

# INHALTSÜBERSICHT

## 1. Teil

### CHEMIE DES WASSERS

#### UNTERSUCHUNG · BEURTEILUNG · AUFBEREITUNG

von Dr. phil. Karl Höll, Hameln

<i>Drinking water investigation</i>	
I. Trinkwasseruntersuchung	3
A. Allgemeine Prüfungen an Ort und Stelle	3
1. Ortsbesichtigung	3
a) Verschiedene Brunnentypen	3
b) Die drei Bohrverfahren	5
c) Horizontalbrunnen	6
2. Der Pumpversuch	6
3. Worauf ist bei der Ortsbesichtigung zu achten?	9
a) Allgemeine Erhebungen	9
b) Spezielle hygienische Erhebungen	9
4. Farbstoffversuch u. a. Versuche zur Prüfung auf Grundwasser- verunreinigungen	12
5. Probenahme	13
6. Probemenge	17
7. Konservierung von Wasserproben	17
8. Eingesandte Wasserproben	18
9. Notwendige Prüfungen und Untersuchungen an Ort und Stelle	18
B. Allgemeine Prüfungen im Laboratorium	20
1. Organoleptische Prüfung des Trinkwassers	20
2. Klarheit und Durchsichtigkeit	22
3. Trübung und Absetzbarkeit	22
4. Färbung des Wassers	23
<i>general water investigation</i>	
II. Allgemeines über die chemische Wasseruntersuchung	25
A. Allgemeine chemische Arbeitsregeln	25
1. Angaben der Ergebnisse	26
B. Die Untersuchungsverfahren	27
C. Kolorimetrische Arbeitsmethoden	27
1. Allgemeines	27
2. Apparative Hilfsmittel der Kolorimetrie	28
3. Kolorimetrische Arbeitsregeln	30
4. Das Arbeiten mit Hehnerzylindern	32

<b>III. Kleine Trinkwasseranalyse</b> .....	33
<b>A. Die hygienisch-chemische Trinkwasseruntersuchung</b> .....	33
1. Ammonium-Bestimmung .....	33
a) Kolorimetrische Ammonium-Bestimmung mit Neßlers Reagenz .....	33
b) Bestimmung von Proteïdammoniak .....	36
c) Bestimmung von Albuminoïdammoniak .....	36
2. Nitrit-Bestimmung .....	37
a) Kolorimetrische Nitrit-Bestimmung nach <i>Zambelli</i> .....	38
b) Indolmethode (für geringe Nitritmengen) .....	38
3. Nitrat-Bestimmung .....	39
a) Kolorimetrische Nitrat-Bestimmung nach <i>Noll</i> .....	40
b) Neue spezifische Nitrat-Bestimmung mit Natriumsalicylat .....	41
c) Kolorimetrische Bestimmung kleinster Nitratmengen nach <i>Kuisel</i> .....	42
d) Hellige-Methode .....	43
e) Nitron-Methode .....	43
f) Titrimetrische Bestimmung nach Reduktion zu Ammonium .....	43
4. Kaliumpermanganatverbrauch (Bestimmung der organischen Substanzen des Wassers) .....	44
a) Orientierende Feldbestimmungen .....	44
b) Bestimmung der Permanganatzahl nach <i>Kubel</i> (Oxydierbarkeit) .....	45
c) Permanganatzahlbestimmung nach <i>Schulze-Trommsdorf</i> .....	46
5. Bestimmung der Chlorzahl .....	47
6. Chlorid-Bestimmung .....	48
a) Titrimetrische Chlorid-Bestimmung nach <i>Mohr-Winkler</i> .....	48
b) Störungen bei der Chlorid-Bestimmung .....	49
c) Chlorid-Bestimmung nach <i>Schneebeli</i> und <i>Staub</i> .....	50
d) Quecksilbernitrat-Methode .....	50
7. Phosphat-Bestimmung .....	51
8. Polyphosphat-Bestimmung .....	53
9. Urochrom-Bestimmung .....	53
10. Fäkalreaktion .....	54
11. Sulfat-Bestimmung .....	55
a) Gravimetrische Sulfat-Bestimmung als Bariumsulfat .....	56
b) Titrimetrische Sulfat-Bestimmung in sulfatarmen Wässern nach <i>Winkler</i> ..	57
c) Sulfat-Bestimmung nach <i>Oble</i> .....	58
d) Titrimetrische Sulfat-Bestimmung nach <i>Sijderius</i> .....	58
<b>IV. Beurteilung des Trinkwassers</b> .....	59
<b>A. Allgemeine Anforderungen an ein Trinkwasser hinsichtlich der äußeren Beschaffenheit und der Temperatur</b> .....	59
1. Färbung, Schöning des Wassers .....	60
2. Trübung, Klärung des Wassers .....	63
3. Geruch und Geschmack .....	64

B. Hygienische Beurteilung des Trinkwassers auf Grund der chemischen Analyse . . . .	64
1. Allgemeines . . . . .	64
2. Bedeutung der chemischen und bakteriologischen Wasseruntersuchung . . . . .	65
3. Hygienische Maßnahmen bei Verschmutzung des Trinkwassers . . . . .	67
4. Grundwasser-Versorgung . . . . .	68
5. Flußwasser-Versorgung . . . . .	68
6. Talsperrenwasser-Versorgung . . . . .	69
7. Quellwasser-Versorgung . . . . .	70
8. Regenwasser-Versorgung . . . . .	70
C. Entkeimung des Wassers . . . . .	70
1. Unvollständige Entkeimung durch Filterung . . . . .	70
2. Entkeimung durch Chemikalienzusatz . . . . .	72
3. Die Ozon-Entkeimung . . . . .	72
4. Die Chlorung . . . . .	73
Nachteile der Chlorung . . . . .	73
5. Chlordioxid-Entkeimung . . . . .	74
6. Andere Entkeimungsverfahren . . . . .	75
7. Auf Grund welcher chemischer Merkmale ist ein Brunnen in hygienischer Beziehung zu beanstanden? . . . . .	77
D. Die Verschmutzungsindikatoren . . . . .	78
1. Ammoniak- bzw. Ammoniumverbindungen . . . . .	78
2. Salpetrige Säure bzw. Nitrit-Ion . . . . .	79
3. Salpetersäure bzw. Nitrat-Ion . . . . .	80
4. Kaliumpermanganatzahl und Chlorzahl . . . . .	82
5. Chlorid-Ion . . . . .	85
6. Phosphat-Ion . . . . .	86
7. Sulfat-Ion . . . . .	87
8. Kalium und Natrium . . . . .	88
9. Abdampfrückstand . . . . .	88
10. Absiebbares . . . . .	89
11. Cancerogene Stoffe im Wasser . . . . .	89
a) Entfernung . . . . .	90
b) Verbote und Verordnungen . . . . .	90
E. Normalwerte für Trinkwasser . . . . .	91
F. Beispiele für Trinkwasseranalysen von Einzelbrunnen und ihre Auswertung . . . .	91
1. Kesselbrunnen, die durch Kuhstalljauche stark verunreinigt sind . . . . .	91
2. Wasser von einem unverdächtigen Bohrbrunnen . . . . .	92
3. Wasser aus einem Flachbrunnen . . . . .	93

<b>V. Große Trinkwasseranalyse von Leitungswasser (Chemische Untersuchung von Trink- und Brauchwasser bei zentraler Wasserversorgung)</b> .....	94
A. Arbeitsgang .....	94
B. Ermittlung des Angriffsvermögens .....	95
1. Reaktion .....	95
2. $p_{\text{H}}$ -Bestimmung, Wasserstoffionenkonzentration .....	95
a) Orientierende $p_{\text{H}}$ -Bestimmung .....	96
b) Genauere kolorimetrische $p_{\text{H}}$ -Bestimmung .....	96
c) Genaue elektrometrische $p_{\text{H}}$ -Bestimmung .....	97
d) Die Messung des Redoxpotentials .....	97
3. Kohlensäure .....	98
a) Bestimmung der gesamten freien Kohlensäure .....	99
b) Titrimetrische Kohlensäure-Bestimmung nach <i>Trillich</i> .....	99
c) Acidimetrische Bestimmung der freien Kohlensäure bei elektrometrischer Endpunktkontrolle nach <i>U. Hässelbarth</i> .....	100
d) Heyer-Versuch mit Temperierung der Probe nach <i>U. Hässelbarth</i> .....	101
e) Heyer-Versuch zur Erfassung der spezifischen Temperatur- und Salzeffekte beim untersuchten Wasser .....	102
4. Säure-Base-Titration .....	103
a) Allgemeines .....	103
b) Definition der Titrationsendpunkte .....	103
c) Korrektur für den $m$ -Wert .....	104
d) Anwendungsbereich und Störungen .....	104
5. Bestimmung des Säureverbrauch ( $m$ -Wert bzw. $p$ -Wert mit negativen Vorzeichen) .....	105
a) Direkte Titration des Basenverbrauchs .....	105
b) Rücktitration eines Basenüberschusses .....	106
7. Abgeleitete Bestimmungen aus $m$ -Wert, $p$ -Wert und $p_{\text{H}}$ -Wert .....	106
8. Berechnung der Kalkaggressivität (Angriffsvermögen) von Wasser .....	107
9. Berechnung der freien, überschüssigen Kohlensäure nach <i>U. Hässelbarth</i> .....	108
10. Bleilösungsversuch .....	115
11. Sauerstoff-Bestimmung .....	115
a) Jodometrische Sauerstoff-Bestimmung nach <i>Winkler-Brubns</i> .....	116
b) Sauerstoff-Bestimmung in Oberflächenwässern und verschmutzten Wässern nach <i>W. Ohle</i> , Jod-Differenzverfahren .....	118
c) Bestimmung geringster Sauerstoffmengen .....	119
d) Bestimmung der Sauerstoffzehrung bei Flußwasser und Abwasser .....	119
12. Sauerstoffdefizit, Sauerstoffsättigungsdefizit .....	120
13. Sättigungsindex .....	120
/ C. Technisch-chemische Wasseranalyse .....	122
1. Eisen-Bestimmung .....	122
a) Kolorimetrische Bestimmung des Gesamteisens .....	123
2. Mangan-Bestimmung .....	124
a) Kolorimetrische Mangan-Bestimmung .....	125

3. Bestimmung der Härte .....	126
a) Genaue Bestimmung des Hydrogencarbonat-Ions (und der Karbonathärte nach <i>Lunge</i> ) .....	128
b) Genaue Bestimmung der Gesamthärte nach Blacher .....	128
c) Rechnerische Ermittlung der Gesamthärte aus der Kalkhärte und Magnesia-härte .....	129
d) Schnellmethode der Bestimmung der Gesamthärte mit Titriplex .....	129
e) Titrimetrische Ca- und Mg-Bestimmung mit Komplexon (Methode in Anlehnung an die neuen EV) .....	130
4. Calcium- und Magnesium-Bestimmung .....	131
a) Gravimetrische Calcium-Bestimmung .....	132
b) Titrimetrische Calcium-Bestimmung .....	132
c) Titrimetrische Magnesium-Bestimmung .....	133
d) Bestimmung von Magnesiumchlorid und Calciumchlorid .....	133
5. Schwefelwasserstoff und Sulfide .....	134
a) Kolorimetrische H <sub>2</sub> S-Bestimmung bei geringen H <sub>2</sub> S-Mengen .....	134
b) Jodometrische H <sub>2</sub> S-Bestimmung .....	134
c) Direkte jodometrische H <sub>2</sub> S-Titration .....	135
6. Abdampfrückstand, Glührückstand und Glühverlust .....	135
7. Elektrolytische Leitfähigkeit .....	136
8. Interferometerwert .....	137
9. Dichte (Spezifisches Gewicht) .....	137
10. Die Radioaktivität von Trinkwasser und ihre Messung .....	137
a) Dekontaminierung .....	140
D. Künstliche Wasserzusätze .....	141
1. Freies Chlor und gebundenes wirksames Chlor .....	141
a) Freies wirksames Chlor .....	141
b) Gebundenes wirksames Chlor .....	141
c) Gesamtchlor .....	141
A. Bestimmung von freiem wirksamen Chlor .....	141
I. Kolorimetrische Verfahren .....	141
II. Titrimetrische Bestimmung des freien Chlors mit DPD .....	142
B. Titrimetrische Bestimmung des Gesamtchlors .....	142
C. Bestimmung des gebundenen wirksamen Chlors .....	142
2. Chlorbedarf des Wassers (Chlorbindungsvermögen) .....	142
3. Ozon .....	143
4. Wasserstoffsuperoxyd .....	143
5. Silber .....	144
6. Aluminium-Bestimmung .....	144
a) Kolorimetrische Aluminium-Bestimmung .....	144
b) Aluminium-Bestimmung nach <i>Gad</i> .....	144
7. Bestimmung der Polyphosphate .....	145
8. Sulfit-Bestimmung .....	145
9. Hydrazin-Bestimmung .....	145

E. Bestimmung der Metall-Ionen u. a. ....	146
1. Blei-Bestimmung .....	146
a) Probenahme und Vorbereitung der Probe für die Bleiuntersuchung .....	146
b) Kolorimetrische Blei-Bestimmung .....	146
2. Kupfer-Bestimmung .....	147
a) Kolorimetrische Kupfer-Bestimmung nach <i>Winkler</i> .....	147
b) Kupfer und Blei nebeneinander .....	148
3. Zink-Bestimmung .....	148
4. Kalium-Bestimmung .....	149
a) Titrimetrische Kalium-Bestimmung .....	150
5. Natrium-Bestimmung .....	150
6. Chrom-Bestimmung .....	151
7. Arsen-Bestimmung .....	151
8. Zinn-Bestimmung .....	153
F. Bestimmung des Fluorid-Ions (nach <i>Sanchis</i> ) .....	153
1. Neue Arbeitsvorschrift .....	154
2. Gesundheitliche Bedeutung des Fluorid-Ions .....	154
G. Bestimmung des Jodid-Ions (Nach den neuen EV) .....	156
H. Kieselsäure-Bestimmung .....	156
1. Kolorimetrische Bestimmung nach <i>Winkler</i> .....	156
I. Nachweis einer Grundwasserverunreinigung durch Mineralöl .....	157
1. Chemische Untersuchung .....	158
2. Entfernung von Mineralöl aus dem Wasser .....	159
3. Mineralöl-Versickerung .....	159
Mineralöle und Cancerogene .....	161
VI. Beurteilung des Trink- und Brauchwassers für die zentrale Wasserversorgung .....	163
A. Behandlung und Aufbereitung des Wassers .....	163
1. Allgemeines .....	163
a) Die Grundforderungen an Leitungswasser .....	163
b) Trinkwasser-Aufbereitungsverordnung (Fremdstoff-Verordnung) vom 19. Dezember 1959 .....	163
2. Korrosion .....	166
a) Das Angriffsvermögen des Wassers (Kaltwasser) .....	166
b) Nachteilige Veränderung des Angriffsvermögens beim Mischen zweier Wässer .....	167
c) Rohrzerfressungen und Wasserhygiene .....	169
d) Das Verhalten der metallischen Werkstoffe gegenüber Wasser .....	169
e) Wasserleitungsrohre (Metall, Kunststoff, Asbestzement) .....	170
f) Verhalten des Wassers in Behältern .....	176
Trinkwasserbehälter .....	176
3. Wasserstoffkonzentration, $p_H$ .....	176
4. Kohlensäure .....	177
5. Freie Kohlensäure .....	178

a)	Technische Bedeutung des Kohlensäuregehalts des Wassers .....	178
b)	Die zugehörige Kohlensäure .....	179
c)	Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht und Rostschuttschicht .....	180
d)	Die Überschuß-Kohlensäure .....	181
e)	p <sub>H</sub> -Wert in Gleichgewichtswässern .....	181
6.	Entsäuerung des Wassers .....	183
a)	Mechanische Entsäuerung .....	183
b)	Chemische Entsäuerung (Marmor, gebr. Dolomit, Ca(OH) <sub>2</sub> ) .....	186
c)	Korrosionsschutz der Leitungsrohre durch Phosphat-Impfung .....	191
d)	Korrosionsschutz durch Silikat-Behandlung .....	193
7.	Eisen und Mangan .....	193
a)	Eisen und Mangan im Leitungswasser .....	193
b)	Enteisenung (Offene u. geschlossene, Chemische) .....	194
c)	Entmanganung .....	197
8.	Die Härte des Wassers .....	198
a)	Begriff der Härte .....	198
b)	Vorkommen der Härtebilder .....	200
c)	Hygienische Bedeutung der Karbonathärte .....	201
d)	Verhärtung des Grundwassers durch Müllhalden .....	201
e)	Gesundheitliche Bedeutung der Wasserhärte .....	202
f)	Bedeutung der Wasserhärte für Brauchwasser und technische Zwecke .....	203
g)	Wasserstein .....	204
h)	Enthärtung von Brauchwässern .....	204
i)	Ionenaustausch-Verfahren .....	206
k)	Polyphosphat-Impfung .....	209
9.	Metalle u. a. ....	211
a)	Blei .....	211
b)	Kupfer .....	213
c)	Arsen .....	213
d)	Zink .....	214
e)	Zinn .....	215
f)	Aluminium .....	215
g)	Chrom, Cadmium, Antimon u. a. ....	215
10.	Sauerstoff .....	216
11.	Schwefelwasserstoff .....	217
B.	Beispiele für Analysen von Leitungswasser und deren Begutachtung .....	218
1.	Übersicht über vorkommende Analysenwerte .....	218
a)	Wasseruntersuchung Ibergquelle .....	218
b)	Wasserwerk L. ....	220
c)	Wasser aus dem Tiefbrunnen in C. ....	221
d)	Wasser aus dem Tiefbrunnen der Firma B. ....	223
e)	Günstige und ungünstige Werte für Leitungswasser .....	225
<b>VII.</b>	<b>Untersuchung und Beurteilung von Schwimmbadwasser, Wasser für Bauzwecke, Oberflächenwasser (Vorflut) und Abwasser .....</b>	<b>226</b>
A.	Schwimmbadwasser .....	226

1. Chemische Untersuchung des Schwimmbadwassers .....	230
2. Hygienisch-chemische Beurteilung des Schwimmbadwassers .....	230
3. Nachweis von Harnbestandteilen im Schwimmbadwasser .....	231
<b>B. Wasser für Bauzwecke .....</b>	<b>232</b>
1. Beurteilung der Betonschädlichkeit .....	233
2. Grenzwerte für Betonschädlichkeit des Wassers .....	234
3. Sulfatbeständige Zemente .....	235
4. Beton-Anmachwasser .....	235
5. Grenzwerte für Wasser, das mit Eisen und Stahl in Berührung ist .....	236
<b>C. Oberflächenwasser und Vorfluter .....</b>	<b>236</b>
1. Gewässer-Verunreinigung .....	237
2. Bestimmung des biochemischen Sauerstoffbedarfs .....	240
3. Biomassentiter .....	241
4. Bestimmung des Phenolgehalts .....	242
5. Quantitative Bestimmung der Detergentien (Tenside) .....	242
<b>D. Abwasser .....</b>	<b>244</b>
1. Probenahme .....	244
2. Einige spezielle Abwasserprüfungen .....	246
3. Beurteilung des Abwassers .....	248
4. Abwasserklärung .....	250
5. Biologische Reinigungsverfahren .....	250
6. Die dritte Abwasserreinigungsstufe .....	253
7. Gewerbliche Abwässer .....	253
<b>E. Einige Bemerkungen über Kesselspeisewasser, Kesselwasser und Kühlwasser .....</b>	<b>256</b>
1. Kesselspeisewasser .....	256
a) Allgemeines .....	256
b) Kieselsäure im Kesselspeisewasser .....	257
c) Sauerstoff im Kesselspeisewasser .....	258
d) Hydrazin-Bestimmung .....	259
2. Kühlwasser .....	260
<b>F. Wasser für Brauereizwecke .....</b>	<b>261</b>
<b>VIII. Mineralwasser und Heilwasser .....</b>	<b>263</b>
<b>A. Mineralwasser .....</b>	<b>263</b>
<b>B. Heilwasser .....</b>	<b>264</b>
1. Analysen-Normen .....	267
a) Die große Heilwasser-Analyse .....	267
b) Die kleine Heilwasser-Analyse .....	269
c) Kontroll-Analyse .....	270
d) Hygienische Untersuchung .....	270
2. Erläuterungen zur Heilwasser-Analyse .....	270
1. Kationen-Bestimmungen .....	271



a) Kalium- und Natrium-Bestimmung .....	271
b) Lithium-Bestimmung .....	272
c) Flammenphotometrische Lithium-Bestimmung .....	272
d) Calcium- und Magnesium-Bestimmung .....	272
e) Eisen-Bestimmung .....	273
2. Anionen-Bestimmungen .....	273
a) Chlorid-Bestimmung .....	273
b) Sulfat-Bestimmung .....	274
c) Bestimmung der Borsäure .....	274
d) Bestimmung von Jodid und Bromid .....	275
3. Bestimmung der Spurenelemente .....	275
a) Dithizon-Methode .....	275
b) Dithizon-Analyse .....	277
c) Beispiel einer kleinen Heilwasser-Analyse .....	281
C. Das Wasser als Stoff .....	282
IX. Reagenzien für Trinkwasseruntersuchung .....	285
X. Begleitschein für Wasserproben .....	292
Literaturverzeichnis .....	294

2. Teil

BAKTERIOLOGIE DES TRINKWASSERS

von Dr. med. Helmut Peter, Hameln

I. Allgemeines zu bakteriologischen Untersuchungsverfahren .....	301
II. Der bakteriologische Arbeitsplatz .....	304
III. Wasser und Krankheiten .....	307
IV. Zur Ortsbesichtigung .....	313
V. Die Probeentnahme .....	317
VI. Die Bestimmung der Gesamtkeimzahl .....	322
VII. Die Bestimmung von E. Coli und von coliformen Keimen .....	330
VIII. Pathogene Colistämme .....	343
IX. Der Nachweis von Enterokokken und Clostridium Welchii .....	344
X. Der Nachweis von Viren und Bakteriophagen .....	348
XI. Das Membranfilterverfahren .....	352
XII. Die bakteriologische Untersuchung des Badewassers .....	360
XIII. Der Nachweis pathogener Keime im Wasser .....	364
Literaturverzeichnis .....	370

3. Teil

BIOLOGIE DES WASSERS

von Dr. rer. nat. Dietrich Lüdemann, Berlin

I. Biologische Wasseruntersuchungen .....	379
---	-----

<b>II. Methodik</b> .....	381
A. Probenahme .....	381
1. Biologische Gewässeruntersuchung .....	381
B. Geräte .....	384
1. Membranfilter-Verfahren .....	386
2. Boden- und Schlammuntersuchungen .....	388
C. Ökologische Verfahren der biologischen Wasseranalyse .....	391
1. Saprobien-system .....	391
2. Leitorganismen .....	394
3. Beurteilung der Ergebnisse .....	396
<b>III. Biologische Trinkwasseruntersuchung</b> .....	401
A. Organismen in Wassergewinnungs- und Aufbereitungsanlagen .....	402
B. Mängel an Quelfassungen .....	404
C. Wasserwerksanlagen .....	404
1. Langsamfilter .....	407
2. Schnellfilter .....	408
3. Aktivkohlefilter .....	409
4. Leitungsnetz .....	409
<b>IV. Möglichkeiten zur Bekämpfung von Organismen in Trinkwasserversorgungsanlagen</b>	410
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	415
<b>Sachregister zum 1.—3. Teil</b> .....	417