

VLB Hydrogeologie
AS Dresden
FG Meth. Forschung

Dresden, 10. 11. 1976
Dr. Ad/As

S t u d i e

**erforderliche Genauigkeit hydrogeologischer
Untersuchungen für den Grundwasservorrats-
nachweis**

Teilthema: Wasserstands- und Wassermengenmessungen

Arbeitsstufe A 1

Kurztitel: Wasserstand/-menge

Bearbeiter: Dr. Adam

Bearbeitungszeitraum: III + IV/76

Komm.-Nr.: 11 40 006

Geheimhaltungsgrad: "Nur für den Dienstgebrauch"

Dr. Adam
Dr. Adam

Inhaltsverzeichnis

zur Studie

Erforderliche Genauigkeit hydrogeologischer
Untersuchungen für den Grundwasservorrats-
nachweis

Teilthema: Wasserstands- und Wassermengenmessungen

	Seite
Deckblatt	1
Inhaltsverzeichnis	2
1. Aufgabenstellung und Vorstellungen zur Themenbearbeitung	4
2. Wasserstandsmessungen	7
2.1. Forderungen an Wasserstandsmeßgeräte/ -messungen	7
2.1.1. ... nach RGW-Empfehlung RS 3439/74 (12.72)	7
2.1.2. ... nach DDR-Standard TGL 23864/02 (entw. 1.76)	8
2.1.3. ... nach Standard der VR Polen PN-63/G-53013 (8.63)	10
2.1.4. ... nach Werkstandard des VEB HGN NBS 504/02-05 (3.72) - Wasserepiegelmeßgeräte DDR - Sortiment ...	11
2.1.5. ... nach Werkstandard des VEB PROWA WAPRO 7.32/01 (12.72) u. WAPRO 7.39/01+02 (12.72) - BMSR-Anlagen in der Wasserwirtschaft -	12
2.2. Möglichkeiten für Wasserstandsmessungen	13
2.3. Kennziffern von Wasserstandsmeß- und -registriergeräten	14
2.3.1. ... DDR-Produktion (nach MÜLLER und QUAST 1973)	14
2.3.2. ... Produktion anderer RGW-Länder	15
2.3.3. ... Entwicklung	18
2.4. Lage- und Höhenbestimmungen	18

	Seite
3.	Wassermengenmessungen 19
3.1.	Forderungen an Wassermengenmeßgeräte/ -messungen für Pumpversuche 19
3.1.1.	... nach RGW-Empfehlung RS 3439/71 (12.72) 19
3.1.2.	... nach DDR-Standard TGL 23864/02 (Entw. 1.76) 20
3.1.3.	... nach Standard der VR Polen PN-61/G 53070 (11.61) 21
3.1.4.	... nach Werkstandard des VEB HON 22
3.1.4.1.	- WBS 200 (3.71) ... Überfallmeßkasten 22
3.1.4.2.	- WBS 503/01-03 (3.73) Blendenmeßeinrichtung 25
3.2.	Forderungen für Durchflußmessungen in Röhren, Gerinnen, Vorflutern 27
3.2.1.	... nach WAFRO 7.32/03 (12.71) - BMSR-Anlagen ... Durchflußmessung 28
3.3.	Kennziffern von Wassermengenmeß- und -registriergeräten 30
3.3.1.	... DDR-Produktion 30
3.3.1.1.	Mengenähler (für kaltes Wasser) 30
3.3.1.2.	Durchflußmeßeinrichtungen 30
3.3.2.	... Produktion anderer RGW-Länder 33
4.	Einfluß der Genauigkeit von Wasserstands- und Wassermengenmessungen auf die Ermittlung hydrogeologischer Parameter 34
4.1.	Korrelation von GW-Ganglinien 35
4.2.	Konstruktion von GW-Isobypsen und -Scheiden, Ermittlung von GW-Fließrichtungen, GW-Gefällen und GW-Durchflüssen 36
4.3.	Berechnung hydrogeologischer Parameter mit Hilfe von Pumpversuchen 36
4.4.	Ermittlung von Durchflüssen in Vorflutern 37
5.	Schlußfolgerungen und Vorschläge für F/d-Arbeiten 37
6.	Literaturverzeichnis 40

1. Aufgabenstellung und Vorstellungen zur Themenbearbeitung

Hauptaufgabe der angewandten Hydrogeologie ist die Erkundung und Erschließung von Trink- und Betriebswasser. Daneben sind Probleme der Wasserhaltung (für Bauwesen und Bergbau) sowie des Umweltschutzes zu lösen.

Besondere Bedeutung für hydrogeologische Untersuchungen hat die Vorratsberechnung, deren Ergebnis (abgesehen vom demonstrativen Nachweis) wiederum von der Ermittlung verschiedener Parameter einerseits und von den jeweiligen Berechnungsverfahren andererseits abhängt. Im Rahmen dieses Teilthemas sollen nur Betrachtungen zur Genauigkeit von Wasserstands- und Wassermengenmessungen angestellt werden.

Für die Durchführung von Wasserstands- und -mengenmessungen sind empirisch für Gerätetechnik und Beobachtung gewisse Toleranzen festgelegt worden (z. B. in RGW-Empfehlung RS 3439-74, TGL 23864/02, NBS 200, 504 und 505). Voraussetzung für eine Rationalisierung der Meßtechnik ist die kritische Überprüfung der Auswirkung sämtlicher möglichen und maßgeblichen Meßfehler auf die Genauigkeit, mit der bestimmte hydrogeologische Aufgabenstellungen gelöst werden. Dabei sind folgende meßtechnischen Komplexe zu betrachten:

1. Wasserstandemessungen zur ...

- Korrelation von G_w-Ganglinien (indirekte Erfassung von G_w-Neubildung und -Abfluß)
- Konstruktion von G_w-Isohypsen und -Scheiden (Abgrenzung von Einzugsgebieten), Ermittlung des G_w-Gefälles
- Berechnung hydrogeologischer Parameter mit Hilfe von Pumpversuchen (z. B. α , S, k, T)

2. Wassermengenmessungen zur ...

- Berechnung hydrogeologischer Parameter mit Hilfe von Pumpversuchen

- Konstruktion von Nomogrammen für die Ermittlung von Durchflüssen in Vorflutern nach Pegel-Wasserständen
- Ermittlung des Leistungsvermögens von Wasserverken

Bei der Auswertung müßte zunächst von folgenden Grundlagen ausgegangen werden:

- Anforderungen des Hauptauftraggebers (Wasserwirtschaft) und der StVK an Vorratsberechnungen bzw. hydrogeologische Parameter
- Anforderungen in Standards
- Möglichkeiten in der DDR, unter Berücksichtigung der Kennziffern von Meß- und Registriergeräten
- Derzeitige Praxis im VSB HW (Beachtung von Standards, Richtlinien, in Vorbereitung befindlichen Neuerungen, insbesondere zur Automatisierung)
- Art der Messungen (Einzelmessungen, diskret oder willkürlich); Meßreihen (diskret oder kontinuierlich)
- Auswertungsverfahren (Integration, Statistik)

Nach derzeitigem Kenntnisstand sind keine begründeten Anforderungen an Vorratsberechnungen hinsichtlich zulässiger Toleranzen bekannt. Die erforderliche Genauigkeit von Wasserstands- und -mengenmessungen kann - abgesehen von Demonstrativpumpversuchen - nur im Zusammenhang mit anderen Messungen eingeschätzt werden. Deshalb muß sich die Bearbeitung dieses F/s-Teilthemas zwangsläufig auf eine Iststandsanalyse beschränken. Dabei ist ggf. auch eine Einschätzung des Einflusses der Summe von gerätetechnischen und Meßfehler auf die Genauigkeit einzelner Parameter möglich.

erst nach Vorliegen und Koordinierung der Ergebnisse sämtlicher Teilthemen der Meßtechnik, die Einfluß auf die Vorratsberechnung haben, und einer Präzisierung der Anforderungen ist eine reale Einschätzung der erforderlichen Genauigkeit von Einzelparametern möglich. Davon könnten dann entsprechende Anforderungen an die Meßgeräte und -methoden abgeleitet werden.

Bei eventuell notwendigen Verbesserungen der Meßtechnik müßten in einer 2. Bearbeitungsstufe systematische Erhebungen durch Patentrecherche, Auswertung von Standards, Prospekten und F/E-Ergebnissen auch von Nachbardisziplinen (wo insbesondere hinsichtlich Förderstrom-Messungen wesentlich höhere Anforderungen gestellt werden!) und Konsultationen erfolgen.

Sofern sich Notwendigkeit und Möglichkeiten zum Einsatz besserer Meßgeräte und zur Einführung präziserer Meßmethoden in der Hydrogeologie andeuten, wären dann auch entsprechende Tests vorzubereiten und durchzuführen.

2. Wasserstandsmessungen

2.1. Forderung an Wasserstandsmeßgeräte/-messungen

2.1.1. ... nach RGW-Empfehlung RS 3139-71 (12.72)

Geräte für hydrogeologische Untersuchungen in Bohrungen.
Hauptparameter und technische Forderungen

a) Geräte

<u>Ort der Messung</u>		geräte- techn. Fehler %	max. Ø Sonde mm	Registrierung ^{x)}			Meßgerät ^{x)}		
				kon- ti- nuier- lich	dis- kret	spo- ra- disch	Be- auf- sich- ti- gung	Strom- quelle lo- kal	Netz
<u>Pumpversuch - in VBR</u>									
	10	1	12(?)	(+)	+	-	-	(+)	+
	20								
	50								
	100								
<u>- in GWBR</u>									
	50								
	100	5	70	+	(+)	-	(+)	+	(+)
<u>Gu-Beobachtungsnetz</u>									
	10	1	70	-	+	(+)	+	+	-
	50	3							

- x) + Forderung obligatorisch
 (+) " fakultativ
 - " nicht erfüllt

b) Messungen

Untersuchungs- Art	DaUER	Hauptaufgabestellung	GW-Stands- messung
<u>Pumpversuch</u>			
- Probe-FV (KLP, KPV)	0,5-1 Tag	vorläufige quant. und qualit. Beurteilung des GW	fallweise
- DPV	5-10 Tage	Ermittlung der Abhängig- keit des Förderstromes von der Absenkung ...	automatisch
- DEMPV	bis 90 Tage	Ermittlung möglicher quant. und qualit. Ände- rungen des GW in Ab- hängigkeit von der Zeit	automatisch
<u>Stationäre Beobachtung</u>	gens- jährig	Beobachtung natürlicher Schwankungen von GW-Stand und -Qualität ...	automatisch (fallweise)

Meßfehler: nicht toleriert!

2.4.2. ... nach DDR-Standard TGL 25864/02 (Entw. 1.76)

- Hydrogeologie; Pumpversuche;
Vorbereitung und Durchführung
(TGL-entw. wurde bereits vom PA des MfGeo bestätigt)

nach Abschn. 4.2.:

- a) Geräte ... ambulant und/oder stationär, je Versuchsanlage
mindestens 2 vergleichbare und funktionstüchtige
erforderlich.

Geräteohn. Fehler:

= 1 % des Meßbereiches (d. h. von der max. Wasserstands-
änderung)

b) Messungen ...

- von Grund- und Oberflächenwasser allgemein

zul. Beobachtungsfehler von 2 aufeinanderfolgenden Messungen
mit demselben Meßgerät:

± 1 cm für Meßbereich ≤ 30 m
± 2 cm " " > 30 m

- von artesischem Grundwasser

- bei Messung in Aufsatzrohren:

zul. Beobachtungsfehler wie oben

- bei Manometer-Messung:

zul. Beobachtungsfehler $\pm 0,2$ m (Ablesegenauigkeit)

- im Rahmen von Pumpversuchen

Zeitpunkt	Parameter bzw. Bedingung	Messung	zul. Differenz	
nach VBR-Ausbau (vor Klarpumpen)	vorläufiger Bezugs- wasserstand	doppelt	± 4 cm	
beim Klar- pumpen	GW-Absenkung	kontinu- ierlich oder dis- kret nach TGL, Tab. 7	nicht definiert	
nach Klar- pumpen	GW-Wiederanstieg			
vor PV-Beginn	repräsentativer (maßgebender) Bezugswasserstand	doppelt	± 1 cm	
PV-Beginn				
- allgemein	GW-Wiederanstieg - abgeschlossen	doppelt	- 2 cm	zum vor- läuf. Be- zugs- wasser- stand
	- nahezu abge- schlossen (wenn = 2 cm/h)	doppelt	-10 cm	
- im Festgestein	- nicht abgeschlossen (GW-Anstieg sehr langsam)	spezielle Regelungen erforderl. (z.B. lang- frist. GW- Standmess. vor + nach PV)	nicht defi- niert	
beim PV (P - Stufen)	GW-Absenkung	kontinu- ierlich oder dis- kret nach TGL, Tab. 7	nicht defi- niert	
nach PV (P- Stufen)	GW-Wiederanstieg (wenn = 2 cm/h			
bei außer- planmäß. PV-Unterbrechun- gen	Messung evtl. ab- brechen)			

- Meßintervalle für diskrete Messungen (Empfehlungen nach TGL 23864/02 Tab. 7)

Zeitraum ab (P-Stufen-Beginn bzw. -ende	Meßintervall für benachbarte Meßstelle	
	VBR	
bis 10 Min.	1 Min.	2 Min.
30 "	5 "	5 "
60 "	10 "	10 "
2 Std.	20 "	20 "
3 "	30 "	30 "
4 "	60 "	60 "
5 "	60 "	90 "
ab 6 "	60 "	120 "

2.1.3. ... nach Standard der VR Polen
PN - 63/0 - 53045, Gruppe XIII (B.63)

- Hydrogeologische Tiefenmesser
Technische Forderungen und Prüfungen

Art der Meßgeräte	Meßbereich m	zul. gerätetechn. Fehler (% im Mittel)	
		mm	
Stahlschwimmer mit Be- schwerung	30	3	(0,03)
Stahlschwimmer mit akusti- schem, opt. oder elektr. Signal	30 - 50	6	(0,02)
	50 - 100	10	(0,04)
	100 - 500	30	(0,04)
Stahlseile mit akust., opt. oder elektr. Signal, Liniographen	30	10	(0,07)
	30 - 50	12	(0,03)
Schwimmer mit Meßscheibe auf Drehkreuz, pneumat. Anzeige	50 - 100	20	(0,03)
Resistivimeter, Scholote	100-500	60	(0,02)
	300	(> 500)	0,1

Untersuchungen in der VR Polen in den Jahren 1963/66 haben ergeben, daß diese Forderungen an die Meßgeräte in die Praxis gar nicht realisierbar sind. Nach SCHMANDRA (1967) wurden seinerzeit folgende Empfehlungen gegeben:

für Meßbereich	zuläss. Fehler
bis 50 m	40 mm (0,08 %)
50 ... 100 m	75 ... 150 mm (0,15 %)

2.1.4. ... nach Werkstandard des VEB HGW
NBS 501/02 - 05 (3.72)

- Wasserspiegelmeßgeräte DDR-Sortiment, Einsatzbedingungen

NBS-Blatt Meßgerät	Prinzip	Meßbereich bis ... m	Skalenwert cm	geräte- techn. Fehler ±	Störfaktoren/ Hinweise
02 Brunnen- pfeife mit Stahl- meßband	akust. Signal	100	1	1 cm	Geräuschkulisse für Kontrollen Pfeifenzyliner mit Kreide bestreichen
03 FLÄSCHER- Lichtlot mit Stahl- meßband	elektr.- opt. Signal	in Rohren = 2" 10 in Rohren > 2" 30	1	1 cm	Verdeckung der Lichtquelle durch Meßband, Rohrkrümmung, Steigleitung, trübes Wasser
04 Tiefen- lot VSB Steremat	mechan. (Schwimmer) mit Zähluhr	150	1	0,2 %	Reibung der Sonde an Rohr- wand/störan- fällig, für PV ohne Bedeutung
05 pneumat. Meßgerät	pneumat. mit Manometer	16 27 40 67	5 8 12 20	40 cm 16 " 24 " 40 "	komplizierter Aufbau, zusätzl. Fehlerquelle: Meßleitung/nur für Klappumpen

2.1.5: ... nach Werkstandard des VwB PROWA

- BMSR-Anlagen in der Wasserwirtschaft -

WAPRO 7.32./01 (12.72) und WAPRO 7.39./01+02 (8.72)

- WAPRO 7.32./01 (12.72)

Messung physikalischer Werte des Wassers;
Wasserstandsmessung

Meßprinzip /Ausführung	Meß- Bereich bis ... m	Kontakt- Intervall em	Sonde Ø mm	gerätetechn. Fehler	
				Anzeige	Trommel Band
mechanisch (Schwimmer) /Steremat	0 - 2	(stetig)	25 } 40	+ 2 cm	
	2 - 4			- 1 cm	
					+ 2,5cm ± 1 %
Teilspannung (Ferngeber)				± 2 % (vom Skalendwert)	
elektrisch (Widerstand) /Aegir	(Auswahl)		40 (50)	± 2 % (vom Skalendwert) Fernübertragung und Anschluß an SDVA möglich	
	5	20			
	10	20			
	20	40			
		80			
	50	100			
	100	200			

- WAPRO 7.39./01+02 (8.72)

Automatische Gewässerüberwachung; Wasserstand;

Lochstreifenpegel (L)/digitaler Fernpegel (D)

Meßprinzip /Ausführung	Meß- Bereich bis ... m	max. wasser- standsände- rung m/h	Geber Ø mm	gerätetechn. Fehler em
mechanisch L (Schwimmer) /VwB Meteor. Meßgeräte Berlin	99,99	6	200	+ 0,8 zusätzl. Fehler durch Längenände- rung des Seiles u. Überschreitung zuläss. Wasserstands- änderung
	D 9,99 99,99	50	200 (150)	± 0,7

2.2. Möglichkeiten für Wasserstandsmessungen

Grundlage	Meßprinzip	Hinweise
Aerometrie	in Rohre nachströmende bzw. aus diesen ausfließende Luft	Rohre müssen gut abgedichtet sein
elektrocolorik	colorimetrisch	Meßstrecke beheizt
Hydrostatik	elektromagnetisch (mit Druckdose)	Druckdosen aus Serienproduktion haben rel. großen Durchmesser; Einzelproduktion (z. B. Fa. FLAISCHER Dresden) u. nachgeordnete Elektronik sehr teuer
	pneumatisch (Perlrohr und Nanometer bzw. Bandschreiber)	Zubehör vorw. aus DDR-Produktion erhältlich, relativ kostengünstig
Mechanik	Schwimmer kombiniert mit Meßgeräten (z.B. Photozelle, Induktionsmeßgerät)	reaktionsträge und stürzanfällig
Meßkette	mit Kontakten	in engen Rohren nur begrenzte Anzahl von Kontakten zur Erfassung ausgewählter Wasserstände möglich
	- elektrisch mit Metalldraht (optische Anzeige bzw. autom. Registrierung, z. B. mit Lochtaster)	- bei Gleichstrom Galvanisierereffekt
	- optisch mit Lichtleitkabel	- schwimmende Lichtquelle erforderlich
Radax	Abstandsmessung	Störeffekt durch Reflexion an Rohrwandungen von Rauigkeit abhängig
Radionetrie	Abstandsmessung (mit γ -Strahlen)	Fehler $\approx 2\%$, wächst mit zunehmender Absenkung; Kosten je Meßst. mind. 10 TM
Ultraschall	Abstandsmessung	Fehler ca. 2,5 - 3 cm, einfache Handhabung

2.3. Kennziffern von Wasserstandsmeß- und -registriergeräten

2.3.4. ... DDR-Produktion (nach MÜLLER u. QUAST 1973)
(ohne Pfeißgeräte und Lichtlote)

Meßgerät /Hersteller	Prinzip	Meß- be- reich bis ... m	Kon- takt- Inter- vall mm	Sonde Ø mm	Ge- räte- techn. Fehler ...cm	Hinweise
Trommel- schreiber TS, TSF /VLB Steromat	mechan. (Schwim- mer)	2,5		40	2,5	Antrieb f. 8 d, Umkehrspanne 4cm, zul. Temp. -10° ... +40°C, Preis: 1080,- M (1295,- M mit Ferngeber)
Pegel-(Band) Schreiber PR /VLB Steromat	mechan. (Schwim- mer)	2,5		50 (2")	2,0	Antrieb f. 8 d, Band: 250 mm, Vorschub: 20 mm/h Preis: 1080,- M (ohne Meßeil)
Anzeige- Pegel PA 4 /VLB Steromat	mechan. (Schwim- mer)	3,5		38 (1 1/2")	3,5	Umkehrspanne 1,5cm Betriebspann. 24V Preis: 169,- M (383,- M mit Ferngeber)
Fernmeß- anlage /VLB BMSR ASU IR	elektr.	1,5	25,4	<300	0,25 0,5 2,0	Antrieb: 220 V WS Preis: Behälterpaar 425,- Netzschiene 280,- Meßgerät 1205,-
Loch- streifen- pegel ISF /Ifw/VLB Meteorol. Meßgeräte	mechan. (max. 6m/h wasser- stands- änderung!)	99,99		200	0,8	zusätzl. Fehler durch Rutschen u. Seil-Längen- änderung Antrieb: mit Akku 30 d, Registrie- rung in 15 Min.- Intervallen, Preis: 8000,- M
Semielek- tron. digi- taler Fern- pegel DFP /Ifw/VLB Meteorol. Meßgeräte	mechan. (max. 50m/h wasser- stands- änderung!)	9,99 99,99	(10)	200 (38)	0,7	Antrieb: 220 V WS oder Akku (12VGS, f. 30 d), Registrierung in 15, 30, 60, 120, 240 Min.-Intervallen bei Test 10 ... 20 Fehler, Preis: ca. 4000,- M

2.3.2. ... Produktion anderer RGW-Länder

Hersteller / Meßgerät	Meßbereich bis...m	Wasserstandsänderung m/mm	Sonde Ø mm	gerätech. Fehler ± om	Hinweise
UdSSR					
1968 (nach RGW-Studie der CSSR)					
a) Bandmaß-Geräte					hydraulisch, Pfeifen-Prinzip
- R - 90b) 90,) 100				
- GIP-19b					
b) elektr. Abtaster (mit Batterie)				(0,1 %)	Abmessungen (cm):
- AW-1H	200		42	20	16 x 22 x 31
- UG-50	50		42	5	3 x 43 x 22
- UG-75	75		42	8	8 x 43 x 22
- UG-200	200		42	20	45 x 15 x 20
c) Schwimmer-Vorläufe					Abmessungen (cm)
- UB-1	60		72	1	Zählwerk 4x6x7
- SUP-3	100		70) Selbst- 30x70
- SKI-M "Waldai"	6		250) Schreiber 24x26x55
- GP-3B (GP 20, GP 40)	60		12	1 %	Selbstschreiber u. Batterie 2 V oder 220 V ~
d) pneumat.-PUP	10 25 60		2,5 ^{x)} 5 50	20 ^{xx)} 50 20	x) mit Manometer (xx) mit Schreiber MSS-410
e) in Entwicklung:					
Induktions-Spiegelmeßgerät	(20)		6	2 %	
Spiegelregistriergerät RÜZ	60		70	1	autom. Registrierer

Hersteller /Meßgerät	Meßbe- reich bis...m	Wasser- stands- änderung m/mm	Sonde Ø mm	geräte- techn. Fehler ± cm	Hinweise
<u>UdSSR</u> 1974 (nach Prospekt des Allunions- forschungs- institutes... (VIIMS), Zentral- kasachstan. geol. Zen- tralverwitg. Gerät für dynam. Wasser- pegel - ARSU _R	60	0,3-3,5	15	10 (40)	Abmessung: 17x19x30 Batteris: 12 V ^{om} Papiervorschub 100...500 mm/min Registrierung: diskret und kontinuierlich
<u>VR Polen</u> 1965/66 (nach KARASZK) - Pfeifen (mit Meßband) (95 % aller Geräte!) - Lichtlot - elektr. Depressio- meter - mechan. Depressio- graph (mit Schwim- mer) - Seil und Schwerstange	50 100 30 40 50			4 (0,08 %) 7,5-15 (0,15 %) 0,05- 0,5 % 45-75 3-5 (0,06- 0,1 %)	Fehler durch: - Bänderigensch. 6 mm - Ablesen 10 " - Luftverdicht. 10 " - Pfeifen- konstruktion 10 " Fehler tiefen- abhängig bei Spannungsabfall bis 2 m Fehler!

Hersteller / Meßgerät	Meßbereich bis...m	Wasserstandsänderung m/min	Sonde Ø mm	gerätech. Fehler ± cm	Hinweise
<p>VR Polen 1973 (nach Prospekt OSRODEK BADAUCZO-ROZROFONY TLOMIXI OLOL (Warschau) elektromech. wasserpiegelmessgeräte</p>					
- SMP-11	100 (1; 2,5; 5; 10; 12,5; 15; 25; 50; 75)	0,6 (18)	20	(1+ 10 ⁻³ H) H-Wasserstandsänderung	Vorführung am 27.5.76 im HGN - Objekt Müggelsee Abmessung: 20 x 30 x 60 cm Speisung: 24 V, 50 Hz komb. mit Ables- u. Schreibgerät, ggf. Fernübertragung 30 km
- SMP-21	200		20	2 cm	Abmessung: 12 x 18 x 24 cm Speisung: 2x9VDC
- SMP-31	1200	10	30	(10+ 10 ⁻³ H)	Gewicht: ca. 150 kg Speisung: 380/220 V
- SMP-41	100	5	12 (40)	2	Abmessung: 25 x 40 x 60 cm Gewicht: 35 kg Speisung: 24 VDC Datenausdruck: 0,01; 0,1 + 1/h
<p>CSSR 1968 (nach RW-Studie der CSSR) Schwimmergerät</p>					
- METRA 304	2,5 5 10 20		160 300		Antrieb: Uhrwerk mit 8 Tagen Gangdauer Registrierung: 4-stellig
- METRA 315	300		160	1,5 %	Antrieb: Uhrw. ± 5 %
- METRA 319	50			1 %	Antrieb: 24 V
- METRA 326	28				mit Quecksilberkontakt
- METRA 327	28				mit Potentiometer
- METRA 328	1				mit Anzeige- oder Registriergerät

2.3.3. ... Entwicklung

Im VEB BGN wird z. Z. eine NVe mit dem Kurztitel

"Rationalisierung von Wasserstandsmessungen ..."

bearbeitet. Im Rahmen dieser Arbeit wurden auf pneumatischem Meßprinzip beruhende Einrichtungen getestet, die die Erfassung von Wasserstandsänderungen - bezogen auf den jeweiligen Schwankungsbereich - mit Fehlern $\pm 1\%$ ermöglichen. Nach diesem Meßprinzip können auch Wasserstandsänderungen im mm-Bereich, wie sie in Meßkästen auftreten, objektiv registriert werden. Sehr schnelle und große Wasserstandsänderungen, wie sie für wenige Minuten zu PV-Beginn und nach dem Abschalten der Pumpe auftreten, müssen anders (z. B. mit Lichtlot) gemessen werden.

Von der Sektion Wasserwesen der TU Dresden wurde Mitte 1976 eine auf dem elektromagnetischen Prinzip (Druckmeßdose) beruhende Einrichtung getestet, die extrem hohe Genauigkeit (digitale Anzeige und Meßdatenausdruck im mm-Bereich) garantiert, auf Grund ihrer Kompliziertheit und des hohen Preises allerdings nur im Ausnahmefall für Feldarbeiten eingesetzt werden kann.

2.4. Lage und Höhenbestimmungen

Als Bezugsbasis für die Auswertung von Wasserstandsmessungen ist die Genauigkeit von Lage- und Höhenbestimmungen von Bedeutung. Deshalb wurde am 3. 11. 1976 das PT Markscheiderei der Arbeitsstelle Berlin (GM 6, Koll. BSCH) konsultiert. Demzufolge werden unter Berücksichtigung der in TGL 6429/55 fixierten Mindestanforderungen und in Abhängigkeit von den vom Objektbe-
arbeiter vorgegebenen Anforderungen folgende Unterschiede gemacht:

- Lage

<u>Variante</u>	<u>Bestimmung</u>	<u>zul. Fehler (absol. zum Netz)</u>
1	graphisch nach 10 000er Karte	± 15 m
2	Einmessung optisch (bezügl. Arbeitsgerät keine Festlegung)	± 1 m
3	Einmessung mit Meßband oder Basialatte	$\pm 0,2 \dots 0,3$ m

- Höhe

1. abs. Genauigkeit zum Netz ± 5 cm
2. relat. Genauigkeit (nicht genau vorgegeben)
 ± 1 cm im Profil

3. Wassermengenmessungen

3.1. Forderungen an Wassermengenmeßgeräte/
-messungen für Pumpversuche

3.1.1. ... nach RGW-Empfehlung RS 3459/74 (12.72)

a) Geräte

Messung	Meßbereich	Geräte- techn. Fehler %	Registrierung ^{x)}			Meßgerät ^{x)}		
			kon- ti- nuier- lich	dis- kret	spo- ra- disch	Beau- sich- ti- gung	Strom- quelle lo- kal	Netz
Förder- leistung von Brunnen	0 - 10 5 - 30 10 - 100	} 5	(+)	-	-	(+)	(+)	+

b) Messungen bei Pumpversuchen: fallweise, ggf. automatisch

Meßfehler: nicht toleriert!

x) + Forderung obligatorisch
(+) " fakultativ
- " nicht erfüllt

3.1.2. ... nach DDR-Standard TGL 23864/02 (Entw. 1.76)

- Hydrogeologie; Pumpversuche; Vorbereitung
und Durchführung -

a) Geräte für Pumpversuche:

Forderungen: 1. Dichtung

2. Auswahl nach Förderstrom wie folgt

Förderstrom in l/s	Messung mit
≤ 0,5	Behälter u. Stoppuhr (min. 5 sec. Meßzeit)
≤ 15	" " (bei stücktaufreier Wasserableitung)
≤ 10	Dreieck-Überfall
5 bis 35	200 mm - Rechtecküberfall
6 bis 70	400 " "
10 bis 110	800 " "

Gerätetechn. Fehler:

≤ 5 % des Meßbereiches (d.h. von max. Förderstrom)

b) Messungen bei Pumpversuchen:

In TGL 23864/02 sind keine Toleranzen festgelegt.

Die Ermittlung des Förderstromes bei Pumpversuchen erfolgt vorwiegend durch Messung des Wasserstandes h (in mm) über einem Meßbolzen vor dem Wehr mittels Zollstock. Dabei entstehen Beobachtungsfehler durch:

- unterschiedliche Zollstöcke (Holz, Metall, mit Schutzkante)
- Benetzung bzw. Wasserabweisung
- Turbulenz
- falsche Ablesung

Die Summe der Beobachtungsfehler wird im Mittel auf ± 2 mm geschätzt.

3.1.3. ... nach Standard der VR Polen

PN - 61/G 53070, Gruppe IV 41 (11.61)

- Hydrogeologisches Gerät, Überlaufkästen -

Zur Messung der Höhe (h) der Wasserstauung soll ein End-Strich-Längenmaßstab mit 1 mm-Einteilung aus rostfreiem Stahl an der Seitenwand des Kastens senkrecht zum Kastenboden so befestigt werden, daß die Null des Maßstabes mit ± 1 mm auf der Höhe des unteren Randes des Überlaufes liegt.

Aus den Tabellen-Anlagen des Standards lassen sich folgende Fehler ableiten:

1. für Dreiecksüberfall (Tabelle 1 für h = 40 ... 99 mm)

h mm	m^3/h	Fehler bei $\pm h + 1$ mm	
		m^3/h	%
40	1,61	0,12	7,5
50	2,82	0,16	5,7
75	7,82	0,25	3,2
98	15,19	0,30	2,0

2. für Rechtecksüberfall (Tabelle 2 für h = 10 ... 29 mm)

Spalt- breite mm	h mm	m^3/h	Fehler bei $\pm h + 1$ mm	
			m^3/h	%
200	10	1,44	0,25	17,4
	50	14,76	0,43	2,9
	100	40,32	0,58	1,4
	200	111,24	0,83	0,7
	290	187,92	1,01	0,5
1000	10	7,77	1,22	15,6
	50	77,83	2,30	3,0
	100	215,42	3,25	1,5
	200	603,97	3,66	0,6
	290	1085,32	(5,0)	0,5

Es ist also mit folgenden gerätetechnischen Fehlern (Teil-
fehlern) zu rechnen:

Dreiecksüberfall: vorw. $\pm 3 \dots 6 \%$ (Streubereich 2 ... 7,5 %)

Rechtecksüberfall: vorw. $\pm 1 \dots 3 \%$ (Streubereich 0,5... 4,7 %)

Die Beobachtungsfehler dürften in ähnlicher Größenordnung liegen,
da durch die Beschaffenheit und feste Montage des Längenmaßstabes
eine Ablesung auf ± 1 mm möglich ist.

3.1.4. ... nach Werkstandards des VAB HW

3.1.4.1. - NBS 200 (3.71)

- Hydrogeologie; Meßtechnik;

Durchflußmessung - Überfallmeßkästen -

Förderströme von Versuchsbrunnen werden fast ausschließlich
mit Hilfe von Meßkästen ermittelt. Für die Auswahl der Meßwehre
gelten die Forderungen von TGL 23864/02 (siehe auch 3.1.1.).

Die Meßkästen nach NBS 200 gehen auf Zeichnungen von WOBUS und
WERNER(1959) zurück. Dabei wurden gerätetechnische Fehler $\pm 3 \%$
bestimmt und "die Genauigkeit ... für praktische Belange aus-
reichend" bezeichnet.

Für die Durchführung der Messungen wird nach NBS 200 Abschn. 4.3.
ein sauberer (ölfreier) Metallmaßstab gefordert, der vor der
Messung anzuweichen ist. In der Praxis werden jedoch vorwiegend
Gliedermaßstäbe aus Holz verwendet. Außerdem handelt es sich
durchweg um nicht gesichte Maßstäbe, z. T. ist sogar vor dem
Skalen-Anfang noch eine 1 ... 2 mm starke Schutzkante angebracht.
Aus diesen Gründen muß mit Meßfehlern zwischen $\pm 1 \dots 3$ mm ge-
rechnet werden.

Aus den Tabellen von WBS 200 lassen sich daraus folgende Fehler ableiten:

1. Meßkasten mit Dreiecküberfall (Typ I)

h mm	Q 1/s	Fehler bei $\Delta_h \dots$					
		+ 1 mm		+ 2 mm		+ 3 mm	
		1/s	%	1/s	%	1/s	%
10	0,08	0,01	12,5	0,02	25	0,03	37,5
50	0,88	0,03	3,4	0,07	8,0	0,1	11,4
100	4,32	0,1	2,3	0,2	4,6	0,32	7,4
150	11,80	0,22	1,8	0,42	3,6	0,63	5,3

2. Meßkasten mit 200 mm-Rechtecküberfall (Typ II a)

h mm	Q 1/s	Fehler bei $\Delta_h \dots$					
		+ 1 mm		+ 2 mm		+ 3 mm	
		1/s	%	1/s	%	1/s	%
10	0,65	0,07	10,8	0,14	22	0,20	31
40	3,15	0,10	3,2	0,20	6,3	0,30	9,5
50	4,20	0,11	2,6	0,22	5,2	0,33	7,9
100	10,70	0,15	1,4	0,30	2,8	0,45	4,2
150	19,35	0,19	1,0	0,38	2,0	0,57	2,9
200	29,80	0,25	0,8	0,46	1,5	0,69	2,3
250	41,65	(0,25)	(0,6)	(0,49)	(1,2)	(0,73)	(1,8)

3. Meßkasten mit 400 mm-Rechtecküberfall (Typ II b)

h mm	Q 1/s	Fehler bei $\Delta_h \dots$					
		+ 1 mm		+ 2 mm		+ 3 mm	
		1/s	%	1/s	%	1/s	%
10	1,03	0,13	12,6	0,26	25	0,39	38
40	6,00	0,20	3,3	0,41	6,8	0,62	10,3
50	8,17	0,23	2,8	0,46	5,6	0,69	8,4
100	24,75	0,30	1,4	0,61	2,8	0,92	4,2
150	38,40	0,38	1,0	0,76	2,0	1,14	3,0
200	58,30	0,40	0,7	0,80	1,4	1,20	2,1
240	75,10	0,43	0,6	0,86	1,1	1,29	1,7

4. Meßkasten mit 800 mm-Rechtecküberfall (Typ II c)

h mm	Q l/s	Fehler bei $\Delta h \dots$					
		+ 1 mm		+ 2 mm		+ 3 mm	
		l/s	%	l/s	%	l/s	%
40	1,90	0,22	11,6	0,44	23	0,66	35
37	10,18	0,40	3,9	0,80	7,9	1,22	12,0
30	16,09	0,52	3,2	1,04	6,5	1,56	9,7
100	44,86	0,64	1,4	1,29	2,9	1,94	4,3
150	80,00	0,77	1,0	1,55	1,9	2,33	2,9
200	120,86	0,90	0,7	1,80	1,5	2,70	2,2

Rechnet man mit einem mittleren Fehler der Wasserstandsmessungen von ± 2 mm, so resultieren folgende mittlere Beobachtungsfehler des Förderstromes:

Dreiecksüberfall: vorw. $\pm 4 \dots 8$ % (Streubereich: 3,6 \dots 25)

Rechtecksüberfall im Toleranzbereich:

vorw. $\pm 2 \dots 6$ % (Streubereich: 1 \dots 8)

Die größten Meßfehler sind bei kleinen Förderströmen zu erwarten. Leider wird in der Praxis dem Unterschreiten zulässiger Förderströme für die jeweiligen Überfall-Typen keine Aufmerksamkeit geschenkt. Bei Dreiecksüberfällen ist nicht einmal eine untere Toleranz festgelegt worden. Es wird deshalb empfohlen, die Tabellen grundsätzlich nur für $h > 30 \dots 40$ mm zu begrenzen und für Förderströme < 1 l/s andere Meßmethoden zu fordern.

Für das Auslitern, das z. Z. als Kontrolle von Meßkasten-Messungen vorgeschrieben, aber nicht immer sachkundig durchgeführt wird, fehlen noch verbindliche Vorschriften.

Für diskrete Förderstrom-Messungen bei Pumpversuchen gelten nach TGL 23864/02 Tab. 7 dieselben Meßzeitintervalle wie für die Wasserstandsmessungen (siehe Abschn. 2.1.2.).

3.1.4.2. - NBS 103/01 - 03 (3.73)
 - Blendenmeßeinrichtung -

a) Meßblende (nach Blatt /03)

Auswahl nach Förderstrom wie folgt

Nenn- größe	Blenden- durchm. mm	Meßbereich	
		m ³ /h	l/s
I	410	59,4 - 189	16,5 - 52,5
II	90	25,2 - 80	7,0 - 22,2
III	60	9,7 - 30	2,7 - 8,3
IV	40	4,0 - 13	1,1 - 3,6

b) Gerätetechn. Fehler (nach Blatt /04): $\pm 2,5 \%$

c) Beobachtungsfehler

Ablesen der Staudruckhöhe H: ± 2 mm (nach Blatt /04)

Aus den Pumpversuchstabellen (Blatt /05) lassen sich daraus folgende Fehler ableiten:

1) für Nenngröße IV (40 mm)

H mm	Q m ³ /h	Fehler bei $\Delta H \pm 2$ mm	
		m ³ /h	%
100	4,16	0,04	1,00
200	5,88	0,05	0,50
400	8,34	0,02	0,24
800	11,75	0,02	0,18
1000	13,14	0,02	0,15

2) für Nenngroße III (60 mm)

H mm	Q m ³ /h	Fehler bei $\Delta_H + 2$ mm	
		m ³ /h	%
100	9,51	0,09	0,95
200	13,44	0,07	0,50
400	19,01	0,05	0,26
800	26,89	0,03	0,11
1000	30,06	0,03	0,10

3) für Nenngroße II (90 mm)

H mm	Q m ³ /h	Fehler bei $\Delta_H + 2$ mm	
		m ³ /h	%
100	25,27	0,25	1
200	35,74	0,18	0,50
400	50,55	0,12	0,24
800	71,48	0,09	0,13
1000	79,92	0,08	0,10

4) für Nenngroße I (110 mm)

H mm	Q m ³ /h	Fehler bei $\Delta_H + 2$ mm	
		m ³ /h	%
100	59,77	0,59	1
200	84,52	0,42	0,50
400	119,53	0,30	0,25
800	169,05	0,21	0,12
1000	189,00	0,19	0,10

Der Beobachtungsfehler müßte demzufolge generell $\leq \pm 1$ %, bei mittleren Förderströmen $\approx 0,2 \dots 0,5$ % betragen. Blendeneinrichtungen werden trotz dieser geringen Meßfehler in der Praxis nicht eingesetzt. Es sollte deshalb unbedingt eine kritische Überprüfung stattfinden. Dabei müßten u. a.

folgende Standards beachtet werden:

TGL 97 - 99, TGL 14586, TGL 21925, TGL 22771, TGL 25502,

WAPRO 1.39., WAPRO 7.32./03;

3.2. Forderungen für Durchflußmessungen in Rohren, Gerinnen, Vorflutern

Im Rahmen dieser Studie können vorwiegend nur Hinweise auf noch
a-uszuwertende Standards und Richtlinien gegeben werden:

TGL 0-1952 (8.62)	Durchflußmeßregeln ...
TGL 97-99 (1.62)	... Durchflußmesser ...
TGL 14586	Woltmanzähler ...
/01 (12.63)	- Baugrößen
/02 (3.64)	- Techn. Lieferbedingungen
TGL 21925 (8.69)	... Durchflußmeßblenden (Milch-/ Getränkeindustrie)
TGL 22771	... Wassermengenmessung ... Trinkwasser- ...
/01 (3.68)	- Allg. Forderungen
/02 (3.71)	- Einbauvorschriften ... Wasserzähler
/03 (3.72)	- " " Wirkdruckmeßanlagen
TGL 24352 (6.71)	Meßstationen für Wasserstand und Durchfluß ...
/01	- Lattenpegel ...
/02	- Schreibpegel ...
TGL 25502 (10.70)	Durchflußmeßtechnik; Meßrohre mit angegossener Normblende
/01	- Hauptabmessungen
/02	- Technische Lieferbedingungen
WAPRO 2.04. (10.69)	Dreiecksüberfälle nach Thompson ...
WAPRO 2.10. (10.69)	Schrägschlitzüberfall
WAPRO 2.11. (10.69)	Knierohrüberfall

Amt für WaW1

- Durchflußmeßvorschrift (Vorschrift Nr. 4/1969)

- Handbuch für den Techniker, Teil 2 - Abfluß - (1963)

3.2.1. ... nach WAFRO 7.32./03 (12.71) - DMSR-Anlagen ...
Durchflußmessung

Auswahl der Drosselgeräte (Blenden, Düsen): nach WAFRO 1.39.
Großwasserzähler: nach TGL 14586

1) Kennwerte üblicher Mengenzähler (nach Tab. 1)

...-Zähler	Nenngröße	Meßbereich m^3/h	geräteechn. Fehler (ohne Zusatzeinricht.)
WOLTMAN (WS)	NW 50	0,35 - 30	ab $3 m^3$ 6 " } $\pm 3 \%$ 9 " } 15 " }
	80	0,65 - 100	
	100	0,85 - 150	
	150	1,50 - 300	
Wälzkolben	NW 40	1,20 - 12	$\pm 0,5 \%$
	65	2,40 - 24	
	100	7,00 - 70	
Ringkolben (Trocken- läufer)	3 m^3 R 1"	0,01 - 3	von 6 bis 100 % der Nennbelastung $\pm 3 \%$
	5 " R 1"	0,015 - 5	
	7 " R 1 1/4"	0,025 - 7	
	10 " R 1 1/4"	0,03 - 10	
	20 " R 2"	0,045 - 20	
Flügelrad (Trocken- läufer)	3 m^3 R 1"	0,04 - 3	von 6 bis 100 % der Nennbelastung $\pm 3 \%$
	5 " R 1"	0,06 - 5	
	7 " R 1 1/4"	0,08 - 7	
	10 " R 1 1/4"	0,105 - 10	
	20 " R 2"	0,17 - 20	
	30 " NW 50	0,22 - 30	

2) Kennwerte üblicher Durchflußmesser nach Wirkdruckverfahren
(nach Tab. 3)

Bei Durchfluß $< 10 \%$ der max. Menge ist Wirkdruck so gering,
daß keine Anzeige möglich, deshalb Angabe der Gerätefehler
erst ab 15% des Anzeigebereiches.

Meßgerät	Anzeige m^3/h	gerätetechn. Fehler ... \pm % vom Anzeigewert ab Anzeigebereich (AB)		zuläss. St. Druck Kp/cm^2	
		15 %	30 %		
Ringwaage	0 - 1 } : : } 0 - 8 }	Erweit. mit 0,1; 10; ...	nicht an- gegeben	1 - 2	ND 64
Schwimmer- messer	0 - 1 } : : } : : }	Erweit. mit	1	0,5	ND 100 ND 400
Membran- Durchfl.- Messger	0 - 8 } : : }	10; 100; ...	1,6	1	ND 160
Diff.- druck- meß- umform.			ab AB 10 %	0,6	ND 100
			ab AB 17 %		ND 25

3) Venturi-Kanalmesser

keine Angabe von Toleranzen

4) Vornübertragung von Meßwerten

zuläss. Fehler für gesamte Meßanordnung: $\pm 2 - 3 \%$

" Zeitspanne zwischen Messung und Anzeige: 2 Min.
(ausgenommen Regelzwecke)

3.3. Kennziffern von Wassermengenmeß- und -registriergeräten

3.3.1. ... DDR-Produktion

3.3.1.1. Mengenzähler

- Weltmanzähler (für kaltes Wasser, nach Prospekt des VEB GRW Teltow)

Nenngröße		50	80	100	150
zuläss. Beanspruchung m ³ /d	bei 10 Betr.-Std.	150	500	900	2000
	bei 24 Betr.-Std.	300	1000	1800	4000
Gerätetechn. Fehler ± 5 %	ab ... m ³ /h	0,35	0,65	0,85	1,5
		± 2 %	3	6	9

kleinster Skalenwert: 0,001 bzw. 0,01 m³

(auch mit elektr. Fernzählung)

Fehlerursachen: Luftbeimengungen

- Wälzkolbenzähler: Fehler ± 0,5 % bei Belastung $Q_{\min} = 0,2 \cdot Q_{\max}$

- Pneumat. Volumenfernzählung: Fehler ± 1 % der Menge, bei Mengen ≥ 20, 200 bzw. 2000 l

3.3.1.2. Durchflußmeßeinrichtungen

- Meßeinrichtung für Oberflächengewässer

± 10 % Meßfehler sind nach MÜLLER und QUAST (1973) unbedenklich. Durchführung der Messungen mit Meßwehren bzw. Meßflügeln, in Verbindung mit Querschnittsermittlungen und Wasserstandsmessungen. Nach eigenen Erfahrungen sind die größten Fehler (ca. 20 ... 30 %) bei flachen Gewässern mit unregelmäßigem Gewässerbett (Steine) und geringer Wasserführung zu verzeichnen.

- Durchflußmesser (nach Prospekten VLB JUNKALOR 1973)

Art	Meßbereich	Fehler bei 30 %	Durchfluß 30 ... 100 % d. Meßber.
Ringwaage	bis 12 m ³ /h		<1 ... 1,5 %
Membran- messer		<1...1,5 %	1 % (ohne Zusatzger.)

- geeichte Blendenmeßeinrichtung (Eigenbau)

Nach KRAATZ (1972) wird Gesamtfehler wie folgt eingeschätzt:

- | | |
|---|---------|
| 1. volumetr. Durchflußmessung | ≤ 0,5 % |
| 2. Messung mit Venturimeter u. Thompsbnüberfall (Grund- und Ablesefehler) | ≤ 1 % |
| 3. Fehlerhafte Ermittlung von Δ_H (± 2 mm) im Feldversuch | ≤ 0,5 % |
| 4. Fehlerhafte Form und ϕ der Blende und <u>geringer Sandtrieb</u> | ≤ 1 % |
| für $Q \leq 15$ l/s (1. + 3. + 4.) | ≤ 2 % |
| für $Q > 15$ l/s (2. + 3. + 4.) | ≤ 2,5 % |

Der Einsatz der Blendenmeßeinrichtung nach NBS 503 in der Praxis hat sich nach Auskunft von Koll. Kurth (TV) am 5.11.76 bisher aus technologischen Gründen noch nicht durchgesetzt. Es sind hauptsächlich folgende Probleme zu lösen:

- Dichtheit der Leitungen, da Luftzufuhr stört
- Klärung des Winterbetriebes (Einfrieren der Meßleitung)
- Beseitigung von Sand im Wasserstrom.

- gezielte Meßkästen (Eigenbau)

WOBUS und WERNER haben 1959 im Hydraulik-Labor der TU Dresden für Wassermesskästen des VEB Spezialbau Magdeburg Eichkurven aufgestellt. Dabei wurde ein gerätetechnischer Fehler < 3 % als erreichbar und ausreichend bezeichnet.

Die im Werkstandard des VEB HGN WBS 200 (Ausg. 3.74) enthaltenen Tabellen für Meßkästen mit Rechtecküberfall wurden dem Prüfbericht von WOBUS und WERNER entnommen, ohne eine Fehlerbeurteilung anzustellen. Für den Dreiecksüberfall fehlt eine untere Begrenzung für die Gültigkeit.

Im Frühjahr 1974 hat der VEB HGN (TV, Koll. Kurth) die Eichung von zwei für den Bohrfeldeinsatz gebauten Kästen mit 200-er und 400-er Wehr (Zeichn. Nr. 45.6-123 und 45.6-83) durch die TU Dresden veranlaßt. Nach dem Test-Bericht von Dr. KRAATZ (Bild 4) wurden dabei für $Q > 10 \text{ l/s}$ Differenzen von ca. 10 % zu der 1959 von WOBUS und WERNER vorgenommenen Eichung festgestellt, die u. a. darauf zurückgeführt werden, daß seinerzeit unter völlig abweichenden Versuchsbedingungen (d. h. mit einem gemauerten und getseerten Versuchesgrinne!) gearbeitet worden ist. Nach Auskunft von Koll. Kurth sind für diesen Kastentyp ab 1. 8. 74 verbindliche Tabellen herausgegeben worden, ohne jedoch in der Praxis deren konsequente Anwendung durchzusetzen.

Nach der Genauigkeit von Meßkastenmessungen befragt, erklärte Dr. KRAATZ, daß mit gezielten Meßkästen unter Laborbedingungen 4 ... 1,5 % Toleranz garantiert werden kann. In der Praxis sei nach seiner Meinung Fehler < 2,5 ... 3 % erreichbar. Voraussetzung sei jedoch die exakte Bauausführung (insbesondere hinsichtlich des scharfkantigen Überfalls), die horizontale Aufstellung und die unbelüftete Wasserzufuhr (zentrale Einleitung mit Krümmer bis unter Wasserspiegel, Verteilung durch T-Stück, Lochblech über gesamte Durchflußfläche).

Die in der Praxis mit Meßkästen ausgeführten Wassermengenmessungen (bei Pumpversuchen) sind offensichtlich durchweg mit größeren Fehlern behaftet, ohne daß dies jedoch sicher belegt werden kann. Es liegen lediglich die Ergebnisse einzelner Stichproben-Kontrollen mit Gefäß und Stoppuhr vor, und zwar von den Objekten Brandenburg (GE 5), Diehna und Radeburg (GE 4), wobei zufällige Fehler zwischen 5 und > 20 % auftraten.

In der Praxis ist noch die Tatsache zu verzeichnen, daß allgemein unterschiedlichste und nicht geeichte Meßkästen eingesetzt, die Messungen selbst nicht vorschriftsmäßig ausgeführt und auch verschiedene Tabellen verwendet werden (z. T. sogar außerhalb des Gültigkeitsbereiches!).

Um diese Diskrepanz zwischen den Anforderungen und den laborativen Möglichkeiten auf der einen Seite und der Praxis zu beseitigen, muß eine umgehende Überarbeitung des Standards Wasserstandsmessungen erfolgen und dessen entsprechend konsequente Anwendung in der Praxis durchgesetzt werden.

3.3.2. ... Produktion anderer RGW-Länder

Hersteller/Meßgerät	Meßbereich	Meßgenauigkeit
<u>UdSSR</u>		
1968 (nach RGW-Studie der CSSR)		
versch. Geräte	0,065...270 m ³ /h	keine Angabe
in Vorbereitung	?	0,01...0,003 l/s
<u>CSSR</u>		
1974 (nach KNEZEK)	0,1 - 20 l/s (max. 50)	± 2,5 %
<u>VR Polen</u>		
1976 (nach Prospekt OSRODEK BADAWCZO-ROZWOJOWY TECHNIKI GEOL. (Warschau)		
Induktionsmeßgeräte	1 ... 10 l/s	± 2,5 %
PIH - 10, ... -50	5 ... 50 l/s	

4. Einfluß der Genauigkeit von Wasserstands- und Wassermengenmessungen auf die Ermittlung hydrogeologischer Parameter

Ausgehend von der derzeitigen Praxis kann der Einfluß der Genauigkeit von Wasserstands- und Wassermengenmessungen auf die Ermittlung hydrogeologischer Parameter nur an einigen zufälligen Beispielen (Stichproben) untersucht werden. Auf Grund des vorliegenden Materials ist es auch nicht möglich, eine repräsentative Fehleranalyse vorzulegen. Insbesondere läßt sich der durch subjektive Faktoren bedingte Anteil der Meßfehler nicht exakt einschätzen. Grundlage für diese Betrachtungen sind deshalb neben Kennwerten auch Schätzungen von möglichen gerätetechnischen und Beobachtungsfehlern für die zum gegenwärtigen Zeitpunkt wesentlichen Verfahren.

- Wasserstandsmessungen

Zur Zeit werden diese überwiegend noch mit Bandmaß und Brunnenpfeife ausgeführt.

- gerätetechn. Fehler: ± 1 cm (bis Meßbereich 100 m)
- Beobachtungsfehler: abhängig von Meßbereich und Meßzeitintervallen

	Meßbereich	
	0 - 50 m	50 - 100 m
- im Brunnen	± 1 cm	± 2 cm
- im 2"-QWBH	± 2 cm	± 5 cm

Messungen schneller Wasserstandsänderungen in Min.-Abstand sind nicht exakt realisierbar.

- max. Zusatzfehler durch Meßpunkt-Bestimmung (s. Pkt. 2.4.)

	Variante 1	Variante 2	Variante 3
- Lage	± 15 m	± 1 m	$\pm 0,3$ m
- Höhe	± 5 cm zum Netz (absolut)		
	± 1 cm im Profil (relativ)		

- Wassermengenmessungen

Zur Zeit werden diese überwiegend mit nicht geeichten Meßkästen ausgeführt.

- gerätetechn. Fehler: $\pm 10\%$ des Meßbereiches

- Beobachtungsfehler: ± 2 mm
(durch Ablesungenauigkeit)

davon resultieren Mengenfehler von ca.

$\pm 5\%$ des Meßbereiches für Förderleistungen > 5 l/s

$\pm 15\%$ " " " " " < 1 l/s

- Fehlerfortpflanzungsgesetz

Nach TGL 9-1952 kann die Gesamttoleranz als Wurzel aus der Summe der Quadrate der Einzeltoleranzen wie folgt ermittelt werden:

$$x = \pm \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + \dots}$$

Zum Problem der Anwendung dieses Gesetzes fehlen allerdings vorerst die theoretischen Voraussetzungen.

Betrachten wir einige hydrogeologische Aufgabenstellungen:

4.4. Korrelation von GW-Ganglinien (oberflächennaher Bereich)

Lagegenauigkeit ± 15 m) zum Netz sind vollständig ausreichend
Höhen Genauigkeit ± 5 cm) praktisch zu vernachlässigen

gerätetechn. Fehler: konstant und zu vernachlässigen

Beobachtungsfehler: $\pm 1 \dots 2$ cm bei außerordentlich langsamen GW-Standesschwankungen von wenigen dm bis zu einigen m

Gesamtfehler: vorw. $< 1\%$ (d. h. es sind keine Verbesserungen erforderlich)

4.2. Konstruktion von GW-Ischypeen und -Scheiden, Ermittlung von GW-Fließrichtungen, GW-Gefällen und GW-Durchflüssen

Die Gesamtfehler für Wasserstandsmessungen liegen vorwiegend um Größenordnungen unter den für die Auswertung gleichermaßen wichtigen Lage- und Höhengenauigkeiten, so daß sich weitere Betrachtungen hierzu erübrigen. Lediglich bei sehr kleinem GW-Gefälle und geringem Abstand der GW-Meßstellen können bereits durch die zulässigen Fehler der markscheiderischen Höhenvermessung und der Grundwasserstandsmessungen gravierend falsche hydrogeologische Parameter (z. B. GW-Fließrichtung) resultieren.

4.3. Berechnung hydrogeologischer Parameter mit Hilfe von Pumpversuchen

Pumpversuche werden in erster Linie zur Ermittlung von Parametern für das jeweilige hydrogeologische Modell durchgeführt. Demonstrativpumpversuche zum direkten Vorratsnachweis bei komplizierten hydrogeologischen Verhältnissen haben dabei eine geringere Bedeutung.

Der zeitliche Verlauf von Wasserstandsänderungen bei GW-Absenkung und -Wiederanstieg wird nach TGL 23864 allgemein graphisch integriert, indem durch die auf halblog. Papier aufgetragenen Punkte eine Ausgleichsgerade gelegt wird. In die weiteren Berechnungen geht dann nur der Richtungskoeffizient dieser Ausgleichsgeraden ein. Es ist demnach gleichgültig, ob die zugrundegelegten Wasserstandsmessungen konstante positive, konstante negative oder aber gleichartige positive und negative Abweichungen von mehreren cm aufweisen, wie das z. B. bei gewissenhaften Messungen durch eine Person mit demselben Meßinstrument (Bandmaß und Brunnenpfeife) zu erwarten ist. Durch subjektiven Einfluß, wie er z. B. bei Wechsel der Meßbrigade bzw. der Meßinstrumente während eines Beobachtungszyklus auftritt, kann es jedoch zu unzulässigen Fehlern kommen (Ausgleichsgerade knickt ab bzw. hat veränderten Richtungskoeffizienten).

Bedeutungslos sind offensichtlich auch die Wasserstandsmessungen zu Beginn von Gw-Absenkung und -wiederanstieg, wo in wenigen Sekunden bis Minuten außerordentlich starke Wasserstandsänderungen zu verzeichnen sind.

Ohne Berücksichtigung der Tatsache, daß hiermit sowieso keine sinnvolle Auswertung möglich ist, werden nach TGL 23864/02 sogar Messungen in besonders kurzen Zeitintervallen gefordert, die sich in der Praxis bekanntlich nicht exakt realisieren lassen und die PV-Brigaden zu falschen Eintragungen veranlassen, insbesondere, wenn diese gleichzeitig mehrere Meßstellen betreuen müssen!

Wassermengenmessungen bei Pumpversuchen werden derzeit häufig sowohl gerätetechnisch als auch hinsichtlich der "Meßtechnik" nicht mit der erforderlichen Gewissenhaftigkeit durchgeführt, so daß die Einhaltung der nach TGL 23864/02 vorgegebenen Toleranz nicht garantiert werden kann.

4.4. Ermittlung von Durchflüssen in Vorflutern

Nach Auskunft von Dr. FÜGNER (VWD Dresden) am 10. 11. 1976 werden Durchflußmessungen vorwiegend auf der Grundlage von Flügelmessungen durchgeführt. Gute Messungen haben etwa 5 ... 10 % Fehler. Von besonderem Einfluß auf die Genauigkeit sind hier die exakte Vermessung des Durchfluß-Querschnittes sowie ggf. wiederholte Eichungen (statistisch) für verschiedene Durchfluß-Höhen mit Meßflügeln. Unebenheiten an der Gewässer-sole und geringe Wasserführung geben zu besonders großen Fehlern Anlaß, die nach eigenen Erfahrungen, die auch von Dr. FÜGNER bestätigt wurden, in der Größenordnung bis $\pm 30 \%$ liegen können.

5. Schlussfolgerungen und Vorschläge für F/E-Arbeiten

- Wasserstandsmessungen

Abgesehen von den z. Z. nicht exakt einschätzbaren subjektiven Fehlern können die in der Praxis erreichten Genauigkeiten als ausreichend angesehen werden. In TGL 23864/02

werden teilweise sogar überhöhte Forderungen erhoben, insbesondere für Messungen zu Beginn und am Ende von PV. Aus psychologischen Gründen erscheint es aber besser, schärfere Anforderungen als notwendig zu stellen, als durch Lockerung derselben künftig noch größeren Unregelmäßigkeiten Vorschub zu leisten. (Besonders hohe Anforderungen an die Genauigkeit von Wasserstandsmessungen sind lediglich bei sehr kleinem GW-Gefälle und engem Meßstellenabstand erforderlich, wenn z. B. mittels hydrogeol. Dreieck lokal die GW-Fließrichtung ermittelt werden soll).

Zur Ausschaltung des subjektiven Faktors muß jedoch kurzfristig die Automatisierung der Wasserstandsmessungen für Pumpversuche - unter Beachtung der Ökonomie - durchgesetzt werden. In diesem Zusammenhang wäre eine gewisse Lockerung der ursprünglich rein empirisch festgelegten Anforderungen hinsichtlich der Genauigkeit der Registrierung von Einzelwerten und kurzfristigen größeren Wasserstandsänderungen zweckmäßig.

Das aufgezeigte Problem kann kurzfristig gemäß NVe IV/13.0-75 (Rationalisierung von Wasserstandsmessungen ...) gelöst werden.

- Wassermengenmessungen

Die derzeitige Praxis der Ermittlung von Förderstärken bei Pumpversuchen ist geräte- und meßtechnisch nicht akzeptabel. Als Übergangslösung muß kurzfristig eine Überarbeitung von NBS 200 erfolgen und der Einsatz geeichter Meßkästen in sämtlichen Objekten konsequent durchgesetzt werden. In diesem Zusammenhang muß auch eine Automatisierung der Meßkastenmessungen erfolgen. Dieses Problem kann ebenfalls kurzfristig gemäß NVe IV/13.0-75 realisiert werden.

Kurzfristig sollten auch die in TGL 23864/02 fixierten Forderungen überprüft und unter Berücksichtigung der RGW-Empfehlung RS 3439-74 ggf. etwas gelockert, d. h. den Belangen der Praxis angepaßt werden.

Für die Perspektive wird die Einführung eleganterer Meßmethoden empfohlen. Dabei bietet sich zunächst die von TV (Koll. Kurth) bereits getestete Meßblende an, vor deren Einführung in die Praxis noch einige Probleme geklärt werden müssen. Zur Automatisierung der Registrierung könnten die Erfahrungen bei Bearbeitung der NWe IV/13.0-75 (Einsatz von Bandschreibern) genutzt werden.

Weiterhin sollte die Möglichkeit des Einsatzes von Wasseruhren überprüft werden, ggf. in Verbindung mit automatischem digitalem Ausdruck von Meßwerten in regelmäßigen Zeitabständen. Das Problem der Sandführung könnte sicher durch entsprechende Rohrerweiterungen bzw. Sandfangsiebe und Entleerungsvorrichtungen gelöst werden.

Die Klärung des Problems von Wassermengenmessungen in Vorflutern sollte zuständigkeitshalber der Wasserwirtschaft vorbehalten bleiben.

Ermittlung wissenschaftlich begründeter Toleranzen

Es wird empfohlen, für typische Aufgabenstellungen der Praxis entsprechende "Modelle" mit Hilfe der EDV zu untersuchen. Dabei müßte bei der hydraulischen Approximation - unter Berücksichtigung des Fehlerfortpflanzungsgesetzes - einmal von den in der Praxis üblichen mittleren und maximalen Fehlern für die einzelnen Merkmale ausgegangen werden. Andererseits müßte man von der erforderlichen Genauigkeit des Endergebnisses (z. B. für GW-Vorrat, Wasserstandsänderung, Speicherkoeffizienten) ausgehen und davon die entsprechenden Anforderungen an die zulässigen Meßfehler ableiten. Erst nach Vorliegen repräsentativer Ergebnisse eines solchen F/E-Themas ist die Formulierung wissenschaftlich begründeter Toleranzen in Standards und Richtlinien möglich.

In diesem Zusammenhang wären auch die an marktscheiderische Vermessungsarbeiten gestellten Anforderungen, die teilweise offensichtlich übertrieben sind, nach Aufgabenstellungen und hydrogeolog. Situation (Lagerstättentypen) überprüfenswert.

6. Literaturverzeichnis

- / 1 / Amt für WAWI
Handbuch für den Techniker
Teil 1 Wasserstand in Oberflächengewässern
Teil 2 Abfluß
Teil 3 Grundwasser
Berlin 1963
- / 2 / Amt für WAWI
Die Einrichtung von Durchflußmeßstellen, die Durchführung von Messungen, die Registrierung und die Auswertung der Ergebnisse (Durchflußmeßvorschrift)
Vorschrift Nr. 4, Berlin 1963
- / 3 / Amt für WAWI
Grundsätze zur Gestaltung des GW-Beobachtungsnetzes in der DDR
Mitt. des AfW, H 3 (1970), S. 27 - 32
- / 4 / ACKHOFF, R. L.; SASIENI, M. W.
Operation Research
Kunst und Wissen, Stuttgart 1970
- / 5 / BEIMS, U.
Anwendungsrichtlinien zur Ermittlung repräsentativer Durchlässigkeitsparameter
Z. angew. Geol. 19 (1973)
- / 6 / BEIMS, U.
Beitrag zur Ermittlung repräsentativer Bodenkennwerte
Int. Symposium über infiltrative Wasserentnahme
Krakow, März 1973
- / 7 / BEIMS, U.; LUCKNER, L.
Grundlagen zur Ermittlung repräsentativer Durchlässigkeitsparameter
Z. angew. Geol. 19 (1973)
- / 8 / BEIMS, U.; QUAST, I.
Direct and Indirect Quantification Methods for the Parameters of Processing-Oriented Models for Regional Groundwater Flow Fields
Acta Hydrophysica, Berlin 1973

- / 9 / BÖTGER, H.; QUAST, I.; KADEN, St.
Numerische Berechnung von Hydraulischen Hypsenlinien und deren Konstruktion durch universelle Digitalrechner
WWT 23 (1973) H. 1 und 2
- / 10 / BUSCH, K.F.; LUCKNER, L.
Geohydraulik
VEB Deutscher Verlag f. Grundstoffindustrie
Leipzig 1972
- / 11 / BUSSE, W.
Ermittlung repräsentativer Niederschlagswerte zur Grundwasservorratsberechnung
Studie, VEB HGN, AS Schwerin, 15. 3. 1974
21 S., 45 Lit.
- / 12 / BHBRECHT, H.
Beobachtung und Bewertung von Sickerwasserströmungen an Erddämmen durch Porenwasserdruckmessungen mit Hilfe von Druckmeßdosen
TU Dresden, Sekt. Wasserwesen
Dipl.-Arb., Dez. 1969
- / 13 / GLUGLA, G.
Zur Berechnung des aktuellen Wassergehaltes und Gravitationsabflusses im Boden
Diss. an K.-M.-Uni Leipzig, 1969
- / 14 / GRUSKE, K.A.; HAUTHAL, U.; HECHT, G. u.a.
erste Methodik der hydrogeologischen Erkundung von Grundwasserlagerstätten im Festgestein
VEB HGN 1974
- / 15 / KADEN, St.
Beitrag zur numerischen Berechnung horizontal-ebener GW-Strömungsprobleme
Diss. TU Dresden, 1973
- / 16 / KLUNKER, ANDERS, LEDERER
Realisierungsdokumentation über Teilleistungen für eine Anlage zur automatischen Regulierung des Bodenwasserhaushaltes und für eine Melanlage innerhalb der Experimentalanlage "Polder Brand"
Bericht VEB GRW Teltow, März 1973

- / 17 / KVEZEK, I.
Untersuchung der Wirksamkeit der automatischen
Regulierung von Pumpversuchen
Studie: Stavebni Geologie Prag, 12.1974
- / 18 / KRAATZ, W.
Eichung einer Blendenmeßeinrichtung nach dem
Staudruckprinzip
Abschlußbericht: TU Dresden, 11.72
- / 19 / KRAATZ, W.
Ermittlung von Eichkurven für Wassermesskästen mit
Rechtecküberfall des VEB Hydrogeologie Nordhausen
F/3-Bericht TU Dresden, 1974
- / 20 / KRATZSCHMAR, H.; RICHTER, W.
Eine neue Meßmethode zur Bestimmung der Grund-
wasserfließrichtung
Wiss. Zeitschr. TU Dresden 12 (1965) 6, S. 1767-1772
- / 21 / LIERSCH, K.-M.
Großräumige GV-Erkundung in Lockersedimenten -
Erfahrungen und Ergebnisse
Wasser und Boden, 1972, 9, S. 266 - 270
- / 22 / LUCKNER, L.
Die Kybernetische Modellmethode - ein wirksames
Mittel zur Lösung geohydraulischer Strömungsprobleme
B-Diss., TU Dresden 1972
- / 23 / MARASEK, A.
Zur erforderlichen Genauigkeit der Messungen von
hydrogeologischen Parametern in Lagerstätten- und
hydrogeologischen Bohrungen zum Zwecke der Fest-
stellung an unterirdischen Wassern
Studie: Forschungszentrum der Geolog. Technik Warschau
- Thema Nr. 343/65 - 1965/66.
- / 24 / MÜLLER, G.; PEUKERT, D.
Anforderungen an die Gewinnung und Auswertung
geohydrologischer Meßwerte
Studie: Gemeinsame Forschungsgruppe "Grundwasser"
des IfW Berlin und der TU Dresden, Dresden, Nov. 1975

- / 25 / MÜLLER, G.; QUAST, I.
Konvention für die Gestaltung eines zweckmäßigen Systems der Informationsgewinnung für geohydraulische Aufgaben
Studie: Gemeinsame Forschungsgruppe "Grundwasser" des IfW Berlin und der TU Dresden, Dresden, Juni 1973
- / 26 / NVe IV/13.0-75
Rationalisierung von Wasserstands- und Wassermengenmessungen einschließlich deren Registrierung, insbesondere bei Pumpversuchen, durch Messung des hydrostatischen Bodendruckes nach dem Perimeterverfahren
mit Grundkonzeption vom 20. 6. 1975
und Test-Protokollen vom 21.11. 1975
5. 7. 1976
und 10.11. 1976
- / 27 / RGW-Ständige Kommission Geologie, CSSR-Delegation.
Mechanisierung und Automatisierung der Arbeitsgänge bei hydrogeologischen Bohrlochuntersuchungen
Prag, März 1968
- / 28 / RÜDIGER, A.
Zur Genauigkeit der Durchflußermittlung im Pegelnetz
WWT 21 (1971) 1, S. 11 - 15
- / 29 / SCHEKORB, E.
Zur Ermittlung der GW-Neubildung aus Gebietswasserbilanzen
Wasserwirtschaft (1972) 12, S. 367 - 370
- / 30 / SCHMANDRA
Meßmethoden Hydro
Studie, ZGI, Abt. Bohrtechnik Zerbst 1967
- / 31 / WOBUS, WEBER
Ermittlung von Sichkurven für Wassermesskästen des VEB Spezialbau Magdeburg
F/E-Bericht: TH Dresden 1959
Inst. f. Fluß- und Seebau
Lehrstuhl für Versuchswesen und Hydraulik im Wasserbau
- / 32 / WOLFF, P.
Automatische Meßeinrichtungen für den Wasserstand in Oberflächengewässern
WWT (1972) 9, S. 304 - 307

- / 33 / RS 3439-71
Geräte für hydrogeologische Untersuchungen
in Bohrungen
Hauptparameter und technische Forderungen
(Empfehlung zur Standardisierung)
- / 34 / TGL 0-1952
Durchflußregeln
Regeln für die Durchflußmessung mit genormten
Düsen, Blenden und Venturidüsen
(Informationsblatt)
- / 35 / TGL 97-99
Meßinstrumente
Durchflußmesser, Auswahl
- / 36 / TGL 6429/55
Bergbau; Bergmännisches Rißwerk
Genauigkeit der Bestimmung von Raumkoordinaten
geologischer Aufschlußpunkte
- / 37 / TGL 14586
Woltmannähler; senkrechte Bauart;
Trockenläufer für kaltes Wasser
/01 Baugrößen
/02 Technische Lieferbedingungen
- / 38 / TGL 21925
Ausrüstungen für die Milchwirtschaft und
Getränkindustrie
Durchflußblenden
- / 39 / TGL 22774
Wasserversorgung
Wassermengenmessung in Trinkwasserversorgungs-
anlagen
/01 Allgemeine Forderungen
/02 Einbauvorschriften für Wasserzähler
/03 Einbauvorschriften für Wirkdruckmeßanlagen
- / 40 / TGL 23864/02 (Entw. 1/76)
Hydrogeologie; Pumpversuche;
Vorbereitung und Durchführung

- / 41 / TGL 24332
Meßstationen für Wasserstand und Durchfluß
an Oberflächengewässern; Grundsätze für den Bau
/01 Lattenpegelstationen
/02 Schreibpegelstationen nach dem Schwimmerprinzip
- / 42 / TGL 24334/01
Grundwasserbeobachtung;
Grundwasserbeobachtungsrohr
- / 43 / TGL 25502
Durchflußmeßtechnik;
Meßrohre mit angegossener Normblende
/01 Hauptabmessungen
/02 Technische Lieferbedingungen
- / 44 / PN-63/G-53043
Gruppe XII 13
Hydrogeologische Tiefenmesser
Technische Forderungen und Prüfungen
- / 45 / PN-61/53070
Gruppe IV 41
Hydrogeologisches Gerät;
Überlaufkästen
- / 46 / NBS 200
Hydrogeologie; Meßtechnik;
Durchflußmessungen; Überfallmeßkasten
- / 47 / NBS 501
Wasserspiegelmeßgeräte; DDR-Sortiment;
Einsatzbedingungen
/02 Brunnenpfeife mit Stahlbandmaß
/03 Fleischer-Lichtlot
/04 Tiefenlot des VEB Steremat
/05 pneumatisches Meßgerät
- / 48 / NBS 503
Blendenmeßrichtung
/01 Aufbau der Meßanlage
/02 Meßrohr
/03 Meßblende
/04 Bedienungsanleitung
/05 Pumpversuchstabellen

- / 49 / WAPRO 1.39.
Druckrohrleitungen der Wasserversorgung;
Armaturen, Auswahl nach Funktion und
Einsatzbereichen
- / 50 / WAPRO 2.04.
Dreiecksüberfälle nach THOMPSON;
Bestimmung von Abflüssen und Überlaufhöhen
- / 51 / WAPRO 2.10.
Schrägschlitzüberfall;
Bestimmung von Abflüssen und Überlaufhöhen
- / 52 / WAPRO 2.11.
Knierohrüberfälle;
Bestimmung von Abflüssen und Druckhöhen
- / 53 / WAPRO 7.32.
BMSR-Anlagen in der Wasserwirtschaft
Messung physikalischer Werte des Wassers
/01 Wasserstandmessungen
/02 Druckmessung
/03 Durchflußmessung
- / 54 / WAPRO 7.39.
BMSR-Anlagen in der Wasserwirtschaft
Automatische Gewässerüberwachung
/01 Wasserstand-Lochstreifenpegel
/02 digitaler Fernpegel