zur Erkundung des Reliefs der Gewässersohle; negativ ist in diesem Zusammenhang "Auflösungsvermögen" von 30 [cm] Lit. [57

Bohrlochgeophysikalische Vermessungsverfahren, siehe Nr. (53), (62). Diese Maßnahmen sind bei allen Spülbohrungen vorzusehen. Für das Lockergestein ist folgende Kombination ausreichend:

- Gamma: grobe Trennung Grundwasserleiter und -sole
- Gamma-Gamma: Differenzierung insbesondere der Grundwasserstauer
- Elektrische Widerstandsmessung: Differenzierung der GWL, Aussage über Schichtwassermineralisation
- Kaliber: zur Korrektur und Vermeidung von Fehlinterpretationen

Zusatzverfahren bei spezifischen Erkundungsbedingungen:

- Neutron-Gamma: Bestimmung des Grundwasserspiegels, Nachweis von Geschiebemergel
- Eigenpotential: wenn Hinweise auf Versalzungserscheinungen vorliegen.

Vergleiche Lit. [5], [15]

2. Bestimmung der Kolmationsentwicklung

Analogieschlüsse zu bestehenden Wasserwerken zur Bestimmung der Kolmationsparameter, siehe Nr. (7)

Die Ermittlung der Parameter erfolgt auf der Grundlage der indirekten Parameterquantifizierung. Voraussetzung sind Meßwerte der Grundwasserstände und Fördermengen (hydrologisches Sondernetz). Bestimmung der Kolmationsparameter durch mathematische Auswertung des eingemessenen Strömungsfeldes des Analogiewasserwerkes.

Geeignet ist der Einsatz der EAM. Günstig sind vertikal ebene Modelle, wobei einzelne Strombahnen untersucht werden können (Netzwerk; Kopplung Netzwerk-Papiermodell).

Die Auswertung des eingemessenen Strömungsfeldes ist auch analytisch möglich mittels der mathematischen Beziehung über die Grabenversickerung mit kolmatierter Sohle. Lit. [13]

Die Anwendung der Analogiemethode ist keine Extrapolation der hydrogeologischen Parameter des Analogiewasserwerkes auf das Erkundungswasserwerk. Sie setzt die Erfassung des Grades des Zusammenhanges zwischen Analogiewasserwerk und Erkundungswasserwerk sowie die Ermittlung dessen Auswirkungen auf die Analogieschlüsse voraus (Hydrogeologisch Analyse). Lit. [9]

Gerinneversuche, siehe Nr. (49). Mittels Versuchserinne erfolgt die komplexe Ermittlung der Kolmationsentwicklung bis zum quasi-stabilen Endzustand. Das Gerinne wird in Nähe des Gewässers aufgestellt. Die Gerinnesohle wird mit Filtermaterial aus dem Gewässerbett versehen, als Infiltrat wird Oberflächenwasser verwendet. Über Aufbau der Versuchsanlage, Versuchsdurchführung und -auswertung vergleiche Lit. [4].

3. Erkundungsbohrungen

Erkundungsbohrungen in Fassungstrasse und am Gewässerrand, siehe Nr. (51), (52)

Vorerkundung. Anordnung innerhalb der Fassungstrasse, Abstände in Abhängigkeit von Kompliziertheit des hydrogeologischen Aufbaues und der Lage aussagekräftiger Archivbohrungen (generell ca. 300 - 500 m), Abteufung bis Grundwassersohle des geohydraulisch wirksamen Grundwasserleiters.

Einer jeden Trassenbohrung wird eine Bohrung am Gewässerrand (10 - 20 m vom Ufer entfernt) zugeordnet, hierdurch Querprofil und Nachweis der hydraulischen Kommunikation im GWL. Letztere Bohrung gleichfalls zur Bestimmung des Kolmationszustandes [Pumpversuch nach Nr. (42)]. Jedes Querprofil (bei Flüssen) ist durch Auswertung einer Altbohrung oder Abteufung einer Erkundungsbohrung am gegenüberliegenden Flußufer unter dem Fluß

hinweg zu verlängern, wodurch der Nachweis der hydraulischen Verbindung für den Uferfiltratvorgang innerhalb der geohydraulisch wirksamen Flußbreite gebracht wird.

Detailerkundung. Präzisierung des hydrogeologischen Modells VE durch Anordnung von Erkundungsbohrungen in der Fassungstrasse und an den Gewässerufeln entsprechend dem methodischen Konzept der VE. Diese Bohrungen dort vorsehen, wo Ergebnisse der VE Lücken bezüglich der hydrogeologischen Interpretation aufzeigen. Gleichfalls Bohrungen unter dem Gesichtspunkt der eventuellen Vervollständigung des hydrologischen Sondernetzes.

Erkundungsbohrungen im landseitigen unterirdischen Einzugsgebiet, siehe Nr. (61)

Vorerkundung. Anordnung in Räumen fehlender hydrogeologischer Interpretation (keine aussagekräftigen Altaufschlüsse vorliegend), zudem unter dem Gesichtspunkt, das hydrogeologische Profil vom Gewässer über die Fassungstrasse (vgl. Bemerkungen zu Bohrungen i. d. Fassungstrasse und am Gewässerrand) ins landseitige Hinterland, bis zu dessen natürlicher Berandung (geologische/hydraulische Begrenzung), zu verlängern. Bei räumlich begrenzter Ausdehnung des Hinterlandes Bestimmung der Lage der landseitigen Berandung des Strömungsfeldes.

Detailerkundung. Präzisierung des hydrogeologischen Modells durch Anordnung von Erkundungsbohrungen in nach der Vorerkundung noch offenen Räumen ungenügender hydrogeologischer Interpretation. Gleichfalls Bohrungen zur eventuellen Vervollständigung des hydrologischen Sondernetzes.

Ausbau der Erkundungsbohrungen zu Grundwasserbeobachtungsrohren, siehe Nr. (70). Der Ausbau aller Bohrungen in der Fassungstrasse, am Gewässerufer, im landseitigen Einzugsgebiet als GWBR (nach TGL 24354, Lit. L²⁹_7

die der Wasserstandsmessung und der Wasserprobenahme dienen, ist vorzusehen. Sie bilden für das künftige Wasserwerk das hydrologische Sondernetz, durch dessen systematische Aufmessung die feldmäßige Überprüfung der Strömungsverhältnisse erfolgen kann.

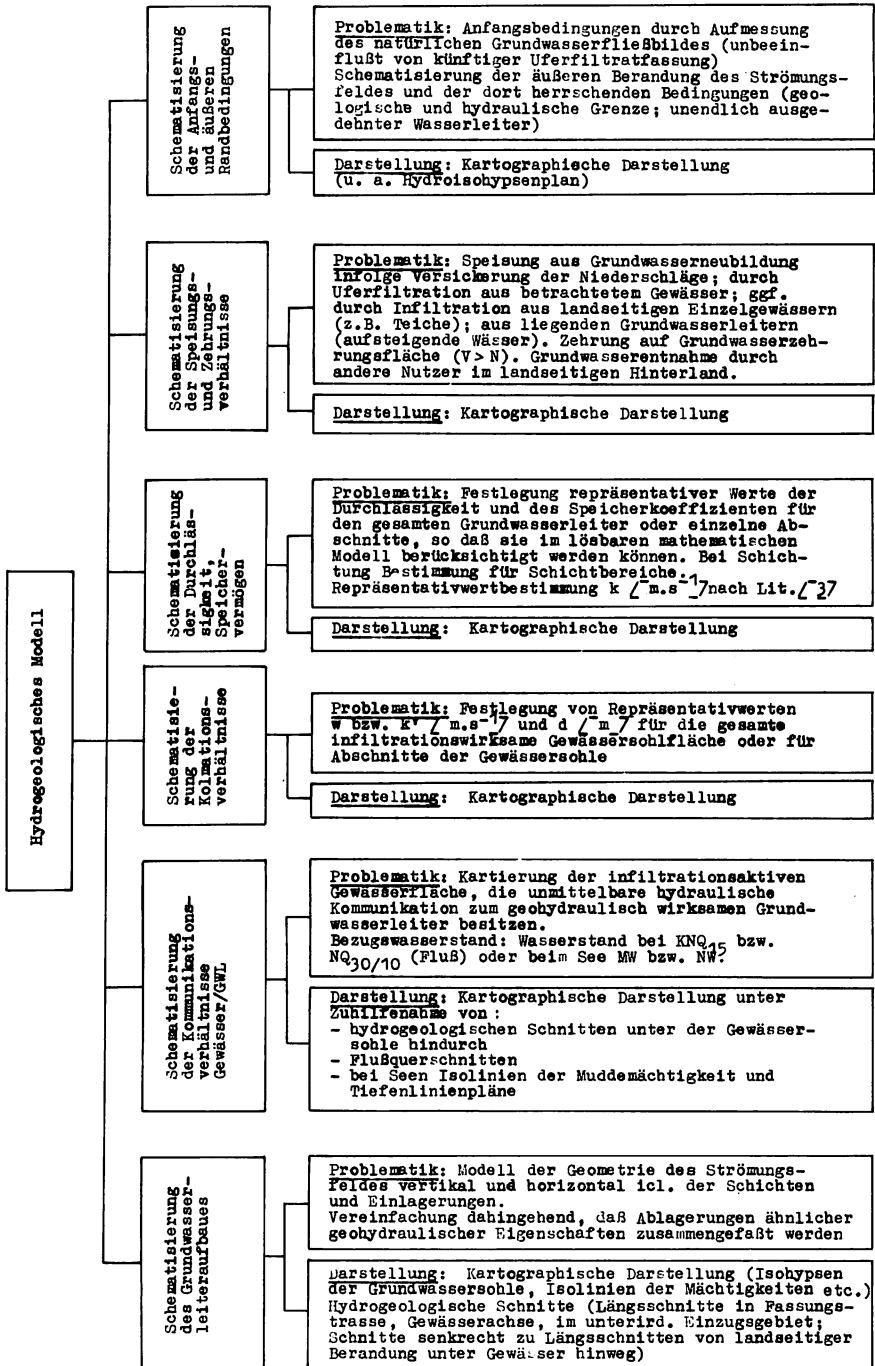
4. Kriterium für den hydrogeologischen Aufschluß des landseitigen Einzugsgebietes

Hydrogeologischer Aufschluß des landseitigen unterirdischen Einzugsgebietes, siehe Nr. (60) bis (71)

Generell ist aus den Ergebnissen der Prognose abzuschätzen, in welchem Umfang die aus dem landseitigen Einzugsgebiet der Uferfiltratfassung zufließende Grundwassermenge großemäßig den gewinnbaren Wasservorrat mitbestimmt. Sofern dieser Anteil $Q_L \lesssim 0,1 Q_{UF}$ ist, ist er für den Mengennachweis vernachlässigbar. Die Fassungsanlagen (Abschnitt 6) sind dann allein auf den Uferfiltratzufluß auszulegen. Der landseitige Teil des Grundwasserströmungsfeldes ist folglich nur in einem so begrenzten Umfang zu erkunden, wie es die Berechnung des Grundwasserströmungsfeldes (im Hinblick auf die Beeinflussung anderer, landseitiger Grundwassernutzer) bzw. der Wassergütenachweis (Abschnitt 5) erfordert.

4.2.2. Dokumentation des hydrogeologischen Modells

Zusammenfassung der durch wissenschaftlich-technische Untersuchungsarbeiten erkundeten natürlichen Gegebenheiten des Strömungsfeldes incl. Gewässers und Darstellung in schematischer Form. Der Grad der Schematisierung hängt von der Wahl der anzuwendenden Berechnungsverfahren bei der Vorratsberechnung ab (siehe Abschnitt 4.3.3.). Die Aufgabenkomplexe sind aus nachstehender Zusammenstellung (Seite 29) zu entnehmen. Die formelle Dokumentation erfolgt auf der Grundlage der TGL 25011 Lit. 7.



4.3. Vorratsberechnung

4.3.1. Grundsätzliches und Zielstellung

Für den eigentlichen Mengennachweis wird im allgemeinen der Begriff "Vorratsberechnung" verwendet. Zur Quantifizierung des Vorrates werden in der Erkundung derzeit hauptsächlich folgende Methoden angewendet:

- analytische Berechnungsverfahren
- modelltechnische Verfahren.

(Numerische Verfahren haben bisher noch keine Bedeutung erlangt).

Neben diesen geohydraulischen Berechnungsverfahren wird die Größe des Vorrates gelegentlich mittels eines

- demonstrativen Nachweises

bestimmt, der als Sonderfall der Vorratsberechnung anzusehen ist.

Bei der Vorratsberechnung sind nachstehende Größen zu bestimmen, die sich gegenseitig beeinflussen:

- Gewinnbarer Vorrat Q als Summe von Uferfiltrat Q_{UF} und landseitigen Zufluß Q_L ($Q = Q_{UF} + Q_L$)
- Brunnenpiegelabsenkungen in der Fassungstrasse als optimale Absenkungshöchstgrenze, bei denen die Kontinuität der Filterströmung (keine freie Versickerung unter dem speisenden Gewässer) erhalten bleibt.
- Absenkungen im gesamten beeinflussten GW-Strömungsfeld (Abgrenzung des Einzugsgebietes und der Gewässerentzugsstrecke, Beeinflussung anderer Nutzer).

4.3.2. Die Verfahren zur Vorratsberechnung

4.3.2.1. Analytische Berechnungsverfahren

Für die Vorratsberechnung einer UF-Fassung kommen 2 analytische Verfahren in Frage:

- Fragmentmethode, Lit. [14]
- Werkstandard WAPRO 1.42, Lit. [31]

Die Fragmentmethode nach Lit. [14] ist speziell auf die Berechnung einer UF-Fassung zugeschnitten. Die o. g. Arbeit enthält Berechnungsschemata für 2 Typen von UF-Fassungen:

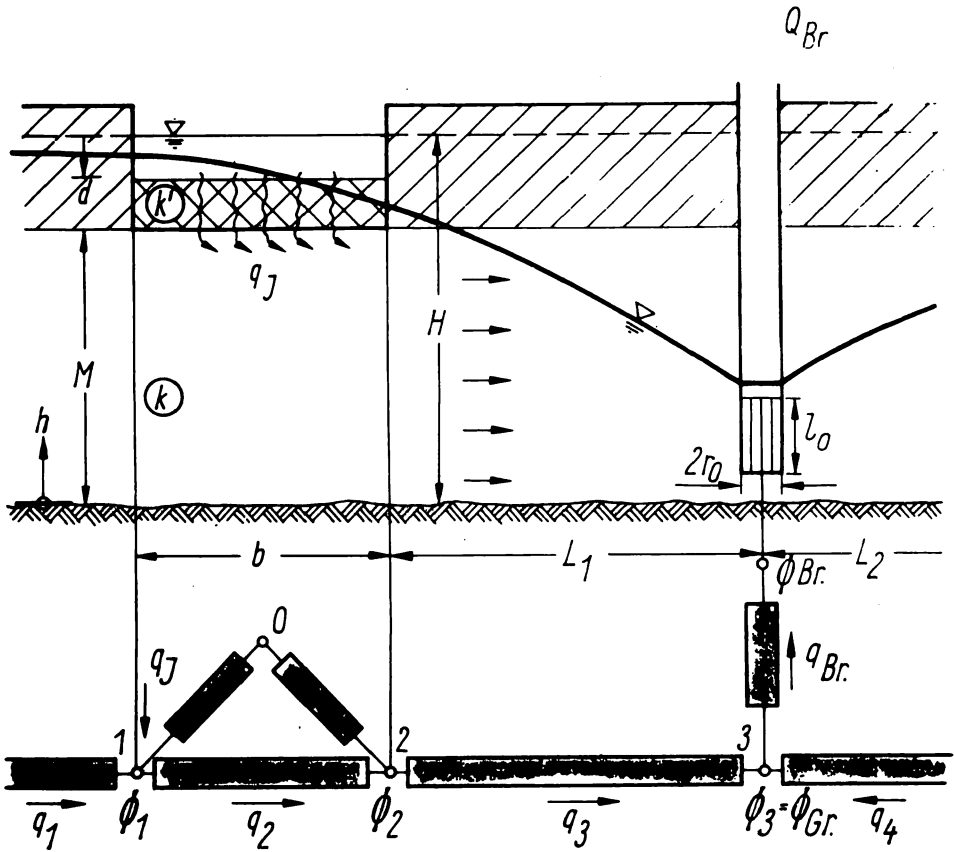
- Fassungen an einem Ufer des infiltrierenden Gewässers
- Fassungen an beiden Ufern des infiltrierenden Gewässers

Die Bilder 1 und 2 zeigen das Berechnungsschema für den häufiger vorkommenden Fall "Fassung an einem Ufer ...".

Charakteristisch für die Fragmentmethode ist:

- Das GW-Strömungsfeld wird in einem vertikal-ebenen Schnitt berechnet, der durch den Brunnen führt und senkrecht auf der Randbedingung steht.
- Die Fassungsanlage wird als unendlich lange Brunnenreihe, parallel zum infiltrierenden Gewässer verlaufend, angenommen.

Die Handhabung dieser Methode wird im Abschnitt 4.3.5. anhand eines Beispiels erläutert.



gespanntes } Grundwasser : $\phi = \begin{cases} M \cdot h - M^2/2 \\ h^2/2 \end{cases}$
 ungespanntes }

Speisungsfaktor :
 $B = \sqrt{k \cdot M \cdot d / k'}$

Bild 1

Fassung an einem Ufer des infiltrierenden Gewässers:

$$\begin{aligned}
 & q_1 = \frac{k}{B} \cdot \frac{1}{\operatorname{sh} b/B} \cdot \left[\varphi_H - \varphi_2 - \operatorname{ch} b/B \cdot (\varphi_H - \varphi_1) \right] \\
 \left. \begin{array}{l} \varphi_1 \geq \frac{M^2}{2} \\ \varphi_2 \end{array} \right\} : & q_I = \frac{k}{B} \cdot \operatorname{th} b/2B \cdot (2\varphi_H - \varphi_1 - \varphi_2) \\
 \varphi_1 > 0 : & q_2 = \frac{k}{B} \cdot \frac{1}{\operatorname{sh} b/B} \cdot \left[\operatorname{ch} b/B (\varphi_H - \varphi_2) - (\varphi_H - \varphi_1) \right] \\
 \left. \begin{array}{l} \varphi_1 > 0 \\ \varphi_1 = \varphi_H \end{array} \right\} : & q_2 = \frac{k}{B} \cdot \frac{\varphi_H - \varphi_2}{\operatorname{th} b/B} \\
 \left. \begin{array}{l} \varphi_1 = 0 \\ \varphi_1 < \varphi_H \end{array} \right\} : & q_2 = q_I = \frac{k}{B} \cdot \operatorname{th} b/B \cdot (\varphi_H - \varphi_2) \\
 & \varphi_H - \varphi_1 = (\varphi_H - \varphi_2) / \operatorname{ch} b/B \\
 \left. \begin{array}{l} \varphi_1 = 0 \\ b \rightarrow \infty \end{array} \right\} : & q_2 = q_I = \frac{k}{B} \cdot (\varphi_H - \varphi_2)
 \end{aligned}$$

$$\Delta L_2 = R_{hy} \cdot k$$

$$q_3 = q_2 = \frac{k}{L_1} \cdot (\varphi_2 - \varphi_3)$$

$$q_4 = \frac{k}{L_2} \cdot (\varphi_H - \varphi_3) - v_N \cdot L_2/2$$

$$q_{Br} = k \cdot \frac{\varphi_3 - \varphi_{Br}}{\Delta L_1}$$

$$\Delta L_1 = \frac{a}{2M} \left[\ln \frac{a}{2M r_0} + \frac{M}{I_0} \cdot \ln \frac{T \cdot 1}{2 r_0} + 0,1 + \ln \frac{r_0}{2M} \right]$$

$$Q_{Br} = q_{Br} \cdot a$$

a - Brunnenabstand

Bild.2

Der Werkstandard WAPRO 1.42 hat in der Erkundungspraxis schon weitestgehend Eingang gefunden. Dieser Standard enthält ein System von Bestimmungsgleichungen zur Berechnung eines horizontal-ebenen GW-Strömungsfeldes für Einzelbrunnen wie für Brunnengruppen (-reihen) bei konstanter ($Q = \text{const.}$) und veränderlicher ($Q = Q(t)$) Förderleistung. Das Berechnungsverfahren berücksichtigt die verschiedensten Randbedingungsfälle und ermöglicht die Berechnung stationärer wie auch instationärer Zustände. Der Standard gestattet natürlich auch solche Randbedingungen nach Art (1. und 3. Art) und geometrischer Form zu berücksichtigen, wie sie bei UF-Fassungen auftreten.

Die Grenzen des Verfahrens werden im Abschnitt 4.3.3. dargestellt.

Das "Komplexprogramm Brunnenbemessung" für den Großrechner BESM-6, Lit. [32], das alle Rechenansätze des WAPRO 1.42 enthält, bietet die Möglichkeit, moderne EDVA für die Berechnung der GW-Strömungsfelder zu nutzen. Dadurch wird die Anwendung dieses Werkstandards bequem und wirtschaftlich.

4.3.2.2. Modelltechnische Verfahren

Diese Verfahren beruhen auf der Anwendung der Elektroanalogiemodellierung (EAM). Das Prinzip der EAM basiert auf der Analogie der mathematischen Modelle der Grundwasserströmung und des elektrischen Stromflusses. Die nachstehende Tabelle enthält Größen der Grundwasserbewegung und des elektrischen Stromflusses, die im horizontal-ebenen Strömungsfeld einander entsprechen.

Grundwasserbewegung			elektrischer Stromfluß		
Symbol	Dim.	Bezeichnung	Symbol	Dim.	Bzeichnung
ϕ	m^2	GIRINSKIJ-Po- tential	\bar{U}	V	Spannung gegen Erde
R_{hy}	$s \cdot m^2$	Hydraulischer Widerstand	R_E	Ω	elektrischer Widerstand
Q	$m^3 \cdot s^{-1}$	GW-Fließmenge	I	A	Stromstärke

Erläuterungen:

$$\begin{aligned} \phi &= M \cdot h - M^2/2 && \text{gespanntes GW} \\ \phi &= h^2/2 && \text{ungespanntes GW} \\ R_{hy} &\sim \frac{1}{k} \text{ bzw. } R_{hy} \sim \frac{1}{T} \end{aligned}$$

Tabelle: Einander entsprechende Größen im GW-Strömungs-
feld und elektrischen Feld

Bei der EAM unterscheidet man folgende Modelltypen:

- Modelle aus elektrisch leitendem Papier = Kontinuum-
modelle (mit und ohne Inhomogenisierung)
- Netzwerkmodelle (R-, RC- und Liebmann-Netzwerke)

Während bei den Kontinuummodellen das elektrisch leitende
Papier praktisch einen einzigen, zusammenhängenden Wider-
stand darstellt, wird beim Netzwerk das elektrische Feld
in viele diskrete Widerstände aufgelöst, die in den Netz-
werkknotten miteinander verbunden sind. Weitere Ausführungen
zur EAM siehe Lit. [7] [14] [18] .

Wichtige Gesichtspunkte bei der Anwendung der Verfahren, wer-
den im Abschnitt 4.3.3. erläutert.

4.3.2.3. Demonstrativer Nachweis - Probetrieb

Beim demonstrativen Nachweis wird auf die Erkundungsarbeiten zur Schaffung eines hydrogeologischen Modells verzichtet. Bei UF-Fassungen ergibt sich folgende Problematik:

Ein gesicherter Vorratsnachweis ist nur dann gegeben, wenn bei dem Nachweis auch der Leistungsrückgang infolge Kolmationsentwicklung erfaßt wird. Dies erfordert aber den Versuchs- (Probe-) Betrieb über mehrere Jahre.

Man steht beim demonstrativen Nachweis vor der Frage, ob der Vorrat im kurzzeitigen PV bestimmt und der Leistungsrückgang eingeschätzt werden kann oder ein Probetrieb zweckmäßiger ist. Da ein demonstrativer Nachweis ohnehin nur bis zu einer Vorratsmenge $Q < 3000 \dots 5000 \text{ m}^3/\text{d}$ angewendet werden sollte, muß man von Fall zu Fall entscheiden, welcher der o. g. Wege zu beschreiten ist.

Andererseits gewinnt der Probetrieb auch bei größeren Nachweismengen an Bedeutung, hier allerdings gekoppelt mit einer entsprechenden Erkundung, Erarbeitung eines hydrogeologischen Modells und Vorratsberechnung mit Hilfe eines analytischen oder modelltechnischen Verfahrens. In diesem Falle wird der Probetrieb durchgeführt, um die Entwicklung der Kolmation zu studieren und die Richtigkeit der beim Vorratsnachweis verwendeten Kolmationsparameter zu überprüfen. Bei einem derartigen Vorgehen wird empfohlen, den Probetrieb nur mit einer Teilkapazität (aber mit Nutzung des gefördertten Wassers) aufzunehmen - stufenweiser Ausbau der Fassung. (vgl. auch Bemerkungen zu Abschnitt 5).

4.3.3. Auswahl des Berechnungsverfahrens

Welche Gesichtspunkte bei der Anwendung der Berechnungsverfahren im einzelnen zu beachten sind und die Auswahl letztlich bestimmen, geht aus dem Schema, "Auswahl der Berechnungsverfahren", hervor (Seite 38 und 39).

Unabhängig davon sind folgende Grundsätze zu beachten:

- Es ist zunächst zu prüfen, ob die Möglichkeit einer analytischen Berechnung besteht. Dies gilt besonders für die UF-Fassungen mit einer Vorratsmenge $Q < 10\ 000 \dots 15\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$
- Die Anwendung der EAM erfordert ein entsprechendeingerichtetes Labor, die Laborkapazität ist rechtzeitig zu binden.
- Die EAM gestattet die indirekte Parameterquantifizierung (indirekte Erkundung) durch Analyse eines im Feld aufgemessenen Strömungszustandes.

Die indirekte Erkundung gewinnt mehr und mehr an Bedeutung, da sie erlaubt, den Aufwand für technische Erkundungsarbeiten zu senken. Gleichzeitig besteht die Möglichkeit, die Übereinstimmung zwischen Modell und den natürlichen hydrogeologischen Verhältnissen zu prüfen.

Im allgemeinen wird der stationäre Endzustand untersucht und das mittlere Liefervermögen der Fassung berechnet. Ist jedoch das maximale Liefervermögen zu bestimmen, müssen instationäre Zustände berechnet werden. Bei der Auswahl der Verfahren ist zu beachten, daß dies nur nach WAPRO 1.42 und mit Hilfe eines RC- oder Liebmann-Netzwerkes möglich ist.

Die Berücksichtigung der Kolmation - bei UF-Fassungen ein äußerst wichtiger Einflußfaktor - basiert bei allen Berechnungsverfahren auf der Verwendung der Kolmationsparameter d und k' bzw. w .

Schema Auswahl der Berechnungsverfahren

Berechnungsverfahren	Gesichtspunkte bei der Anwendung	Erforderliche hydrogeologische Parameter
<p>1. Analytische Verfahren</p> <p>1.1. Fragmentmethode</p> <p>1.2. WAPRO 1.42</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Diese Verfahren erfordern einen homogenen GWL, d. h. konstante Werte für die hydrogeologischen Parameter im Bereich des gesamten GW-Strömungsfeldes. Ferner sind nur relativ einfache Formen der Randbedingungen möglich. Somit können erhebliche Vereinfachungen der realen hydrogeol. Situation im Berechnungsmodell notwendig werden. - Geht von der Annahme aus: Brunnenreihe ist unendlich lang und verläuft parallel zum infiltrierenden Gewässer. Gilt daher mit guter Näherung nur im zentralen Bereich langgestreckter Fassungen (siehe 4.3.2.1) - Gestattet die Berechnung des Strömungsfeldes lediglich in einem vertikal-ebenen Schnitt (siehe 4.3.2.1) - Der landseitige Zufluß Q_L kann aus v_N direkt berechnet werden. - Gilt nur für den stationären Endzustand. - Berechnung eines horizontal-ebenen GW-Strömungsfeldes - v_N geht in die Berechnungen nicht ein, die Neubildung ist im Ausgangszustand enthalten und wird als gleichbleibend vorausgesetzt. Die Anteile Q_L bzw. Q_{UF} müssen nachträglich berechnet werden. - Die Berechnung stationärer wie instationärer Zustände ist möglich 	<p>k=const. M=const. T=k.M=const., gesp. GW T=k.h=const., ungesp. GW h=h-1/2 s_B d } Kolmationsparameter k' w } v_N</p> <p>wie unter 1.1 ohne v_N</p> <p>zusätzlich S₀= const. für instationäre Zustände</p>

Schemata und Auswahl der Berechnungsverfahren

Berechnungsverfahren	Gesichtspunkte bei der Anwendung	Erforderliche hydrogeologische Parameter
2. Modelltechnische Verfahren	Untersuchung horizontal-ebener wie auch vertikal-ebener GW-Strömung möglich.	
2.1 Kontinuumsmodell (nicht inhomogenisiert)	<ul style="list-style-type: none"> - Setzt homogenen GWL mit konstanten hydrogeologischen Parametern voraus - Beliebige geometrische Formen der Randbedingungen realisierbar - Untersuchung instationärer Zustände ist nicht möglich - v_N kann nur näherungsweise als Einspeisung über fiktive Schluckbrunnen simuliert werden - Wird v_N nicht simuliert, muß Q_L in einer entsprechenden Schnittlinie (Isohypse) vorher bestimmt werden (Durchflußberechnung oder indirekte Erkundung) 	<p>siehe 1.1.</p> <p>zusätzlich Q_L bzw. q_L</p>
2.2 Kontinuumsmodell inhomogenisiert	<ul style="list-style-type: none"> - Schwankungen von k bzw. T können in einem bestimmten Umfang berücksichtigt werden $T \approx 0,3 T^+ \dots 3 T^+$, $T^+ \hat{=} Rq$ des nicht inhomogenisierten Papiers - weitere Gesichtspunkte wie unter 2.1 	$k = k(x, y)$ $M = M(x, y)$ $T = k \cdot M = T(x, y)$ gesp. GW $T = k \cdot h = T(x, y)$ ungesp. GW
2.3 R-Netzwerk	<ul style="list-style-type: none"> - k- bzw. T-Wert-Verteilung beliebig - Geometrie der Randbedingungen mit guter Näherung möglich - Untersuchung instationärer Zustände nicht möglich - Simulation von v_N realisierbar 	d } Kolmationsparameter k' } w } v_N Q_L bzw. q_L im allg. nur bei 2.2
2.4 RC- u. Liebmann-Netzwerk	<ul style="list-style-type: none"> - Untersuchung instationärer Zustände möglich - weitere Gesichtspunkte wie unter 2.3 	<p>wie unter 2.2 bzw. 2.3</p> <p>zusätzlich $S_0 = S_0(x, y)$</p>

Die Fragmentmethode ist in erster Linie für Überschlagsrechnungen geeignet. Für die Vorratsberechnung kommt sie nur im Rahmen der Vorerkundung in Frage.

4.3.4. Hinweise zum Berechnungsablauf (methodisches Vorgehen)

Bei der Vorratsberechnung geht man im allgemeinen so vor, daß zunächst Brunnenanzahl sowie Brunnenstandorte gewählt und für eine vorgegebene Förderleistung (Kondition des Auftraggebers) die Absenkungen im GW-Strömungsfeld ermittelt werden. Die berechneten Absenkungen sind dann mit Grenzwerten (z. B. $s_{Rzul.}$, $s_{Br.zul.}$, siehe Bild 3) zu vergleichen, die zu bestimmenden Faktoren für die Größe des Wasservorrates werden können. Die richtige Wahl des Wertes $s_{Rzul.}$ ist von besonderer Bedeutung. Für seine Festlegung gilt folgender Gesichtspunkt:

Die Absenkung an der speisenden Randbedingung darf nur so groß werden, daß die gesättigte Filterströmung im Bereich des größten Teiles der Gewässersohle nicht abreißt, d. h., die Absenkung darf nur an der Randzone bis unter die Gewässersohle getrieben werden (Gewährleistung der Kontinuität der Filterströmung).

Als weitere Grenzwerte sind denkbar:

- Größe und Verteilung der Infiltrationsgeschwindigkeit
- Relation zwischen Q_{UF} und Q_L (qualitative Gesichtspunkte entsprechend Abschnitt 6)
- Beeinträchtigung anderer Nutzer

Alle für den Vergleich erforderlichen Werte ergeben sich in Abhängigkeit vom Berechnungsverfahren direkt aus der Berechnung oder werden aus dem Isohypsenplan, der sich mit den ermittelten Werten für s zeichnen läßt, entnommen.

Die Vorratsberechnung ist erst dann abgeschlossen, wenn bei den verwendeten Ausgangsgrößen alle Grenzwerte eingehalten werden. Zur Erläuterung siehe "Schema Berechnungsablauf"!(S.42)

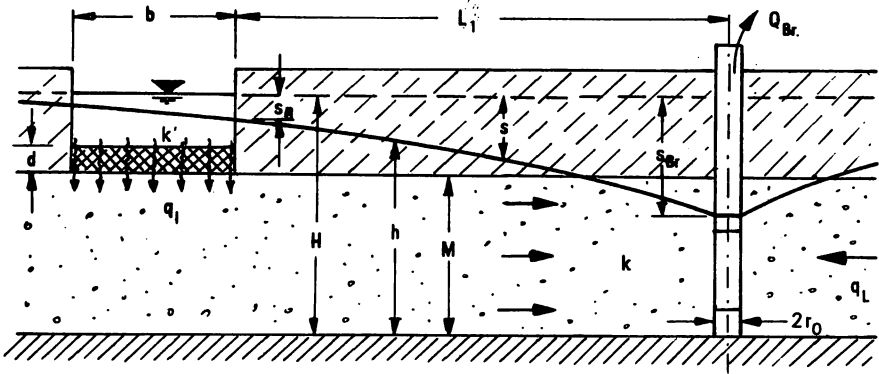
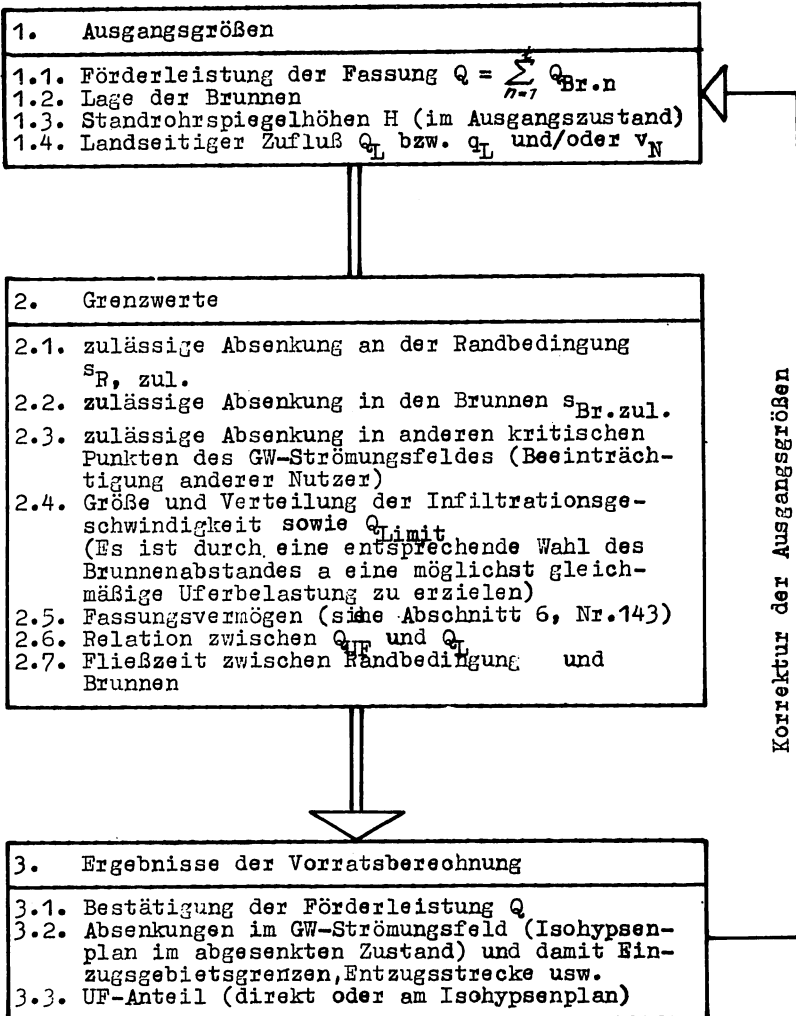


Bild 3: schematische Darstellung der Uferfiltration

Bei dem Verfahren WAPRO 1.42 wird Q_L nicht unmittelbar bestimmt, sondern aus der Neubildung berechnet: $Q_L = F_{Eu} \cdot v_N$. Das Einzugsgebiet erhält man aus dem Isohypsenplan, der sich für den abgesenkten Zustand zeichnen läßt. Für den UF-Anteil gilt dann $Q_{UF} = Q - Q_L$.

Wird bei den modelltechnischen Verfahren die Neubildung v_N nicht simuliert, muß die Größe Q_L vorher bestimmt werden. Die Durchflußbreite ist dabei zunächst anzunehmen und nach durchgeführter Modelluntersuchung zu überprüfen. Vielfach wird bei der EAM auch der spezifische landseitige Zufluß q_L in einem bestimmten Schnitt als Ausgangsgröße benötigt.

Schema Berechnungsablauf



4.3.5. Anwendungsbeispiel zur Fragmentmethode

Für eine UF-Fassung an einem See ($b \rightarrow \infty$) mit 10 Brunnen sind folgende Ausgangsgrößen und hydrogeologische Parameter gegeben (siehe auch Bild 4).

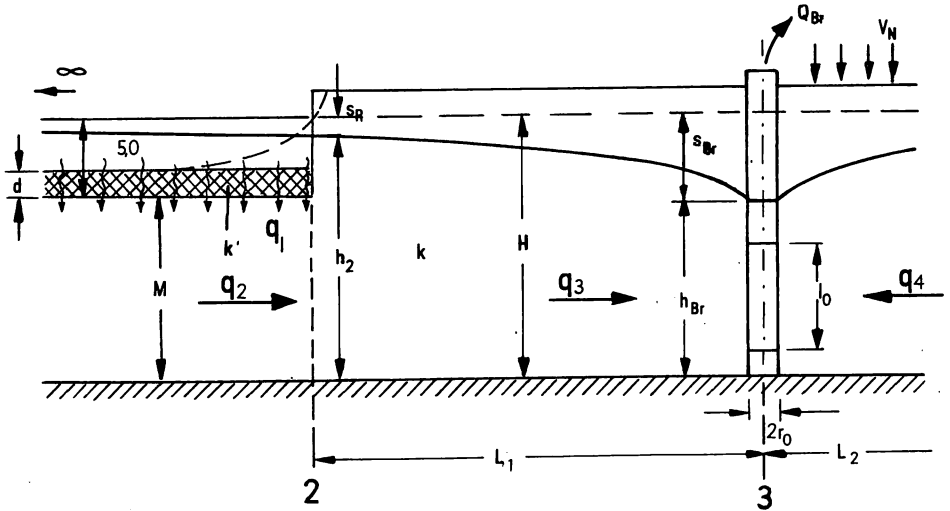


Bild 4: hydrogeologische Situation des Anwendungsbeispiels

$$\begin{aligned}
 q_{Br.} &= 72 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \hat{=} 20,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} & H &= 30,0 \text{ m} \\
 l_0 &= 12,5 \text{ m} & M &= 25,0 \text{ m} \\
 2 r_0 &= 0,6 \text{ m} & k &= 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ ms}^{-1} \\
 a &= 100 \text{ m} & d &= 0,2 \text{ m}^1) \\
 L_1 &= 150 \text{ m} & k' &= 5 \cdot 10^{-8} \text{ ms}^{-1} \text{ 1)} \\
 L_2 &= 1500 \text{ m} & w &= \frac{0,2}{5} \cdot 10^8 = 4 \cdot 10^6 \text{ mm}^{-1} \\
 q_{Br.} &= \frac{q_{Br.}}{100} = 20,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} & v_N &= 4,5 \text{ ls}^{-1} \text{ km}^{-2} \\
 & & & = 4,5 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-2}
 \end{aligned}$$

Gesucht sind: s_{Br} , s_R , q_{UF} , q_L im zentralen Bereich der Fassung unter Beachtung folgender Grenzwerte $s_{Br.zul} = 5,0$
 $s_{R.zul} = 4,5 \text{ m}$, $\frac{q_L}{q_{UF}} \hat{=} 0,25$.

1) im quasi-stabilen Endzustand der Kolmationsentwicklung

Für die Lösung der Aufgabe steht nach Bild 1 und 2 dieses Gleichungssystem zur Verfügung, wobei gilt $q_1 = 0$, $b \rightarrow \infty$:

$$q_2 = q_I = \frac{k}{B} \cdot (\vartheta_H - \vartheta_2) \quad (1)$$

$$q_2 = q_3 = \frac{k}{L_1} \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_3) \quad (2)$$

$$q_4 = \frac{k}{L_2} \cdot (\vartheta_H - \vartheta_3) - v_N \cdot \frac{L_2}{2} \quad (3)$$

$$q_{Br} = k \cdot \frac{\vartheta_3 - \vartheta_{Br}}{\Delta L_1} \quad (4)$$

$$q_{Br} = q_3 + q_4 \quad (5)$$

Somit existieren für die 5 Unbekannten $q_2 = q_3 = q_I$, q_4 , ϑ_2 , ϑ_3 und ϑ_{Br} 5 Bestimmungsgleichungen. Man löst dieses System am zweckmäßigsten durch Elimination der Unbekannten.

Aus Gl. (1) und (2) erhält man

$$\begin{aligned} \frac{k}{B} \cdot (\vartheta_H - \vartheta_2) &= \frac{k}{L_1} \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_3) \\ \vartheta_3 &= \vartheta_2 - \frac{L_1}{B} \cdot (\vartheta_H - \vartheta_2) \end{aligned} \quad (6)$$

Setzt man in $q_4 = q_{Br} - q_3$ jeweils die rechte Seite der Gl. (2) und (3) ein, ergibt sich

$$\frac{k}{L_2} \cdot (\vartheta_H - \vartheta_3) - v_N \cdot \frac{L_2}{2} = q_{Br} - \frac{k}{L_1} \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_3)$$

und mit ϑ_3 nach Gl. (6)

$$\begin{aligned} \frac{k}{L_2} \cdot \left(1 + \frac{L_1}{B}\right) \cdot (\vartheta_H - \vartheta_2) - v_N \cdot \frac{L_2}{2} &= q_{Br} - \frac{k}{B} \cdot (\vartheta_H - \vartheta_2) \\ \vartheta_2 &= \vartheta_H - \frac{q_{Br}}{\frac{k}{L_2} \cdot \left(1 + \frac{L_1}{B}\right) + \frac{k}{B}} + \frac{v_N \cdot \frac{L_2}{2}}{\frac{k}{B}} \end{aligned}$$

Mit $\vartheta_H = \frac{H^2}{2} = \frac{30^2}{2} = 450 \text{ m}^2$ und

$$B = \sqrt{k \cdot M \cdot w} = \sqrt{7,5 \cdot 10^{-4} \cdot 25,0 \cdot 4 \cdot 10^6} = 274 \text{ m}$$

ergibt sich für ϑ_2

$$\vartheta_2 = 450 - \frac{20 \cdot 10^{-5} + 4,5 \cdot 10^{-9} \cdot 750}{\frac{7,5 \cdot 10^{-4}}{1500} \cdot \left(1 + \frac{150}{274}\right) + \frac{7,5 \cdot 10^{-4}}{274}} = 392,05 \text{ m}^2$$

Für h_2 erhält man

$$\underline{h_2} = \sqrt{2 \phi_2} = \sqrt{784,10} = \underline{28,0 \text{ m}}$$

Die weiteren gesuchten Größen lassen sich nun wie folgt berechnen:

$$\text{Gl. (1)} \rightarrow \underline{q_2} = q_I = \frac{7,5 \cdot 10^{-4}}{274} \cdot (450 - 392,05) = \underline{1,59 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}}$$

$$\text{Gl. (2)} \rightarrow \phi_3 = 392,05 - 1,59 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{150}{7,5 \cdot 10^{-4}} = 360,25 \text{ m}^2$$

$$\underline{h_3} = \sqrt{720,5} = \underline{26,85 \text{ m}}$$

$$\text{Gl. (4)} \rightarrow \phi_{\text{Br}} = 360,25 - \frac{20,0 \cdot 10^{-5} \cdot 116}{7,5 \cdot 10^{-4}} = 329,32 \text{ m}^2$$

$$\text{mit } \Delta L_1 = \frac{a}{2r} \cdot \left[\ln \frac{a}{2 \cdot r \cdot r_0} + \frac{M}{I_0} \cdot \ln \frac{r \cdot 1}{2 \cdot r_0} + 0,1 + \ln \frac{r}{2 \cdot M} \right]$$

$$\Delta L_1 = \frac{100}{2r} \cdot \left[\ln \frac{100}{7 \cdot 0,6} + \frac{25}{12,5} \cdot \ln \frac{7 \cdot 12,5}{0,6} + 0,1 + \ln \frac{0,3}{2 \cdot 25} \right]$$

$$= 116 \text{ m}$$

$$M = H - s_{\text{Br}} = 30,0 - 5,0 = 25,0 \text{ m}, s_{\text{Br}} \text{ zunächst geschätzt}$$

$$\underline{h_{\text{Br}}} = \sqrt{658,64} = \underline{25,65 \text{ m}}$$

$$\text{Gl. (3)} \rightarrow q_4 = \frac{7,5 \cdot 10^{-4}}{1500} (450 - 360,25) - 4,5 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{1500}{2}$$

$$= \underline{4,15 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}}$$

$$\text{Mit } s_{\text{Br}} = H - h_{\text{Br}} = 30,0 - 25,65 = 4,35 \text{ m} < 5,0 \text{ m}$$

$$s_R = H - h_2 = 30,0 - 28,00 = 2,00 \text{ m} < 4,5 \text{ m} \text{ und}$$

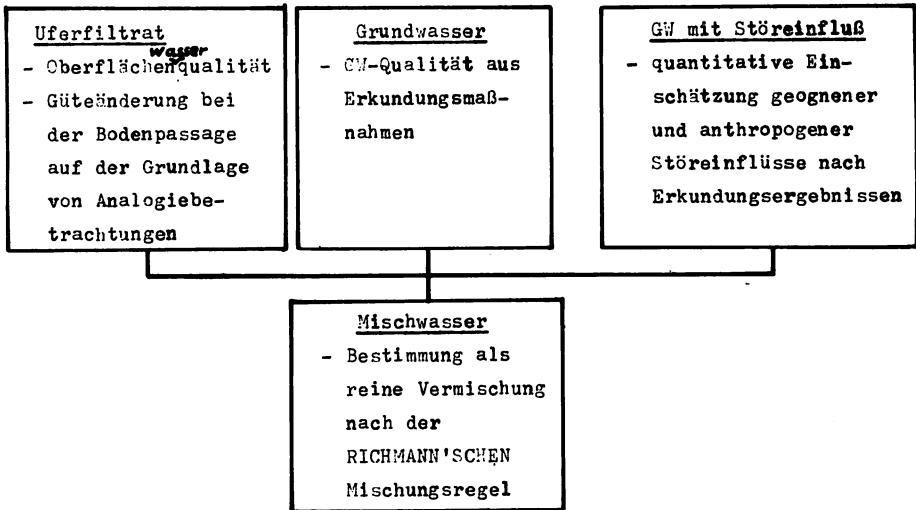
$$\frac{q_I}{q_2} = \frac{4,15 \cdot 10^{-5}}{1,59 \cdot 10^{-4}} = 0,26 > 0,25 \text{ ergibt sich ein Vorrat}$$

$$\text{von } \underline{Q} = 10 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 0,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \hat{=} \underline{17.280 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}}$$

Wenn in der Praxis Fälle auftreten, bei denen weitere unbekannte Größen zu berechnen sind wie q_1 , q_2 , q_3 sowie ϕ_1 , ergeben sich Gleichungssysteme, die wirtschaftlich nur mit Hilfe einer EDVA gelöst werden können.

5. Beschaffenheitsnachweis

Ziel ist der Nachweis bzw. die Einschätzung der im Fassungsbetrieb zu erwartenden Mischwasserqualität auf der Grundlage folgender Abhängigkeiten:



Quantitativ vernachlässigbare Landzuflüsse (s. Abschn. 4.2) sind in den Beschaffenheitsnachweis einzubeziehen, wenn sie durch erhöhte Konzentration einzelner Komponenteneine qualitative Beeinträchtigung des Mischwassers bewirken. Neben den genannten Störeinflüssen können weitere Mischwasserkomponenten auftreten (z.B. GWA, Wildversickerung von Oberflächenwasser), die jedoch Spezialfälle darstellen und deshalb im Rahmen dieser Richtlinie nicht berücksichtigt werden.

Beschaffenheit des Uferfiltrats

Beschaffenheit des Oberflächenwassers

Güteänderungen des Oberflächenwassers bei der Bodenpassage

Mittel- u. Extremwerte der hydrochem. Parameter entspr. langjähriger Reihen und perspektivischer Einschätzung

Temperaturganglinie; Jahresgang langjährig mit Extremwerten

Hydrogeol. Verhältnisse im Strömungsfeld Gewässer/Fassung

Konzentr. Änderungen der organischen und anorganischen Stoffe d. Oberflächenwassers

Änderung der Temperatur

Aus repräsent. Gütepegeln der OPM;

Falls keine reprät. Gütepegel vorhanden, teilnehm. Untersuchungen während der Erkundung, die bei VP bis DE fortgeführt werden; NW 23/9/7, Lit. [27]

Stellungnahme OPM (Abt. Gewässeraufsicht) zur perspektiv. Entwicklung der Wassergüte (Abwasser-entlastungen, -wasserwirtschaftliche Maßnahmen zur Sanierung)

Sonderfall See: Spezielle Untersuchungen für Buchten am Stegationsrechenanlagen

Aus repräsentativen Gütepegeln der OPM; Gutachten der OPM.

Gen durch Industrieabwässer.

Falls keine repräsentativen Gütepegel vorhanden, Analytische Untersuchungen (Gutachten OPM) zu einem anderen Gewässerabschnitt bzw. zu anderen Gewässern unter Beachtung der Bedingungen für Analytische Untersuchungen durch Industrieabwässer.

Temperaturmessungen im Rahmen der Erkundung, bei VE Fortführung bis DE; zumindest Erfassung der Extremwerte

Sonderfall See: Temperaturuntersuchung ist zu berücksichtigten

Hydrogeologischer Aufbau des GW-Letzters (Lagerungsverhältnisse); Schichtung, K-Werte; siehe Nr. (50) bis (54)

- Berechnung über Filtergeschwindigkeit (VAPRO 1,42) - Versuchsergebnis mittels Tracerversuch; Lit. [47]

Analysierbeobachtungen zu bestehenden Wasserwerken; Grad des Zusammenhanges ist ungeschlagend (siehe Bemerkungen Seite 50)

Anwendung empirischer Erkenntnisse über den Abbau von Inhaltsstoffen; Lit. [8, 17]

Berechnung von möglichen Lösungserechnungen durch Uferfiltrat im GW (Beim. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50)

Demonstrativer Nachweis der Güteänderungen mittels DWV im Rahmen von DWV in Aquenfallien-s-Henrkg. S. 50 (vgl. Abschnitt 4.3.2.3.3.)

Analytische Untersuchungen zu bestehenden Wasserwerken und Anwendung empirischer Erkenntnisse (siehe Bemerkungen Seite 50)

Demonstrativer Nachweis der Temperaturangleichung nur im Rahmen von DWV in Aquenfallien-s-Henrkg. S. 50 (vgl. Abschnitt 4.3.2.3.3.)

BESCHAFFENHEIT DES GRUNDWASSERS

Grundwasser ohne Störeinfluß	Räumliche u. zeitliche Mittel- u. Extremwerte der Güteparameter	101	Aus Archivunterlagen Analysenmaterial v. älteren Erkundungs-PV, aus Wirtschafts- u. Wasserwerksbrunnen von den Nutzern einholen (WAB, BBI, BfG, GFE, Industrie usw.)	
		100	Wasserprobenentnahme durch PV u. Anfertigung v. chem. Voll- u. Teilanalysen an Alt-GWBR, Wirtschafts- u. Hausbrunnen (TGL 23979, Lit. [27])	
	Räumliche u. zeitliche Mittel- u. Extremwerte der Temperatur	99	Pumpversuche in Erkundungsbohrungen mit Wasserprobennahme und chem. Vollanalyse (TGL 23979, Lit. [27])	
		102	Temperaturmessungen bei Pumpversuchen an Erkundungsbohrungen, Alt-GWBR, Wirtschafts-, Haus- u. Wasserwerksbrunnen. Besonders bei Uferfiltrat-Anteil tiefenorientierte Messungen	
		103	Aus Archivmaterial Temperaturwerte entnehmen (s.Nr.(101))	
		104	Analogiebetrachtungen zu T_{EU} mit rel. gut bekannten Temperaturverhältnissen auf der Grundlage hydrogeol. und klimatischer Übereinstimmung (Lit. [8,16])	
		105	Näherungsweise Annahme d. mittl. Temperatur als mittl. Jahrestemperatur d. Luft (Meteorologischer Dienst)	
		106	Erkundungsbhgn. entspr. Nr. (51), (52), (61). Bei Verdacht auf geogenen Einfluß erweitert auf tiefere GWL zum Nachweis d. Verbreitung wichtiger Stauer u. d. Durchlässigkeit (GWBR tiefenorientiert anordnen (s. S.21))	
		107	Auswertung regionalgeologischer Unterlagen, Dokumentation v. tektonischen Linien, Strukturen, Erosionszonen usw.; Lit [10]	
		108	Klärung d. Grundwasserabflußregimes in den betroffenen Stockwerken durch Isohypsenpläne f.d.Ausgangszustand(s.Nr.(70))	
Grundwasser mit anthropogenem/geogenem Störeinfluß	Räumliche Verteilung d. Mineralisation	109	Einschätzung (evtl. Modellierung) d. Hydrodynamik für den durch Nutzung gestörten Zustand und d. voraussichtlichen Auswirkungen d. hydraulischen Kommunikation auf die Dynamik der einzelnen Grundwasserleiter (s. Abschn. 4.3)	
		110	Teufe- u. lageorientierte hydrochemische Beprobung v. GWBR in den betroffenen GW-Leitern (TGL 23979, Lit.[27])	
	Art des Störeinflusses	111	Bestimmung von Zentrum u. natürlicher Ausbreitungstendenz durch horizontale u. vertikale Isolinienkonstruktion; (Lit[8])	
		112	Zeitliche Ganglinien aussagekräftiger Komponenten, wenn Analysenreihen vorhanden sind; Lit. [8]	
		113	Beurteilung d. überhöhten Komponenten in Beziehung zur erfahrungsmäßigen Normalkonzentration durch Vergleiche mit hydrochemisch ungestörten Verhältnissen; Lit[6, 16] und TGL 22433, Lit.[22]	
		114	Auswahl v. Indikator-Komponenten zur Entscheidung auf geogenen (z.B. Cl, MgO/CaO-Verhältnis, NatH.CO ₃ , Härteumkehr) oder anthropogenen (z.B. NO ₃ , SO ₄ , NA ₄) Einfluß; s.Lit.[8,16]	
		115	bei geogenem Einfluß: Einschätzung eines Anteils an GW mit Störeinfluß nach Menge u. Beschaffenheit auf der Grundlage von Nr. (106)-(114) für bestimmte Bewirtschaftungsweise der Fassung entsprechend Abschn. 4.3.4 u. 6; Lit [8]	
		116	bei anthropogenem Einfluß: Beurteilung der Kontaminationsquelle auf der Grundlage von Primärkonzentration u. -menge sowie der Gesetzmäßigkeiten des natürlichen Abbaus; wenn möglich, Berechnung des zeitlichen Verlaufs des Mischwasseranteils; Lit. [8] und (TGL 24348, Lit.[28])	
		Größe d. Störeinfl. auf die Mischwasserqualität	117	u.a.: - Ausklammern des am stärksten gefährdeten Teils der Fassung - Erhöhung des Uferfiltratanteils am Mischwasser durch vertikale Annäherung - Verlegung d. Brunnenfilter zum Hangenden hin, und/oder horizontale Annäher. - geringerer Uferabstand der Fassung auf Kosten der nötigen Aufenthaltszeit des Filtrats im Boden der Brunnen an die Filtrationszone, - GWA-Maßnahmen zwischen Fassung - u. Versalzungszen- trum bzw. Kontaminationspunkt; Aufbau einer künstlichen Grundwasserscheide - Verschnitt d. beeinträchtigten Mischwassers mit dem Wasser anderer Fassungen des Versorgungsgebietes - Abfangen d. GW mit Störeinfluß durch vorgelagerte Brunnen, wenn eine Ableitungsmöglichkeit besteht (event. Küstenbereich); Lit. [8] und TGL 24348, Lit.[28]
			Vorschlag von Gegenmaßnahmen	

Beschaffenheit des Mischwassers	Mischwasser	Bestimmung der Mischwasserqualität unter Annahme einer reinen Vermischung von Komponenten Uferfiltrat/Grundwasser bzw. Grundwasser mit Störeinfluß auf der Grundlage der direkten Proportionalität von Menge und Güte der Komponenten nach der <u>Mischungsregel</u> $Q_{UF} \cdot K_{UF} + Q_{GW} \cdot K_{GW} + Q_{Stör} \cdot K_{Stör} = Q_{Misch} \cdot K_{Misch}$ Beachtung der Schwankungsbreite von Mengenanteilen und der Güte - durch jahreszeitliche Extremwerte der Konzentration - durch variable Förderung (Spitzenwerte!)	124
	Grundwasser mit Störeinfluß	Menge: siehe Nr. (115); (116) und Abschnitt 4.3.	123
		Beschaffenheit: siehe Nr. (113) bis (116)	122
	Grundwasser ohne Störeinfluß	GW - Menge: siehe Abschnitt 4.3. und Nr. (115), (116)	121
		GW - Beschaffenheit: siehe Nr. (99) bis (105)	120
	Uferfiltrat	Uferfiltrat - Menge: siehe Abschnitt 4.3.	119
		Uferfiltrat - Beschaffenheit: siehe Nr. (93) bis (98)	118

Bemerkungen zu den Maßnahmen

1. Demonstrativ-PV, Nr. (96), (98)

DPV können unter folgenden Voraussetzungen als Erkundungsmittel eingesetzt werden:

- Ein erkannter Störeinfluß kann durch die Auswertung der Ergebnisse des Gütepegelnetzes nicht ausreichend quantifiziert werden. Durch materiell allerdings sehr aufwendige DPV an Brunnengruppen (minimal 3 Brunnen) über mehrere hundert Stunden kann ein Teil der zukünftigen Uferfiltrat-Fassung simuliert werden und es sind raum-zeitliche Tendenzen im Strömungsfeld Fassung-Gewässer-Anomaliezentrum- durch Beprobung spezieller teufen- und lage-orientierter GWBR zu ermitteln.
- Zur Klärung der Güteänderung des Oberflächenwassers einschl. Temperaturangleichung bei der Bodenpassage sind im Normalfall entspr. den gegenwärtigen Möglichkeiten Analogiebetrachtungen zu laufenden Uferfiltrat-Fassungen das einzige Erkundungsmittel. Sind im Sonderfall dennoch spezielle Nachweise nötig, kann der Probetrieb in einem repräsentativen Teilabschnitt der vorgesehenen Fassung nach Monaten bzw. Jahren die benötigten Parameter liefern. Voraussetzung dafür ist allerdings eine relativ unproblematische Anschlußmöglichkeit an die Aufbereitungs- und Verteilungsanlage eines schon vorhandenen Wasserwerkes, damit das geförderte Wasser bereits genutzt werden kann und der Nachweis ökonomisch vertretbar bleibt. (vgl. auch Abschnitt 4.3.2.3.).

2. Analogiebetrachtungen, Nr. (93), (97)

Für die Einschätzung der Güteänderung des Oberflächenwassers bei der Bodenpassage sind Analogiebeziehungen zwischen bereits mehrjährig genutzten Fassungen und der prognostizierten zu untersuchen. Der Grad des Zusammenhangs wird dabei wesentlich durch folgende Merkmale bestimmt:

- Oberflächenwassergüteparameter
 - hydrogeologischer Aufbau des Strömungsfeldes
 - Fließweg und Aufenthaltszeit des Filtrats im Boden
- Wenn eine Übertragung nicht unmittelbar möglich ist, muß der prozentuale Abbaueffekt betrachtet werden.
- Zur Beurteilung des Analogiewasserwerkes müssen die Mischwasseranteile gegebenenfalls durch Erkundungsmaßnahmen bestimmt werden.

6. Nachweis der Gewinnbarkeit

Im Rahmen der Untersuchungen zur Gewinnbarkeit der in den vorangegangenen Abschnitten nach Menge und Güte ermittelten Vorräte werden Art, Anordnung und Dimensionierung der Fassungsanlage festgelegt. Folgende Kriterien sind dabei ausschlaggebend (beachte Wechselwirkung zur Vorratsberechnung, Abschn. 4.3.4):

- Geländezwangspunkte und hydrogeologische Verhältnisse
- auf der Grundlage des ausgewiesenen Vorrats zweckmäßiger Brunnenausbau zur Vermeidung von Über- und Unterdimensionierungen
- optimale Nutzung des Vorrats durch gleichmäßige Belastung des gesamten als nutzbar erkannten Uferstreifens
- Begrenzung der maximalen Brunnenabsenkung zur Erhaltung der Kontinuität der Filterströmung unter der kolmatierten Gewässerschle

Im Rahmen der hydrogeologischen Erkundung erfolgen Festlegungen zur Fassungsanlage hauptsächlich als Folgerungen aus den genannten Kriterien. Die wasserwirtschaftliche Projektierung präzisiert die konstruktive Durchbildung der Fassung vor Realisierungsbeginn auf der Grundlage des WAPRO-Standarts Lit. 33 (s. Vorbemerkungen) unter Berücksichtigung der jeweiligen technischen Möglichkeiten.

Gewinnbarkeit	Förderart (Heber - oder UWM-Betrieb)	Konditionen des Auftraggebers	146
		Geomorphologie des Fassungsgebietes: Hydrogeologische Schnitte parallel zur Trasse unter besonderer Berücksichtigung der obersten Bodenschichten (s. S. 21)	145
		Tiefenlage des abgesenkten Brunnenwasserspiegels unter Gelände für Extremwasserstände KW_{15} bzw. $NW_{30/10}$ (s. Abschn. 4.3.4)	144
	Brunnenbemessung	Hydraulische Bemessung des Brunnens - Fassungsvermögen; (WAPRO 1.42, Bl. 3; Lit.[31])	143
		Bemessung des Filterkieses: entspr. WAPRO 1.42, Bl. 3 erforderliche Parameter (d_{10} , d_{17} , d_{50} , d_{90}); siehe Nr.(35)	142
		Brunnenfilterbemessung (Länge, Durchmesser, Schlitzweite): entspr. WAPRO 1.42, Bl. 3 unter Beachtung von Nr.(134)	141
		Filterart: Steinzeug oder Stahl unter Berücksichtigung der Aggressivität des Mischwassers [siehe Nr.(116) bis (122)]	140
		Brunnenteufe: entspr. hydrogeol. Verhältnisse entlang der Fassungstrasse (s. S.)	139
		Bestimmung der Entnahmemenge der Einzelbrunnen bei Einhaltung von - Kontinuität der Uferfiltrat-Filterströmung - Vergleichmäßigung der Uferbelastung durch Vermeiden punktförmiger Überlastungen des Ufers (s. Abschn. 4.3.4)	138
	Brunnenabstand und -Anzahl	Ausgangspunkt: gewinnbarer Gesamtvorrat (s. Abschn. 4.3.4) und Länge der Fassungstrasse parallel zum Gewässerufer, siehe Nr.(132) bis(134)	137
		Beachtung von Geländewangspunkten und Schutz-zonen-Möglichkeiten (TGL 24348, Lit.[28])	136
	Ausdehnung der Fassungsanlage parallel zum Ufer.	Nutzbare Fließwasserentzugsstrecke (s. Abschn 4.3.4)	135
		Hydrogeologische Verhältnisse entlang der Fassungstrasse (s.S. 21)	134
		Beachtung gelände- und bautechnischer Zwangspunkte (z.B. lokale Einschränkungen, Verlauf der Uferlinie)	133
	Abstand der Fassungsanlage vom Gewässer	Uferfiltratvorrat und Uferfiltratrate pro Meter Ufergelände sowie Gesamtvorrat (s. Abschn. 4.3.4)	132
		Berücksichtigung der nötigen Laufzeit des Filtrats (s. Bem. 8.53) und der Forderungen der Hygiene-inspektion (TGL 22433, Lit.[24])	131
	Art der Fassungsanlage	Hydrogeologische Verhältnisse zwischen Fassung und Gewässer (S. Abschn. 4.3.4) ^a hydraulische Abhängigk.	130
		Beachtung d. Konditionen des Auftraggebers	129
	Einschätzung der konzentrierten Gewinnbarkeit	Beurteilung der Frage, ob die anzustrebende Vertikal-Filterbrunnen-Reihe verwendbar ist, auf der Grundlage der hydrogeologischen Verhältnisse (Lagerungsverhältnisse u.a.),s. S. 21	128
		Berücksichtigung von Geländezwangspunkten entspr. Geländebegehungen und Befragen örtlicher Organe	127
Einschätzung der hydraulischen Kommunikation zwischen Oberflächengewässer und GWL,(s.S. 18, 19)	Nachweis des Vorhandenseins eines GWL und Einschätzung seines hydraulischen Leistungsvermögens, (s. S. 21)	126	
	Einschätzung der hydraulischen Kommunikation zwischen Oberflächengewässer und GWL,(s.S. 18, 19)	125	

Bemerkungen zu den Maßnahmen

Abstand der Fassung vom Gewässer, Nr. (129) bis (133)

Die Festlegung des Gewässerabstandes der Fassung erfolgt als Optimum zwischen hydraulischer Beherrschung des Gewässers (möglichst geringe Uferentfernung!) und der notwendigen Aufenthaltszeit des Filtrats zur Güteänderung im Boden. Aus der hydraulischen Berechnung bzw. EAM des gesamten Strömungsfeldes resultieren unter Berücksichtigung von u.a. Fließweg, Fließgefälle und Abstandsgeschwindigkeit Laufzeitberechnungen (s. Abschn. 4.3.4), die zu den Ergebnissen der Einschätzung der Abbauleistung des GWL (Temperaturangleichung!) in Beziehung zu setzen sind.

Auf dieser Grundlage sind gegebenenfalls die Konditionen des Auftraggebers zu überarbeiten und durch den Auftraggeber neu bestätigen zu lassen.

7. Literaturverzeichnis

BAMBERG, H.-F. [17]

Studie zum F/E-Thema Grundwasserneubildung (Literaturstudie)

Studie: VEB Hydrogeologie, Arbeitsstelle Dresden (unveröff.),
Nov. 1970

BEARBEITERKOLLEKTIV [27]

(AG Prozeßanalyse der HA Erkundung)

Programmablaufpläne für die hydrogeologische Erkundung

VEB Hydrogeologie Nordhausen (unveröff.), 1973

BEIMS, U. [37]

Beitrag zur Ermittlung repräsentativer Durchlässigkeits-
parameter mit Hilfe statistischer Methoden

Dissertation A: TU Dresden, Sektion Wasserwesen, 1974

BEYER, W. [47]

Erkundungsmethodik Uferfiltratgewinnung

Themenstudie: TU Dresden, Sektion Wasserwesen (unveröff.);
erarbeitet im Auftrag des VEB Hydrogeologie
von der Arbeitsgruppe "Hydrotechnische Böden-
kunde", 31. 1. 1974

BRANDT, G. [57]

Themenstudie zum Fachbereichsstandard "Geophysikalische Tests"

Studie: VEB Hydrogeologie Torgau (unveröff.) 1971

BRANDT, G. [67]

Methodik Widerstandselektrik

Studie: VEB Hydrogeologie Torgau (unveröff.), 1972

BUSCH, K.F.; LUCKNER, L. [77]

Geohydraulik

Leipzig, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1972

GARLING, F. [87]

Methodik zur hydrochemischen Auswertung

Studie: VEB Hydrogeologie, Arbeitsstelle Dresden (unveröff.),
20. 11. 1970

GLÄSSER, H.; CHRISTENFELD, E. [9]

Zum erreichten Stand bei der Ausarbeitung von Grundwasservorratsprognosen

in: Z. f. angew. Geologie 19 (1973) 5, S. 230 - 236; DDR Berlin, Akademie-Verlag

GLANDER, M.; REMUS, W.; SCHIRRMESTER, W. [10]

Methodische Ansätze bei der Ermittlung der oberen Mineralwassergrenzfläche

in: Z. f. angew. Geologie 19 (1973) 8, S. 402 - 409, DDR Berlin, Akademie-Verlag

GRUNSKA, K.A. [11]

Methode zur Berechnung der Grundwasserneubildung

Lehrbrief: VEB Hydrogeologie, Arbeitsstelle Dresden (unveröff.), 1973

HEEGER, D. [12]

Themenstudie zum F/E-Thema "Methodik zur Erkundung von Uferfiltratvorräten"

F/E Studie: VEB Hydrogeologie, Arbeitsstelle Dresden (unveröff.), Dez. 1973

HERRMANN, L.; BEYER, W. [13]

Einfluß der Kolmation auf die Uferfiltratgewinnung

Abschlußbericht zum Forschungsteilthema 0315/2, Institut für Wasserwirtschaft Berlin, Abteilung Hydrologie und Wasserwirtschaft (unveröff.); Nov. 1973

HERRMANN, L. [14]

Grundsätze für die Projektierung und den Betrieb von Uferfiltratfassungen

Institut für Wasserwirtschaft Berlin, (unveröff.) August 1974

LEHNERT, K. [15]

Merkblatt für die in hydrogeologischen Bohrlöchern einzusetzenden Bohrlochmeßprogramme und die Interpretation der Meßergebnisse

Merkblatt: VEB Geophysik Leipzig (unveröff.), 1973

LÖFFLER, H. [16]

Ein Anwendungsbeispiel für hydrochemische Auswerteverfahren im norddeutschen Raum mit dem Versuch einer Grundwassertypisierung (Diskussionsbeispiel als Anlage zur Studie Methodik der hydrochemischen Auswertung)

Studie: VEB Hydrogeologie, Arbeitsstelle Schwerin (unveröff.),
20. 9. 1972

LÖFFLER, H. [17]

Forschungsbericht Grundwasseranreicherung

Grundwasseranreicherung (Vorreinigung, Infiltration, Regenerierung) Erforschung der Gesetzmäßigkeiten bei der Grundwasseranreicherung ablaufender Prozesse. Erarbeitung von Bemessungsmöglichkeiten. Entwicklung eines wirtschaftlichen Regenerierverfahrens.

F/E-Bericht: Technische Universität Dresden, Institut für
Boden- und Wasserwirtschaft (unveröff.),
August 1968

MURGLAT, J. [18]

Studie über die Berechnung stationärer und instationärer horizontal ebener Grundwasserströmungsvorgänge mit Hilfe von Elektroanalogiemodellen

Studie: VEB Hydrogeologie Nordhausen (unveröff.), 1971

QUAST, J. [19]

Programm zur numerischen Berechnung von Isolinien (Rechenprogramm FG Isolinien)

Rechenprogramm: Institut für Wasserwirtschaft Berlin/
Technische Universität Dresden, Forschungs-
gruppe Grundwasser (unveröff.), Dresden 1973

[20] TGL 11456 Baugrunduntersuchungen; Bohr- und Schürfarbeiten, Probenahme

[21] TGL 11457 Baugrunduntersuchungen; Aufschlüsse

[22] TGL 11462 Kornverteilung, Wasserdurchlässigkeit

[23] TGL 16791 Probenahme, Probeprobereitung, Begriffe

- [24] TGL 22433 Trinkwasser; Güte
- [25] TGL 23864 Pumpversuche: Vorbereitung und Durchführung; Auswertung
- [26] TGL 23977 Hydrogeologie: Bohrgutgewinnung, Probenahme (Spülbohren)
- [27] TGL 23979 Hydrogeologie: Probenahme, Gesteine und Wasser
- [28] TGL 24348 Schutz der Trinkwassergewinnung
- [29] TGL 24354 Grundwasserbeobachtungsrohr
- [30] TGL 25011 Hydrogeologie: Projektierung und Dokumentation
- [31] Werkstandard WAPRO 1.42: Bemessungsgrundlagen für Brunnen von Grundwassergewinnungsanlagen; Werkstandard des VEB Projektierung Wasserwirtschaft Halle
- [32] Komplexprogramm Brunnenbemessung
Erarbeitet von der gemeinsamen Forschungsgruppe Grundwasserhydraulik der Technischen Universität Dresden und des Institutes für Wasserwirtschaft Berlin, 1973
- [33] Werkstandard WAPRO: Wassergewinnungsanlagen Uferfiltratfassungen
(in Vorbereitung, Termin 6/75)
Werkstandard des VEB Projektierung Wasserwirtschaft Halle

