

~~Nur für den Dienstgebrauch~~

VEB Hydrogeologie
Arbeitsstelle Dresden
FG Methodische Forschung

Dresden, den 10. 1. 1977

Inventur durchgeführt

21. 04. 83

P f l i c h t e n h e f t

zum F/E-Thema

Erforderliche Genauigkeiten hydro-
geologischer Untersuchungen für
den Grundwasservorratsnachweis

Bearbeiter: Dipl.-Ing. H.-F. Bamberg

Geheimhaltungsgrad: Nur für den Dienstgebrauch

Das vorliegende Pflichtenheft wird hierdurch bestätigt.

Nordhausen, den

.....
Berg.-Ing. H. Hartung
Betriebsdirektor

6925

Verteiler:

MfGeo (Koll. Smrzly)

IfW (Abt. Wassermenge)

VEB Hydrogeologie (G; GP, GE, GL/GM/GE3, GID, GFR,
GE1, GE2, GE4, GE5, GE6, GE8, GEN)

OBD Poznan (2 x)

eg-M: -GF4-3/77

Pflichtenheft

Thema: Erforderliche Genauigkeiten hydrogeologischer Untersuchungen für den Grundwasservorratsnachweis

Kurzbezeichnung: Genauigkeit GW-Vorratsnachweis

Plannummer: 006/1175

Komm.-Nr.: 11 40 006

Betriebsanschrift: VEB Hydrogeologie
55 Nordhausen
Rothenburgstraße 12

Verantwortlicher
Bearbeiter: Dipl.-Ing. H.-F. Bamberg

Bearbeiter der
Teilthemen: Dr. C. Adam (Anhang 1)
Dipl.-Geol. F. Garling (Anhang 2)
Dr. A. Müller (Anhang 3)
Dr. O. Lochner (Anhang 4)

Bearbeitungszeitraum: 7/76 bis 12/76

Arbeitsstufe: A 1

Bericht besteht aus: 1 Pflichtenheft
4 Teilberichten (Anhang 1 bis 4)

Bamberg 11.1.77

.....
Dipl.-Ing. Bamberg Datum
Fachgebietsleiter

.....
Dipl.-Ing. Kliche Datum
HA-Leiter Forschung

.....
Dipl.-Geol. Weder Datum
Direktor für Geologie

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Gesellschaftliche Bedürfnisse	1
2. Kenntnisstands- und Problemanalyse	4
2.1. Fehlerarten und deren Bestimmung	4
2.2. Fehler bei der hydrogeologischen Erkundung und deren Einfluß auf den Vorratsnachweis	9
2.3. Fehlerschranken in der Hydrogeologie	21
3. Maßnahmen zur Problemlösung	25
Literaturverzeichnis	32

Anhangverzeichnis

- Anhang 1: Wasserstands- und Wassermengenummessungen
- Anhang 2: Genauigkeit der Gesteinsprobenahme
- Anhang 3: Genauigkeit Wasserproben
- Anhang 4: Genauigkeit der markscheiderischen Lage-
und Höhenmessung

1. Gesellschaftliches Bedürfnis

Die Intensivierung der gesellschaftlichen Produktion als Hauptweg der wirtschaftlichen Entwicklung ist ein wesentlicher Schwerpunkt der ökonomischen Politik der DDR. In diesem Zusammenhang kommt es darauf an

- die Effektivität der Arbeit umfassend zu steigern und dabei insbesondere das Verhältnis von Aufwand und Ergebnis entscheidend zu verbessern und
- die Qualität der Arbeit bestmöglich zu erhöhen.

Die erforderlichen Maßnahmen zur Erfüllung dieser Aufgaben können letztlich unter dem Begriff "sozialistische Rationalisierung" zusammengefaßt werden.

Die Thematik "Erforderliche Genauigkeiten hydrogeologischer Untersuchungen für den Grundwasservorratsnachweis" weist einen direkten Zusammenhang mit den vorgenannten globalen Zielstellungen auf, und zwar in verschiedener Hinsicht.

Unter Genauigkeit sei allgemein der Grad der Übereinstimmung von Untersuchungs-(Erkundungs-)ergebnissen mit den tatsächlichen Verhältnissen verstanden. Dementsprechend werden die Abweichungen der erkundeten von den wahren Werten als **F e h l e r** bezeichnet. Der Fehler ist also der quantitative Ausdruck für die Genauigkeit.

Jede optimale Gestaltung eines Prozesses (z. B. einer GW-Erkundung) setzt voraus, daß gewisse Fehler von vornherein in Kauf genommen werden. Diesbezüglich vermerkt der sowjetische Kybernetiker RASTRIGIN (1973)

"Fehlerfreiheit kann man nur in zwei Fällen erzielen: wenn man sehr langsam arbeitet ... oder wenn man einen ungeheuren Sicherheitsüberschuß garantiert ... Beide Möglichkeiten sind mit außerordentlich hohen und durch nichts gerechtfertigten Aufwendungen verknüpft."

Die Forderung, im Rahmen einer hydrogeologischen Erkundung nur soviel Aufwand zu betreiben als zur Einhaltung einer gewissen Fehlerschranke bzw. Erzielung einer vorgegebenen Genauigkeit unbedingt nötig ist, stellt die Grundlage für

die Optimierung des Erkundungsaufwandes dar und leitet sich unmittelbar aus der staatlichen Aufgabe der Effektivitätssteigerung ab. Mit anderen Worten: Nur die Festlegung quantitativer Genauigkeitskriterien erlaubt eine meßbare und begründete Rationalisierung und Optimierung des Erkundungsprozesses.

Die Kenntnis von Größe und Wahrscheinlichkeit der Fehler ist allerdings auch nötig, um das Risiko der Erkundung, d. h. die durch diese Fehler verursachten Verluste, nüchtern abschätzen zu können, haben doch die im Ergebnis einer Erkundung vorgenommenen Investitionen für Wasserwerke i. allg. ganz erheblichen Umfang. Mit der Untersuchung des Erkundungsrisikos (im Bereich der Technik wird hierfür der Begriff "Zuverlässigkeit" verwendet) wird bereits ein wesentlicher Teil der Problematik der Qualität der Arbeit erfaßt. Qualität ist die Gesamtheit der Erzeugniseigenschaften, die den Grad der Eignung für den vorgesehenen Verwendungszweck bestimmen. Sie wird u. a. gekennzeichnet durch Leistungsparameter, Funktionssicherheit, Lebensdauer, Kosten. Zum Nachweis der Qualität fordern PLANKENBICHLER u. a. (1974) eine sinnvolle Auswahl von solchen Eigenschaften und Qualitätskennziffern, die die konkreten Bedürfnisse der Verbraucher möglichst genau erfassen und meßbar machen.

Auch dies ist im Prinzip nur möglich, wenn konkrete Genauigkeitsforderungen vorgegeben werden und deren Einhaltung überprüfbar wird.

Bereits diese allgemeinen Bemerkungen zeigen, daß dem Genauigkeitsproblem im Zusammenhang mit der Verwirklichung einer neuen, höheren Stufe der Intensivierung künftig besondere Bedeutung beizumessen ist.

In den derzeit gültigen staatlichen Bestimmungen (1. GW-Vorratsklassifikation (1966), 1. GW-Instruktion (1967)) sollen die Genauigkeitsanforderungen durch die Einteilung der GW-Vorräte in Klassen (A, B, C₁, C₂) erfüllt werden. Die in GARLING/DAMBERG (1972) durchgeführte Analyse dieser

Dokumente erbrachte allerdings das Ergebnis, daß gegenwärtig eine Einstufung ausschließlich nach qualitativen Kriterien vorgenommen wird und subjektive und individuelle Entscheidungen sowohl des Objektbearbeiters bei der Erkundungsdurchführung als auch der StVK bei der Klassenbestätigung jederzeit möglich sind. Dieser Zustand hat auch zur Folge, daß den Vorratsklassen allgemein eine untergeordnete Bedeutung beigemessen wird und Erkundungen selten über C₁ hinausgehen, da diese Vorratsklasse bereits Investitionen zuläßt. Eine stichhaltige Qualitäts- und Sicherheitsbewertung sowie Aufwandsoptimierungen sind kaum möglich. Dieser ungenügende Zustand wurde allerdings auch in neueren Entwürfen zur GW-Klassifikation (z. B. 2. Entwurf 1976) nicht beseitigt.

Das Erreichen einer hohen Effektivität der hydrogeologischen Erkundung bei möglichst geringem Risiko erfordert in erster Linie eine richtige Organisation des Erkundungsablaufes. Aus diesem Grund erfolgt die Erkundung in Stappen (Suche, Vorerkundung, Detaillerkundung). Diese Stappen oder Erkundungsstadien haben jeweils spezifische Aufgabenstellungen, die im Prinzip den ständig zunehmenden Kenntnisstand über die GW-Lagerstätte widerspiegeln. Da der wachsende Kenntnisstand im Verlauf der Stadien eine Verringerung der Differenz zwischen wahren Verhältnissen und erkundeten Daten bewirkt, müssen diese ebenfalls durch Genauigkeitskriterien charakterisiert werden. Auch hierzu liegen gegenwärtig keine konkreten und quantifizierten Aussagen vor.

Die gesellschaftliche Notwendigkeit der Bearbeitung des vorliegenden F/E-Themas ergibt sich somit aus

- der Dringlichkeit, den derzeitigen unzureichenden Stand zu verbessern und
- der Forderung, auch die Effektivität der hydrogeologischen Erkundungsarbeiten quantitativ und qualitativ zu erhöhen.

2. Kenntnisstands- und Problemanalyse

Hinter der globalen Thematik "Erforderliche Genauigkeiten ..." verbirgt sich ein recht vielseitiger und komplizierter Sachverhalt, dessen Lösung eine Aufgabenpräzisierung auf der Grundlage einer Analyse des Erkundungsprozesses und des derzeitigen Kenntnisstandes voraussetzt. Wie in Verbindung mit der eingangs formulierten Genauigkeitsdefinition bereits angedeutet, läuft die Untersuchung des Problems im Prinzip auf eine Fehlerbetrachtung hinaus. In diesem Zusammenhang gilt es, folgende Schwerpunktfragen zu beantworten:

- a) Welche Fehler gibt es, und wie können diese bestimmt werden?
- b) Wo treten innerhalb des Erkundungsprozesses welche Fehler auf?
- c) Welchen Einfluß haben diese Fehler auf die Vorratsgenauigkeit bzw. auf einzelne Parameter, die zur Vorratsberechnung herangezogen werden?
(Ist ggf. eine komplexe Betrachtung aller Fehler möglich?)
- d) Welche Fehlerschranken sind in der Hydrogeologie einzuhalten, d. h., welche Genauigkeit des Vorratsnachweises ist volkswirtschaftlich notwendig?

*Selbstbest.
Frage mit
Basis
ist abh. von
Hilfsfragen*

Es läßt sich bereits jetzt abschätzen, daß die Hauptaktivitäten der vorgesehenen F/E-Arbeiten im Bereich der Fragen b) und c) zu erwarten sind.

2.1. Fehlerarten und deren Bestimmung

Im wesentlichen sind für die vorliegenden Untersuchungen zwei Fehlerarten von Bedeutung.

Systematische Fehler entstehen durch in ganz bestimmter Weise wirkende Ursachen, die im einzelnen erkennbar, erfassbar, bestimmbar und ausschaltbar sind. Solche Fehler

entstehen z. B. durch unvollkommene Untersuchungs- und Meßverfahren, schlecht geeichte Meßgeräte, äußere Versuchsbedingungen (Umwelteinflüsse). Ein Erkennen bzw. Beseitigen dieser Fehler kann u. a. durch

- . Anwendung anderer bzw. besserer Meßverfahren
- . Messung mit anderen Geräten und/oder
- . durch andere Beobachter (äußere Kontrolle)
- . Messung unter veränderten Umweltbedingungen

erfolgen.

In der hydrogeologischen Erkundung wird seit Jahren versucht, die wesentlichsten systematischen Fehler besonders im Rahmen einer planmäßigen Standardisierungsarbeit durch Vereinheitlichung und Verbesserung der Feld- und Auswertungsarbeiten einzuschränken. Darüberhinaus erfolgt in der Hydrogeologie eine Einschränkung systematischer Fehler durch die Forderung nach Anwendung verschiedener Bestimmungsverfahren, z. B. bei der k -Wert-Bestimmung (Siebanalyse, Pumpversuch) und beim Vorratsnachweis (hydrodynamische Berechnung, Wasserhaushalt).

Zufällige Fehler entstehen durch in verschiedener Weise wirkende Ursachen, die im einzelnen nicht erfaßbar sind, da einzelne Fehlerursachen zeitlich und räumlich nicht konstant und deshalb nicht trennbar sind. Zufällige Fehler sind praktisch unvermeidlich und können nur durch Wiederholung derselben Messung (Beobachtung) als Streuung um einen Mittelwert erkannt und berücksichtigt werden. Derartige Wiederholungsmessungen liegen in der Praxis als Meßreihen vor und werden ggf. auch durch "innere Kontrollen" realisiert.

Es sei noch auf die sog. groben Fehler, das sind übermäßig große Fehler, hingewiesen, die durch Unaufmerksamkeit des Beobachters entstehen und i. allg. leicht zu erkennen ("Ausreißer") und einfach zu beseitigen sind.

Bei der Formulierung der Genauigkeit treten in der Hydrogeologie analog zu ČETVERIKOV (1972) prinzipiell zwei ver-

schiedene Gesichtspunkte auf, die zwar im Komplex zu sehen sind, zur Vereinfachung aber gesondert betrachtet werden.

- a) Unter Genauigkeit einer Beobachtung (Messung, Probe usw.) kann man die Übereinstimmung eines Untersuchungsergebnisses der an einer Stelle vorgenommenen konkreten Beobachtung (entnommenen Probe) mit dem tatsächlichen Wert an dieser Stelle verstehen. Der Grad der Genauigkeit wird auch als Vertrauenswürdigkeit der Beobachtung bezeichnet und findet seinen quantitativen Ausdruck im "technischen Fehler" Δ :

$$\Delta = x_i - X_i$$

mit x_i - ermittelter Wert einer realen Messung an der Stelle i

X_i - tatsächlicher Wert an der gleichen Stelle

Man bezeichnet eine Beobachtung mit

$\Delta = 0$ als vollständig vertrauenswürdig

$\Delta \neq 0$ als gering oder nicht vertrauenswürdig.

Der technische Fehler kann systematischer und/oder zufälliger Natur sein. Während die systematischen (erfaßbaren) Fehler (z. B. gerätetechnische Fehler) durch technische und methodische Maßnahmen weitgehend aus dem Resultat ausgeschaltet werden können, ist dies für die zufälligen Fehler (z. B. Meßfehler) nicht möglich. Letztere können lediglich durch wahrscheinlichkeitstheoretische Methoden eingeschätzt werden.

- b) Die Repräsentanz einer Beobachtung ist die Genauigkeit, mit der eine vertrauenswürdige Beobachtung einen gewissen Geltungsbereich widerspiegelt, in dessen Grenzen sie entnommen wurde. Sie kann wie folgt angegeben werden:

$$\Delta_r = x_i - X_M$$

mit Δ_r - Fehler der Repräsentanz

x_i - ermittelter Wert einer realen Messung an der Stelle i

X_M - tatsächlicher Wert für den zu repräsentierenden Bereich

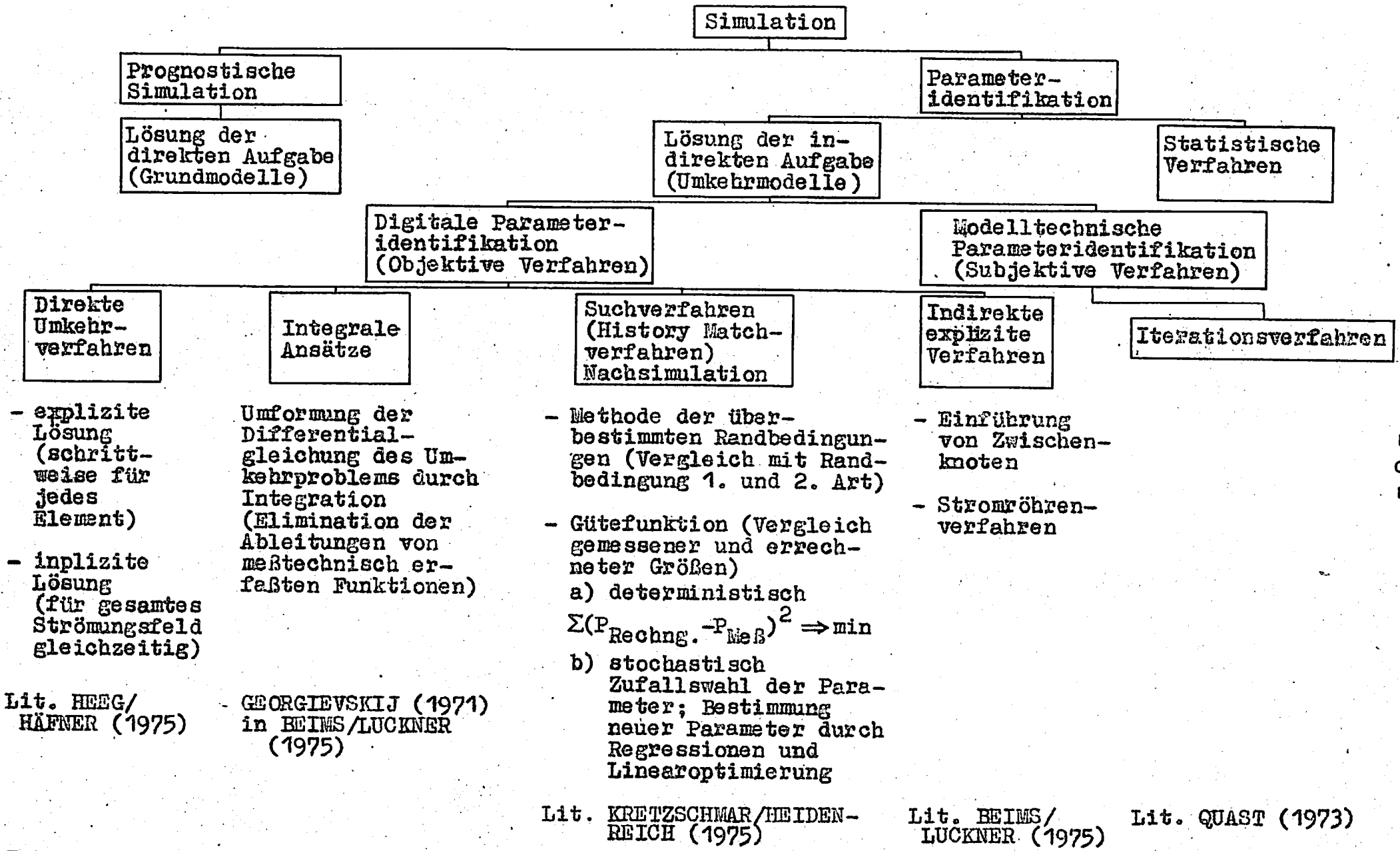
Im speziellen Fall wäre z. B. unter Repräsentanz die Genauigkeit zu verstehen, mit der

- ein hydrogeologischer Parameter einen bestimmten konkreten Lagerstättenbereich charakterisiert bzw.
- ein gewähltes Berechnungsschema die tatsächlichen Verhältnisse widerspiegelt.

Da die wahre Größe X_M praktisch weder bekannt noch direkt bestimmbar ist, fehlen zunächst die Bezugspunkte für derartige Genauigkeitsuntersuchungen. Ein Identifizieren der Parameter und Modelle, d. h. ein Feststellen der Übereinstimmung mit der Wirklichkeit, ist recht kompliziert.

Eine Lösung dieses Problems der Identifikation ist mit Hilfe wahrscheinlichkeitstheoretischer (statistischer) oder experimenteller Verfahren möglich. Diese Identifikationsmethoden sind in den letzten Jahren in das Zentrum des allgemeinen Interesses gerückt. Deren Stellung im Rahmen der Simulation unterirdischer Strömungsprozesse ist in Tabelle 1 gezeigt.

Die statistischen Verfahren gehen davon aus, statt der angegebenen faktischen Repräsentanz eine geschätzte mögliche Repräsentanz zu bestimmen, wobei die einzelnen Beobachtungen x_i als Stichproben und Zufallsgrößen im wahrscheinlichkeitstheoretischen Sinn zu betrachten sind. Entsprechend können dann die zu untersuchenden Fehler Δ_r als zufällige Fehler durch die Streuung σ angegeben werden.



Lit. HEEG/
HÄFNER (1975)

GEORGIEVSKIJ (1971)
in BEIMS/LUCKNER
(1975)

Lit. KRETZSCHMAR/HEIDEN-
REICH (1975)

Lit. BEIMS/
LUCKNER (1975)

Lit. QUAST (1973)

Tabelle 1: Simulationen unterirdischer Strömungsprozesse

Diesbezügliche Untersuchungen wurden von BEIMS (1974), insbesondere aber von CIESIELSKI u. a. (1972) und STOYAN durchgeführt. Eine zusammenfassende Bewertung für hydrogeologische Belange befindet sich in BAMBERG/GARLING (1975).

Intensiver noch als an den statistischen Berechnungen wird derzeit an einer Parameteridentifikation mittels Lösung der umgekehrten Aufgabe gearbeitet. Dabei werden aus den messtechnisch relativ einfach erfassbaren dynamischen Verhaltensreaktionen des Originalströmungsvorganges Rückschlüsse auf hydrogeologische Merkmale und Sachverhalte gezogen, d. h. repräsentative Parameter und Randbedingungen ermittelt. Die Identifikation erfolgt durch iterativen Vergleich der Meßwerte mit den Modellwerten, wobei allerdings gegenwärtig eine quantitative Genauigkeitsangabe schwierig ist. Die Identifikationsverfahren befinden sich gegenwärtig in ihrer ersten Entwicklungsphase.

2.2. Fehler bei der hydrogeologischen Erkundung und deren Einfluß auf den Vorratsnachweis

Eine Analyse von Fehlerquellen wurde auf der Grundlage des in Tabelle 2 aufgezeigten Schemas des hydrogeologischen Erkundungsprozesses vorgenommen. In Verbindung mit den beschriebenen Fehlerarten läßt sich allgemein feststellen, daß während der Informationsgewinnung besonders technische Fehler, vorwiegend in Form von gerätetechnischen und Meßfehlern auftreten. Erkenntnistheoretisch geht es hierbei letztlich um Fehler bei der Ermittlung der physikalischen Grundgrößen

- Länge
- Masse
- Zeit
- Temperatur

und in Ausnahmefällen noch

- Stromstärke (Geophysik) und
- Stoffmenge (Chemie).

| hier Ausnahmefälle

I. INFORMATIONSGEWINNUNG

II. INFORMATIONSAUFBEREITUNG

III. MODELLIERUNG

IV. VORRATSBERECHNUNG

1. AUFGABENSTELLUNG

- Wasserbedarf (Quantität / Qualität)
- Restriktionen
- Standorte

2. ARCHIVSTUDIUM

3. FELDARBEITEN

3.1. Kartierungsarbeiten

3.2. Aufschluß - (Bohr-) arbeiten

3.2.1. Messung von Längen

- Teufen
- Wasserständen

3.2.2. Entnahme von Proben

- Gestein
- Wasser

3.2.3. Durchführung geophysikalischer Untersuchungen (I.W.S.)

- Pumpversuche
- Bohrlochmessungen

3.3. Hydrologische und meteorologische Messungen

3.3.1. Messung von Niederschlägen

3.3.2. Messung der Verdunstung

3.3.3. Messung von Abflüssen

3.4. Oberflächengeophysikalische Untersuchungen

3.5. Markscheiderische Arbeiten

4. LABORARBEITEN

4.1. Gesteinsuntersuchungen

4.2. Wasseruntersuchungen

1. ERMITTLUNG D. GEOMETRIE DES STRÖMUNGSFELDES

- 1.1. Hydrogeologische Profile
- 1.2. Hydroisohypsen

2. ERMITTLUNG D. HYDROGEOLOG. PARAMETER

- 2.1. k, T, S .
- 2.2. Porosität u.a.

3. ERMITTLUNG VON WASSERHAUSHALTSGRÖSSEN (Langjährige Min./Mittl./Max.)

- 3.1. Niederschlag
- 3.2. Verdunstung
- 3.3. Abfluß

4. ERMITTLUNG DER WASSERBESCHAFFENHEIT

(Problemanalyse ; Schematisierung ; Parameterzuweisung)

1. FASSUNGSMODELL (Fassungsvarianten)

2. SCHEMATISIERUNG DER GEOMETRIE (Berechnungsmodell)

3. PARAMETERZUWEISUNG (Repräsentativwerte)

4. SCHEMATISIERUNG DES WASSERHAUSHALTES (für untersuchtes Einzugsgebiet)

5. MODELL DER ENTWICKLUNG DER WASSERBESCHAFFENHEIT

1. GEOHYDRAULISCHE BERECHNUNG (Absenkungen, Förderstrom)

- 1.1. Analytisch
- 1.2. Modelltechnisch
- 1.3. Numerisch

2. EXPERIMENTELLE BESTIMMUNG

3. BILANZIERUNG DES WASSERHAUSHALTES einschließlich Berechnung der GW-Neubildung

4. EINSCHÄTZUNG DER AUFBEREITUNGSTECHNOLOGIE

VORRATS-NACHWEIS (A, B, C)

Tab. 2 Modell der hydrogeologischen Erkundung

Für die Bestimmung all dieser Größen existieren im Prinzip Verfahren und Geräte, mit denen nahezu jede gewünschte Genauigkeit erreicht werden kann.

Bei der Informationsaufbereitung, besonders aber der Modellbildung dominieren eindeutig Repräsentanzprobleme.

Die Vorratsberechnung selbst läßt dann in erster Linie Rechenfehler erwarten.

Vorliegende Untersuchungen und Erfahrungen zeigen, daß die Schwerpunkte der Genauigkeitsproblematik, d. h. die Hauptfehlerquellen, generell weniger auf dem Gebiet der Meß- und Berechnungstechnik als bei der Schematisierung der natürlichen Verhältnisse, bei der Repräsentanz liegen. Abgesehen davon ist einzuschätzen, daß ein Großteil der Fehler bei der Informationsgewinnung kaum noch ökonomisch zu reduzieren ist.

Im folgenden sollen zu den wesentlichsten Komplexen der Tabelle 2 kurze Bemerkungen zur Genauigkeit im Hinblick auf noch zu lösende Teilthemen (o) gemacht werden.

I Informationsgewinnung

Aufgabenstellungen (I - 1.) für hydrogeologische Untersuchungen sind bereits mehr oder weniger ungenau. Das bezieht sich insbesondere auf die recht pauschale Einschätzung des Wasserbedarfes anhand von Bedarfsnormen und -tendenzen (TGL 26565). Wie genau diese Zahlen den (o) tatsächlichen Bedarf widerspiegeln, ist unbekannt, wäre aber in Verbindung mit der erforderlichen Genauigkeit des Vorratsnachweises ggf. von Interesse.

Handwritten note:
Vollständige
Aufklärung
Voraussetzung
für die Bestimmung
des tatsächlichen
Bedarfs
von.

Archivunterlagen (I - 2.) sind naturgemäß fehlerbehaftet, da hier z. B. analoge Informationen mit unterschiedlichem Kenntnisstand (historische Entwicklung), mit unterschiedlichem Qualifizierungsgrad (Bohrmeister/Geologe) (o) und mit unterschiedlicher Zielstellung (Hydro-/Erdölbohrung) dokumentiert wurden.

Diesbezügliche Recherchen wären zweifellos interessant,

sollten aber vorerst zugunsten wichtigerer Aufgaben zurückgestellt werden.

Die Genauigkeit der Kartierung (I - 3.1.) ist in erster Linie vom Kenntnisstand, d. h. von der Anzahl der verwendeten Informationen (Aufschlüsse) sowie den verwendeten Maßstäben, abhängig. Eine gesonderte Aufgabenbearbeitung erscheint nicht erforderlich, da diesbezügliche Aussagen in Zusammenhang mit dem Repräsentanzproblem auftreten.

Die Einmessung von Teufen (I - 3.2.1.), d. h. die Bestimmung der Lage und Grenzen von geologischen Schichten usw., dürfte - besonders in Abhängigkeit vom Bohrverfahren - mit relativ großen Fehlern behaftet sein. MARASEK (1966) gibt an, daß diese Fehler bis zu einigen Metern betragen können. Obwohl gewisse Ungenauigkeiten der Geometrie des Strömungsfeldes meist keinen gravierenden Einfluß auf das gesamte Strömungsverhalten (Vorratsnachweis) haben, sollte man sich über Art und Größe der Fehler Klarheit verschaffen.

Hinsichtlich der Messung von Wasserständen (I - 3.2.1.) ist aus der Studie von ADAM (1976) - vgl. Anhang 1 - zu entnehmen, daß die in der Praxis erreichten Genauigkeiten ausreichend sind. Diesbezüglich sollten sich künftige Arbeiten in erster Linie auf eine Automatisierung des Meßprozesses beschränken.

Wie aus der Studie von GARLING (1976) - siehe Anhang 2 - ersichtlich ist, treten bei Gesteinsuntersuchungen (I - 3.2.2.) eine Vielzahl technischer Teilfehler auf, die sowohl methodische als auch subjektive Ursachen haben können. Diese Fehler verfälschen die Siebanalysen und die daraus ermittelten hydrogeologischen Parameter z. T. erheblich. Hauptfehlerquelle dürfte der Bohrvorgang sein (Lösen, Fördern, Entleeren, Entnahme von Bohrgut). Aber auch die Bohrgutreduzierung sowie Ablage, Aufbewahrung und

Versand der Proben haben Einfluß auf die weiteren Untersuchungen. Die Fehler kommen insbesondere durch Kornverluste, Kornanreicherungen und gestörte Mischungsverhältnisse zum Ausdruck. Obwohl schon eine Reihe dieser Teilfehler quantifiziert wurde (vgl. GARLING - Tabelle Anhang 2), fehlt noch eine komplexe Analyse der technischen Fehler und deren Einflüsse auf die Bestimmung der hydrogeologischen Parameter. Allerdings sollte diesen Arbeiten zunächst eine Untersuchung und Entscheidung darüber vorausgehen, ob hydrogeologische Parameter (k-Werte) aus Siebanalysen überhaupt künftig ihre Bedeutung behalten werden, oder ob hierfür ausschließlich z. B. Pumpversuche vorzusehen sind (II - 2.). Hierzu liegen derzeit recht unterschiedliche Meinungen vor.

Bei der Gesteinsprobenahme spielt das Repräsentanzproblem eine maßgebende Rolle. Dabei gilt es besonders, Aussagen über die Probenintervalle, d. h. die horizontalen und vertikalen Probenabstände, zu treffen (III - 3.). Eine Lösung des Problems ist auf der Grundlage der Arbeiten von BAMBERG und GARLING (1975) möglich.

Bezüglich der Genauigkeit petrophysikalischer Laboruntersuchungen (I - 4.1.), die sich für hydrogeologische Untersuchungen in erster Linie auf Siebanalysen beschränken, verweist GARLING (1975) in Tabelle Anhang 2 besonders auf die Untersuchungen von BRANDT (1975). Sorgfältige Arbeitsweise vorausgesetzt, liegen hierbei die technischen Fehler in einem annehmbaren Bereich (< 3%), so daß dazu vorerst keine weiteren Untersuchungen erforderlich sind.

Im Ergebnis der Untersuchungen von MÜLLER (1976) - vgl. Anhang 3 - wurde zu den technischen Fehlern bei Wasserproben (I - 3.2.2.) besonders auf noch ungenügende Kenntnisse über Beeinträchtigungen bei Transport und Aufbewahrung (Standzeit) der Proben hingewiesen. Hier werden durch unsachgemäße Verfahrensweisen erhebliche Fehler vermutet.

Bei der Probenahme selbst dürften - mit Ausnahme der Be-
probung von Altaufschlüssen - keine grundlegenden Pro-
bleme anstehen.

- Wesentliche Aussagen zur Genauigkeit der Analysenver-
(o) fahren (I - 4.2.) konnten nicht getroffen werden und wären
Gegenstand der Grundlagenforschung. Bei umfassender Ver-
wendung der "Ausgewählten Methoden der Wasserunter-
suchung" (1971) des IfW in allen Wasserlabors dürften
diese Fehler künftig an Bedeutung verlieren. (Derzeit
werden allerdings noch z. T. gravierende Unterschiede für
verschiedene Labors festgestellt, was ggf. zu unverant-
wortlichen Fehlentscheidungen führen kann.)
- o Auch bei Wasserproben ist das Repräsentanzproblem von be-
sonderer Bedeutung (II - 4.). Das betrifft einerseits
die Identität zwischen Wasserprobe und natürlichen Ver-
hältnissen, zum anderen aber auch zeitliche Veränderun-
gen und Trends. Hierzu werden Arbeiten nötig, zumal in
der Vergangenheit das Güteproblem zugunsten strömungs-
physikalischer Untersuchungen zurückgetreten ist.

Bei der Durchführung von Pumpversuchen (I - 3.2.3.) tre-
ten eine Reihe von Fehlerquellen auf, die insgesamt einen
derzeit nicht abschätzbaren Einfluß auf die Parameter-
bestimmung haben.

- Fehler bei Wasserstandsmessungen dürften, wie bereits
gesagt, relativ unerheblich sein, sieht man diesbezüg-
lich von mangelhafter Arbeitsweise ab. Allerdings schei-
nen, wie ADAM (1976) - Anhang 1 - feststellte, die Was-
sermengenmessungen mit i. M. $\pm 10\%$ noch mit recht hohen
technischen Fehlern behaftet zu sein. Da es sich hierbei
vorwiegend um systematische gerätetechnische Fehler
handelt, wird hier eine Verbesserung mit relativ ge-
o ringem Aufwand möglich sein.
- Weitere technische Fehler, z. B. infolge ungeeigneter
Bohrverfahren (Tonspülung) und unsachgemäßen Brunnenaus-
o baues, werden meist bagatellisiert, sollten aber zumin-
dest erfaßt und analysiert werden.
- 2

Schwerpunkt der Fehleruntersuchung stellt auch bei Pumpversuchen die Repräsentanz dar. Das betrifft sowohl die

- o Auswahl des geeignetsten Auswertungsverfahrens (II - 2.),
- als auch die Anzahl und räumliche Anordnung der Versuche
- o zwecks Modellierung des Strömungsfeldes (III - 3.).

Bei letztgenanntem Problem spielen allerdings auch ökonomische Gesichtspunkte eine nicht zu unterschätzende Rolle.

Trotz wertvoller Ansätze (z. B. BRANDT (1971, 1973)) haben die Verfahren der angewandten Geophysik (I - 3.2.3.) (Bohrloch- und Oberflächengeophysik) bisher noch nicht den Platz im Erkundungsprozeß gefunden, der ihnen im Hinblick auf eine weitere Rationalisierung zukommen könnte. Die Ursache dieses Sachverhaltes liegt weniger in der Unkenntnis der verschiedenen Möglichkeiten, als vielmehr

- o in der Unsicherheit hinsichtlich der Genauigkeit der Verfahren und Interpretation begründet. Eine gründliche Analyse erscheint hier erforderlich.

Handwritten notes:
Konting.
aber nicht
vorhanden
für die
rechnerische
Lösung
da der
Daten-
mangel

Hydrologische und meteorologische Messungen (I - 3.3.) sind i. allg. sehr fehleranfällig. Das ist nicht nur auf die unzureichenden Meßmethoden zurückzuführen, sondern auch auf nicht erkennbare bzw. nicht erfassbare Einflüsse, z. B. durch klimatische, geographische u. a. Faktoren. Bei Niederschlags- und Abflusmessungen müssen mindestens 10 % Fehler erwartet werden.

Allerdings haben die Bearbeiter hydrogeologischer Objekte auf diesen Teil der Informationsgewinnung i. allg. keinen Einfluß, da die Ergebnisse von zuständigen Institutionen übernommen werden. Eine Fehleranalyse wäre für dieses Gebiet anzustreben.

Handwritten notes:
Hier sind
Messungen
des Wasser-
zustand
wichtig.

Zu I - 3.4. siehe I - 3.2.3.

Zur Genauigkeit der markscheiderischen Lage- und Höhenmessung (I - 3.5.) gelten die Aussagen von LOCHNER (1976)

im Anhang 4. Darin wird festgestellt, daß die üblichen mittleren Fehler der Lagekoordinaten von ± 10 m und der Höhen von $\pm 3 - 5$ cm für hydrogeologische Untersuchungen derzeit i. allg. in Kauf genommen werden können. Eine mögliche Vergrößerung der Genauigkeit wäre mit unverhältnismäßiger Aufwandserhöhung verbunden und erscheint nur in Ausnahmefällen vertretbar. Weitere Untersuchungen zu dieser Problematik sind im Augenblick nicht erforderlich. Eine Präzisierung der Anforderungen an die Vermessungsgenauigkeit ist nach Abschluß der Untersuchungen zum Gesamtkomplex zu erwarten.

Zu I - 4. siehe I - 3.2.2.

II Informationsaufbereitung

Die in Tabelle 2 dargestellten Schwerpunkte der Informationsaufbereitung (II) stehen in direktem Zusammenhang mit der Informationsgewinnung (I). Fehlerbetrachtungen sind hierfür z. T. mit der Lösung unter I genannter Teilthemen zu verbinden und umfassen in erster Linie bereits dort fixierte Repräsentanzprobleme. Insbesondere ist dabei die Frage zu klären, wieviel Aufschlüsse, Proben, Messungen in welchen Intervallen nötig sind, um Geometrie, Hydroisohypsen, Parameter usw. mit einer vorgegebenen Genauigkeit zu ermitteln. D. h., es geht also vorwiegend um Aufwandsprobleme:

- o Erforderliche Anzahl von Bohrungen (Aufschlüssen) zur Klärung der Geometrie des GW-Leiters (II - 1.1.).
- o Abstände und Anordnung von Meßstellen zur Konstruktion von Hydroisohypsenplänen (II - 1.2.).
- o Untersuchungen zur Genauigkeit hydrogeologischer Parameter und zu Probenabständen (II - 2.) - siehe S.13 und 15.
- o Arbeiten zu Genauigkeits- und Repräsentanzfragen bei Wasserhaushaltsgrößen (II - 3.) liegen schon vor bzw. werden derzeit an verschiedenen Institutionen durchgeführt.

- o Zur Repräsentanz von Wasserproben - siehe S. 14.

Es erscheint für die gesamte Themenbearbeitung als günstig, die bisher aufgezeigten Problemstellungen zu technischen und Repräsentanzfehlern bei Informationsgewinnung und -aufbereitung (I/II) vorerst ohne Kenntnis der anschließenden Vorratsberechnung zu behandeln. Am Ende der Untersuchungen werden dann Antworten auf die Frage stehen:

"Wie genau kann man mit den zur Verfügung stehenden Erkundungsmethoden die physikalischen Grundgrößen und die daraus abgeleiteten Informationen über die hydrogeologischen Verhältnisse bestimmen, und welcher Aufwand muß betrieben werden, um irgendeine vorgegebene Genauigkeit einzuhalten bzw. irgendeinen vorgegebenen Fehler nicht zu überschreiten?"

- o Wie groß diese vorzugebenden Genauigkeiten resp. Fehler sein sollen, kann zu einem anderen Zeitpunkt festgelegt bzw. rückkoppelnd aus den nachfolgenden Untersuchungen abgeleitet werden.

III Modellierung und IV Vorratsberechnung

Ziel der meisten hydrogeologischen Erkundungsarbeiten ist der Nachweis von GW-Vorräten (im Sinne der Definition nach TGL 23989). Alle Genauigkeitsuntersuchungen müssen letztlich in Verbindung damit gesehen werden.

Während der Vorratsnachweis für feste Minerale in erster Linie auf eine qualitative und quantitative Beschreibung eines Rauminhaltes hinausgeht, besteht infolge der besonderen Eigenschaften des Grundwassers der hydrogeologische Vorratsnachweis abgesehen von qualitativen Einschätzungen eher in einer Lösung strömungsmechanischer Probleme, die als Endergebnis primär die Voraussage der stationären Absenkung eines dynamischen GW-Spiegels für eine bestimmte Fördermenge haben.

Generell existieren 3 Methoden für die Bestimmung des

*Hierher ist
geplant
die
a. d. der
folgt
betriebe
umfang
zu
ist.
Die
Repräsentanz
Wasser
wird
beachtet*

GW-Vorrates, die jeweils besondere Schematisierungen der natürlichen Verhältnisse voraussetzen.

IV - 1. Geohydraulische Berechnungen

(in der Literatur auch als hydrodynamische Methoden bezeichnet)

Das sind analytische, modelltechnische und numerische Berechnungen auf der Basis von Differentialgleichungen der mathematischen Physik und der theoretischen Hydrodynamik. Die Berechnungen bauen auf mehr oder weniger großen Abstraktionen von den natürlichen Verhältnissen auf. Deshalb kann eine hohe Genauigkeit und theoretische Begründung der Formeln der Hydrodynamik nicht mit der realen Genauigkeit der Bewertung der gewinnbaren Vorräte nach diesen Formeln identifiziert werden.

IV - 2. Experimentelle Verfahren

(mitunter auch als hydraulische Methoden bezeichnet)

Hierbei ist man bestrebt, durch unmittelbare Auswertung von Versuchsdaten (z. B. aus Pumpversuchen) empirisch die Beziehungen zwischen Ergiebigkeit und Absenkung zu bestimmen. Der Vorteil des Verfahrens besteht darin, daß nicht erkennbare bzw. nicht modellierbare natürliche Besonderheiten im Ergebnis integriert enthalten sind. Allerdings kann bei Extrapolation eine dauerhafte Gewinnbarkeit nicht immer garantiert werden, da die GW-Neubildung i. allg. nicht erfaßt wird.

IV - 3. Bilanzierung des Wasserhaushaltes einschließlich Berechnung der GW-Neubildung

(Bilanzmethoden)

Diese Methode baut auf einer Bilanzierung aller Speisungen und Entnahmen eines Gebietes für einen bestimmten Bereich (Einzugsgebiet) auf. Sie erlaubt nicht die Vorhersage von künftigen lokalen Wasserspiegelabsenkungen und spielt für die Vorratsbewertung einzelner Abschnitte eine untergeordnete Rolle. Die Bedeutung liegt besonders in der mittleren mengenmäßigen regionalen Beurteilung von Vorräten.

Es ist zu empfehlen, auch diesen Komplex III/IV zunächst getrennt für sich zu untersuchen und eine Genauigkeitsanalyse über den Einfluß verschieden wirkender Faktoren auf den Vorratsnachweis durchzuführen. Selbstverständlich besteht zwischen Modellierung und Vorratsberechnung eine unmittelbare Abhängigkeit.

Als Ergebnis dieser Betrachtungen wäre die Frage zu beantworten:

"Wie unterscheiden sich bei Verwendung fehlerbehafteter hydrogeologischer Parameter und bei Einsatz verschiedener Schematisierungen und Fassungsvarianten die Berechnungsergebnisse nach den zur Verfügung stehenden Verfahren zum GW-Vorratsnachweis?"

Im einzelnen sind folgende Teilthemen zu lösen:

- o Kriterien für die Anordnung von GW-Fassungen unterschiedlicher Konstruktion und deren Einfluß auf den Vorratsnachweis.
- o Einfluß der Anordnung und Dichte der Meßpunkte zur Einmessung der Standrohrspiegelhöhe auf die Genauigkeit der Vorratsberechnung.
- o Einfluß der Filtrationsparameter, der Randbedingungen und der Schematisierung auf die Berechnungsgenauigkeit der GW-Vorräte.
- o Einfluß der Wasserhaushaltsgrößen auf die Genauigkeit der Bilanzierung.

Mit dieser Klärung der Fragestellung nach dem Einfluß unterschiedlicher Eingangsgrößen auf den Vorrat ist allerdings noch keine Aussage über die Repräsentanz der einzelnen Verfahren, d. h. über die Genauigkeit, mit der die Berechnungen die tatsächlichen Verhältnisse charakterisieren, getroffen worden. Hierbei treten besondere Schwierigkeiten auf, da der als Maßstab dienende wahre Wert des Vorrats nicht zum Zeitpunkt der Erkundung und Berechnung, sondern erst nach mehrjährigem Wasserwerks-

betrieb vorliegt. (Aus diesem Grunde wird gegenwärtig, um eine ausreichende Genauigkeit und Sicherheit zu demonstrieren, gefordert, den GW-Vorratsnachweis nach mindestens zwei unabhängigen Verfahren durchzuführen und die Ergebnisse anschließend zu vergleichen und zu bewerten.)

Reale Entscheidungskriterien für die Auswahl (und Genauigkeit) der jeweils geeignetsten und repräsentativsten Berechnungsmodelle können deshalb nur aus Analogiebetrauchtungen an bestehenden Wasserfassungen gewonnen werden, und zwar sollte hierzu eine Eichung der Verfahren an ausgewählten Untersuchungsgebieten (z. B. FE_u von Wasserwerken) vorgenommen werden. Als generelle Bezugsbasis können z. B. die GW-Lagerstättentypen von GARLING/BAMBERG (1974) empfohlen werden.

Für die o. g. Bilanzmethoden (GW-Neubildung) werden beispielsweise nach Auskunft von GLUGLA derartige Bewertungen an geeigneten Objekten bereits kontinuierlich durchgeführt, und es wurden Genauigkeiten von $\pm 5\%$ ermittelt. GRUNSKÉ ermittelte bei ähnlichen Betrachtungen Fehler um $\pm 10\%$.

Ebensolche Betrachtungen sind für die anderen Verfahren anzustellen, z. B. in Form von Vergleichen der berechneten Absenkungen und Fördermengen mit den tatsächlichen. (In diesem Zusammenhang wäre auch die Notwendigkeit der Anwendung besonders aufwendiger Berechnungsverfahren zu begründen bzw. festzustellen, wann einfache analytische Berechnungen ausreichen.)

2.3. Fehlerschranken in der Hydrogeologie

Im Hinblick auf die Sicherung einer stabilen Wasserversorgung und auf die umfangreichen Investitionen für den Bau eines Wasserwerkes spielt die Sicherheit des Vorratsnachweises, d. h. die Genauigkeit und Detailliertheit, mit der die GW-Menge und -Beschaffenheit erkundet werden, eine wesentliche Rolle. Die Vorgabe von Genauigkeitskriterien ist deshalb unumgänglich.

- o Eine fundierte Festlegung und Begründung derartiger Anforderungen existiert nicht und wäre Angelegenheit des Auftraggebers für hydrogeologische Erkundungsarbeiten, also i. allg. der Wasserwirtschaft. Zur Lösung des Problems ist z. B. die Kenntnis eines zulässigen Risikos erforderlich, mit dem Ziel, eine richtige Koppelung zwischen Erkundung und späterer Nutzung zu finden. Unter Risiko seien dabei nach BACHMANN (1967) die finanziellen Verluste verstanden, die durch Abweichung der tatsächlichen von den erkundeten Vorräten entstehen (bei Voraussetzung bestmöglicher Erkundungsmethodik nach modernsten wissenschaftlichen Erkenntnissen nimmt das Risiko mit zunehmender Erkundungsdichte ab, wobei der Aufwand entsprechend steigt). Grundlage der Untersuchungen müßte eine Analyse des wasserwirtschaftlichen Reproduktionsprozesses sein, wobei auch Fragen zur volkswirtschaftlichen Bedeutung und Größe der Wasserwerke, evtl. Ausweichmöglichkeiten für die Wassergewinnung, Aufbereitungsvarianten, Entfernungen zum Verbraucher, Restriktionen, Bedarfsermittlungen usw. in die Betrachtungen einzubeziehen wären.

Derzeitige Genauigkeitskriterien sind in erster Linie qualitativer Natur und wurden für die DDR in der GW-Vorratsklassifikation und GW-Instruktion formuliert. Im Prinzip wird davon ausgegangen, daß die hydrogeologische Erkundung ein Lernprozeß ist, d. h. man sich dem gewünschten Ziel etappenweise nähert, indem man aus den jeweils neu gewonnenen Informationen iterativ auf weitere Arbeiten schließt.

Die Genauigkeit des Vorratsnachweises wird entsprechend dem Grad der Untersuchung mittels Vorratsklassen (A, B, C₁, C₂) festgelegt. Der Untersuchungsgrad wird dabei charakterisiert durch

- die Art der durchgeführten Untersuchungen,
- den Umfang dieser Arbeiten (Aufwand),
- den Auswertungsstand der gewonnenen Informationen.

Demzufolge sind die Vorratsklassen Ausdruck für den jeweiligen Kenntnisstand über die Lagerstätte.

Eine eindeutige Einordnung der Erkundungsergebnisse in die vorgegebenen Klassen setzt konkrete Qualitätsanforderungen an den Untersuchungsgrad und eine Quantifizierung der Klassen voraus.

Z. B. erlauben die gültigen polnischen Richtlinien gegenüber denen der DDR eine günstigere Klassifizierung durch folgende Forderungen:

- Vorratsklasse C - Auswertung vorhandener Unterlagen
- Geländebegehung
 - ggf. geophysikalische Untersuchungen
- B - Durchführung hydrogeologischer Untersuchungen
(Bohrungen, Pumpversuche usw.)
- A - Pumpversuche über Monate bzw. mindestens einjährige Beobachtungen an Wasserwerken

- o Eine Quantifizierung der zulässigen Toleranzen der Bestimmungsgenauigkeit der Vorräte wird nach MILDE-DARMER (1970) von verschiedenen Autoren für feste Minerale verwendet und erscheint auch für Grundwasser möglich (Tabelle 3).

Tabelle 3: Genauigkeiten für Vorratsklassen

Vorratsklasse	KRAJEWSKI	BOGACKIJ	BENKÖ	MILDE für GW
A	10 %	± 15 %	12 %	± 10 %
B	15 %	± 20 %	15 %	± 20 %
C ₁	25 %	± 40 %	25 %	± 40 %
C ₂	40 %		40 %	± 60 %

Untersuchungen hierzu sollten auf vorgenannten Risiko-betrachtungen und einer zusätzlichen empirischen Bewertung der bisherigen Genauigkeit an bestehenden Wasserwerken aufbauen.

Das Erreichen einer hohen Effektivität der hydrogeologischen Erkundung bei möglichst geringem Risiko erfordert in erster Linie eine richtige Organisation des Erkundungsablaufes. Aus diesem Grund hat die Erkundungsdurchführung in verschiedenen Etappen (Suche, Vorerkundung, Detailerkundung) eine besondere Bedeutung. Diese Etappen oder Erkundungsstadien haben jeweils spezifische Aufgabenstellungen, die im Prinzip ebenfalls den ständig zunehmenden Kenntnisstand über die GW-Lagerstätte charakterisieren (Tabelle 4).

Es ist nachdrücklich darauf hinzuweisen, daß eine strenge Einhaltung der Erkundungsetappen die Effektivität der Erkundung wesentlich beeinflusst. DENISOW u. a. (1969) schreiben hierzu:

"In den letzten Jahren wurde oftmals bemerkt, daß die Kosten für eine Vorerkundung durch Arbeiten anstiegen, die man besser im letzten Stadium durchführen sollte und nur in den Lagerstätten, die wirklich positiv eingeschätzt werden. Diese Unzulänglichkeiten entstehen nicht nur aus organisatorischen Ursachen heraus. Sie sind unabweichlich eine Folge nicht richtiger Einschätzung der prinzipiellen Unterschiede, die die Grenze zwischen den Stadien Vorerkundung und Detailerkundung festlegen."

Für die Hydrogeologie wäre im Zusammenhang mit einer Abgrenzung der Stadien beispielsweise zu beachten, daß gewisse Erkundungsparameter, wie Geometrie und Dynamik des gesamten Strömungsfeldes, bereits während der Vorerkundung ausreichend genau quantifiziert werden und diesbezüglich eine Kenntnisstandserweiterung in der Detailerkundung mit überflüssigem Aufwand verbunden ist.

Der wachsende Kenntnisstand im Verlauf der einzelnen Etappen bewirkt eine Verringerung der Differenz zwischen wahren und erkundeten Verhältnissen und kann deshalb ebenfalls als Genauigkeitsproblem aufgefaßt werden.

Vergegenwärtigt man sich außerdem, daß in jeder Etappe eine Aussage über den GW-Vorrat getroffen werden muß, so kommt man nicht umhin, auf einen engen und direkten Zusammenhang zwischen den Erkundungsstadien und Vorratsklassen zu schließen, der nach BAMBERG/GARLING (1975) wie folgt dargestellt werden könnte:

Tabelle 4: Zusammenhang Erkundungsstadium/Vorratsklasse

Erkundungsstadium	Aufgabenstellung	Vorratsklasse
Suche (S)	<ul style="list-style-type: none">- Entdeckung und Erfassung aller potentiellen GW-Lagerstätten eines Gebietes- Ermittlung des Typs bzw. der Kompliziertheit- Einschätzung der hoffigsten Teile- vorläufige Vorratseinschätzung und Rechtfertigung weiterer Erkundungsarbeiten	C ₂
Vorerkundung (VE)	<ul style="list-style-type: none">- Ermittlung des hydrogeologischen Modells (u. a. Besonderheiten des Bases, hydrogeologische Parameter, Strömungsverhältnisse, Einschätzung der Fassungsbedingungen und Qualität- Konkretisierung der Vorratsberechnung	C ₁
Detailerkundung (DE)	<ul style="list-style-type: none">- Unteranrechnung konkreter Fassungsbedingungen- Vorbereitung der direkten Nutzung- endgültiger Vorratsnachweis	B, A

Diese bisher nicht allgemein übliche Koppelung, die in letzter Zeit für feste Minerale u. a. von SEMJONOWITSCH/MAXIMOW (1974) angedeutet wurde, bietet in Verbindung mit quantifizierten Genauigkeitsvorgaben besser die Möglichkeit, das von STAMMBERGER (1966) formulierte ökonomische Axiom der geologischen Erkundung nach einem maximalen Nutzeffekt in kürzester Frist bei geringstmöglichem Aufwand zu erfüllen.

Unter Beachtung vorgenannter Hinweise dürfte nach Abschluß

- o aller Teilthemen eine grundlegende Neubearbeitung der staatlichen Richtlinien (Klassifikation) erforderlich werden.

3. Maßnahmen zur Problemlösung

Die genauigkeitsbezogene Analyse des hydrogeologischen Erkundungsprozesses zeigt, daß zur Lösung der Problematik eine Vielzahl von Teilaufgabenstellungen mit mehr oder weniger großem Aufwand zu klären sind.

Entsprechend der einleitend beschriebenen volkswirtschaftlichen Notwendigkeit der Themenbearbeitung dient eine konkrete Formulierung von Genauigkeitsanforderungen insbesondere der

- Optimierung des Erkundungsaufwandes
(im Sinne "Was wird wann in welchem Umfang durchgeführt?")
- Verminderung des Erkundungsrisikos
- Verbesserung und Abrechenbarkeit der Qualität .

Am Ende der F/E-Arbeit wird demnach, wie bereits gesagt, eine Richtlinie vorgelegt, die letztlich als Grundlage für eine fundierte Überarbeitung der GW-Klassifikation und GW-Instruktion anzusehen ist.

In den Aussagen über die Genauigkeit des nachgewiesenen GW-Vorrates (am Ende ist nur ein Einzelwert verbindlich!) müssen letztlich alle Einzelfehler integriert sein, die im Verlaufe des gesamten Erkundungsprozesses durch unterschiedlichste und z. T. entgegengesetzt wirkende Ursachen auftreten können. Eine zusammenhängende Bearbeitung dieses Problems ist außerordentlich kompliziert und wenig praktikabel. Für die Bearbeitung erscheint es deshalb günstig, das Gesamthema in drei Komplexe a), b), c) zu unterteilen, die zunächst parallel und weitgehend unabhängig voneinander abgehandelt werden können. Eine Koppelung der Ergebnisse ist erst in der letzten Bearbeitungsphase vorzunehmen (bei einigen Teilthemen bietet sich allerdings eine sofortige Zu-

sammenfassung von a) und b) an).

Es handelt sich um die Komplexe

- a) Fehler bei der Informationsgewinnung und -aufbereitung (Schaffung des hydrogeologischen Modells)
- b) Fehler bei der Vorratsberechnung
- c) Erforderliche Vorratsgenauigkeit und Zusammenfassung der Ergebnisse.

Innerhalb dieser Komplexe sind folgende Hauptfragen zu klären:

- zu a) - Wie groß sind die technischen Fehler der verschiedenen Untersuchungsverfahren?
- Welchen Einfluß haben diese auf die unmittelbar daraus abgeleiteten Größen (Parameter)?
- Welche Verfahren der Informationsaufbereitung sind hydrogeologisch relevant und welchen Aufwand erfordern sie?

Für vier wesentliche Teile der Informationsgewinnung (Meßmethoden, Probenahme - Gestein, Wasser, Marktscheiderei) wurden im Anhang anhand von Iststandsanalysen bereits weitere Aufgabenpräzisierungen vorgenommen.

- zu b) - Wann sind welche Berechnungsverfahren mit welchen Schematisierungen vorzusehen?
- Welchen Einfluß haben Fehler der Eingangsgrößen (Parameter) auf die Vorratsgenauigkeit?
- zu c) - Wie genau muß ein Vorrat sein, um ein zulässiges Risiko für die Volkswirtschaft einzugehen?
- Welche Genauigkeit müssen die Berechnungsgrundwerte (Parameter) haben, damit diese Vorratsgenauigkeit eingehalten wird?
- Welche technischen Fehler sind zulässig, um die Toleranzen der Berechnungsgrundwerte (Parameter) einzuhalten?

Eine optimale Bearbeitung des umfangreichen F/E-Themas erfordert eine sozialistische Gemeinschaftsarbeit verschiedener Institutionen. Diese wird insbesondere durch die enge Forschungskoperation des VEB Hydrogeologie mit der Abteilung für Geologische Forschungen und Mathematische Modellierung des Geologischen Kombinates West (OBD), Außenstelle Poznan realisiert.

Wie aus der Themenliste (Tabelle 5) ersichtlich ist, werden in erster Linie die Arbeiten zu

- a) vom VEB Hydrogeologie
- b) vom OBD Poznan

durchgeführt.

Für die Mitarbeit an c) wären möglichst kompetente Vertreter der Wasserwirtschaft zu gewinnen.

Der Nutzen der F/E-Arbeit ergibt sich aus den Angaben zum gesellschaftlichen Bedürfnis. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist eine Quantifizierung noch nicht möglich, obwohl bereits abzusehen ist, daß besonders durch Optimierung des Aufwandes an Bohrungen künftig erhebliche Mittel eingespart werden können.

Tabelle 5: Liste der Teilthemen - Genauigkeit GW-Vorratsnachweis

zu lösende Aufgabe	Form der Bearbeitung	geeignete Bearbeiter	Aufwand für wiss. Bearbeitung		Bearbeitungszeitraum (Vorstellungen)				
			VbE Jahre		1977	1978	1979	1980	1981
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Genauigkeiten der Tiefeneinmessung in Abhängigkeit von Meßmethoden und Bohrverfahren	Lit. Studie mit zusätzlichen Untersuchungen im Feld	VEB HG (T)	1	1	XXXXXX				
2. Bedeutung und Gültigkeit verschiedener Verfahren der k-Wert-Ermittlung, insbesondere aus Siebanalysen und Pumpversuchen	Lit. Studie mit praktischen Beispielen	VEB HG (GF4)	1	2	XXXXXXXX				
3. Ermittlung des technischen Fehlers für die aus Gesteinsproben bestimmten Parameter beim Trocken- und Spülbohrverfahren unter Berücksichtigung der geolog. Verhältnisse	Untersuchungen im Feld und Labor	VEB HG (G + T)	1	2		XXXXXX			
4. Bestimmung der zulässigen Probenintervalle auf der Grundlage veränderlichkeitstatischer Untersuchungen und Überprüfung der Zulässigkeit der Mischprobenbildung für die Bestimmung hydrogeologischer Parameter	Lit. Studie theoretische Untersuchungen, Laboruntersuchungen	VEB HG (GF/GL)	1	1		XXXX			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5. Untersuchungen zum Einfluß von Wasserprobentransport und -aufbewahrung auf das Analysenergebnis	Lit. Studie Laboruntersuchungen	VEB HG (GL)	1	1					
6. Untersuchungen zur räumlichen und zeitlichen Repräsentanz von Wasserproben bei hydrogeologischen Untersuchungen	Lit. Studie theoretische Untersuchungen	WW							
7. Überarbeitung Werkstandard NBS 200 - Überlaufmeßkasten	ggf. Neueichung	VEB HG (GF)	1	0,5					
8. Zusammenfassende Bewertung von Verfahren der angewandten Geophysik bezüglich ihrer Eignung für die Hydrogeologie und der Genauigkeit der Ergebnisinterpretation	Lit. Studie	BA Freiberg oder VEB Geophysik	1	1,5					
9. Genauigkeitsanalyse hydrologischer und meteorologischer Messungen und deren Einfluß auf die Neubildungsberechnung und Bilanzierung	Lit. Studie (Auswertung von Beispielsgebieten)	WW	1	1,5					
10. Erforderlicher Aufwand (an Bohrungen) zur Klärung der Geometrie des GW-Leiters	theoretische Untersuchungen	VEB HG							z. T. realisiert
11. Einfluß der Anordnung und Dichte der Meßpunkte zur Einmessung der Standrohrpiegelhöhe auf die Genauigkeit der Hydroisohypsenkonstruktion und der Vorratsberechnung	theoret. und experimentelle Untersuchungen	OBD Posnan	1	1					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12. Kriterien für die Anordnung von GW-Fassungen unterschiedlicher Konstruktion und deren Einfluß auf den Vorratsnachweis	Lit. Studie VEB HG/WW theoretische Untersuchungen, Beispielsberechnung.		1	2		XXXX			
13. Einfluß der Filtrationsparameter, der Randbedingungen und der Schematisierung auf die Berechnungsgenauigkeit der Vorräte	theoret. und experimentelle Untersuchungen	OBD Poznan	1	2		XXXXXXXX			
14. Untersuchungen zur Eignung verschiedener Verfahren der GW-Vorratsberechnung durch Analysen repräsentativer Fassungsgebiete und Erarbeitung begründeter Empfehlungen für die Auswahl dieser Verfahren	Lit. Studie VEB HG/ theoret. Untersuchungen, Beispielsberechnungen	OBD Poznan	2	2					
15. a) Untersuchung der Genauigkeit, mit der, unter Verwendung verschiedener Erkundungsmethoden, die physikalischen Grundgrößen und die daraus abgeleiteten Informationen über die hydrogeologischen Verhältnisse bestimmt werden können	Zusammenfassung und Aufbereitung der Ergebnisse der Themenbearbeitung	VEB HG	2	1				XXXX	
b) Erforderlicher Aufwand für die Informationsgewinnung in der Hydrogeologie bei vorgegebener Genauigkeit									

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16. Einfluß von hydrogeologischen Parametern, Schematisierung, Fassungsart und Nachweisverfahren auf die Genauigkeit des Vorrates	Zusammenfassung aus Teilthemenbearbeitung	OB D Poznan	2	1				XXXX	
17. Untersuchungen zur Festlegung von Genauigkeitsanforderungen an den Vorratsnachweis	theoretische Untersuchungen	WW	1	2			XXXXXX		
a) Bestimmung des zulässigen Risikos	Lit. Studie	VEB HG/ StVK/WW	3	1			XXXXXX		
b) Untersuchungen zu den Vorratsklassen	theoretische Untersuchungen								
18. Festlegung begründeter Toleranzen bei der Informationsgewinnung und -aufbereitung	Richtlinie im Ergebnis der Teilthemenbearbeitung	VEB HG/WW	1	1					
19. Erarbeitung einer GW-Vorratsklassifikation und -Instruktion unter Einbeziehung aller Ergebnisse der vorangegangenen Untersuchungen	Standardisierungsaufgabe	VEB HG/ StVK/WW	3	2				XXXX	

Literaturverzeichnis

- 1 Autorenkollektiv:
Ausgewählte Methoden der Wasseruntersuchung (Bd. I und II)
Jena: VEB Gustav-Fischer-Verlag 1971
- 2 BACHMANN, H.:
Zur Optimierung des Erkundungsaufwandes unter dem Aspekt des Bergbauisikos
Freib. Forsch.-H. A 416, Leipzig (1967), S. 251 - 262
- 3 BANBERG, H.-F. und GARLING, P.:
Zur Bestimmung des erforderlichen Aufwandes für die hydrogeologische Erkundung von Grundwasserlagerstättentypen.
(Diss. A - Manuskript) Dresden, 1975
- 4 BEIMS, U.:
Beitrag zur Ermittlung repräsentativer Durchlässigkeitsparameter mit Hilfe statistischer Methoden
Dresden, Technische Univers., Diss. 1974
- 5 BRANDT, G. u. a.:
Themenstudie zum Fachbereichsstandard "Geophysikalische Tests"
(einschließlich Nachtrag zur Studie)
VEB Hydrogeologie, Torgau, 30. 12. 1971
- 6 BRANDT, G.:
Nachtrag zur Studie "Methodik Widerstandselektrik"
VEB Hydrogeologie, Torgau, 15. 7. 1973
- 7 ČETVERIKOV, I.I.:
Theoretische Fragen der Beprobung von Gesteinen und Erzen
Vortrags-Manuskript von der 19. Jahrestagung der DGGW in Rostock. 1972
- 8 CIESIELSKI, R. u. a.:
Entscheidungshilfen für die sortengerechte Kohlebereitstellung, Teilleistung 2
P/R-Bericht, Brennstoffinstitut Freiberg 1972. (unveröff.)

- 9 DENISOW, M.N. (KULITSCHICHIN, S.N.) u. a.:
Bestimmung optimaler Erkundungsnetze bei der Vorerkundung von Stockwerklagerstätten. (russ.)
Razwedka i ochrana nedr (1969) 10
- 10 GARLING, F. und BAMBERG, H.-F.:
Grundwasserlagerstättentypisierung zur Optimierung des Erkundungsaufwandes
Themenstudie. VEB Hydrogeologie 1972. (unveröff.)
- 11 GARLING, F. und BAMBERG, H.-F.:
Katalog für die Einschätzung und Planung von Grundwassererkundungsvorhaben auf der Basis von Grundwasserlagerstättentypen - Grundwasserlagerstättentypenkatalog - Teil A, Lockergestein
VEB Hydrogeologie, Dresden 1974
- 12 MARASEK, A.:
Zur erforderlichen Genauigkeit der Messungen von hydrogeologischen Parametern in Lagerstätten- und hydrogeologischen Bohrungen zum Zwecke der Feststellung der Vorräte an unterirdischen Wässern
Studie. Forschungszentrum der geolog. Technik, Warschau 1965/66
- 13 MILDE-DARMER, K.:
Geologische Untersuchungen zum Problem der Bestimmung optimaler Abstände von Erkundungsbohrungen
Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1970.
(Freib. Forsch.-H. C 263)
- 14 PLANKENBICHLER u. a.:
Die Bewertung der Qualität einer komplizierten Anlage und Schlussfolgerungen für spezielle Methodiken der Qualitätsbewertung
Stand. u. Qual. 20 (1974) 7, S. 281

- 15 RASTRIGIN, L.A.:
Zahl oder Wappen? Ein Buch über den Zufall
Moskau: Verlag "Mir",
Leipzig: Urania-Verlag 1973
- 16 SEMJONOWITSCH, W.W.; MAXIMOW, S.P. u. a.:
Wege zur Erhöhung der Effektivität der Such- und Erkundungs-
bohrungen auf Erdöl und Erdgas
Z. angew. Geol. 20 (1974) 6, S. 241 - 248
- 17 STAMMBERGER, F.:
Grundfragen der ökonomischen Geologie
Berlin: Akademie-Verlag 1966
- 18 Zentrale Vorratskommission
Klassifikation der Grundwasservorräte der DDR
(1. Grundwasservorratsklassifikation) vom 15. 4. 1966
- 19 Zentrale Vorratskommission
Instruktion zur Anwendung der "Klassifikation der Grund-
wasservorräte der DDR"
(1. Grundwasserinstruktion vom 1. 7. 1967)