Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern

Hydrogeologie Emmental

Teil III: Unteres Emmental

Leitung: Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern
Bearbeitung: Grundwasser-Hydraulik:
Ingenieur- u. Studienbüro A. Werner, Burgdorf
Hydrogeologie: dipl. geol. J. Wanner, Bern
WEA/Geologie

Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA)

Herausgeber:
Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA)

Leitung: Dr. R. V. Blau (WEA)

Bearbeitung: Grundwasser-Hydraulik:
Ingenieur- u. Studienbüro A. Werner, Burgdorf
Hydrogeologie: dipl. geol. J. Wanner, Bern
WEA/Geologie

Planungsmitarbeit, kartographische Technik:
P. Eichwald, P. Kunz (WEA)
Mitarbeit Kartographie: D. Hofstetter, Rossens

Schrift Beilagen: Diaset AG Fotosatz, Hinterkappelen/Bern

Reprographie, Druck, Einband: Aerni-Leuch AG, Bern

Ausgabe 1981

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

Seite

III. HYDROGEOLOGIE DES UNTEREN EMMENTALS

EINLEITUNG (Dr. R.V. Blau) XI

1. GEOLOGIE DES QUARTAERS IM UNTEREN EMMENTAL (J. Wanner) 1

1.1. Untersuchungsgebiet und Problemstellung 1

1.2. Bisherige Untersuchungen 2

1.3. Kriterien der Quartärstratigraphie 8
1.3.1. Allgemeine Problematik 8
1.3.2. Kriterien 11
1.3.2.1. Relative Stratigraphie 12
1.3.2.2. Höhenlage 12
1.3.2.3. Lagerungsverhältnisse und Gletscherwirkungen 12
1.3.2.4. Morphologie 13
1.3.2.5. Petrographische Methoden 13
1.3.2.6. Morphometrie 14
1.3.2.7. Granulometrie 15
1.3.2.8. Verwitterung 15
1.3.2.9. Organischer Inhalt 15
1.3.2.10. Weitere Methoden 15

1.4. Stratigraphie 16
1.4.1. Isohypsenkarten 16
1.4.1.1. Isohypsenkarte der Molasseoberfläche 16
1.4.1.2. Isohypsenkarte des Grundwasserstauers 18
1.4.2. Gliederung der quartären Ablagerungen 18
1.4.2.1. Geröllzählungen 19
1.4.2.2. Diffraktometeranalysen 27
1.4.2.3. Korngrössenanalysen 35
1.4.2.4. Sammelprofil der quartären Ablagerungen 39
1.4.3. Beschreibung einzelner Gebiete 41
1.4.3.1. Burgdorf und Umgebung 41
1.4.3.2. Hindelbank und Umgebung 48
1.4.3.3. Kernenried-Zauggenried 52
1.4.3.4. Grafenried-Eichsberg 55
1.4.3.5. Fraubrunnen-Bätterkinden 57
1.4.3.6. Koppigen-Willadingen 61
1.4.4. Spezielle Untersuchungsobjekte 63
1.4.4.1. Alter Emmelauf 63
1.4.4.2. Blockhorizonte innerhalb Schotter- und Moränenkomplexe 65

Seite

1.4.4.3. Grenze Aare - Rhonegletscher im Raume Bern 66
1.4.5. Altersbestimmungen 69
1.4.5.1. ^{14}C und Dendrochronologie 69
1.4.5.2. Pollenanalytische Untersuchungen 69
1.4.5.3. Fossilien 73
1.4.6. Geologische Profile 73
1.4.6.1. Geologisches Profil XIV: Tschamerii 74
1.4.6.2. Geologisches Profil XV: Burgdorf-Schachen 75
1.4.6.3. Geologisches Profil XVIa: Burgdorf-Lindenfeld 75
1.4.6.4. Geologisches Profil XVIb: Burgdorf-Markthalle 75
1.4.6.5. Geologisches Profil XVII: Lyssach-Vilbringen 76
1.4.6.6. Geologisches Profil XVIII: Grafenried-Birchiwald 76
1.4.6.7. Geologisches Profil XIX: Fraubrunnen-Ersigen 76
1.4.6.8. Geologisches Profil XX: Schalunen-Rudswil 77
1.4.6.9. Geologisches Profil XXI: Hof-St. Niklaus 77
1.4.6.10. Geologisches Profil XXII: Bätterkinden-Willadingen 78
1.4.6.11. Geologisches Profil XXIII: Altisberg-Halten 78
1.4.6.12. Geologisches Profil XXIV: Limpachtal 79
1.4.6.13. Geologisches Profil XXVa: Längsprofil Tschamerii-Fraubrunnenwald 79
1.4.6.14. Geologisches Profil XXVb: Längsprofil Urtental-Obergerlafingen 79

1.5. Morphogenese des Unteres Emmental 80

1.6. Regionaler Korrelationsversuch im Raume Bern-Biel-Wangen a.d.A. 82

LITERATURVERZEICHNIS 85
VERZEICHNIS DER VERWENDETEN GUTACHTEN 92

} GEOLOGIE DES QUARTAERS IM UNTEREN EMMENTAL

2. HYDROCHEMIE - BAKTERIOLOGIE (Dr. R.V. Blau / A. Werner, dipl. Ing. ETH und Mitarbeiter) 95

2.1. Allgemeines 95
2.1.1. Ziel der Untersuchungen 95
2.1.2. Untersuchungskampagnen und Entnahmestellen 95
2.1.2.1. Untersuchungskampagnen 1 bis 3 96
2.1.2.2. Untersuchungskampagnen 4 bis 7 96
2.1.2.3. Untersuchungskampagnen 8 und 10 96
2.1.2.4. Untersuchungskampagne 9 97

2.2. Analysenresultate 97
2.2.1. Darstellung der einzelnen Untersuchungsergebnisse 97
2.2.2. Konzentrationsbereiche 97

2.3. Chemische Analysen 98
2.3.1. Oberflächengewässer 98
2.3.2. Grundwasser 99
2.3.2.1. Statistik 99

Seite

2.3.2.2. Generelle Beurteilung 101
2.3.2.3. Einzelne Parameter 102
2.3.3. Zeitliche Veränderungen 107

2.4. Bakteriologische Untersuchungsergebnisse 109

3. HYDROMETRIE UND HYDROGRAPHIE (A. Werner, dipl. Ing. ETH und Mitarbeiter) 110
3.1. Allgemeines 110
3.2. Untersuchungsgebiet 111
3.3. Topographisches Einzugsgebiet 111
3.4. Aufbau des Messstellennetzes 112
3.5. Messstellen, Messungen und Auswertungen 114
3.5.1. Niederschlag 114
3.5.2. Oberflächengewässer 115
3.5.2.1. Wasserstands-Abstichpunkte 115
3.5.2.2. Abflussmengen-Messstellen 115
3.5.2.3. Abflussmengen-Messstationen 116
3.5.3. Grundwasser 126
3.5.3.1. Beobachtungspunkte 126
3.5.3.2. Simultanmessungen 127
3.5.3.3. Periodische Messungen 129
3.5.3.4. Kontinuierliche Messungen/Schreibpegel 130
3.5.4. Beziehungen zwischen Oberflächengewässer und Grundwasser 140
3.5.4.1. In- und Exfiltration der Emme 140
3.5.4.2. Infiltration der Seitenbäche und Kanäle 147
3.5.4.3. Grundwasseraustritte, Exfiltration in die Seitenbäche, Drainagen 148
3.5.4.4. Oberflächenwasser-Abflussbilanz vom 3.10.1978 152

4. GRUNDWASSERHYDRAULIK (A. Werner, dipl. Ing. ETH und Mitarbeiter) 154
4.1. Zusammenstellung der Versuche und Resultate 154
4.1.1. Begriffe und Uebersicht 154
4.1.2. Kleinpumpversuche 155
4.1.2.1. Punkt-k-Werte 155
4.1.2.2. Profil-k-Werte 155
4.1.2.3. Kleinpumpversuche in bestehenden Grundwasserfassungen 158
4.1.3. Grosspumpversuche 159
4.1.3.1. GPV Utzenstorf, Altwiden 160
4.1.3.2. GPV Fraubrunnen, Fraubrunnenwald 160
4.1.3.3. GPV Utzenstorf, Papierfabrik 161
4.1.3.4. GPV Koppigen, Erli 162
4.1.3.5. GPV Burgdorf, östlich Buechmatt 162

Seite

4.1.3.6. GPV Koppigen, Dorf 163
4.1.3.7. GPV Burgdorf, Lindenfeld 164
4.1.3.8. GPV Burgdorf, westlich SBB-Bahnhof (alter Brunnen) 164
4.1.3.9. GPV Burgdorf, westlich SBB-Bahnhof (neuer Brunnen) 165
4.1.3.10. GPV Willadingen, Dorf 166
4.1.3.11. GPV Burgdorf, Schlossmatt SAZ 166
4.1.3.12. GPV Burgdorf, Schlossmatt, Alterspflegeheim 167
4.1.3.13. GPV Burgdorf, Lorraine 168
4.1.4. Markierversuche 168
4.1.4.1. MV Utzenstorf, Altwiden 169
4.1.4.2. MV Fraubrunnen, Fraubrunnenwald 170
4.1.4.3. MV Willadingen, Schuelwald 170

4.2. Diskussion der Resultate 171
4.2.1. Pumpversuche 171
4.2.1.1. Punkt-k-Werte 171
4.2.1.2. Profil-k-Werte 172
4.2.1.3. Gebiets-k-Werte 172
4.2.2. Durchlässigkeit des Grundwasserleiters 173
4.2.3. Mittlere nutzbare Porosität des Grundwasserleiters 173
4.2.4. Mittlere theoretische Sickergeschwindigkeit und mittlere Abstandsgeschwindigkeit 173

5. GRUNDWASSERBILANZIERUNG (A. Werner, dipl. Ing. ETH und Mitarbeiter) 175
5.1. Allgemeines 175
5.2. Grundwasserbilanzierung Unteres Emmental 175
5.2.1. Der Bilanzierungskörper 175
5.2.2. Berechnung der Bilanzierungskennziffern, stationär 176
5.2.2.1. Durchflussmengen QO, QU 176
5.2.2.2. Randliche unterirdische Zuflüsse QIR 180
5.2.2.3. Zuflüsse aus dem Niederschlag auf den Grundwasserleiter QIM 182
5.2.2.4. Gemessene Infiltrationsmengen QIOM 183
5.2.2.5. Gemessene, oberflächlich abgeleitete Exfiltrationsmengen QXOM 184
5.2.2.6. Grundwassernutzung QN 184
5.2.2.7. Differenz zwischen den Infiltrations- und Exfiltrationsmengen aus den resp. in die Oberflächengewässer (QIO + QXO) 185
5.2.2.8. Stationäre Bilanzierung 186
5.2.3. Berechnung von Bilanzierungskennziffern, instationär 189
5.2.4. Natürlicher Grundwasserzuwachs 189

Seite

6. SIEDLUNGSWASSERWIRTSCHAFTLICHE ASPEKTE (A. Werner, dipl. Ing. ETH/ Dr. R.V. Blau, WEA) 194
6.1. Grundwassernutzung 194
6.2. Totales Grundwasserdargebot 194
6.3. Nutzbares Grundwasserdargebot 195
6.4. Grundwasserschutz 195
6.4.1. Gesetzliche Grundlagen 196
6.4.2. Mengenmässiger Grundwasserschutz 196
6.4.3. Gütemässiger Grundwasserschutz 197
6.4.4. Grundwasserschutz heute 197
6.5. Ausblick 198

7. ZUSAMMENFASSUNG 200

LITERATURVERZEICHNIS Kapitel 2 bis 7 208
NICHT VEROEFFENTLICHTE, FUER DIESE ARBEIT WICHTIGE QUELLEN 210

VERZEICHNIS DER FIGUREN

		Seite
Figur III,1:	Topographische Uebersicht	1
Figur III,2:	Bohrungen und geoelektrische Profile als Grundlage für Isohypsenkarten	17
Figur III,3:	Dreiecksdarstellung der Geröllzählungen	23
Figur III,4:	Räumliche petrographische Verbreitung	24
Figur III,5:	Interglaziale Rinne Burgdorf-Rüdtligen	25
Figur III,6:	Glaziale Rinne Urtenental-Kirchberg	25
Figur III,7:	Glaziale Rinne Grafenried-Fraubrunnen-Erlenischlag	26
Figur III,8:	Dreiecksdarstellung der Diffraktometeranalysen	30
Figur III,9:	Verwitterungsabhängigkeit der einzelnen Ablagerungen	32
Figur III,10:	Räumliche Verbreitung der Diffraktometeranalysen	34
Figur III,11:	Korngrössenverteilung der verschiedenen Ablagerungskomplexe	36
Figur III,12:	Korngrössenverteilung der verschiedenen Ablagerungskomplexe (nach Autobahnamt)	37
Figur III,13:	Anwendung der Unterscheidungskriterien	38
Figur III,14:	Sammelprofil durch die Quartärablagerungen des Unteren Emmentals	40
Figur III,15:	Geologische Kartenskizze Burgdorf und Umgebung	42
Figur III,16:	Gegend von Burgdorf zur Zeit des Seestaues	43
Figur III,17:	Längsprofil längs der Rinne Burgdorf-Ersigen	44
Figur III,18:	Profil in der Kiesgrube Chüeweid bei Burgdorf	45
Figur III,19:	Zwei Grundwasserstockwerke im Raume Steinhof	47
Figur III,20:	Geologische Kartenskizze Hindelbank und Umgebung	48
Figur III,21:	Profil in der Kiesgrube Hindelbank	49
Figur III,22:	Geologische Kartenskizze des Gebietes Kernenried-Zauggenried	52
Figur III,23:	Profil in der Kiesgrube Kernenried	52
Figur III,24:	Kontakt Schotter-Moräne in der Kiesgrube Kernenried	53
Figur III,25:	Rinne in der Kiesgrube Eichelacher	54
Figur III,26:	Geologische Kartenskizze des Gebietes Grafenried-Eichsberg	55
Figur III,27:	Vorstossschotter in der Kiesgrube Eichsberg mit Prallhang	56
Figur III,28:	Geologische Kartenskizze des Gebietes Fraubrunnen-Bätterkinden	58
Figur III,29:	Profil in der Kiesgrube Fraubrunnen	59
Figur III,30:	Querprofil durch den Steilabfall zwischen Fraubrunnen und Bätterkinden	60
Figur III,31:	Geologische Kartenskizze des Gebietes Koppigen-Willadingen	61
Figur III,32:	Querprofil durch die Gegend von Koppigen	62
Figur III,33:	Ausschnitt aus dem Plan "Korrektion der Emme"	64
Figur III,34:	Zusammenstellung von verschiedenen Blocklagen nach Literaturangaben	65
Figur III,35:	Maximalausdehnung des würmeiszeitlichen Aaregletschers	68

		Seite
Figur III,36:	Profile der beiden Bohrungen, deren Kerne pollenanalytisch untersucht wurden	70
Figur III,37:	Pollenprofil der Bohrung 611.215/10	72
Figur III,38:	Verteilung der Nitrate (NO_3^-) Sommer 1971/72	103
Figur III,39:	Verteilung der Chloride (Cl^-) Sommer 1971/72	105
Figur III,40:	Verteilung der Sauerstoffsättigungen Sommer 1971/72	106
Figur III,41:	Verteilung der Karbonathärten Sommer 1971/72	108
Figur III,42:	Stammdatenformular GEOHYD 1976	113
Figur III,43:	Abflussmengen-Dauerlinie 1978 Emme Burgdorf, Oberburgschachen	118
Figur III,44:	Abflussmengen-Dauerlinie 1978 Oberburg Dorfbach	119
Figur III,45:	Abflussmengen-Dauerlinie 1978 Luterbach	120
Figur III,46:	Abflussmengen-Dauerlinie 1978 Urtenen, Schalunen	121
Figur III,47:	Abflussmengen-Dauerlinie 1978 Limpach, Kräiligen	123
Figur III,48:	Abflussmengen-Dauerlinie 1978 Oesch, Koppigen	125
Figur III,49:	Gebiet Wiler bei Utzenstorf 1:25'000 Grundwasserspiegel vom 6. Juli 1976 (tiefer Wasserstand)	128
Figur III,50:	Gebiet Wiler bei Utzenstorf 1:25'000 Grundwasserspiegel vom 11. Februar 1977 (hoher Wasserstand)	129
Figur III,51:	Schwankungsbereiche des Grundwasserspiegels 1972-78	136
Figur III,52:	Infiltrations-Leistung und -Rate der Emme von km 7 bis km 11	143
Figur III,53:	Grundwasserspiegel-Ganglinie 607.217/58 während des Austrocknens der Emme	146
Figur III,54:	Volumenverhältnisse im Bilanzierungskörper Unteres Emmental 1978	176
Figur III,55:	Schema der stationären Grundwasserbilanzierung Unteres Emmental (1:100'000)	188

VERZEICHNIS DER TABELLEN

		Seite
Tabelle III,1:	Uebersicht über die unterschiedliche zeitliche Einstufung der verschiedenen Schotterkomplexe	8
Tabelle III,2:	Stratigraphie der Periode Quartär	9
Tabelle III,3:	Gliederung der letzten Eiszeit im Aaretal südlich von Bern	11
Tabelle III,4:	Zusammenstellung der Geröllzählungen	20
Tabelle III,5:	Zusammenstellung der Diffraktometeranalysen	28
Tabelle III,6:	Diffraktometeranalysen aus Bohrung 607.216/39	31
Tabelle III,7:	Zusammenstellung der Unterscheidungskriterien	37
Tabelle III,8:	Chronostratigraphische Zuordnung	74
Tabelle III,9:	Chemische und bakteriologische Untersuchungen	96
Tabelle III,10:	Zusammenstellung der chemischen Oberflächenwasseranalysen	99
Tabelle III,11:	Statistik der chemischen Grundwasseranalysen	100
Tabelle III,12:	Bakteriologische Untersuchungsergebnisse	109
Tabelle III,13:	Niederschlags-Messstationen	114
Tabelle III,14:	Jährliche Niederschlagshöhen 1971-1978	115
Tabelle III,15:	Abflussmengen-Messstationen (Abflusspegel)	117
Tabelle III,16:	Eichmessungen Emme Burgdorf, Oberburgschachen	118
Tabelle III,17:	Eichmessungen Oberburg-Dorfbach	119
Tabelle III,18:	Eichmessungen Luterbach	120
Tabelle III,19:	Eichmessungen Urtenen, Schalunen	121
Tabelle III,20:	Eichmessungen Limpach, Kräiligen	122
Tabelle III,21:	Eichmessungen Oberholzbach, Koppigen	123
Tabelle III,22:	Eichmessungen Oesch, Koppigen	124
Tabelle III,23:	Mittlere Jahresabflussmenge 1972-1978	126
Tabelle III,24:	Grundwasserspiegel-Messkampagnen	127
Tabelle III,25:	Grundwasserschreibpegel des Unteren Emmentals	131
Tabelle III,26:	Extremwerte der Grundwasserstände während der Messperioden	133
Tabelle III,27:	Jährlicher Schwankungsbereich des Grundwasserspiegels	134
Tabelle III,28:	Jahresmittel der Grundwasserspiegel aus den Schreibpegelaufzeichnungen 1972-1978	137
Tabelle III,29:	Summen der jährlichen Grundwasserspiegelanstiege	139
Tabelle III,30:	Infiltrationsmengen aus Differenzmessungen zwischen Emme km 7 bis 11	142
Tabelle III,31:	Infiltrations- und Exfiltrationsmengen der Emme	144
Tabelle III,32:	Emme-Austrocknung 1972-1979	146
Tabelle III,33:	Mittlere provisorische Exfiltrationsmengen für das Exfiltrationsgebiet Zauggenried-Schalunen	149
Tabelle III,34:	Mittlere provisorische Exfiltrationsmengen für das Exfiltrationsgebiet Utzenstorf	149
Tabelle III,35:	Mittlere provisorische Exfiltrationsmengen für das Exfiltrationsgebiet Limpachtal	150
Tabelle III,36:	Mittlere provisorische Exfiltrationsmengen für das Exfiltrationsgebiet Wiler-Zielebach	150

Seite

Tabelle III,37: Mittlere provisorische Exfiltrationsmengen für das Exfiltrationsgebiet Zielebach-Recherswil 151
Tabelle III,38: Mittlere provisorische Exfiltrationsmengen für das Exfiltrationsgebiet Willadingen 152
Tabelle III,39: Bilanzierung des Oberflächenwasserabflusses vom 3.10.1978 153
Tabelle III,40: Uebersicht über die hydrologischen Versuche 154
Tabelle III,41: Kleinpumpversuche in Bohrungen des WEA 156
Tabelle III,42: Kleinpumpversuche in Bohrungen im Auftrage Dritter 158
Tabelle III,43: Kleinpumpversuche in Vertikalfilterbrunnen 159
Tabelle III,44: Grosspumpversuch Utzenstorf, Altwiden 160
Tabelle III,45: Grosspumpversuch Fraubrunnen, Fraubrunnenwald 161
Tabelle III,46: Grosspumpversuch Utzenstorf, Papierfabrik 161
Tabelle III,47: Grosspumpversuch Koppigen, Erli 162
Tabelle III,48: Grosspumpversuch Burgdorf, östlich Buechmatt 163
Tabelle III,49: Grosspumpversuch Koppigen 163
Tabelle III,50: Grosspumpversuch Burgdorf, Lindenfeld 164
Tabelle III,51: Grosspumpversuch Burgdorf, westlich SBB-Bahnhof (alter Brunnen) 165
Tabelle III,52: Grosspumpversuch Burgdorf, westlich SBB-Bahnhof (neuer Brunnen) 165
Tabelle III,53: Grosspumpversuch Willadingen 166
Tabelle III,54: Grosspumpversuch Burgdorf, Schlossmatt 167
Tabelle III,55: Grosspumpversuch Burgdorf, Schlossmatt (Alterspflegeheim) 167
Tabelle III,56: Grosspumpversuch Burgdorf, Lorraine 168
Tabelle III,57: Resultate aus dem Markierversuch Utzenstorf, Altwiden 169
Tabelle III,58: Resultate aus dem Markierversuch Fraubrunnen, Fraubrunnenwald 170
Tabelle III,59: Resultate aus dem Markierversuch Willadingen, Schuelwald 171
Tabelle III,60: Mittlere theoretische Sickergeschwindigkeiten $\overline{vs}$ und mittlere Abstandsgeschwindigkeiten vam 174
Tabelle III,61: Durchlässigkeitsbeiwerte der Bilanzierungsprofile (BP) und -Profilabschnitte (BPA) 177
Tabelle III,62: Mittleres Grundwasserspiegelgefälle Jo für Bilanzierungsprofile und -Profilabschnitte 178
Tabelle III,63: Durchflussflächen F der Bilanzierungsprofile resp. -Profilabschnitte für einen mittleren Grundwasserstand 1978 179
Tabelle III,64: Mittlere Durchflussmengen Q 1978 durch die Bilanzierungsprofile resp. -Profilabschnitte 180
Tabelle III,65: Approximative Zuflüsse Q aus den Grundwasserleitern der Seitentäler in die Bilanzierungs-Gebietsabschnitte BGA 181
Tabelle III,66: Randliche unterirdische Zuflüsse QIR in die Bilanzierungs-Gebietsabschnitte 1978 182

Seite

Tabelle III,67: Zuflüsse QIM aus dem Niederschlag N auf die Bilanzierungs-Gebietsabschnitte BGA 183
Tabelle III,68: Gemessene Infiltrationsmengen QIOM 1978 183
Tabelle III,69: Gemessene, oberflächlich abgeleitete Exfiltrationsmengen QXOM 1978 184
Tabelle III,70: Mittlere Grundwassernutzung QN 1978 185
Tabelle III,71: Stationäre Grundwasserbilanzierung 1978, Unteres Emmental von Oberburg bis Gerlafingen 187
Tabelle III,72: Natürlicher Grundwasserzuwachs 1978 190
Tabelle III,73: Natürlicher Grundwasserzuwachs vom 20.2.1978 bis 28.2.1978 191
Tabelle III,74: Natürlicher Grundwasserzuwachs vom 6.8.1978 bis 11.8.1978 192

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

Abb. III,1: Ausgetrocknete Emme am 27.7.1979 bei Schalunen (Emme-km 8-7) 145

VERZEICHNIS DER BEILAGEN

Beilage III,1A: Geologische Profile 1:25'000/1:2'500
Beilage III,1B: Blockbilder (messbar) 1:25'000/1:2'500
Beilage III,2A: Isohypsen der Molasseoberfläche
Beilage III,2B: Isohypsen des Grundwasser-Spiegels
Isohypsen des Grundwasser-Stauers
Beilage III,3: Mächtigkeit der Grundwasserleiter
Beilage III,4: Hydrochemie
Beilage III,5: Hydrographie
Beilage III,6: Bilanzierungs-Grundlagen

TEIL III

HYDROGEOLOGIE DES UNTEREN EMMENTALS

EINLEITUNG (Dr. R.V. Blau)

Bereits 1969 haben wir begonnen, die hydrogeologischen Verhältnisse des Emmentals, zwischen dem Zusammenfluss von Emme und Ilfis im Süden und der Kantonsgrenze Bern-Solothurn im Norden, zu erforschen. Die sich stellenden Aufgaben und die Ziele, die wir uns setzten, sind in der Einführung zur Publikation der Resultate unserer Untersuchungen im Oberen Emmental (bis Lützelflüh) bereits umschrieben, die zur Verfügung gestellten Rahmenkredite angeführt worden (WEA 1975). Ich verweise auf diese Ausführungen und beschränke mich hier darauf, einige zum Verständnis nötige, ergänzende Angaben dieser Arbeit voranzustellen.

1976 erschien der 2. Band unserer Untersuchungsberichte, der das "Mittlere Emmental" (Lützelflüh bis Burgdorf) behandelte (WEA 1976). Im vorliegenden 3. Band wird nun das "Untere Emmental" vorgestellt. Damit, so war es vorgesehen, sollte die Arbeit über das Emmental abgeschlossen werden. Warum wir heute planen, einen 4. Band über die hydrogeologischen Untersuchungen im Emmental herauszugeben, geht aus den weiteren Ausführungen hervor.

NATIONALES FORSCHUNGSPROGRAMM (NFP) "WASSERHAUSHALT" - MODELLSTUDIE ZUR BESTIMMUNG DES GRUNDWASSERDARGEBOTES IM TESTGEBIET EMMENTAL

Im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes "Grundlegende Probleme des Schweizerischen Wasserhaushaltes" wurde 1976 vom Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung der Forschungskreis "Modellstudien zur Ermittlung des Grundwasserdargebotes" öffentlich zur Bewerbung ausgeschrieben. Folgendes Ziel war gesetzt:

Es sind auf vergleichendem Weg und in praxisbezogener Form Methoden aufzuzeigen, wie im konkreten Fall bei der Erkundung eines Grundwasservorkommens vorzugehen und anschliessend das Grundwasser-Dargebot zu ermitteln ist. Es sind auch alle erforderlichen Hilfsmittel darzustellen und zwar in einer Form, die eine möglichst einfache und sichere Handhabung erlaubt.

Zusammen mit Herrn Prof. E. Trüeb, Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft der ETH-Zürich, haben wir uns im Rahmen dieses NFP um einen Forschungsauftrag beworben. Es waren vor allem drei Gründe, die uns dazu bewogen haben:

- Die im Kanton Bern seit 1968 vorangetriebenen hydrogeologischen Erkundungsarbeiten haben klar gezeigt: Das Bestimmen zuverlässiger, repräsentativer Durchlässigkeitsbeiwerte (k-Werte) ist eine der wichtigsten Aufgaben bei der Erkundung unserer Lockergesteins-Grundwasservorkommen. Das Berechnen von Grundwasserdargeboten, die massgebend sind für die Bewirtschaftung der Vorkommen, hängt und fällt mit der Genauigkeit, mit der diese Werte ermittelt werden können. Die zahlreichen von uns durchgeführten Versuche, allein im Emmental sind bis Ende 1976 325 Klein- und 25 Grosspumpversuche zur Bestimmung der Durchlässigkeitsbeiwerte gelaufen, haben gezeigt, dass viele versuchstechnische Schwierigkeiten noch zu bewältigen sind, damit reproduzierbare, zuverlässige Werte gewonnen und die mit verschiedenen Methoden bestimmten Ergebnisse miteinander verglichen werden können. Schon seit Jahren wurde diese Problematik diskutiert. Erste Vorarbeiten sind an der ETH-Zürich im Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft sowie an der Versuchsanstalt für Wasserbau (Prof. D. Vischer) geleistet worden. Die bei uns sich bietende Gelegenheit, die mit vielen Pumpversuchen gewonnenen Erfahrungen und Resultate zu überprüfen mit zusätzlich vorgesehenen Testreihen im Versuchsgelände und mit Modellstudien im Labor, hat sich aber bis heute nie geboten.
- Wir kennen die Eigenschaften des Grundwasserleiters und die Speisungsmechanismen im Unteren Emmental recht gut. Erste annähernde Bilanzierungen, stationär über Durchflussprofile, instationär über Bilanzierungskörper sind mit gewissen Einschränkungen möglich, sowohl für den schlauchförmigen Teil des Grundwasserleiters zwischen Oberburg-Hasle und Burgdorf wie auch für den beckenförmigen zwischen Burgdorf und der Kantonsgrenze im Norden. Die sich aber bereits abzeichnenden Probleme beim Bestimmen von totalem und nutzbarem Grundwasser-Dargebot sowie von optimalen Nutzungskonzepten zeigen, dass verfeinerte umfassendere Bilanzierungsschritte nötig sein werden, die nur mit numerischen Simulationen der Grundwasserströmungen möglich sein werden. Dank der vielen vorliegenden Resultate können die verschiedenen Methoden der Dargebotsermittlung zuverlässig beurteilt und miteinander verglichen werden. Allgemein gültige Aussagen über ihre Vor- und Nachteile sowie über das Kosten-Nutzen-Verhältnis sind möglich.
- Der Kanton Bern plant, gestützt auf Art. 127 seines Wassernutzungsgesetzes von 1950/64/71, seine für die künftige Versorgung wichtigen Lockergesteins-Grundwasservorkommen systematisch zu untersuchen. Es ist ihm deshalb sehr viel daran gelegen, über Untersuchungsmethoden zu verfügen, die erlauben mit möglichst kleinem Aufwand zu zuverlässigen Resultaten zu gelangen, damit ausreichende Schutz- und Bewirtschaftungskonzepte erarbeitet werden können, die andere Interessen möglichst wenig beeinträchtigen. Viele der von ihm seit 1968 gemachte Erfahrungen sind mit in den von einer Expertengruppe des Nationalfonds ausgearbeiteten Forschungsplan eingeflossen. Wir waren uns aber auch bewusst, dass die hoch gesteckten Ziele des Forschungsplanes nur dann erreicht werden können, wenn die Studien in einem Gebiet durchgeführt werden, das bereits über eine gute Infrastruktur (Beobachtungsrohre im Grundwasserleiter, Grund- und Oberflächenwasser-Messstellen usw.) verfügt und über das ein solides Grundwissen vorliegt. Das Untere Emmental entspricht diesen Anforderungen wie kein anderes Gebiet in der Schweiz.

Der Forschungsauftrag ist uns erteilt worden. Der Grosse Rat des Kantons Bern hat in verdankenswerter Weise zugestimmt, ungefähr 23 % (maximal Fr. 500'000.-) der vorgeschlagenen Forschungssumme beizusteuern trotz der grossen Vorleistungen des Kantons. Die Arbeiten konnten im Frühjahr 1977 aufgenommen werden; sie laufen bis Mitte 1982. Aehnliche Studien laufen in den Grundwassergebieten des Vallée de l'Arve (Leitung: Bonnard & Gardel, Ingénieurs-Conseils SA, Lausanne) und des unteren Valle del Vedeggio (Leitung Dr. G. Beatrizotti, Ufficio geologico cantonale, Bellinzona).

Von 1977 bis 1980 liefen die kantonale und die Nationalfonds-Studie parallel. Es war möglich, viele Untersuchungen kostensparend aufeinander abzustimmen. Da diese neben grundlegenden Erkenntnissen auch bedeutend mehr Daten über die lokalen hydrogeologischen Verhältnisse vermitteln wird, fragte es sich, ob der Bericht über die kantonale Studie nicht besser in den Schlussbericht des Nationalfondsprogrammes eingebaut würde. Wir haben diesen im ersten Moment bestechenden Gedanken wieder fallen gelassen aus folgenden Gründen:

- Es sollten möglichst rasch erste Entscheidungsgrundlagen für die künftige Bewirtschaftung und den Schutz zur Verfügung stehen. Verschiedene Projekte (Flusskorrektionen, Tunnelbauten) sind zu beurteilen, die den Grundwasserhaushalt beeinträchtigen könnten. Es hat sich gezeigt, dass das Grundwasser-Vorkommen vermutlich auch bedeutend sein wird für die überregionale Versorgung (vgl. Abschnitt 6.5.). Die Unsicherheit, ob die finanziellen Mittel zur Verfügung stehen werden, die sehr wichtigen Resultate der NFP-Studie 1982/83 alle zu veröffentlichen, unterstützt diesen Entscheid.
- Wir möchten Rechenschaft ablegen über den Stand der Erkenntnisse, wie er mit den ursprünglich vorgesehenen Mitteln erreicht werden kann.

GEBIETSABGRENZUNG

Die südliche Grenze des hier besprochenen Gebietes liegt zwischen Oberburg und Hasle, das heisst es überschneidet sich teilweise mit dem ursprünglich dem "Mittleren Emmental" zugeschlagenen Talabschnitt (vgl. WEA 1976). Dies hat zwei Gründe:

- Neue Untersuchungen haben gezeigt, dass Form und Eigenschaften des Grundwasserleiters im Gebiet von Oberburg wesentlich von denen abweichen, die im Bericht "Mittleres Emmental" angenommen worden sind.
- In der NFP Modellstudie wurde Wert darauf gelegt, für die numerische Simulation der Grundwasserströmungen neben dem Beckenteil Burgdorf-Kantonsgrenze auch noch einen schlauchförmigen Abschnitt des Grundwasserleiters zu bearbeiten.

BEARBEITER

Die vorliegende Studie ist, abgesehen von den rein geologischen Fragen, zur Hauptsache von Herrn dipl. Ing. A. Werner und seinen Mitarbeitern, den Herren B. Eggen, dipl. ing. HTL, und F. Muchenberger, dipl. ing. HTL (Ingenieur- und Studienbüro A. Werner, Burgdorf) bearbeitet worden. Die geologischen Fragen sind bis 1973 von Herrn Dr. C.R. Niggli, Rüfenacht bei Bern, anschliessend bis 1975 von der Firma petraqua, Münsingen/Bern (Dr. W. Rehse, dipl. Geologe ETH N. Huonder) behandelt worden. Die hydrogeologische Betreuung wurde 1975 vom WEA übernommen.

Von 1977 an ergab sich eine sehr fruchtbare Zusammenarbeit mit dem Doktoranden Herrn J. Wanner, der unter der Leitung von Herrn Prof. W.K. Nabholz, Direktor des Geologischen Institutes der Universität Bern, seine Dissertation "Geologie des Quartärs im Unteren Emmental" bearbeitete. Seine Arbeit bildet das 1. Kapitel dieses Berichtes.

Zu Beginn der Untersuchungen konnten wir auch eng mit Herrn T. Bloch zusammenarbeiten, der unter der Leitung von Prof. F. Gygax am Geographischen Institut der Universität Bern seine Dissertation "Beiträge zur Hydrologie des Unteren Emmentales" (Bloch 1976) ausarbeitete.

Ich danke all den Mitarbeitern für Ihren Einsatz und die erfreuliche Zusammenarbeit, danke auch den Herren Prof. Gygax und Nabholz für ihre wertvolle Unterstützung.

KREDITE, SUBVENTIONEN

Insgesamt sind für diese Studie ungefähr 1,8 Mio Fr. ausgegeben worden. Da anfänglich der Aufwand für die Bearbeitung des Oberen und Mittleren Emmentals nicht gesondert verbucht worden ist, kann die genaue Summe des Aufwandes nicht angegeben werden. (vgl. WEA 1975, S. 1). Dank gebührt dem kantonalen Parlament, dem Regierungsrat, besonders den Vorstehern unserer Direktion, den Herren Regierungsräten H. Huber † und H. Sommer, der Finanzdirektion und ihrem Vorsteher, Herr Regierungsrat Dr. W. Martignoni, sowie Herrn dipl. Ing. R. Merki, Oberingenieur des Wasser- und Energiewirtschaftsamtes, für ihre stete Unterstützung und ihr Vertrauen.

Der Bund subventionierte die Arbeiten mit 30 % (bis Ende 1972) und 35 % (ab Januar 1973). Den Mitarbeitern des Eidg. Amtes für Umweltschutz, insbesondere den Herren Direktoren dipl.Ing. F. Baldinger und Dr. R. Pedroli, sowie den Herren Dres. H.U. Schweizer und C.R. Niggli danken wir für ihre stete Hilfe.

VERWENDETE UNTERLAGEN

Gestützt auf Art. 127a des bernischen Wassernutzungsgesetzes in der Fassung von 1971 sind bei kantonalen und kommunalen Verwaltungen, Regionalplanungsstellen, Ingenieurbüros, Bohrfirmen, Wasserversorgungen, Brunnengenossenschaften usw. die von ihnen gewonnenen Erkenntnisse über den Aufbau des Untergrundes und das Verhalten des Grundwassers gesammelt worden. Im allgemeinen waren alle Angefragten bereit, den beauftragten Büros oder unserer Dokumentationsstelle die gewünschten Unterlagen zu liefern. Wir danken für diese wertvolle Hilfe, ohne die der heutige Wissensstand nicht hätte erreicht werden können. In den Jahren während der diese Studie lief, haben auch Private und öffentliche Wasserversorgungen entscheidende Abklärungen durchführen lassen. Diese sind meistens durch den Kanton subventioniert worden, so dass sie dem Ziel untergeordnet werden konnten, möglichst gute hydrogeologische Kennziffern zu erhalten. Der totale Aufwand belief sich auf ungefähr 1,2 Mio Franken.

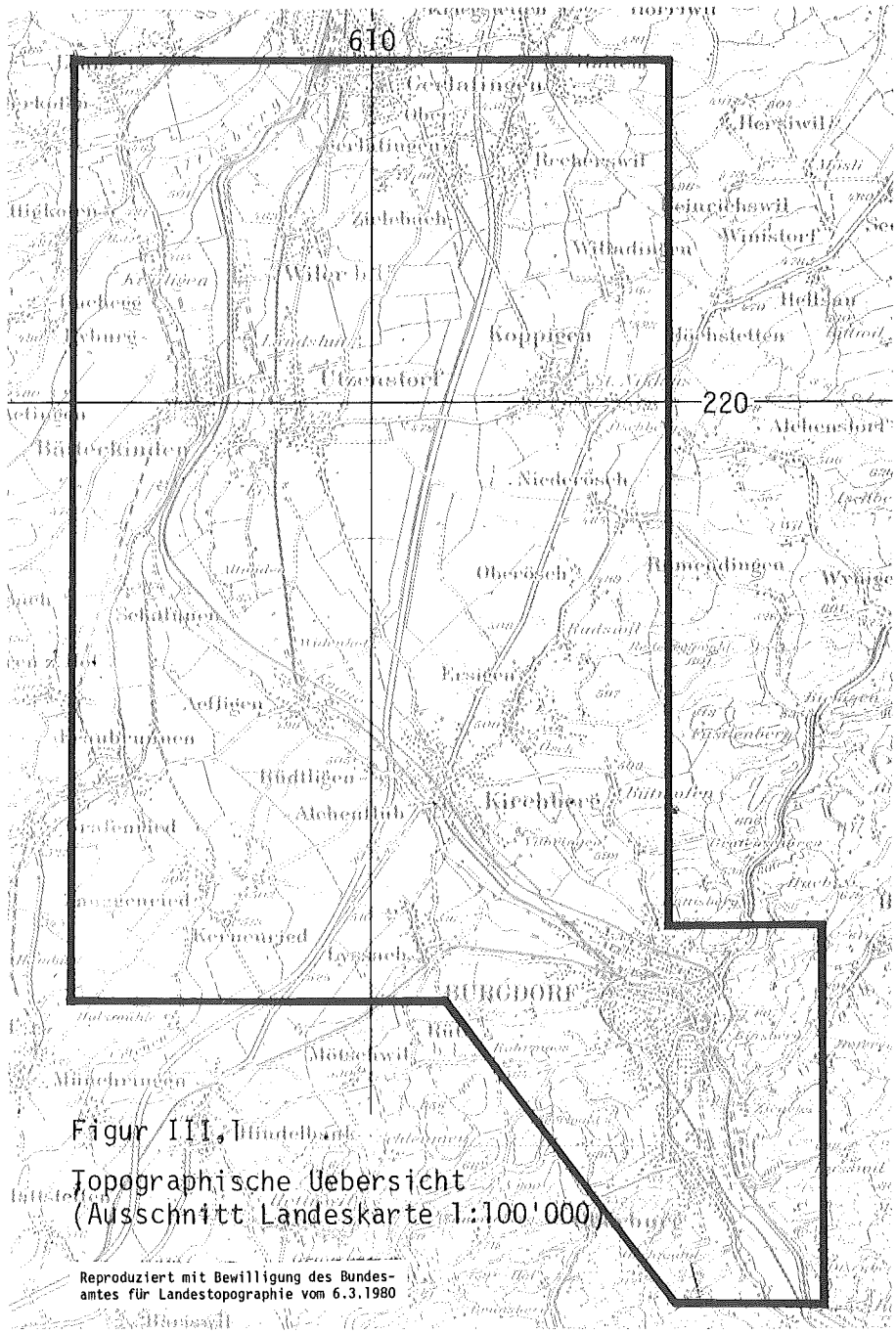
Die Zahl der verwendeten Dokumente ist derart gross, dass es nicht möglich ist, sie alle hier aufzuführen. Die wichtigsten sind im "Verzeichnis der verwendeten Gutachten" (S. 94) und im Verzeichnis "Nicht veröffentlichte, für diese Arbeit wichtige Quellen" (S. 210) angegeben. Auf einige wichtige Angaben wird zusätzlich im Text hingewiesen; im allgemeinen müssen wir aber auf die "Geologische Dokumentationsstelle des Kantons Bern" verweisen, die vom Wasser- und Energiewirtschaftsamt geführt wird. Dort sind alle verfügbaren Unterlagen vorhanden.

1. GEOLOGIE DES QUARTAERS IM UNTEREN EMMENTAL

dipl. geol. J. Wanner

1.1. Untersuchungsgebiet und Problemstellung

Geographische Gliederung



Figur III,1

Topographische Uebersicht
(Ausschnitt Landeskarte 1:100'000)

Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 6.3.1980

Das Untersuchungsgebiet umfasst das Untere Emmental von Oberburg S Burgdorf bis zur Kantonsgrenze Bern/Solothurn S Gerlafingen (vgl. Fig. III,1).

Als Westgrenze gilt die Linie Oberburg-Mötschwil-Grafenried-Bätterkinden-Lohn und die Ostgrenze wird von der Linie Oberburg-Rumendingen-Höchstetten-Kantonsgrenze gebildet.

Geologische Gliederung und Problemstellung

Die Unterlage der quartären Ablagerungen besteht aus den tertiären, flachliegenden Molasseablagerungen und zwar aus dem oberen Teil der Unteren Süsswassermolasse (USM), dem "Aquitanien", und dem unteren Teil der Oberen Meeresmolasse (OMM), dem "Burdigalien". Die Grenze dieser beiden Ablagerungen verläuft nach GERBER (1950) ziemlich genau in SW-NE Richtung durch Burgdorf.

Unsere Aufgabe bestand nun darin, die über dem tertiären Untergrund liegenden Quartärsedimente zu gliedern und wenn möglich ihre zeitliche Genese festzulegen. Daneben sollte versucht werden, eine Isohypsenkarte der Molasseoberfläche zu zeichnen und das Liegende des Grundwasserleiters möglichst genau zu bestimmen.

1.2. Bisherige Untersuchungen

Um einen besseren Ueberblick über unser Untersuchungsgebiet zu erhalten, betrachten wir die bisherigen Arbeiten im Gebiet Bern-Biel-Solothurn-Herzogenbuchsee-Burgdorf. Es wird dann einfacher sein, von diesem grösseren Rahmen auf unser Untersuchungsgebiet zu schliessen. In chronologischer Reihenfolge ergibt sich so folgendes Bild:

Frühquartär (Präglazial)

Während für HANTKE (1959) eine präglaziale Landoberfläche sehr schwierig zu rekonstruieren ist, entstand nach NUSSBAUM (1907) in einer ersten Periode der Talbildung ein welliges Flachland in der Höhe von 550-570 m ü.M., das sich von der Gegend von Bern nordwärts über Zollikofen und Münchenbuchsee ausdehnte und mit dem heutigen Plateau von Rapperswil zusammenhing.

Günzeiszeit

Sichere Ablagerungen aus dieser Zeit werden von keinem Autor beschrieben.

Günz-Mindel-Interglazial

ZIMMERMANN (1961) beschreibt als einziger ein Reststück der Talböden aus jener Zeit und zwar bei Schüpfen, konserviert unter jüngerem Deckenschotter. Dieser Talboden liegt gut 40 m über jenen der nächstfolgenden Interglazialzeit.

Mindeleiszeit

Bis ins Jahr 1911 war es für alle Autoren klar, dass im oben angegebenen Gebiet keine Ablagerungen aus der Mindeleiszeit zu finden sind. Die Schotter auf den

Molasseanhöhen ("Plateauschotter") waren für die meisten Geologen fluvioglaziale Bildungen der Riss- und Würmeiszeiten. Ab 1911 trennten sich die Ansichten der Quartärforscher über das Alter dieser Plateauschotter, die an folgenden Orten zu finden sind: Forstplateau, Frienisbergplateau, Rapperswilerplateau, Bucheggplateau, Büttenberg.

B. AEBERHARD, E. BAUMBERGER und W. STAUB stellen sie in die Risseiszeit: Plateauschotter = Hochterrasse. F. NUSSBAUM und F. ANTENEN sehen sie als Aequivalent der jüngern Deckenschotter.

Für ZIMMERMANN (1961) sind jüngere Deckenschotter nur auf dem Halenberg bei Schüpfen ausgeschlossen. Diese sind gut fluviatil geschichtet (Schüttung von Westen) und weisen im Liegenden etwas Deltaschichtung auf. Für NUSSBAUM und ANTENEN waren die Plateauschotter eine fluvioglaziale Bildung einer selbständigen Ausdehnung des Aaregletschers während der Mindeleiszeit. Der Aaregletscher reichte bis Meikirch und ins Limpachtal. Die Plateauschotter liegen nach ANTENEN (1934) wie ein mächtiges, jurawärts vorstossendes Delta vor dem trichterförmig geweiteten Ausgang des Aaretalabschnittes Thun-Bern und in dessen Achsenrichtung. Diese Schotter bestehen nur aus Geröllen aus dem Berner Oberland.

Noch 1951 verteidigte NUSSBAUM seine Ansicht mit folgenden Argumenten:

- Lagern direkt auf Molasse
- Starke Verkittung und Verwitterung (löchrige Nagelfluh)
- Schotter in der Talsohle des Limpachtales gehören zu der Hochterrasse, die Plateauschotter müssen älter sein, da sonst das Gefälle zu gross ist
- Verbindung mit Deckenschotter von Brugg ergibt ein Gefälle von 1,24 o/oo (heutige Aare 1,37 o/oo)
- Verbindung mit Hochterrasse unterhalb Wangen ergäbe ein Gefälle von 5 o/oo (zu hoch)

ANTENEN (1934) hilft mit:

- Bildung der heutigen Täler von der Risseiszeit, daraus folgt, dass die Plateauschotter älter sind
- Starke Zermürbung zahlreicher kirstalliner Gerölle
- Im Liegenden fehlt Grundmoräne des Rhonegletschers

GERBER (1950) stellt nur die Höhenschotter des Emmentals in die Mindeleiszeit oder ältere Rinnenschotterzeit. Diese Schotter, die in randlichen Schmelzwasserrinnen abgelagert wurden, liegen heute auf Bergrücken und Hängen. Diese Ablagerungen bestehen ebenfalls fast ausschliesslich aus Geröllen aus dem Berner Oberland.

Mindel-Riss-Interglazial

In diesem langen Interglazial entwickelten die Flüsse eine starke Tätigkeit. Nach NUSSBAUM (1927) schnitten sie infolge einer allgemeinen Hebung des Landes tiefe Talfurchen in das flachere Land, wobei die Aare durch das Moosseetal floss, dessen Sohle damals in ca. 440 m ü.M. lag. Diese Talfurchen bilden nach ANTENEN (1934) die heutigen Täler. O. FREY (1907) behauptet, dass in dieser Zwischeneis-

zeit sämtliche früheren Quartärablagerungen wegerodiert worden seien.

Risseiszeit

Das ganze Gebiet war vollständig vom Rhonegletscher bedeckt. Bei der Maximalausdehnung erreichte der Rhonegletscher im SE die Linie Gurnigel-Hohe Hohnegg-Schangnau-Marbach-Wiggen-Napf auf einer Höhe von ca. 1300 m ü.M. ANTENEN (1901). Nach NUSSBAUM wurden in dieser Zeit die älteren Seelandschotter abgelagert und sind der Hochterrasse der Ostschweiz gleichzusetzen. Diese Schotter sind beidseits des Grossen Mooses und beidseits des Aaretales unterhalb Biel zu finden. Sie beinhalten Aare- und Rhonegerölle und ruhen meistens auf Molassesockeln, die 15-20 m über die Talsohle aufragen. Feinere Kies- und Sandschichten wechseln mit gröberen Geröllbänken. Die dachziegelartige Lagerung weist auf eine W nach E Strömung hin. Ebenfalls in die Risseiszeit stellt NUSSBAUM die Karlsruheschotter bei Bern.

Die Plateauschotter NUSSBAUMS und die Höhenschotter GERBERS werden von HANTKE (1959) den Hochterrassen der Ostschweiz gleichgesetzt. Diese Schotter sieht er als Vorstoss- und randliche Stauschotter der früheren Risseiszeit. Während der Risseiszeit erfolgte nach HANTKE (1959) eine kräftige glaziale Uebertiefung. Die Plateauschotter GERBERS (Hindelbank, Jegenstorf, Fraubrunnen-Bätterkinden) parallelisiert er mit den älteren Seelandschotter und den Mittelterrassen der Ostschweiz (Spätriss bis Frühwürm). Für GERBER (1950) wie für H. BECK (1957) sind Ablagerungen in unserem Gebiet erst aus dem Rissrückzug zu finden. Der Rhonegletscher füllte während der Rückzugsphase längere Zeit die Depression entlang des Juras aus. Der Aaregletscher verweilte längere Zeit im Gebiet der heutigen Stadt Bern und schotterte das Gebiet zwischen Forst und Wangen a. d. A. auf. Dadurch erklärt sich GERBER (1950) die Abwesenheit von Rhonematerial in diesen Plateauschotterkomplexen. Diese Schotter liegen 500-680 m ü.M. und werden meistens von einer Würmgrundmoräne des Rhonegletschers überlagert. Sie sind wie folgt aufgegliedert:

oben: undeutlich geschichtete Schotter, siltig
mitte: Blocklage (Blöcke bis 1 m gross), nach KELLERHALS und TROEHLER (WEA 1976): Relikt ausgewaschener Moräne
unten: deutlich geschichtet, relativ sauber

Ebenfalls gleichalt sind nach GERBER (1950) die Rinnenschotter von Krauchthal.

Für ZIMMERMANN (1961) beginnt beim Gletschervorstoss die Hochterrassenschüttung. Die Hochterrassen, die Saane-, Sense-, Aare- und Emmematerial enthalten, findet man im Forst, auf dem Bütten- und Bucheggberg.

A. HEIM (1919) sieht grosse Schwierigkeiten bei der genauen zeitlichen Zuordnung der einzelnen Schotterkomplexe: "Die Diluvialschotter westlich der Emme sind alle intramorän und deshalb nicht von der grossen übersichtlichen Gesetzmässigkeit wie in der Nordschweiz. Man kann in der Westschweiz nicht mehr als zwei Vergletscherungen und zwei Gruppen von Schottern unterscheiden." Er unterteilt in ältere und jüngere Schotter, wobei er unter den älteren Schottern die Plateauschotter NUSSBAUMS und die Karlsruheschotter BALTZERS versteht. Eine Datierung

könnte lauten:

Plateauschotter = Hochterrasse = Vorstoss Riss
Karlsruheschotter = Rückzug Riss

Aber da in unserem Land nirgends eine Verknüpfung zwischen Hochterrassenschottern und Moräne festgestellt werden konnte, betrachtet HEIM diese Ablagerungen eher als interglaziale Bildung.

Riss-Würm-Interglazial

Nach GERBER (1950) bildete sich ein reich verzweigtes Flussnetz aus. Viel Altmoräne wurde abgetragen. Rissmoräne bleibt vor allem ausserhalb der maximalen Würmvereisung bestehen. Wie bereits erwähnt, gehören nach HANTKE (1959) die älteren Seelandschotter NUSSBAUMS = Plateauschotter GERBERS = Mittelterrassenschotter in diese Zwischeneiszeit. Diese Schotter weisen eine Mischung von Aare- und Rhonematerial bis Attisholz auf.

Das Ueberprüfen der Datierung der älteren Seelandschotter war das Exkursionsziel einer Anzahl Schweizergeologen im August des Jahres 1911. ANTENEN (1934, S. 92) schreibt: "Sämtliche Teilnehmer der Exkursion kamen zur Ueberzeugung, es seien die basalen Teile der älteren Seelandschotter fluvioglazial am Ende der Risseiszeit, die mittleren fluvial während der letzten Interglazialzeit und die obersten wieder fluvioglazial zu Beginn der Würmeiszeit aufgeschüttet worden. Dabei verlegte man den Hauptteil der Gesamtaufschüttung auf den mittleren fluvialen Abschnitt, zeitlich also in die letzte Interglazialzeit".

Alte Entwässerungsrinnen, bzw. alte Aare- oder Emmeläufe werden von verschiedenen Autoren postuliert, wobei ihre zeitliche Einstufung meistens recht vage bleibt.

Alte Aare: Viele Autoren (BALTZER, 1896; PENCK und BRUECKNER, 1894; HEIM, 1919; ZIMMERMANN, 1961; RUTSCH) sehen einen alten Aarelauf von Bern über Zollikofen-Urtenen-Zauggenried/Kernenried. Eine Bohrung im Marzili erreichte in 427 m ü.M. die Molasse nicht. Das heisst, dass die Rinne bei Zauggenried tiefer, vielleicht sogar wesentlich tiefer liegen müsste. HEIM (1919) postuliert noch einen alten Aarelauf über das Krauchthal-Unterbergental bis Burgdorf, RUETIMEYER (1869) einen solchen in der Talung Münchenbuchsee-Lyss.

Alte Emme: Am häufigsten wird die Talung Burgdorf-Wynigen-Bollodingen (S Herzogenbuchsee) als alter Emmelauf genannt (NUSSBUAM, GERBER, ANTENEN, H. BECK, A. HEIM). ZIMMERMANN (1961) postuliert einen alten Lauf von Kirchberg über Höchstetten-Burgäschi-Herzogenbuchsee-Bannwil, das heisst die Emme floss nicht direkt der Aare zu.

Würmeiszeit

Vorstoss: Auch in der Würmeiszeit war der Aareglescher früher in der Gegend von Bern als der Rhonegletscher und pflügte nach GERBER (1950) die riss- resp. die praewürmeiszeitlichen Schotter auf und überfuhr sie. So entstanden die

Drumlins von Schönbühl-Urtenen-Bäriswil. Eigentliche Moränenwälle mit anschliessenden Schotterfeldern fehlen. Nach NUSSBAUM (1927) wurde Aare- und Rhonematerial auf der Linie Oberlindach-Station Zollikofen-Sand-Schönbühl vermischt. Während für H. BECK (1957) zu dieser Zeit die älteren Seelandschotter geschüttet wurden, sehen KELLERHALS und TROEHLER (in WEA 1976), NUSSBAUM (1927) und HANTKE (1959) in dieser Periode die Bildung der Niederterrassenschotter (jüngere Seelandschotter). Diese Schotter sind petrographisch den Hochterrassenschottern sehr ähnlich. Für ZIMMERMANN (1961) sind die älteren Seelandschotter und die Karlsruheschotter ebenfalls als Niederterrassenschotter anzusprechen. HEIM (1919) bezeichnet die Schotter, die während der Würmeiszeit abgelagert wurden als jüngere Schotter=Niederterrassenschotter=jüngere Seelandschotter.

Höchststand: Nach GERBER (1950) war der Höchststand der Würmeiszeit nur von kurzer Dauer (flächenhafte Moränen). Nach einem kurzen Rückzug stand der Gletscher lange Zeit auf der Linie Krauchthal-Burgdorf-Wynigen. Diese Linie wird von vielen Autoren (NUSSBAUM, ANTENEN, ZIMMERMANN, HEIM u.a.) als SE Maximalausdehnung des Würmeises angesehen. Bei diesem Stand verstopfte das Eis den Talausgang bei Burgdorf. Es kam zur Ablagerung von Stauschotter und Stauletten im Raume Oberburg-Hasle.

Rückzug: Der Gletscher zieht sich in mehreren Etappen zurück, wobei schöne zusammenhängende Moränenzüge heute schwer zu erkennen sind. ANTENEN (1934) und H. BECK (1957) datieren die Bildung folgender Ablagerungen in der Rückzugsphase der letzten Eiszeit: Jüngere Seelandschotter und Niederterrassenschotter. Der Würmgletscher liess eine Grundmoränendecke zurück, die den grössten Teil des Untersuchungsgebietes bedeckt, wobei nach HEIM (1919) am ausgebreitetsten die Grundmoränen zu sein scheinen, bei welchen ein grosser Teil aus verschürftem umgearbeiteten Molassematerial (Sand und Mergel) besteht, in welches hinein alpine Geschiebe gemischt sind. Nach NUSSBAUM (1927) besteht die Grundmoräne nördlich des Moosseetales aus 2-3 m mächtigen lehmig-sandigen Ablagerungen mit gekritzten, glänzenden Geschieben, ohne Schichtung, während sie südlich des Moosseetales eine kiesige Ausbildung aufweist.

Postglazial

ZIMMERMANN (1961) und MOLLET (1945) setzen die Bildung der jüngeren Seelandschotter zeitlich nicht der Bildung der Niederterrassenschotter gleich. Während für sie die Niederterrassenschotter während der Würm-Vorstossphase abgelagert wurden, fand die Bildung der jüngeren Seelandschotter in der postglazialen Zeit statt, wobei die beiden Autoren die Emmeschotter zu den jüngeren Seelandschottern zählen.

Profil Grundwasserfassung Koppigen	5 m	jüngere Seelandschotter
	4 m	Grundmoräne
	16 + x m	Niederterrassenschotter

Zur selben Ansicht kommt LEDERMANN (1978), der die Emmeschotter ebenfalls in die postglaziale Zeit stellt. In die postglaziale Zeit fällt auch die Bildung der Schuttkegel der Aare im Seeland und der Schüss (KELLERHALS und TROEHLER in WEA 1976) und die Auffüllung des Solothurner Sees (ANTENEN 1934). Nach NUSSBAUM

(1925) entstanden folgende Moränenseen, die langsam verlandeten: E Schönbühl, Wasenmösli, Beermoss bei Bäriswil, Moos bei Balmoos, E Münchringen (Mösli beim Hirzenfeld), S Münchenbuchsee, Moos bei Diemerswil. Heute ist in diesen Gebieten Torf und Seekreide anzutreffen.

Zusammenfassung

Fast alle Autoren sind sich einig, dass im Gebiet Bern-Biel-Solothurn-Herzogenbuchsee-Burgdorf drei Schotterkomplexe zu unterscheiden sind:

Jüngere Seelandschotter: Rand der Talrinnen, entlang alter Aare zwischen Aarberg und Büren a. d. A., Unteres Emmental. Vom Gletscher nicht mehr überfahren.

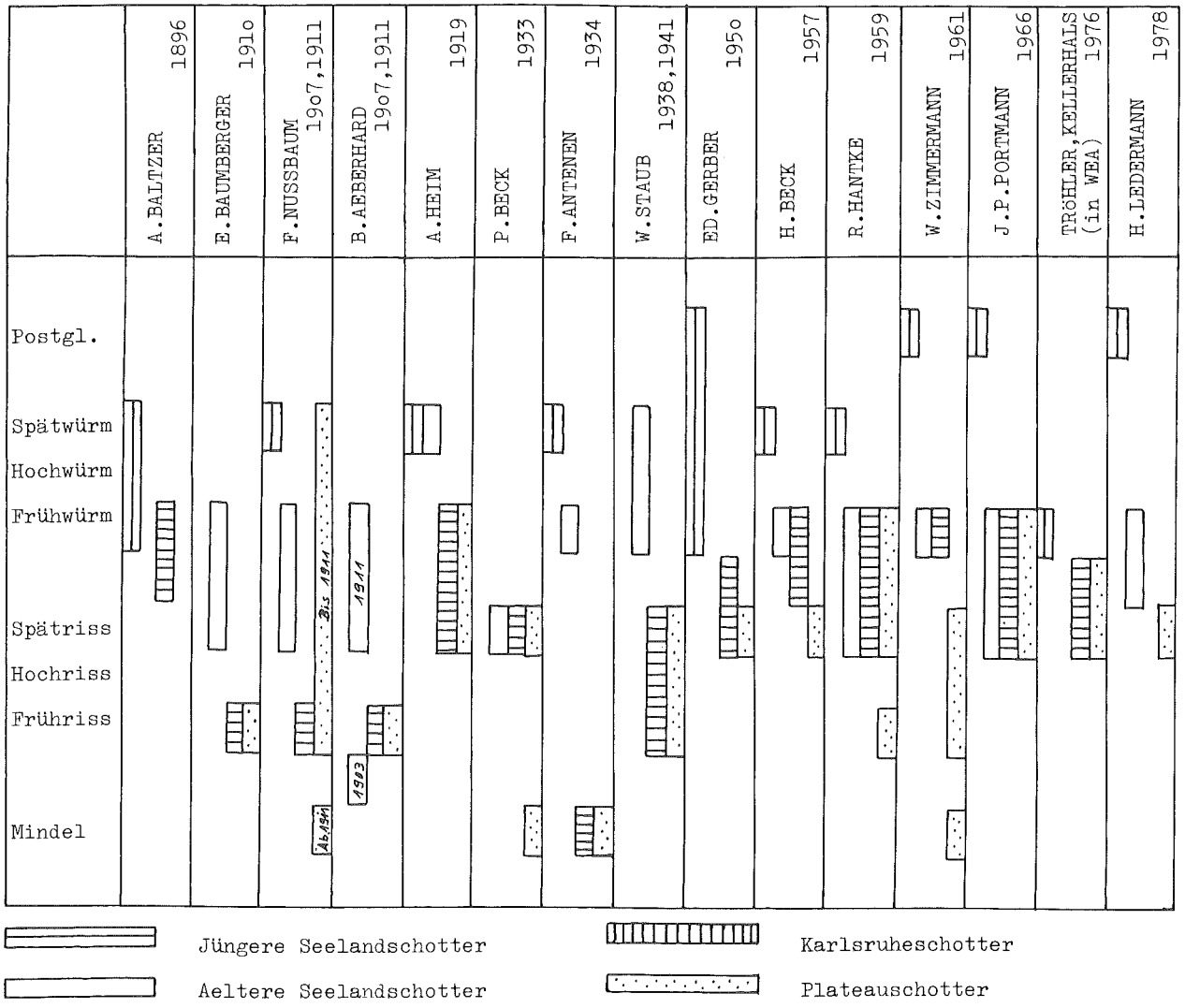
Aeltere Seelandschotter: Beidseits des grossen Mooses, beidseits des Aaretales unterhalb Biel, meist auf Molassesockeln, die 15-20 m über die Talsohle aufragen. Beinhalten Aare- und Rhonematerial, sind meist moränenbedeckt.

Plateauschotter: Forst, Frienisberg, Rapperswilerplateau, Bucheggberg, Hindelbank, Fraubrunnen-Bätterkinden, beinhalten nur Aarematerial. Meist bedeckt mit würmeiszeitlicher Grundmoräne des Rhonegletschers.

Sehr unterschiedlich ist die zeitliche Einstufung der verschiedenen Schotterkomplexe. Welcher Autor welchen Komplex mit der Hochterrasse (Riss), Mittelterrasse (Riss-Würm), Niederterrasse (Würm) parallelisiert und welche Ablagerungen ins Postglazial gestellt werden, zeigt Tabelle III,1.

Tabelle III,1

Uebersicht über die unterschiedliche zeitliche Einstufung der verschiedenen Schotterkomplexe



1.3. Kriterien der Quartärstratigraphie

1.3.1. Allgemeine Problematik

Die Probleme bei der Bearbeitung der quartären Ablagerungen sind mannigfaltig. Zuerst macht einem die im allgemeinen magere Aufschlussdichte zu schaffen, eine Erscheinung, die heute ausgeprägter ist als vor einigen Jahrzehnten. Glücklich kann man sich schätzen, im richtigen Moment auf temporäre Aufschlüsse zu stossen. Sie entstehen meistens bei lokalen Erdbewegungen, von denen man nur durch Zufall Kenntnis bekommt. Bohrungen sind nur bedingte Hilfsmittel. Diese eindi-

mensionalen Aufschlüsse sagen nichts über die laterale Ausdehnung einer lithologischen Einheit aus, die Lagerung ist nicht mehr in ihrer ursprünglichen Lage zu sehen, bei Spülbohrungen sind nur noch Geröllsplitter bis zu drei Zentimeter Durchmesser zu sehen. Alte Bohrprofile, die nicht von einem Fachmann aufgenommen wurden, sind mit grösster Vorsicht zu betrachten. Da viele Bezeichnungen wie Kies, Lehm usw. sehr verschieden gebraucht werden, sind Fehlinterpretationen kaum zu vermeiden. Bohrungen dienen vor allem dazu, den Grundwasserspiegel zu erfassen, ferner auch dazu, die Mächtigkeit der quartären Ablagerungen zu bestimmen. Weiter sind sie ein gutes Mittel um Probenmaterial aus grösserer, kaum je zugänglicher Tiefe zu erhalten.

Neben dem Mangel an Aufschlüssen, bietet die zeitliche Einstufung der einzelnen Komplexe die grössten Schwierigkeiten. Meistens muss versucht werden, mit relativstratigraphischen Methoden zum Ziel zu kommen. Um absolute Altersangaben zu erhalten (^{14}C, Dendrochronologie) braucht es Holzfunde. Gute Hilfsmittel bei der Relativstratigraphie sind Fossilien, Pollenanalysen und im extramoränen Bereich grossräumige Schotterterrassen. Einen Ueberblick über die gebräuchlichsten Kriterien gibt das Kapitel 1.3.2..

Die in Tabelle III,2 zusammengestellte Gliederung des Quartärs stammt von E. RUTTE (1977). In seiner sehr interessanten, kurzen Abhandlung finden sich Angaben über die Dauer des Quartärs und über die Problematik der zeitlichen Einstufung der einzelnen Ereignisse (Eiszeiten usw.).

Tabelle III,2

Stratigraphie der Periode Quartär (nach E. RUTTE)

Periode	Epoche	Alter	Zeit
Quartär	Holocaen		
	Pleistocaen	Jungpleistocaen	Würm Eem
		Mittelpleistocaen	Riss Holstein Mindel
		Altpleistocaen	Cromer
		Aeltestpleistocaen	Villafranca
Tertiär	Pliocaen	Jungpliocaen	

Die für uns massgebende Gliederung der letzten Eiszeit stammt von C. SCHLUECHTER (1976) (vgl. Tabelle III,3). Diese Einteilung erfolgte auf Grund seiner Untersuchungen im Quartär des Aaretals südlich Bern. Der erste Gletschervorstoss der Würmeiszeit (vor 60'000-50'000 Jahren) gelangte nicht über das Gebiet der heutigen Stadt Bern hinaus. In unserem Untersuchungsgebiet sind deshalb nur würmeiszeitliche Ablagerungen aus dem zweiten Gletschervorstoss (vor 20'000-15'000 Jahren) zu finden. Dieser bis heute letzte Eisvorstoss gelangte bis Wangen a. d. A., wo die Endmoränen noch immer recht gut zu beobachten sind. Hier ist beizufügen, dass noch nicht sicher geklärt ist, ob der zweite, letzteiszeitliche Gletschervorstoss der grössere war. P. BECK (1958), der als erster die zwei Phasen des würmeiszeitlichen Aaregletschers mit Schottern und Moränen im Aaretal südlich Bern datieren konnte, betrachtete den ersten Vorstoss als den grösseren. In Anlehnung an die nordeuropäischen Glaziologen wurde dann aber bei uns der zweite Vorstoss als weiterreichend betrachtet.

In jüngster Zeit wird diese Annahme wieder in Zweifel gezogen. So schreibt M. WELTEN (1979, S. 29) in seiner kürzlich erschienenen Arbeit: "Der letzte grosse Würmgletscherstand wird gewöhnlich zwischen die Jahre 22'000 und 18'000 vor heute datiert und den Maximalmoränen der Würmeiszeit zugeordnet. Nicht wenige Untersucher (wir zählen uns dazu) verlegen das Würmmaximum in das Frühwürm und betrachten den Vorstoss von 20'000 vor heute als wesentlich kleiner, z.B. dem Bern- und Zürichstadium entsprechend." Diese Aussagen stützen sich auf die Resultate pollenanalytischer Untersuchungen im Zürcher Oberland. Da für das bernische Mittelland weder die eine noch die andere Annahme bis jetzt sicher belegt ist, bleiben wir bei der von SCHLUECHTER (1976) aufgestellten Gliederung.

Tabelle III,3

Gliederung der letzten Eiszeit im Aaretal südlich von Bern (nach C. SCHLUECHTER 1976)

Jahre vor Heute	Chronostratigraphie	Lithostratigraphie
	Holocaen	Dach der Seetone im Becken von Belp
10 000	Spätglazial	Wichtrach - Schotter
	II. Vorstoss	Obere Münsingen - Schotter
20 000	Thalgut - Interstadial	Thalgut - Seetone
30 000	"Spiezer - Schwankung"	Kirchdorf - Schotter
40 000		Warven im Thalgut
50 000	I. Vorstoss	Blockmoräne bei Gerzensee Würm-I - Grundmoräne Untere Münsingen - Schotter
60 000		
70 000	Frühglazial	Silte und Sande mit Schieferkohle (Wässerifluh, Guntelsei, Alte Schlyffi)
80 000		
90 000	Letztes Interglazial (Eem)	Kies - Sand - Komplex von Kleinhöchstetten

1.3.2. Kriterien

Im folgenden Kapitel soll versucht werden, einen kurzen Ueberblick über die wichtigsten Kriterien zu geben, die bei der Quartärstratigraphie am ehesten anzuwenden sind. Dabei stehen zwei Gruppen von Kriterien im Vordergrund:

1. Untersuchungsmethoden, die im Felde angewendet werden können, bei denen kein Labor gebrauchtwird (als Ausnahme die Bestimmung der Leicht- und Schwermineralspektren). Diese Methoden haben den Vorteil, dass sie sehr rasch gute Resultate liefern. Dazu gehören die relative Stratigraphie, die Bestimmung der Höhenlage, die Lagerungsverhältnisse und Gletscherwirkungen, die Morphologie und die Petrographie, Morphometrie, Granulometrie und die Verwitterung.
2. Bestimmung des organischen Inhaltes. Diese Methoden sind zwar recht arbeitsintensiv, liefern meist aber gute Altersangaben. Die Bestimmung von Fossilien und Pollenanalysen liefern relative, ^{14}C-Bestimmungen und Dendrochronologie absolute Altersangaben. Es ist sehr wichtig, dass bei allen stratigraphischen Gliederungsversuchen darauf geachtet wird, diejenigen Kriterien zu verwenden, die zweckmässig sind.

1.3.2.1. Relative Stratigraphie (Beziehung zum Liegenden und Hangenden)

Typische glaziale Ablagerungen (Moränen, Erratiker) beweisen uns das ehemalige Vorhandensein von Eis. Aus einer Serie, in der glaziale und nicht glaziale Ablagerungen mehrmals miteinander wechseln, können wir auf mehrere Eiszeiten schliessen. Mit Hilfe der Korrelation solcher Serien (anhand von Leithorizonten) und des Vergleichs mit dem deutschen Raum, konnten im schweizerischen Mittelland vier Haupteisvorstösse festgestellt werden: Günz, Mindel, Riss und Würm (im nordeuropäischen Raum sind deren drei zu finden: Elster, Saale, Weichsel).

1.3.2.2. Höhenlage (Terrassenbildung)

Ende des 19. Jahrhunderts erkannten PENCK und BRUECKNER, dass die fluvioglazialen Schotter auf verschiedenen Niveaus abgelagert worden sind. Durch grossräumige Beobachtungen konnten sie die einzelnen Schottervorkommen vier Schottersystemen zuordnen, das heisst jeder Eiszeit ein Schottersystem, wobei die höchsten Schotter die ältesten sein müssen und die tiefsten die jüngsten:

- Niederterrassenschotter — Würm
- Hochterrassenschotter — Riss
- jüngere Deckenschotter — Mindel
- ältere Deckenschotter — Günz

In den extramoränen Gebieten der Ost- und Nordschweiz ist diese Gliederung sehr schön erkennbar und eine Alterszuweisung möglich. Die Diluvialschotter in unserem Gebiet sind aber alle intramorän und deshalb nicht von der grossen übersichtlichen Gesetzmässigkeit der Nordschweiz.

1.3.2.3. Lagerungsverhältnisse und Gletscherwirkungen

Zur Festlegung der Bewegungsrichtung des Eises dienen uns Gletscherschliffe und das Messen der Einregelung von Geröllen. Weiter gehören in dieses Kapitel die Besprechung der Schichtung, der Bändertone und der Gletscherkritze.

Einregelung der Gerölle: Da sich nicht alle Gerölle gleich verhalten (flache und flachstengelige Gerölle stellen sich quer zur Strömungsrichtung, stenglige, parallel dazu) ergeben sich beim Einmessen der einzelnen Gerölle nicht zu unterschätzende Probleme.

Gletscherschliffe: Gletscherschliffe, die meistens auf glatt polierten Felspartien zu finden sind, zeigen uns ebenfalls die Bewegungsrichtung des Eises an.

Schichtung: Die Schichtung dient zur Grobunterscheidung von genetisch verschiedenen Ablagerungen:

Grundmoräne, Wallmoräne: sind in der Regel ungeschichtet oder weisen nur lokal geschichtete Partien auf.
Schotter: flache Schichtung (Ablagerung aus fliessendem Wasser), Deltaschichtung (Ablagerung in stehendes Wasser).
Sande, Silte, Tone: Kreuzschichtung (Ablagerung aus fliessendem Wasser), Horizontalschichtung (Ablagerung aus stehendem Wasser).

Bändertone (Warven): Dieses in Seen im Vorfeld der Gletscher gebildete Sediment kann zur genauen zeitlichen Bestimmung eines quartären Ereignisses dienen.

Gletscherkritze: Gekritzte Gerölle sind ein sicheres Indiz für Gletscherwirkung. Nach WENTWORTH (1936) werden nur 10 % der Kalke und 1 % der übrigen Gesteine gekritzt.

1.3.2.4. Morphologie

Der eiszeitliche Formenschatz, dessen Gesetzmässigkeiten am besten aus Luftbildern zu sehen sind, kann in zwei Gruppen gegliedert werden:

- Erosionsformen (in Ursprungs- und Ausräumungsgebieten), z.B. Rundhöcker, Kare, Alte Stromtäler
- Akkumulationsformen, z.B. Moränen, Drumlins, Oser, Kames, Sander

Diese Formen liefern Angaben über die Bewegungsrichtung des Eises (Rundhöcker, Drumlins), zeigen Akkumulations- und Erosionsgebiete an und die Staffelung von Endmoränenwälle gliedert die Abschmelzperiode des Eises in eine Reihe von Haltezeiten.

1.3.2.5. Petrographische Methoden

Hier gilt es grundsätzlich zwei verschiedene Vorgehen zu beachten: Oft genügt es, wenn ein charakteristisches Leitgestein bestimmt werden kann, um eine Moräne oder ein Schotterkomplex einem Gletscher zuordnen zu können. Fehlen solche typische Leitgesteine, muss mit statistischen Methoden versucht werden, ein Liefergebiet zu bestimmen. Im Folgenden ein paar Gedanken zu den einzelnen Grössenklassen:

Erratiker: Erratische Blöcke, leider nicht immer einem Gletscher zuzuordnen, sind im schweizerischen Mittelland nur noch selten in ihrer ursprünglichen Lage zu finden (Verwendung zum Bau von Häusern, Gartenschmuck usw.).

Steine, Kies: Aus einer Probe werden eine Anzahl Gerölle innerhalb gewisser Grössengrenzen herausgenommen und petrographischen Klassen zugewiesen. Wichtig

bei dieser statistischen Methode ist die Wahl von geeigneten petrographischen Klassen, wobei eine rein petrographische oder eine regional-petrographische Einteilung erfolgen kann. Ueber die Anzahl der pro Probe auszuzählenden Gerölle ist man verschiedener Ansicht. Wenn nur wenige, eng begrenzte Klassen verwendet werden, so müssen relativ wenige Gerölle ausgezählt werden. So kommt PORTMANN (1956) in seinen Untersuchungen zum Schluss, dass bei einer Einteilung in vier Klassen nur 100-200 Gerölle ausgezählt werden müssen, was er mit folgenden Vergleichszählungen beweist:

	Probe Nr. 102			Probe Nr. 158		
Anzahl Gerölle	161	234	395	124	188	212
Juragerölle %	45	47	46	71	68	69
Molassegerölle %	6	4	4	4	6	6
Sed. alpin %	25	26	26	14	16	16
Krist. alpin %	24	23	24	11	10	9

Schwerminerale, Leichtminerale: GASSER und NABHOLZ (1969) untersuchten 289 Proben des Pleistocaens des schweizerischen Mittellandes mit dem Gedanken, es könnten sich vielleicht in den Schwer- und Leichtmineralien der pleistocaenen Sandfraktion bestimmte Assoziationen finden, die nur für einzelne Gletschergebiete charakteristisch sind (als Analogie zu den erratischen Blöcken). Die Untersuchungen führten aber zum überraschenden Schluss, dass die pleistocaene Sandfraktion zum überwiegenden Teil nicht aus dem Einzugsgebiet des Gletschers stammt, sondern von den Gletschern aus dem Molasseuntergrund aufgearbeitet und nur wenige Kilometer transportiert wurde. Damit wurde ein Argument gefunden, das die kräftige Erosionswirkung der pleistocaenen Gletscher belegt.

1.3.2.6. Morphometrie

Mit der Methode von CAILLEUX (1947) können Aussagen über den Transportmechanismus resp. das Transportmedium gemacht werden. Man entnimmt einem Aufschluss 100 Gerölle der gleichen Gesteinsart und der gleichen Korngrösse und bestimmt die Länge (L), die Breite (l) und die Dicke (E).

Abplattung: $A_i = \frac{L+l}{2E} \cdot 100$

Zurundung: $Z_i = \frac{2r}{L} \cdot 1'000$

r: kleinster Krümmungsradius der am wenigsten zugerundeten Stelle der Gesteine

Die charakteristischen Werte lauten nach CAILLEUX wie folgt:

	A_i	Z_i
Riesentöpfe im Strombett	120-160	290
Grundmoräne	160-180	40- 90
Fluvioglaziale Ablagerungen	170-200	240-300
Meeresstrand	230-380	170-610
Seestrand (Genfersee)	230-440	300-370
Zersplitterung durch Frost	200-310	10- 40
Flüsse in gem. warmen Klima	250-350	70-200

1.3.2.7. Granulometrie

Korngrössenanalysen dienen zur Bestimmung der hydrodynamischen Verhältnisse, die bei der Bildung der Sedimente herrschten. Da es recht schwierig ist, in einem Aufschluss eine Sedimentprobe zu entnehmen, die unter einheitlichen physikalischen Bedingungen geschüttet wurde, handelt es sich bei diesen Analysen meistens um Mischwerte. Die einfachste Möglichkeit zur Grobschätzung der Korngrösse im Felde ist folgende: Man vergleicht die Feldproben mit Vergleichsproben der verschiedenen Korngrössen. Mit dieser Methode kann die Korngrössenverteilung erstaunlich genau bestimmt werden.

1.3.2.8. Verwitterung

Ob der Grad der Verwitterung ein Mass für das Alter der Ablagerung ist, ist nicht geklärt. Es scheint eher so, dass die Verwitterung viel mehr von der Art der Einbettung abhängt als vom Alter. Wichtige Parameter sind der Wärmeinhalt, die Niederschlagsmenge und -verteilung und das Klima. Sicher ist, dass uns ein Verwitterungshorizont und somit ein Boden einen Hiatus anzeigt. Zu dieser Zeit fand also im entsprechenden Gebiet keine Sedimentation statt.

1.3.2.9. Organischer Inhalt (vgl. 1.3.2. einleitende Bemerkungen)

Fossilien: Da die quartäre Fauna der heutigen sehr ähnlich ist, ist eine biostratigraphische Gliederung schwierig. Nur Tiergruppen mit rascher Entwicklung liefern gute Leitfossilien, so die Elephantiden, die Pferde, die Nager, der Mensch mit seinen Kulturstufen und die Mikrofossilien (Foraminiferen, Radiolarien, Nannoplankton).

Pollen: Da Pflanzen im allgemeinen viel feiner und viel rascher auf Klimaveränderungen ansprechen als Tiere, eignet sich die Flora viel besser zur Rekonstruktion des quartären Geschehens. Diese Methode ist besonders geeignet für geologische Zeitabschnitte mit mehrfach wechselnden unterschiedlichen Klimata. Am besten konserviert werden die Pollen in Gyttja und Torf. Aber auch feinkörnige Ablagerungen wie Tone und Silte eignen sich gut für deren Erhaltung. Die äussere Hülle der Sporen und Pollen ist bemerkenswert stabil gegen physikalische und chemische Einflüsse.

Holz: Einerseits kann das absolute Alter durch das Bestimmen des Mengenverhältnisses radioaktiver Isotope bestimmt werden, anderseits liefert die Dendrochronologie für den jüngsten Zeitabschnitt genaue Altersangaben. Während mit Hilfe der radioaktiven Isotope (vorwiegend ^{14}C) die letzten 40'000 Jahre bestimmt werden können, kann man mit der Dendrochronologie nur die letzten 7'000 Jahre datieren.

1.3.2.10. Weitere Methoden

Folgende, hier nicht eingehend behandelte Methoden sind im allgemeinen recht aufwendig: Rundung bzw. Bearbeitung von Quarzkörnern, Untersuchung der Quarzkornoberfläche, Verwitterung der Hellglimmer, physikalische Methoden (Seismik, Geoelektrik), Bestimmung des Paläogeruches.

1.4. Stratigraphie

Die Definitionen der in diesem Kapitel verwendeten Begriffe (Schotter, Moränen usw.) wurden von SCHLUECHTER (1976) zusammengestellt, so dass wir auf die Wiederholung dieser Begriffsbestimmungen verzichten können.

1.4.1. Isohypsenkarten

Um das Ausmass der quartären Ablagerungen genau zu erfassen, versuchten wir das Relief der Molasseoberfläche möglichst genau zu bestimmen. Da für uns auch die Lage des Grundwasserstauers wichtig war, die Molasse aber nicht überall das Liegende des Grundwasserleiters bildet, waren zwei Isohypsenkarten anzufertigen: eine Karte der Molasseoberfläche und eine Karte des Grundwasserstauers.

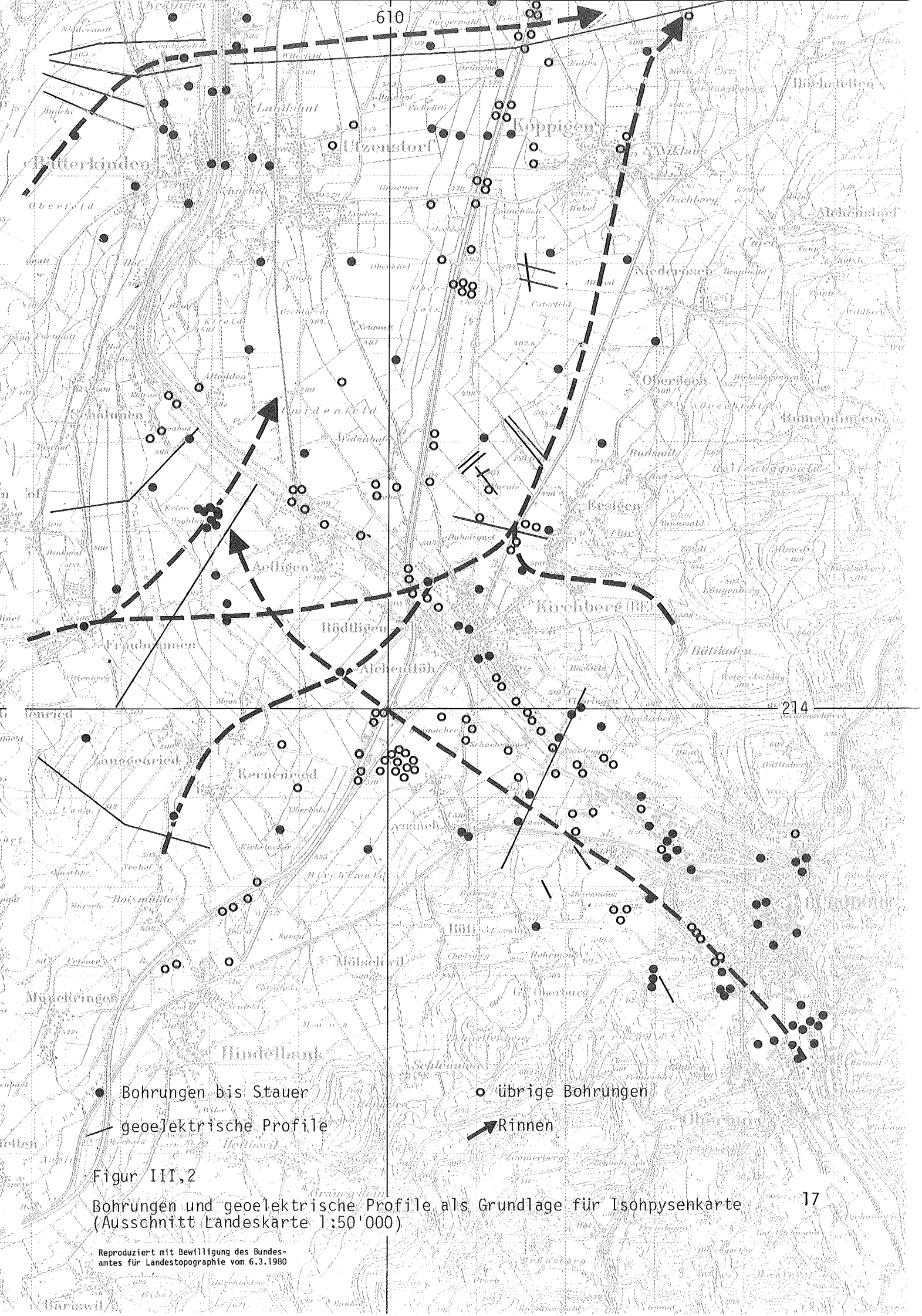
Um diese beiden Karten zeichnen zu können, mussten möglichst viele Unterlagen gesammelt werden. Als erstes wurde eine Aufschlusskartierung im Massstab 1:10'000 des ganzen Untersuchungsgebietes angefertigt. (Das ganze Gebiet ist zwar im Massstab 1:25'000 kartiert: Blatt Burgdorf von Ed. GERBER (1950) und Blatt Solothurn von H. LEDERMANN (1977). Das Blatt Burdorf erwies sich aber für unsere Zwecke als zu ungenau.) Weiter wurde in Büros und Amtsstellen nach Gutachten und alten Bohrungen gesucht. Als wichtigste Fundgruben sind zu erwähnen: Geologische Dokumentation WEA, Büro Werner, Burgdorf, Schweizerische Geologische Dokumentationsstelle, kant. Autobahnamt und Archiv Prof. Rutsch (Dr. Thalmann). Daneben erhielten wir Unterlagen und Hinweise in verschiedenen geologischen Büros (Kellerhals & Tröhler, Bern, Geotest, Zollikofen, Büro Dr. Schär, Zürich), bei Gemeinden (Utzenstorf, Burgdorf, Ersigen), in Architekturbüros, von Baufirmen (Astrada, Schneider), auch konnten wir alte Pläne im Staatsarchiv einsehen. Weiter sind die Feldbücher von Ed. GERBER, die im Naturhistorischen Museum in Bern deponiert sind, zu erwähnen. Daneben fanden sich noch wichtige Angaben in der einschlägigen Literatur. Sehr wichtig war natürlich die Aufnahme der Bohrungen, die während unseren Untersuchungen abgeteuft wurden. In Figur III,2 sind sämtliche Bohrungen und geoelektrische Profile, die uns zur Verfügung standen, eingetragen.

1.4.1.1. Isohypsenkarte der Molasseoberfläche (Beilage III,2A)

Am genauesten ist diese Karte sicher im Raume Burgdorf, da dieses Gebiet die grösste Bohrdichte aufweist. Durch kürzlich abgeteufte Bohrungen wurde die Karte in diesem Gebiet im grossen und ganzen bestätigt.

Hoch liegt die Molasse (d.h. aufgeschlossen oder unter geringer Bedeckung) in folgenden Gebieten:

- Oestlich der Linie Oberburg-Burgdorf-Kirchberg-Niederösch-Willadingen
- Südlich der Bahnlinie Oberburg-Burgdorf-Hindelbank
- Schloss Burgdorf steht auf Molasse
- Gebiet Fraubrunnen-Grafenried-Limpach-Bätterkinden
- Zwischen Bätterkinden und Willadingen erscheint die Molasse mehrmals an der Oberfläche oder nahe derselben: Schloss Landshut, Rainhof, Bürglenhubel, Schuelwald.



● Bohrungen bis Stauer

○ übrige Bohrungen

— geoelektrische Profile

→ Rinnen

Figur III,2

Bohrungen und geoelektrische Profile als Grundlage für Isohypsenkarte (Ausschnitt Landeskarte 1:50'000)

Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 6.3.1980

Verschiedene Bohrungen zeigen uns Rinnen an (vgl. Beilage III,2A und Figur III,2) so die Bohrungen

610.221/1 Molasse in 88 m Tiefe nicht erreicht (S Gerlafingen)
606.220/9 Molasse in 69 m Tiefe erreicht (NW Bätterkinden)
611.215/10 Molasse in 76 m Tiefe erreicht (NNE Kirchberg)

Daraus schliessen wir, dass eine glaziale Entwässerungsrinne von Burgdorf über Bütikofen, Ersigen (611.215/10), Koppigen nach Willadingen verlief. Hier vereinigte sie sich mit der glazialen Rinne, die vom Limpachtal herkommend (606.220/9) über das Wilerfeld (610.221/1) nach Willadingen verlief. Ob nach der Vereinigung dieser Rinnen die Fortsetzung in nördlicher Richtung (über Subingen-Deitingen) oder in östlicher Richtung (über Winistorf-Burgäschisee) zu suchen ist, konnte nicht eindeutig geklärt werden. Eine Spülbohrung der elf aquitaine suisse am Chrümelbach zwischen Höchstetten und Hellsau deutet eher auf eine Fortsetzung in östlicher Richtung hin. Die Bohrungen

610.215/32 Molasse in 57 m Tiefe erreicht (NW Kirchberg)
608.215/3 Molasse in 34 m Tiefe nicht erreicht (E Fraubrunnen)
618.215/2 Molasse in 38 m Tiefe nicht erreicht (E Fraubrunnen)

zeigen uns eine Rinne von Fraubrunnen über den Rüdtligenwald in Richtung Kirchberg an. Bei Ersigen vereinigt sich diese Rinne mit derjenigen, die aus dem Bütikofentäli in Richtung Koppigen verläuft. Ueber den Zeitpunkt der Entstehung dieser Rinnen vergleiche Kapitel 1.5.

1.4.1.2. Isohypsenkarte des Grundwasserstauers (Beilage III,2B)

Hier besassen wir mehr Anhaltspunkte als bei der Isohypsenkarte der Molasseoberfläche. Grössere Unterschiede zwischen diesen beiden Karten sind vor allem im Raum Kirchberg-Koppigen sowie im Gebiet Bätterkinden-Willadingen-Gerlafingen festzustellen. In diesen Gebieten wirken sandige, siltige, tonige oder lehmige Ablagerungen des Quartärs als Stauer.

Die seitliche Begrenzung des Grundwasserleiters wird meistens durch die Molasse gebildet. Bei einmündenden Tälern ist eine Grenzziehung meistens nicht möglich. Zwischen Lyssach und Kernenried bildet Moräne der letzten Eiszeit die seitliche Begrenzung und im Gebiet Fraubrunnen-Bätterkinden sind es gut verkittete Schotter.

Probleme beim Festlegen der seitlichen Abgrenzung entstanden vor allem dort, wo nicht sichere Molasse die Begrenzung bildet. Dies ist wie bereits erwähnt, auf der westlichen Seite unterhalb Burgdorf der Fall.

Die übrigen Angaben auf dieser Karte stammen vom WEA und vom Büro Werner in Burgdorf.

1.4.2. Gliederung der quartären Ablagerungen

Bei grossräumigen Aufschlüssen ist eine Gliederung der Ablagerung oft schon

im Felde möglich. Da aber unser Untersuchungsgebiet vor allem eine grosse Anzahl Kernbohrungen aufweist, mussten geeignete Untersuchungsmethoden angewendet werden. Bohrungen sind ja eindimensionale Aufschlüsse; das Bohrgut kann nicht mehr in seiner ursprünglichen Lagerung betrachtet werden. Sichere Grenzen können nur zwischen Stillwasserablagerungen und Schotter gezogen werden, im beschränkten Masse auch zwischen Moränen und Schottern. Recht schwierig ist meistens eine Grenzziehung zwischen glazialen bzw. fluvioglazialen Ablagerungen. Als Methoden eignen sich quantitative Petrographie, Diffraktometeranalysen, Korngrössenanalysen.

1.4.2.1. Geröllzählungen (quantitative petrographische Methode)

Die Geröllzusammensetzung der Schotter und Moränen wiederspiegelt nicht genau diejenige des Herkunftsgebietes, da sich die einzelnen Geröllklassen während des Transportes nicht genau gleich verhalten. Wir haben es also vielmehr mit einem Restsediment zu tun. Geröllzählungen sollten es uns aber trotzdem erlauben, gewisse charakteristische Geröllzusammensetzungen festzustellen.

Wir unterteilten nach den Grössenklassen 16-32 mm, 32-64 mm und >64 mm. Bei den Kernbohrungen entnahmen wir von einem 30 resp. 40 cm langen Kern sämtliche Gerölle >16 mm, zählten alle Gerölle aus und rechneten auf 100 % um. In den Kiesgruben lösten wir einen Konglomeratblock heraus, steckten ihn in einen Probesack und zerlegten ihn in seine einzelnen Komponenten. Anschliessend zählten wir alle Gerölle aus und rechneten ebenfalls auf 100 % um.

Nach folgenden Gesteinsklassen wurde ausgezählt (Resultate in Tabelle III,4):

- Ophiolithe
- Metamorphite
- rote, weisse und grüne Granite
- übriges Kirstallin

} Ecke Kri

- Gangquarze
- Quarzite
- Hornsteine i.A.

} Ecke Qz

- Kalke
- Flysche
- Sandsteine
- Atypische

} Ecke KaFlySa

Zur besseren Uebersicht sind in Figur III,3 sämtliche Auszählungen in einem Dreieck dargestellt. Sofort ist ersichtlich, dass sich zwei Schwerpunkte bilden, mit folgenden Anteilen:

Schwerpunkt links:		Schwerpunkt rechts:	
Ecke KaFlySa:	65-90 %	Ecke KaFlySa:	35-60 %
Qz:	5-25 %	Qz:	30-50 %
Kri:	5-15 %	Kri:	5-15 %

Tabelle III,4

Zusammenstellung der Geröllzählungen

Lokalität	Koordinaten (bei Bohrungen OKT) Ord.nr.Geol.Dok.WEA	Bohrtiefe	Chrono-strat. Zuordn. (vgl. Tab. III,8)	Kri				Qz			KaFlySa				Σ Kri	Σ Qz	Σ KaFlySa
				Ophiolithe	Metamorphite	Granite	übriges Kristallin	Gangquarze	Quarzite	Hornsteine i.A.	Flysche	übrige Sandsteine	Kalke	Atypisch			
Rüdtligen	6o9 45o/214 395/5o4 6o9.214/6	3,o-3,3	qs	1	4	1	3	9	33	1	25	3	19	1	9	43	48
		6,o-6,3	qs	-	5	6	4	11	36	1	15	2	2o	-	15	48	37
		15,o-15,3	qs	1	2	2	3	9	36	1	21	2	23	-	8	46	46
		27,o-27,3	qs	1	2	3	3	8	34	1	2o	3	24	1	9	43	48
		33,o-33,3	qs	1	1	3	2	2	32	1	22	6	29	1	7	35	58
		36,o-36,3	q4vsB	-	5	2	5	1	11	-	2o	4	52	-	12	12	76
		39,o-39,3	q4vsB	-	5	1	5	4	14	2	17	3	49	-	11	2o	69
		42,o-42,3	q3s-4s	-	4	4	-	3	43	-	9	5	42	-	8	46	46
		45,o-45,3	q3s-4s	1	4	4	6	5	22	1	23	1	33	-	15	28	57
Fraubrunnen	6o6 942/215 328/49o 6o6.215/19	3,o-3,3	qs	1	3	3	5	12	46	-	19	5	6	-	12	58	3o
		6,o-6,3	qs	1	4	1	1	2	43	1	24	5	18	-	7	46	47
		9,o-9,3	q4vsB	-	2	4	3	2	21	-	4o	3	25	-	9	23	68
		12,o-12,3	q4vsB	1	1	2	4	1	13	-	34	8	36	-	8	14	78
Kernenried	6o8 73o/212 67o/5o8 6o8.212/1o	3,o-3,4	q4vsB	2	2	2	1	5	9	1	45	6	26	1	7	15	78
		15,o-15,4	q4vsB	2	4	2	2	4	1o	1	38	1o	26	1	1o	15	75
		24,o-24,4	q4vsB	3	3	1	1	4	11	1	4o	12	22	2	8	16	76
Zauggenried	6o6 64o/213 7oo/512 6o6.213/1	3,o-3,4	q4mB	4	2	-	2	9	11	2	47	11	12	-	8	22	7o
		6,o-6,4	q4mB	6	3	3	1	5	11	-	47	1o	12	2	13	16	71
		9,o-9,4	q4mB	4	3	4	1	5	12	2	47	9	12	1	12	19	69
		12,o-12,4	q4vsB	3	3	3	1	5	1o	-	55	8	12	-	1o	15	75
		21.o-21,4	q4vsB	4	2	-	2	1	13	3	47	15	13	-	8	17	75
		27,o-27,4	q4vsB	5	2	2	2	6	1o	1	51	8	13	-	11	17	72
Holzmühle	6o7 575/212 78o/5o1 6o7.212/5	3,o-3,4	q4vsB	2	2	3	3	5	16	-	5o	9	1o	-	1o	21	69
		12,o-12,4	q4vsB	1	3	1	1	9	7	1	47	11	18	1	6	17	77
		21,o-21,4	q4vsB	4	3	1	1	9	1o	-	46	12	12	2	9	19	72
Lyssach	6o9 79o/212 42o/528	3,5-8,o	q4mB	1	2	-	2	4	5	-	39	6	4o	1	5	9	86
Ersigen	611 o8o/217 o5o/494 611.217/6	3,o-3,5	qs	2	2	5	2	11	36	-	2o	2	18	2	11	47	42
		12,o-12,5	qs	2	2	4	2	8	39	1	22	1	18	1	1o	48	42
		33,o-33,5	qs	3	2	4	1	5	28	-	26	3	28	-	1o	33	57
		42,o-42,4	qs	1	3	6	3	6	31	-	25	3	21	1	13	37	5o
Utzenstorf	61o o8o/217 98o/488 61o.217/14	3,o-3,4	qs	2	3	2	1	14	32	1	31	3	1o	1	8	47	45
		12,o-12,4	qs	2	3	3	1	9	27	1	36	6	11	1	9	37	54
		21,o-21,4	qs	1	3	1	2	7	24	1	38	6	17	-	7	32	61
		27,o-27,4	q4vsB	-	1	5	1	9	2o	-	32	15	17	-	7	29	64
Oberösch	611 75o/217 885/488 611.217/5	3,o-3,5	qs	2	3	6	2	15	32	2	23	5	9	1	13	49	38
		12,o-12,5	qs	2	2	2	2	14	32	1	27	6	11	1	8	47	45
		33,o-33,5	qs	1	3	4	3	8	24	2	34	7	12	2	11	34	55
		39,o-39,5	qs	2	2	3	2	4	34	2	34	9	7	1	9	4o	51
Burgdorf	612 89o/211 855/534 612.211/7	3,o-3,3	q4mB	-	3	2	1	7	15	-	33	6	33	-	6	22	72
		6,o-6,3	q4mB	-	6	1	4	8	11	-	38	4	28	-	11	19	7o
		12,o-12,3	q4mB	1	3	2	3	1o	31	-	29	1	19	1	9	41	5o
		18,o-18,3	q3s-4s	-	3	2	2	1o	3o	-	32	2	19	-	7	4o	53
		21,o-21,3	q3s-4s	1	4	1	2	14	31	1	28	-	18	-	8	46	46
		3o,o-3o,3	q3s-4s	1	4	1	1	1o	26	1	31	3	22	-	7	37	56
		33,o-33,3	q3s-4s	-	3	2	1	4	4o	-	26	2	22	-	6	44	5o
Oberburg	614 81o/2o8 415/558 614.2o8/1o	6,o-6,3	qs	3	4	-	1	6	29	1	38	9	9	-	8	36	56
		15,o-15,3	qs	4	4	2	2	7	25	1	29	9	7	-	12	33	55
		24,o-24,3	qs	3	4	1	3	7	34	1	38	5	4	-	11	42	47

Tabelle III,4 Fortsetzung

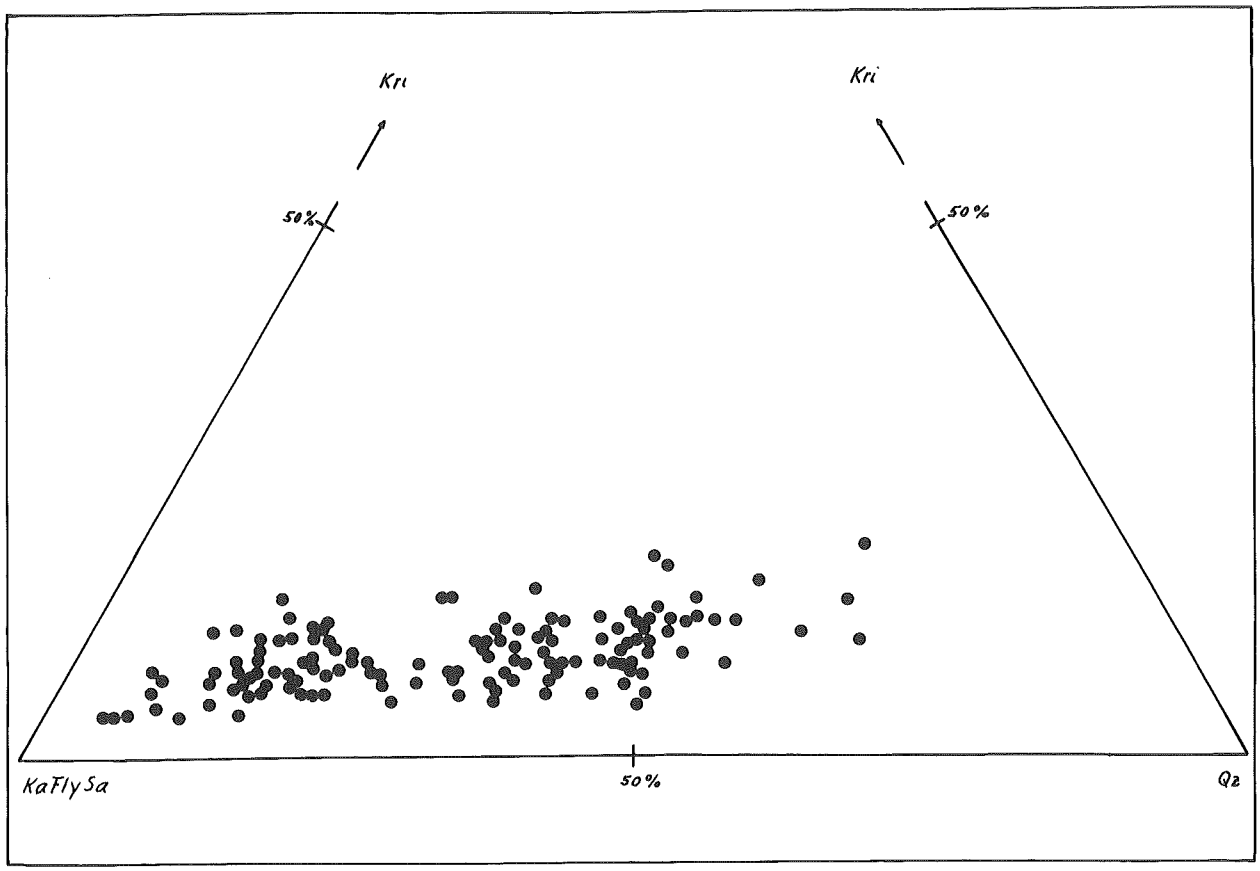
Lokalität	Koordinaten (bei Bohrungen OKT) Ord.nr.Geol.Dok.WEA	Bohrtiefe	Chrono-strat. Zuordn. (vgl. Tab. III 8)	Kri				Qz			KaFlySa				Σ Kri	Σ Qz	Σ KaFlySa
				Ophiolithe	Metamorphite	Granite	übriges Kristallin	Gangquarze	Quarzite	Hornsteine i.A.	Flysche	übrige Sandsteine	Kalke	Atypisch			
Bätterkinden	6o6 525/22o 44o/466 6o6.22o/9	3,o-3,3	qs	-	5	2	5	11	24	-	3o	3	2o	-	12	35	53
		6,o-6,3	qs	-	4	2	3	7	28	1	27	5	23	-	9	36	55
		9,o-9,3	qs	-	2	2	4	4	27	-	25	6	3o	-	8	31	61
		12,o-12,3	qs	-	4	1	1	12	23	1	25	5	28	-	6	36	58
Ersigen	611 475/215 535/5o2 611.215/1o	4,o-4,3	qs	-	8	5	5	21	23	-	27	5	6	-	18	44	38
		7,o-7,3	qs	-	7	4	3	16	25	2	23	3	17	-	14	43	43
		1o,o-1o,3	qs	1	1	2	2	1o	25	1	33	1	24	-	6	36	58
		13,o-13,3	qs	2	5	3	2	1o	27	-	28	6	17	-	12	37	51
		7o,o-73,3	q4mW	1	5	-	1	1o	7	-	4o	9	27	-	7	17	76
Kirchberg	61o 41o/215 385/5o5 61o.215/32	3,o-3,3	qs	-	4	2	3	7	36	1	16	1	3o	-	9	44	47
		9,o-9,3	qs	-	4	-	1	7	41	-	13	5	28	1	5	48	47
		15,o-15,3	qs	-	4	4	3	9	23	1	18	3	35	-	11	33	56
		21,o-21,3	qs	-	2	3	4	9	24	1	13	4	4o	-	9	34	57
		51,o-51,3	q4mW	-	-	4	1	9	17	2	19	11	37	-	5	28	67
Aefligen	6o7 93o/216 14o/49o 6o7.216/39	3,o-3,3	qs	-	3	3	7	16	29	-	23	1	18	-	13	45	42
		9,o-9,3	qs	-	4	3	4	15	22	1	31	5	15	-	11	38	51
		15,o-15,3	q4vsB	-	3	1	2	4	4	-	44	7	35	-	6	8	86
		21,o-21,3	q4vsB	-	2	1	1	4	11	1	45	6	29	-	4	16	8o
Oberburg	615 o5o/2o8 46o/555 615.2o8/66	3,o-3,3	qs	-	5	1	4	5	39	-	3o	5	11	-	1o	44	46
		9,o-9,3	qs	-	5	1	2	1o	3o	-	32	4	16	-	8	4o	52
		15,o-15,3	qs	-	5	3	2	4	34	-	26	1	25	-	1o	38	52
		21,o-21,3	qs	-	3	2	1	8	24	1	37	7	17	-	6	33	61
Aefligen	6o7 92o/216 12o/49o	2,9-3,3	qs	-	5	3	3	19	26	-	35	2	7	-	11	45	44
		5,3-5,7	qs	-	8	2	3	12	29	-	33	3	1o	-	13	41	46
		8,3-8,7	qs	1	4	2	5	11	32	-	31	2	12	-	12	43	45
		11,3-11,7	qs	-	6	2	1	6	18	-	44	4	19	-	9	24	67
		14,7-15,1	q4vsB	-	3	1	3	3	5	-	53	7	25	-	7	8	85
		17,7-18,1	q4vsB	-	3	2	3	4	13	-	57	7	11	-	8	17	75
		2o,7-21,1	q4vsB	-	4	3	2	6	13	-	52	4	16	-	9	19	72
Aefligen	6o7 9oo/216 14o/49o	3,o-3,3	qs	-	6	2	3	18	19	-	39	3	1o	-	11	37	52
		8,4-8,8	qs	1	4	3	3	8	24	-	44	3	1o	-	11	32	57
		11,3-11,7	qs	1	2	2	4	8	14	1	51	4	13	-	9	23	68
		2o,7-21,1	q4vsB	1	3	2	2	4	16	1	57	5	9	-	8	21	71
Aefligen	6o7 92o/216 17o/49o	8,o-8,5	qs	1	6	3	2	13	32	-	35	3	5	-	12	45	43
		11,6-12,o	qs	1	4	2	4	11	31	1	34	4	8	-	11	43	46
		14,6-15,o	q4vsB	-	2	-	2	2	5	-	55	8	26	-	4	7	89
		2o,7-21,7	q4vsB	-	3	2	1	7	13	-	54	8	12	-	6	2o	74
Lyssach	61o o8o/213 53o/5o5	3,o-3,4	qs	-	3	2	2	6	19	-	38	9	21	-	7	25	68
		12,o-12,4	qs	-	5	1	3	5	3o	1	33	4	18	-	9	36	55
		15,o-15,4	qs	-	4	-	2	3	37	-	31	3	2o	-	6	4o	54
Kgr.Fraubr.	6o6 57o/215 36o	5m ab OK	q4vsB	3	8	1	3	6	19	2	31	7	19	1	15	27	58
		15m ab OK	q4vsW	1	4	3	4	3	15	-	47	3	19	1	12	18	7o
Kgr.Lyssach	611 3oo/213 o7o		qs	1	4	4	4	17	33	2	18	4	12	1	13	52	35
Kgr.Bätterk.	6o7 72o/22o 91o		qs	1	3	5	4	11	38	1	25	3	8	1	13	5o	37
Kgr.Koppigen	611 24o/219 77o		qs	1	5	6	8	18	4o	1	14	6	1	-	2o	59	21
Mattstetten	6o6 48o/2o8 445/53o	14,o-14,2	q4vsB												12	1o	78
		17,o-17,2	q4vsB												4	11	85
		22,o-22,3	q4vsB												4	5	91

Tabelle III,4 Fortsetzung

Lokalität	Koordinaten (bei Bohrungen OKT.) Ord.nr.Geol.Dok.WEA	Bohrtiefe	Chrono-strat. Zuordn. (vgl. Tab. III,8)	Kri				Qz			KaFlySa				Σ Kri	Σ Qz	Σ KaFlySa
				Ophiolithe	Metamorphite	Granite	übriges Kristallin	Gangquarze	Quarzite	Hornsteine i.A.	Flysche	übrige Sandsteine	Kalke	Atypisch			
Mattstetten	606 255/208 230/527	16,0-16,2	q4vsB												8	12	80
		22,0-22,2	q4vsB												4	6	90
Mattstetten	606 705/208 290/531	26,0-26,2	q4vsB												8	7	85
Kgr.Hindelb.	607 500/211 000	3m ab OK	q4vsB	1	3	4	1	7	12	-	16	7	48	1	9	19	72
		15m ab OK	q4vsW	1	2	2	2	5	8	1	15	6	57	1	7	14	79
		22m ab OK	q4vsW	1	2	2	3	7	18	-	14	4	49	-	8	25	67
Kgr.Krauchth.	608 980/207 400		q4vsB	1	2	3	2	4	17	-	12	5	53	1	8	21	71
Zieg.O'burg	614 740/208 490/570		qst	3	9	2	2	11	22	1	34	16	10	-	16	34	50
Emmebett	614 720/212 260		qs	-	3	1	2	9	39	-	9	4	33	-	6	48	46
	608 170/220 150		qs	-	4	2	3	15	37	-	10	2	26	1	9	53	38
	613 920/212 580		qs												12	47	41
	613 350/212 910		qs												9	39	52
	612 860/213 130		qs												13	48	39
	612 720/213 180		qs												13	38	49
	612 050/213 460		qs												10	46	44
	611 250/214 300		qs												13	44	43
Kgr.Binelwald	605 030/214 800	9m ab OK	q4vsB	-	7	2	2	7	8	1	35	11	27	-	11	16	73
		13m ab OK	q4vsB	-	2	1	2	5	8	-	35	9	38	-	5	13	82
ARA Burgdorf	613 950/210 780		qs	1	3	2	4	15	33	1	21	4	16	-	10	49	41
			qs	1	9	2	3	21	39	-	10	5	9	1	15	60	25
	613 400/211 420		q4mW	-	3	3	2	7	8	-	31	5	41	-	8	15	77
NE Hof	607 370/218 980		q4vsB	-	4	1	2	2	10	-	42	4	35	-	7	12	81
SW Hof	607 130/218 510		q4vsB	-	4	2	2	5	13	-	32	2	40	-	8	18	74
Kgr.K'ried	608 870/212 950	3m ab OK	q4vsB	-	7	4	4	4	10	-	35	5	31	-	15	14	71
		5m ab OK	q4vsB	-	3	4	-	7	18	1	42	2	23	-	7	26	67
		7m ab OK	q4vsB	-	6	1	2	7	19	2	38	5	20	-	9	28	63
		9m ab OK	q4vsB	-	4	-	2	4	12	-	38	8	32	-	6	16	78
Kgr.Ischlag	608 750/212 400	4m ab OK	q4vsB	-	4	2	2	1	17	-	45	4	25	-	8	18	74
		8m ab OK	q4vsB	-	5	2	2	3	12	-	38	4	34	-	9	15	76
Aare Eichholz	601 520/198 100			-	9	3	1	7	10	2	18	2	48	-	13	19	68

Figur III,3

Dreieckdarstellung der Geröllzählungen (Moränen und Schotter)



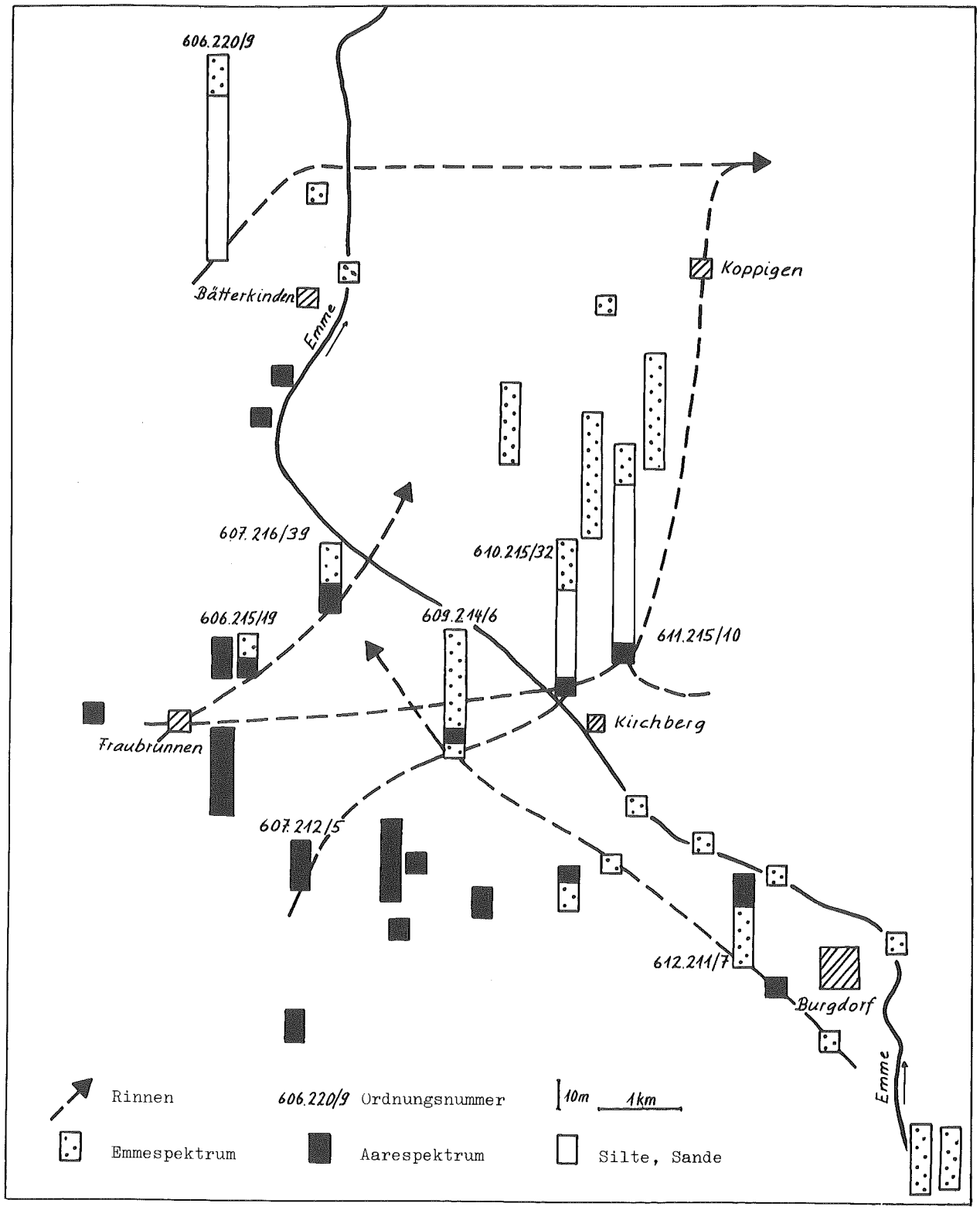
Was haben diese beiden Schwerpunkte zu bedeuten? Da keine Rhoneerratika in diesen Schotterkomplexen gefunden wurden, lag es nahe, den linken Schwerpunkt mit seinem grossen Anteil an Flyschen, Kalken und Sandsteinen einer Ablagerung zuzuordnen, deren Herkunft in den Randketten zu suchen ist, d.h. einer Ablagerung, die an den Aaregletscher gebunden war. (Vergleichszählungen in der Aare bei Bern ergaben das gleichepetrographische Bild.)

Der rechte Schwerpunkt erinnert stark an die Zusammensetzung der Nagelfluh. Vergleichszählungen in der Emme zwischen Burgdorf und Utzenstorf bestätigten dann die Vermutung, dass Schotter, deren Petrographie dem rechten Schwerpunkt entspricht, von der Emme oder einem entsprechenden Fluss geschüttet wurden.

Somit konnte ein klares Kriterium gefunden werden, um Schotter, die in einem Interglazial (rechter Schwerpunkt=Emmespektrum) von Schottern, die während der Eiszeit (linker Schwerpunkt=Aarespektrum) geschüttet wurden, zu unterscheiden. Die Möglichkeit dieser Unterscheidung erleichterte uns die zeitliche Einstufung der einzelnen Schotterkomplexe sehr.

Figur III,4

Räumliche petrographische Verbreitung (Moränen und Schotter)



Aus der Figur III,4 ist ersichtlich, dass die westlichsten Bohrungen vorwiegend Flysche, Kalke und Sandsteine enthalten; es handelt sich also um reine Aareschüttungen. Rechts des heutigen Emmelaufes dominiert das Emmespektrum.

Gleiche Geröllzusammensetzungen zeigen uns verschieden alte Rinnen an (vgl. Figur III,4):

- Vor der letzten Eiszeit floss die Emme links des Burgdorfer Schlossfelsens vorbei Richtung Lerchenboden, wo unter der Gsteigmoräne Emmeschotter anzutreffen sind (Bohrung 612.211/7).

Figur III,5

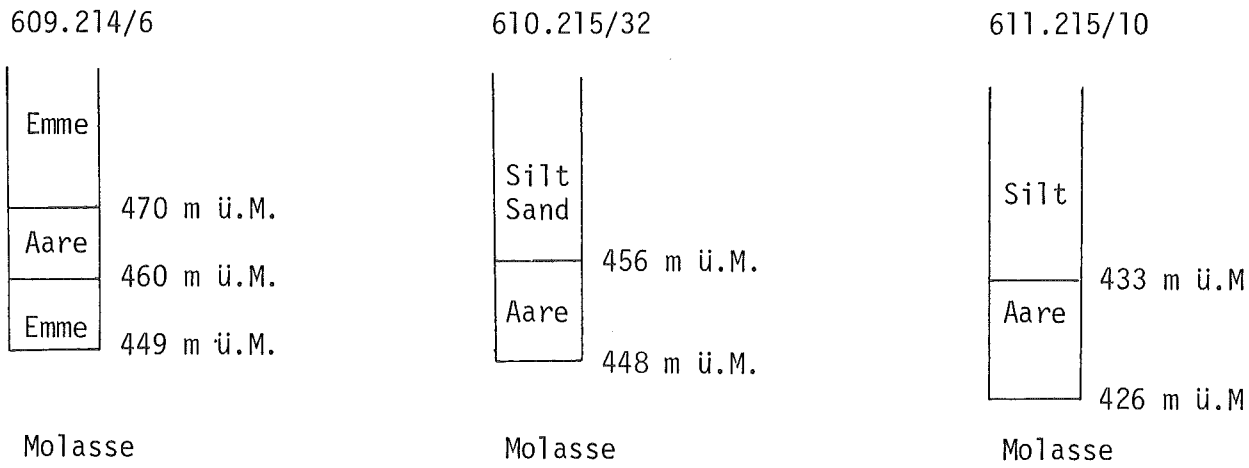
Interglaziale Rinne Burgdorf-Rüdtligen

Vom Lerchenboden aus floss die Emme Richtung Rüdtligenwald (Bohrung 609.214/6) und von hier dürfte sie ungefähr dem heutigen Emmelauf gefolgt sein.

- Eine letzteiszeitliche Entwässerungsrinne verlief aus dem Urtenental kommend in Richtung Rüdtligenwald, weiter in Richtung Ersigen, wo sie sich mit der Rinne aus dem Bütikofentäli vereinigte.

Figur III,6

Glaziale Rinne Urtenental-Kirchberg



- Eine weitere letzteiszeitliche Rinne verlief von Grafenried über Fraubrunnen in Richtung Erlenischlag (Bohrung 607.216/39).

Figur III,7

Glaziale Rinne Grafenried-Fraubrunnen-Erlenischlag

Die Fortsetzung dieser Rinne dürfte in NE-Richtung zu suchen sein.

Aus der Tabelle III,4 sind weitere interessante Einzelheiten festzustellen:

- Rechts der Emme zeichnet sich folgende einheitliche Tendenz ab: Je tiefer wir in einer Bohrung gelangen, umso grösser wird der Anteil an Kalken, Flyschen und Sandsteinen (Ecke KaFlySa), parallel dazu stellen wir eine Abnahme von Quarziten, Gangquarzen und Hornsteinen (Ecke Qz) fest. Der Grund dafür ist eine Vermischung von Aare- und Emmematerial; unmittelbar nach dem Rückzug des Eises führte die Emme unterhalb Burgdorf sicher noch Aarematerial mit sich. Je höher wir dann in den Bohrungen östlich der Emme gelangen, umso mehr entspricht der Geröllbestand dem heutigen Emmespektrum.
- Der Anteil an Metamorphiten, Graniten, Ophiolithen und übrigem Kristallin (Ecke Kri) bleibt ungefähr konstant (regional und stratigraphisch).
- Beim letzteiszeitlichen Gletschervorstoss wurde das Gebiet links der Emme einheitlich vom Aaregletscher aufgeschottert, wie folgende Geröllzählungen an der Bais der Aareschotter zeigen:

Bohrung	Höhe über Meer	Geröllbestand (KaFlySa/Qz/Kri)
608.212/10	484	76/16/ 8
606.213/1	485	72/17/11
607.212/5	475	72/19/ 9
609.214/6	469	76/12/12
606.215/19	478	78/14/ 8
607.216/39	479	77/17/ 6

Die Aufschotterung fand auf eine meist aus Molasse bestehende Ebene mit den oben erwähnten Entwässerungsrinnen statt, wobei die Ebene eine Neigung von SW Richtung NE aufwies.

1.4.2.2. Diffraktometeranalysen

Die Grobgliederung der Schotter, die wir mittels quantitativen Geröllanalysen in der Fraktion >16 mm erhielten, wollten wir mit Hilfe der Analyse der Fraktion 0-1 mm überprüfen, wenn möglich verfeinern. Zwar schrieb schon A. HEIM (1919): "Am ausgebreitetsten scheinen diejenigen Grundmoränen zu sein, bei welchen ein grosser Teil aus verschürftem, umgearbeiteten Molassematerial (Sand und Mergel) besteht, in welches hinein alpine Geschiebe gemischt sind." Eine Untersuchung von U. GASSER und W. NABHOLZ (1969)" führte zum überraschenden Schluss, dass die pleistocaene Sandfraktion zum überwiegenden Teil nicht aus dem Einzugsgebiet der Gletscher stammt, sondern von den Gletschern aus dem Molasseuntergrund aufgearbeitet und nur wenige Kilometer transportiert wurde." Nach diesen Aussagen sollten wir nur ein Abbild des Molasseuntergrundes erhalten, das heisst der Unteren Süsswassermolasse und der Oberen Meeresmolasse. Die Untere Süsswassermolasse, die unterhalb Burgdorf anzutreffen ist (vgl. 1.1.), besitzt folgende Merkmale: Karbonat: 10-40 %, Quarz: 35-45 %, Feldspat: 45-55 %. Für die Obere Meeresmolasse, oberhalb Burgdorf zu finden, lauten die entsprechenden Werte: Karbonat: 0-50 %, Quarz: 55-65 %, Feldspat: 20-35 %.

Ein Gramm Probematerial wurde mit 100 mg LiF vermischt und mit Hilfe des Röntgendiffraktometers erhielten wir die quantitativen Analysen. Wir bestimmten Quarz, Albit, Kalifeldspat, Calcit und Dolomit. Die Resultate sind in Tabelle III,5 zusammengestellt. Zur übersichtlichen Darstellung wählten wir wieder die Dreiecksform mit folgenden Eckpunkten (wobei wir auch hier auf 100 % umrechneten):

- Calcit
- Dolomit } Ecke Karb.
- Quarz — Ecke Qz
- Albit
- Kalifeldspat } Ecke Fsp

Da wir durch die Feldbefunde und durch die Geröllanalysen bereits zu einer ersten Klassierung der quartären Ablagerungen gelangten, wurde diese Einteilung für Figur III,8 übernommen.

Wie aus dieser Figur sofort zu sehen ist, findet eine deutliche Gruppierung statt, und die durch die Geröllanalysen gefundene Einteilung konnte verifiziert, zum Teil sogar verfeinert werden. So ist eine deutliche Trennung der Aareschotter (fluviatil bis fluvioglaziale Ablagerung) und der letzteiszeitlichen Grundmoräne (rein glaziale Ablagerung) gut möglich.

Tabelle III,5

Zusammenstellung der Diffraktometeranalysen

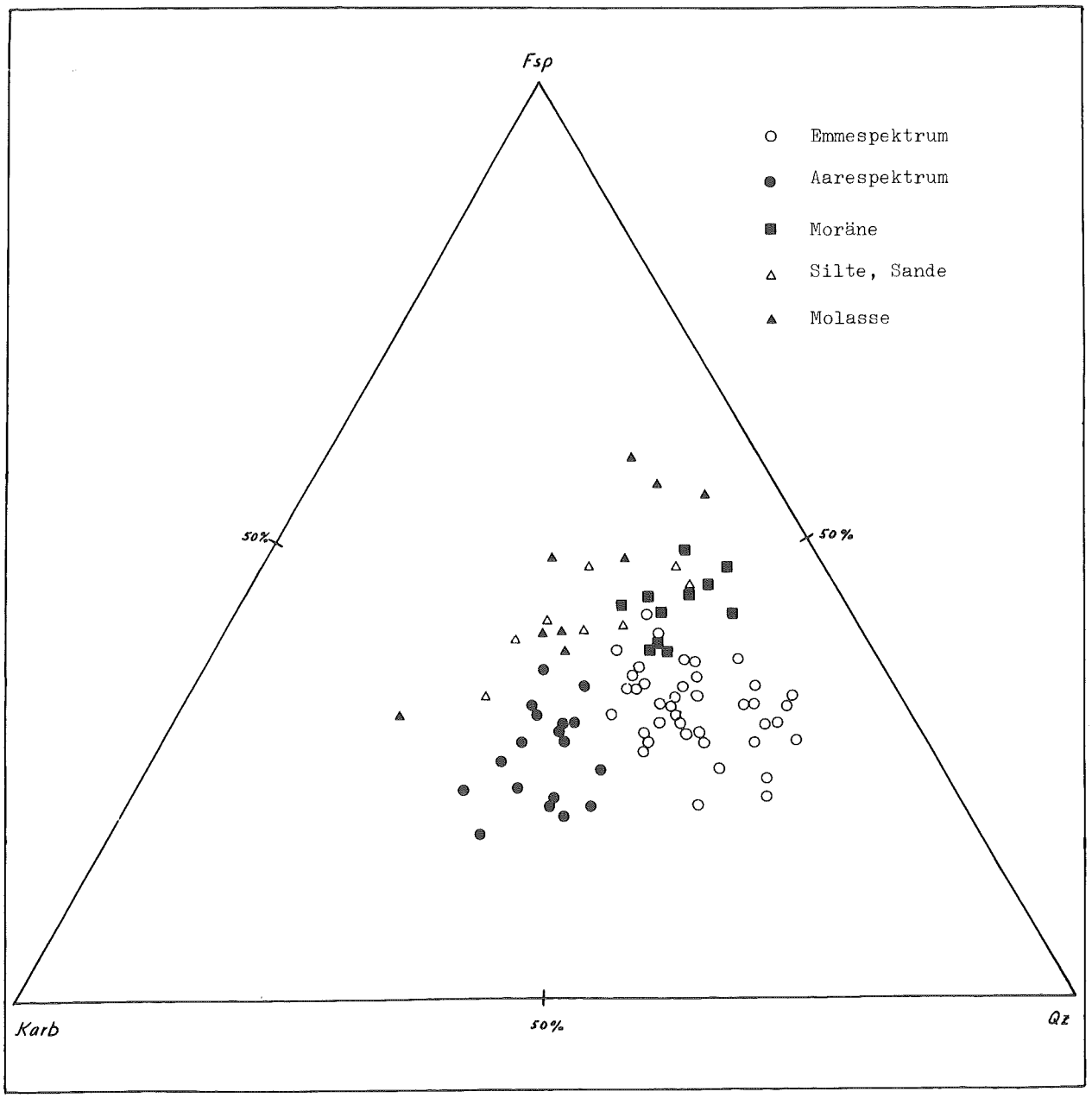
Lokalität	Koordinaten (bei Bohrungen OKT) Ord.nr.Geol.Dok.WEA	Bohrtiefe	Chronostrat. Zuordn. (vgl. Tab. III 8)	Quarz	Albit	Kalifeldspat	Σ Feldspat	Calcit	Dolomit	Σ Karbonat	Umrechnung auf 100% Quarz	Feldspat	Karbonat	Einteilung (vgl Fig III 8)
Rüdtligen	609 450/214 395/504	3,0-3,3	qs	43	14	13	27	8	2	10	53	34	13	○
	609.214/6	6,0-6,3	qs	30	13	17	30	12	7	19	38	38	24	○
		15,0-15,3	qs	31	11	8	19	11	3	14	48	30	22	○
		27,0-27,3	qs	34	10	15	25	11	3	14	47	34	19	○
		33,0-33,3	qs	30	12	11	23	18	3	21	41	31	28	○
		36,0-36,3	q4vsB	25	12	9	21	20	2	22	37	30	33	●
		39,0-39,3	q4vsB	25	10	7	17	25	3	28	36	23	41	●
		42,0-42,3	q3s-4s	27	14	9	23	14	2	16	41	34	25	○
		42,3-43,6	q3s-4s	33	11	9	20	13	2	15	49	29	22	○
		45,0-45,3	q3s-4s	29	14	12	26	13	3	16	41	37	22	○
Fraubrunnen	606 942/215 328/490	3,0-3,3	qs	50	15	12	27	8	3	11	57	30	13	○
	606.215/19	6,0-6,3	qs	32	15	9	24	11	3	14	46	34	20	○
		9,0-9,3	q4vsB	21	11	10	21	17	2	19	34	34	32	●
		12,0-12,3	q4vsB	30	12	11	23	24	3	27	38	28	34	●
Kernenried	608 730/212 670/508	3,0-3,3	q4vsB	28	13	12	25	19	2	21	37	34	29	●
	608.212/10	24,0-24,3	q4vsB	23	11	10	21	22	3	25	33	31	36	●
Zauggenried	606 640/213 700/512	3,0-3,3	q4mB	30	17	21	38	7	2	9	39	49	12	■
	606.213/1	27,0-27,3	q4vsB	25	11	9	20	25	3	28	34	28	38	●
Holzmühle	607 575/212 780/501	21,0-21,4	q4vsB	24	12	10	22	23	3	26	33	31	36	●
	607.212/5	23,7-24,2	ml	26	22	14	36	11	3	14	34	48	18	▲
		24,2-24,5	ml	26	24	27	51	8	2	10	29	59	12	▲
Lyssach	607 790/212 420/528	3,0-3,3	q4mB	42	20	23	43	8	3	11	43	45	12	■
	609.212/8	9,0-9,3	q4mB	38	19	19	38	9	3	12	43	43	14	■
Ersigen	611 080/217 050/494	3,0-3,3	qs	49	17	12	29	10	2	12	54	32	14	○
	611.217/6	42,0-42,4	qs	39	14	28	42	16	3	19	39	42	19	○
		49,5-49,6	ml	33	20	36	56	6	4	10	33	56	11	▲
Utzenstorf	610 080/217 980/488	3,0-3,4	qs	32	16	11	27	12	2	14	45	37	18	○
	610.217/14	12,0-12,4	qs	32	12	8	20	17	2	19	45	29	26	○
		21,0-21,4	qs	22	9	8	17	22	4	26	33	26	41	○
		27,0-27,4	q4vsB	26	12	9	21	20	3	23	38	30	32	●
Oberösch	611 750/217 885/488	3,0-3,5	qs	47	15	11	26	6	2	8	58	32	10	○
	611.217/5	39,0-39,4	qs	33	15	13	28	17	3	20	41	34	25	○
Burgdorf	612 890/211 855/534	3,0-3,3	q4mB	38	17	16	33	7	2	9	47	42	11	■
	612.211/7	6,0-6,3	q4mB	32	15	13	28	11	3	14	43	38	19	■
		12,0-12,3	q4mB	42	11	11	22	13	4	17	51	28	21	■
		18,0-18,3	q3s-4s	29	10	14	24	13	4	17	41	35	24	○
		21,0-21,3	q3s-4s	29	10	8	18	13	3	16	46	28	26	○
		30,0-30,3	q3s-4s	39	14	11	25	16	4	20	46	30	24	○
		33,0-33,3	q3s-4s	35	13	10	23	13	3	16	47	31	22	○
Oberburg	614 810/208 415/558	0,3-1,0	q4l	34	16	14	30	1	2	3	51	45	4	△
	614.208/10	6,0-6,3	qs	32	13	10	23	14	2	16	45	32	23	○
		24,0-24,3	qs	50	16	20	36	10	3	13	50	37	13	○
		24,5-25,5	m2	38	12	9	21	10	3	13	53	29	18	▲
		25,5-26,0	m2	23	17	12	29	14	6	20	32	40	28	▲
Bätterkinden	606 525/220 440/466	3,0-3,3	qs	36	14	11	25	12	4	16	46	33	21	○
	606.220/9	9,0-9,3	qs	43	19	14	33	14	3	17	46	36	18	○
		25,0-25,1	q4r	20	14	14	28	18	5	23	28	39	33	△
		50,0-50,1	q4r	17	14	9	23	12	5	17	30	41	29	△

Tabelle III,5 Fortsetzung

Lokalität	Koordinaten (bei Bohrungen OKT) Ord.nr.Geol.Dok.WEA	Bohrtiefe	Chrono-strat. Zuordn. (vgl. Tab. III 8)	Quarz	Albit	Kalifeldspat	Σ Feldspat	Calcit	Dolomit	Σ Karbonat	Umrechnung auf 100% Quarz	Feldspat	Karbonat	Einteilung (vgl. Fig. III 8)
		67,6-72,0	ml	21	14	10	24	13	5	18	33	38	29	▲
		70,0-72,0	ml	21	17	12	29	17	5	22	30	40	30	▲
Ersigen	611 475/215 535/502	4,0-4,3	qs	41	14	16	30	10	6	16	47	35	18	○
	611.215/10	13,0-13,3	qs	36	15	12	27	13	4	17	45	34	21	○
		45,0-45,1	q4r	22	14	11	25	12	5	17	34	40	26	△
		60,0-60,1	q4r	30	18	18	36	7	4	11	39	47	14	△
		73,0-73,3	q4mW	29	16	15	31	10	3	13	39	43	18	■
		75,0-75,1	q4mW	23	15	12	27	10	3	13	36	43	21	■
		79,0-79,1	ml	18	20	10	30	12	4	16	27	48	25	▲
Kirchberg	610 410/215 385/505	3,0-3,3	qs	51	16	16	32	12	3	15	52	33	15	○
	610.215/32	21,0-21,3	qs	30	16	13	29	11	2	13	41	40	19	○
		40,0-40,1	q4r	33	17	18	35	8	3	11	42	44	14	△
		50,0-50,1	q4mW	30	17	11	28	10	4	14	41	39	20	■
Aefligen	607 930/216 140/490	3,0-3,3	qs	52	15	14	29	7	2	9	57	32	11	○
	607.216/39	21,0-21,3	q4vsB	30	11	13	24	25	2	27	37	30	33	●
		21,6-22,6	ml	11	9	6	15	22	2	24	21	31	48	▲
		22,6-23,0	ml	26	23	15	38	2	2	4	38	55	7	▲
Oberburg	614 650/208 500/570		q4l	18	13	8	21	20	4	24	28	33	39	△
Fraubrunnen	606 150/214 600/522		q4mB	15	15	11	26	2	4	6	31	57	12	■
Hindelbank	607 500/211 000	6m ab OK	q4vsB	26	13	11	24	11	2	13	41	38	21	●
Kernenried	608 870/212 950	8m ab OK	q4vsB	35	21	16	37	5	2	7	44	47	9	●
		9m ab OK	q4vsB	18	16	12	28	9	4	13	31	47	22	●
Burgdorf	613 140/211 050	3m ab OK	q4st	33	17	13	30	12	3	15	42	38	20	○
Emmebett	614 720/212 260/535		qs	46	13	9	22	7	2	9	60	28	12	○
	608 170/220 150/470		qs	43	13	10	23	9	2	11	56	30	14	○

Figur III,8

Dreiecksdarstellung der Diffraktometeranalysen



Da wir vermuteten, dass die Verwitterung auch eine recht wichtige Rolle bei der Zusammensetzung der Sandfraktion spielt, analysierten wir von der gleichen Probe die Fraktionen 0-1 mm bzw. 1-2 mm.

Wie aus der Tabelle III,6 zu sehen ist, kommt klar zum Ausdruck, dass in der Fraktion 1-2 mm der Anteil an Feldspat kleiner ist als in der Fraktion 0-1 mm

(beim Quarz ist es gerade umgekehrt). Beim Karbonat ist die Aenderung des Anteiles nicht von Bedeutung. Daraus folgt die altbekannte Tatsache, dass der Quarz wesentlich resistenter ist als der Feldspat. Für uns ist das daher von Bedeutung, da wir so Schotter, die recht stark der Verwitterung ausgesetzt sind, von Moränen trennen können. Diese Trennungsmöglichkeit ist vor allem dann nützlich, wenn die Schotter und Moränen den gleichen Gesteinsinhalt besitzen (z.B. Trennung Aareschotter-Aaremoräne).

Tabelle III,6

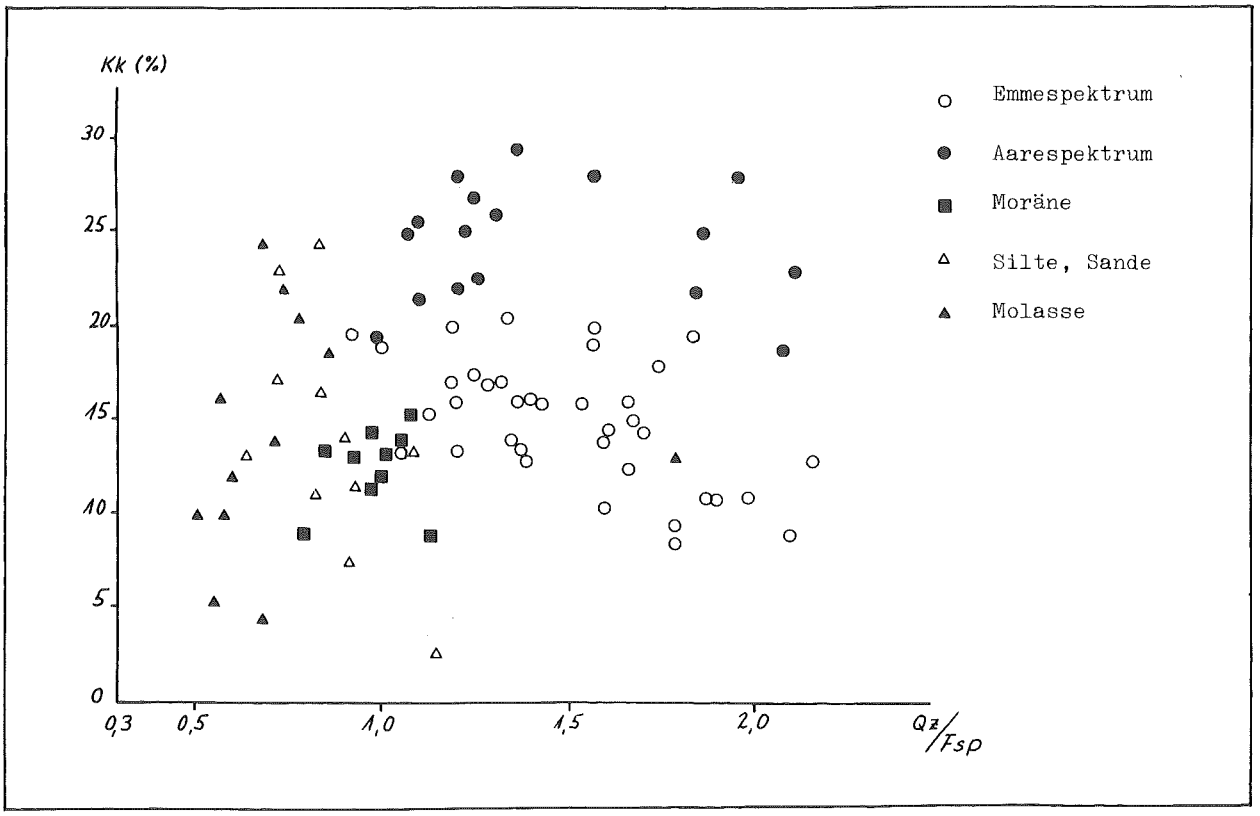
Diffraktometeranalysen aus Bohrung 607.216/39 (auf 100 % umgerechnet)

Bohrung 6o7.216.39 Tiefe	Fraktion o - 1 mm			Fraktion 1 - 2 mm		
	Qz	F'spat	Kk	Qz	F'spat	Kk
2,9 - 3,3 m	56	28	16	59	24	17
5,3 - 5,7 m	5o	29	21	54	25	21
8,3 - 8,7 m	42	34	24	6o	22	18
11,25-11,65m	46	27	27	54	21	25
14,7 -15,1 m	31	23	46	35	18	47
17,65-18,o5m	4o	22	38	44	21	35
2o,65-21,o5m	4o	22	38	42	2o	38

In Figur III,9 sehen wir deutlich den Einfluss der Verwitterung.

Figur III,9

Verwitterungsabhängigkeit der einzelnen Ablagerungen



Die Proben aus der Molasse weisen die kleinsten Qz/Fsp-Verhältnisse auf, sind also am wenigsten verwittert. Dann folgen die Moränen und die Stillwasserablagerungen (Silte und Sande), die i. A. so dicht gelagert sind, dass sie nur langsam verwittern. Am Schluss dieser Verwitterungsreihe folgen die Schotter, die im Qz/Fsp-Verhältnis stark streuen. Zusammengefasst zeigen sich folgende Abhängigkeiten für die Fraktion 0-1 mm:

Karbonat: Grosser Anteil KaFlySa (>16 mm): erhöhter Karbonatgehalt
Probe aus Grundwasserleiter: erhöhter Karbonatgehalt
Quarz: Grosser Anteil Qz (>16 mm): erhöhter Quarzgehalt
Moränen besitzen i. A. einen hohen Quarzgehalt
Je grösser die Verwitterung, desto grösser der Qz-Gehalt
Feldspat: Je grösser die Verwitterung, desto kleiner der Fsp-Gehalt
Anteil in Molasse >Anteil in Moräne >Anteil in Schotter

Für die einzelnen Komplexe erhalten wir folgende Charakteristika für die Fraktion 0-1 mm:

Aareschotter: Qz : Fsp : Karb ∿ 1 : 1 : 1 (je 20-30 %)
Moränen: Qz : Fsp ∿ 1 : 1 Kab <14 %
Emmeschotter: Qz 30-40 %, Fsp 20-30 %, Karb 10-20 %
Molasse: Fsp >Qz, Fsp >20 % Qz <20 % Karb variabel

Wenn wir sämtliche Einflüsse berücksichtigen, die die Zusammensetzung der Fraktion 0-1 mm beeinflussen und sie ihrer Wichtigkeit nach ordnen, so ergibt sich folgende Reihenfolge:

1. Geröllbestand bzw. Herkunft
2. Untergrund
3. Genese (Schotter oder Moräne)
4. Verwitterung
5. Probe aus Grundwasserleiter oder nicht

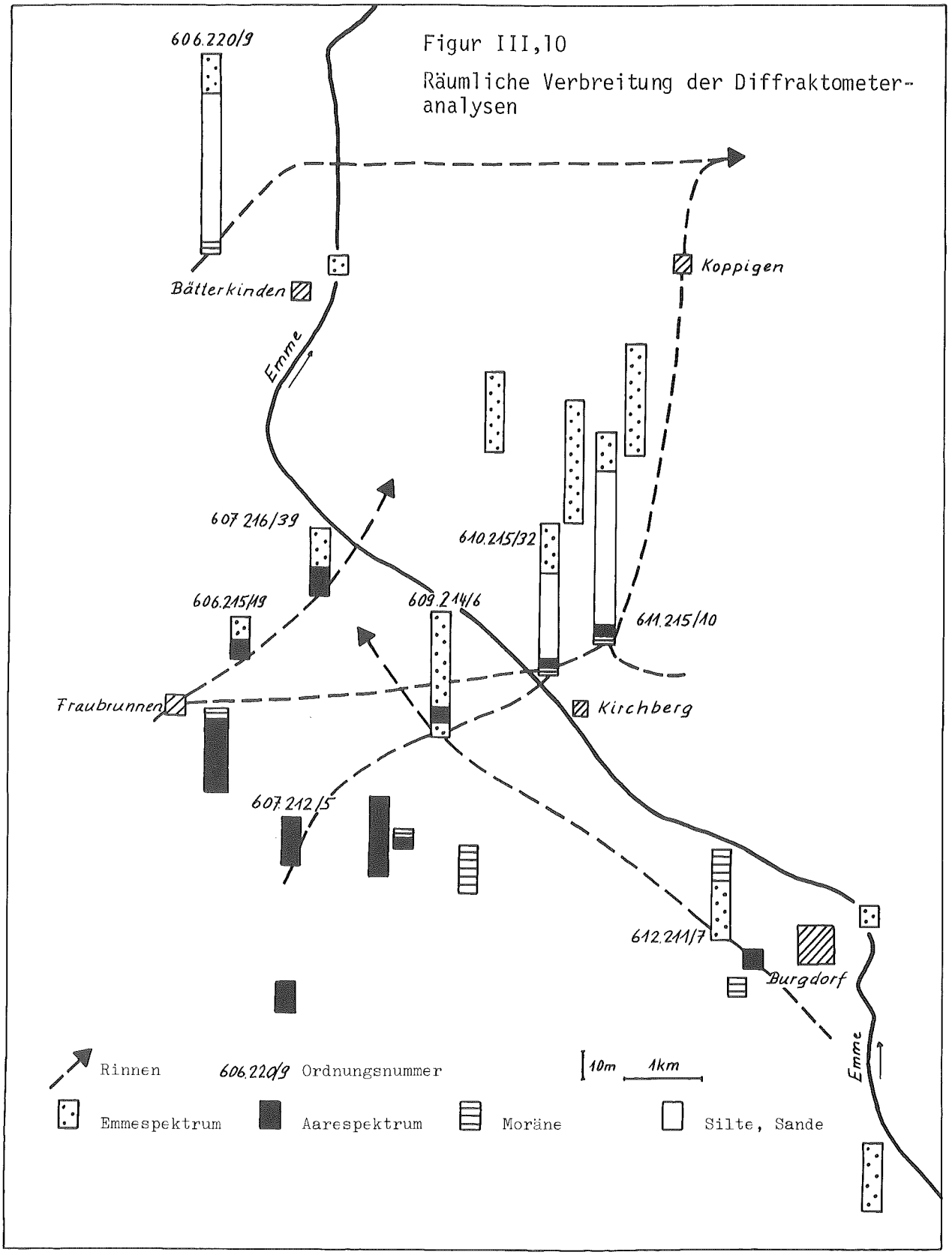
In der Figur III,10 sind dieselben Rinnen wieder ersichtlich, die bereits in der Figur III,4 klar zum Vorschein kamen:

- Interglaziale Emmerinne Burgdorf-Rüdtligen
- Glaziale Rinne Urtenental-Kirchberg
- Glaziale Rinne Grafenried-Fraubrunnen-Erlenischlag

Weiter ist darauf hinzuweisen, dass zwischen den feinkörnigen Ablagerungen der Bohrungen 611.215/10 und 610.215/32 ein Zusammenhang bestehen muss, da sie fast die gleiche Zusammensetzung aufweisen.

Figur III,10

Räumliche Verbreitung der Diffraktometer-analysen



Zusammenfassend können wir sagen, dass wir mit Hilfe der Röntgenanalysen nicht nur die Resultate der quantitativen Petrographie bestätigen konnten, sondern diese Einteilung sogar verfeinern konnten.

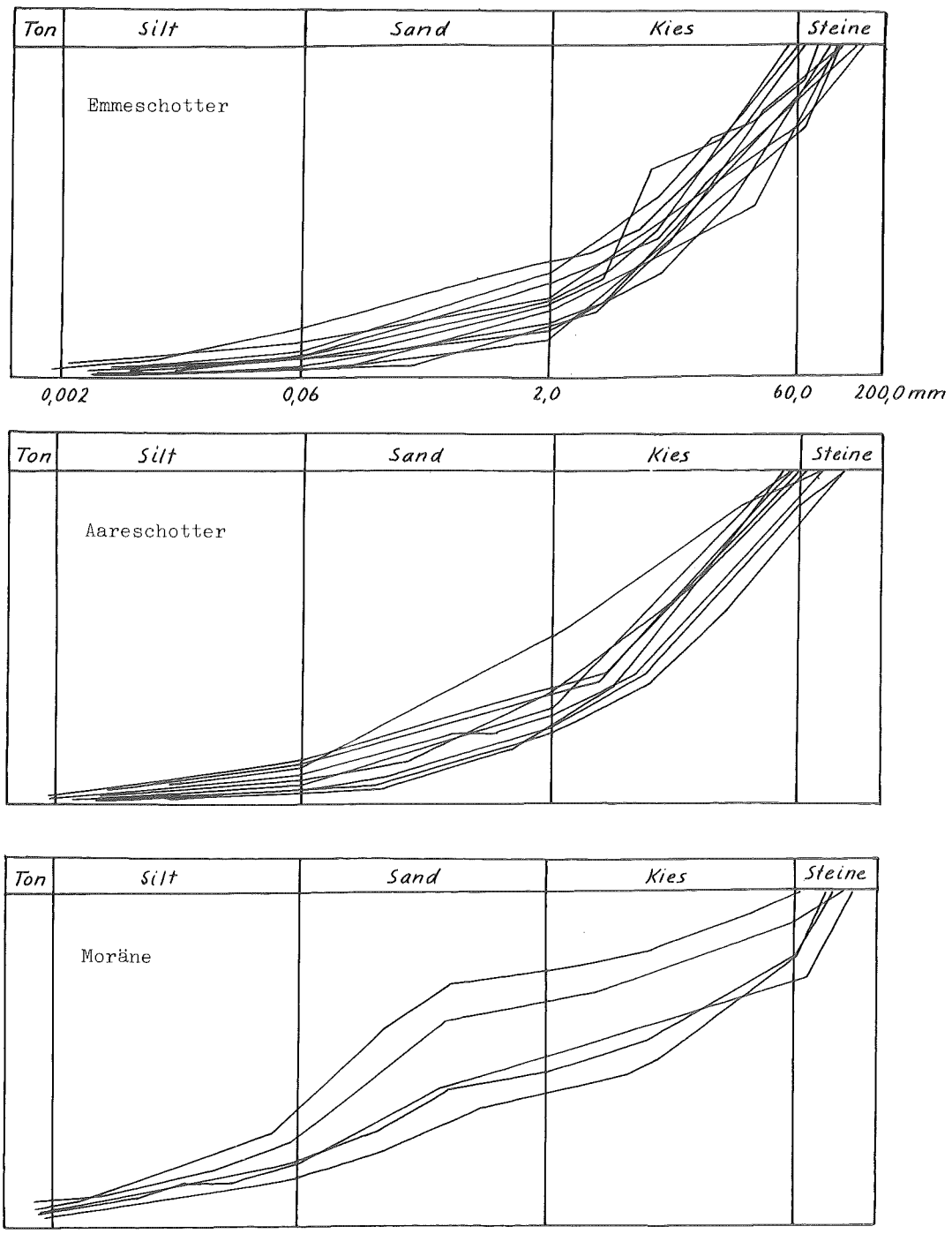
1.4.2.3. Korngrössenanalysen

Von den in den Jahren 1977-1979 im Rahmen unserer Untersuchungen abgeteuften Kernbohrungen wurden alle drei Meter 30 cm Bohrgut für eine Korngrössenanalyse entnommen. Zeichnet man nun die erhaltenen Summenkurven nach der in den Kapiteln 1.4.2.1. und 1.4.2.2. gewonnenen Einteilung der Schotterkomplexe auf (Figur III,11), so können offensichtlich folgende Aussagen gemacht werden:

- Emmeschotter weisen den geringsten Gehalt an Sand und Silt auf, sie bestehen vorwiegend aus der Kiesfraktion. Daraus folgt, dass ihre Ablagerung in einem energetisch homogenen und hohen Milieu stattgefunden haben muss. Wobei hier nicht zu vergessen ist, dass das Liefergebiet der Emmeschotter arm an feinkörnigen Ablagerungen ist (vorwiegend OMM bis OSM). Eine Trennung der postglazialen von den vorletzteiszeitlich geschütteten Emmeschotter ist mit Hilfe der Korngrösse nicht möglich.
- Aareschotter bestehen ebenfalls vorwiegend aus der Kiesfraktion. Der erhöhte Gehalt an Sand und Silt, gegenüber den Emmeschottern, dürfte vor allem auf das Liefergebiet zurückzuführen sein: Neben den Mergeln des "Aquitanien" stand vorwiegend Moränenmaterial für die Umlagerung zur Verfügung, da ja diese Bildungen, wie wir früher gesehen haben, meist einen fluvioglazialen Ursprung haben. Bei beiden Schotterablagerungen (Emme und Aare) fällt die im allgemeinen recht geringe Streuung der Korngrössenzusammensetzung auf.
- Das uneinheitlichste Bild, das aber gut von den Schottern abzutrennen ist, zeigen die Korngrössenverteilungen der Moränen. Sämtliche Korngrössenklassen besitzen ungefähr den gleichen prozentualen Anteil. Ihre Summenkurve entspricht daher am ehesten einer Geraden. Der Grund für diese "ausgeglichene Variabilität" liegt im Zusammenspiel der verschiedenen energetischen Milieus. Grund- und Seitenmoränen unterscheiden sich vor allem im Sandgehalt: Grundmoränen weisen einen höheren auf.
- Stillwasserablagerungen setzen sich zusammen aus Sand, Silt und Ton, wobei die Anteile der einzelnen Fraktionen stark wechseln. Ferner sind vereinzelt Komponenten der Kiesfraktion zu finden.

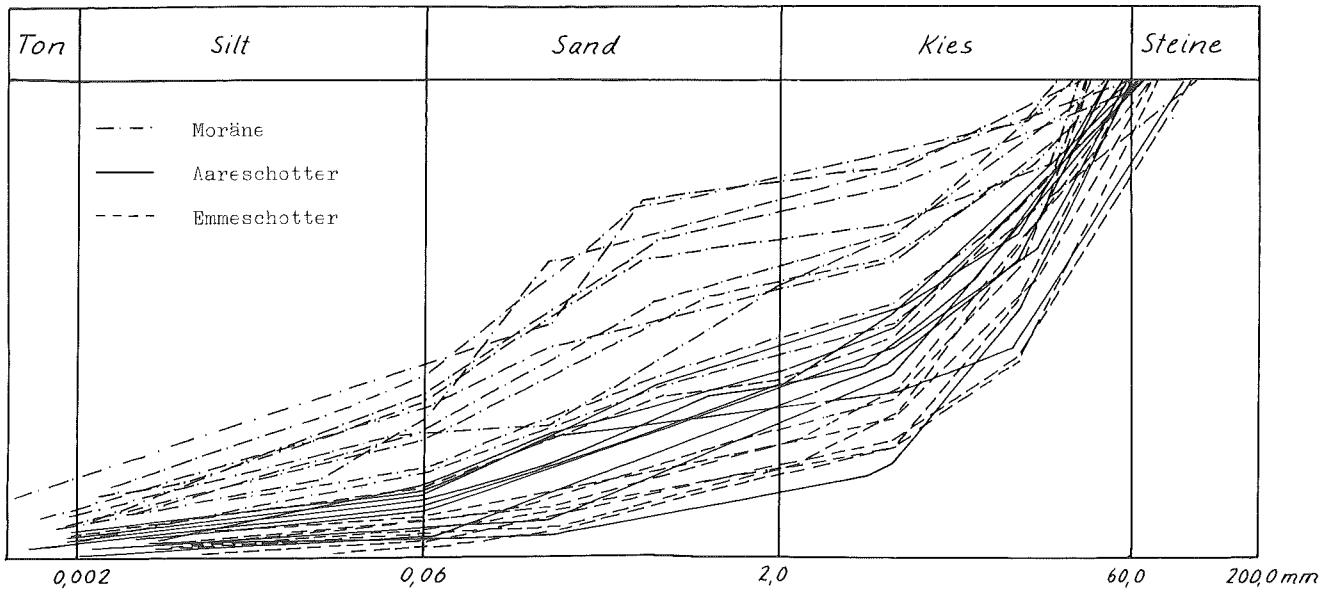
Figur III,11

Korngrössenverteilung der verschiedenen Ablagerungskomplexe



Figur III,12

Korngrössenverteilung der verschiedenen Ablagerungskomplexe (nach Autobahnamt)



Bei der Projektierung der Autobahn N1 Hindelbank-Gerlafingen wurden vom Autobahnamt ebenfalls Korngrössenanalysen vorgenommen, deren Resultate in Figur III,12 zusammengefasst sind. Die genau gleichen Tendenzen wie bei Figur III,11 sind auch hier gut ersichtlich, wobei auf den fliessenden Uebergang von den Emme- zu den Aareschottern hinzuweisen ist.

In Tabelle III,7 sind die einzelnen Unterscheidungskriterien aus den Kapiteln 1.4.2.1., 1.4.2.2. und 1.4.2.3. zusammengefasst.

Tabelle III,7

Zusammenstellung der Unterscheidungskriterien (Angabe in %)

	Korngrösse > 16mm			Korngrösse o-1mm			Korngrössenverteilung		
	KaFlySa	Qz	Kri	Karb.	Qz	F'spat	Silt	Sand	Kies
Emmeschotter	40-60	30-50	5-15	10-30	35-60	25-40	0-10	10-20	70-90
Aareschotter	65-80	10-25	5-15	30-50	30-45	20-35	0-15	10-30	50-75
Moräne	65-80	10-25	5-15	10-20	35-50	35-50	20-35	25-40	25-40
Stillwasser	-	-	-	10-35	20-40	35-50	35-100	0-50	-

Als Beispiel für die Anwendung dieser Kriterien, ziehen wir die schon mehrmals erwähnte Bohrung 609.214/6 (Figur III,13) heran. Da aus der lithologischen Beschreibung und der genetischen Deutung des Bohrgutes keine stratigraphische Gliederung möglich war, versuchten wir nun mit Hilfe unserer Kriterien eine Gliederung zu erreichen. Aus Figur III,13 sind folgende Resultate herauszulesen:

- Die Proben bei 33 und 36 m besitzen eine petrographische Zusammensetzung, die den Aareschottern entspricht. Die übrigen Proben weisen ein Emmespektrum auf.
- Dasselbe gilt auch für die Diffraktometeranalysen.
- Auch die Korngrössenanalysen bestätigten die Annahme, dass es sich zwischen 35-40 m um eine Ablagerung von Aareschotter handelt.

Figur III,13

Anwendung der Unterscheidungskriterien

Tiefe	Lithologie	Genese	Korngrösse>16mm KaFlySa/Qz/Kri	Korngrösse o-1mm Karb/Qz/F'spat	Korngrössenvert. Silt/Sand/Kies
0,8m	Humus				
1,6m	Sand, siltig		48/43/9	13/53/34	8/28/64
			37/48/15	24/38/38	7/18/75
					1o/3o/6o
					6/2o/64
			46/46/9	22/48/3o	3/27/7o
					4/19/77
	Kies, sandig, sauber (z.T. leicht siltig-siltig), Steine bis 18cm	Schotter			3/12/85
					5/1o/85
			48/43/9	19/47/34	4/14/82
					8/15/77
			58/35/7	28/41/31	2/2o/78
36,om			76/12/12	33/37/3o	5/27/68
39,om			69/2o/11	41/36/23	14/24/62
			46/46/8	25/41/34	3/19/78
45,8m			57/28/15	22/41/37	4/11/85
47,3m	aufg. Molasse				
51,om	Molasse				

Somit war es möglich, diese nur aus Schotter bestehende Bohrung zu gliedern:

1,6 - 35 m Emmeschotter
35 - 40 m Aareschotter
40 - 45,8 m Emmeschotter

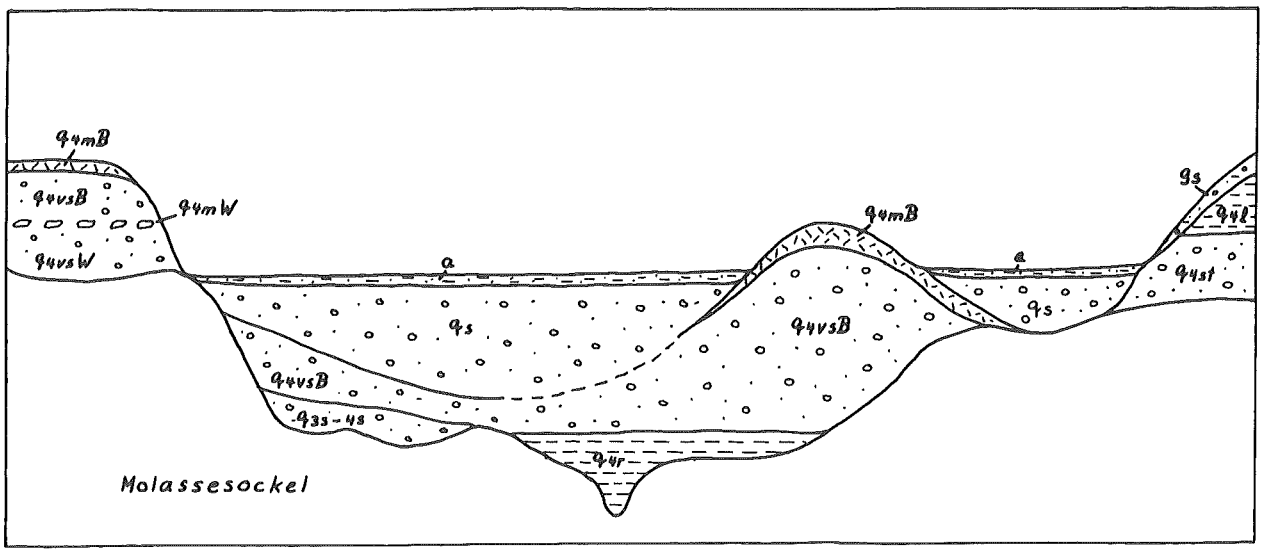
Eine solche Gliederung der einzelnen Bohrungen ist eine wichtige Grundlage, um für ein Gebiet wie das unsrige ein stratigraphisches Schema aufzustellen.

1.4.2.4. Sammelprofil der quartären Ablagerungen

In Figur III,14 sind die im Unteren Emmental auftretenden Quartärbildungen zusammengestellt. Einzelne Ablagerungen treten nur sehr lokal auf und sind nicht für das ganze Untersuchungsgebiet charakteristisch. So sind z.B. Stauschotter und Stauletten ausschliesslich oberhalb Burgdorf anzutreffen und die Stillwasserablagerungen sind vorwiegend an die in Kapitel 1.4.1.1. beschriebenen Rinnen gebunden.

Figur III,14

Sammelprofil durch die Quartärablagerungen des Unteren Emmentals



Bezeichnung (vgl.Tab.III,8)	Alter	geologische Einheit	Lithologie	hydrogeologische Funktion
a		alluviale Talböden	Silt, Sand, Kies, Lehm	Deckschicht
gs		Gehängeschutt	Silt, Sand, Kies, Steine	lokaler Quellbildner
qs	Würm	Emmeschotter	Kies, Sand	Grundwasserleiter
q4mB q4mW		Würmmoräne	Steine, Kies, Sand, Silt	Deckschicht im Hügelland, Stauer im Troginnern
q4vsB q4vsW		Vorstossschotter	Kies, Sand .	Grundwasserleiter
q4r		Stillwasserablagerung	Sand, Silt, Ton	Stauer
q4l		Stauletten	Sand, Silt, Ton	lokal Stauer
q4st		"Stauschotter"	Kies, Sand	lokal Grundwasserleiter
q3s-4s	Praewürm	Aeltere Emmeschotter	Kies, Sand	Grundwasserleiter
m2	Miocaen	"Burdigalien"	Sand, Silt, Mergel	Stauer
m1		"Aquitanien"		

Am weitesten verbreitet und auch in hydrogeologischer Sicht am wichtigsten sind die Vorstossschotter innerhalb des Unteren Emmentals und die Emmeschotter. Beide Ablagerungen bestehen aus gut durchlässigem Kies vermischt mit Sand und untergeordnet Silt.

Als Stauer wirkt meist die Molasse, daneben die Stillwasserablagerungen und in beschränktem Masse Moränen.

1.4.3. Beschreibung einzelner Gebiete

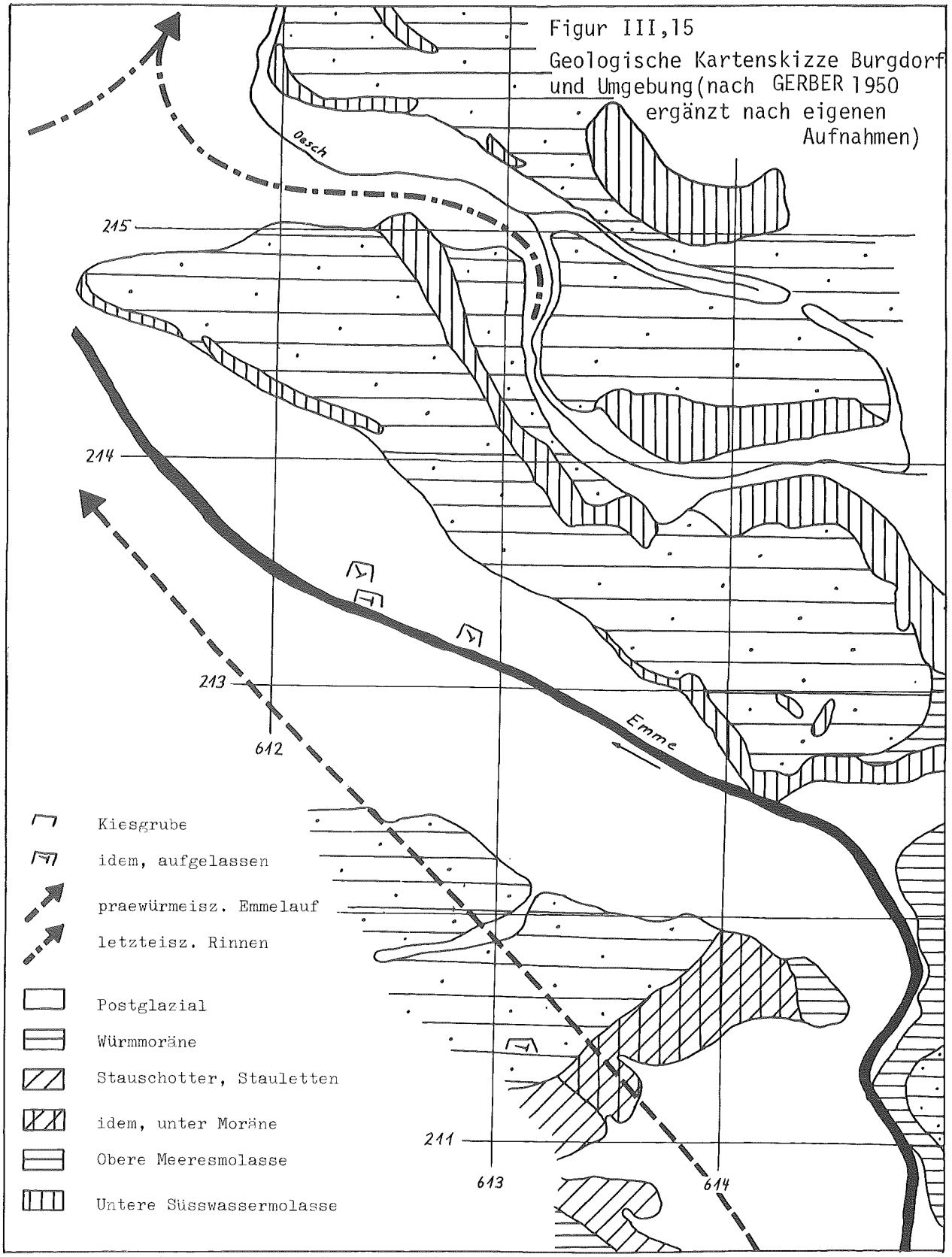
1.4.3.1. Burgdorf und Umgebung

Schon früh wurde das Gebiet von Burgdorf mit seinem isolierten Schlossfelsen und den weitherum sichtbaren Gisnauflühen geologisch untersucht, so von F. NUSSBAUM (1912 und 1930), F. ANTENEN (1910), H. THALMANN (1924) und W. LUEDI (1930). Die letzte ausführliche Beschreibung dieses Gebietes verfasste E. GERBER (1950) in seinen Erläuterungen zum Blatt Burgdorf (vgl. Figur III,15). Den zeitlichen Ablauf der Gestaltung dieses Gebietes erhielten wir durch Kartierungen, Auswertung der zahlreichen Bohrungen und durch photogeologische Bearbeitung. Vom Liegenden zum Hangenden ergibt sich folgende Gliederung:

Vor der letzten Eiszeit bestand noch kein Durchgang zwischen dem Schlossfelsen und den Gisnauflühen, die Emme floss links des Schlossfelsens durch Richtung Rüdtligenwald (vgl. Abschnitt 1.4.2.1.). Beim erstmaligen Erscheinen des Würmgletschers (Wangener Stadium) versperrte dieser mit seinem Eise und seinen Ablagerungen den Emmeausgang bei Burgdorf. Deshalb bildete sich oberhalb Burgdorf ein Stausee und somit kam es zur Ablagerung von Stauletten und "Stauschottern" oberhalb Burgdorf. Während die Mächtigkeit der "Stauschotter" nicht genau angegeben werden kann (sie beträgt sicher mehrere Meter), ergibt sich für die Stauletten im Liegenden folgendes Grobprofil:

- 10 m blaue und gelbliche Letten
- 6 m Sand
- 12 m geschichtete Letten

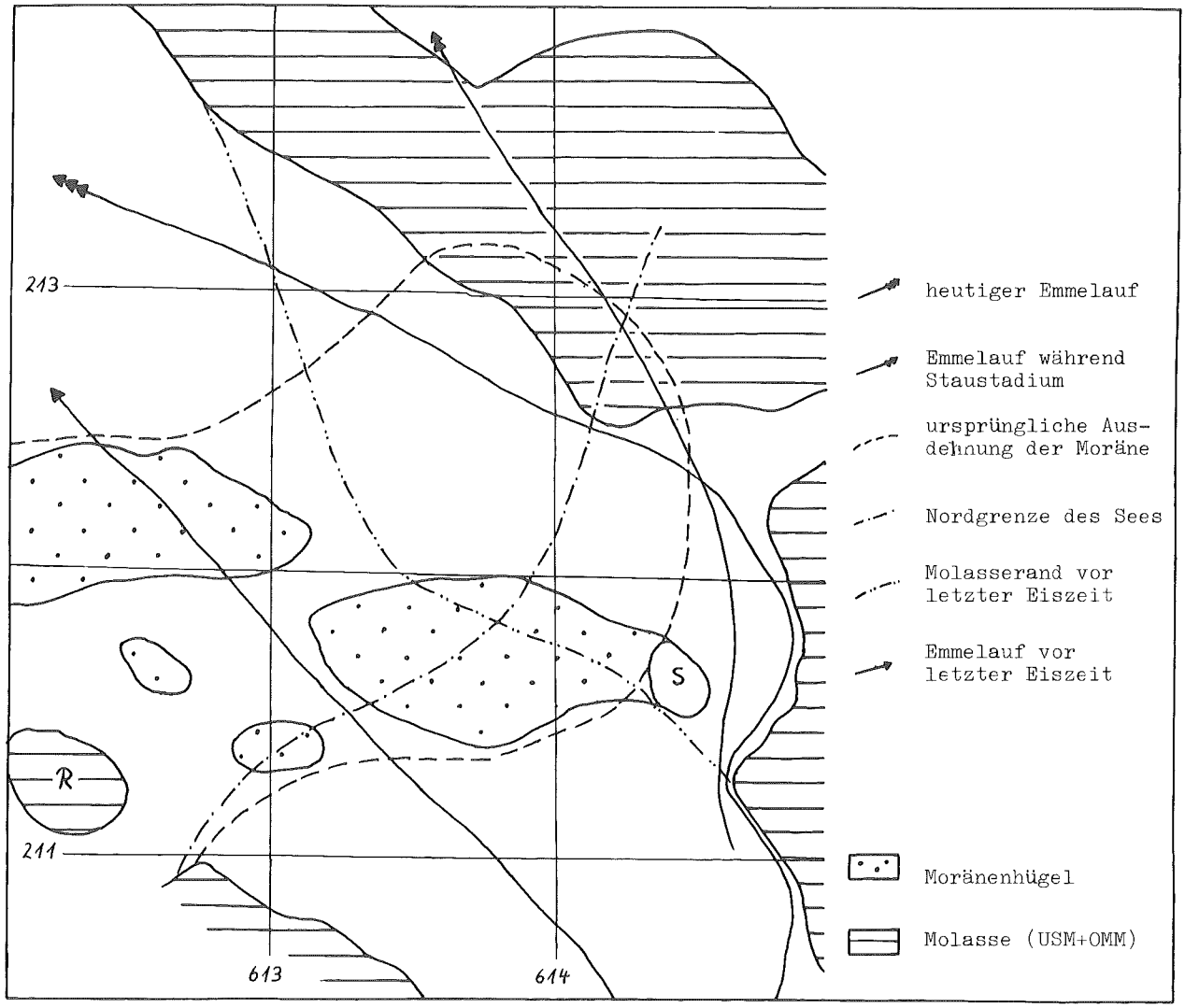
Im ganzen wurden also fast 30 m Stauletten und -sande abgelagert. Die Oberkante dieser feinkörnigen Ablagerungen liegt im Raume Oberburg bei 590-595 m ü.M. und sinkt gegen Burgdorf zu bis auf 585 m ü.M. Von dieser Höhe an kamen wieder Schotter zur Ablagerung, das heisst, der See verfügte wieder über einen Abfluss. Dieser Seeausgang wurde zwischen dem heutigen Schlossfelsen und den Gisnauflühen neu gebildet.



Figur III,15
Geologische Kartenskizze Burgdorf und Umgebung (nach GERBER 1950 ergänzt nach eigenen Aufnahmen)

Figur III,16

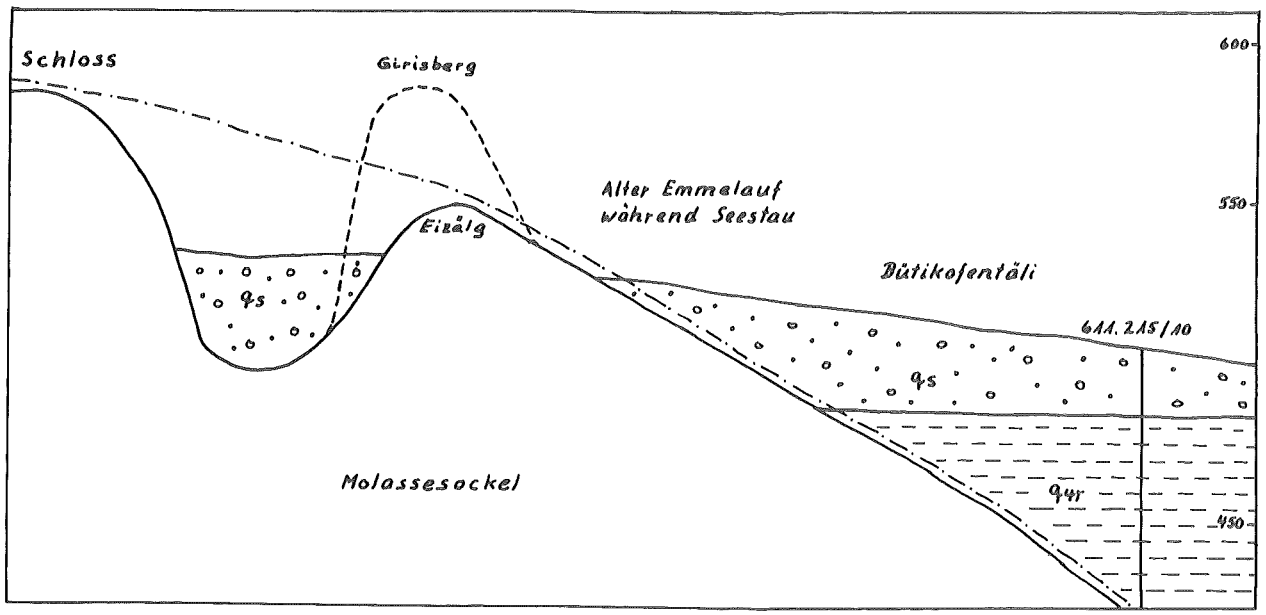
Gegend von Burgdorf zur Zeit des Seestaues (S=Schlosshügel, R=Rohrmooshubel)



Die Figur III,16 zeigt uns die Situation der Gegend von Burgdorf während des Seestaues. Der Seeabfluss erfolgte in nördlicher Richtung über Eizälg, Bütikofen in Richtung Ersigen (vgl. Figur III,17).

Figur III,17

Längsprofil längs der Rinne Burgdorf-Ersigen (in Figur III,16↗)



Folgende Punkte erlauben uns diese Annahme:

- Ungefähr geradlinige Fortsetzung der Emme, was bei einem Gefälle von 30-40 % anzunehmen ist (starke erosive Wirkung).
- Der Uebergang von Eizälg (613.700/213.350) ist nicht höher als der Uebergang beim Sommerhaus (615.250/212.900). Für E. GERBER floss die Emme in dieser Zeit Richtung Sommerhaus-Wynigen.
- Höhe Schlossfelsen ∿Höhe Oberkante Stausee ∿Höhe Girisberg.
- Bütikofentäli hat die Form eines fluviatil gebildeten Tales.
- Bohrung 611.215/10 (vgl. Figur III,10).

Wegen des grossen Gefälles (∿30 o/oo) war die Erosion sehr stark. Nach dem ersten Rückzug des Gletschers erreichte die Emme beim Schlossfelsen rasch die Kote 550, der Uebergang bei der Eizälg war für sie zu hoch. Von nun an floss sie Richtung Kirchberg, wobei sie zum Teil bis 30 m unter den heutigen Talboden erodierte, und dann ihr Gefälle langsam ausglich.

Der Gletscher zog sich, nachdem er bei Burgdorf den See gebildet hatte, nur bis in den Raum Schönbühl zurück. Von da aus stiess er noch einmal kurzfristig vor (Bannwiler Vorstoss) über das erste Maximalstadium hinaus bis auf die Linie Pleerwald (612.500/210.500), Wiedlichsbachwald (615.000/211.000) südlich Burgdorf. Dieses Stadium dauerte nicht lange, da es nur zur Bildung einer geringmächtigen Grundmoräne kam. Es entstanden keine eigentlichen Moränenwälle. Nach diesem letzten Vorstoss verliess der Gletscher endgültig dieses Gebiet. In Figur III,18 sehen wir die Grundmoräne des letzten Vorstosses aufgeschlossen.

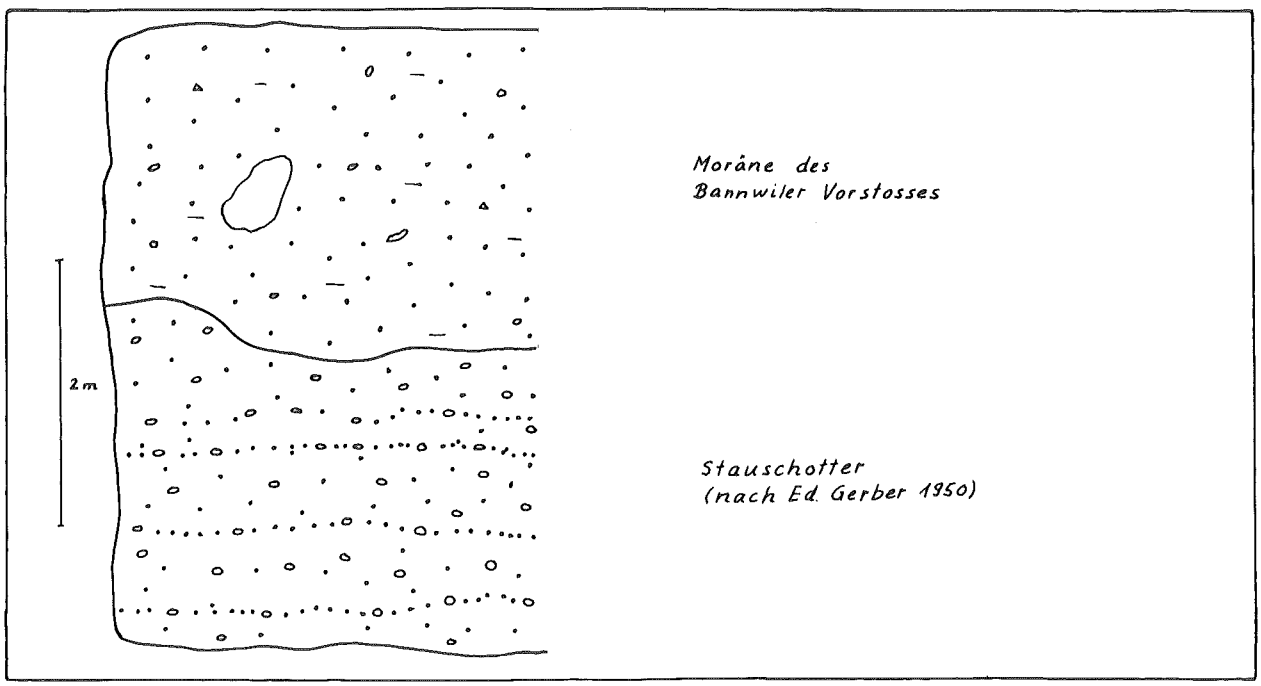
Ueber gut geschichteten Stauschotter liegt die ein bis zwei Meter mächtige Grundmoräne.

Kurz nach der letzten Eiszeit begann dann unterhalb Burgdorf die Schüttung des Emmeschuttkegels. Im Raume Burgdorf finden wir also folgende verschiedene Ablagerungskomplexe:

Postglaziale Emmeschotter
"Stauschotter" und Stauletten
Würmmoräne des Bannwiler Vorstosses
Würmmoräne des Wangener Stadiums
Aeltere Emmeschotter (Präwürm)

Figur III,18

Profil in der Kiesgrube Chüeweid bei Burgdorf (613.130/211.050)



Aeltere Emmeschotter
Bei diesen präwürmeiszeitlichen Schottern handelt es sich um einen sandigen Kies, der zum Teil leicht siltig ist und vereinzelt Steine enthält. Er setzt sich petrographisch folgendermassen zusammen:

5-10 % Metamorphite, Granite, übriges Kristallin
40-50 % Gangquarze und Quarzite
45-55 % Flysche, Kalke und Sandsteine

Die Verbreitung der älteren Emmeschotter ist nicht genau anzugeben, da viel Material umgelagert wurde. Sicher anzutreffen sind sie unter den Moränenablagerungen westlich des Schlossfelsens, also entlang dem alten Emmelauf.

Würmmoräne des Wangener Stadiums
Bekannt ist die schön ausgebildete Gsteigmoräne auf der die Kirche, das Gymnasium und das Technikum stehen. Hier handelt es sich um einen stark siltig-sandigen Kies mit Steinen und Blöcken. Petrographie:

5-10 % Metamorphite, Granite, übriges Kristallin
15-25 % Gangquarze und Quarzite
70-80 % Flysche, Kalke und Sandsteine

Seit die Finkgrube (613.100/211.350) geschlossen worden ist, sind in diesem Moränenwall, der sich vom Meienmoss Richtung Burgdorf zieht, keine Aufschlüsse mehr vorhanden. Zu erwähnen sind noch die vielen Murmeltierknochen, die in der Finkgrube gefunden wurden. Eine ausführliche Beschreibung dieser Fossilien findet sich bei THALMANN (1924). Murmeltierreste wurden ebenfalls bei der Kirche entdeckt.

Würmmoräne des Bannwiler Vorstosses
In der Lithologie und Petrographie entspricht diese charakteristische Grundmoräne, die vor allem das hügelige Gebiet um Burgdorf bedeckt, der Moräne des ersten Gletschervorstosses.

"Stauschotter" und Stauletten
Die "Stauschotter" sind heute noch teilweise als ausgedehnte Schotterterrassen oberhalb Burgdorf erhalten. Da sie das gleiche Lieferungsgebiet besitzen wie die Emmeschotter, ist es nicht erstaunlich, dass Stau- und Emmeschotter in der Lithologie und Petrographie kaum abweichende Resultate zeigen. Obwohl die "Stauschotter" zum grossen Teil fluviatilen Charakter besitzen, bleiben wir bei der Bezeichnung von E. GERBER (1950).

Wie bereits angetönt wurde, weisen die Stauletten eine Mächtigkeit von fast 30 m auf. Reste dieser Ablagerung befinden sich rechts und links des Emmentals zwischen Burgdorf und Hasle. Sie werden noch heute von verschiedenen Ziegeleien abgebaut, so bei Burgdorf und Oberburg.

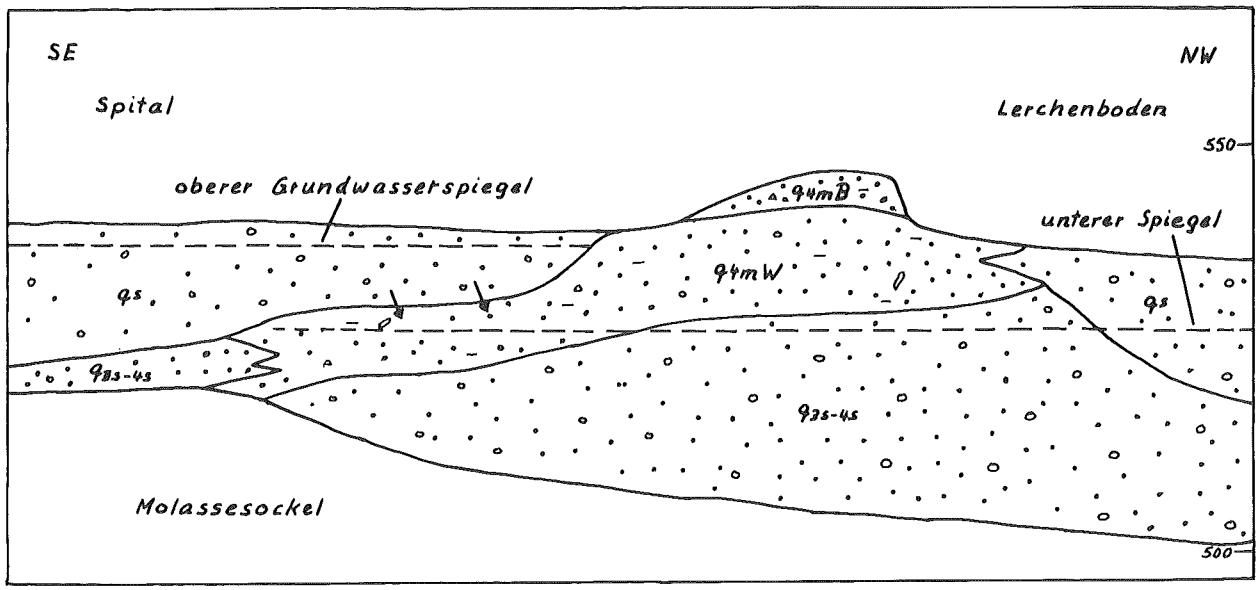
Postglaziale Emmeschotter
Am mächtigsten sind die Emmeschotter unterhalb Burgdorf, wo sie sich in grosser Breite ausdehnen. Sie bestehen aus sandigem Kies, sind meist sauber und weisen vereinzelt Steine auf. Unsere geröllpetrographischen Analysen stimmen mit denen E. GERBERs gut überein:

	GERBER	WANNER
Qz., Gangqz.	42 %	40-60 %
Fly., Kk., Sst.	39 %	30-50 %
Met., Krist., Granite	12 %	5-15 %

Oberhalb Burgdorf nehmen diese postglazialen Emmeschotter ebenfalls die ganze Talbreite ein, wobei ihre Mächtigkeit einerseits von den älteren Emmeschotter, anderseits, in der Nähe von Burgdorf, von der Moräne begrenzt ist. Die Ausläufer der Gsteigmoräne befinden sich im Raume Steinhof (613.600/211.300) zwischen den älteren und den postglazialen Emmeschotter und sind nur lokal besser durchlässig. Diese Tatsache führt zu zwei Grundwasserstockwerken (Fig. III,19).

Figur III,19

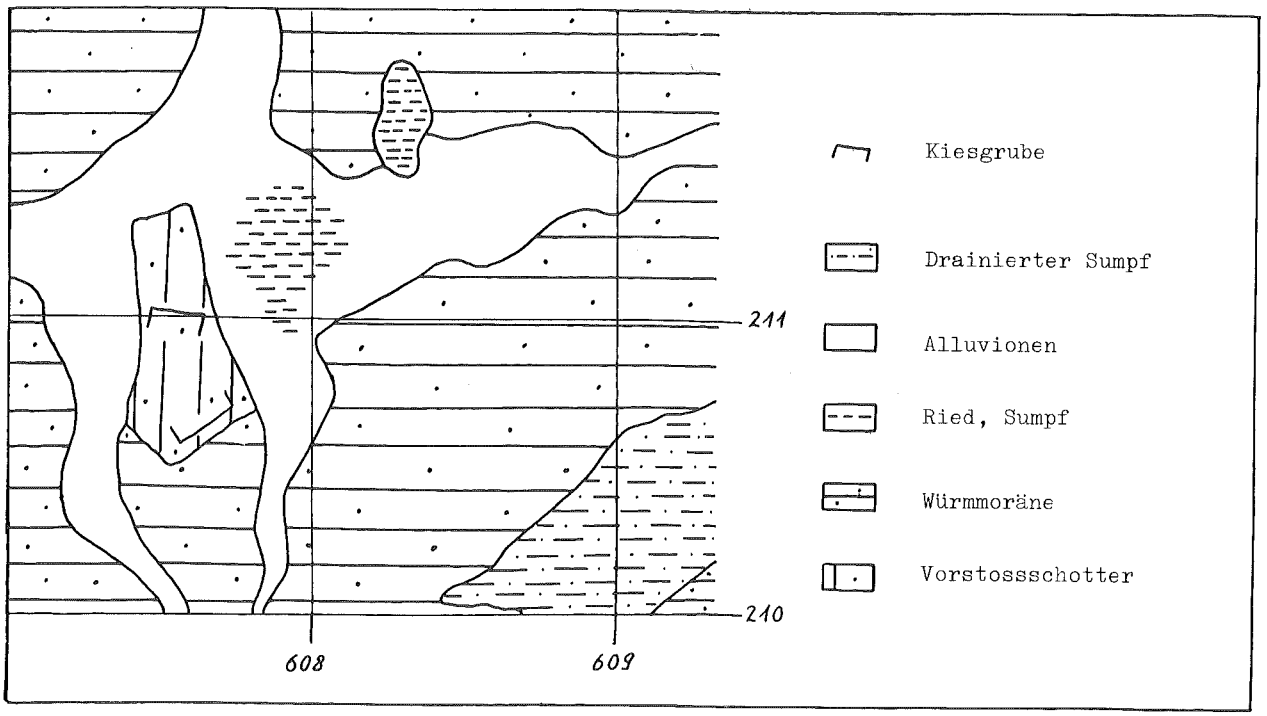
Zwei Grundwasserstockwerke im Raume Steinhof (Burgdorf)



1.4.3.2. Hindelbank und Umgebung

Figur III,20

Geologische Kartenskizze Hindelbank und Umgebung (nach GERBER 1950, ergänzt nach eigenen Aufnahmen)

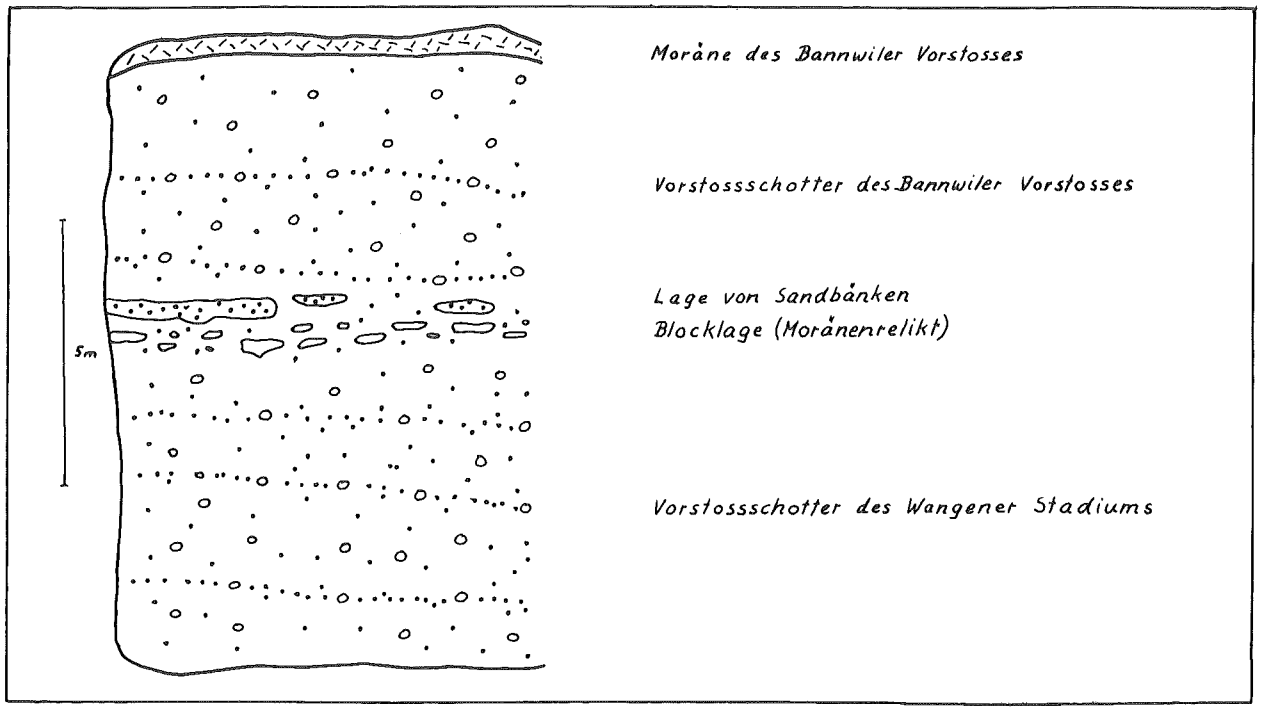


Nördlich von Hindelbank befindet sich der gegenwärtig grösste Aufschluss des Untersuchungsgebietes. Es handelt sich hier um eine Kiesgrube, deren Vorrat aber allmählich zu Ende geht. In ein paar Jahren dürfte auch dieser Aufschluss verschwunden sein. Wegen der Grösse der Kiesgrube (ca. 500x300 m) war es möglich, ihren Schotter genau zu untersuchen und zu gliedern. (E. GERBER ordnete diese Schotter der Rückzugsphase der Risseiszeit zu.)

Wie aus der Figur III,21 zu sehen ist, wird der ganze Schotterkomplex durch eine ausgeprägte Blocklage in einen unteren und einen oberen Teil getrennt. Diese Blocklage beinhaltet grosse, bis zu einem Meter Durchmesser aufweisende Blöcke (Molassesandstein, Kalke, GERBER fand sogar ein Vallorcine-Konglomerat). Ferner finden sich Nester von Grundmoräne mit gekritzten Geschieben. Es handelt sich bei dieser Groblage ohne Zweifel um ein Relikt aus einer ausgeschwemmten Moräne, wahrscheinlich sogar einer Grundmoräne, da diese Lage über die ganze Kiesgrube zu verfolgen ist.

Figur III,21

Profil in der Kiesgrube Hindelbank (607.500/211.000)



Die geröllpetrographische Zusammensetzung dieses Trennhorizontes sieht wie folgt aus:

7 % Metamorphite, Granite, übriges Kristallin
14 % Gangquarze und Quarzite
79 % Flysche, Kalke und Sandsteine

Oberhalb dieses Blockhorizontes leiten verschiedene Sandlagen (ihre Mächtigkeit liegt im cm-Bereich), die uns eine Beruhigungsphase anzeigen, in die obere Schotterpartie über. Vergeblich wurde in diesen feinkörnigen Ablagerungen nach Pollen gesucht. Diese obere Partie besteht aus einem gleichmässigen Schotter, der nur schwach verkittet ist. Die Grösse der Gerölle schwankt zwischen Ei- bis Faustgrösse, wobei gegen die Basis zu vereinzelt bis zu 20 cm grosse Steine vorkommen. Die Matrix besteht aus sauberem bis leicht siltigem Sand. Zu erwähnen sind einzelne diakene Partien. Petrographie:

9 % Metamorphite, Granite, übriges Kristallin
19 % Gangquarze und Quarzite
72 % Flysche, Kalke und Sandsteine

Wie in der Blocklage sind im Dach der unteren Schotterpartie gekritzte Geschiebe zu finden. Zudem ist in diesen obersten Partien infiltrierte Gletschermilch (Ablagerung aus Gletscherbach, der durch mitgeführte feine Schwebeteilchen

milchig trüb gefärbt wurde) weit verbreitet, was ebenfalls auf Gletschernähe hinweist.

Der Hauptanteil dieser unteren Schotterpartie besteht aus sandigem Kies (zum Teil leicht siltig) mit vereinzelten Steinen. Im Gegensatz zum oberen Teil finden sich in der unteren Partie stark verkittete Partien, die mehrere Kubikmeter gross sein können. Diese Partien werden nicht ausgebeutet. Petrographie:

8 % Metamorphite, Granite, übriges Kristallin
25 % Gangquarze und Quarzite
67 % Flysche, Kalke und Sandsteine

Das Liegende des ganzen Komplexes ist weder durch den Abbau des Kieses noch durch Bohrungen bekannt. Abgebaut wird bis auf das Grundwasser. Ueber dem ganzen Schotterkomplex liegt eine ein bis zwei Meter mächtige Grundmoräne des letzten Gletschervorstosses.

Die Entstehung dieser Ablagerungen muss man sich wie folgt vorstellen:

Die untere Partie wurde beim erstmaligen Vorstoss des Würmgletschers in dieses Gebiet geschüttet. Der Gletscher stiess dann weiter vor bis sein SE-Rand die Linie Burgdorf-Wynigen erreichte. In diesem Stadium wurden die Endmoränen von Wangen a. d. A. gebildet und der Stausee von Burgdorf entstand (siehe 1.4.3.1.). Nach diesem länger dauernden Stadium zog sich der Gletscher über Hindelbank hinaus bis in den Raum Schönbühl zurück und hinterliess die Grundmoräne, deren Relikt die Blocklage bildet, die die Schotter von Hindelbank trennt. Da über der Blocklage weder ein Verwitterungshorizont noch eine Bodenbildung auszumachen ist, muss man annehmen, dass dieses Stadium entweder nicht sehr lange gedauert hat oder dass die Erosion sämtliche Spuren einer längeren eisfreien Phase abgetragen hat. Auf jeden Fall wurde die obere Partie des Schotterkomplexes von Hindelbank bei einem zweiten Gletschervorstoss geschüttet, wobei der Gletscher seine bisherigen Endmoränen überfuhr und mehrere Kilometer weiter gelangte (Bannwiler Vorstoss). Dieser Vorstoss war aber nur von kurzer Dauer, denn es kam zu keiner Ausbildung von echten Moränenwällen mit anschliessenden Schotterfeldern. Nach diesem letzten Vorstoss zog sich der Gletscher endgültig zurück und hinterliess eine alles eindeckende Grundmoräne.

Die im Liegenden und Hangenden der Blocklage anzutreffenden Schotter werden deshalb als Vorstossschotter bezeichnet, weil sie folgende lithologische Charakteristika aufweisen, die nach MADER (in SCHLUECHTER 1976) für einen Vorstossschotter wesentlich sind:

- Generelle Korngrössenzunahme von der Basis zum Dach (= Näherrücken des Gletschers).
- In speziellen Fällen kommt es zur Ausbildung einer Basisgroblage.
- Die lithologische Kontinuität im Dach des Schotterkörpers in die hangende Grundmoräne muss nachgewiesen sein.

Durch die Kiesprospektion bei Mattstetten (606.500/208.300) (Gutachten P. KELLERHALS 1975) sind wir über die Fortsetzung, der in der Kiesgrube Hindelbank aufgeschlossenen Schotter, in SW-Richtung orientiert. Dem Bericht entnehmen wir folgende

Gliederung von oben nach unten:

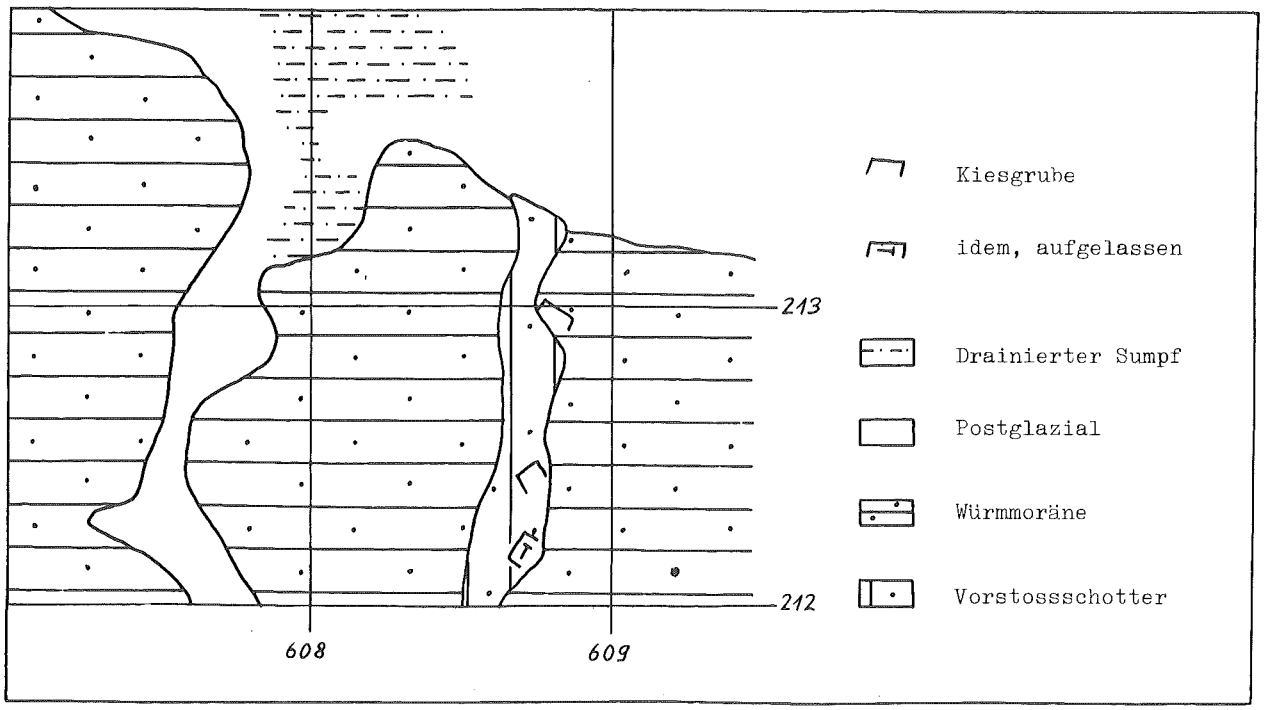
- Als jüngste Einheit wurde ein leicht siltiges mittel- bis grobkörniges Sandvorkommen festgestellt, dessen Mächtigkeit zwischen null und fünf Meter beträgt.
- Dieser Sand liegt eindeutig auf einer würmeiszeitlichen Grundmoräne des Rhonegletschers. Die Mächtigkeit dieser typischen lehmigen Grundmoräne schwankt zwischen einem und sieben Meter.
- Darunter folgt der Schotter, welcher in zwei deutlich verschiedene Einheiten unterteilt werden kann. Der obere Schotterkomplex besteht aus relativ schlecht sortiertem, häufig stark siltigem Kies mit einem relativ grossen Anteil Steinen. Er erreicht eine Mächtigkeit von bis zu zehn Meter. Der untere Teil, der eine Mächtigkeit von über 30 m erreicht, besteht aus sauberem, gut sortiertem Kies. Im weitern wurde die Petrographie dieser Schotter untersucht: Kalke, Sandkalke, Dolomit und Feinbrekzie herrschen vor. Harte, alpine Sandsteine sowie Quarzite und frisches Kristallin sind als Nebengemengteile ebenfalls vertreten. Petrographische ungünstige Gesteine wie weiche Sandsteine (Molasse), stark verwittertes Kristallin, Mergel und Schiefer treten nur untergeordnet auf.

Es handelt sich also bei diesen Schottern ebenfalls um eine reine Aareschüttung mit der typischen Zweiteilung.

1.4.3.3. Kernenried-Zauggenried

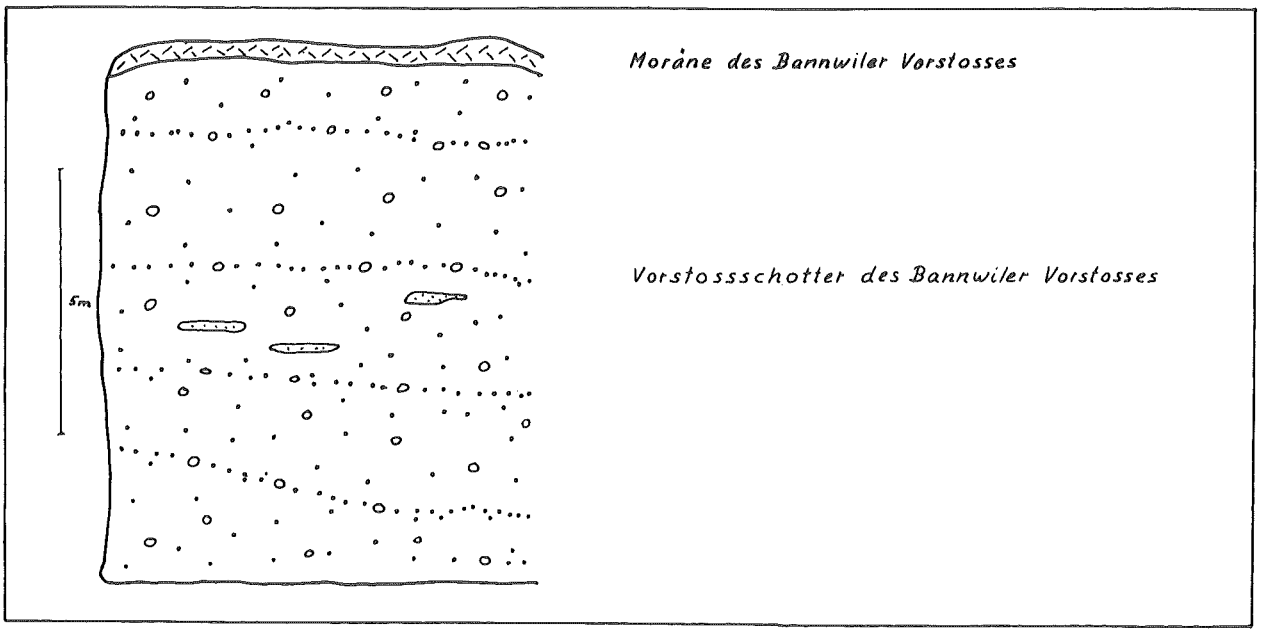
Figur III,22

Geologische Kartenskizze des Gebietes Kernenried-Zauggenried (nach GERBER 1950, ergänzt nach eigenen Aufnahmen)



Figur III,23

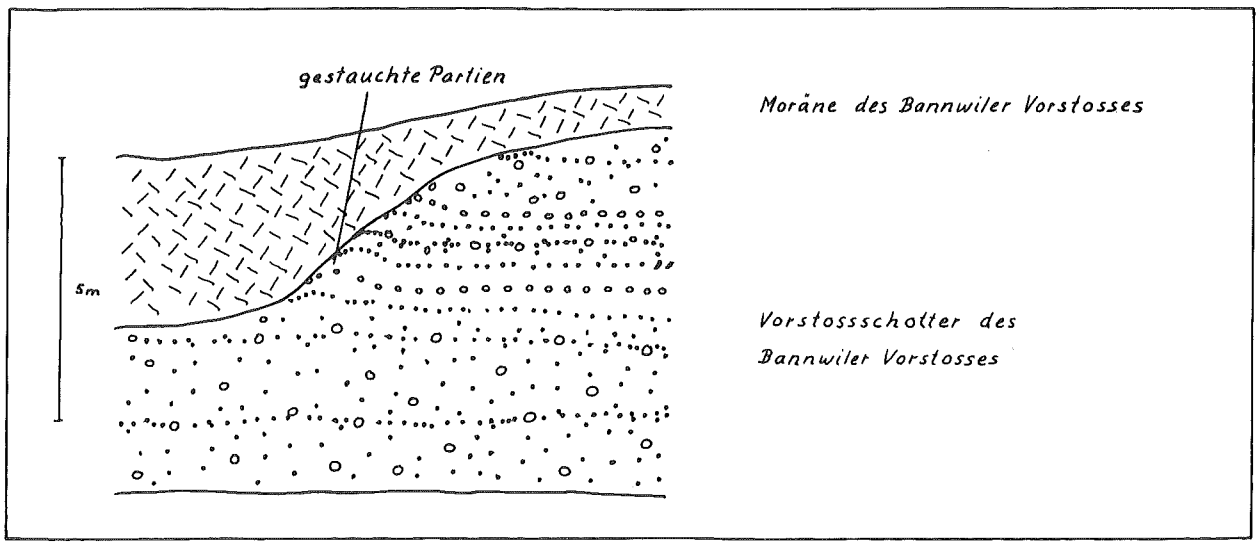
Profil in der Kiesgrube Kernenried (608.830/212.970)



Der geologische Aufbau von Kernenried und Umgebung konnte anhand von drei Kiesgruben und zwei bis auf die Molasse abgeteufte Bohrungen bestimmt werden. Den grössten Aufschluss bildet die Kiesgrube beim Scheibenstand Kernenried. Figur III,23 zeigt uns diese noch heute in Betrieb stehende Grube. Unter einer bis zu zwei Meter mächtigen Grundmoräne sind dieselben Schotter aufgeschlossen, die wir bereits in der Kiesgrube Hindelbank angetroffen haben. Es handelt sich auch hier um einen sandigen Kies mit vereinzelten Steinen. Daneben kommen Sandlinsen und diakene Partien vor, die sich bei einer Mächtigkeit von einigen Centimetern über mehrere Meter erstrecken können. Die in der Kiesgrube von Hindelbank erwähnte Blocklage ist hier undeutlich ausgebildet und nur an der Basis sichtbar. Bei diesem Aufschluss sind demnach vor allem die Schotter des zweiten Gletschervorstosses aufgeschlossen. In der W-Ecke der Kiesgrube ist der Kontakt Schotter-Moräne sehr schön zu sehen (Figur III,24).

Figur III,24

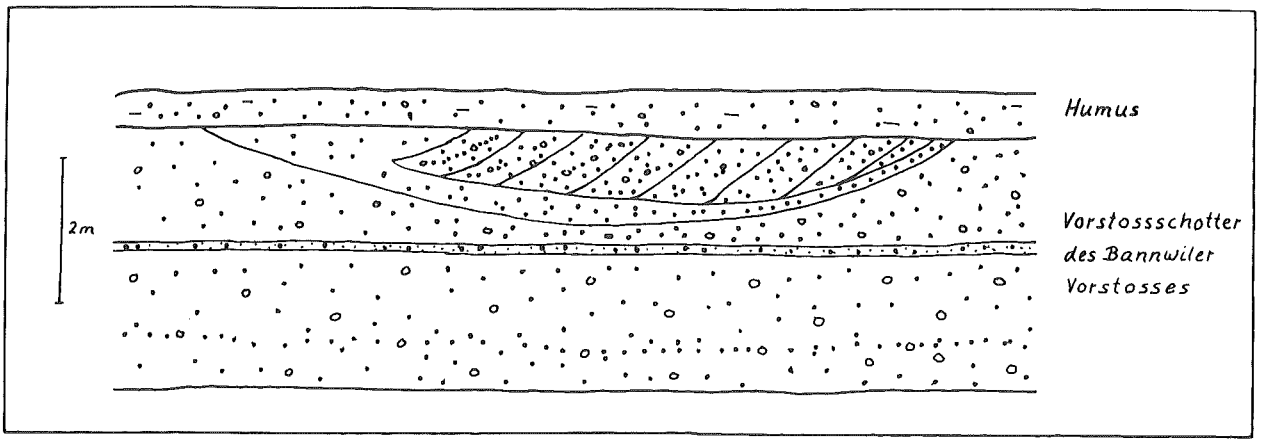
Kontakt Schotter-Moräne in der Kiesgrube Kernenried



Deutlich sind die gestauchten Schotterpartien sichtbar, die entstanden als der Gletscher diesen Hügelzug überfuhr. In der Kiesgrube Eichelacher (608.750/212.220) fehlt die eindeckende Moräne. Entweder ist sie nicht abgelagert worden, oder sie wurde nachträglich erodiert. In der SW-Wand ist eine schöne Rinnenfüllung aufgeschlossen (Figur III,25), die sich in der NE-Ecke fortsetzt. Daraus kann man schliessen, dass eine Entwässerungsrinne ungefähr entlang des heutigen Waldrandes in nördlicher Richtung verlief. Die Standfestigkeit dieser acht Meter hohen Schotterwand, die ein gleiches lithologisches Bild wie die oben erwähnte Kiesgrube vermittelt, deutet auf eine Vorbelastung dieser Schotter hin.

Figur III,25

Rinne in der Kiesgrube Eichelacher (608.750/212.220)



Die dritte Kiesgrube wird gegenwärtig aufgefüllt, so dass fast nichts mehr aufgeschlossen ist. Die beiden Bohrungen 608.212/10 und 607.212/5, in denen nur sandig bis leicht siltiger Kies mit vereinzelten Steinen angetroffen wurde, dient vor allem zur Bestimmung der räumlichen Ausdehnung dieser Schotter. Die petrographischen Analysen ergaben in den Kiesgruben und den Bohrungen das gleiche Bild:

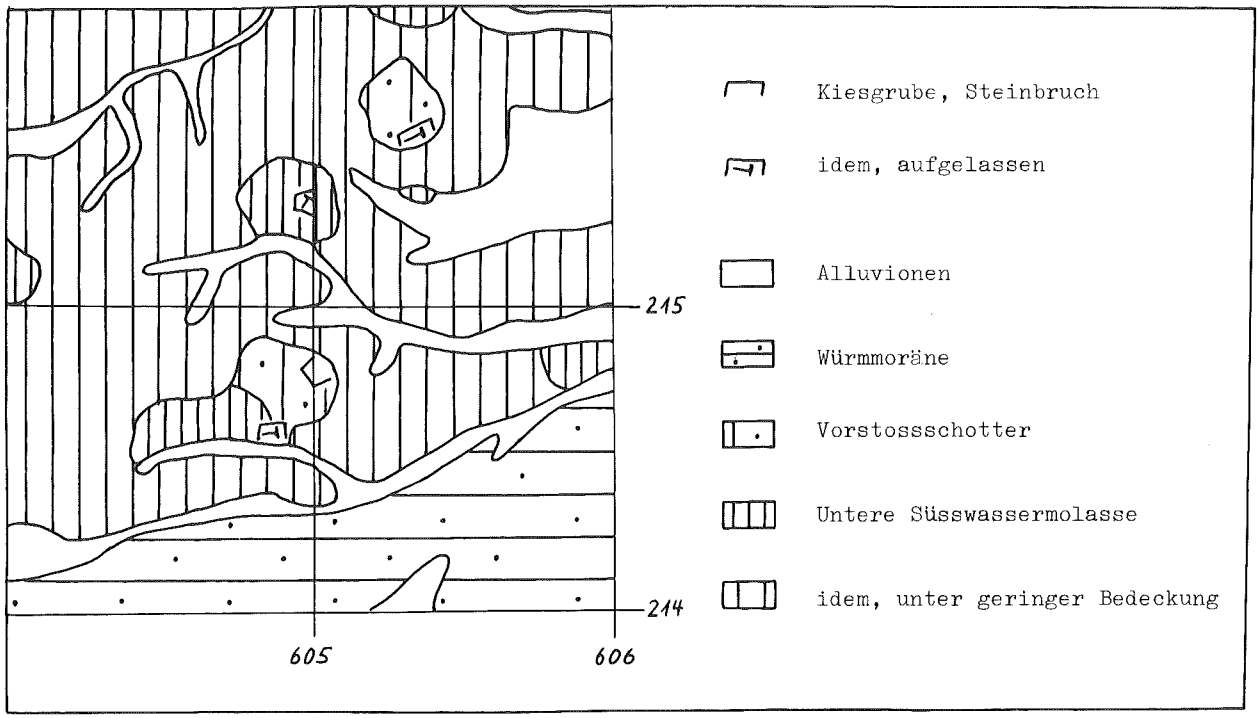
8 % Metamorphite, Granite, übriges Kristallin
16 % Gangquarze und Quarzite
76 % Flysche, Kalke und Sandsteine

Anhand dieser Aufschlüsse kann man schliessen, dass das Gebiet um Kernenried, südlich der Emmeebene, einen einheitlichen Aufbau aufweist: Direkt über der Molasse folgen die Vorstossschotter (vgl. 1.4.3.2.) der letzten Eiszeit, wobei der Trennhorizont, der in der Kiesgrube Hindelbank deutlich ausgebildet ist, hier nur schwach erkennbar ist. Zwischen der Molasse und den Schottern sind keine Anzeichen einer Moräne zu finden. Die Mächtigkeit dieser Schotter schwankt zwischen 25-40 m. Die Hügel dieses Gebietes weisen eine ein bis drei Meter mächtige Grundmoräne des letzten Gletschervorstosses auf. Diese Moräne fehlt in den heutigen Tälchen.

1.4.3.4. Grafenried-Eichsberg

Fig. III,26

Geologische Kartenskizze des Gebietes Grafenried-Eichsberg (nach GERBER 1950, ergänzt durch eigene Aufnahmen)



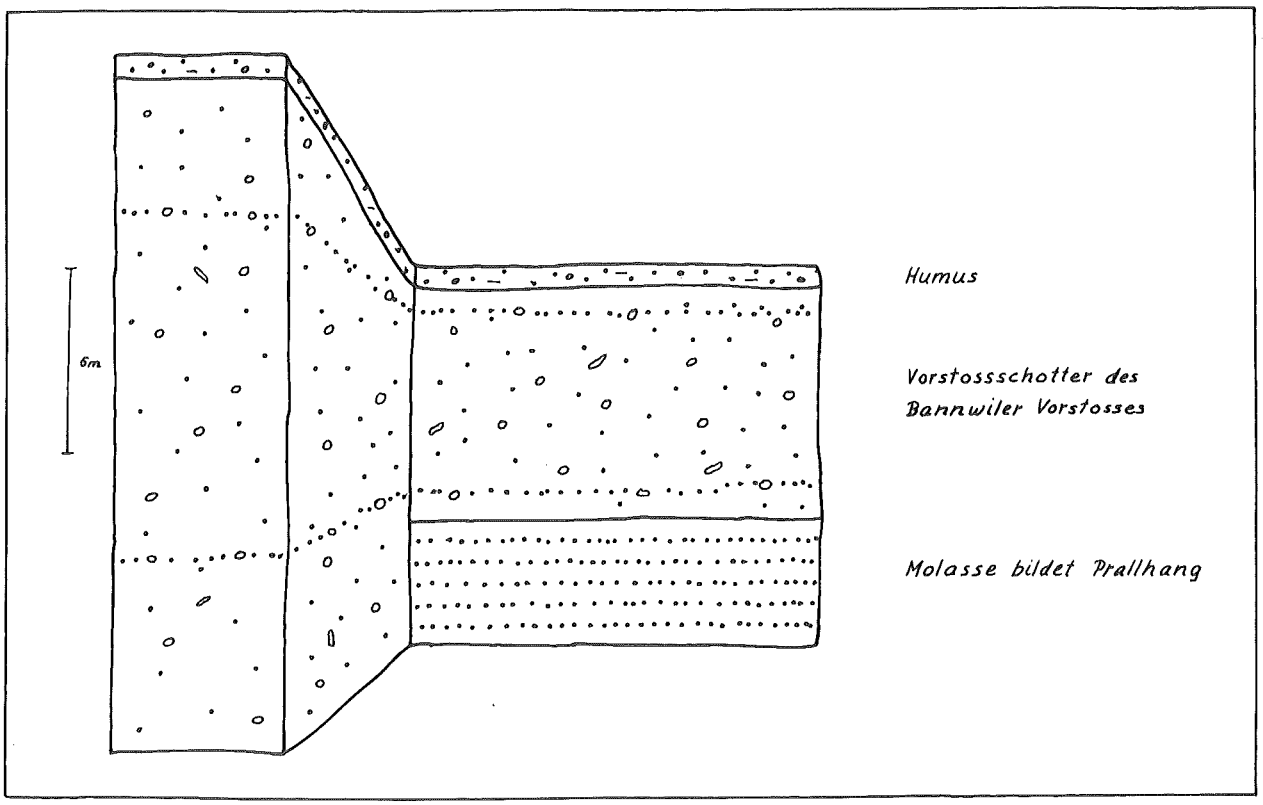
Dieses Gebiet ist weit besser aufgeschlossen als die bisher besprochenen Gebiete. Im allgemeinen wird im ganzen Bezirk die Molasse (hier das "Aquitanien") nur durch eine ein bis drei Meter mächtige Grundmoräne bedeckt. Grössere Molaseaufschlüsse finden wir an folgenden Orten:

- Kirche Fraubrunnen steht auf Molasse
- Entlang des Baches im Häberligwald (604.500/214.500) befinden sich mehrere Molassevorkommen
- Alter Sandsteinbruch Binelwald (605.000/215.355)
- An der Strasse Binel-Underberg (604.960/215.280)
- Steiacher (605.255/215.395)
- Westlicher Teil von Büren zum Hof (Chapf) 605.340/216.000)
- Bohrung 605.214/15 (605.810/214.915) erreichte schon in 3,4 m Tiefe die Molasse

Vereinzelt sind Kiesvorkommen zu finden, die aber sehr lokal verbreitet sind. Es handelt sich hier um Relikte einer früheren grösseren Schotterbedeckung.

Figur III,27

Vorstossschotter in der Kiesgrube Eichsberg (605.030/614.800) mit Prallhang



Ein solches Vorkommen auf dem Scheitelacher (605.300/215.000), das aber heute nicht mehr zugänglich ist, beschreiben NUSSBAUM (1925) und GERBER (1950). Nach GERBER handelt es sich hier um einen Aareschotter (Alpenkalke, Niesensandsteine, Gasterngranite), der von einer zwei Meter mächtigen, geschiebearmen, gelblichen Grundmoräne (Eklogitblock) der Würmeiszeit bedeckt ist.

Ein weiteres Schottervorkommen, das heute noch abgebaut wird, ist im Vorderen Eichsberg anzutreffen (vgl. Figur III,27). Beim Kiesabbau wurde ein alter Prallhang freigelegt, der aus Molassesandstein besteht. Der Prallhang verläuft N20°E. Es handelt sich hier um einen Teil einer praewürmeiszeitlichen Entwässerungsrinne, deren weiterer Verlauf nicht festgestellt werden konnte. Beim Vorstoss des würmeiszeitlichen Aaregletschers wurde diese Rinne durch Schotter zugedeckt. Die petrographische Zusammensetzung der Schotter sieht wie folgt aus:

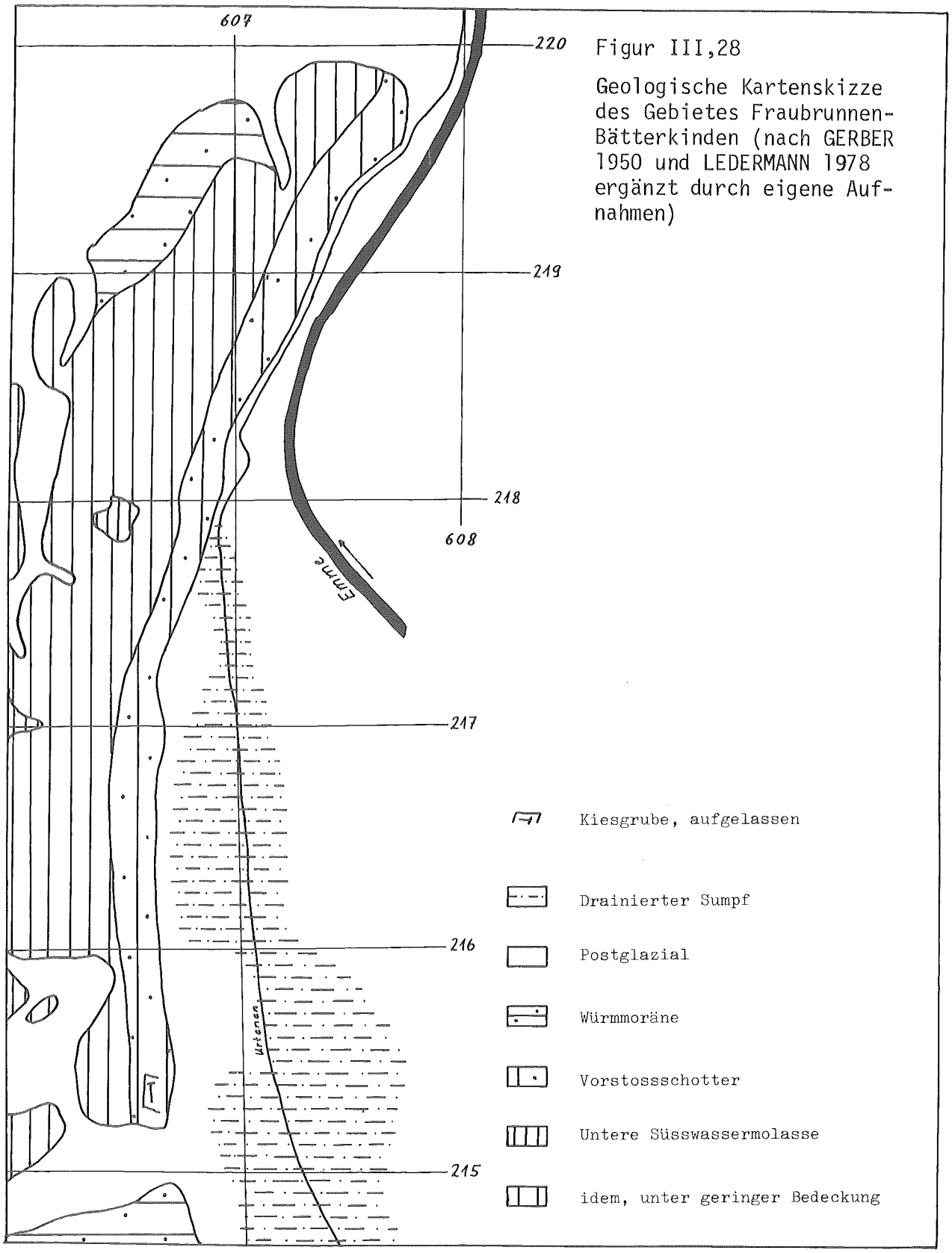
8 % Metamorphite, Granite, übriges Kristallin
14 % Gangquarze und Quarzite
78 % Flysche, Kalke und Sandsteine

In diesem Aufschluss haben wir keine eindeckende Grundmoräne gefunden. Wie be-

reits erwähnt, dürften auch diese Schotter nur lokal auftreten, da in der näheren Umgebung an mehreren Orten die Molasse an der Oberfläche erscheint.

1.4.3.5. Fraubrunnen-Bätterkinden

Oestlich der Linie Fraubrunnen-Bätterkinden dehnt sich die fast aufschlusslose Emmeebene aus, westlich davon hebt sich das hügelige Gebiet von Büren zum Hof und Umgebung ab. Getrennt werden diese beiden verschiedenen Geländeformen durch einen 20-25 m hohen Steilabfall, der vorwiegend aus Schottern besteht. Nach E. GERBER (1950) wurden diese Schotter, die auf einem 120-200 m breiten Streifen zu finden sind (vgl. Figur III,28), durch den sich zurückziehenden Rissgletscher geschüttet, eine Interpretation, die H. LEDERMANN (1978) bei der Kartierung des Blattes Solothurn für das Gebiet Schalunen-Bätterkinden übernahm. Dieser Steilabfall ist an mehreren Orten aufgeschlossen. Figur III,29 zeigt einen Ueberblick des grössten Aufschlusses, der sich in der Kiesgrube N Fraubrunnen (606.570/215.360) befindet. Leider wird auch diese Grube gegenwärtig wieder aufgefüllt.

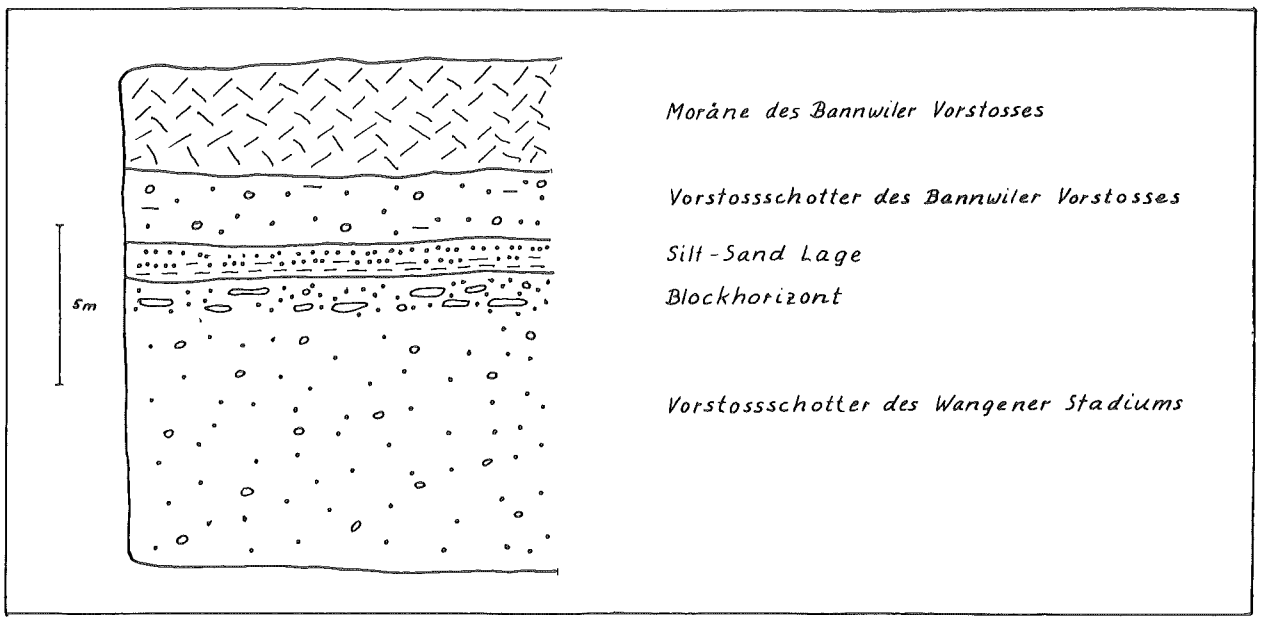


Figur III,28

Geologische Kartenskizze des Gebietes Fraubrunnen-Bätterkinden (nach GERBER 1950 und LEDERMANN 1978 ergänzt durch eigene Aufnahmen)

Figur III,29

Profil in der Kiesgrube Fraubrunnen (606.570/215.360)



Der unter einer drei bis fünf Meter mächtigen Grundmoräne liegende Schotterkomplex kann in zwei Teile gegliedert werden. Der Trennhorizont besteht hier nicht, wie in der Kiesgrube Hindelbank, aus einer Blocklage, sondern aus einer 1,5 m mächtigen Bank, die an der Basis aus Ton und im Dach aus Grobsand gebildet wird, wobei der Uebergang vom Ton zum Grobsand fliessend ist. Diese Korngrössenzunahme nach oben leitet lückenlos in die obere Schotterpartie über, wo an der Basis Feinkies und in der Mitte und im Dach sandig-siltiger Kies mit Steinen bis zu 20 cm anzutreffen sind. Bei dieser oberen Schotterpartie handelt es sich also um den zweiten, kurzen würmeiszeitlichen Gletschervorstoss, während die feinkörnige Bank die Beruhigungsphase markiert.

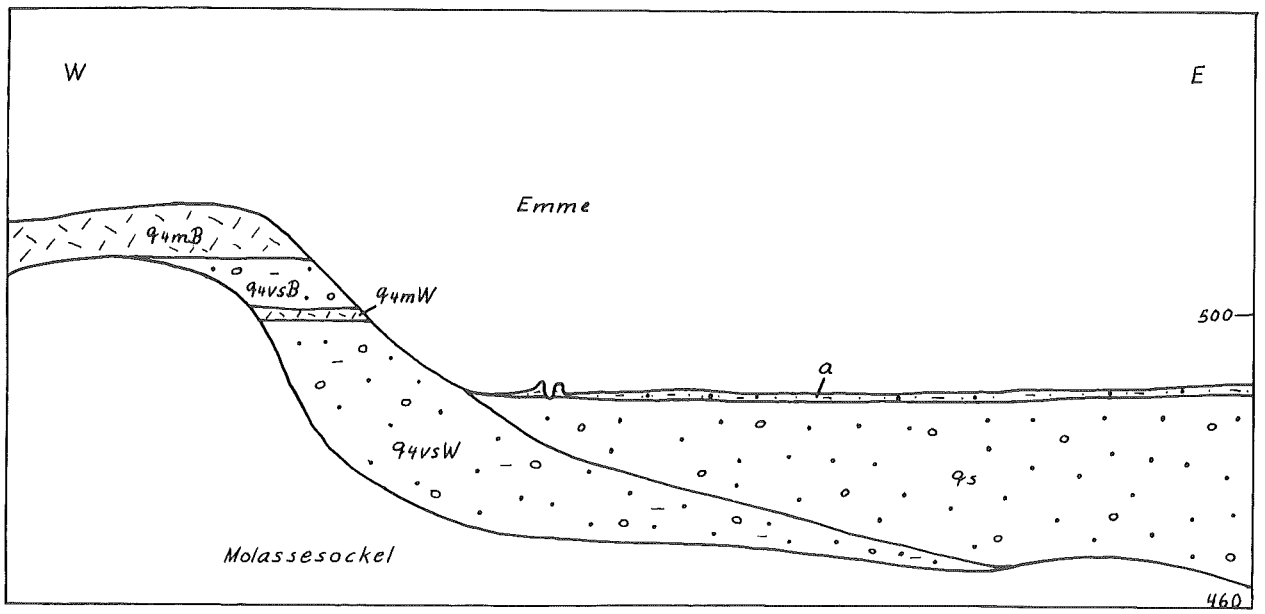
Die untere Schotterpartie, die während des ersten Vorstosses des Würmgletschers abgelagert wurde, besteht aus sandig, leicht siltigem Kies mit vereinzelten Steinen. Die horizontale Schichtung ist gut sichtbar. Dieser Schotter eignet sich nicht für Beton, da er zu unsauber ist, man kann ihn nur als Strassenschotter verwenden.

Die obere und untere Schotterpartie weisen die gleiche Petrographie auf (typische Rhonegerölle wurden keine gefunden):

10 % Metamorphite, Granite, übriges Kristallin
16 % Gangquarze und Quarzite
74 % Flysche, Kalke und Sandsteine

Figur III,30

Querprofil durch den Steilabfall zwischen Fraubrunnen und Bätterkinden



Das Querprofil in Figur III,30 zeigt uns die Verbreitung der Vorstossschotter in diesem Raum. Westlich des Steilabfalles sind die Schotter nach 150-200 m nur noch reliktisch an einzelnen Orten zu finden (Scheitelberg, Einschlag, vgl. 1.4.3.4.). Sonst wurde in diesem westlichen Teil die Grundmoräne des letzten Gletschervorstosses direkt auf die Molasse abgelagert, das heisst, dass sich die Molasse nur zwei bis drei Meter unter der Oberfläche befindet.

Oestlich des Steilabfalles wurden diese Aareschotter in verschiedenen Bohrungen unter den Emmeschottern angetroffen. So in der Bohrung 606.215/19, wo unter acht Meter Emmeschotter noch sechs Meter Aareschotter direkt auf der Molasse liegen. Die Petrographie der Emmeschotter sieht wie folgt aus:

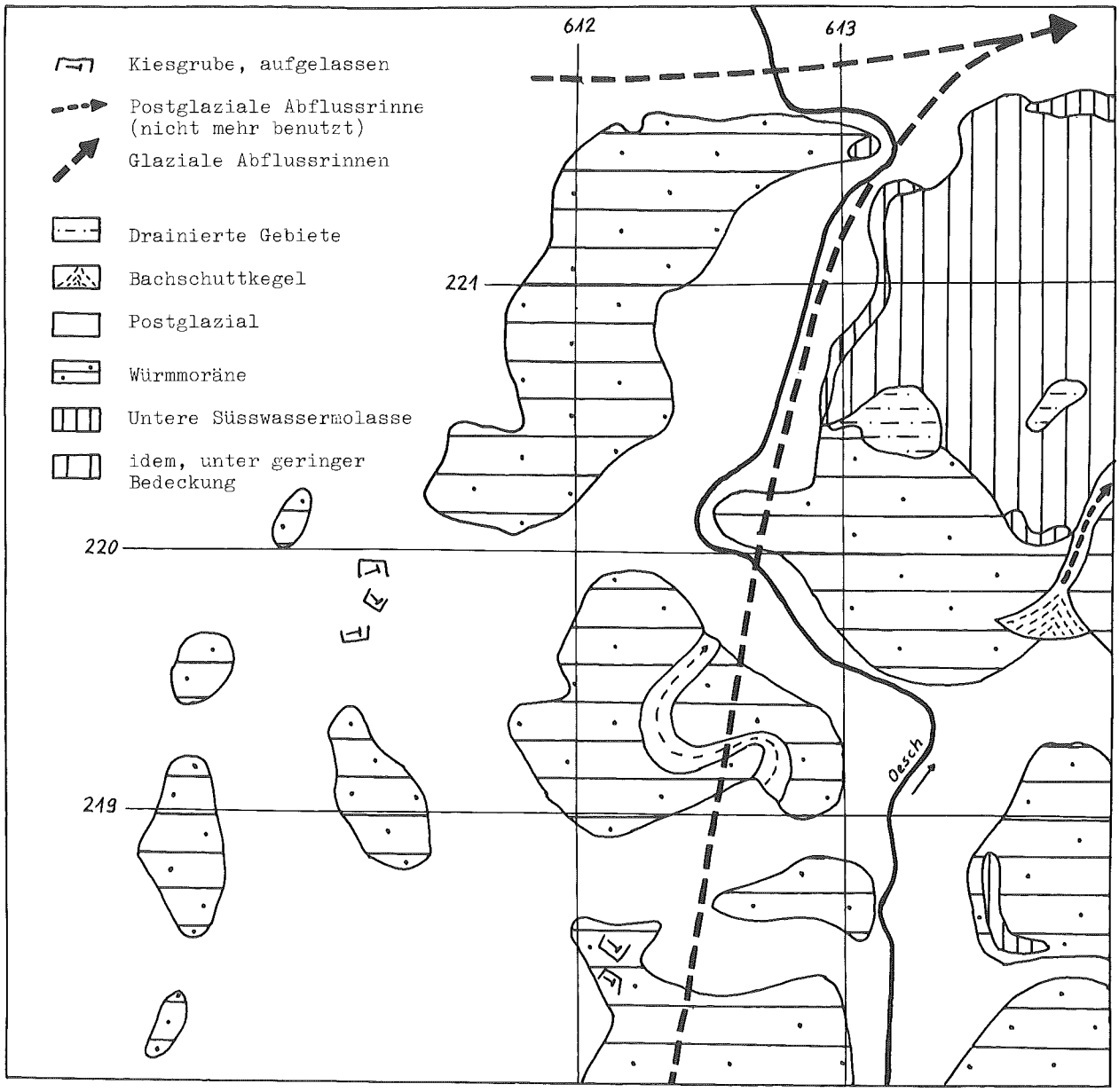
7 % Metamorphite, Granite, übriges Kristallin
46 % Gangquarze und Quarzite
47 % Flysche, Kalke und Sandsteine

Wie weit diese fluvioglazialen Ablagerungen gegen Osten zu unter den Emmeschottern noch vorhanden sind, kann nicht genau gesagt werden. Auf jeden Fall scheinen sie östlich der Emme kaum mehr anzutreffen sein, was auch für das Gebiet nördlich Bätterkinden gilt.

1.4.3.6. Koppigen-Willadingen

Figur III,31

Geologische Kartenskizze des Gebietes Koppigen-Willadingen (nach LEDERMANN 1978 ergänzt durch eigene Aufnahmen)



In dieser komplexen Moränenlandschaft wurden in den letzten drei Jahren keine Bohrungen abgeteuft, so dass wir keine geröllpetrographischen Analysen zur Verfügung haben. Mit Hilfe von alten Bohrungen, die sich am südlichen, westlichen und nördlichen Rand dieses Gebietes befinden und mit den vorhandenen Aufschlüs-

sen war es trotzdem möglich, die quartären Ablagerungen zu gliedern, wobei wir noch auf die Arbeit von H. MOLLET (1945) hinweisen möchten, die dieses Gebiet betrifft.

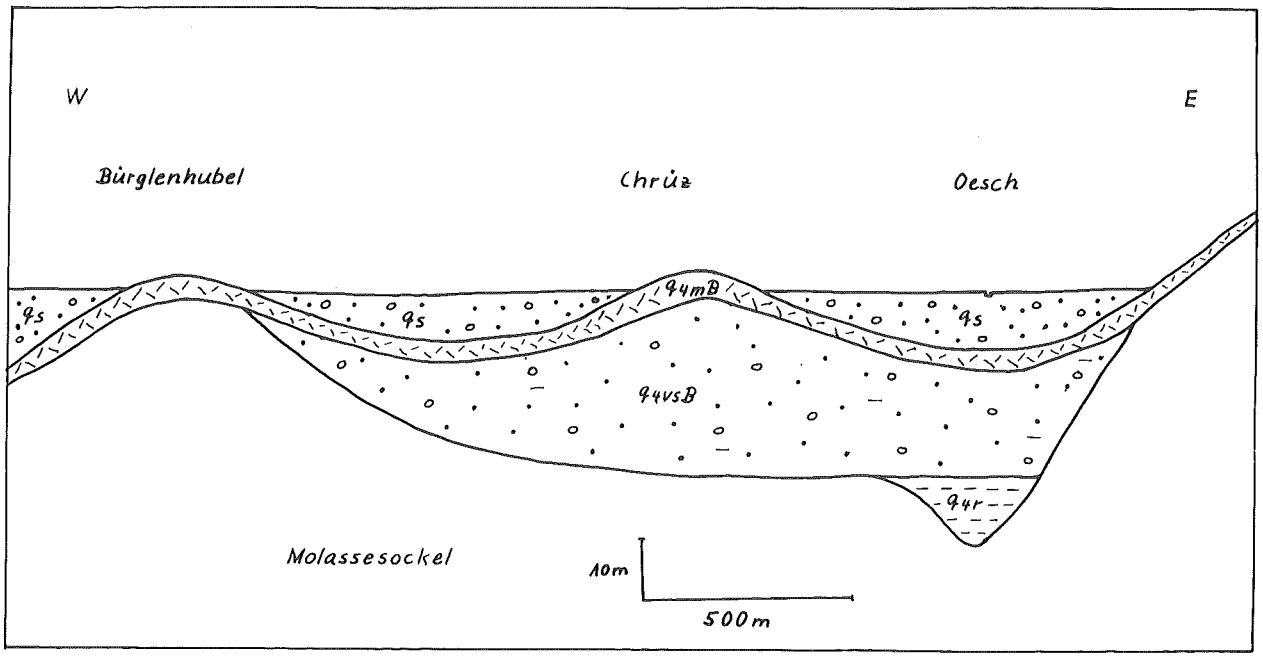
Ueber den Verlauf der Molasseoberfläche sind wir durch folgende Aufschlüsse orientiert:

- Osthang des Tales Koppigen-Willadingen
- Am Chli Fänglenberg (613.620/220.050)
- Oestlich Willadingen in der Moosgasse (613.900/221.680)
- Bei der Länggi (613.020/221.440) wurde die Molasse beim Bau der ARA in 20 cm Tiefe angetroffen
- Tannwald bei Niederösch (613.650/218.500)

Hoch liegt die Molasse somit westlich der Linie Tannwald (613,7/218,7) - Chli Fänglenberg - Schibler (612,9/220,3) - Willadingen (Ausnahme: Tälchen des Wynigenbaches). Gegen Westen zu taucht sie dann steil ab und bildet die alte Entwässerungsrinne, die von Ersigen her über Koppigen nach Willadingen verläuft (vgl. 1.4.3.1.). Die Sohle dieser Rinne befindet sich in diesem Gebiet in 400 m ü.M. Weiter gegen Westen steigt sie dann wieder steil an und verläuft dann 20-40 m unter der Oberfläche, mit Ausnahme der beiden Orte Länggi und Rainhof (610.000/220.880), wo sie knapp unter der Oberfläche zu finden ist. Nördlich des Schulwaldes (612,7/221,45) ist der Steilabfall in die Rinne Limpachtal-Willadingen ausgebildet (vgl. 1.4.1.1.). Figur III,32 zeigt uns ein Querprofil durch die Gegend von Koppigen.

Figur III,32

Querprofil durch die Gegend von Koppigen



Als diese Rinnen nicht mehr der Entwässerung dienten, wurden sie mit feinkörnigen Ablagerungen, Tonen, Silten und Sanden gefüllt (vgl. 1.4.3.1.). Ueber der Molasse bzw. der Rinnenfüllung folgen die Vorstossschotter der letzten Eiszeit. MOLLET (1945) beschrieb diese Schotter auf folgende Weise: "Dominierend ist der bläuliche Farbton der Kalke der Alpenrandkette". Da er keine Rhonegerölle fand, handelt es sich hier wahrscheinlich um Aareschotter, die von einer Grundmoräne von wechselnder Mächtigkeit (bis vier Meter) bedeckt werden.

In den Ebenen der Emme bzw. der Oesch liegen über der Grundmoräne, die zum Teil erodiert wurde, Emmeschotter bzw. Alluvionen. Die oben erwähnte Abfolge fand sich auch in einer Bohrung, die im Zentrum von Koppigen (612.560/220.280) für das Grundwasserpumpwerk im Jahre 1945 abgeteuft wurde. Profil nach MOLLET:

- 5 m Kies, viel Flysch, Nagelfluhmaterial (Quarze, Granite usw.)
- 4 m Grundmoräne, gekritzte Geschiebe, zäh
- x + 16 m Kalke der Alpenrandkette

Früher waren im Gebiet von Koppigen-Willadingen sehr viele Kiesgruben in Betrieb (Büelen, Oeschberg, St. Niklaus), was darauf deutet, dass die Grundmoräne, die sich für den Abbau nicht eignet, nicht sehr mächtig ist.

1.4.4. Spezielle Untersuchungsobjekte

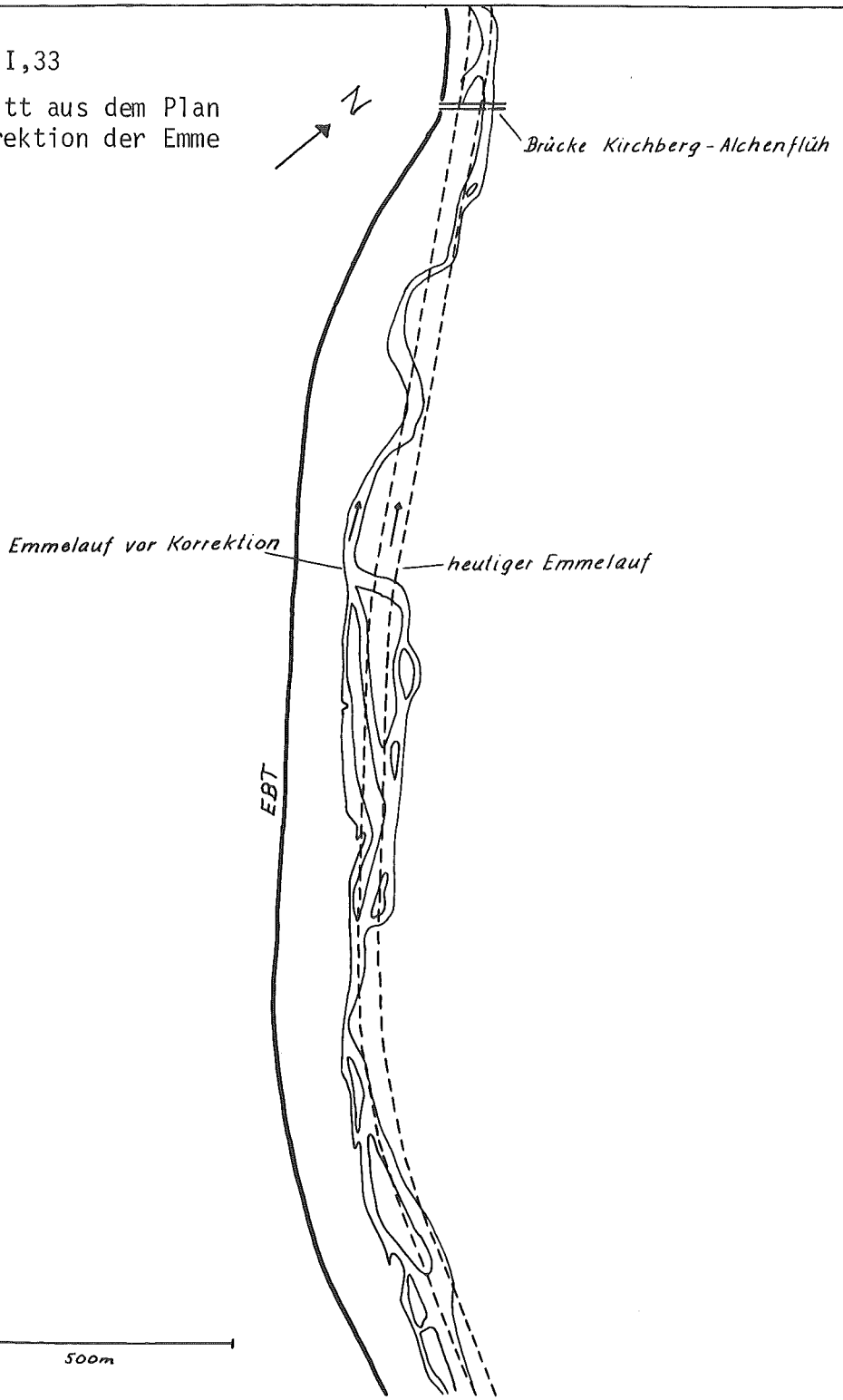
1.4.4.1. Alter Emmelauf

Bei der Suche nach Unterlagen stiess ich im Archiv der Gemeindeschreiberei Utzenstorf auf einen alten Emmeplan im Massstab 1:2'000 (in Figur III,33 sehen wir einen Ausschnitt dieses Planes). Dieser Situationsplan wurde für die Korrektion der Emme angefertigt und umfasst den Emmelauf zwischen Burgdorf und der Kantonsgrenze Bern-Solothurn. Die Korrektion, die im Jahre 1886 erfolgte, war bitter nötig, da die Emme bei Hochwasser oft überschwemmte. Welche Folgen die Ueberschwemmungen für die Anwohner hatten, beschreibt Jeremias Gotthelf in seiner Schilderung "Die Wassernot im Emmenthal am 13. August 1937" sehr anschaulich. Die Geradelegung und Eindämmung der Emme, die das Uebel der Ueberschwemmungen behoben, erfolgten mit Hilfe von Staats- und Bundessubventionen. Zum letzten Mal überschwemmte die Emme im Jahre 1910, als sie den Damm in der Altwyden unterhalb Aefligen durchbrach.

Diese Geradelegung des früher mäandrierenden Flusses wirkte sich nicht nur positiv aus: Nach der Korrektion begann eine Periode des Eintiefens, was eine Senkung des Grundwasserspiegels zur Folge hatte. Das ist auch der Grund, warum einzelne Bäume entlang der Emme bei Trockenheit abdorren. Um diesem Eintiefen des Flusses Einhalt zu gebieten, wurden zahlreiche Schwellen und Barrieren quer durch das Emmebett gebaut, die das Absenken endgültig gestoppt haben.

Figur III,33

Ausschnitt aus dem Plan
für Korrektion der Emme

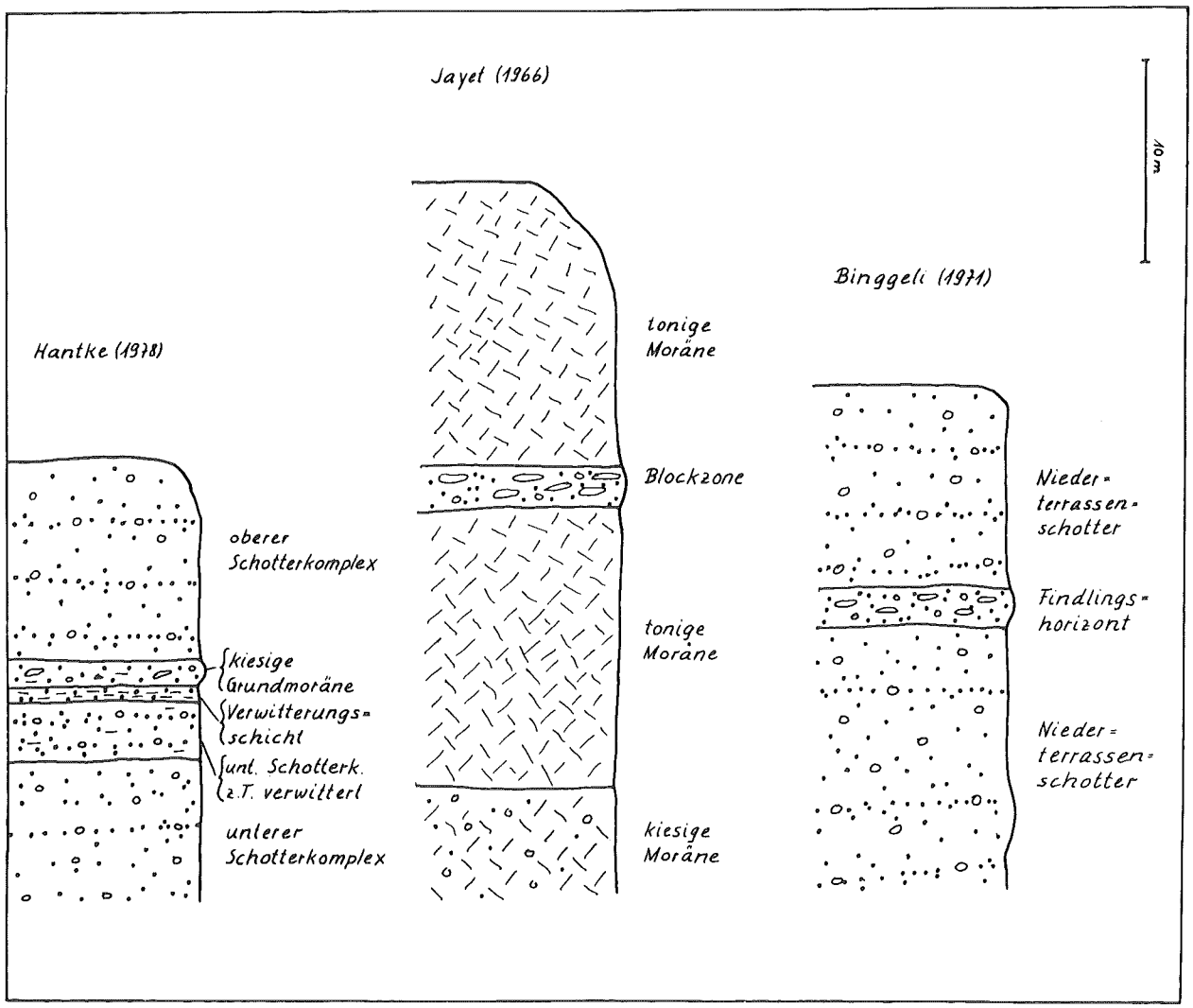


1.4.4.2. Blockhorizonte innerhalb Schotter- und Moränenkomplexe

Im Abschnitt 1.4.3. wiesen wir verschiedentlich auf die Blocklage innerhalb der Vorstossschotter hin. Diese Groblage deuteten wir als Relikt einer Grundmoräne. In der Literatur findet man mehrere Hinweise auf solche Blocklagen, die in verschieden alten Ablagerungen zu finden sind.

Figur III,34

Zusammenstellung von verschiedenen Blocklagen nach Literaturangaben: Schäfligen, Hochterrasse beim Kraftwerk Laufenburg (HANTKE); Arvetal (Hochsavoyen), würmeiszeitliche Ablagerungen (JAYET); Niederterrassenschotter ausserhalb Würm-Endmoräne von Wangen a. d. A. (BINGGELI)



So beschrieben KELLERHALS und TROEHLER (in WEA 1976) eine Blocklage in den Plateauschottern des Schüpberges (grösster Aufschluss: Kiesgrube Halenwald nördlich Meikirch 595.400/207.820) und E. GERBER (1950) erwähnt in der Kiesgrube Rumendingen (615.530/216.560) Findlinge, die aus der in Abschnitt 1.4.3. beschriebenen Groblage stammen. Bei beiden Blocklagen handelt es sich sicher um Relikte von Grundmoränen.

Zwei interessante Profile mit einer Groblage, die weit ausserhalb des Untersuchungsgebietes liegen, sind in Figur III,34 dargestellt: Das Schotterprofil von Schäfligen (in HANTKE 1978) findet sich in den Hochterrassen beim Kraftwerk Laufenburg, das Profil aus dem Arvetal, von JAYET (1966) publiziert, zeigt uns den Aufbau der würmeiszeitlichen Ablagerungen in diesem Tal von Hochsavoyen. Blocklagen sind also weder an eine bestimmte Eiszeit noch an einen bestimmten Ablagerungstypus gebunden.

Am interessantesten für uns sind die Ausführungen von V. BINGGELI (1971) über die von ihm benannte Langenthaler Schwankung. BINGGELI beschreibt verschiedene Findlingshorizonte in den Niederterrassenschottern ausserhalb der Würm-Endmoränen von Wangen a. d. A. (Figur III,34). In folgenden Kiesgruben konnte dieser Findlingshorizont nachgewiesen werden:

- Bannwil, Schulhaus	(622.350/232.000)	2-3 km östlich Endmoränen von Wangen a. d. A.
- Bannwil, Kirche	(622.100/231.750)	
- Walliswil b. Bipp	(618.600/231.800)	
- Niederbipp	(620.800/233.800)	
- Meiniswil	(623.000/231.400)	
- Langenthal-Hard	(625.600/229.900)	

"Mit Ausnahme der Grube Niederbipp, wo er aufsitzt, tritt dieser Horizont im obern Wandabschnitt, einige bis zehn Meter unter Terrainoberkante, zwischen wohlgeschichteten Fluvialschottern auf, mit einer Mächtigkeit von bloss einigen wenigen Metern" (BINGGELI). Der letzteiszeitliche Gletscher gelangte also bei seinem grössten Vorstoss zwei bis drei Kilometer über die Endmoränen bei Wangen und Bützberg hinaus. Diese Tatsache stimmtgut mit unseren Beobachtungen im Raume Burgdorf überein, wo der Gletscher ebenfalls kurzfristig über sein eigentliches Maximalstadium hinaus vorstiess (vgl. 1.4.3.1.).

1.4.4.3. Grenze Aare-Rhonegletscher im Raume Bern

In der Gegend der heutigen Stadt Bern trafen in der letzten Eiszeit der Aare- und der Rhonegletscher aufeinander. Aus dieser Tatsache ergeben sich sofort verschiedene Fragen:

- Erreichten die beiden Gletscher die Gegend von Bern gleichzeitig?
- Wurde der Aaregletscher vom Rhonegletscher gestaut oder verschmolzen die beiden Gletscher?
- Wurde der Aaregletscher abgelenkt und wurde er die rechte Flanke des Rhonegletschers?
- Können beiderseitige Ablagerungen immer scharf getrennt werden?

In Figur III,35 sind die verschiedenen Ansichten diverser Autoren über die

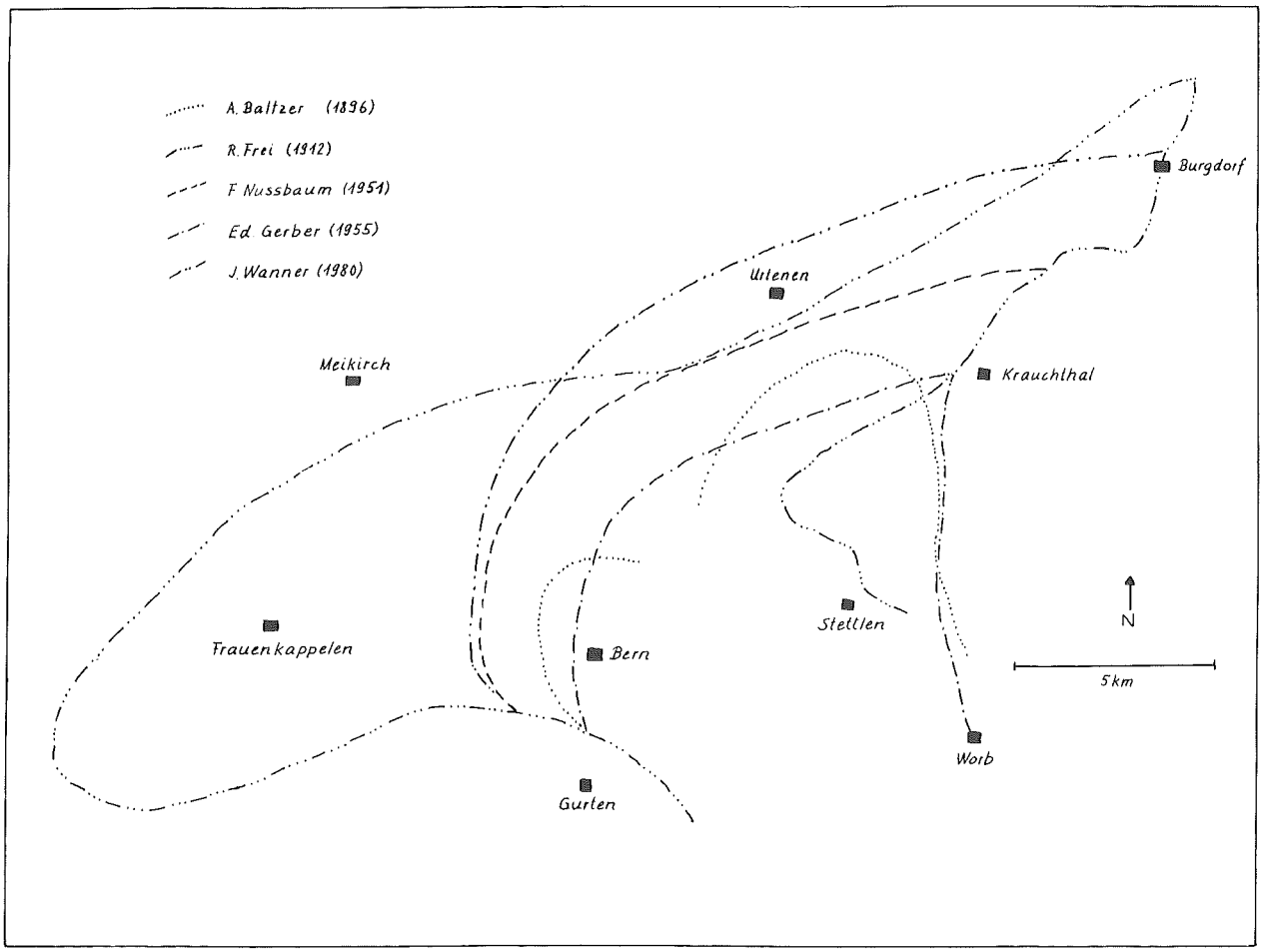
Maximalausdehnung des würmeiszeitlichen Aaregletschers zusammengefasst.

Wenn wir versuchen, die oben aufgeworfenen Fragen zu beantworten, muss folgendes festgehalten werden: Vergleichen wir den Weg, den das Aareeis bis nach Bern zurückzulegen hat, mit jenem des Rhoneeises, stellen wir sofort fest, dass der Weg aus dem Berner Oberland viel kürzer und direkter gewesen ist. Der Hauptarm des Rhonegletschers verlief ja Richtung Lyon, im Schweizerischen Mittelland hatten wir es lediglich mit einem Seitenarm dieses Walliser Gletschers zu tun. Da im Grossen und Ganzen kaum mit entscheidenden Inkongruenzen der Rück- und Vorwärtsperiode der verschiedenen Gletscher zu rechnen ist, war der Aaregletscher früher in der Gegend von Bern als der Rhonegletscher. Bis zum Eintreffen des Rhoneeises konnte sich der Aaregletscher ungehindert nach Norden ausdehnen. Der viel grössere Rhonegletscher drängte dann bei seinem Vorrücken den Aaregletscher nach SE ab und es fand eine teilweise Verschmelzung der beiden Gletscher statt. Beim weiteren Wachsen der Gletscher wurde der Aaregletscher zurückgedrängt, wobei er bis gegen Krauchthal den rechten Rand der Mittellandvereisung bildete.

Wir versuchten mit Hilfe von typischen Aaregletscherablagerungen die Maximalausdehnung des Aaregletschers zu bestimmen (vgl. Figur III,35), wobei wir stark auf Literaturangaben angewiesen waren, da viele Aufschlüsse heute nicht mehr zugänglich sind.

Figur III,35

Maximalausdehnung des würmeiszeitlichen Aaregletschers



1.4.5. Altersbestimmungen

1.4.5.1. ^{14}C und Dendrochronologie

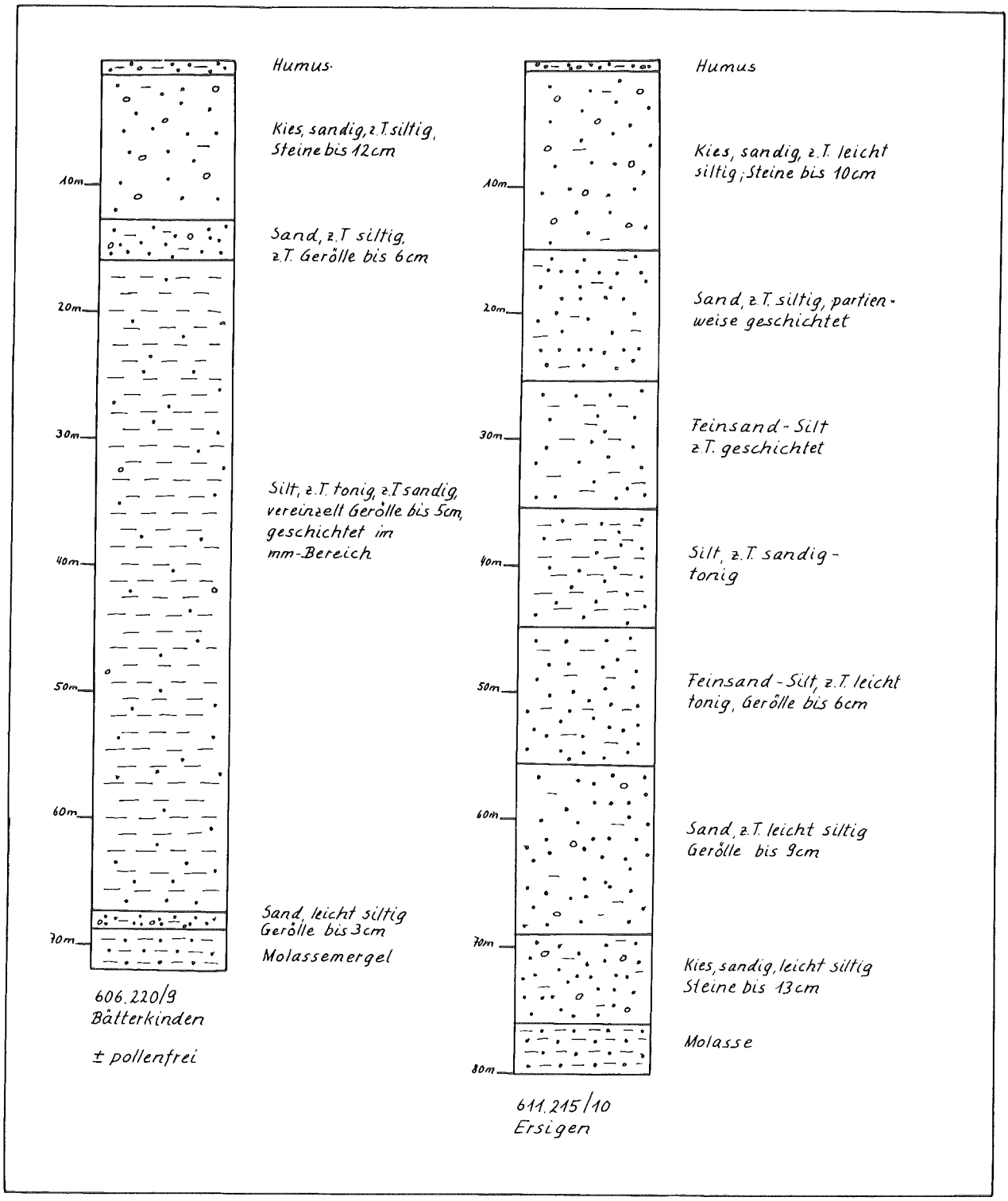
Bei Kanalisationsarbeiten entlang des Chrümelbaches N Willadingen wurde bei Koordinate 613.000/223.345 ein ganzer Eichenstamm in einer Tiefe von 1,5 m freigelegt. Zur Bestimmung des Alters dieser Eiche übergaben wir ein Probestück dem Dendrochronologielabor der Universität Neuenburg, ein weiteres dem ^{14}C-Labor der Universität Bern. Während mit Hilfe der Dendrochronolgie kein Fällungs-Jahr bestimmt werden konnte, ergab die ^{14}C Datierung ein Alter von 1'100 ± 60 Jahre BP. Die Eiche ist demnach in Alluvionen eingebettet.

1.4.5.2. Pollenanalytische Untersuchungen

Drei Kernbohrungen durchfuhren feinkörnige Ablagerungen, deren Mächtigkeit bis zu 55 m beträgt. Bei zwei Bohrungen erwies sich der Bohrkern als sehr kompakt (Figur III,36), so dass eine pollenanalytische Untersuchung gut möglich war.

Figur III,36

Profile der beiden Bohrungen, deren Kerne pollenanalytisch untersucht wurden (Pollenprofil der Bohrung 611.215/10 siehe Figur III,37)



Entgegenkommenderweise stellte sich Frau Dr. Brigitte Ammann vom Botanischen Institut der Universität Bern für die Untersuchung zur Verfügung. Frl. Heidi Haas vom Geologischen Institut übernahm die Präparation der Proben. Beiden sei hiermit bestens gedankt.

Die untersuchten Proben entnahmen wir an folgenden Orten:

- Bohrung 606.220/9 (606.525/220.440)
- Bohrung 611.215/10 (611.475/215.535)
- Kiesgrube Kernenried (608.780/213.010)
- Kiesgrube Fraubrunnen (606.570/215.380)
- Kiesgrube Hindelbank (607.550/210.850)

Die Einzelproben der Lehmbänke aus den drei erwähnten Kiesgruben erwiesen sich als pollenleer. Aus dem Kern der Bohrung 606.220/9 wurden zwischen den Tiefen 21,7 m und 66,7 m 29 Proben pollenanalytisch untersucht, doch erwiesen sich diese als pollenfrei (trotz Absuchen der ganzen Präparatfläche tauchte in zahlreichen Proben kein einziges Pollenkorn auf, in vielen Proben fanden sich 1-4 Körner, gelegentlich bis 10 oder 15 Körner; damit ist jedenfalls das Material für Pollenstatistik nicht auswertbar).

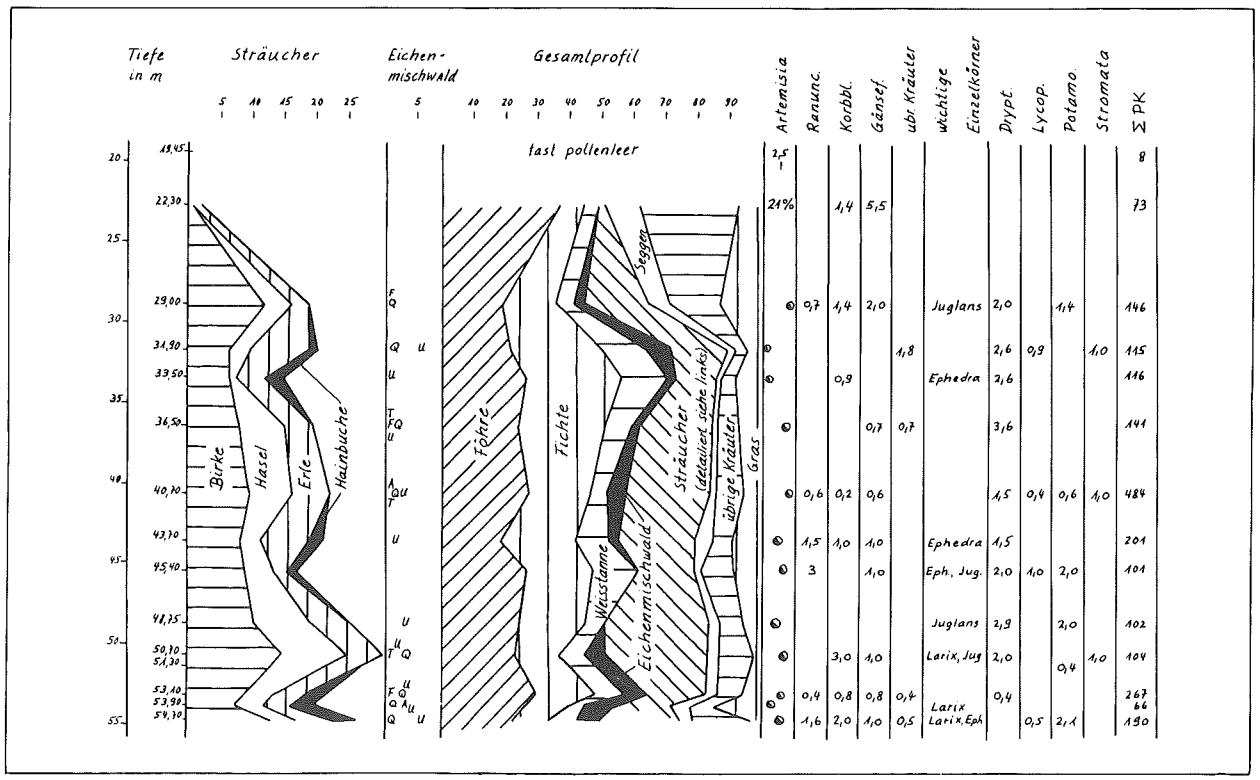
Daraus folgt, dass die oben erwähnten Ablagerungen während einer Eiszeit gebildet worden sind. Ob es sich dabei nur um die Oszillation des Gletschers oder um ein Interstadial gehandelt hat, kann nicht entschieden werden. Diese Stillwasserablagerungen bildeten sich in keinem Fall in einem Interglazial, denn das Probematerial ist so gut, dass, wenn zur Bildungszeit Pollen vorhanden gewesen wären, diese sicher zum Teil konserviert worden wären.

Der Kern der Bohrung 611.215/10 (Figur III,36) erbrachte eine Pollendichte, die eine Interpretation erlaubt: von den 14 ausgezählten Proben wiesen 11 eine Pollensumme von über 100 auf (Figur III,37). B. AMMANN schreibt zur Interpretation dieses Pollenprofils: "Das Profil ist von Nadelholz dominiert (Pinus 19-37 %, Picea 12-29 %, Abies 4-15 %), zeigt aber auch stets ziemlich Laubholzarten wie Betula (7-16 %), Corylus (2-9 %), Alnus (2-10 %), Salix und Juniperus und vereinzelt auch wärmeliebende, möglicherweise umgelagerte Pollen wie Carpinus (in 7 Proben), Juglans (in 4 Proben), Elemente des Eichenmischwaldes (Ulmus, Quercus, Tilia, Fraxinus) tauchen zwischen 54,7 m und 31,9 m regelmässig auf. Die zwei tiefsten Proben (54,7 und 53,9 m) sind besonders reich an Kräuterpollen (26-29 %), darüber ist die Kurve der Kräutersummen recht ausgeglichen über 21 m weg (53,1-31,9 m) um 10-22 %. In den obersten drei Proben (29,0 m, 22,8 m und 19,45 m) zeichnet sich mit der Zunahme der Nichtbaumpollen, besonders der Artemisia, und der Abnahme der Pollendichte eine Klimaverschlechterung ab. Interessante Einzelfunde sind zudem 3 Larix- und 4 Ephedrakörner.

Zwar könnte man versuchen durch dichtere Probennahme diesen langen mittleren Abschnitt noch zu gliedern, doch zeigt sich schon mit dieser Voruntersuchung, dass der Abschnitt wohl in ein Interstadial des Mittelwürm zu stellen ist (WELTEN in FRENZEL 1976), das oberhalb 29 m in die folgende Kaltphase (wohl den letzten Würm-Hauptvorstoss) übergeht".

Figur III,37

Pollenprofil der Bohrung 611.215/10



1.4.5.3. Fossilien

Die wichtigste Fossilfundstelle unseres Untersuchungsgebietes befand sich in der heute geschlossenen Kiesgrube Fink bei Burgdorf (613.100/211.390). H. THALMANN (1924) beschreibt die in dieser Grube gefundenen Murmeltierreste ausführlich. In der Sammlung des Gymnasiums Burgdorf sind aus dieser Grube verschiedene Pferdeknochen aufbewahrt, deren pleistocaenes Alter jedoch nicht einwandfrei erwiesen ist.

In der Kiesgrube Tannwald bei Rumendingen (615.600/216.550) fand sich ein Backenzahn aus dem rechten Oberkiefer von Rhinoceros tichorhinus (stratigraphische Verbreitung Riss-Würm). E. GERBER (1960) schreibt zu dieser Kiesgrube: "Es handelt sich hier um gletschernahe, fluvioglaziale Aare-Rhone-Schotter, die der Gletscher nach ihrer Ablagerung überfahren hatte, also analog den randlichen Schottern zwischen Zollikofen und Burgdorf."

Als weitere Fundstellen von Murmeltierknochen (als Indiz für Kaltzeit) sind zu erwähnen:

- Steinhof bei Burgdorf (613.600/211.200)
- Gsteig (614.100/211.800)
- Mooshubel bei Krauchthal (609.080/206.700)
- Grossacher bei Hasle (615.650/206.850)

Im Jahre 1978 fanden Arbeiter in der Kiesgrube Eichholz bei Hasle (615.580/206.680) Knochen eines Mammuts (stratigraphische Bedeutung: Würm). Die Kiesgrube ist in den "Stauschottern" angelegt.

1.4.6. Geologische Profile (Beilage III,1A)

Die chronostratigraphische Zuordnung, die in den zwölf Quer- und den beiden Längsprofilen angewendet wurde (Tab. III,8), stützt sich auf die in den Kapiteln 1.4.1.-1.4.5. besprochenen Untersuchungsergebnisse.

Tabelle III,8

Chronostratigraphische Zuordnung

Holocaen	Künstliche Aufschüttung		k
	Alter Boden		b
	Gehängeschutt		gs
	Tal-Alluvionen		a
Pleistocaen	Würm II	Postglaziale Emmeschotter	qs
		Moräne des Bannwiler Vorstosses	q4mB
		Vorstossschotter des Bannwiler Vorstosses	q4vsB
		Stillwasserablagerung	q4r
		Stauletten	q4l
		Stauschotter	q4st
		Moräne des Wangener Stadium	q4mW
		Vorstossschotter des Wangener Stadiums	q4vsW
	Würm I	(nur südlich Bern vorhanden)	
	Praewürm	Aeltere Emmeschotter	q3s-4s
Miocaen	Burdigalien	(aufgearbeitet m̄2)	m2
	Aquitanien	(aufgearbeitet m̄1)	m1

Die Querprofile sind zugleich hydrogeologische Bilanzierungsprofile. Die Profilachsen wurden nach hydrogeologischen Gesichtspunkten gelegt (Ausnahme: Längsprofile). Sie werden im folgenden in der Reihenfolge von Hasle-Rüegsau an Emme-abwärts besprochen:

1.4.6.1. Geologisches Profil XIV: Tschamerii

Den Verlauf der Molasseoberfläche kennen wir durch die Bohrungen 614.208/10, 615.208/66 und 615.208/24. Ueber der im östlichen Teil des Profils ausgebildeten Rinne folgen bis unter eine geringmächtige Deckschicht (a) postglaziale Emmeschotter (qs), das heisst Kies, sandig, meist leicht siltig, untergeordnet sauber bzw. siltig, mit vereinzelten, stellenweise zahlreichen Steinen.

Am linken Talrand sind "Stauschotter" und Stauletten aufgeschlossen, deren Unterkante 5-10 m über dem Talboden liegt (in der Bohrung 614.208/10 wurde ein verrutschtes Staulettenpaket angetroffen). Unter diesem würmeiszeitlichen "Stauschotter"-Staulettenkomplex (vgl. GERBER 1950) finden sich ältere Emmeschotter (q3s-4s), die vor der letzten Eiszeit abgelagert wurden. Da diese älteren Emme-

schotter eine ähnliche Lithologie besitzen wie die postglazialen Emmeschotter, bleibt die räumliche Abgrenzung dieser beiden Schotterkomplexe fraglich.

Der rechte Talrand besteht vorwiegend aus anstehender Molasse, die zum Teil etwas durch Gehängeschutt bedeckt ist.

1.4.6.2. Geologisches Profil XV: Burgdorf-Schachen

Dieses Profil ist durch die zahlreichen Bohrungen, die im Auftrage verschiedener Verwaltungszweige der Stadt Burgdorf abgeteuft wurden, sehr gut belegt. Der geologische Aufbau ist dem Aufbau des Profils XIV (vgl. 1.4.6.1.) sehr ähnlich. Unter einer geringmächtigen Deckschicht (a) finden sich vorwiegend postglaziale Emmeschotter (qs), das heisst Kies mit wechselndem Sandgehalt, häufig leicht silthaltig, zum Teil sauber, untergeordnet stärker siltig, mit vereinzelten, stellenweise zahlreichen Steinen. Die hier ebenfalls am linken Talrand aufgeschlossenen "Stauschotter" und Stauletten liegen auf einem Rest von älteren Emmeschotter (q3s-4s), deren Abgrenzung zu den postglazialen Schotter fraglich ist (s. Profil XIV).

Rechts des Molassesporns (östlicher Teil des Profils) ist noch der Aufbau des untersten Abschnittes des Heimiswilgrabens zu sehen: Hier sind unter einer dünnen (1-2 m) Deckschicht nur postglaziale Schotter anzutreffen.

1.4.6.3. Geologisches Profil XVIa: Burgdorf-Lindenfeld

Sehr interessant ist dieses Profil sowohl in geologischer wie in hydrogeologischer Sicht. Den Verlauf der Molasseoberfläche kennen wir dank der Aufschlüsse an beiden Talflanken (Pleerwald bzw. Schlosshügel) und der Bohrungen, die für das Berufsschulhaus Lindenfeld und für die Erweiterung des Spitals Burgdorf abgeteuft wurden.

Ueber der Molasse liegen ältere Emmeschotter (q3s-4s), im Zentrum des Profils bis zu 30 m mächtig. Sie bestehen aus sandigem, leicht siltigem, zum Teil sauberem oder stärker siltigem Kies, mit vereinzelten, stellenweise zahlreichen Steinen. Darüber folgt eine bis zu fünf Meter mächtige Moräne, bestehend aus Kies, sandig, siltig bis stark siltig, mit Steinen und Blöcken, die zum Teil gekritzt sind (q4mW). Diese Moräne ist nur lokal durchlässig. Das ist auch der Grund, warum in diesem Bereich zwei Grundwasserstockwerke anzutreffen sind: Der obere Grundwasserspiegel gehört zum Grundwasserstrom oberhalb Burgdorf, der untere Spiegel zum Grundwasserstrom unterhalb Burgdorf. Der Uebergang vom oberen ins untere Stockwerk ist noch nicht restlos geklärt.

Ueber der Moräne wurden 5-10 m mächtige postglaziale Emmeschotter (qs) abgelagert. Die in den vorangehenden Profilen angetroffene Deckschicht ist hier nur rudimentär ausgebildet.

1.4.6.4. Geologisches Profil XVIb: Burgdorf-Markthalle

Nach der geologischen Karte von E. GERBER (1950) besteht zwischen dem Schlossfelsen und den Gisnauflühen ein Molasseriegel, der höchstens fünf Meter unter dem heutigen Talboden verläuft. Da schon lange Zweifel an dieser Aussage bestan-

den, wurde die Bohrung 214.211/62 abgeteuft, die den Molassefelsen erst in einer Tiefe von 25 m erreichte. Nach verschiedenen anderen Bohrungen, die mehr als 200 m von der Profilachse entfernt liegen und daher nicht direkt berücksichtigt werden (siehe Legende zu den Profilen), muss der tiefste Punkt dieser Rinne unter die Kote 500 reichen. Die Rinnenfüllung besteht mit Ausnahme der geringmächtigen Deckschicht (a) ausschliesslich aus postglazialen Emmeschotter (vor der Würm-II-Eiszeit floss ja die Emme links des Schlossfelsens durch).

Beide Talflanken (Schlossfelsen bzw. Gisnauflühen) bestehen aus fast senkrecht abfallenden Molassefelsen.

1.4.6.5. Geologisches Profil XVII: Lyssach-Vilbringen

Dieses Profil weist eine recht einheitliche Lithologie auf. Seinen geologischen Aufbau kennen wir durch die Bohrungen 611.212/11, 611.213/9, 611.213/10, 611.213/8 und 611.213/1. Ueber der Molasse liegen die postglazialen Emmeschotter, das heist sandiger Kies, leicht siltig, zum Teil sauber, mit vereinzelten, stellenweise zahlreichen Steinen. Die Mächtigkeit dieser Schotter ist fast überall gleich gross und beträgt 35-40 m. Im Hangenden dieser späteiszeitlichen Schotter ist eine 1-2 m mächtige Deckschicht abgelagert worden. Während die rechte Talflanke durch die Molasse des Vilbringenwaldes gebildet wird, wirkt auf der linken Seite eine letzteiszeitliche Moräne als seitliche Begrenzung des Grundwasserstromes. Diese Moräne besteht auch hier aus sandig-siltigem Kies mit vereinzelten, teilweise zahlreichen Steinen und Blöcken.

Eine Ausscheidung von älteren Emmeschotter schien uns hier nicht mehr angebracht, weil keine sicheren Indizien für eine Abtrennung von den postglazialen Emmeschotter gefunden werden konnte.

1.4.6.6. Geologisches Profil XVIII: Grafenried-Birchiwald

Im Bereich dieses Profils wird schon seit langem eine alte, interglaziale Aarerinne vermutet (NUSSBAUM, GERBER, RUTSCH usw.), die durch das Urtenental verlaufen sollte. In den Bohrungen 606.213/1, 607.212/5, 608.212/10 sowie in den geoelektrischen Profilen konnten keine Anhaltspunkte für eine solche Rinne gefunden werden. Ueber der Molasse liegt ein 20-30 m mächtiger sandiger Kies, leicht siltig bis siltig, mit vereinzelten, stellenweise zahlreichen Steinen, den wir als Vorstossschotter der letzten Eiszeit (vgl. 1.4.3.2.) interpretieren. Darüber folgt die Grundmoräne der letzten Eiszeit, ein sandig-siltiger Kies, mit Steinen und Blöcken, die zum Teil gekritzt sind. Diese Moräne bedeckt die Hügel dieses Gebietes mit einer Mächtigkeit bis zu zehn Metern. In den Tälern dieses Gebietes (z.B. Urtenental) kam die Moräne nicht zur Ablagerung, oder sie wurde nachträglich erodiert.

Bei der oben erwähnten Aarerinne könnte es sich um ein schmales, in die Molasse eingeschnittenes Canyon handeln. Auf Grund unserer Untersuchungen darf deshalb nicht sicher geschlossen werden, dass die Rinne nicht existiert.

1.4.6.7. Geologisches Profil XIX: Fraubrunnen-Ersigen

Dieses Profil, dessen Achse direkt unterhalb des Zusammenflusses der Grundwas-

serströme aus dem Urtenental und dem Emmental liegt, zeigt uns zwei glaziale Entwässerungsrinnen, die durch die Bohrungen 608.215/2, 610.215/32 und 611.215/10 belegt sind. Die eine Rinne verläuft von Grafenried-Fraubrunnen in Richtung Kirchberg-Ersigen, wo sie sich mit der Rinne vereinigt, die von Bütikofen in Richtung Ersigen gebildet wurde. Nach der Vereinigung ist die Fortsetzung dieser Rinnen in Richtung Koppigen zu suchen. An der Basis der beiden genannten Rinnen sind zum Teil verschwemmte Relikte einer Moräne des ersten würmeiszeitlichen Gletschervorstosses zu finden. Sie bestehen aus einem stark verkitteten sandig-siltigen Kies, mit einzelnen Steinen bis zwölf Zentimeter Durchmesser. Darüber folgen bis zu 55 m mächtige Stillwasserablagerungen (q4r), das heisst Feinsand-Silt mit wechselndem Tonanteil, teilweise mit vereinzelten Komponenten der Kiesfraktion bis zwei Zentimeter Durchmesser, partienweise geschichtet. Die Resultate einer pollenanalytischen Untersuchung dieser feinkörnigen Ablagerungen wurde in Kapitel 1.4.5.2. besprochen.

Auf der westlichen Seite des Profils finden sich im Hangenden der Stillwasserablagerungen, die den Grundwasserstauer bilden, Vorstossschotter des letzten Gletschervorstosses. Diese Schotter bestehen aus Kies, sandig, teilweise leicht siltig bis siltig, mit Steinen bis zu einem Durchmesser von 15 cm. Abgesehen von einer geringmächtigen Deckschicht wird der Rest des Profils durch die postglazialen Emmeschotter eingenommen.

1.4.6.8. Geologisches Profil XX: Schalunen-Rudswil

Das Profil XX wurde aufgrund der Interpretation der Bohrungen 607.217/40, 608.216/7, 610.216/13, 611.217/6, 612.217/4 und der Aufschlüsse am Westende des Profils erstellt. An der Basis der Quartärablagerungen finden sich Moränenrelikte (q4mW). Stillwasserablagerungen (q4r) füllen die in 1.4.6.7. beschriebene Rinne auf (E-Seite des Profils). Auch hier wirken diese feinkörnigen Ablagerungen als Stauer. Ueber das ganze Profil anzutreffen, zum Teil direkt auf der Molasse liegend, sind die Vorstossschotter (q4vsB). Die Lithologie der drei erwähnten Ablagerungen (q4mW, q4r, q4vs) wurde bereits im Abschnitt 1.4.6.7. beschrieben.

Im westlichen und östlichen Teil des Profils ist die Grundmoräne des letzten, kurzfristigen Gletschervorstosses noch vorhanden, im Gegensatz zum Mittelteil, wo sie erodiert wurde. Diese Moräne (q4mB) besteht aus einem sandig-siltigen Kies mit vereinzelten, stellenweise zahlreichen Steinen und Blöcken, die zum Teil gekritzt sind. Die postglazialen Emmeschotter (qs), die eine Mächtigkeit von 25 m erreichen, sind vor allem auf der westlichen Seite des Profils verbreitet. Wo nicht die Grundmoräne q4mB die Oberfläche bildet, findet sich die schon oft erwähnte geringmächtige (1-1,5 m) Deckschicht.

1.4.6.9. Geologisches Profil XXI: Hof-St. Niklaus

Dank zahlreichen Bohrungen (608.219/28, 609.219/3, 610.219/20, 610.219/21, 611.219/9, 612.219/5) war es uns auch hier möglich, ein recht genaues Profil zu zeichnen. Wie bereits im Profil XX sind auch hier über der Molasse Moränenrelikte (q4mW) des ersten würmeiszeitlichen Gletschervorstosses zu finden. Auf der rechten Profilseite ist wieder die Rinne Ersigen-Koppigen (vgl. 1.4.6.7.)

zu sehen, die, wie bereits erwähnt, mit Stillwasserablagerungen (q4r) gefüllt ist. Am mächtigsten sind hier die Vorstossschotter, die meistens von einer Grundmoräne (q4mB) bedeckt sind. Auf der westlichen Seite des Profils sind mit Ausnahme des linken Talrandes, der durch Vorstossschotter (q4vsB) und Grundmoräne (q4mB) gebildet wird, fast nur postglaziale Emmeschotter anzutreffen. Diese Schotter finden sich auf der östlichen Profilseite in den Grundmoränenmulden. Wo postglaziale Emmeschotter zur Ablagerung kamen, werden sie von einer geringmächtigen Deckschicht bedeckt.

1.4.6.10. Geologisches Profil XXII: Bätterkinden-Willadingen

Neben der bereits bekannten Rinne Ersigen-Koppigen zeigt uns dieses Profil die Rinne, die aus dem Limpachtal herkommend über Bätterkinden Richtung Willadingen verläuft, wo sich die beiden Rinnen vereinigen (vgl. Beilage III,2A).

Der geologische Aufbau, bekannt durch die Bohrungen 610.221/1, 611.221/2 und 612.221/20, zeigt uns das gewohnte Bild: Zwischen der Molasse und den rinnenfüllenden Stillwasserablagerungen (in diesem Gebiet fast pollenfrei, vgl. 1.4.5.2.) finden sich Ueberreste von Grundmoräne (q4mW) des ersten letzteiszeitlichen Gletschervorstosses. Bei den bis zu 75 m mächtigen, den Grundwasserstauer bildenden Stillwasserablagerungen handelt es sich um einen Silt, stellenweise tonig, untergeordnet sandig, Schichtung stellenweise sichtbar, mit vereinzelten Geröllen bis fünf Zentimeter Durchmesser. Auf der östlichen Profilseite folgen im Hangenden Vorstossschotter (q4vsB) und darüber die den Hügel des Schulwaldes bildende Grundmoräne (q4mB). In der Mitte und in der linken Profilseite folgen über den Stillwasserablagerungen resp. den Vorstossschottern die postglazialen Emmeschotter (qs), die von der weit verbreiteten Deckschicht überlagert sind. Ebenfalls postglaziale Schotter, hier aber geringmächtig (höchstens 7-8 m) sind im Tal der Oesch anzutreffen (östliche Profilseite). Die rechte Talflanke wird durch die hier anstehende Molasse (Untere Süsswassermolasse) gebildet.

1.4.6.11. Geologisches Profil XXIII: Altisberg-Halten

Dieses nördlichste Querprofil ist durch die Bohrungen 610.223/24, 610.224/4, 611.224/3, 611.223/3 und 612.223/6, die während den Untersuchungen der Grundwasserverhältnisse im Solothurnischen Wasseramt (JAECKLI 1976) abgeteuft wurden, gut belegt.

Ueber der Molasse befindet sich im östlichen Profilteil die Grundmoräne des letzten Gletschervorstosses (q4mB), das heisst ein sandig, stark siltiger Kies mit Steinen und Blöcken, die zum Teil gekritzt sind. Ausser einer dünnen Deckschicht wird der Rest der quartären Ablagerungen durch die postglazialen Emmeschotter (qs) gebildet. Diese bestehen aus einem sandigen, meist sauberen Kies mit vereinzelten, stellenweise zahlreichen Steinen bis zu einem Durchmesser von 14 cm. Links der Emme ist am Steilabfall des Altisberges die Molasse aufgeschlossen, bei welcher es sich um sandige Mergel oder Mergel der Unteren Süsswassermolasse handelt.

1.4.6.12. Geologisches Profil XXIV: Limpachtal

Dieses fast senkrecht zur Rinne Limpachtal-Willadingen verlaufende Profil ist nur dank der Bohrung 606.220/9 bekannt. Ueber der Molasse liegt ein zum Teil verschwemmtes Moränenrelikt (q4mW) der Würmeiszeit. Darüber folgen die als Stauer wirkenden Stillwasserablagerungen (q4r), wobei es sich meistens um einen leicht sandig bis leicht tonigen Silt handelt, der im Zentrum der Rinne eine Mächtigkeit von über 50 m aufweist. Beidseitig des Profils liegt auf der aufsteigenden Molasse die Grundmoräne des letzten Eisvorstosses. Der Rest der Quartärablagerungen wird durch die postglazialen Schotter (qs) (bis zu 14 m mächtig) und die dünne Deckschicht (a) gebildet.

1.4.6.13. Geologisches Profil XXVa: Längsprofil Tschamerii-Fraubrunnenwald

Die beiden Längsprofile (vgl. 1.4.6.13. und 1.4.6.14.), die nicht als Bilanzierungsprofile dienen, sollen vor allem die Ausdehnung der verschiedenen stratigraphischen Einheiten zeigen.

Im südlichen Teil des Profils XXVa liegen über der Molasse ältere Emmeschotter (q3s-4s) mit einer Mächtigkeit von bis zu 30 m. Ueberlagert werden sie einerseits durch die postglazialen Emmeschotter (qs), anderseits durch die Moräne der letzten Eiszeit (q4mB). Wo nicht die Moräne die Oberfläche bildet, findet sich als oberste quartäre Bildung die dünne Deckschicht (a).

Sehr schön sind im Bereich des südlichen Teiles der Moräne die beiden Grundwasserleiter mit dem den Stauer bildenden Moräneausläufer zu sehen (vgl. 1.4.6.3.).

Der nödliche Profilteil liegt im Bereich von verschiedenen Rinnen. Ueber der Molasse liegen Reste von älteren Emmeschotter (q3s-4s), die der Rinne Burgdorf-Bohrung 609.214/6-Fraubrunnenwald angehören. Es folgen Teile der Grundmoräne des ersten Gletschervorstosses (q4mW) und Teile der Stillwasserablagerungen (q4r), die an die Rinne Fraubrunnen-Ersigen (vgl. 1.4.6.7.) gebunden sind. Darüber folgt die bereits bekannte Serie von Vorstossschotter (q4vsB), postglaziale Emmeschotter (qs) und der geringmächtigen Deckschicht (a). Diese ist nicht mehr an eine eigentliche Rinne gebunden.

1.4.6.14. Geologisches Profil XXVb: Längsprofil Urtenental-Obergerlafingen

Ueber der Molasse finden sich verschiedene, zum Teil verschwemmte Moränenrelikte (q4mW). Die im Hangenden folgenden Stillwasserablagerungen (q4r) sind an die beiden Rinnen Fraubrunnen-Ersigen (im linken Profilteil) resp. Limpachtal-Willadingen (im rechten Profilteil) gebunden. Im linken und mittleren Teil des Profils folgt mit stark schwankender Mächtigkeit der Vorstossschotterkomplex (q4vsB), der im linken Profilteil an die Oberfläche reicht. In der Mitte des Profils sind zwei kleine Grundmoränenrelikte (q4mB) des letzten kurzfristigen Gletschervorstosses zu sehen, wobei das eine Relikt bis an die Oberfläche reicht. Zwischen der dünnen Deckschicht und den oben erwähnten Ablagerungen liegen die fast über das ganze Profil anzutreffenden postglazialen Emmeschotter (qs).

1.5. Morphogenese des Unteren Emmental

Präriss und Riss

In der Risseiszeit war das ganze Untersuchungsgebiet vom Rhonegletscher bedeckt. Im Gegensatz zu den meisten Autoren, die dieses Gebiet untersuchten (GERBER, NUSSBAUM, ANTENEN, LEDERMANN usw.), fanden wir keine Anhaltspunkte, dass aus dieser oder früheren Zeit noch Ablagerungen vorhanden sind. Die Altersbestimmung der oben erwähnten Autoren basierten vor allem auf der Höhenlage der einzelnen Komplexe. Da wir uns aber im intramoränen Bereich befinden, darf die Höhenlage nicht überbewertet werden. Die übrigen Kriterien, die angewendet wurden; die Verwitterung und die Verfestigung, sind nicht nur zeitabhängig. Die Art der Einbettung spielt hier sicher auch eine entscheidende Rolle.

Der grössten Eiszeit wurden von den oben genannten Autoren die Plateauschotter im Gebiet Fraubrunnen-Bätterkinden, Hindelbank, Jegenstorf sowie die etwas ausserhalb des Untersuchungsgebietes liegenden Rinnenschotter von Krauchthal zugeordnet.

Dass wir, wie oben gesagt, keine risseiszeitlichen Ablagerungen finden können, dürfte nicht nur durch die starke Erosion bedingt sein, die jeder Gletscher im Mittelland entwickelte (GASSER, NABHOLZ 1969), sondern ist nach A. HEIM (1919) auch folgender Tatsache zu verdanken: Die herausragenden Kämme in den Alpen waren weniger tief entblösst als in der Würmeiszeit, daraus folgt eine geringere Schuttzufuhr aus den Alpen.

Sicher griff in der Risseiszeit die Erosion sehr stark an. Es bildeten sich verschiedene Entwässerungsrinnen (z.B. Aarerinne durch Urtenental?), die dann in der letzten Eiszeit zum Teil wieder reaktiviert wurden. Ob alle in der Würmeiszeit benützten Rinnen bereits in der Riss- oder in früheren Eiszeiten vorgezeichnet wurden, scheint zum Teil wahrscheinlich, kann aber nicht bewiesen werden.

Riss-Würm-Interglazial

Zu dieser Zeit floss die Emme links des Schlossfelsens von Burgdorf vorbei in Richtung Rüdtligen (vgl. 1.4.3.1.). Unter der Gsteig-Moräne von Burgdorf finden sich ältere Emmeschotter (q3s-4s) aus dem letzten Interglazial. Wie weit diese Schotter oberhalb und unterhalb von Burgdorf noch anzutreffen sind, ist schwierig zu sagen, da sie die gleiche Lithologie wie die postglazialen Emmeschotter aufweisen. Sicher angetroffen wurden die älteren Emmeschotter noch in der Bohrung 609.214/6 (609.450/214.395) (vgl. 1.4.2.1.).

Würm-Eiszeit

Bei seinen Untersuchungen im Aaretal südlich von Bern konnte SCHLUECHTER (1976) die Würm-Eiszeit zweiteilen: Würm I und Würm II (vgl. 1.3.1.). Da der Würm I-Vorstoss nicht über die Gegend der heutigen Stadt Bern hinaus gelangte, und wir im Unteren Emmental nur einen würmeiszeitlichen Gletschervorstoss nachweisen konnten, muss es sich hierbei um den Würm II-Vorstoss handeln.

1. Phase von Würm II
Die Plateauschotter, wie bereits erwähnt von früheren Autoren in die Risseiszeit gestellt, liegen immer direkt auf der Molasse. Im Liegenden dieser Schotter konnte nirgends eine Verknüpfung mit einer Moräne festgestellt werden. Das ist mit ein Grund, warum wir diese Schotter als Vorstossschotter betrachten.

Beim ersten Vorstoss des Würmgletschers in unser Gebiet, wurde der grösste Teil des Untersuchungsgebietes aufgeschottert. Diese bis zu 25 m mächtigen Schotter weisen die charakteristischen Merkmale eines Vorstossschotters auf:

- Generelle Korngrössenzunahme von der Basis zum Dach (Näherrücken des Gletschers)
- zum Teil Ausbildung einer Basisgroblage
- die lithologische Kontinuität im Dach des Schotterkörpers in die hangende Grundmoräne.

Der Gletscher gelangte mit seinem SE-Rand bis auf die Linie Krauchthal-Burgdorf-Wynigen. Bei Burgdorf versperrten Eis und Schutt den Talausgang. So kam es oberhalb Burgdorf zur Ausbildung von "Stauschottern" und Stauletten.

Die Endmoränen dieses Gletschervorstosses sind bei Wangen a. d. A. zu finden. Nach diesem länger dauernden Stadium zog sich der Gletscher aus unserem Gebiet zurück und hinterliess eine Grundmoränendecke. Wie weit sich der Gletscher zurückzog, könnte nicht genau festgestellt werden. Grössenordnungsmässig dürfte er sich bis in den Raum Schönbühl-Urtenen zurückgezogen haben. In diesem Interstadial wurden die Rinnen Bütikofentäli-Ersigen-Willadingen und Limpachtal-Willadingen gebildet und anschliessend mit feinkörnigen Ablagerungen (Tone, Silte und Sande) aufgefüllt. Ebenfalls in dieser Zeit kam es zur Auswaschung der Grundmoränendecke, die vom Wangener Vorstoss stammt. Das Relikt dieser Moräne findet sich als Blocklage an der Basis der Vorstossschotter des Bannwiler Vorstosses. Diese eisfreie, interstadiale Phase wird durch Sand- und Siltbänke markiert, die im Hangenden der Blocklage zu finden sind.

2. Phase von Würm II
Es finden sich keine Anzeichen (Bodenbildung, Verwitterungshorizonte), dass dieses Interstadial länger gedauert hat. Der Gletscher stiess aus dem Raume Schönbühl-Urtenen noch einmal vor und schotterte das Untere Emmental wiederum zum grossen Teil auf. Die Mächtigkeit dieser Vorstossschotter, die über der Blocklage liegen und den oberen Teil der früheren Plateauschotter bilden, ist sehr unterschiedlich, sie kann über zehn Meter betragen. Wie weit die nachträgliche Erosion zum heutigen Mächtigkeitsbild dieser Vorstossschotter beitrug, kann nicht genau gesagt werden.

Der Gletscher gelangte bei diesem zweiten Vorstoss zwei bis drei Kilometer über seine Endmoränen bei Wangen a. d. A. hinaus. Dieser Vorstoss, den wir als Bannwiler Vorstoss bezeichnen, war aber nur von kurzer Dauer, da eigentliche Moränenwälle fehlen. Bei seinem endgültigen Rückzug hinterliess der Gletscher eine drei bis fünf Meter mächtige Grundmoräne.

Postglazial

Nach dem Rückzug der Gletscher vertiefte die Emme, die jetzt zwischen dem Burgdorfer Schlossfelsen und den Gisnauflühen direkt Richtung Kirchberg floss, ihr Bett weiter. Das tiefste Emmeniveau zwischen Schlossfelsen und Gisnauflühen lag in ca. 500 m ü.M. (heutiger Talboden auf Kote 530). Anschliessend begann die Emme das Untere Emmental aufzuschottern und ihr Gefälle auszugleichen. Sie transportierte Moränenmaterial, Schotter und Letten aus dem Raume Burgdorf-Hasle ins Untere Emmental (also zunächst vorwiegend Aarematerial). Diese Umlagerung von Aarematerial kurz nach dem Rückzug des Gletschers, ist auch der Grund, dass in sämtlichen Bohrungen, auch östlich der Emme, gegen das Liegende zu der Anteil an Kalken, Flyschen und Sandsteinen zunimmt. Nach und nach wurde dann vermehrt Material aus der Nagelfluh transportiert, so dass wir heute in den oberen Partien der Bohrungen des Unteren Emmentals vorwiegend das Emmespektrum in den Schottern vorfinden. Das heisst also, dass der Anteil an Quarziten, Gangquarzen und Hornsteinen vom Liegenden zum Hangenden im Gebiet des Unteren Emmentales zunimmt.

Durch die starke Rückwärtserosion von Burgdorf aus Emmental-aufwärts, fand ein Gefälleausgleich zwischen Oberlauf und Unterlauf statt. Die Emme füllte ihr Bett, das zwischen Burgdorf und Kirchberg kurz nach dem Gletscherrückzug zum grössten Teil in der Molasse verlief, mit Schottern auf. So verläuft die Emme heute bis zu 30 m über ihrem tiefsten Niveau, das sie kurz nach der Würmvereisung erreicht hatte.

Holocaen

Ueber den Schottern der Emmeebene im Unteren Emmental liegt meistens eine 0,5-1,5 m mächtige Lehmschicht, die auf grosse Ueberschwemmungen zurückzuführen ist. Diese Ueberschwemmungen erwiesen sich als grosse Landplage. So wurde die Emme Ende des 19. Jahrh. korrigiert, tiefer gelegt und es wurden beidseits Dämme aufgeschüttet (vgl. 1.4.4.1.). Viele Moose wurden entsumpft (Fraubrunnenmoss, Koppigen, Ersigen, Burgdorf usw.) und urbar gemacht.

Durch das Schliessen von vielen Kies- und Lehmgruben, auch in jüngster Zeit (Ersigen, Büren zum Hof, Fraubrunnen), nimmt die Aufschlussdichte stark ab, was zukünftige Untersuchungen stark erschweren wird.

1.6. Regionaler Korrelationsversuch im Raume Bern-Biel-Wangen a. d. A.

Bereits im Kapitel 1.2. (bisherige Untersuchungen) haben wir uns nicht nur auf unser eigentliches Untersuchungsgebiet, das Untere Emmental beschränkt, sondern wir haben auch die Literatur des Raumes Bern-Biel-Solothurn-Herzogenbuchsee-Burgdorf berücksichtigt.

Nachem nun die Untersuchungen abgeschlossen und wir teilweise zu einer neuen chronostratigraphischen Gliederung gelangt sind, versuchen wir Rückschlüsse auf den oben genannten Raum zu ziehen. Um diesen Korrelationsversuch möglichst übersichtlich zu gestalten, besprechen wir die in Tabelle III,1 zusammengestell-

ten Schotterkomplexe einzeln und zwar in der Reihenfolge ihrer bisherigen Alterszuweisung; wir beginnen mit dem ältesten Komplex.

Plateauschotter

In der Literatur werden diese Schotter auf den Molasseanhöhen (Forst, Frienisberg, Hindelbank, Fraubrunnen-Bätterkinden) auf folgende Weise beschrieben: Es handelt sich um einen vorwiegend aus Aarematerial bestehenden Komplex, der direkt auf der Molasse lagert und von einer Moräne überlagert wird.

In unserem Gebiet betrachten wir die Plateauschotter als Würm II-Vorstossschotter. Frühere Autoren beurteilten das Alter von Schotterkomplexen vorwiegend nach folgenden Kriterien (mit Hilfe deren sie zu einer oft anderen Altersein-stufung gelangten):

- Höhenlage
- Verkittung
- Verwitterung
- Verbindung gleich alter Schotterkomplexe sollte ungefähr dem Gefälle heutiger Flüsse entsprechen.

Im intramoränen Bereich sind das erste und vierte Kriterium von untergeordneter Bedeutung. Bei den beiden übrigen Kriterien dürfte die Art der Einbettung, die vom Klima abhängt (Temperatur sowie Niederschlagsmenge und -verteilung), mindestens so wichtig sein wie das Alter.

Nach unserer Ansicht wurden die Plateauschotter zu Beginn des zweiten Vorstosses der letzten Eiszeit geschüttet, als der Aaregletscher den untersuchten Raum bereits erreicht hatte, der Rhonegletscher aber noch nicht. Das ist auch der Grund, warum die Plateauschotter vorwiegend aus Aarematerial bestehen. Zudem lag zu Beginn der Eiszeit die Molasseoberfläche noch wesentlich höher als heute (die Würm II-Vergletscherung hatte ihre erosiven Spuren noch nicht gelegt). Daher sind diese Schotter auch auf den Molasseanhöhen zu finden. Ein Teil dieser Plateauschotter ist sicher schon beim ersten, nur bis Bern reichenden Gletschervorstoss abgelagert worden.

Karlsruheschotter

Nach unserer Auffassung sind die Karlsruheschotter altersgleich mit den älteren Seelandschotter. M. WELTEN (in H. LUETHI, A. MATTER und W. NABHOLZ 1963) untersuchte ein Pollenprofil bei der Neubrügg nördlich Bern, das die Basis der Karlsruheschotter und eine tonige Sandlage in ihrem Liegenden umfasst. Nur letztere "kann mit einiger Zurückhaltung als Zeit- und Klimamarke verwendet werden, da sie wohl einem Altwasser entstammt und die Pollen der damaligen Zeit gut eingebettet enthält. Der Polleninhalt zeugt von einem fichtenreichen und buchenführenden Weisstannenwald, der für ein kühlmontanes Klima spricht. Die Anwesenheit der Buche spricht gegen die Annahme, dass der Komplex einem Interstadial entstamme. Daher kommt zeitlich spätestens ein Endstadium des Eem-Interglazials in Frage". Hierfür spricht auch die ^{14}C-Altersdatierung eines Holzfundes aus demselben Sandkomplex, die ein höheres Alter als 40'000 Jahre ergab.

Die Blocklage in der Basis der Karlruheschotter (Kalke, Gneise, Granite, Sandsteine, Nagelfluh usw.), welche die oben besprochene tonige Sandlage diskordant überlagert, betrachten wir als Relikt der Grundmoräne des Würm II-Aaregletschervorstosses. Die Karlsruheschotter wurden anschliessend vom vorrückenden Rhonegletscher geschüttet. Für diese Annahme spricht die Geröllpetrographie der Karlsruheschotter, über die E. GERBER (1954) folgendes schreibt: "Bemerkenswert ist die Herkunft der Gerölle, nämlich aus dem Anstehenden und aus dem Erratikum des Kantons Freiburg: Es dominieren Flyschsandsteine, Kieselkalke und alle Steinsorten aus der bunten Nagelfluh; Beiträge aus dem Aarmassiv sind sehr fraglich, aus dem Wallis häufig." Wir stellen uns dabei vor, dass die Diskordanz im Liegenden der Blocklage einem grösseren Zeitintervall entsprechen könnte. Es spricht nichts dagegen, die tonige Sandlage im Liegenden mit ihrem Polleninhalt in die beginnende Würm I-Zeit zu stellen; in den noch tieferen Ablagerungen des Profils bei der Neubrügg kommt ein echter Grundmoränenlehm mit polierten und gekritzten Geröllen, der am ehesten einem risseiszeitlichen Vorstoss zuzuordnen ist.

Nach diesen Untersuchungen zählen wir die Karlsruheschotter ebenfalls zu den letzteiszeitlichen Vorstossschottern (Würm II).

Aeltere Seelandschotter

Im Unterschied zu den Plateauschottern weisen die älteren Seelandschotter eine Mischung von Aare- und Rhonematerial auf und sind meist etwas tiefer gelegen. Sie liegen aber ebenfalls direkt auf der Molasse und sind von einer Moräne überlagert. Da die älteren Seelandschotter vor allem beidseits des grossen Mooses und beidseits des Aaretales unterhalb Biel vorkommen, also im Vergletscherungsgebiet des Rhonegletschers, ist ihr grosser Gehalt an Geröllen aus dem Wallis keine Ueberraschung.

Die Bildung dieser Schotter dürfte zeitlich mit dem erstmaligen Erscheinen des würmeiszeitlichen Rhonegletschers in diesem Gebiet zusammenfallen. Im Vergleich zu den Plateauschottern sind sie etwas jünger (daher etwas tiefer gelegen), da ja der Aaregletscher früher den Raum Bern-Biel-Wangen a. d. A. erreichte, aber die älteren Seelandschotter sind ebenfalls als Vorstossschotter des zweiten Vorstosses der letzten Eiszeit zu betrachten. Gleich alt wie die älteren Seelandschotter sind die oberen Münsingen-Schotter im Aaretal südlich Bern (SCHLUECHTER 1976).

Jüngere Seelandschotter

Die jüngeren Seelandschotter sind zeitlich den postglazialen Emmeschottern gleichzusetzen, das heisst ihre Bildung fällt in die spät- bis postglaziale Zeit. Beide oben genannten Ablagerungen finden sich in den Talebenen und werden von keiner Moräne bedeckt.

LITERATURVERZEICHNIS "GEOLOGIE DES QUARTAERS"

ADAM,K.D.(196o): Das Mammut aus dem Grabental bei Münsingen. Eclogae geol. Helv. 53/2: 481-491.

AEBERHARD,B.(19o7): Note préliminaire sur les terrasses d'alluvions de la Suisse occidentale. Eclogae geol. Helv. X/1: 15-28.

- (1911): Sur l'âge de la basse terrasse. Verh. schweiz. natf. Ges. 93/1.

ANTENEN,F.(19o1): Die Vereisung der Emmenthäler. Diss. Uni Bern.

- (191o): Mitteilungen über Talbildung und eiszeitliche Ablagerungen in den Emmentälern. Eclogae geol. Helv. 11: 78-96.

- (1914): Beitrag zur Quartärforschung des Seelandes. Eclogae geol. Helv. 8/2: 183-232.

- (1934): Geologie des Seelandes. Verlag Heimatkundekomm. Biel.

BACHMANN,J.(1882): Ueber die Grenzen des Rhonegletschers im Emmenthal. Mitt. natf. Ges. Bern: 6-16.

BALTZER,A.(1896): Der diluviale Aar- und Rhonegletscher. Zeitschr. der deutschen geol. Ges. Jg. 1896: 652-664.

- (1896): Der diluviale Aaregletscher und seine Ablagerungen in der Gegend von Bern mit Berücksichtigung des Rhonegletschers. Beitr. Geol. K.d.S. 3o. Lieferung.

- (1899): Beiträge zur Kenntnis schweizerischer diluvialer Gletschergebiete. Mitt. natf. Ges. Bern 1899: 54-64.

BAUMBERGER,E.(191o): Die glaziale Landschaft zwischen Emme und Oenz. Mitt. natf. Ges. Bern: 199-2o9.

BECK,H.(1957): Glazialmorphologische Untersuchungen in der Gegend von Solothurn. Diss. Uni Freiburg.

BECK,P.(1926): Eine Karte der letzten Vergletscherung der Schweizer Alpen, 1:53o ooo. Mitt. natw. Ges. Thun 3o/1 (Kümmerli und Frey).

- (1933): Ueber das schweizerische und europäische Pliocaen und Pleistocaen. Eclogae geol. Helv. 26/2: 335-437.

- (1954): Regionale Grundlagen für die Gliederung des alpinen Quartärs. Eclogae geol. Helv. 47/2: 369-373.

- & RUTSCH,R.F.(1958): Geologischer Atlas der Schweiz, 1:25 ooo: Münsingen-Konolfingen-Gerzensee-Heimberg. Schw. Geol. Komm.

BEHRENS,H.(1977): Zur Stereometrie von Geröllen. Mitt. aus dem geol.-paläont. Inst. d. Uni Hamburg Heft 47: 1-124.

BINGGELI,V.(1971): Bannwiler Block und Langenthaler Schwankung. Jahrbuch Oberaargau: 213-215.

BLAU,R.V. & DELLA VALLE,G.(197o): Die hydrogeologische Karte des Kantons Bern. Eclogae geol. Helv. 63/2: 447-457.

BLOCH,T.(1972): Beiträge zur Hydrologie des unteren Emmentals. Solothurn (Gassmann).

BLUMER,E.M.(1976): Geologie und Hydrogeologie des Sensetales zwischen Thörishaus und Laupen. Diss. Uni Bern.

BRüCKNER,E.(1887): Die Eiszeit in den Alpen. Mitt. d. Geogr. Ges. Hamburg: 1-14.

BRUNNER,B.(1968): Beiträge zum Grundwasserhaushalt im solothurnischen Wasseramt. Solothurn (Gassmann).

BUXTORF,A.(1951): Geologische Generalkarte der Schweiz 1:2oo ooo Blatt 2 Bern-Basel. Schw. Geol. Komm.

CAILLEUX,A.(1947): L'indice d'émoussé définition et première application. C.R. Soc. Géol. France 1o: 25o-252.

FLINT,R.F.(1971): Glacial and quarternary Geology. John Wiley.

FORRER,J.(1949): Bericht über die Durchführung der Gesamtmelioration der Gemeinden Ersigen, Oberösch und Niederösch 1941-1948. Belp (Jordi).

FRENZEL,B.(1972): Vegetationsgeschichte der Alpen. Stuttgart (Fischer).

- (1976): Quarternary Glaciations in the Northern Hemisphere. Führer zur Exkursionstagung des IGCP-Projektes 73/1/24.

FREY,H.(191o): Das Emmental. Diss. Uni Bern.

FREY,O.(19o7): Talbildung und glaziale Ablagerungen zwischen Emme und Reuss. Diss. Uni Zürich.

FREI,R.(1912): Monographie des Schweizerischen Deckenschotters. Beitrag Geol. K.d.S. Neue Folge 37. Lieferung: 1-182.

- (1912): Ueber die Ausbreitung der Diluvialgletscher in der Schweiz. Beitrag Geol. K.d.S. Neue Folge 41. Lieferung: 41-6o.

FURRER,H.(1948): Das Quartär zwischen Solothurn und Wangen a.d.A. Eclogae geol. Helv. 41/2: 269-284.

- (1949): Sondierbohrungen von Luterbach. Schw. Bauzeitung 67.Jg.: 111-116.

GASSER,U. & NABHOLZ,W.K. & MATTER,A.(1964): Sedimentologie eines temporären Aufschlusses von "Altmoräne" unter der Monbijoubrücke in Bern. Mitt. natf. Ges. Bern Neue Folge 21.Band: 1oo-112.

GASSER,U. & NABHOLZ,W.K.(1969): Zur Sedimentologie der Sandfraktion im Pleistocaen des schweizerischen Mittellandes. Eclogae geol. Helv. 62/2: 467-516.

GEIGER,E.(1948): Untersuchungen über den Geröllbestand im Rheingletschergebiet. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 28/1.

GEOLOGISCHES LANDESAMT Nordrhein-Westfalen (1978): Das Rheinische Schiefergebirge und die Niederrhein-Bucht im Jungtertiär und Quartär. Fortschritte in der Geologie von Rheinland und Westfalen Band 28.

GEOTECHNISCHE KOMMISSION (19o7): Die schweizerischen Tonlager. Geotechn. Serie IV. Lieferung.

GERBER,ED.(1915): Ueber ältere Aaretal-Schotter zwischen Spiez und Bern. Mitt. natf. Ges. Bern: 1-38.

- (1941): Ueber Höhenschotter zwischen Emmental und Aaretal. Eclogae geol. Helv. 34/1: 1-16.

- (1948): Findlinge. Berner Heimatbücher Nr. 12.

- (1928-195o): Feldbücher zur Kartierung zu Blatt Burgdorf. Unveröffentlicht. Naturh. Museum Bern.

- (195o): Geologischer Atlas der Schweiz, 1:25 ooo. Blatt 22: Fraubrunnen-Wynigen-Hindelbank-Burgdorf. Schw. Geol. Komm.

- (1954): Ueber die Säugetierreste aus den Karlsruheschotter bei Bern. Eclogae geol. Helv. 46/2: 298-3oo.

- (1955): Ergebnisse glazialgeologischer Studien nordöstlich von Bern. Mitt. natf. Ges. Bern Neue Folge 12.

GERBER,M.ED.(1978): Geologische Untersuchungen des Gebietes südlich Herzogenbuchsee. Lizentiatsarbeit Uni Bern. Unveröffentlicht.

- (1978): Zur Geologie der Buchsiberge. Jahrbuch Oberaargau: 65-9o.

GERMAN,R.(1973): Sedimente und Formen der glazialen Serie. Eiszeitalter und Gegenwart 23/24: 5-15.

GRAUL,H.(1962): Geomorphologische Studien zum Jungquartär des nördlichen Alpenvorlandes. Teil 1: Das Schweizer Mittelland. Heidelberger geogr. Arbeiten Heft 9.

GRIPP,K.(1974): Untermoräne - Grundmoräne - Grundmoränenlandschaft. Eiszeitalter und Gegenwart 25: 5-9.

GROSJEAN,G.(196o): Kantonaler Karten- und Plankatalog Bern. Staatl. Lehrmittelverlag Bern.

GROSS,H.(1957): Die geologische Gliederung und Chronologie des Jungpleistocaens in Mitteleuropa und den angrenzenden Gebieten. Hugo Obermeier-Gesellschaft 9. Band: 3-39.

GUBLER,E.(1976): Beitrag des Landesnivellements zur Bestimmung vertikaler Krustenbewegungen in der Gotthard-Region. SMPM 56/3: 675-678.

HALDIMANN,P.(1978): Quartärgeologische Entwicklung des mittleren Glattals. Eclogae geol. Helv. 71/2: 347-355.

HANTKE,R.(1959): Zur Altersfrage der Mittelterrassenschotter. Natf. Ges. Zürich Jg. 1o4/1: 1-47.

- (1968): Erdgeschichtliche Gliederung des mittleren und jüngeren Eiszeitalter im zentralen Mittelland. Ur- und frühgeschichtliche Archäologie der Schweiz Band 1: 1-26.

HANTKE,R.(197o): Geschichte der Landschaft Band II: Die jüngere Steinzeit. Mitt. aus dem Geol. Inst. der ETH und der Uni Zürich Neue Folge Nr. 116: 5-16.

- (1978): Eiszeitalter Band I. Thun (Ott).

HEIM,A.(1919): Geologie der Schweiz 1. Band. Tauchnitz (Leipzig).

HUG,J.(1918): Die Grundwasservorkommnisse der Schweiz. Annalen der schw. Landeshydrographie.

JäCKLI,H.(1962): Die Vergletscherung der Schweiz im Würmmaximum. Eclogae geol. Helv. 55/2: 285-294.

- (1967): Die hydrogeologische Karte der Schweiz. Eclogae geol. Helv. 60/2: 589-6o2.

- (1976): Die Grundwasserverhältnisse im Solothurnischen Wasseramt. Unveröffentlicht.

JAYET,A.(1957): Les faunes malacologiques du Néolithique d'Auvernier. Eclogae geol. Helv. 5o/2: 541-544.

- (1958): Remarques sur la composition, la structure, les déformations mécaniques glaciaires pléistocènes et actuelles. Eclogae geol. Helv. 58/2: 341-354.

- (1966): Résumé de Géologie glaciaire régionale. Genève (G.Chapuis).

KANTONALES BAUAMT (1976): Autobahn Bern-Biel. Strasse und Verkehr Nr. 4/1976.

KANZ,W.(1977): Das Talgrundwasser des Maintals im Grenzbereich Muschelkalk-Bundsandstein. Hydrologie und Beschaffenheit. Diss. Uni Tübingen.

LEDERMANN,H.(1978): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 ooo Blatt 72: Solothurn. Schw. Geol. Komm.

LIECHTI,W.(1928): Geologische Untersuchung der Molassenagelfluhregion zwischen Emme und Ilfis. Beitrag geol K.d.S. Neue Folge 61.

LüDI,W.(193o): Pflanzenleben im bernischen Unteremmental. Heimatbücher Amt Burgdorf Band I: 41-67.

LüTHI,H. & MATTER,A. & NABHOLZ,W.K.(1963): Sedimentologische Untersuchung eines temporären Quartäraufschlusses bei der Neubrügg nördlich Bern. Eclogae geol. Helv. 56/1: 119-145.

LüTTIG,G.(1964): Prinzipielles zur Quartärstratigraphie. Geologisches Jahrbuch 82: 177-2o2.

MADSEN,V.(1928): Uebersicht über die Geologie von Dänemark. Danmarks Geologiska Undersogelse V. Raecke Nr. 4.

MATTER,A.(1964): Sedimentologische Untersuchungen im östlichen Napfgebiet. Eclogae geol. Helv. 57/2: 315-428.

MOLLET,H.(1945): Moränenlandschaft Koppigen. Eclogae geol. Helv. 38/2: 389-394.

MORLOT,A.(1855): Ueber die Diluvial- und Gletschergebilde zwischen Solothurn, Burgdorf und Langenthal. Mitt. natf. Ges. Bern: 25-28.

NUSSBAUM,F.(19o7): Ueber die Schotter im Seeland. Mitt. natf. Ges. Bern: 169-197.

- (191o): Das Endmoränengebiet des Rhonegletschers von Wangen a.d.A. Mitt. natf. Ges. Bern: 141-168.
- (1912): Die Landschaften des Bernischen Mittellandes. Bern (Wyss).
- & AEBERHARDT,B.(1912): Bericht über die Exkursion der SGG in die diluvialen Schottergebiete der Aare und der Emme. Eclogae geol. Helv. XI: 789-799.
- (1916): Bern und Umgebung. Bern (Stampfli).
- (192o-1922): Ueber den Nachweis von jüngeren Deckenschotter im Mittelland nördlich von Bern. Eclogae geol. Helv. 16: 1o2-1o6.
- (192o-1922): Ueber das Vorkommen von Drumlin in den Moränengebieten des diluvialen Rhone- und Aaregletschers im Kanton Bern. Eclogae geol. Helv. 16: 1o7.
- (1922): Das Moränengebiet des diluvialen Aaregletschers zwischen Thun und Bern. Mitt. natf. Ges. Bern: 42-82.
- (1925): Geographischer Ueberblick über den Amtsbezirk Fraubrunnen. In "Das Amt Fraubrunnen": 1-26.
- (1925): Ueber Ungleichheiten der Gletschererosion im schweizerischen Mittelland und in den Alpen. Eclogae geol. Helv. 19/1: 147-151.
- (1927): Das Moosseetal. Mitt. natf. Ges. Bern: 122-169.
- (193o): Geographie des Amtes Burgdorf. Heimatbücher Amt Burgdorf Band I: 1-4o.
- (1951): Zur Kenntnis der Eiszeitbildungen der Umgebung von Solothurn. Mitt. natf. Ges. Solothurn 16.

PAVONI,M. & MAYER-ROSA,D.(1978): Seismotektonische Karte der Schweiz 1:75o ooo. Eclogae geol. Helv. 71/2: 293-296.

PENCK,A. & BRüCKNER,E.(1894): Le Système glaciaire des Alpes. Neuchâtel (Wolfrath).

- (19o9): Die Alpen im Eiszeitalter (3 Bände). Leipzig (Tauchnitz).

PORTMANN,J.P.(1954): Pétrographie des moraines du glacier wurmien du Rhône dans la région des lacs subjurassiens (Suisse). Soc. Neuch. de Géogr. 51, fasc. 5: 13-55.

- (1956): Pétrographie des Formations glaciaires. Geologische Rundschau 45/2: 1-49.
- (1957): Les méthodes d'étude petrographique des dépots glaciaires. Geologische Rundschau 45: 411-454.
- (1966): Pétrographie des formations glaciaires à l'est du lac de Bienne (Suisse). Eclogae geol. Helv. 59/2: 698-721.

POSER,H. & HöVERMANN,J.(1952): Beiträge zur morphometrischen und morphologischen Schotteranalyse. Abh. Braunschw. Wiss. Ges. Band IV.

READING,H.G.(1978): Sedimentary Environments and Facies. London (Blackwell).

REINECK,H.E. & SINGH,I.B.(1975): Depositional Sedimentary Environments. Berlin (Springer).

RUCHINA,E.(1959): Lithologische Eigenschaften der Endmoränen. Eclogae geol. Helv. 51/3: 586-59o.

RüTIMEYER,L.(1869): Thal- und Seebildung. Basel (Schultze).

RUTTE,E.(1977): Bemerkungen zur Formation Quartär. Bericht natf. Ges. Freiburg i.Br. 67: 287-296.

RUTSCH,R.F.(1971): Die geologische Geschichte der Umgebung von Krauchthal. Heimatbuch Krauchthal/Thorberg 1971.

- (1973): Hydrogeologie Urtenental. Grundlagenzusammenstellung im Auftrag des WEA.

SCHINDLER,C. & RöTHLISBERGER,H. & GYGER,M.(1978): Glaziale Stauchungen in den Niederterrassenschotter des Aadorfer-Feldes und ihre Deutung. Eclogae geol. Helv. 71/1: 159-174.

SCHLüCHTER,Ch.(1975): Geologische Untersuchungen im Quartär südlich von Bern. Beitrag geol. K.d.S. Neue Folge 148.

- (1975): Schotterpetrologie und deren relativ-stratigraphische Anwendbarkeit im Aaretal südlich von Bern. Eiszeitalter und Gegenwart Band 76: 74-81.

- (1979): Moraines and Varves. Rotterdam (A.A. Balkema).

SCHNITZER,W.A. & BRUNNACKER,K.(1978): Neue Arbeitsmethoden der Quartär-Geologie. Eiszeitalter und Gegenwart 28: 211-217.

SöFNER,R.(194o): Die Lyditgerölle in Nordwestfalen. N.Jb.f. Min. etc Band 75.

SOMMERHALDER,E.R.(1968): Glazialmorphologische Detailuntersuchungen im hochwürm-eiszeitlich vergletscherten unteren Glattal (Kt. Zürich). Diss. Uni Zürich.

STAUB,W.(1928): Neuere Arbeiten über den Aufbau des schweizerischen Mittellandes und die Vorgeschichte seiner Flussläufe. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde: 331-335.

- (1938): Die Molasse im Berner Seeland und ihre Durchtalung. Mitt. natf. Ges. Bern: 16-38.

- (1941): Aufbau und Oberflächengestaltung des Berner Seelandes und seine Nachbargebiete. Die Alpen Heft 1o: 1-7.

SUDGEN,D.E. & JOHN,B.S.(1976): Glaciers and Landscape. London (Edward Arnold).

SCHWEIZERISCHE GEOLOGISCHE KOMMISSION (1973): Arbeitsgruppe für stratigraphische Terminologie: Empfehlungen zur Handhabung der stratigraphischen, insbesondere lithostratigraphischen Nomenklatur in der Schweiz. Eclogae geol. Helv. 66/2: 479-492.

THALMANN,H.(1924): Arctomysreste aus der Umgebung von Burgdorf. Mitt. natf. Ges. Bern: XVI-XX.

TSCHUMI,R.(1971): Solothurn, Hydrologie einer Stadt. Solothurn (Gassmann).

DELLA VALLE,G.(1965): Geologische Untersuchungen in der miocaenen Molasse des Blasenfluhgebietes. Mitt. natf. Ges. Bern Neue Folge Band 22.

W E A (1971): Siedlungswissenschaftliche Planung des Kt. Bern: Hydrogeologie Emmental. Zwischenbericht 1971.

W E A (1975): Siedlungswissenschaftliche Planung des Kt. Bern: Hydrogeologie Emmental: Teil I: Oberes Emmental.

W E A (1976): Siedlungswissenschaftliche Planung des Kt. Bern: Hydrogeologie Seeland (Ausgef. vom Büro Kellerhals und Tröhler).

W E A (1976): Siedlungswissenschaftliche Planung des Kt. Bern: Hydrogeologie Emmental: Teil II: Mittleres Emmental.

W E A (1978): Siedlungswissenschaftliche Planung des Kt. Bern: Hydrogeologie Emmental: Teil III: Unteres Emmental: Zwischenbericht.

WELTEN,M.(1955): Pollenanalytische Untersuchungen über die neolithischen Siedlungsverhältnisse am Burgäschisee. In "Pfahlbauprobleme", Basel.

- (1979): Eis, Wasser und Mensch haben das Aaretal verändert. Mitt. natf. Ges. Bern 36. Band: 17-4o.

WENTWORTH,Ch.(1936): An Analysis of the Shape of Glacial Cobbles. Journal of Sedimentary Petrology, vol. 6 pag. 85.

WOLSTEDT,P.(1954): Das Eiszeitalter Band 1. Stuttgart (Enke).

- (1958): Das Eiszeitalter Band 2. Stuttgart (Enke).

- (1969): Handbuch der Stratigraphischen Geologie. Band II: Quartär. Stuttgart (Enke).

WRIGHT,A.E. & MOSELEY,F.(1974): Ice Ages: Ancient and Modern. London (Seel house Press).

WYSSLING,L. & G.(1978): Interglaziale See-Ablagerungen in einer Bohrung bei Uster. Eclogae geol. Helv. 71/2: 357-375.

ZEUNER,F.(1933): Die Schotteranalyse. Geologische Rundschau 24: 65-1o4.

ZIMMERMANN,H.W.(1959): Sedimentologische Untersuchungsmethoden für die Geomorphologie. Liz. Uni Zürich (unveröffentlicht).

- (1961): Die Eiszeit im westlichen zentralen Mittelland (Schweiz). Mitt. natf. Ges. Solothurn Heft 21 (1963).

- (1969): Zur Landschaftsgeschichte des Oberaargaus. Jahrbuch Oberaargau Jg. 11: 25-55.

ZINGG,Th.(1935): Beitrag zur Schotteranalyse. SMPM 15: 39-14o.

VERZEICHNIS DER VERWENDETEN GUTACHTEN "GEOLOGIE DES QUARTAERS"

ACKERMANN,H.(1965): Kiesprospektion Kernenried, Terrain Schär, Parzelle Nr. 132. Auftr.: Gemeinde Kernenried.

AG FüR GRUNDWASSERBAUTEN (1948): Kraftwerkanlage am Emmekanal Werk I. Auftr.: Von Roll.

AUTOBAHNAMT (1961): Bericht über die geotechnische Voruntersuchung der Teilstrecke Mattstetten-Rüdtligen-Koppigen.

CSD AG (197o): Sammelkanal ARA Region Fraubrunnen. Grundwasserverhältnisse und Grundwasserabsenkung (Vorbericht). Auftr.: Gemeindeverband Burgdorf.

- (1974): Siloneubau in Bätterkinden. Bericht über die Baugrunduntersuchung. Auftr.: LG Bätterkinden.

DICHT AG (1968): Eisenbahnbrücke über die Emme bei Aefligen. Auftr.: EBT.

EICHENBERGER,U.(1966): Schulhaus Koppigen. Auftr.: Gemeinde Koppigen.

EICHENBERGER UND MARKWALDER (1965): Rotationskernbohrung im Schönebueli. Auftr.: Gemeinde Burgdorf.

EMCH & BERGER (1958): Wasserversorgung Grenchen. Grundwasserfassung in Obergerlafingen-Recherswil. Auftr.: Gas- und Wasserwerk Grenchen.

- (1967): Grundwasserfassung. Auftr.: Papierfabrik Utzenstorf.

FEHLMANN AG (1968): Filterbrunnen für die Sand- und Kiesaufbereitung Werk Rumendingen. Auftr.: Firma Sollberger.

- (1969): Kleinfilterbrunnen Schulhausneubau Rüdtligen-Aefligen. Auftr.: Arch. Wiedmer und Joss.

- (1971): Grundwasserfassung Wilerwald. Auftr.: Papierfabrik Biberist.

- (1974): Empfangsanlage Murain, Kirchberg. Auftr.: Direktion Eidg. Bauten.

- (1977): Bätterkinden "Im Schache": Filterbrunnen für Wärmepumpe. Auftr.: Architektengemeinschaft Gruppe 4 Bern.

FISCH,W.(1961): Kiesterrain Gebrüder Ursenbacher. Bericht über die geologischen Sondierungen. Auftr.: Tiefbauamt Kt. Bern.

- (1961): Moränenhügel Murain Ersigen: Bericht über die geoelektrischen Sondierungen. Auftr.: Tiefbauamt Kt. Bern.

- (1961): Moränenhügel Furtrain, Ersigen: Geoelektrische Sondierungen. Auftr.: Tiefbauamt Kt. Bern.

- (1978): Geoelektrik: Profil Tschamerii. Auftr.: Nationalfond.

GEOTECHNISCHES INSTITUT (1965): Abwassersanierung. Voruntersuchung über die Baugrundverhältnisse. Auftr.: Gemeinde Utzenstorf, Bätterkinden, Wiler.

GEOTEST AG (1968): Seismische Sondierungen AZUE Umfahrung Burgdorf. Auftr.: Kreisoberingenieur.

- (197o): Grundwassererschliessung Region Fraubrunnen. Geophysikalische Untersuchungen. Auftr.: WEA.

- (1971): Autobahnzubringer Unteres Emmental "AZUE". Bohrungen 1-4. Auftr.: Kreisoberingenieur.

- (1971): Geophysikalische Untersuchungen Profil Burgdorf. Auftr.: WEA.

- (1971): Autobahnzubringer Unteres Emmental "AZUE". Auftr.: Kreisoberingenieur.

- (1971): Unterwerk Burgdorf Freiluftschaltanlage. Auftr.: SBB.

- (1972): Geophysikalische Untersuchungen. Profile Vorholzmatte und Altisberg-Wilerwald. Auftr.: WEA.

GRUND- UND TIEFBAU AG (1973): Kanalisation Steinhofstrasse. Auftr.: Gemeinde Burgdorf.

HUG,J.(1957): Geologisch-hydrologische Gutachten betreffend Grundwasserverhältnisse des Emmentals unterhalb Utzenstorf. Auftr.: Baudirektion des Kt. Solothurn.

KELLERHALS,P.(197o): Friedhoferweiterung Utzenstorf. Hydrogeologische Beurteilung. Auftr.: Gemeinde Utzenstorf.

- (1975): Kiesprospektion Mattstetten. Auftr.: K.& U. Hofstetter.

LOSINGER AG (1963): Migros Neubau Utzenstorf. Auftr.: Migros.

- (1963): BKW, Unterstation Bickigen, Mastfundament. Auftr.: BKW.

- (197o): Industrierain Aefligen. Auftr.: Firma Adolf Schmids Erben.

GEBRüDER MENGIS (1961): Sondierung in der Ey. Auftr.: Gemeinde Kirchberg.

MOLLET,H.(1925): Die Grundwasservorkommnisse des Kanton Solothurn. Auftr.: Kt. Solothurn.

RUTSCH,R.F.(1947): Gutachten über die projektierte Vergrösserung des Friedhofes in Bätterkinden. Auftr.: Gemeinde Bätterkinden.

- (1951): Geologischer Bericht über die Grundwasservorkommen im Flussgebiet 43: Emme Kirchberg bis Kantonsgrenze. Auftr.: Wasserrechtsamt des Kt. Bern.

- (1952): Geologischer Bericht über die Grundwasservorkommen im Flussgebiet 42: Emme Lützelflüh-Burgdorf. Auftr.: Wasserrechtsamt des Kt. Bern.

- (1958): Geologischer Bericht über die Sondierungen im Emmeschachen zwischen Burgdorf und Alchenflüh. Auftr.: Firma Mäder & Co.

- (1958): Zusammenfassender Bericht über die Grundwasserfassung Recherswil· Auftr.: Gas- und Wasserwerk Grenchen.

RUTSCH,R.F.(1958): Zusammenfassender Bericht über die Grundwasserfassung Brunnen I, südlich Gerlafingen. Auftr.: Gas- und Wasserwerk Grenchen.

- (196o): Geologischer Bericht über die Sondierungen für die Ueberbauung Bimer bei Jegenstorf. Auftr.: Architekt A.Linder.

- (1962): Bericht über ev. Beeinträchtigung der Grundwasserfassung der Wasserversorgung Grenchen im Raume Obergerlafingen-Koppigen durch den Bau und Betrieb der Nl. Teilstrecke Mattstetten-Koppigen-Kantonsgrenze. Auftr.: Gas- Und Wasserwerk Grenchen.

- (1962): Projektierte Schotterausbeutung im Gebiet zwischen Lyssach und Alchenflüh (Kt. Bern). Bericht über die hydrogeologischen Verhältnisse. Auftr.: Losinger AG.

- (1964): Grüenau östlich Utzenstorf. Versorgung mit Trink- und Löschwasser. Hydrogeologischer Bericht. Auftr.: Gemeinde Utzenstorf.

- (1972): Gemeinde Ersigen, Oberfeld. Grundwasserprospektion, geoelektrische Sondierungen. Auftr.: Gemeinde Ersigen.

- (1973): Grundwassererschliessung für die Einwohnergemeinde Ersigen (Kt. Bern). Auftr.: Gemeinde Ersigen.

RYSER,H.C.(1945): Wasserversorgung der Gemeinde Koppigen. Auftr.: Gemeinde Koppigen.

- (1971): Neue Wasserfassung Ersigen. Auftr.: Gemeinde Ersigen.

SALZMANN & EMCH (1952): Wasserversorgung Altwyden, Gemeinde Utzenstorf. Auftr.: Gemeinde Utzenstorf.

SüSSTRUNK,A.(1959): Grundwasservorkommen Oesch-Emme-Limpach-Tal. Geophysikalische Untersuchungen. Auftr.: Wasserversorgung Grenchen.

TERREXPERT AG BERN (1973): Neubau Schiessanlage Grafenscheuren. Bericht über die ausgeführten Bodenuntersuchungen. Auftr.: Einwohnergemeinde Burgdorf.

W E A (1968): Wasserversorgung der landwirtschaftlichen Siedlung "Chräzeren" N des Dorfes Koppigen.

WERNER,A.(1967): Bohrungen für Wasserversorgung der Stadt Burgdorf. Auftr.: Stadt Burgdorf.

- (1968): Neue Grundwasserfassung der Firma Schüpbach AG. Auftr.: Schüpbach AG Burgdorf.

- (1969): Wasserversorgung Oberburg, Brunnen Tschamerii. Auftr.: Gemeinde Oberburg.

- (1969): Berufsschulhaus Lindenfeld. Hydrologische Untersuchungen. Auftr.: Stadt Burgdorf.

- (1971): Bohrung für Behindertenzentrum Burgdorf. Auftr.: Stadt Burgdorf.

- (1972): Oelunfall Steinhof. Auftr.: EBT.

- (1974): Hydrogeologische Untersuchungen W Lorraine und beim Bahnhof Burgdorf. Auftr.: Aebi AG.

- (1977): Spitalneubau Burgdorf. Auftr.: Spitalverband Burgdorf.

2. HYDROCHEMIE - BAKTERIOLOGIE

Dr. R.V. Blau, WEA / A. Werner, dipl. Ing. ETH; Mitarbeiter: B. Eggen, Ing. HTL
F. Muchenberger, Ing. HTL

2.1. Allgemeines

2.1.1. Ziel der Untersuchungen

Das hydrochemische und bakteriologische Untersuchungsprogramm wurde durch Dr. C. Niggli im Auftrage des WEA ausgearbeitet. Es verfolgte folgendes Ziel: Ein möglichst repräsentativer Ueberblick über die chemische und bakteriologische Beschaffenheit des Grundwassers sollte gewonnen werden.

Als 1971/73 die Untersuchungen durchgeführt worden sind, war das Grundwasser-Messstellennetz des WEA erst im Aufbau begriffen (vgl. Kapitel 3). Die meisten Proben mussten daher in privaten und öffentlichen Grundwasserfassungen und Schächten entnommen werden. Die Verteilung der Erhebungsstellen über den ganzen Grundwasserleiter ist daher nicht ideal. Ueber allfällig unterschiedliche Eigenschaften des Grundwassers in verschiedenen Höhen des Leiters kann nichts ausgesagt werden aus zwei Gründen:

- Viele Entnahmestellen erschliessen nur die obersten Meter des Grundwasserleiters;
- mit unserer damaligen Ausrüstung konnten wir die in Beobachtungsrohren und Brunnen auftretenden Vertikalströmungen, verursacht durch Druckdifferenzen innerhalb des Grundwasserleiters, nicht erfassen. Auf diese Problematik wird im NFP Bericht Modellstudie Unteres Emmental eingegangen werden (vgl. Einleitung).

2.1.2. Untersuchungskampagnen und Entnahmestellen

Folgende Kampagnen sind während der Untersuchungsperiode durchgeführt worden:

Tabelle III,9

Chemische und bakteriologische Untersuchungen

Messkampagne	Untersuchungsdatum	Anzahl Probeentnahmestellen	Gebiet	Wassertyp	Wasserstand	Auftraggeber
1	15.-18.02.71	20	Kirchberg-Fraubrunnen-Altwyden	Grundwasser	mittel	WEA
2	13.-15.07.71	24	Kirchberg-Fraubrunnen-Altwyden	Grundwasser	mittel (abnehmend)	WEA
3	07.-09.12.71	21	Kirchberg-Fraubrunnen-Altwyden	Grundwasser	mittel	WEA
4	25.01.72	15	Kernenried-Fraubrunnen-Aefligen	Grundwasser	mittel	Gemeindeverband Vennersmühle Wasserversorgung
5	03.02.72	9	Kernenried-Fraubrunnen-Aefligen	Grundwasser	nieder	
6	16.02.72	10	Kernenried-Fraubrunnen-Aefligen	Grundwasser	mittel	
7	24.02.72	9	Kernenried-Fraubrunnen-Aefligen	Grundwasser	mittel	
8	26.07.-17.08.72	63	Unt. Emmental ohne Fraubrunnen	Grundwasser	mittel (abnehmend)	WEA
9	08.-10.08.72	14	Unt. Emmental	Oberfl.gew.	nieder	WEA
10	21.02.-14.03.73	62	Unt. Emmental ohne Fraubrunnen	Grundwasser	mittel	WEA

Für die Auswertung wurden uns freundlicherweise von den öffentlichen Wasserversorgungen die Werte der periodischen Analysen des Kantonalen Labors zur Verfügung gestellt.

Die Proben-Entnahmestellen sind in Beilage III,4 ersichtlich.

2.1.2.1. Untersuchungskampagnen 1 bis 3

Die ersten 3 Kampagnen leitete Dr. C. Niggli. Während des Jahres 1971 wurden im Raume Kirchberg-Fraubrunnen-Altwyden jeweils rund 20 Proben Ende Winter, im Hochsommer und zu Beginn des folgenden Winters gefasst und durch das Kantonale Labor untersucht. Das Wasser stammte aus 19 privaten Hausfassungen, 2 neuen Filterbrunnen der Vennersmühle Wasserversorgung im Fraubrunnenwald, einer Drainageröhre im Fraubrunnenmoos und einem 4 1/2" Piezometerrohr am nördlichen Ende des Fraubrunnenwaldes.

2.1.2.2. Untersuchungskampagnen 4 bis 7

Eine hydrologische Untersuchung im Gebiet Fraubrunnenwald prüfte die Möglichkeiten für eine neue Grundwasserfassung der Vennersmühle Wasserversorgung (WERNER, 1972b). In diesem Rahmen entnahm das Kantonale Laboratorium vom 25.1. bis 24.2.1972 an vier Tagen total 43 Proben aus 2 Filterbrunnen und 6 1 1/2" Piezometerrohren im Fraubrunnenwald sowie aus 8 privaten Grundwasserfassungen im Raum Kernenried-Fraubrunnen-Aefligen.

2.1.2.3. Untersuchungskampagnen 8 und 10

Für die Jahre 1972/73 plante Dr. Niggli drei Kampagnen gleichzeitig im Mittleren und im Unteren Emmental. Wegen fehlender Kredite konnten lediglich zwei

durchgeführt werden. Die Analysen der Wasserproben aus dem Mittleren Emmental wurden bereits im entsprechenden Schlussbericht behandelt (WEA 1976). Hier werden lediglich die Untersuchungsergebnisse für den Horizontalfilterbrunnen der Stadt Burgdorf nochmals aufgeführt. Im Unteren Emmental umfassten die beiden Kampagnen die öffentlichen Fassungen Ersigen, Koppigen, Willadingen und Zielebach, zwei 4 1/2" Filterrohre von Bohrungen in Burgdorf und Zielebach, ein 1 1/2" Piezometerrohr an der Staatsstrasse Koppigen-Utzenstorf, sieben Grundwasseraustritte in Utzenstorf, Wiler und Willadingen, sowie 49 über das Untersuchungsgebiet verteilte Hausfassungen.

2.1.2.4. Untersuchungskampagne 9

Die Oberflächengewässer sind, weil sie zum Teil viel Wasser ans Grundwasser abgeben, für die Grundwasserqualität von Bedeutung. Aus diesem Grunde entnahm das WEA vom 8. bis 10.8.1972 auch Wasserproben in den Oberflächengewässern des ganzen Emmentales und liess sie durch das kantonale Gewässerschutzlaboratorium (WEA) analysieren. 14 Fassungsstellen liegen im Unteren Emmental.

2.2. Analysenresultate

2.2.1. Darstellung der einzelnen Untersuchungsergebnisse

In Beilage III,4 sind die Resultate für die einzelnen Untersuchungsstellen zusammengestellt worden. Die Ergebnisse einiger Analysen der Messkampagnen 4 bis 7 im Fraubrunnenwald mussten aus Platzgründen weggelassen werden. Dies ist zu verantworten, da die nahegelegenen, in der Beilage berücksichtigten Untersuchungen nahezu dieselben Werte aufweisen. Analysenwerte von Grundwasserfassungen ausserhalb des untersuchten Emmental-Grundwasserleiters sind auch eingezeichnet worden. Sie liefern zum Teil Hinweise, um den Chemismus randlicher Zuflüsse zu beurteilen.

2.2.2. Konzentrationsbereiche

Die räumliche Verteilung einzelner chemischer Parameter darzustellen, ist immer etwas fragwürdig, wenn die Untersuchungsstellen ziemlich weit auseinanderliegen. Dies gilt besonders für das untersuchte Gebiet, da hier simultane Untersuchungen fehlen und die Probeentnahmenstellen fassungs- und schutztechnisch sehr unterschiedlich zu bewerten sind. Trotzdem sind für die beiden Sommerkampagnen 1971 und 1972 die Konzentrationsbereiche einiger chemischer Parameter ermittelt worden. Dies lässt sich verantworten, da die Verteilung chemischer Komponenten sehr gut mit den im Rahmen der NFP Modellstudie Emmental im einzelnen ermittelten Strömungsbildern des Grundwassers übereinstimmt.

In den Figuren III,38, 39, 40 und 41 wird die Verteilung der Nitrate (NO_3^-), der Chloride (Cl^-), der Sauerstoffsättigungen (O_2 in %) und der Karbonathärten (franz. Härtegrade) dargestellt. Die Konzentrationsstufen sind so gewählt worden, dass die Grundwasser-Fliessverhältnisse möglichst deutlich sichtbar werden. Die Bilder der Verteilung der Sulfate (SO_4^{2-}) und der Gesamthärten (franz. H.^{o}) sehen sehr ähnlich aus; sie werden deshalb hier nicht wiedergegeben.

Unmittelbar vor und während diesen Untersuchungskampagnen waren keine nennenswerten ausserordentlichen Zu- oder Wegflüsse in den Grundwasserleiter zu verzeichnen. Wir können quasi-stationäre Strömungsverhältnisse voraussetzen. Daher dürften die ausgewerteten Analysen trotz der relativ wenigen Probeentnahmestellen ein einigermassen zuverlässiges Bild der räumlichen Verteilung der verschiedenen chemischen Parameter liefern.

2.3. Chemische Analysen

2.3.1. Oberflächengewässer

Die Qualität der Oberflächengewässer umfassend zu beurteilen, ist nicht unsere Aufgabe. Wie in den Abschnitten 2.3.2.2. und 2.3.2.3. gezeigt wird, ist aber vor allem die Qualität des Emmewassers entscheidend für den Chemismus des Grundwassers im zentralen Teil des Grundwasserleiters. Daher sind während der Kampagne 8 auch Proben in den Oberflächengewässern entnommen worden (Kampagne 9). Die detaillierten Analysenwerte des kantonalen Gewässerschutzlaboratoriums sind in der Tabelle III,10 wiedergegeben.

Tabellen III,10

Zusammenstellung der chemischen Oberflächenwasseranalysen

UNTERES EMMENTAL OBERFLAECHENGEWAESSER Analysenresultate vom 9. + 10.8.1972	EMME, Lochbach 614.209/9	Industriekan. Burgdorf 614.211/7	EMME, Burgdorf 613.212/10	OESCH, Bützkofen 613.214/11	OESCH, Oeschberg 612.219/4	OESCH, Willadingen 613.221/26	EMME, Landshut 608.220/12	Industriekan. Widenhof 610.216/14	URTENEN, Moossee 603.207/26	LYSSACHBACH 612.212/7	LYSSACHTEILBACH 612.212/8	Industriekan. Aefligen 607.216/28	URTENEN, Schalunen 606.217/16	LIMPACH, Kräiligen 607.222/6
Höhe ü.M.	549	539	532	507	478	464	467	493	518	524	524	490	483	462
Zeit	15^{10}	15^{30}	15^{45}	14^{05}	16^{20}	16^{40}	17^{10}	17^{35}	14^{25}	15^{05}	15^{10}	15^{45}	17^{25}	16^{35}
Temperatur °C	17.4	17.4	18.7	16.5	19.7	20.2	20.4	17.4	22.8	18.2	18.4	18.4	18.9	17.7
pH	8.34	8.33	8.42	7.91	8.28	8.22	8.29	8.33	8.09	7.75	8.32	8.51	7.72	7.66
Trübung (100 % - T)	5	7	4	12	13	13	11	16	51	28	19	24	18	23
Schwebestoffe mg/l	4.6	8.2	4.2	13	13	11	14	21	48	22	23	33	9.6	18
Sauerstoffgehalt mg O_2/l	9.4	9.2	9.0	8.9	8.8	8.0	8.9	8.8	12.8	8.7	9.0	9.1	7.3	7.2
Sauerstoffsättigung %	107	106	106	100	105	96	112	101	162	102	105	106	85	82
Permanganatverbrauch mg/l	9.5	11	7.8	16	19	19	13	21	73	23	12	20	40	23
BSB_5 mg O_2/l	1.8	2.2	1.4	3.2	3.2	5.2	2.0	>8.8	8.6	5.9	3.0	2.7	>7.3	6.6
Ammoniak mg NH_4^+/l	<0.1	0.1	0.1	<0.1	0.1	0.3	0.1	0.2	0.2	0.4	0.3	0.1	1.1	0.3
Nitrit mg NO_2^-/l	0.08	0.11	0.08	0.15	0.35	0.50	0.25	0.10	0.20	0.50	0.09	0.15	0.70	0.45
Nitrat mg NO_3^-/l	10	11	11	17	17	18	13	11	9.3	11	12	13	25	20
Chlorid mg Cl^-/l	6.2	6.5	6.1	9.5	11	14	9.1	6.9	20	8.2	6.4	6.7	21	15
Phosphat mg PO_4'''/l	0.24	0.36	0.26	0.35	0.82	1.2	0.59	0.43	0.02	0.65	0.41	0.46	1.5	1.1
Gesamtphosphat* mg PO_4'''/l	0.36	0.50	0.34	0.51	1.1	2.2	0.73	0.68	0.34	1.3	0.69	0.73	1.8	1.4
Silikat mg SiO_2/l	5.2	5.8	5.4	13	10	11	6.1	5.5	3.8	5.0	4.8	5.2	6.5	7.3
Sulfat mg SO_4''/l	9	10	9	13	15	15	12	9	25	12	10	11	28	17
Karbonathärte frz.H.°	20.5	20.5	20.5	26	25.5	26	21.5	20.5	18.5	21	20.5	21	28	27
Gesamthärte frz.H.°	21.5	21.5	21.5	28	27.5	28	23	21.5	21.5	22	22	22	31	30
Kalium mg/l	1.4	1.5	1.4	1.8	1.9	2.3	2.0	1.5	2.2	1.9	1.5	1.6	7.0	3.4
Natrium mg/l	3.6	4.0	3.7	6.1	6.3	7.6	5.5	4.1	8.0	7.9	4.1	4.3	13.2	9.2
Leitfähigkeit µS/cm	362	370	368	472	472	496	409	375	400	396	378	380	590	528

* unfiltriert

2.3.2. Grundwasser

2.3.2.1. Statistik

Mit den statistischen Auswertungen soll der Gesamtcharakter der Grundwasserqualität im Untersuchungsgebiet generell erfasst werden. Die in den Tabellen aufgeführten Mittelwerte entsprechen dem arithmetischen Mittel der Untersuchungsresultate jeweils einer Untersuchungskampagne. Die Standardabweichungen und insbesondere die dimensionslosen Variationskoeffizienten eignen sich, die Streuungen der verschiedenen Analysenkomponenten zu vergleichen. Die Analysenwerte für Eisen und Mangan wurden statistisch nicht ausgewertet, da diese beiden Komponenten bei vielen Proben nur in Spuren oder überhaupt nicht nachge-

wiesen werden konnten.

Alle Mittelwerte liegen innerhalb der Richt- und Grenzwerte für Trinkwasser des schweiz. Lebensmittelbuches (1972), wenn von zwei etwas zu kleinen Werten für die Sauerstoffsättigung abgesehen wird.

Tabelle III,11

Statistik der chemischen Grundwasseranalysen

Analysen Komponenten	Datum	Anzahl Analysen	Mittelwert	Standard-abweichung	Variations-koeffizient	Variations-breite
Turbidität (SiO_2) mg/l	15.02.-18.02.71	20	3.3	7.0	2.10	29.9
	13.07.-15.07.71	24	2.0	4.6	2.29	22.8
	07.12.-09.12.71	21	4.1	9.9	2.44	41.9
	25.01.-24.02.72	41	5.9	18.3	3.12	112.9
	26.07.-17.08.72	62	3.6	7.8	2.17	41.9
	21.02.-14.03.73	62	5.0	12.4	2.50	63.9
Nitrat (NO_3) mg/l	15.02.-18.02.71	20	21.2	9.6	0.45	40.0
	13.07.-15.07.71	24	23.6	10.9	0.46	37.0
	07.12.-09.12.71	21	24.7	11.9	0.48	46.0
	25.01.-24.02.72	41	27.8	11.2	0.40	40.0
	26.07.-17.08.72	62	19.0	10.9	0.57	63.0
	21.02.-14.03.73	61	23.7	18.9	0.80	104.0
Chlorid (Cl) mg/l	15.02.-18.02.71	20	12.2	6.2	0.51	18.7
	13.07.-15.07.71	24	11.2	6.8	0.60	23.9
	07.12.-09.12.71	21	11.5	6.0	0.52	20.5
	25.01.-24.02.72	41	12.4	4.4	0.36	13.7
	26.07.-17.08.72	62	11.2	8.6	0.77	40.1
	21.02.-14.03.73	62	11.7	6.5	0.56	41.7
Sulfat (SO_4) mg/l	15.02.-18.02.71	20	12.8	4.2	0.33	13.0
	13.07.-15.07.71	24	10.8	3.7	0.35	13.0
	07.12.-09.12.71	21	10.6	4.1	0.38	13.0
	25.01.-24.02.72	41	12.4	3.1	0.25	11.0
	26.07.-17.08.72	62	13.7	6.7	0.49	37.0
	21.02.-14.03.73	62	12.7	5.3	0.41	29.0
Oxidierbarkeit ($KMnO_4$) mg/l	15.02.-18.02.71	20	2.8	2.0	0.70	8.2
	13.07.-15.07.71	24	3.3	1.6	0.51	6.7
	07.12.-09.12.71	21	2.9	1.5	0.52	5.7
	25.01.-24.02.72	41	3.1	1.8	0.60	8.7
	26.07.-17.08.72	61	4.6	8.3	1.78	46.4
	21.02.-14.03.73	62	3.5	5.0	1.45	30.6
O_2-Sättigung %	15.02.-18.02.71	8	58.6	6.8	0.12	21.0
	13.07.-15.07.71	14	64.2	11.5	0.18	39.0
	07.12.-09.12.71	12	66.2	6.6	0.10	19.0
	25.01.-24.02.72	21	60.4	13.9	0.23	44.0
	26.07.-17.08.72	49	55.1	22.3	0.41	94.8
	21.02.-14.03.73	48	64.6	21.4	0.33	144.0
Gesamthärte franz.°	15.02.-18.02.71	20	29.7	4.4	0.15	18.0
	13.07.-15.07.71	24	28.5	5.4	0.19	19.2
	07.12.-09.12.71	21	29.4	5.9	0.20	20.9
	25.01.-24.02.72	41	31.6	4.9	0.15	19.2
	26.07.-17.08.72	62	28.3	4.5	0.16	20.9
	21.02.-14.03.73	62	27.2	5.2	0.19	33.2
Karbonathärte franz.°	15.02.-18.02.71	20	26.3	8.6	0.14	16.1
	13.07.-15.07.71	24	25.9	4.3	0.17	18.5
	07.12.-09.12.71	21	26.5	4.1	0.15	17.5
	25.01.-24.02.72	41	28.2	4.1	0.15	16.7
	26.07.-17.08.72	62	25.5	4.4	0.17	25.1
	21.02.-14.03.73	62	23.9	4.7	0.20	29.0
Temperatur °C	15.02.-18.02.71	20	8.0	1.9	0.24	7.6
	13.07.-15.07.71	24	11.4	1.8	0.16	6.7
	07.12.-09.12.71	20	9.5	1.3	0.14	5.0
	25.01.-24.02.72	41	8.6	1.5	0.18	8.9
	26.07.-17.08.72	62	11.3	1.5	0.13	6.8
	21.02.-14.03.73	62	7.7	1.6	0.20	7.1

2.3.2.2. Generelle Beurteilung

Im oberen Teil des Untersuchungsgebietes bis hinunter nach Kirchberg lassen sich die gleichen hydrochemischen Verhältnisse nachweisen wie im Mittleren und Oberen Emmental (vgl. WEA 1975/1976). Grundwasser wird hier vor allem gebildet durch infiltrierendes Emmewasser (vgl. Abschnitt 3.5.4. und Kapitel 5).

Die chemischen Eigenschaften des Grundwassers unterhalb Kirchberg werden im wesentlichen ebenfalls von der massiven Emmewasserversickerung bis hinunter nach Aefligen/Schalunen bestimmt. Auf diese mengenmässig sehr bedeutende Infiltration wird in den folgenden Kapiteln noch mehrmals zurückgekommen werden. Das wenig mineralisierte, mittelharte (KAESS 1965; 21.5 bis 23 franz H^o; vgl. Tabelle III,10) Infiltrat fliesst aus dem Bereich der Emme vorwiegend im zentralen Teil des Grundwasserleiters unterhalb Kirchberg nach Nordosten und wird durch das versickernde Niederschlagswasser und die Vermischung mit "echtem Grundwasser" chemisch nur geringfügig beeinflusst. Gegen den Rand des Grundwasserleiters und im Zuflussbereich der Seitentäler ändert der Chemismus des Grundwassers aus folgenden Gründen:

- Prozentual wird der Anteil von Infiltratwasser am Gesamtdurchfluss (bezogen auf eine Einheitsbreite) immer kleiner mit zunehmendem Abstand von der Hauptströmungsrichtung, bis er ganz fehlt;
- das Grundwasser wird vor allem gespiesen durch unterirdische randliche Zuflüsse, die höher mineralisiert sind, und durch versickernde Meteorwasser, die einzelne Stoffe aus dem Boden ausschwemmen;
- es fliesst, dies haben unsere mathematischen Strömungssimulationen im Rahmen der NFP Modellstudie Emmental gezeigt, bezogen auf eine Einheitsbreite des Grundwasserleiters, bedeutend weniger Wasser.

In ganz randlich gelegenen Partien des Grundwasserleiters wie auch in den Zuflussgebieten Urtenen- und oberes Limpachtal zeigen die Analysen hohe Mineralisationsgrade, teilweise werden sogar die Richt- und Grenzwerte für Trinkwasser (vgl. Schweiz. Lebensmittelbuch 1972) überschritten.

Der untere Teil des Limpachs drainiert hauptsächlich Emmeinfiltrat aus dem Bereich Bätterkinden/Papierfabrik Utzenstorf und Wasser des Hauptgrundwasserstroms in nordwestlicher Richtung weg. Damit wird im untersten Teil des Limpachtales die Qualität des Grundwassers in hohem Masse ebenfalls durch Infiltrat aus der Emme bestimmt.

Die kleineren Oberflächengewässer des Unteren Emmentales beeinflussen geringfügig die Qualität des Grundwassers ebenfalls. Ihr infiltrierender Anteil ist gemessen an der fliessenden Grundwassermenge klein.

Zusammenfassend kann festgehalten werden: Die Grundwasserqualität im Unteren Emmental wird, abgesehen vom Einmündungsbereich der Seitentäler und von Randzonen, geprägt von der Beschaffenheit des Emmewassers. Die Emmeinfiltration beeinflusste die Wasserqualität bis heute günstig. Eine massive Verschmutzung der Emme mit schwerabbaubaren Verunreinigungen, die in den Grundwasserleiter einzudringen vermögen, könnte schwerwiegende Folgen haben.

2.3.2.3. Einzelne Parameter (vgl. Tabelle III,11; Beilage III,4)

TURBIDITAET

Die aufgeführten Mittelwerte der Analysen vermitteln ein falsches Bild. Die hohen Turbiditätswerte rühren von den ungünstigen Entnahmestellen her, wie Beobachtungsrohre, Fassungen für Bewässerungen usw. Die im Wasser, gewonnen in Fassungen der öffentlichen Versorgung, gefundenen Werte (Mittelwert 0.7± 0.67 mg SiO_2/l) sind nicht zu beanstanden.

NITRATE NO_3^- (vgl. Figur III,38)

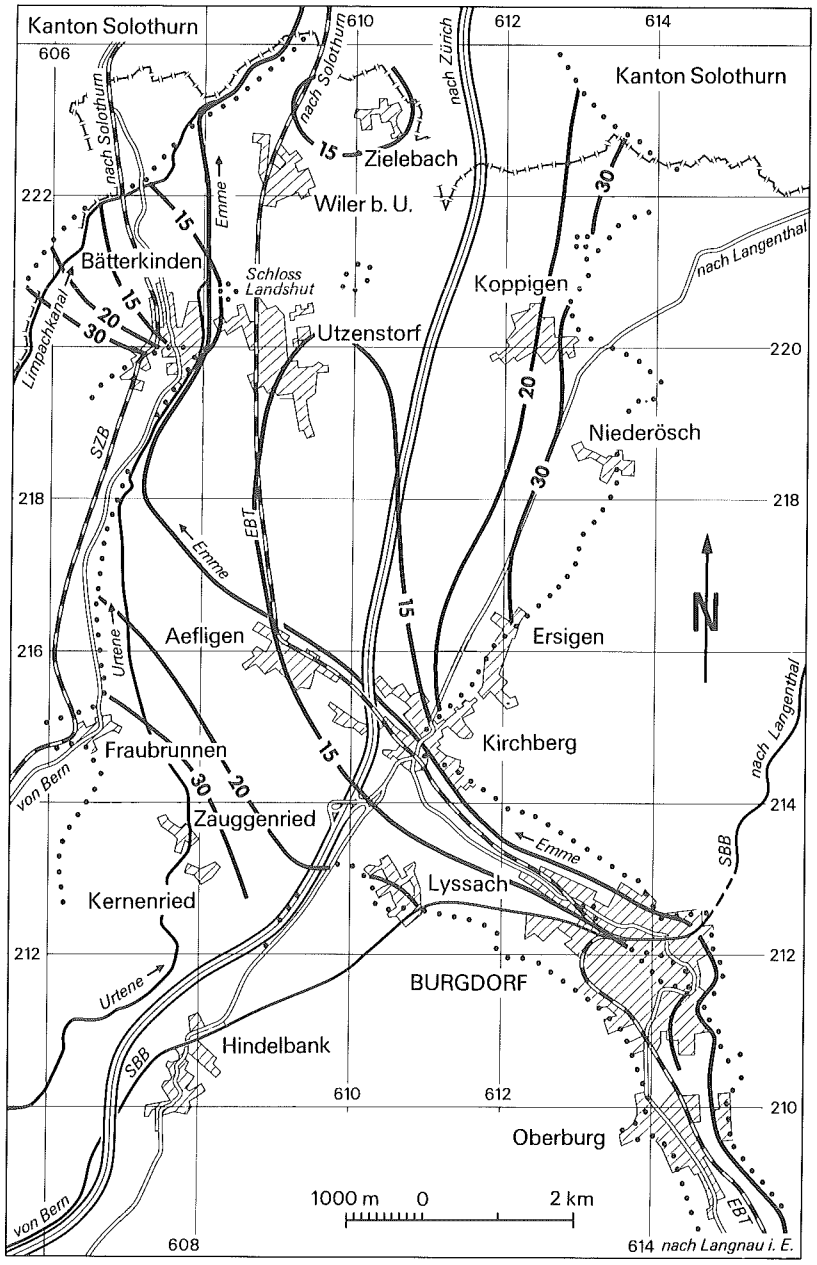
Im grössten Teil des Untersuchungsgebietes finden wir relativ niedrige Nitratgehalte. Die Mittelwerte der verschiedenen Messkampagnen liegen zwischen 19 und 28 mg/l. Zu diesem recht günstigen Resultat trägt das Emmeinfiltrat (Werte 9./10.72 10-13 mg NO_3^-/l; vgl. Tabelle III,10) entscheidend bei. Wie in Figur III,38 ersichtlich, kann das relativ nitratarme Grundwasser im oberen Infiltrationsbereich der Emme bis hinunter nach Aefligen und im hauptsächlichen Abströmbereich nördlich des Emmelaufes bis nach Utzenstorf verfolgt werden. Die Gründe, die zu einer leichten Konzentrationserhöhung zwischen Utzenstorf und Zielebach und zu einem erneuten Absinken bei Zielebach führen, überblicken wir nicht. Ebenfalls tiefe Werte finden sich im Infiltrationsbereich zwischen Bätterkinden und Utzenstorf.

Das Grundwasser in den randlichen Teilen des Grundwasserleiters und im Bereich der Seitentäler (Urtenen, Limpach, Oesch) weist höhere, für Trinkwasser teilweise nicht mehr zulässige Konzentrationen auf (Richtwert gemäss schweiz. Lebensmittelbuch 40 mg/l). So zeigte die Analyse vom 15.8.1972 aus dem PW Willadingen (WV Steinenberg) einen Gehalt von 38 mg/l und in privaten Fassungen in Oberösch, Zauggenried und Kernenried wurden Werte von 45 mg/l und mehr bestimmt. Das Grundwasser wird in diesen Gebieten vor allem gebildet durch versickernde Niederschläge und durch unterirdische randliche Zuflüsse von Grundwasser. Beide Komponenten weisen in diesem landwirtschaftlich intensiv genutzten Ackerbaugebiet höhere Gehalte an Nitraten auf, die aus den Böden ausgewaschen worden sind. Sie stammen hauptsächlich von stickstoffhaltigen Düngemitteln, die entweder in zu grossen Gaben oder unzweckmässig, z.B. auf wassergesättigtes Brachland, ausgebracht worden sind (aus der Fülle der Literatur sei zitiert BOSSET 1980, MATTHES 1973, MILANI 1980). Es versteht sich, dass in diesen Gebieten nicht mehr gedüngt wird als an andern Orten. Es fehlt aber hier das wenig mineralisierte Emmeinfiltrat, um die Konzentrationen herabzusetzen. Die Oberflächengewässer der Seitentäler weisen ebenfalls höhere Nitratgehalte als die Emme auf (vgl. Tabelle III,10): Urtenen 25 mg/l, Limpach 20 mg/l, Oesch, die bei Ersigen ins Grundwasser infiltriert (vgl. Beilage III,2B), 17 bis 18 mg/l.

Heute wird immer eindringlicher auf die Gefährdung der menschlichen Gesundheit durch nitrathaltige Lebensmittel hingewiesen (z.B. COIN 1980, MUELLER ET AL. 1981). Die oben angeführten Erkenntnisse sind daher sehr wichtig: Dank der intensiven Emmeinfiltration wird es möglich sein, künftige Fassungsanlagen so zu erstellen, dass sie Wasser mit minimalen NO_3-Gehalten fördern.

Figur III,38

Verteilung der Nitrate (NO_3^-), Sommer 1971/72



CHLORIDE Cl^- (vgl. Figur III,39)

Mit Mittelwerten zwischen 11.2 und 12.4 mg Cl/l weist das Grundwasser im Untersuchungsgebiet eine sehr niedrige durchschnittliche Cl-Konzentration auf. Der vom Emmeinfiltrat wesentlich beeinflusste Teil des Grundwasserstromes zeigt Werte unter 8 mg Cl/l. Das Emmewasser wies im Infiltrationsgebiet Kirchberg-Aefligen am 9./10.72 Cl-Konzentrationen von 6 bis 7 mg/l auf (vgl. Tabelle III,10).

Gegen die seitlichen Berandungen des Grundwasserleiters und in den Seitentälern steigen die Konzentrationen an. Sind es im PW Willadingen lediglich 15 mg Cl/l, übersteigt der Chloridgehalt zum Beispiel im Limpachtal 50 mg Cl/l (606.220/1). Auch für diese Konzentrationserhöhungen sind die in den landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten verwendeten Cl-haltigen Düngemittel teilweise verantwortlich (vgl. Nitrate und Abschnitt 2.3.2.2.; sowie MATTHES 1973 S.: 129, 202/3). In Siedlungsgebieten, vgl. z.B. Figur III,39 Utzenstorf, spielen mit grosser Wahrscheinlichkeit auch versickernde Abwasser aus undichten Kanalisationen mit eine Rolle, wie dies in andern Gebieten festgestellt worden ist.

SULFATE SO_4^{2-}

Mit Mittelwerten zwischen 10.6 und 13.7 SO_4/l und kleinen Standardabweichungen weist das Untere Emmental tiefe Sulfatkonzentrationen mit recht kleinen Schwankungen auf.

Das von der Emmeinfiltration stark beeinflusste Mischwasser zeigt die tiefsten Werte. In den randlichen Gebieten werden einzig im Limpachtal 30 mg SO_4/l überschritten, wobei in der Winterkampagne 10 die Konzentrationen - parallel mit dem Chlorid - auf 16 bis 20 mg SO_4/l fielen.

OXIDIERBARKEIT

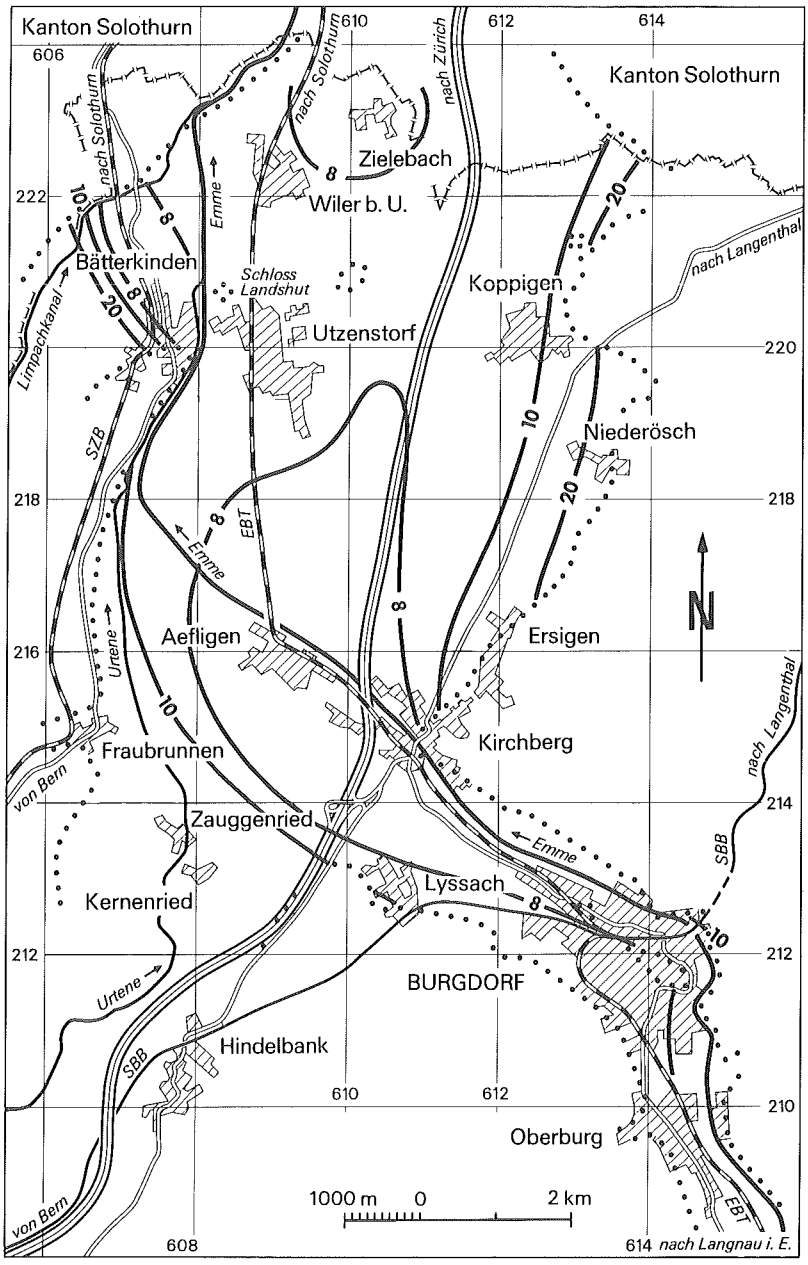
Der Kaliumpermanganatverbrauch bei den untersuchten Grundwasserproben, als Mass für die organische Belastung des Wassers, streut stark über das ganze Untersuchungsgebiet. Alle Mittelwerte von 2.9 bis 4.6 mg $KMnO_4$/l sind kleiner als der im schweiz. Lebensmittelbuch 1972 verzeichnete Richtwert von 6 mg/l. Einzelne Analysenwerte, die diesen Richtwert z.T. stark übersteigen, sind in randlichen Teilen des Grundwasserleiters und in den Seitentälern gefunden worden.

SAUERSTOFFSAETTIGUNG (vgl. Figur III,40)

Die Mittelwerte der verschiedenen Kampagnen schwanken zwischen 55 und 66 %. Der Mittelwert der Kampagne vom Juli/August 1972, deren Werte sind hauptsächlich für die Konstruktion der Figur III,40 verwendet worden, liegt mit 55 % Sauerstoffsättigung um 9 % tiefer als derjenige der winterlichen Vergleichskampagne. Einzelne chemische Analysen von 1971-1978 aus Pumpwerken der Wasserversorgungen im Untersuchungsgebiet deuten ebenfalls auf eine jahreszeitliche Abhängigkeit der O_2-Sättigungen hin. Die mittleren jährlichen Sauerstoffsättigungen sind somit eher günstiger als Figur III,40 sie zeigt. Wie aus ihr ersichtlich ist, bringt die sommerliche Emmeinfiltration - neben den randlichen

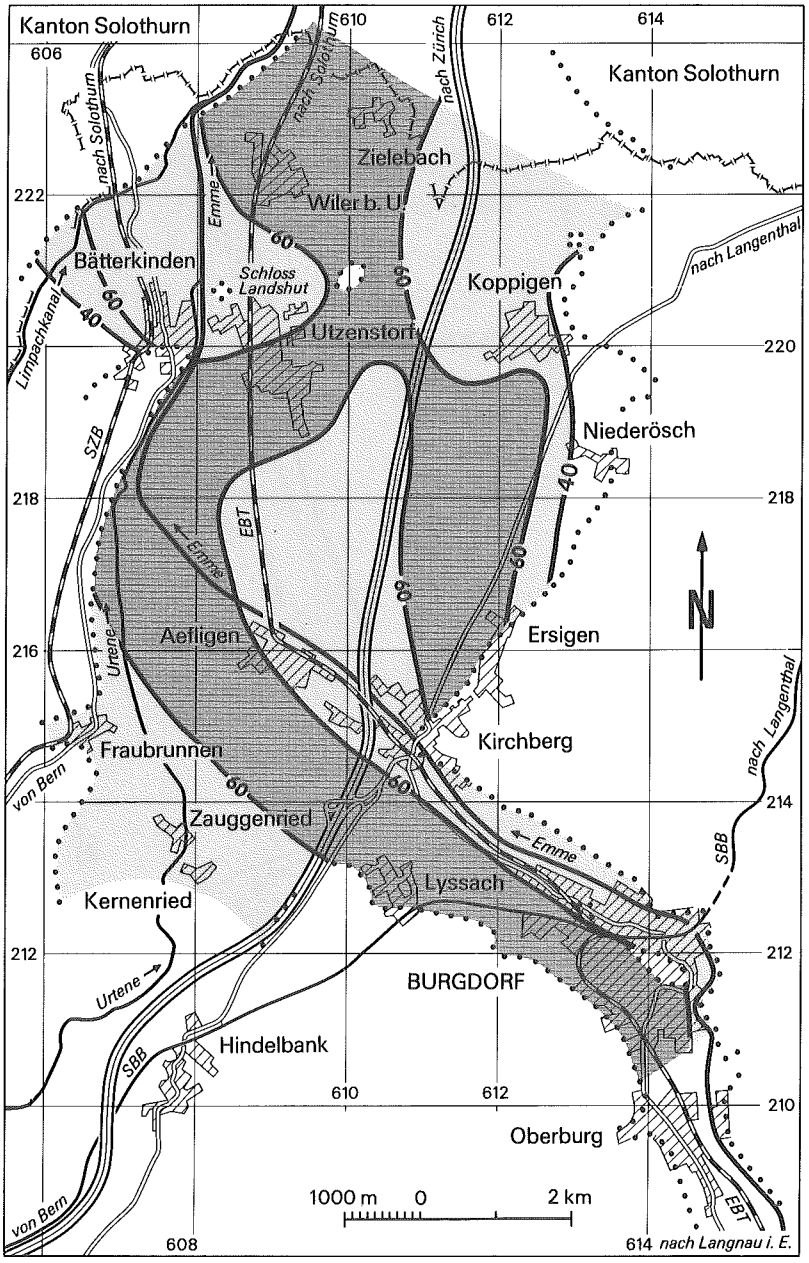
Figur III,39

Verteilung der Chloride (Cl^-), Sommer 1971/72



Figur III,40

Verteilung der Sauerstoffsättigungen, Sommer 1971/72



60 Linie gleicher Sauerstoffsättigung
Zahl = O_2 Sättigung in %

über 60%	60–40%	40–20%

Zuflüssen - leicht verminderte O_2-Sättigungen. Die wechselnden Temperaturen des Emmeinfiltrates, aber auch unterschiedliche Belastungen des Emmewassers mit organischen Stoffen, bewirken Aenderungen der Sauerstoffsättigung. Im allgemeinen finden wir kleinere Werte im Sommer und grössere im Winter.

Die Analysen aus dem Limpachtal weisen mit einer Sauerstoffsättigung unter 20 % auch bei diesem Parameter die weitaus schlechtesten Ergebnisse auf.

EISEN Fe

Nur 8 der 215 untersuchten Proben zeigten Fe-Gehalte, die über dem Richtwert von 0.1 mg Fe/l für Trinkwasser (Schweiz. Lebensmittelbuch 1972) lagen. In allen Fällen muss angenommen werden, dass lokale organische Verunreinigungen zu reduzierenden Bedingungen im Grundwasser geführt haben. Als Folge fiel Fe^{2+} aus.

MANGAN Mn

Keine der untersuchten 215 Proben zeigten Werte, die über dem Richtwert des schweiz. Lebensmittelbuches (1972) von 0.05 mg Mn/l für Trinkwasser lag.

GESAMTHAERTE, KARBONATHAERTE (vgl. Figur III,41)

Die Mittelwerte der Gesamthärten liegen zwischen 27.2 und 31.6 franz. Härtegraden(1 franz. H^o = 10 mg/l $CaCO_3$), der Karbonathärten zwischen 23.9 und 28.2 franz. H^o. Es handelt sich um "hartes Wasser" (vgl.KAESS 1965). Die Analysen für die randlichen Gebieten ergaben Werte von über 32 franz. H^o: hartes Wasser. Die in Figur III,41 dargestellte Verteilung der Karbonathärten zeigt ein ähnliches Bild wie die der andern chemischen Parameter (Figur III,38, 39, 40): Im zentralen Teil des Grundwasserleiters findet sich als Folge der starken Emmeinfiltration (Emmewasser: Gesamthärte 21.5 bis 23 franz. H^o; Karbonathärten 20.5 bis 21.5 franz.H^o am 9./10.72; vgl. Tabelle III,10)"mittelhartes" Wasser, vgl. KAESS 1965, in den randlichen Partien nehmen die Härten zu. Dies ist vor allem auf den unterirdischen Zufluss randlicher Grundwasser zurückzuführen, die teilweise die kalkreiche Molasse durchflossen haben (vgl. auch WEA 1975: 42, 1976: 17).

2.3.3. Zeitliche Veränderungen der chemischen Beschaffenheit des Grundwassers

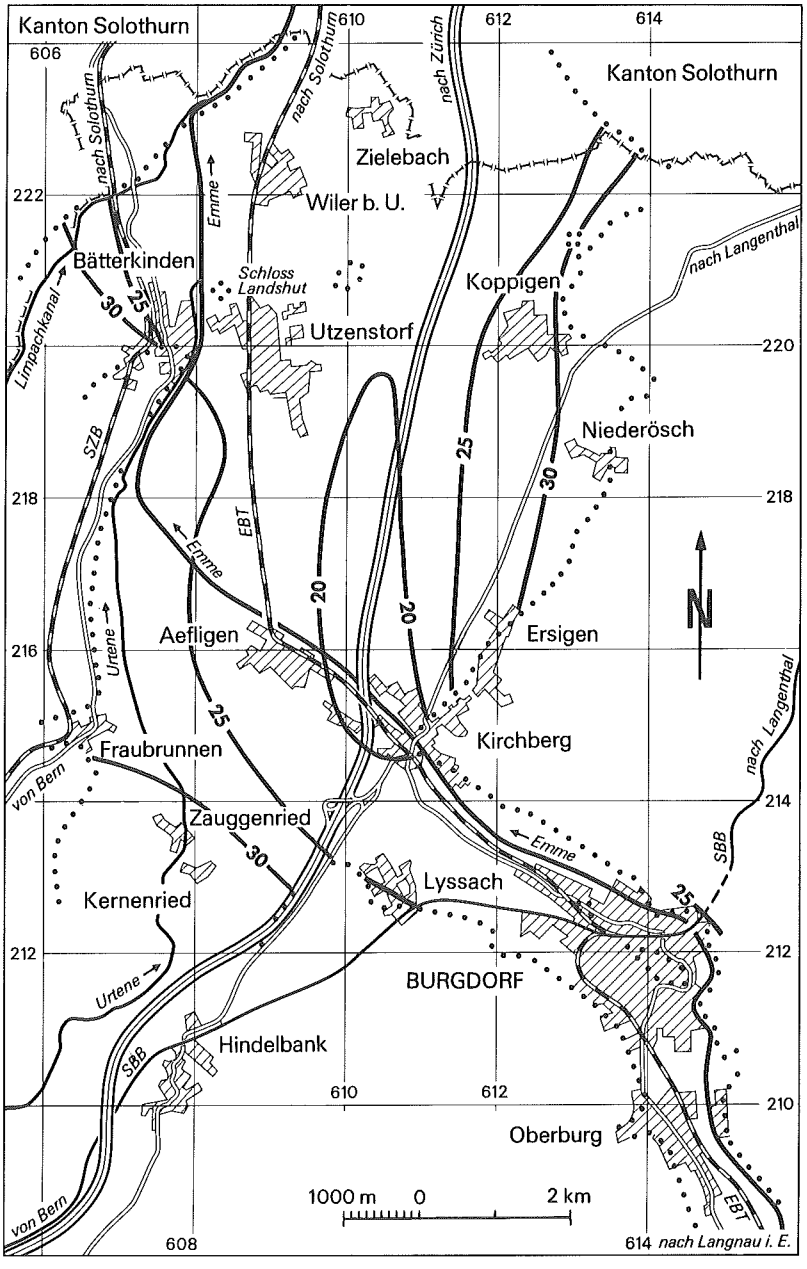
Die wenigen Analysen, die im Rahmen des Programmes durchgeführt werden konnten, lassen keine Schlüsse über langfristige Aenderungen im Chemismus des Grundwassers zu.

Dank der von den öffentlichen Wasserversorgungen erhobenen Proben und für diesen Bericht zur Verfügung gestellten Analysenresultate des Kant. Laboratoriums kann folgendes festgestellt werden:

- In den meisten Fassungen zeigen sich jahreszeitliche Schwankungen einzelner Inhaltsstoffe (z.B. Sauerstoff, Nitrat).
- Die Analysen aus den emmenahen Brunnen zeigen recht grosse Konzentrationsstreuungen. Die Einflüsse der Emmeinfiltration, abhängig von der Menge und

Figur III,41

Verteilung der Karbonathärten, Sommer 1971/72



20 Linie gleicher Karbonathärte
Zahl = franz. Härte °

der chemischen Beschaffenheit des infiltrierenden Wassers, zudem von Zeit und Ort, dominieren diese Fassungen.
Je nach der zeitlichen Abfolge der Infiltrationsereignisse sowie mit zunehmendem Sickerweg (Vermischung) ergeben sich Konzentrationsverteilungen, die keinem einzelnen Ereignis mehr zugeordnet werden können.
- Aussagen über einen langfristigen Trend der Grundwasserqualität lassen sich aus den ermittelten Daten nicht ableiten. Hinweise für sprunghafte Qualitätsänderungen in den einzelnen Fassungsanlagen fehlen.

Es wäre sehr wichtig, dies zeigen z.B. die Nitratgehalte im Pumpwerk Willadingen der WV Steinenberg, die nahe oder knapp über der Toleranzgrenze für Trinkwasser liegen, Aussagen über die Trendentwicklung einzelner qualitativer Parameter machen zu können. Die nötigen periodischen Analysen müssen, soweit dies nicht durch die Trinkwasserüberwachung des Kantonalen Laboratoriums geschieht, durchgeführt werden.

2.4. Bakteriologische Untersuchungsergebnisse

Im Untersuchungsgebiet ergeben die bakteriologischen Analysen ein ähnlich ungünstiges Bild wie schon im Mittleren und Oberen Emmental (vgl. WEA 1975, 1976). Von den 197 untersuchten Proben mussten 68 % beanstandet werden.

Tabelle III,12

Bakteriologische Untersuchungsergebnisse

Kampagne Nr.	Datum	Bakteriologisch untersuchte Proben		beanstandete Proben infolge -		
		total	zu beanstanden	zu grosser Keimzahl	coliformer Bakterien	zu vieler wärmeliebender Bakterien
1	15.2.-18.2.71	20	13	13	2	1
2	13.7.-15.7.71	24	17	17	10	11
3	7.12.-9.12.71	17	11	11	4	2
4	25.1.72	5	3	2	1	0
5	3.2.72	9	5	5	0	0
6	16.2.72	10	7	7	1	0
7	24.2.72	9	6	6	1	1
8	26.7.-17.8.72	57	44	41	29	28
10	21.2.-14.3.73	46	28	26	8	6

Nebst lokalen Verschmutzungsherden tragen vor allem viele mangelhaft unterhaltene private Fassungsanlagen zu diesem schlechten Resultat bei (vgl. Abschnitt 2.1.1.). Die Analysen aus den öffentlichen Grundwasser-Fassungen zeigen ein besseres Bild, jedoch genügten auch nicht alle Resultate den Richtwerten für Trinkwasser gemäss schweiz. Lebensmittelbuch von 1972.

3. HYDROMETRIE UND HYDROGRAPHIE

A. Werner, dipl. Ing. ETH; Mitarbeiter: B. Eggen, Ing. HTL
F. Muchenberger, Ing. HTL

3.1. Allgemeines

Im Rahmen der hydrometrischen Arbeiten für die Siedlungswasserwirtschaftliche Planung Emmental in den Jahren 1971 - 1978 wurden im Untersuchungsgebiet der Grundwasserspiegel und seine zeitlichen Schwankungen vermessen sowie für die wichtigsten Oberflächengewässer Wasserstands- und Abflussmengen-Messungen durchgeführt. Diese Messungen erfolgten teilweise von Hand in unterschiedlich grossen zeitlichen Abständen, teilweise kontinuierlich mit Schreibpegeln.

Als wertvolle Vorarbeit zu unseren hydrometrischen Untersuchungen kann die Dissertation von BLOCH (1972) betrachtet werden. In einem mit der Unterstützung des Geographischen Institutes der Universität Bern, des WEA und des Regionalplanungsverbandes Burgdorf aufgebauten, grossmaschigen Messstellennetz zwischen Lützelflüh und Gerlafingen führte BLOCH von 1966 - 1971 Niederschlags-, Wasserstands-, Abflussmengen- und Grundwasserspiegelmessungen durch. Ein Teil dieser Messwerte wurde bereits im Schlussbericht über das Mittlere Emmental (Teil II) kommentiert. Auch in diesem Bericht werden Messwerte von BLOCH verwendet.

Studenten des Geographischen Institutes der Universität Bern führten in einigen Abfluss- und Niederschlags-Messstationen die von BLOCH begonnenen Arbeiten bis im Juni 1977 weiter. Die Daten dieser Messungen werden in die folgenden Auswertungen ebenfalls teilweise einbezogen.

Für die Emme als massgebendes Oberflächengewässer lagen, wie im Oberen und im Mittleren Emmental, bereits wertvolle hydrometrische und hydrographische Unterlagen für unsere Auswertungen und Darstellungen vor. So konnte auf die Messresultate der langjährigen Abflussmessstation Emme-Wiler, der Landeshydrologie und auf die Profilaufnahmen der Emmevermessung des Eidg. Amtes für Strassen- und Flussbau (ASF) zurückgegriffen werden.

Die Daten verschiedener Niederschlags-Messstationen der Meteorologischen Zentralanstalt (MZA) standen ebenfalls zur Verfügung und konnten in unseren Auswertungen berücksichtigt werden.

Aufbauend auf den Messstationen der eidgenössischen Amtsstellen und auf dem Messstellennetz von BLOCH wurde zwischen 1971 und 1978 das hydrometrische Messstellennetz laufend überprüft und wesentlich erweitert. Dabei konnten auch viele Messstellen privater und öffentlicher Auftraggeber kostensparend in unser Messstellennetz einbezogen werden.

Für das Nationale Forschungsprogramm (NFP) "Modellstudie Emmental" war es notwendig, ab 1977 noch zusätzliche Messstellen zu schaffen und weitere

Messungen vorzunehmen. Die hydrometrischen Untersuchungen im Rahmen des NFP bilden eine wertvolle Ergänzung der Arbeiten für die Siedlungswasserwirtschaftliche Planung. Sie werden, soweit sie heute ausgewertet sind, für unsere Darstellungen und Betrachtungen ebenfalls berücksichtigt.

Die Beilagen III, 2B, 3, 5 und 6 enthalten die wichtigsten Angaben und Resultate der hydrometrischen und hydrographischen Untersuchungen. Die Lage der wichtigsten Messstellen geht aus den Beilagen ebenfalls hervor.

3.2. Untersuchungsgebiet

Im Bereich des Emmental-Grundwasserleiters zwischen Oberburg, Tschamerii und dem Grenzgebiet zum Kanton Solothurn bei Zielebach (vgl. Beil. III, 2B) liegt der grösste Teil der Messstellen und Messstationen. Mit der Wahl der nördlichen Begrenzung wird auch ein kleiner Teil des Kantons Solothurn miteinbezogen. Um einheitliche Grundlagen für das ganze Forschungsgebiet zu erhalten, welches im Rahmen der "Modellstudie Emmental" (NFP) bearbeitet wird, wurde die südliche Gebietsabgrenzung bei Oberburg festgelegt und somit eine gewisse Ueberschneidung mit Teil II, Mittleres Emmental, in Kauf genommen. Das Untersuchungsgebiet ist ungefähr identisch mit dem für Kap. 6 massgebenden Bilanzierungsgebiet.

Die hydrometrischen Untersuchungen in den Seitentälern (z.B. Limpachtal, Urtenental usw.) hatten zum Ziel, die Einflüsse auf den Emmental-Grundwasserleiter generell zu erforschen. Deshalb waren teilweise auch Messungen in diesen Randbereichen erforderlich.

3.3. Topographisches Einzugsgebiet

Das topographische Einzugsgebiet ist grösser als das Untersuchungs- resp. das Bilanzierungsgebiet. Im Hinblick auf die später folgende Beurteilung der in das Bilanzierungsgebiet einströmenden randlichen unterirdischen Zuflüsse ist es angebracht, das topographische Einzugsgebiet kurz zu umreissen (vgl. Beil. III, 2B und LK 1:25'000): Im Süden bei Oberburg beginnend, verläuft seine östliche Grenze über den Scheidwald und den Rachisberg, entlang der Wasserscheide zwischen Rüegsbach und Fischbach über den Weidwald auf die Lueg. Anschliessend bildet die Wasserscheide zwischen dem Einzugsgebiet der Oesch und der Oenz die Grenze. Sie führt über Schwanden nach Wynigen, über Ieschberg nach Ober-Alchenstorf, Bittwil, über den Steinenberg nach Seeberg bis zum Buechwald nördlich von Hersiwil, um dann bei Halten an die Nordgrenze, das geologische Profil XXIII (auf Ordinate 224000, Tiefster Punkt 450 m ü.M.), anzuschliessen.

Die westliche Grenze des Einzugsgebietes führt von Oberburg über die Oschwand auf die Wasenegg und folgt der Wasserscheide zwischen dem Biembach und dem Luterbach bis auf die Diepoldshusenegg. Hier dreht sie nach Westen ab, überquert das Lindental und führt über den Bantiger (höchster Punkt 947 m ü.M.) bis zum Grauholz. Weiter verläuft sie über die Wasserscheide zwischen der Urtenen und dem Lyssbach quer durch den Allmitwald nach Mün-

chenbuchsee, Moosaffoltern, Grossaffoltern. Von Ottiswil an zieht sie entlang der nördlichen Berandung des Limpacheinzugsgebietes über Kyburg-Buchegg bis an die Emme nördlich von Kräiligen und zum geologischen Profil XXIII.

Das abgegrenzte Einzugsgebiet umfasst eine Fläche von 347 km^2, das eigentliche Untersuchungsgebiet 74 km^2. Ferner ist zu erwähnen, dass der regulierbare Chappelenbach, infolge der künstlichen Verzweigung in Wynigen, teilweise in den Wynigenbach und teilweise in die Oenz fliesst und somit das erwähnte Einzugsgebiet etwas vergrössert.

3.4. Aufbau des Messstellennetzes

Das heute recht umfangreiche Messstellennetz entstand im wesentlichen in folgenden Etappen:

BLOCH (1972):

1966 - 70	Rekognoszieren und Vermessen von 60 bestehenden Grundwasser-Messstellen (Ramm-, Schacht- und Vertikalbrunnen).
	Aufbau von je einer Abfluss-Messstation an Oesch, Urtenen, Limpach, Luterbach und Emme.
	Aufbau von 5 Regen-Messstationen (4 Pluviographen und 1 Tagestotalisator).
	Aufbau und Vermessung von 3 Wasserstands-Abstichpunkten (Pegelmessstellen) an der Emme.

INGENIEURBUERO A. WERNER:

1969	8 Grundwasser-Peilrohre und 2 Oberflächengewässer-Abstichpunkte für die Schutzzonenabklärung der Grundwasserfassung der Wasserversorgung Oberburg in der Tschamerii (WERNER 1969).
1969 - 70	5 Rotationskernbohrungen und 2 Grundwasser-Peilrohre im Rahmen der hydrologischen Untersuchung für das Berufsschulhaus Lindenfeld, der Stadt Burgdorf (WERNER 1972 c).
1970 - 72	17 RotationsspÜhlbohrungen, 30 Grundwasser-Peilrohre und 22 Oberflächengewässer-Abstichpunkte für die Abklärung der Grundwasserverhältnisse südlich von Burgdorf im Auftrage der Wasserversorgung der Stadt Burgdorf (WERNER 1970 und 1972 a).
1971	2 Rotationskernbohrungen, 9 Grundwasser-Peilrohre und 6 Oberflächengewässer-Abstichpunkte im Rahmen der hydrologischen Untersuchungen für die Stiftung Schulungs- und Arbeitszentrum für Behinderte, Burgdorf (WERNER 1971).
1971	4 Greiferbohrungen, 23 Grundwasser-Peilrohre, 6 Oberflächengewässer-Abstichpunkte für die neue Grundwasserfassung im Fraubrunnenwald für die Wasserversorgung VennersmÜhle, Gemeindeverband Lyssach (WERNER 1972 b).
1974	9 Grundwasser-Peilrohre und 11 Oberflächengewässer-Abstichpunkte für die Schutzzonenabklärung der Grundwasserfassung der Gemeinde Koppigen (WERNER 1975 a).
1975	32 Grundwasser-Peilrohre und 14 Oberflächengewässer-Abstichpunkte zur Abklärung der Grundwasserverhältnisse im Oberburgschache im Auftrage der Wasserversorgung der Stadt Burgdorf (WERNER 1975 e).
1975	6 Grundwasser-Peilrohre für die Schutzzonenabklärung der Grundwasserfassung der Butterzentrale Burgdorf (WERNER 1975 f).
1975	8 Grundwasser-Peilrohre und 8 Oberflächengewässer-Abstichpunkte für die Schutzzonenabklärung der Grundwasserfassung Willadingen im Auftrage des Gemeindeverbandes Wasserversorgung Steinenberg (WERNER 1975 c).
1975	3 Grundwasser-Peilrohre und 5 Oberflächengewässer-Abstichpunkte für die Schutzzonenabklärung der Quellfassungen der Bläuewasserversorgung Koppigen (WERNER 1975 g).
1976	6 Grundwasser-Peilrohre und 8 Oberflächengewässer-Abstichpunkte für die Schutzzonenabklärung des Pumpwerks Altwiden im Auftrage der Gemeinde Utzenstorf und der Wasserversorgung VennersmÜhle, Gemeindeverband Lyssach (WERNER 1978 a).
1974 - 78	21 Rotationskernbohrungen, 25 Grundwasser-Peilrohre, 25 Oberflächengewässer-Abstichpunkte im Auftrage Privater.

INGENIEURSCHULE BURGDORF:

1972 - 73	Aufnahme von 8 Emme-Querprofilen.

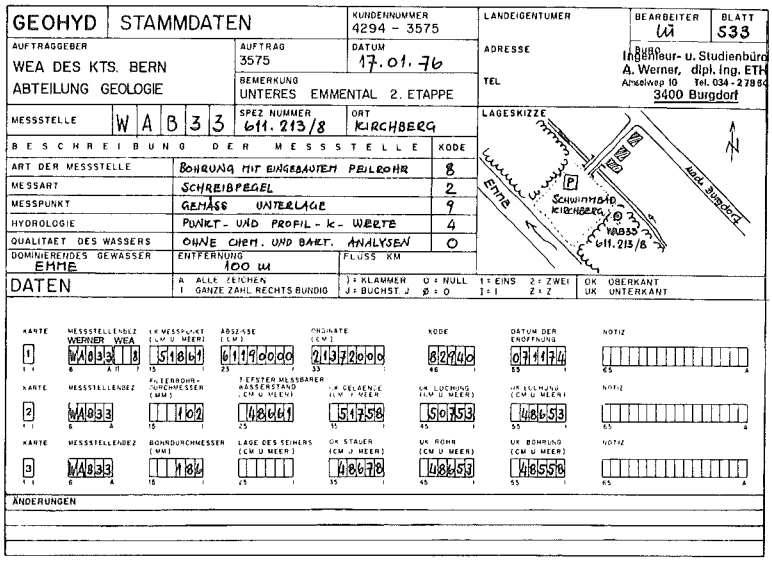
WEA:

1971 - 72	Erstellung und Vermessung von 7 Rotationskernbohrungen in Wiler, Zielebach und Utzenstorf.
1973 - 76	29 Rotationskernbohrungen verteilt im ganzen Untersuchungsgebiet.
1975	7 Rotationskernbohrungen im Rahmen der Untersuchungen für das Grundwasser-Schutzareal Koppigen-Chräzere.
1977 - 78	15 Rotationskernbohrungen, wobei die Bohrungen 614.208/10 und 610.215/32 vom Nationalfonds für die "Modellstudie Emmental" mitfinanziert wurden.
1971 - 76	Vermessung und Eingliederung ins Messstellennetz von ca. 60 bestehenden Grundwassermessstellen Dritter (Schacht- und Vertikalbrunnen, Aufschlussbohrungen, Grundwasser-Peilrohre).
1972 - 76	Erstellung und Vermessung von ca. 260 Abstichpunkten an den Oberflächengewässern und den Grundwasseraustritten.
1972 - 76	96 Abflussmengenmessstellen an Oberflächengewässern.
1972 - 78	125 gerammte Grundwasser-Peilrohre in Gebieten mit Flurabständen kleiner ca. 6 m.
1977 - 78	Abflussmengen-Messstation am Oberburg-Dorfbach und am Oberholzbach bei Koppigen.
1978	Kontrolle und Ueberarbeitung des gesamten Messstellennetzes.

Von sämtlichen, in den letzten Jahren geschaffenen, bzw. höhenmässig vermessenen Oberflächengewässer- und Grundwassermessstellen wurden die Stammdaten auf ein EDV-konformes Stammdatenblatt (siehe Figur III, 42) eingetragen und auf Magnetband gespeichert. Zur Zeit sind die Stammdaten von insgesamt 950 Messstellen gespeichert.

Figur III,42

Stammdatenformular GEOHYD, 1976



3.5. Messstellen, Messungen und Auswertungen

3.5.1. Niederschlag

Im Untersuchungsgebiet befinden sich zwei Niederschlags-Messstationen der MZA: Burgdorf, Gaswerk, und Koppigen, Oeschberg. Beide sind mit Tagestotalisatoren ausgerüstet. Die Niederschlagshöhen werden um 0700 Uhr und 1900 Uhr gemessen. Die Messwerte können bei der MZA bezogen werden.

BLOCH installierte zwischen 1966 und 1969 weitere Messstationen, in Heimiswil, Fraubrunnen, Wengi und Kirchberg je 1 Pluviograph und in Bätterkinden (vorübergehend auch in Fraubrunnen) einen Tagestotalisator. Im Anschluss an die Messkampagne von BLOCH betreute das Geographische Institut der Universität Bern diese Messstationen weiter, bis sie im Juni 1977 in die Obhut des WEA übergingen. Daraufhin wurde der Tagestotalisator in Bätterkinden, der Pluviograph in Heimiswil und im August 1978 die Messstation in Wengi aufgehoben. Ende 1979 wurden noch die beiden Pluviographen Kirchberg, Widenhof, und Fraubrunnen, Dorf, betreut.

Tabelle III,13

Niederschlags-Messstationen

Ort	WEA-Bez.	Höhe	Beobachtungsdauer
Burgdorf, Gaswerk	613.212/21D	525	seit 1899
Koppigen, Oeschberg	613.219/6P+D	482	1.12.1960 -
Heimiswil, Kaltacker	617.214/5P	711	17.6.1966 - 28.2.1977
Bätterkinden, Dorf	607.220/1D	473	26.6.1966 - 28.2.1977
Fraubrunnen	606.214/11D	496	27.6.1966 - 31.10.1967
Wengi, Dorf	597.214/9P	490	21.9.1968 - 25.8.1978
Kirchberg, Widenhof	610.217/13P	496	21.9.1968 -
Fraubrunnen, Dorf	606.214/6P	497	29.1.1969 -

D = Tagestotalisator P = Pluviograph

In seiner Dissertation gibt BLOCH die Messwerte und ihre Auswertung für das von ihm aufgebaute Niederschlags-Messstellennetz (1972).

Während unserer Untersuchungsperiode weisen die Messreihen dieser Stationen leider wesentliche Lücken auf. Die Grundwasserbilanzierung in Kap. 6 basiert daher auf den beiden Niederschlags-Messstationen Koppigen und Burgdorf der MZA. Von diesen beiden Stationen zeigt Tabelle III, 14 die jährlichen Niederschlagshöhen, und in Beilage III, 5 sind für die MZA-Station Burgdorf die täglichen Niederschlagshöhen dargestellt worden.

Tabelle III,14

Jährliche Niederschlagshöhen 1971 - 1978

Messstationen MZA	WEA-Bez.	Niederschlagshöhen in mm im Jahr								Mittel
		1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1971-1978
Koppigen, Oeschb.	613.219/6P+D	761	981	917	1061	984	804	1320	1114	993
Burgdorf, Gaswerk	613.212/21D	858	924	924	949	980	749	1199	1038	953

3.5.2. Oberflächengewässer

3.5.2.1. Wasserstands-Abstichpunkte

Während der Untersuchungsperiode wurden aufgrund von Zwischenauswertungen etappenweise über 250 Wasserstands-Abstichpunkte an der Emme, den Seitenbächen und Kanälen sowie an den Grundwasseraustritten erstellt. Diese Pegelmessstellen ermöglichten, die Wasserspiegel der Oberflächengewässer einzumessen, mit der Grundwasserspiegelfläche zu vergleichen und die Exfiltrations- und Infiltrationsgebiete auszuscheiden. Sie wurden insbesondere während den Simultanmessungen des Grundwasserspiegels und den Abflussmengenmessungen in den Oberflächengewässern beobachtet.

Beilage III, 2B zeigt die Wasserstände in den Oberflächengewässern und Beilage III, 5 den Emmewasserspiegel für die Simultanmessung vom 3. Oktober 1978. Von allen Messwerten existieren Messprotokolle.

3.5.2.2. Abflussmengen-Messstellen

Abflussmengen-Messstellen sind ausgewählte, messtechnisch geeignete Querprofile von Oberflächengewässern, in welchen die Abflussmengen ein bis mehrmals gemessen werden. Im Untersuchungsgebiet liegen sie an der Emme, den Seitenbächen, Kanälen und den Grundwasseraustritten in den Exfiltrationsgebieten und sind mit einem Wasserstands-Abstichpunkt kombiniert. Im Rahmen der "Modellstudie Emmental" (NFP) wurde das Abflussmengen-Messstellennetz wesentlich erweitert. Die Lage der Abflussmessstellen ist aus Beilage III, 5 ersichtlich.

Die Abflussmengen wurden mit Messflügeln, dem Tauchstab nach JENS (vgl. MUCHENBERGER 1979) und bei kleinen Wassermengen mittels Messbehälter oder Schwimmkörpern gemessen. Sohlenveränderungen und Verkrautungen führten in einzelnen Messprofilen teilweise zu erheblichen Veränderungen der Abflussverhältnisse und mussten für die Abflussmengenbeziehungen soweit als möglich mitberücksichtigt werden.

Die Resultate der Abflussmengen-Messungen werden, soweit sie bis heute vorliegen, in den Kapiteln 3.5.4.1. bis 3.5.4.3. beschrieben. Die ergänzenden Messungen und Auswertungen für die "Modellstudie Emmental" (NFP) erlauben

vorläufig, provisorische Wasserstands-Abflussbeziehungen aufzustellen und damit die Infiltrations- und Exfiltrationsmengen abzuschätzen.

3.5.2.3. Abflussmengen-Messstationen

Bei Abflussmengen-Messstationen wird mit Hilfe der Wasserstandsaufzeichnung eines Schreibpegels und der passenden Eichfunktion kontinuierlich die Abflussmenge bestimmt. Die Eichfunktion basiert auf Eichmessungen bei verschiedenen Wasserständen. Abflussmengen-Messstationen erfassen das Abflussgeschehen wesentlich besser als Abflussmengen-Messstellen.

Im Untersuchungsgebiet befindet sich die eidgenössische hydrometrische Station Emme, Wiler (608.221/7E), ca. 1.25 km oberhalb der Kantonsgrenze Bern/Solothurn. Die Mengenangaben für diese Station enthalten den Abfluss der Emme, des Werkkanals Gerlafingen (608.223/17E) und des Strackbachs (609.223/32E). Sie werden für die Emme und den Werkkanal aufgrund von Schreibpegelaufzeichnungen, für den Strackbach aufgrund periodischer Einzelmessungen der Wasserstände bestimmt, sodann zusammengezählt und gesamthaft in Form von Tages-, Monats- und Jahresmitteln in den Hydrographischen Jahrbüchern der Schweiz veröffentlicht.

Das Einzugsgebiet dieser Station hat eine Fläche von ca. 940 km^2. Es umfasst das gesamte Obere, Mittlere und Untere Emmental, ausgenommen das Einzugsgebiet der Oesch und der Grundwasseraustritte bei Zielebach und Recherswil sowie ein Teil des Einzugsgebietes des Oberholzbaches. Die Station Emme, Wiler, vermittelt einen bedeutenden Ueberblick über das Abflussgeschehen im Emmental.

Für die Bilanzierung der Abflussmengen wurden durch das Geographische Institut (BLOCH, 1972) vorerst an der Oesch, an der Urtenen, am Limpach und am Luterbach sowie später - zusammen mit dem Wasserwerk Burgdorf - an der Emme im Oberburgschachen, bei Burgdorf, fünf Abflussmengen-Messstationen erstellt und betreut (vgl. Tabelle III, 15).

In den Jahren 1976 und 1977 übernahm das WEA/Geologie die Ueberwachung der Messstationen. Es zeigte sich, dass weitere Messstationen notwendig waren, um wenigstens einigermassen die Zielsetzung zu erreichen. Ferner musste festgestellt werden, dass nur eine intensive Betreuung der Messstationen und vermehrte Eichmessungen zu befriedigenden Abflussdaten führen. So wurden grosse Anstrengungen unternommen, um vor allem die zu- und abfliessenden Mengen für das Untersuchungsgebiet umfassender und genauer messen zu können.

Die Messstationen Emme Burgdorf, Oberburgschachen (614.209/6), und Luterbach, Oberburg (614.209/35), wurden daher im Juni 1977 mit einer Station am Oberburg-Dorfbach (614.209/48) ergänzt. Damit konnte der grösste Teil des oberflächlichen Zuflusses im Profil Oberburg erfasst werden. Nicht zu messen war mit diesen drei Messstationen die Wassermenge des Grundbaches, der eine Teilmenge des Oberburger Gewerbekanals in die Emme unterhalb der Messstation Emme, Oberburgschachen, führt. Sie dürfte im Mittel knapp 0.1 m^3/s betragen, eine Menge, die den mittleren, oberflächlichen Jahresdurchfluss des Profiles Ober-

burg von ca. 20 m^3/s nicht wesentlich verfälschen kann.

Im Juli 1978 wurde noch die Messstation am Oberholzbach bei Koppigen errichtet. Damit wurde es möglich, mit den Stationen im Raum Wiler (Emme, Strackbach und Gewerbekanal) und der Oesch, den grössten Teil des oberflächlichen Abflusses aus dem Untersuchungsgebiet zu bestimmen. Einzig die Grundwasseraustritte Zielebach, Recherswil, Willadingen und unterhalb Wiler liegen nicht im Einzugsgebiet dieser Stationen. Ihre Abflussmengen können aber mit Grundwasserstand-Abflussbeziehungen ermittelt werden (vgl. Kap. 3.5.4.3.).

Tabelle III,15

Abflussmengen-Messstationen (Abflusspegel)

GEMEINDE, FLURNAMEN(NAEHERE BEZEICHNUNG)	WEA-BEZ.	FELD-BEZ.	KOORDINATEN Y (M)	KOORDINATEN X (M)	PEGEL-NULLPKT M UE.M.	BEOBACHTUNGSDAUER	BETREUUNG
URTENEN,SCHALUNEN,MUEHLE	606.617/10	URTS1	606950/217390		480.97	12.06.66	WEA(BUERO WERNER)
LIMPACH,KRAEILIGEN,RUETI	607.222/1	LIMK1	607580/222490		458.36	28.12.68-	WEA(BUERO WERNER)
EMME,WILER,MOOSBRUNNEN	608.223/7E	EMMEW	608220/223240		450.00	SEIT 1921	LANDESHYDROLOGIE
WERKKANAL,WILER	608.223/17	WKAC1	608770/223645		450.00		LANDESHYDROLOGIE
STRACKBACH,WILER,BANNHOLZ	609.223/32	STBG1	609250/223290				LANDESHYDROLOGIE
OBERHOLZBACH,KOPPIGEN,ERLIWALD	611.221/51	OHOK1	611170/221860		465.56	20.07.78-	WEA(BUERO WERNER)
OESCH,KOPPIGEN,WEIDMOOS	612.221/2	OESK1	612875/221075		467.24	10.06.66-	WEA(BUERO WERNER)
LUTERBACH,OBERBURG,DORF	614.209/35	LUTO1	614020/209730		547.59	13.01.69-	WEA(BUERO WERNER)
OBERBURG-DORFBACH(MUEHLIBACH),OBERBURG,DORF	614.209/48	MBAD1	614315/209760		546.77	09.06.77-	WEA(BUERO WERNER)
EMME,BURGDORF,OBERBURGSCHACHEN	615.209/6	EMMEO	615205/209145		552.01	27.02.70-	WEA(BUERO WERNER)

Im Frühling 1978 wurde bei den Messstationen Urtenen, Limpach und Oesch das Bachbett seitlich auf ca. 10 m mit Brettern ausgekleidet. Anschliessend erfolgten häufiger Eichmessungen. Dies ermöglichte, bei relativ eindeutigen Messprofilen durch Pegelkorrekturen die Einflüsse der Verkrautung und der Sohlenschwankungen zu reduzieren. Mit diesen Massnahmen dürfte die erreichte Genauigkeit der Abflussmengen ca. $\pm$ 5 - 10 % betragen. Für die vorangegangenen Jahre muss mit Fehlern von über $\pm$ 10 % gerechnet werden.

Im folgenden werden für die einzelnen kantonalen Abflussmengen-Messstationen noch einige spezielle Hinweise gegeben und die Ergebnisse der bisherigen Eichmessungen zusammengestellt. Für das Jahr 1978 liegen die zuverlässigsten Eichfunktionen vor. Zudem basieren viele Berechnungen und Beilagen auf den Messwerten von 1978. Deshalb werden auch die Abflussmengen-Dauerlinien für das Jahr 1978 gezeigt. Der Abfluss vom 3.10.1978, welcher der Oberflächenwasser-Abflussbilanz in Kapitel 3.5.4.4. zugrunde liegt, wurde in den Abflussmengen-Dauerlinien speziell hervorgehoben.

Für die eidgenössische hydrometrische Station Emme, Wiler, können die entsprechenden Angaben dem Hydrographischen Jahrbuch 1978 entnommen werden.

Emme Burgdorf, Oberburgschachen (615.209/6)

Mit dieser Messstation wird der grösste Teil des oberflächlich abfliessenden Wassers aus dem Einzugsgebiet des Mittleren und Oberen Emmentales erfasst. Seit dem Jahr 1979, als sie im Rahmen der "Modellstudie Emmental" (NFP) dank der Unterstützung der "Landeshydrologie" des Bundesamtes für Umweltschutz umgebaut und messtechnisch wesentlich verbessert werden konnte, ist sie dem Netz dieser Fachstelle angegliedert.

Tabelle III,16

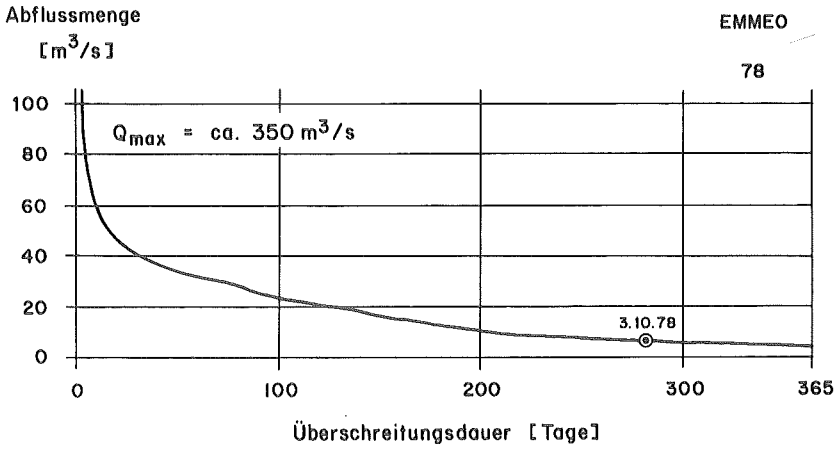
Eichmessungen Emme Burgdorf, Oberburgschachen

OBERFLAECHENGEWAESSER	WEA BEZEICHNUNG	WERNER BEZEICHN.	DATUM, ZEIT	MESSART	ABFLUSSMENGE L/S	WASSERSTAND M UE.M.	PEGEL CM
EMME BURGDORF,OBERBURGSCHACHEN	615.209/6	EMMEO	09.08.69	FLUEGEL	5747	552.173	16.3
			17.03.70	FLUEGEL	9925	552.290	28.0
			10.04.70	FLUEGEL	20500	552.385	37.5
			18.04.70	FLUEGEL	104799	552.895	88.5
			19.09.70	FLUEGEL	6212	552.200	19.0
			02.12.70	FLUEGEL	12337	552.265	25.5
			22.12.70	FLUEGEL	4346	552.150	14.0
			07.06.71	FLUEGEL	40721	552.625	61.5
			06.08.76 1600-1720	STAB	5560	552.225	21.5
			24.08.76 0915-1400	STAB	3340	552.190	18.0
			23.09.76 1050-1200	STAB	4240	552.203	19.3
			03.03.77 0950-1540	FLUEGEL	26890	552.459	44.9
			28.06.77 0915-1430	FLUEGEL	21850	552.398	38.8
			12.04.78 1000-1400	FLUEGEL	17180	552.318	30.8
			11.05.78 0930-1445	FLUEGEL	20346	552.368	35.8
			26.05.78 0900-1500	FLUEGEL	40550	552.523	51.3

Vor dem Umbau waren Eichmessungen lediglich bis zu einem Wasserstand von ca. 80 cm möglich. Grössere Abflussmengen konnten nur durch Extrapolationsbetrachtungen ermittelt werden.

Figur III,43

Abflussmengen-Dauerlinie 1978 Emme Burgdorf, Oberburgschachen



Oberburg-Dorfbach (614.209/48)

Der Oberburg-Dorfbach führt Wasser aus dem Biembach, dem Oberburg-Gewerbekanal und dem Hasle-Gewerbekanal. Die Wasserführung in den Kanälen wird je nach Bedarf reguliert.

Tabelle III,17

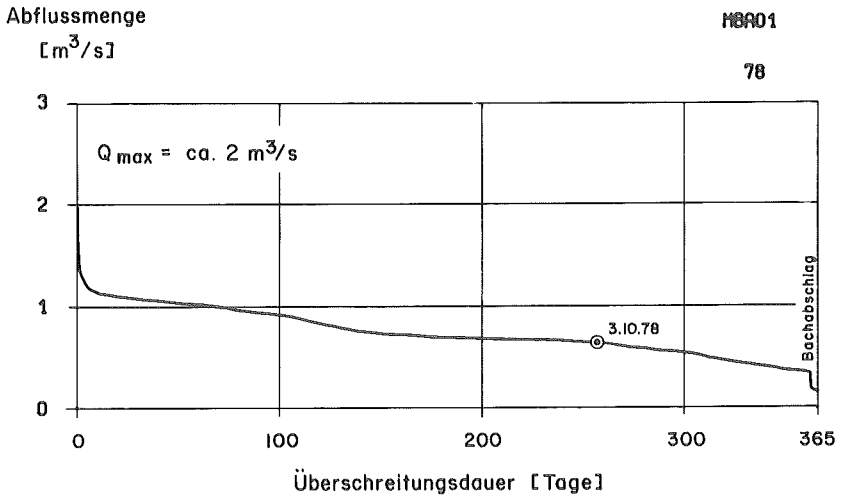
Eichmessungen Oberburg-Dorfbach

OBERFLAECHENGEWAESSER	WEA BEZEICHNUNG	WERNER BEZEICHN.	DATUM, ZEIT	MESSART	ABFLUSSMENGE L/S	WASSERSTAND M UE.M.	PEGEL CM
OBERBURG-DORFBACH (MUEHLEBACH)	614.209/48	MBA01	21.06.77 1015-1300	FLUEGEL	446	546.970	20.0
			05.08.77 1300-1400	FLUEGEL	692	547.020	25.0
			04.10.77 1045-1145	FLUEGEL	498	546.970	20.0
			05.04.78 1600-1715	FLUEGEL	856	547.120	35.0
			21.04.78 1400-1600	FLUEGEL	1112	547.180	41.0
			03.08.78 0900-1100	FLUEGEL	423	546.945	17.5

Die Resultate der sechs Eichmessungen ergeben eine eindeutige, gute Eichkurve.

Figur III,44

Abflussmengen-Dauerlinie 1978 Oberburg-Dorfbach



Luterbach Oberburg, Dorf (614.209/35)

Das hier gemessene Wasser stammt ungefähr je zur Hälfte vom Luterbach und vom Chrouchtalbach, die sich 1 km oberhalb der Messstation vereinen.

Tabelle III,18

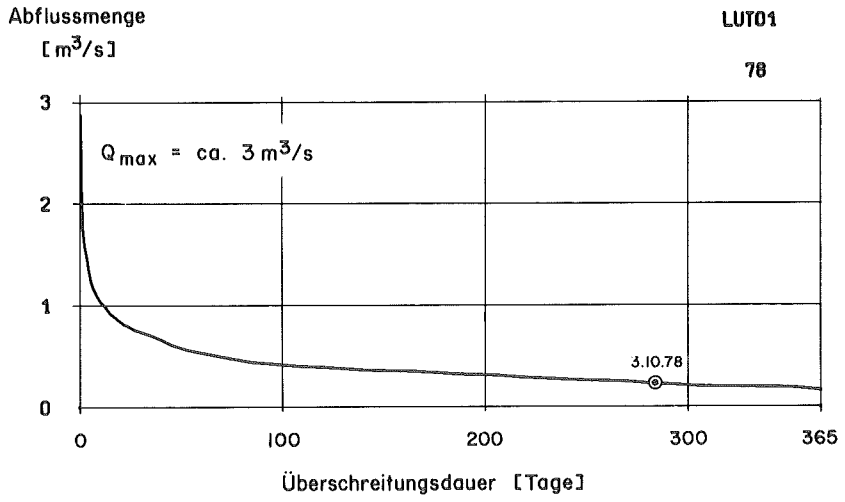
Eichmessungen Luterbach

OBERFLAECHENGEWAESSER	WEA BEZEICHNUNG	WERNER BEZEICHN.	DATUM, ZEIT	MESSART	ABFLUSSMENGE L/S	WASSERSTAND M UE.M.	PEGEL CM
LUTERBACH 1 OBERBURG,DORF	614.209/35	LUT01	01.02.69	FLUEGEL	343	547.890	30.0
			10.03.69	FLUEGEL	354	547.885	29.5
			26.07.69	FLUEGEL	220	547.850	26.0
			02.11.69	FLUEGEL	168	547.830	24.0
			24.02.70	FLUEGEL	2128	548.180	59.0
			09.04.70	FLUEGEL	1229	548.040	45.0
			22.04.70	FLUEGEL	895	547.995	40.5
			20.06.70	FLUEGEL	324	547.870	28.0
			25.09.70	FLUEGEL	234	547.830	24.0
			23.11.70	FLUEGEL	457	547.900	31.0
			02.12.70	FLUEGEL	294	547.860	27.0
			01.12.71	FLUEGEL	263	547.863	27.3
			20.05.74	FLUEGEL	153	547.823	23.3
			29.05.74	FLUEGEL	152	547.820	23.0
			12.06.74	FLUEGEL	198	547.840	25.0
			15.05.75	FLUEGEL	207	547.868	27.8
			19.06.75	FLUEGEL	284	547.895	30.5
			21.06.77 0745-0945	FLUEGEL	283	547.860	27.0
			04.10.77 0920-1020	FLUEGEL	193	547.835	24.5
			04.04.78 1545-1715	FLUEGEL	477	547.925	33.5
			21.04.78 1030-1130	FLUEGEL	357	547.890	30.0
			24.05.78 1400-1530	FLUEGEL	1012	548.040	45.0

Die Eichmessungen der über 10-jährigen Messperiode ergeben eine zuverlässige Eichkurve.

Figur III, 45

Abflussmengen-Dauerlinie 1978 Luterbach



Urtenen, Schalunen (606.217/10)

Durch diesen Messquerschnitt fliesst ausser dem Wasser aus dem topographischen Einzugsgebiet der Urtenen auch solches aus dem Krauchtal (über die ARA Holzmühle) und aus den Grundwasseraustritten im Raum Fraubrunnen.

Tabelle III,19

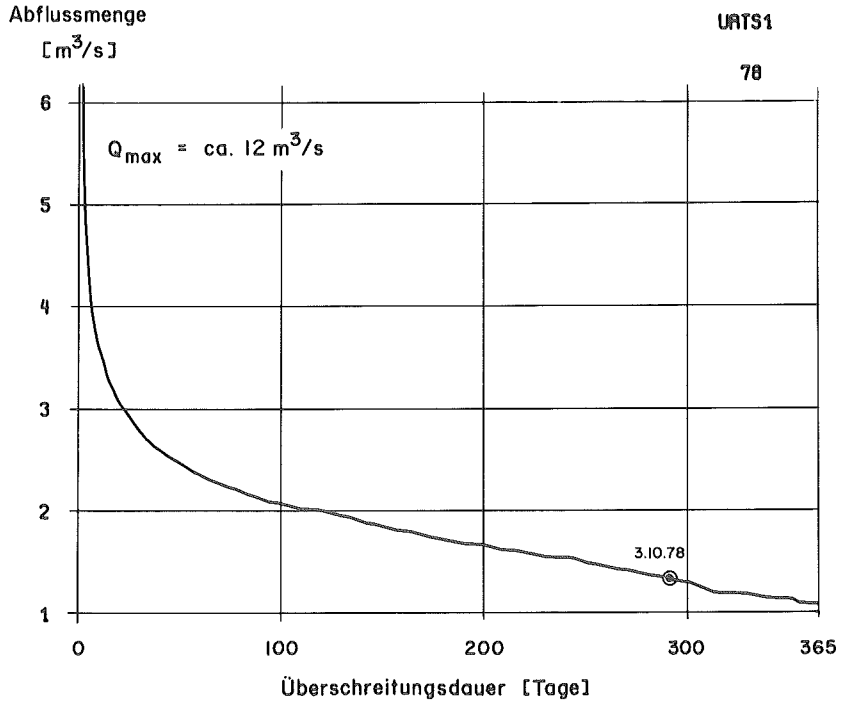
Eichmessungen Urtenen, Schalunen

OBERFLAECHENGEWAESSER	WEA BEZEICHNUNG	WERNER BEZEICHN.	DATUM, ZEIT	MESSART	ABFLUSSMENGE L/S	WASSERSTAND M UE.M.	PEGEL CM
URTENE SCHALUNEN,MUEHLE	606.217/10	URTS1	13.06.66	FLUEGEL	2271	481.320	35.0
			14.03.68	FLUEGEL	1805	481.310	34.0
			02.11.69	FLUEGEL	913	481.200	23.0
			24.02.70	FLUEGEL	9277	481.735	76.5
			10.04.70	FLUEGEL	3777	481.415	44.5
			22.04.70	FLUEGEL	3137	481.350	38.0
			10.06.70	FLUEGEL	1995	481.260	29.0
			25.09.70	FLUEGEL	1328	481.230	26.0
			24.11.70	FLUEGEL	1901	481.270	30.0
			22.12.70	FLUEGEL	1275	481.210	24.0
			01.12.71	FLUEGEL	1254	481.210	24.0
			15.05.74	FLUEGEL	954	481.180	21.0
			29.05.74	FLUEGEL	946	481.210	24.0
			27.11.74	FLUEGEL	1570	481.298	32.8
			15.01.75	FLUEGEL	1290	481.265	29.5
			29.01.75	FLUEGEL	2630	481.435	46.5
			12.02.75	FLUEGEL	1430	481.290	32.0
			06.06.75	FLUEGEL	1180	481.270	30.0
			23.06.77 0945-1200	FLUEGEL	1885	481.350	38.0
			04.08.77 1100-1400	FLUEGEL	1755	481.440	47.0
			05.04.78 0900-1200	FLUEGEL	2366	481.498	52.8
			19.04.78 1000-1400	FLUEGEL	1962	481.495	52.5
			03.05.78 1330-1630	FLUEGEL	2076	481.574	60.4
			08.06.78 0900-1245	FLUEGEL	2070	481.658	68.8
			01.08.78 0900-1230	FLUEGEL	1842	481.413	44.3
			19.10.78 1230-1615	FLUEGEL	1344	481.300	33.0
			01.12.78 1345-1715	FLUEGEL	1100	481.300	33.0

Die Messgenauigkeit wird stark beeinflusst durch die Verkrautung des Flussbettes im Sommer und Sohlenveränderungen bei Hochwässern. Ohne häufige Kontrollen und die Berücksichtigung dieser Einflüsse können keine brauchbaren Messresultate erzielt werden.

Figur III,46

Abflussmengen-Dauerlinie 1978 Urtenen, Schalunen



Limpach, Kräiligen (607.222/1)

Mit dieser Messstation wird das Wasser aus dem topographischen Einzugsgebiet des Limpachs, Grundwasser aus dem Emmentalgrundwasserleiter, welches in den Limpach exfiltriert (vgl. Kap. 3.5.4.3.), und das bei Kräiligen zufliessende Wasser des Bätterkinden-Dorfbaches erfasst. Der Bätterkinden-Dorfbach führt eine Teilmenge des Bätterkinden-Kanalsystems, das von der Urtenen und der Emme gespiesen wird.

Tabelle III,20

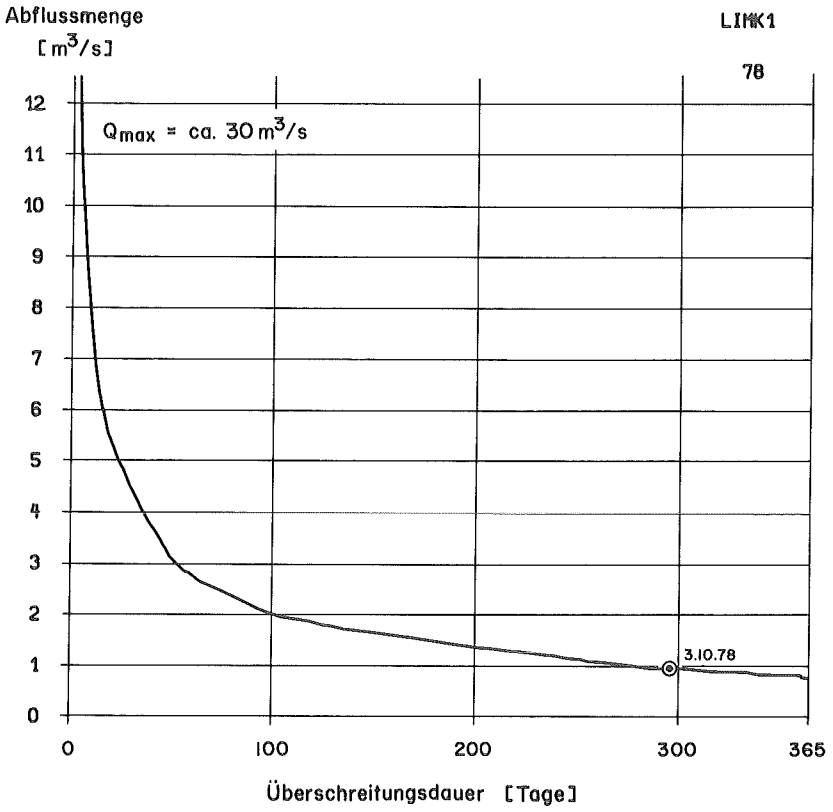
Eichmessungen Limpach, Kräiligen

OBERFLAECHENGEWAESSER	WEA BEZEICHNUNG	WERNER BEZEICHN.	DATUM, ZEIT	MESSART	ABFLUSSMENGE L/S	WASSERSTAND M UE.M.	PEGEL CM
LIMPACH KRAEILIGEN,RUETI	607.222/1	LIMK1	29.01.69	FLUEGEL	2310	458.900	54.0
			19.06.69	FLUEGEL	1750	458.830	47.0
			09.08.69	FLUEGEL	728	458.680	32.0
			02.11.69	FLUEGEL	603	458.670	31.0
			24.02.70	FLUEGEL	18040	459.920	156.0
			17.03.70	FLUEGEL	1753	458.765	40.5
			09.04.70	FLUEGEL	6240	459.200	84.0
			22.04.70	FLUEGEL	2826	458.880	52.0
			20.05.70	FLUEGEL	1945	458.790	43.0
			03.06.70	FLUEGEL	1245	458.705	34.5
			20.06.70	FLUEGEL	1044	458.660	30.0
			11.11.70	FLUEGEL	836	458.625	26.5
			27.11.70	FLUEGEL	1435	458.720	36.0
			04.12.70	FLUEGEL	2240	458.830	47.0
			15.01.75	FLUEGEL	802	458.700	34.0
			26.02.75	FLUEGEL	1080	458.715	35.5
			06.06.75	FLUEGEL	1020	458.710	35.0
			03.08.77 1300-1600	FLUEGEL	1420	458.805	44.5
			05.10.77 0940-1200	FLUEGEL	847	458.719	35.0
			06.04.78 1400-1715	FLUEGEL	1436	458.743	38.3
			20.04.78 1330-1630	FLUEGEL	1295	458.725	36.5
			08.05.78 1400-1700	FLUEGEL	1747	458.798	43.8
			11.10.78 0830-1130	FLUEGEL	859	458.665	30.5

Bei dieser Messstation sind Sohlenveränderungen nach grossen Abflüssen möglich. Sie erfordern deshalb entsprechende Kontrollen.

Figur III,47

Abflussmengen-Dauerlinie 1978 Limpach, Kräiligen



Oberholzbach, Koppigen (611.221/51)

Der Oberholzbach führt eine Restwassermenge des Kanalsystems von Burgdorf. Er wird in einem Düker unter der Emme zwischen Burgdorf und Kirchberg durchgeführt und fliesst anschliessend längs der Autobahn nach Gerlafingen.

Tabelle III,21

Eichmessungen Oberholzbach, Koppigen

OBERFLAECHENGEWAESSER	WEA BEZEICHNUNG	WERNER BEZEICHN.	DATUM, ZEIT	MESSART	ABFLUSSMENGE L/S	WASSERSTAND M UE.M.	PEGEL CM
OBERHOLZBACH KOPPIGEN	611.221/51	OHOK1	11.08.78 1000-1200	FLUEGEL	1099	466.915	45.5

Bis Ende 1978 lag erst eine einzige Eichmessung für diese Station vor. Da aber der Oberholzbach nur relativ kleine Spiegelschwankungen aufweist, kann damit die Abflussmenge genügend genau abgeschätzt werden.

Oesch, Koppigen (612.221/2)

Die Oesch fliesst direkt in die Aare. Ihr Einzugsgebiet erhält lediglich über Grundwasseraustritte Zufluss aus dem Emmental.

Tabelle III,22

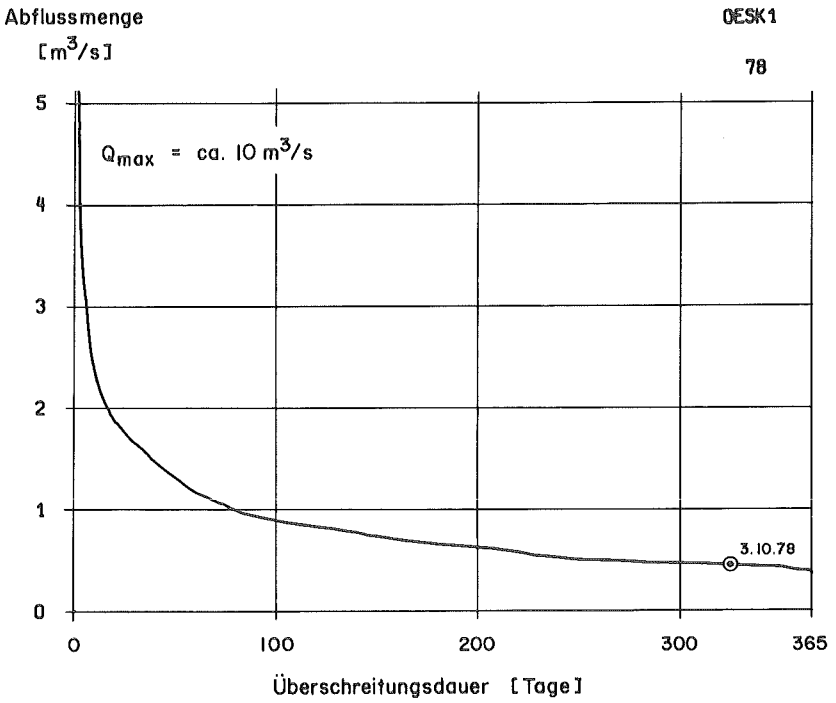
Eichmessungen Oesch, Koppigen

OBERFLAECHENGEWAESSER	WEA BEZEICHNUNG	WERNER BEZEICHN.	DATUM, ZEIT	MESSART	ABFLUSSMENGE L/S	WASSERSTAND M UE.M.	PEGEL CM
OESCH KOPPIGEN,WEIDMOOS	612.221/2	OESK1	13.06.66	FLUEGEL	630	467.615	37.5
			14.03.68	FLUEGEL	838	467.720	48.0
			03.06.69	FLUEGEL	389	467.540	30.0
			26.07.69	FLUEGEL	378	467.510	27.0
			02.11.69	FLUEGEL	323	467.488	24.8
			24.02.70	FLUEGEL	4745	468.210	97.0
			10.04.70	FLUEGEL	1572	467.735	49.5
			22.04.70	FLUEGEL	1202	467.660	42.0
			20.05.70	FLUEGEL	869	467.595	35.5
			20.06.70	FLUEGEL	603	467.580	34.0
			19.09.70	FLUEGEL	470	467.520	28.0
			23.11.70	FLUEGEL	704	467.595	35.5
			02.12.70	FLUEGEL	489	467.545	30.5
			01.12.71	FLUEGEL	386	467.620	38.0
			29.05.74	FLUEGEL	273	467.560	32.0
			15.01.75	FLUEGEL	540	467.530	29.0
			06.06.75	FLUEGEL	372	467.510	27.0
			12.06.75	FLUEGEL	264	467.488	24.8
			19.06.75	FLUEGEL	285	467.525	28.5
			22.06.77 0930-1200	FLUEGEL	526	467.625	38.5
			05.04.78 1400-1500	FLUEGEL	1078	467.668	42.8
			19.04.78 1500-1730	FLUEGEL	884	467.565	32.5
			05.05.78 1515-1645	FLUEGEL	827	467.563	32.3
			01.08.78 1400-1530	FLUEGEL	588	467.497	25.7
			11.10.78 1400-1545	FLUEGEL	333	467.448	20.8

Durch den erwähnten Messstellenbausbau konnte die Genauigkeit der Abflussmengen wesentlich verbessert werden. Sohlenveränderungen sind aber nach wie vor möglich und zu beachten.

Figur III,48

Abflussmengen-Dauerlinie 1978 Oesch, Koppigen



In Tabelle III, 23 wurden die mittleren Jahresabflussmengen für die Jahre 1972 bis 1978 zusammengestellt. Bis zur direkten Betreuung der Messstellen im Rahmen unseres Untersuchungsprogramms liegen leider teilweise lückenhafte Messungen und Auswertungen vor. Zudem muss bei den angegebenen Abflussmengen 2) infolge des ungenügenden Messprofilausbaus und der extensiven Wartung der Messstationen bis 1976 mit beachtlichen Ungenauigkeiten gerechnet werden.

Tabelle III,23

Mittlere Jahresabflussmenge 1972-1978

Oberflächengewässer	WEA-Bez.	Mittlere Jahresabflussmenge m^3/s							Tagesmittel
		1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	3.10.1978
Emme, Burgdorf	615.209/6						20.9	19.0	6.59
Oberburg-Dorfbach	614.209/45							0.74	0.64
Luterbach,[2] Oberburg	614.209/35	0.21	0.30	0.27	0.26	0.17	0.36	0.40	0.23
Urtenen,[2] Schalunen	606.217/10				1.41	1.26	1.59	1.88	1.32
Limpach,[2] Kräiligen	607.222/1				2.04	1.18	1.84	2.14	0.95
Emme,[1] Wiler	608.223/7E	15.1	17.6	18.6	19.1	9.93	24.1	22.6	7.97
Oesch,[2] Koppigen	612.221/2						0.66	0.86	0.44

Die mittlere Abflussmenge bei der Messstation Emme, Wiler, entspricht während unserer Beobachtungszeit von 1972 bis 1978 mit 18.2 m^3/s beinahe dem langjährigen Mittel von 18.8 m^3/s für die Jahre 1921 bis 1978. Die Schwankungsbereiche der beiden Zeitperioden sind sich ebenfalls ähnlich.

		1921 - 1978	1972 - 1978
Grösste mittlere Jahresabflussmenge	m3/s	28.3 (1965)	24.1 (1977)
Kleinste mittlere Jahresabflussmenge	m3/s	9.04 (1949)	9.93 (1976)

Während der Jahre 1972 bis 1976 lagen die mittleren Abflussmengen leicht unter dem langjährigen Mittel. Im Jahr 1976 wurde mit 9.93 m^3/s beinahe das kleinste Jahresmittel der Periode 1921 bis 1978 erreicht. Die Jahre 1977 und 1978 brachten überdurchschnittlich grosse mittlere Abflussmengen.

3.5.3. Grundwasser

3.5.3.1. Beobachtungspunkte

Beim Aufbau des Beobachtungsnetzes strebten wir an, alle geeigneten, bestehenden Anlagen mit einzubeziehen und mit zusätzlichen Peilrohren möglichst gleichmässig über das ganze Untersuchungsgebiet verteilte Beobachtungspunkte zu erhalten.

Das Netz ist heute, ausgenommen in Gebieten mit grossem Flurabstand, relativ dicht. Es umfasst über 100 Bohrungen mit Filterrohren, 260 Peilrohre und 150 Ramm-, Schacht- oder Vertikalfilterbrunnen. Die Lage der wichtigsten Beobachtungspunkte ist aus Beilage III, 2B ersichtlich. Die Stammdaten aller Beobachtungspunkte (vgl. Figur III, 42) sind auf Magnetband gespeichert.

3.5.3.2. Simultanmessungen

Um Isohypsen des Grundwasserspiegels für das ganze Untersuchungsgebiet oder für Teilgebiete konstruieren zu können, wurden verschiedene Simultanmesskampagnen durchgeführt (vgl. Tabelle III, 24).

Tabelle III,24

Grundwasserspiegel-Messkampagnen

Datum	Ort	Grundwasser-spiegelstand	Anzahl Beobachtungs-punkte	Dokumentation der Beobach-tungswerte
27.09.1968	Unteres Emmental	hoch	40	Bloch, 1972
31.07.1974	Unteres Emmental	mittel-hoch	180	Werner
21.10.1974	Unteres Emmental	ca. mittel	50	Rehse
26.10.1974	Gebiet Fraubrunnen	ca. mittel	30	Werner
09.11.1974	Gebiet Utzenstorf	ca. mittel	30	Werner
20.11.1974	Unteres Emmental	ca. mittel	280	Werner
06.07.1976	Unteres Emmental	tief	250	Werner
11.02.1977	Unteres Emmental	hoch	300	Werner
03.10.1978	Unteres Emmental	ca. mittel	490	Werner

Die erste Simultanmessung erfolgte durch BLOCH bei einem hohen Grundwasserstand am 27. September 1968. Die entsprechende Isohypsenkarte im Massstab 1:50'000 (Aequidistanz 5 Meter) ist im Anhang seiner Dissertation (1972) zu finden.

Kurz vor Abschluss der Bohrkampagne 1974 führten wir am 31. Juli die zweite Simultanmessung durch. Die Messwerte lieferten ein provisorisches Isohypsenbild, mit dem allfällige Informationslücken aufgespürt werden sollten. Die Messungen am 26.10.1974 im Exfiltrationsgebiet Fraubrunnen, am 9.11.1974 im Exfiltrationsgebiet Utzenstorf-Bätterkinden und am 20.11.1974 im ganzen Untersuchungsgebiet verfolgten das gleiche Ziel. Die Isohypsen des Grundwasserspiegels am 20.11.1974 wurden im Zwischenbericht 1976 veröffentlicht (Dok. WEA).

Um die ersten geologischen Quer- und Längenprofile zu ergänzen, führte REHSE am 21.10.1974 in den mit Filterrohren versehenen Bohrungen Messungen durch.

Die Simultanmessung vom 6. Juli 1976 erfasste einen tiefen, diejenige vom 11. Februar 1977 einen hohen Grundwasserstand. Mit den Messdaten wurden provisorische Isohypsenpläne entworfen, die als Arbeitsunterlagen für diesen Schlussbericht dienten.

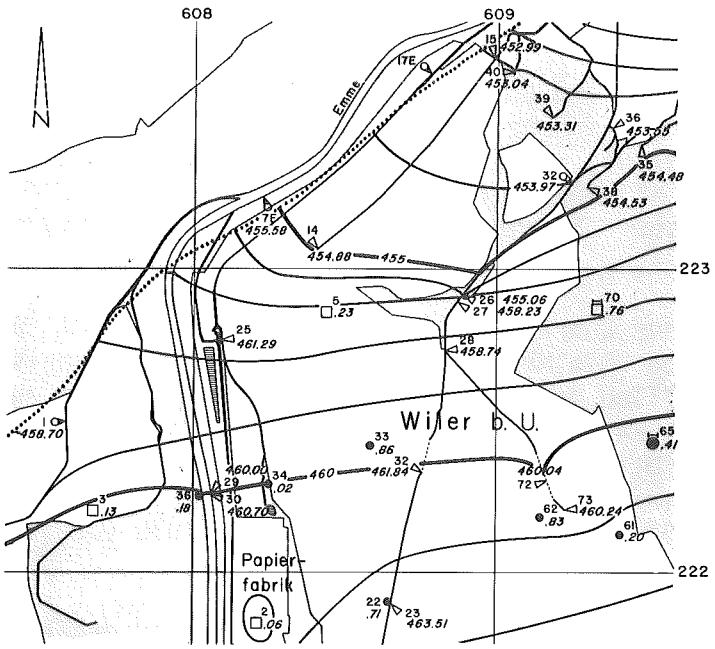
Bis im Herbst 1978 wurde das Messstellennetz nochmals erweitert und vor allem im Einflussbereich des Limpachs und des Chrümelbachs ergänzt. Die anschliessende, umfangreichste Simultanmessung vom 3.10.1978 umfasste zwischen Oberburg und Gerlafingen alle massgebenden Grundwasser-Beobachtungspunkte und Wasserstands-Abstichpunkte an den Oberflächengewässern. Die Messungen im Kantonsgebiet von Solothurn betreute freundlicherweise das Amt für Wasserwirt-

schaft des Kantons Solothurn und das Gas- und Wasserwerk Grenchen.

Beilage III, 2B zeigt die Resultate dieser letzten Simultanmessung. Die dargestellte Grundwasserspiegelfläche entspricht, ausgenommen im Gebiet von Wiler, einem höheren mittleren Wasserstand. Die künstliche Entwässerung für den Bau des ARA Sammelkanales senkten im Gebiet Wiler den Grundwasserspiegel im Mittel um 30-50 cm ab, beim Grundwasser-Schreibpegel 608.221/17 um ca. 30 cm. Als Vergleich werden daher in Fig. III, 49 und 50 die unbeeinflussten Grundwasserspiegel vom 6. Juli 1976 (tiefer Wasserstand) und vom 11. Februar 1977 (hoher Wasserstand) dargestellt.

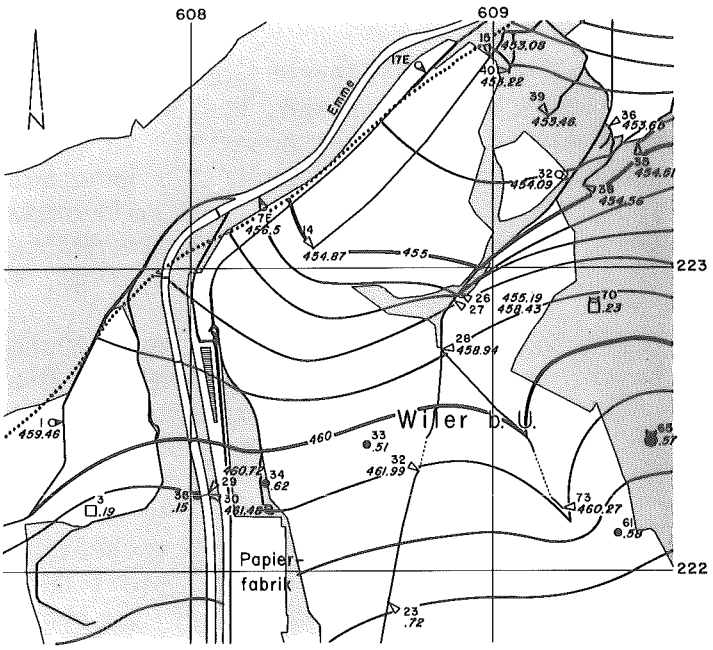
Figur III,49

Gebiet Wiler bei Utzenstorf 1:25'000
Grundwasserspiegel vom 6. Juli 1976 (tiefer Wasserstand)



Figur III,50

Gebiet Wiler bei Utzenstorf 1:25'000
Grundwasserspiegel vom 11. Februar 1977 (hoher Wasserstand)



3.5.3.3. Periodische Messungen

Zur Beurteilung der Grundwasserspiegelschwankungen wurden in den Beobachtungspunkten, welche in Beilage III, 5 eingezeichnet sind, die Grundwasserstände periodisch eingemessen.

BLOCH begann mit den ersten wöchentlichen Messungen im Herbst 1966 in 31 Beobachtungspunkten. Zwischen Ende 1967 und Ende 1968 fügte er weitere Messstellen in die Messtour ein, welche er im Herbst 1969 beendete. In den Jahren 1971 bis 1975 führten Studenten des Geographischen Institutes der Universität Bern sowie unser Messdienst die wöchentlichen Messungen teilweise weiter. Die Messwerte sind in Tabellen und Ganglinien wiedergegeben (Dok. WEA).

Daneben existieren auch Ganglinien von verschiedenen Beobachtungspunkten, welche entweder für die Abgrenzung von Schutzzonen (z.B. Vennersmühle Wasserversorgung) oder zur Ueberwachung der Grundwasservorräte (z.B. Gas- und Wasserwerk Grenchen) eingemessen wurden (Dok. WEA).

Der Einsatz von Schreibpegeln (vgl. Kap. 3.5.3.4.) erlaubte uns ab 1975 auf periodische Grundwasserspiegelmessungen im Rahmen dieses Untersuchungsprogramms zu verzichten.

3.5.3.4. Kontinuierliche Messungen/Schreibpegel

Von einigen Grundwassermessstellen im Untersuchungsgebiet sind Grundwasserspiegel-Aufzeichnungen vorhanden, welche vor der Untersuchungsperiode beginnen. Die ältesten - Pumpwerk Burgdorf (614.210/2) und Fassung der Papierfabrik Biberist (609.222/70) - gehen bis ins Jahr 1957 zurück.

Von den von BLOCH im Jahre 1970 installierten Schreibpegeln sind heute noch drei in Betrieb. Ab Ende 1974 begann das WEA, das Schreibpegelnetz systematisch auszubauen. Ferner wurden grosse Wasserbezüger vermehrt angehalten, den Wasserstand ihrer Fassungen aufzuzeichnen. Seit 1977 konnten zudem noch zwölf Schreibpegel des Nationalfonds, teilweise mit Temperatursonden ausgerüstet, installiert werden. Ende 1978 standen insgesamt 55 Grundwasser-Schreibpegel im Einsatz; davon wurden sieben durch Private betreut (vgl. Tabelle III, 25).

16 Beobachtungsorte befinden sich in der Nähe der Emme (Abstand bis 200 m). Die restlichen 39 Beobachtungsorte verteilen sich relativ gleichmässig auf das übrige Untersuchungsgebiet. Eine Uebersicht der Schreibpegel vermittelt Beilage III, 5. Aufgrund von EDV-Korrelationsbetrachtungen wurde das Schreibpegelnetz anfangs 1980 reduziert (Dok. WEA).

Von einigen privaten Schreibpegelaufzeichnungen abgesehen, haben wir seit 1970 einige, seit 1975 jedoch alle Messstreifen digitalisiert und mit unserem Computerprogramm GEOHYD (WERNER, BASLER & HOFMANN 1975) zu hydrographischen Jahrbüchern verarbeitet. Einige Ganglinien, welche die Wasserspiegelbewegungen für gewisse Teile des Untersuchungsgebietes repräsentativ charakterisieren, sind in Beilage III, 5 abgebildet worden. Die wichtigsten Informationen aus den durchgeführten Auswertungen wurden in den folgenden Tabellen zusammengestellt.

Tabelle III,25

Grundwasserschreibpegel des Unteren Emmentals

GEMEINDE, FLURNAMEN(NAEHERE BEZEICHNUNG)	WEA-BEZ.	FELD-BEZ.	KOORDINATEN Y (M)	KOORDINATEN X (M)	ABSTICH PUNKT M UE.M.	BEOBACHTUNGSDAUER	BETREUUNG
ZAUGGENRIED,LERCHENBERG	606.213/1	WAB51	606640	213700	513.48	30.09.77-	NFP(BUERO WERNER)
FRAUBRUNNEN,BRUEGGLI	606.215/19	WAB46	606942	215328	491.14	30.09.77-	NFP(BUERO WERNER)
BAETTERKINDEN,BAETTERKINDENFELD(LIMPACHTAL)	606.220/9	WAB64	606525	220440	467.23	16.06.78-	WEA(BUERO WERNER)
ZAUGGENRIED,TSCHUEPISHOLZ	607.212/5	WAB52	607575	212780	501.84	31.08.77-	NFP(BUERO WERNER)
ZAUGGENRIED,DORF	607.213/4	ZAH47	607895	213890	498.55	14.10.72-	WEA(BUERO WERNER)
FRAUBRUNNEN,FRAUBRUNNENMOOS	607.215/7	FRH35	607595	215200	492.42	01.03.70-04.03.72	GEOGR.INSTITUT,BERN
FRAUBRUNNEN,ERLENISCHLAG(FORSTHAUS BUCHHOF)	607.215/25	FRB01	607775	215925	492.11	13.09.74-	WEA(ABT.GEOLOGIE)
UTZENSTORF,ALTW DEN,PUMPWERK	607.217/1	AWF01	607820	217580	485.72	SEIT 69-	VENNERSMUEHLE WV
AEFLIGEN,NEUHOF	607.217/40	WAB27	607700	217050	487.52	18.02.77-	WEA(BUERO WERNER)
AEFLIGEN,KLAERANLAGE	607.217/58	AEH03	607440	217570	486.83	04.03.76-	WEA(ABT.GEOLOGIE)
BAETTERKINDEN,DORF	607.219/6	BAH14	607930	219970	470.57	06.03.70-	WEA(BUERO WERNER)
KERNENRIED,OBERHOLZ	608.212/10	WAB48	608730	212670	509.09	23.08.77-	NFP(BUERO WERNER)
KERNENRIED,UNTERHOLZ	608.213/21	FRB03	608750	213940	502.91	13.09.74-	WEA(ABT.GEOLOGIE)
FRAUBRUNNEN,FRAUBRUNNENWALD(VERSUCHSBRUNNEN VWV)	608.215/1	FRF01	608015	215520	494.79	03.08.72-01.06.76	GEOGR.INSTITUT,BERN
FRAUBRUNNEN,CHLOSTERWEG	608.215/18	FRB02	608090	215200	496.18	13.09.74-	WEA(ABT.GEOLOGIE)
UTZENSTORF,ALTWIDENFELD	608.216/7	WAB26	608970	216950	491.80	16.12.75-	WEA(ABT.GEOLOGIE)
AEFLIGEN,NOERDLICH ISCHLAG	608.216/15	WAB42	608920	216375	497.44	22.01.76-	WEA(BUERO WERNER)
UTZENSTORF,SUEDLICH ALTWIDENFELD	608.216/16	WAB41	608930	216430	497.05	22.01.76-17.11.77	WEA(BUERO WERNER)
UTZENSTORF,NORDOESTLICH ALTWIDEN	608.218/25	WAB58	608400	218020	485.30	23.01.76-	WEA(BUERO WERNER)
UTZENSTORF,EI	608.219/28	WAB13	608470	219010	479.19	18.05.76-	WEA(ABT.GEOLOGIE)
UTZENSTORF,PAPIERFABRIK	608.221/12	UTP02	608255	221375	466.81	18.05.76-	WEA(BUERO WERNER)
WILER,WILERFELD	608.221/17	UTH31	608980	221215	468.87	10.04.70-	WEA(BUERO WERNER)
FRAUBRUNNEN,WESTLICH MITTELFELD	609.214/6	WAB44	609450	214395	505.26	16.11.77-16.06.78	WEA(BUERO WERNER)
KIRCHBERG,SCHACHENRUETINEN	609.215/4	WAB39	609680	215990	501.01	22.01.76-	NFP(BUERO WERNER)
RUEDTLIGEN-ALCHENFLUEH,UNTERDORF	609.215/5	WAB43	609520	215570	499.71	21.01.76-	NFP(BUERO WERNER)
RUEDTLIGEN-ALCHENFLUEH,NORDOESTLICH UNTERDORF	609.215/6	WAB40	609670	215925	502.23	23.01.76-20.07.78	WEA(BUERO WERNER)
UTZENSTORF,OBERBUEL,MATTENHOF	609.219/3	WAB06	609595	219050	481.85	17.12.75-	WEA(ABT.GEOLOGIE)
WILER,WILERWALD	609.222/65	WIB01	609520	222425	464.06	17.12.75-	WEA(ABT.GEOLOGIE)
WILER,VORHOLZMATT	609.222/70	WIH01	609330	222870		SEIT 57-	PAPIERFABR. BIBERIST
KIRCHBERG,SPORTPLATZ	610.215/27	WAB37	610395	215375	506.51	22.01.76-	NFP(BUERO WERNER)
RUEDTLIGEN-ALCHENFLUEH,OESTLICH AUTOBAHN	610.215/28	WAB38	610445	215245	507.35	22.01.76-	WEA(BUERO WERNER)
KIRCHBERG,SPORTPLATZ	610.215/32	WAB66	610410	215385	506.05	20.07.78-	NFP(BUERO WERNER)
KIRCHBERG,WIDENHOF	610.216/13	WAB05	610025	216890	496.57	16.12.75-	WEA(ABT.GEOLOGIE)
KIRCHBERG,NEUHOF	610.216/25	WAB54	610065	216500	498.28	22.01.76-	WEA(BUERO WERNER)
UTZENSTORF,UTZISTORFWALD	610.217/14	WAB59	610080	217980	488.97	19.07.77-	NFP(BUERO WERNER)
UTZENSTORF,LINDENRAIN	610.219/21	WAB23	610930	219100	484.26	17.12.75-	WEA(ABT.GEOLOGIE)
UTZENSTORF,BURGERWALD	610.221/1	WAB21	610490	221440	470.76	17.12.75-	WEA(ABT.GEOLOGIE)
ZIELEBACH,DORF	610.223/23	ZIB01	610345	223215	460.20	17.12.75-	WEA(ABT.GEOLOGIE)
LYSSACH,NASSI	611.212/11	WAB32	611400	212685	521.00	07.01.77-	WEA(BUERO WERNER)
KIRCHBERG,VILBRINGENSCHACHEN(P-SCHWIMMBAD)	611.213/8	WAB33	611900	213720	518.61	16.12.75-	WEA(ABT.GEOLOGIE)
LYSSACH,OESTLICH,SCHACHENGUET	611.213/10	WAB34	611860	213550	519.29	23.01.76-31.12.77	WEA(BUERO WERNER)
KIRCHBERG,NORDWESTLICH LORRAINE	611.214/8	WAB35	611100	214580	511.58	05.01.78-	WEA(ABT.GEOLOGIE)
ERSIGEN,CHILCHGASS	611.215/10	WAB65	611475	215535	502.91	16.06.78-	NFP(BUERO WERNER)
ERSIGEN,OBERFELD	611.216/7	ERH03	611030	216140	501.10	01.01.75-	WV ERSIGEN
OBEROESCH,GROSSACHER	611.217/5	WAB60	611750	217885	488.84	19.07.77-	NFP(BUERO WERNER)
ERSIGEN,KALEBUEL	611.217/6	WAB56	611080	217050	495.04	18.07.77-16.06.78	NFP(BUERO WERNER)
KOPPIGEN,EMMEHUESLI	611.219/8	KOH05	611430	219720	478.77	27.02.70-28.10.72	GEOGR.INSTITUT,BERN
KOPPIGEN,GERENWALD	611.219/9	WAB24	611830	219110	484.75	16.12.75-05.01.78	WEA(ABT.GEOLOGIE)
KOPPIGEN,OESTLICH AUTOBAHN(USSERFELD)	611.220/19	WAB71	611340	220445	476.41	16.01.76-	WEA(ABT.GEOLOGIE)
BURGDORF,LERCHENBODEN	612.211/7	WAB62	612890	211855	535.09	30.12.77-20.07.78	NFP(BUERO WERNER)
BURGDORF,NOERDLICH BUECHMATT(PW SCHUEPBACH)	612.212/9	BUH28	612810	212940	520.31	01.02.70-	FIRMA SCHUEPBACH
BURGDORF,NOERDLICH BUECHMATT(BOHRUNG SCHUEPBACH)	612.213/1	BUB20	612750	213045	523.41	26.02.70-22.04.77	WEA(BUERO WERNER)
ERSIGEN,STAPFACHER	612.217/4	WAB57	612410	217005	497.55	08.12.76-	WEA(BUERO WERNER)
NIEDEROESCH,OESTLICH GERENWALD(KANTONSSTRASSE)	612.219/5	WAB25	612765	219090	482.76	16.12.75-	WEA(ABT.GEOLOGIE)
WILLADINGEN,SCHUELWALD	612.221/20	WAB20	612847	221405	471.12	04.12.75-	WEA(ABT.GEOLOGIE)
BURGDORF,LINDENFELD(BERUFSSCHULHAUS)	613.211/5	BUH38	613710	211110	538.44	01.04.76-	WEA(BUERO WERNER)
BURGDORF,WESTLICH BAHNHOF(AEBI)	613.212/3	BUAB1	613470	212195	530.89	01.04.76-	WEA(BUERO WERNER)
NIEDEROESCH,BUENACHER	613.218/5	WAB61	613035	218060	488.62	28.12.77-	WEA(BUERO WERNER)
WILLADINGEN,DORF,PUMPWERK	613.221/1	WLF01	613334	221763	464.06	11.08.75-	WV WILLADINGEN
OBERBURG,TEUFFENBACH	614.208/10	WAB63	614810	208415	558.65	17.11.77-	WEA(BUERO WERNER)
OBERBURG,LEIMEREN	614.209/14	OBH01	614540	209210	549.36	11.04.70-02.09.71	GEOGR.INSTITUT,BERN
BURGDORF,SCHACHEN(PUMPWERK 2)	614.210/2	BUF02	614640	210630	543.44	SEIT 57-	GAS+WASSERW.BURGDORF
BURGDORF,ISCHLAG	614.210/35	BUH01	614080	210490	542.62	26.02.70-30.09.71	GEOGR.INSTITUT,BERN
BURGDORF,SCHACHEN(GEISSRUETIWEG)	614.210/100	BB101	614650	210010	547.48	22.08.77-	WEA(BUERO WERNER)
BURGDORF,SCHULHAUS SCHLOSSMATT	614.210/217	BSR01	614365	210830	542.56	13.04.76-	WEA(BUERO WERNER)
BURGDORF,SAEGEGASSE	614.211/1	BUH12	614490	211820	536.59	01.04.76-01.05.77	WEA(BUERO WERNER)
BURGDORF,OESTLICH SCHLOSS(MARKTHALLE)	614.211/62	WAB70	614590	211505	540.24	23.11.76-	WEA(BUERO WERNER)
BURGDORF,NOERDLICH BAHNGELEISE SBB,TYPON	614.212/2	BUH08	614180	212270	532.39	01.04.76-11.05.77	WEA(BUERO WERNER)
BURGDORF,LORRAINE	614.212/28	BLB01	614705	212339	536.68	08.11.76-	MASCHINENFABRIK AEBI
BURGDORF,OBERBURGSCHACHEN	615.208/24	06151	615417	208729	557.15	22.08.77-	WEA(BUERO WERNER)

Die in Tabelle III, 26 zusammengestellten Höhen zeigen die Extremwerte der Grundwasserstände während der angegebenen Beobachtungszeit und erlauben den Vergleich mit den Isohypsen des Grundwasserspiegels für den 3.10.1978 in Beilage III, 2B. Es ist zu beachten, dass die teilweise kurzen Messperioden es nicht zulassen, langjährige Extremwerte abzuleiten.

Während der Beobachtungszeit traten die höchsten Grundwasserstände nach grossen Niederschlägen, teilweise verbunden mit der Schneeschmelze, hauptsächlich im Frühjahr 1977 auf. Die tiefsten Stände zeigten sich vor allem im Sommer 1976 und im Herbst - Winter 1978 nach niederschlagsarmen Perioden.

In Tabelle III, 27 sind die Differenzen zwischen den jährlichen Höchst- und Tiefständen, die sogenannten Schwankungsbereiche des Grundwasserspiegels, für die Beobachtungspunkte mit Schreibpegelmessungen aufgeführt.

Tabelle III,26

Extremwerte der Grundwasserstände während der Messperioden

Messtelle	Beobachtungszeit	Wasserstand 3.10.1978	Maximaler Wasserstand	Datum	Minimaler Wasserstand	Datum
606.213/1	30.09.77-31.12.78	498.13	498.60	14.04.78	497.45	30.12.78
606.215/19	30.09.77-31.12.78	488.38	489.04	20.03.78	488.17	31.10.77
606.220/9	16.06.78-31.12.78	461.73	462.80	11.08.78	461.37	07.12.78
607.212/5	31.08.77-31.12.78	498.45	498.97	14.04.78	497.79	30.12.78
607.213/4	14.10.72-31.12.78	496.36	496.97	30.04.77	495.57	28.11.76
607.215/25	13.09.74-31.12.78	488.18	489.32	29.04.77	487.31	10.07.76
607.217/40	18.02.77-31.12.78	484.66	485.26	21.03.78	484.06	08.12.78
607.217/58	04.03.76-31.12.78	482.72	483.50	08.08.78	482.21	08.12.78
607.219/6	06.03.70-31.12.78	468.47	469.57	25.11.72	467.80	02.01.70
608.212/10	23.08.77-31.12.78	498.85	499.57	07.04.78	498.01	30.12.78
608.213/21	13.09.74-31.12.78	497.16	498.44	15.05.77	495.65	01.12.76
608.215/18	13.09.74-31.12.78	490.76	492.06	02.05.77	489.59	19.07.76
608.216/7	16.12.75-31.12.78	485.31	486.81	04.05.77	483.80	11.07.76
608.216/15	22.01.76-31.12.78	487.29	488.97	05.05.77	485.63	12.07.76
608.218/25	23.01.76-31.12.78	481.79	482.66	13.05.77	481.26	10.12.78
608.219/28	18.05.76-31.12.78	477.52	477.87	29.04.77	477.37	10.07.76
608.221/12	18.05.76-31.12.78	461.74	463.50	14.02.77	461.40	05.12.78
608.221/17	10.04.70-31.12.78	465.53	466.77	27.02.70	465.19	12.11.72
609.215/4	22.01.76-31.12.78	488.97	491.17	05.05.77	487.63	09.12.78
609.215/5	21.01.76-31.12.78	490.64	492.48	05.05.77	489.35	23.01.77
609.219/3	17.12.75-31.12.78	478.33	479.26	13.05.77	477.54	19.07.76
609.222/65	17.12.75-31.12.78	460.50	461.73	10.02.77	460.41	06.07.76
610.215/27	22.01.76-31.12.78	499.64	502.09	10.07.77	496.37	12.11.77
610.215/28	22.01.76-31.12.78	495.84	497.86	02.05.77	493.45	24.10.77
610.215/32	20.07.78-31.12.78	492.93	493.56	21.08.78	491.00	08.12.78
610.216/13	16.12.75-31.12.78	485.54	487.35	05.05.77	483.64	18.07.76
610.216/25	22.01.76-31.12.78	486.96	488.80	04.05.77	485.61	23.01.77
610.217/14	19.07.77-31.12.78	482.48	483.63	30.03.78	481.48	21.12.78
610.219/21	17.12.75-31.12.78	477.04	478.31	04.05.77	476.21	25.07.76
610.221/1	17.12.75-31.12.78	464.68	466.18	14.02.77	464.00	29.08.76
610.223/23	17.12.75-31.12.78	455.13	456.55	10.02.77	454.37	07.06.76
611.212/11	07.01.77-31.12.78	509.56	511.80	14.05.77	507.86	23.01.77
611.213/8	16.12.75-31.12.78	508.96	511.46	04.05.77	506.25	09.07.76
611.214/8	05.01.78-31.12.78	506.68	507.63	21.03.78	506.38	03.12.78
611.215/10	16.06.78-31.12.78	494.19	494.64	03.07.78	493.41	26.12.78
611.217/5	19.07.77-31.12.78	482.29	483.68	31.03.78	481.24	25.12.78
611.219/9	16.12.75-05.01.78	478.92	479.90	04.05.77	477.82	25.07.76
611.220/19	16.01.76-31.12.78	470.72	471.82	28.03.78	470.13	28.08.76
612.212/9	01.01.76-31.12.78	514.72	517.50	04.05.77	512.00	29.06.76
612.213/1	26.02.70-22.04.77	514.40	518.65	26.04.70	512.47	14.03.71
612.217/4	08.12.76-31.12.78	484.70	487.44	04.05.77	483.27	26.12.78
612.219/5	16.12.75-31.12.78	476.97	478.31	02.05.77	476.11	26.07.76
612.221/20	04.12.75-31.12.78	465.70	466.23	20.03.78	465.52	08.12.78
613.211/5	01.04.76-31.12.78	524.95	525.74	08.05.77	523.45	24.01.77
613.212/8	01.04.76-31.12.78	521.85	524.03	05.05.77	520.85	22.01.77
613.218/5	28.12.77-31.12.78	482.12	483.35	30.03.78	481.14	30.12.78
614.208/10	17.11.77-31.12.78	552.71	553.52	24.05.78	552.32	08.12.78
614.210/2	1957 -31.12.78	541.27	542.26	29.04.77	538.18	09.11.72
614.210/100	22.08.77-31.12.78	543.45	544.15	24.05.78	542.75	13.11.77
614.210/217	13.04.76-31.12.78	539.80	541.07	29.04.77	538.67	22.10.76
614.211/62	23.11.76-31.12.78	535.72	536.64	30.04.77	534.85	29.11.76
615.208/24	22.08.77-31.12.78	553.41	554.25	23.05.78	553.02	13.11.77

Tabelle III,27

Jährlicher Schwankungsbereich des Grundwasserspiegels

Gemeinde, Flurname	WEA Bez.	jährlicher Schwankungsbereich in Metern						
		1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Zauggenried, Lerchenberg	606.213/1							1.15
Fraubrunnen, Brueggli	606.215/19							0.80
Zauggenried, Tschuepisholz	607.212/5							1.18
Zauggenried, Dorf	607.213/4		0.46	0.39		0.53	1.22	0.86
Fraubrunnen, Erlenischlag	607.215/25					0.61	1.70	1.25
Aefligen, Neuhof	607.217/40							1.20
Aefligen, Klaeranlage	607.217/58						1.00	1.29
Baetterkinden, Dorf	607.219/6	1.55	0.93	0.66	0.55	0.75	1.44	1.11
Kernenried, Oberholz	608.212/10							1.56
Kernenried, Unterholz	608.213/21					0.90	2.50	1.65
Fraubrunnen, Chlosterweg	608.215/18					0.74	2.18	1.47
Utzenstorf, Altwidenfeld	608.216/7					1.18	2.46	2.10
Aefligen, nördl. Ischlag	608.216/15						2.75	2.29
Utzenstorf, nordöstl.Altwiden	608.218/25						1.35	1.15
Utzenstorf, Ei	608.219/28						0.45	0.43
Utzenstorf, Papierfabrik	608.221/12						1.98	1.92
Wiler, Wilerfeld	608.221/17	1.34	0.27	0.61	0.48	1.09	1.18	1.05
Kirchberg,Schachenruetinen	609.215/4						3.47	2.98
Ruedtligen-Alchenflüh,Unterd.	609.215/5						3.13	2.40
Utzenstorf, Oberbuel	609.219/3					0.69	1.35	1.30
Wiler, Wilerwald	609.222/65					0.68	1.32	1.03
Kirchberg, Sportplatz	610.215/27						5.72	
Ruedtligen-Alchenflüh	610.215/28						4.41	3.83
Kirchberg, Widenhof	610.216/13					1.38	3.05	2.63
Kirchberg, Neuhof	610.216/25						3.19	2.68
Utzenstorf, Utzistorfwald	610.217/14							2.15
Utzenstorf, Lindenrain	610.219/21					0.79	1.76	1.86
Utzenstorf, Burgerwald	610.221/1					1.14	1.74	1.90
Zielebach, Dorf	610.223/23					1.63	1.72	1.30
Lyssach, Nassi	611.212/11						3.94	2.38
Kirchberg,Vilbringenschachen	611.213/8					1.99	4.48	2.85
Kirchberg,nordwestl.Lorraine	611.214/8							1.25
Oberösch, Grossacher	611.217/5							2.44
Koppigen, Gerenwald	611.219/9					0.75	1.73	
Koppigen, östl. Autobahn	611.220/19					0.74	1.30	1.50
Burgdorf, nördl. Buechmatt	612.212/9						3.98	2.44
Burgdorf, nördl. Buechmatt	612.213/1	2.85	3.02	1.48	2.16	2.37		
Ersigen, Stapfacher	612.217/4						4.07	3.81
Niederösch, östl. Gerenwald	612.219/5					0.89	1.81	1.94
Willadingen, Schuelwald	612.221/20					0.32	0.55	0.71
Burgdorf, Lindenfeld	613.211/5						3.29	1.84
Burgdorf, westl. Bahnhof	613.212/8						3.18	1.95
Niederösch, Buenacher	613.218/5							2.21
Oberburg, Teuffenbach	614.208/10							1.20
Burgdorf, Schachen (PW 2)	614.210/2	3.38	1.55	1.36	1.17	1.88	1.90	1.04
Burgdorf, Schachen	614.210/100							1.31
Burgdorf, Schulh. Schlossmatt	614.210/217						2.05	0.87
Burgdorf, östl. Schloss	614.211/62						1.55	0.89
Burgdorf, Oberburgschachen	615.208/24							1.15

Die grössten Amplituden traten in den Jahren 1972 und 1976/77 parallel mit der massiven Grundwasserneubildung nach den Tiefständen auf. Die Ganglinien in Beilage III, 5 zeigen deutlich, dass in kurzer Zeit Grundwasserspiegelanstiege auftreten können, die nahezu dem maximalen jährlichen Schwankungsbereich entsprechen.

Das im Jahr 1978 gut ausgebaute Schreibpegelnetz ermöglicht, die Isohypsen für die jährlichen Grundwasserspiegelschwankungen zu konstruieren (vgl. Figur III, 51).

Die Schwankungsbereiche ändern regelmässig, ausgenommen beim Beobachtungspunkt 612.217/4 nördlich Ersigen, wo wegen Grundwasser-Stockwerken Unstetigkeiten zu beobachten sind. Die In- und Exfiltrationsgebiete prägen die Schwankungsbereiche. Die grössten Schwankungen zeigen sich entlang der Emme-Infiltrationsstrecken zwischen Burgdorf und Aefligen. In den Exfiltrationsgebieten (vgl. Kap. 3.5.4.3.) sind sie kleiner und liegen meistens unter einem Meter.

In Tabelle III, 28 sind die Koten für die mittleren Grundwasserspiegel aus den Schreibpegelaufzeichnungen von 1972-1978 zusammengestellt worden. Sie entsprechen dem Flächenmittel der Zeit-Höhenlinien.

Figur III,51

Schwankungsbereiche des Grundwasserspiegels 1972-1978

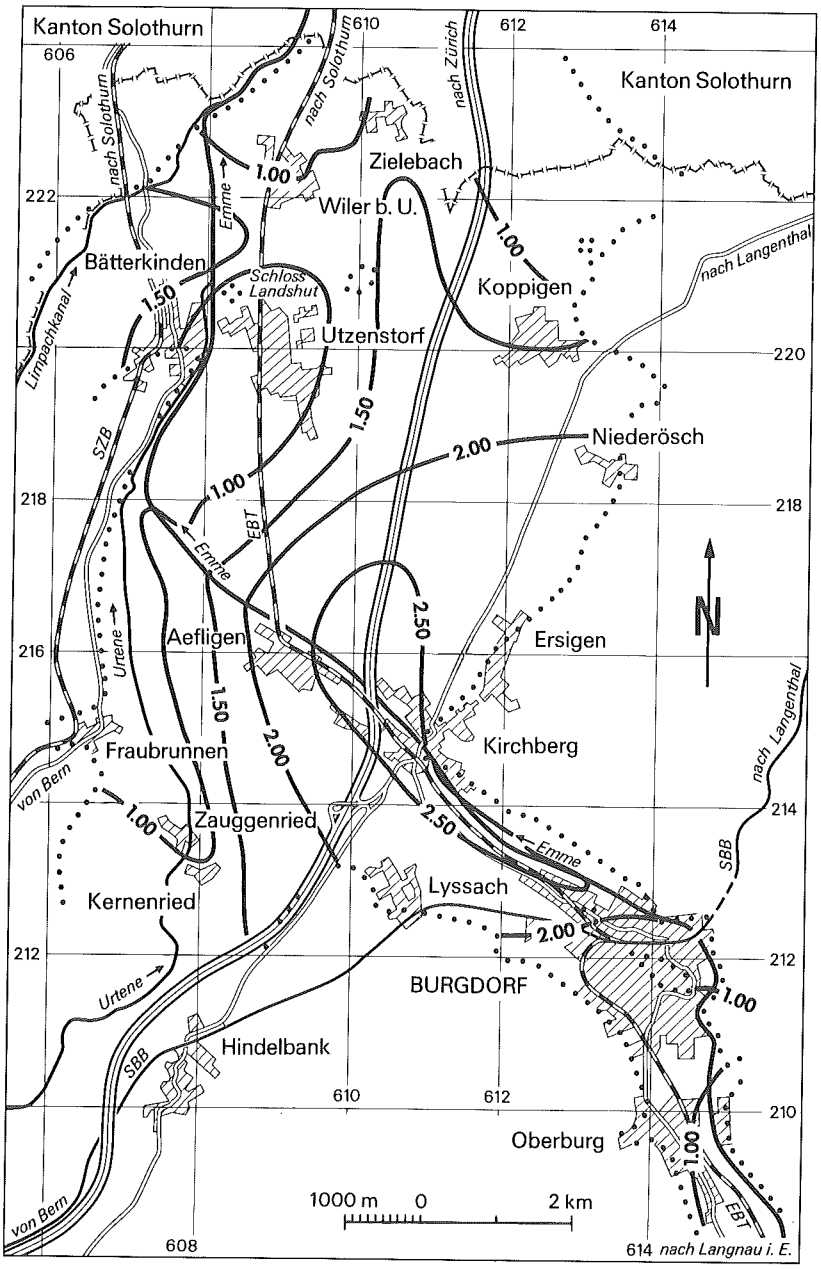


Tabelle III,28

Jahresmittel der Grundwasserspiegel aus den Schreibpegelaufzeichnungen 1972-1978

Gemeinde, Flurname	WEA Bez.	mittlere Jahreswasserstände m ü.M.						
		1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Zauggenried, Lerchenberg	606.213/1							498.10
Fraubrunnen, Brueggli	606.215/19							488.44
Zauggenried, Tschuepisholz	607.212/5							498.45
Zauggenried, Dorf	607.213/4		496.19	496.03		495.84	496.35	496.42
Fraubrunnen, Erlenischlag	607.215/25					487.64	488.23	488.29
Aefligen, Neuhof	607.217/40							484.71
Aefligen, Klaeranlage	607.217/58						482.77	482.78
Baetterkinden, Dorf	607.219/6	468.42	468.42	468.50	468.48	468.46	468.64	468.62
Kernenried, Oberholz	608.212/10							498.86
Kernenried, Unterholz	608.213/21					496.04	497.11	497.23
Fraubrunnen, Chlosterweg	608.215/18					489.94	490.76	490.85
Utzenstorf, Altwidenfeld	608.216/7					484.46	485.33	485.42
Aefligen, nördl. Ischlag	608.216/15						487.31	487.42
Utzenstorf, nordöstl.Altwiden	608.218/25						481.85	481.88
Utzenstorf, Ei	608.219/28						477.54	477.53
Utzenstorf, Papierfabrik	608.221/12						462.21	462.08
Wiler, Wilerfeld	608.221/17	465.58	465.71	465.73	465.74	465.57	465.82	465.76
Kirchberg,Schachenruetinen	609.215/4						489.07	489.19
Ruedtligen-Alchenflüh,Unterd.	609.215/5						490.62	490.74
Utzenstorf, Oberbuel	609.219/3					477.90	478.44	478.45
Wiler, Wilerwald	609.222/65					460.60	460.77	460.72
Kirchberg, Sportplatz	610.215/27						499.57	
Ruedtligen-Alchenflüh	610.215/28						495.62	495.92
Kirchberg, Widenhof	610.216/13					484.36	485.53	485.63
Kirchberg, Neuhof	610.216/25						486.91	487.01
Utzenstorf, Utzistorfwald	610.217/14							482.58
Utzenstorf, Lindenrain	610.219/21					476.55	477.27	477.23
Utzenstorf, Burgerwald	610.221/1					464.36	465.13	464.98
Zielebach, Dorf	610.223/23					454.97	455.37	455.34
Lyssach, Nassi	611.212/11						509.46	509.61
Kirchberg,Vilbringenschachen	611.213/8					507.34	508.85	509.09
Kirchberg,nordwestl.Lorraine	611.214/8							506.85
Oberösch, Grossacher	611.217/5							482.44
Koppigen, Gerenwald	611.219/9					478.15	478.89	
Koppigen, östl. Autobahn	611.220/19					470.41	470.98	470.93
Burgdorf, nördl. Buechmatt	612.212/9						514.96	514.99
Burgdorf, nördl. Buechmatt	612.213/1	513.34	514.31	513.91	514.15	513.62		
Ersigen, Stapfacher	612.217/4						484.98	484.94
Niederösch, östl. Gerenwald	612.219/5					476.49	477.24	477.16
Willadingen, Schuelwald	612.221/20					465.69	465.75	465.72
Burgdorf, Lindenfeld	613.211/5						524.94	525.06
Burgdorf, westl. Bahnhof	613.212/8						522.05	522.01
Niederösch, Buenacher	613.218/5							482.18
Oberburg, Teuffenbach	614.208/10							552.78
Burgdorf, Schachen (PW 2)	614.210/2	540.00	540.93	540.61	540.86	540.11	541.18	541.26
Burgdorf, Schachen	614.210/100							543.48
Burgdorf, Schulh. Schlossmatt	614.210/217						539.84	539.84
Burgdorf, östl. Schloss	614.211/62						535.84	535.82
Burgdorf, Oberburgschachen	615.208/24							553.51

Die in Beilage III, 2B dargestellte Grundwasserspiegelfläche vom 3.10.1978 liegt aufgrund der Schreibpegelaufzeichnungen durchschnittlich

im Gebiet oberhalb Utzenstorf/Altwiden-Koppigen

- ca. 10 cm unter dem Jahresmittel von 1978
- ca. 70 cm über dem Jahresmittel des Trockenjahres 1976
- um einige Zentimeter höher als das Periodenmittel 1972-1978

im Gebiet unterhalb Utzenstorf/Altwiden-Koppigen

- ca. 20 cm unter dem Jahresmittel von 1978
- ca. 30 cm über dem Jahresmittel des Trockenjahres 1976
- ca. gleich hoch wie das Periodenmittel 1972-1978

Im Raum Wiler liegen die dargestellten Grundwasserspiegel-Isohypsen grösstenteils noch unter dem Jahresmittel von 1976 (vgl. auch Kap. 3.5.3.2.).

Aufgrund der Schreibpegelaufzeichnungen wurden die Grundwasserspiegelanstiege summiert und in Tabelle III, 29 zusammengestellt.

Die Summen der jährlichen Grundwasserspiegelanstiege sind wie der Schwankungsbereich (vgl. Tabelle III, 27 und Figur III, 51) in Exfiltrationsgebieten am kleinsten, entlang den Emmeabschnitten mit massiver Infiltration am grössten. Dabei treten ganz beträchtliche Unterschiede auf; so schwanken die Summen der jährlichen Anstiege im Jahr 1978 zwischen 2 m und mehr als 10 m.

Die Summen der Grundwasserspiegelanstiege können für die Beurteilung der Grundwasserneubildung herangezogen werden (vgl. Kap. 5.2.4.). In den Bilanzierungsgrundlagen (Beilage III, 6) werden daher für das Jahr 1978 und für zwei Zeitabschnitte, vom 20. bis 28. Februar sowie vom 6.bis 11. August, 1978, die Anstiege wiedergegeben.

Tabelle III,29

Summen der jährlichen Grundwasserspiegelanstiege

Gemeinde, Flurname	WEA Bez.	Summe der Grundwasserspiegelanstiege in m						
		1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Zauggenried, Lerchenberg	606.213/1							3.13
Fraubrunnen, Brueggli	606.215/19							4.88
Zauggenried, Tschuepisholz	607.212/5							3.95
Zauggenried, Dorf	607.213/4		0.58	1.31		1.61	4.28	4.62
Fraubrunnen, Erlenischlag	607.215/25					1.36	3.25	3.00
Aefligen, Neuhof	607.217/40							3.64
Aefligen, Klaeranlage	607.217/58						7.01	7.15
Baetterkinden, Dorf	607.219/6	3.23	2.68	3.57	4.21	4.58	6.65	5.70
Kernenried, Oberholz	608.212/10							2.12
Kernenried, Unterholz	608.213/21					1.11	3.11	2.25
Fraubrunnen, Chlosterweg	608.215/18					1.15	3.19	2.41
Utzenstorf, Altwidenfeld	608.216/7					2.80	4.53	3.31
Aefligen, nördl. Ischlag	608.216/15						6.63	4.30
Utzenstorf, nordöstl.Altwiden	608.218/25						2.96	2.19
Utzenstorf, Ei	608.219/28						3.58	2.50
Utzenstorf, Papierfabrik	608.221/12						23.79[1]	17.31[1]
Wiler, Wilerfeld	608.221/17	2.31	1.21	1.68	1.69	1.60	2.99	2.75
Kirchberg,Schachenruetinen	609.215/4						10.97	7.34
Ruedtligen-Alchenflüh,Unterd.	609.215/5						5.50	3.50
Utzenstorf, Oberbuel	609.219/3					1.30	2.74	2.02
Wiler, Wilerwald	609.222/65					1.16	3.57	2.82
Kirchberg, Sportplatz	610.215/27						29.65	
Ruedtligen-Alchenflüh	610.215/28						19.63	14.08
Kirchberg, Widenhof	610.216/13					3.03	5.26	3.73
Kirchberg, Neuhof	610.216/25						6.06	4.15
Utzenstorf, Utzistorfwald	610.217/14							2.84
Utzenstorf, Lindenrain	610.219/21					1.38	3.40	2.58
Utzenstorf, Burgerwald	610.221/1					1.62	4.21	2.97
Zielebach, Dorf	610.223/23					4.74	5.56	4.56
Lyssach, Nassi	611.212/11						6.04	3.54
Kirchberg,Vilbringenschachen	611.213/8					8.13	9.63	7.06
Kirchberg,nordwestl.Lorraine	611.214/8							11.93
Oberösch, Grossacher	611.217/5							3.15
Koppigen, Gerenwald	611.219/9					1.18	3.49	
Koppigen, östl. Autobahn	611.220/19					1.14	2.90	2.21
Burgdorf, nördl. Buechmatt	612.212/9						7.73	7.02
Burgdorf, nördl. Buechmatt	612.213/1	5.39	7.84	5.21	6.22	5.86		
Ersigen, Stapfacher	612.217/4						8.29	6.46
Niederösch, östl. Gerenwald	612.219/5					1.52	4.68	3.80
Willadingen, Schuelwald	612.221/20					0.96	3.32	3.01
Burgdorf, Lindenfeld	613.211/5						7.39	3.57
Burgdorf, westl. Bahnhof	613.212/8						9.64	8.01
Niederösch, Buenacher	613.218/5							3.28
Oberburg, Teuffenbach	614.208/10							5.56
Burgdorf, Schachen (PW 2)	614.210/2	6.48	4.97	4.45	4.99	7.56[1]	6.16	4.15
Burgdorf, Schachen	614.210/100							4.53
Burgdorf, Schulh. Schlossmatt	614.210/217						5.86	3.76
Burgdorf, östl. Schloss	614.211/62						10.88	5.20
Burgdorf, Oberburgschachen	615.208/24							8.04

1) Summe enthält ebenfalls pumpbedingte Anstiege

3.5.4. Beziehungen zwischen Oberflächengewässer und Grundwasser

3.5.4.1. Infiltration und Exfiltration der Emme

Die in Beilage III, 2B dargestellten Isohypsen des Grundwasser- und des Emmespiegels, die in Figuren III, 38 bis III, 41 gezeigte Konzentrationsverteilung chemischer Parameter, das in Beilage III, 5 gezeichnete Längenprofil und die Schreibpegelaufzeichnungen geben wichtige qualitative und semiquantitative Hinweise über die Infiltrations- und Exfiltrationsverhältnisse an der Emme. Sie erlauben, die Infiltrations- und Exfiltrationsstrecken auszuscheiden, wie dies aus den Beilagen III, 2B und III, 6 ersichtlich ist. Das erwähnte Längenprofil zeigt den Emmestand vom 3.10.1978, den Grundwasserspiegel in der Emmeaxe zum gleichen Zeitpunkt und die mittlere Emmesohle von 1969, welche einzig im Bereich von später erstellten Wehrverbauungen angepasst worden ist.

Vorerst soll das Infiltrations- und Exfiltrationsgeschehen bei mittleren und tiefen Emme-Wasserständen generell beschrieben werden.

Der Emmeabschnitt oberhalb Kilometer 18.5 (südlich von Burgdorf) ist bereits im Teil II der Hydrogeologischen Karte Emmental publiziert worden. In diesem Bereich, zwischen der oberen Begrenzung des Untersuchungsgebietes und dem Emme-Wehr, 300 m südlich der Heimiswilbrücke, liegt der Grundwasserspiegel tiefer als der Emmespiegel. (Emmewasser und Grundwasser bleiben sehr wahrscheinlich grösstenteils auch bei Hochwasserverhältnissen voneinander getrennt). Es kann davon ausgegangen werden, dass in diesem Abschnitt ständig beachtliche Mengen Emmewasser ins Grundwasser infiltrieren. Das dreifache Wehr bei km 18.5 senkt den Emmespiegel um über 2.5 m und bewirkt, dass zusätzlich zur Wehrumströmung zeitweise auch ein Teil des aus dem Seitental von Heimiswil zufliessenden Grundwassers in die Emme austritt. Wie aus den Isohypsen des Grundwasserspiegels ersichtlich ist, kann auf der linken Flusseite gleichzeitig Emmewasser in den Grundwasserleiter infiltrieren. Nördlich der hochliegenden Molasse, unterhalb der Heimiswilbrücke, sinkt der Grundwasserspiegel allmählich wieder unter die Emmesohle. Nach einem Uebergangsbereich, in welchem sowohl örtlich als auch zeitlich bei höheren Grundwasserständen Exfiltrations- und Infiltrationsstrecken wechseln (vgl. Beilage III, 5, Emme-Querprofil km 17), liegt er von unterhalb Burgdorf, Lorraine (Emme-km 16.5), bis Schalunen (Emme-km 7.5) immer eindeutig unter dem Flussbett. Der maximale Abstand von etwa 8 m zwischen Emmesohle und mittlerem Grundwasserspiegel wird beim Aefligen-Wehr (Emme-km 10.32) erreicht. Flussabwärts verkleinert sich der Abstand zum Grundwasserspiegel wieder und vor dem Wehr bei Schalunen können hohe Grundwasserstände praktisch auf gleicher Höhe wie der Emmespiegel liegen. Im beschriebenen Abschnitt Burgdorf-Schalunen sind damit die Voraussetzungen gegeben, dass Emmewasser ständig massiv in den gut durchlässigen Grundwasserleiter infiltrieren kann; auch in den kurzen Abschnitten bei Burgdorf und Kirchberg, in denen die Molasse über den Grundwasserspiegel ansteigt, sind diese Voraussetzungen erfüllt. Es handelt sich hier um die bedeutendste Infiltrationsstrecke des ganzen Emmentals. Auf die Infiltrationsmengen wird später eingegangen.

Das regulierbare Wehr bei Schalunen (Emme-km 6.95) bewirkt einen Absturz von

über 2 m. Der Emmespiegel liegt (abgesehen bei Emmehochwasser) unterhalb des Wehres tiefer als die angrenzende Grundwasserspiegelfläche, Grundwasser exfiltriert in die Emme. Gleiche Verhältnisse finden wir am rechten Emmeufer bis etwa zum Wehr oberhalb der Bätterkinden-Brücke (Emme-km 4.74). Am linken Emmeufer entsteht unterhalb des Hagerhüsli (Emme-km 6) durch den Unterwasserkanal des Kraftwerkes der Papierfabrik Utzenstorf und im Bereich von Bätterkinden, infolge der Grundwasserströmung gegen den Limpach, wieder ein Infiltrationsgefälle. Zwischen den Wehren oberhalb der Brücke Bätterkinden-Utzenstorf und beim Fussgängersteg Wiler-Kräiligen (Emme-km 2.50) liegt der Grundwasserspiegel ungefähr 1 - 1.5 m unter dem Emmebett. In diesem Abschnitt zeigen die Spiegelisohypsen, dass das Grundwasser die Emme unterströmt, mit Emmewasser angereichert wird und gegen den stark drainierenden Limpach fliesst (Beilage III, 2B). Die chemischen Untersuchungsergebnisse deuteten bereits auf diese Emmeinfiltration hin (vgl. Figuren III,38 + 39).

Vom Wehr beim Fussgängersteg Wiler-Kräiligen bis zum Fuss des Altisberges liegen Emme- und Grundwasserspiegel ungefähr auf gleicher Höhe. Dabei dürfte, nach den Isohypsen (vgl.Figuren III,49 + 50) zu schliessen, Grundwasser von der Limpachtalseite her und rechtsseitig Emmewasser in den Hauptgrundwasserleiter in Richtung Wiler infiltrieren. Gegen den Fuss des Altisberges (Emme-km 1.7) steigt der Grundwasserstauer bis über die Grundwasserspiegelfläche an. Die Emme fliesst bis zur unteren Grenze des Untersuchungsgebietes ausserhalb des eigentlichen Grundwasserleiters. Ob über die anstehende Molasse Emmewasser in den Grundwasserleiter einsickern kann, wissen wir nicht.

Im Jahre 1976 wurde im Infiltrationsgebiet der Emme zwischen Kirchberg und Schalunen in einigen Messprofilen versucht, während Niederwasserperioden die Abflussmengen der Emme mit dem Tauchstab zu messen, um quantitative Hinweise über die Infiltration der Emme zu gewinnen. Im Rahmen der "Modellstudie Emmental" konnten diese Messkampagnen in den Jahren 1977 bis 1979 wesentlich erweitert und auch auf die übrigen Infiltrations- und die Exfiltrationsstrecken ausgedehnt werden. Die Lage der Messprofile mit Abflussmengen sind in Beilage III, 5 eingezeichnet worden. Stammdaten, Messzeiten, Abflussmengen usw. können den Messprotokollen entnommen werden (Dok. WEA).

Im Rahmen der "Modellstudie Emmental" wurde der Messvorgang mit dem Tauchstab beschrieben und die ersten Ergebnisse und Erkenntnisse über die Infiltrationsmengen der Emme dargestellt (MUCHENBERGER, 1979). Die wichtigsten Resultate für die Infiltrationsstrecke zwischen Emme-km 11.4 und 7 werden im folgenden wiedergegeben.

Die Tabelle III, 30 zeigt die ungerundeten Messergebnisse. Es ist klar ersichtlich, dass zu allen Messzeiten zwischen den oberen Messprofilen bei Emme-km 11 resp. 9 und den unteren Messprofilen bei Emme-km 9 resp. 7 ein Wasserverlust nachgewiesen werden kann. ($Q_O - Q_U = Q_D$). Die Differenzmengen Q_D sind, abgesehen von kleinen Verdunstungsmengen im Oberflächengewässer, der Infiltration zuzuschreiben. Bezogen auf den jeweils benetzten Teil des Flussbettes, ergeben sie interessante Hinweise über die Infiltrationsleistung pro Laufmeter Emme und die Infiltrationsrate pro Quadratmeter benetztem Emmebett.

Tabelle III,30

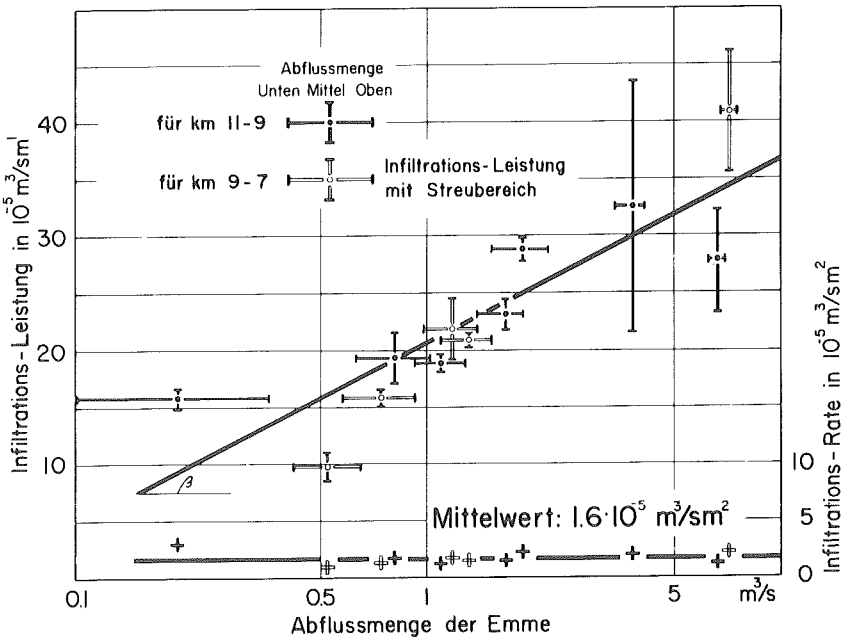
Infiltrationsmengen aus Differenzmessungen zwischen Emme-km 7 bis 11

Datum / Zeit der Abflussmessungen	Abflussmengen Oben Q_O m^3/s	Unten Q_U m^3/s	Mittel Q_M m^3/s	Differenz Q_D m^3/s	Mittlerer benetzter Umfang U m	Infiltrations- Strecke l m	Leistung $\frac{Q_D}{l}$ $\frac{10^{-5} m^3}{s m^1}$	Rate $\frac{Q_D}{l \cdot U}$ $\frac{10^{-5} m^3}{s m^2}$
Flussabschnitt Emme-km 11 bis 9; Abflussprofil Oben: 610.215/29, -Unten: 608.216/17 (siehe Beilage III,5)								
20.10.1976/14.30-16.25	1.279	0.905	1.092	0.374	13.0	2010	18.6	1.4
28.10.1976/14.40-16.10	0.352	0.034	0.193	0.318	5.5	2010	15.8	2.9
21.10.1977/10.30-14.00	2.140	1.504	1.822	0.636	15.2	2220	28.6	1.9
13.10.1978/09.50-11.30	1.856	1.391	1.623	0.465	14.7	2010	23.1	1.6
24.10.1978/14.30-16.00	4.130	3.471	3.800	0.659	18.4	2010	32.8	1.8
09.11.1978/14.50-15.30	0.999	0.614	0.807	0.385	11.7	2000	19.3	1.6
05.06.1979/14.10-16.40	6.932	6.334	6.633	0.598	20.8	2150	27.8	1.3
Flussabschnitt Emme-km 9 bis 7: Abflussprofil Oben: 608.216/17, -Unten: 607.217/65 (siehe Beilage III,5)								
20.10.1976/15.50-18.00	0.905	0.572	0.739	0.333	11.3	2110	15.8	1,4
21.10.1977/13.30-14.50	1.504	1.096	1.300	0.408	13.3	1960	20.8	1.5
25.07.1978/09.30-12.15	7.492	6.746	7.119	0.746	21.1	1830	40.8	1.9
13.10.1978/11.00-12.25	1.391	0.953	1.172	0.439	13.3	2030	21.6	1.6
09.11.1978/15.00-16.35	0.614	0.417	0.516	0.196	9.8	2030	9.7	1.0

In Figur III, 52 wurden die gemessenen Abflussmengen Q_O und Q_U sowie deren Mittelwerte Q_M in Funktion der Infiltrationsleistung und der Infiltrationsrate dargestellt. Erkennbar sind auch die aus den Einzelmessungen in den Messprofilen sich ergebenden Streubereiche. Die Darstellung charakterisiert die Abflussverhältnisse bis zu einem Emmeabfluss von ca. 10 m3/s, welcher im Mittel etwa an 200 Tagen im Jahr unterschritten wird.

Figur III,52

Infiltrations-Leistung und -Rate der Emme von km 7 bis km 11



Die im halblogarithmischen Massstab linear ansteigende Gerade kann wie folgt interpretiert werden: Je grösser die mittlere Abflussmenge, desto grösser wird auch die mittlere Infiltrationsleistung der Emme. Die unter Berücksichtigung der benetzten Flächen des Flussbettes ermittelten Infiltrationsraten ergeben eine horizontale Gerade. Das bedeutet, dass pro Quadratmeter benetztem Emmebett konstant eine Wassermenge von ca. $1.6 \cdot 10^{-5}$ m3/s in den Grundwasserleiter versickert, oder pro Tag und Quadratmeter ungefähr 1.4 m3 Emmewasser infiltrieren.

Zwischen den Infiltrationsleistungen und -raten der beiden Flussabschnitte (km 11 - 9 und 9 - 7) ist kein signifikanter Unterschied festzustellen. Die Streubereiche sind auf Messungenauigkeiten, die besonders bei Abflussmengen über 4 m3/s grösser werden, auf die relativ schwierige Ermittlung der benetzten Fläche des Gewässerbettes und bei der Infiltrationsrate wohl auch auf die unterschiedliche Durchlässigkeit des Gewässerbettes zurückzuführen. Jedenfalls zeigen die beschriebenen Abflussmengenmessungen deutlich, dass im erfassten Emme-Abschnitt eine beachtliche Wassermenge ins Grundwasser versickert, und dass das Emmebett auch während langer Niederwasserperioden durchlässig bleibt.

Für die übrigen im Untersuchungsgebiet liegenden Infiltrationsstrecken und für die Exfiltrationsstrecke Schalunen - Bätterkinden liegen bis heute je nach Abschnitt zwischen 1 und 3 Abflussmesskampagnen vor. Die Differenzmessungen dieser Abschnitte wurden durch Zuflüsse vor allem aus Seitenbächen erschwert,

die teilweise kaum oder nur relativ ungenau messbar sind. Mit den vorhandenen Daten können daher keine sehr exakten Differenzmengen bestimmt werden. Im Emmeabschnitt zwischen Burgdorf und Kirchberg zeichnen sich geringfügig kleinere Infiltrationsmengen ab als zwischen Kirchberg und Schalunen. Für die übrigen Infiltrationsabschnitte müssen diese aus den Bilanzierungsbereichen (Kapitel 6) und aus Vergleichsbetrachtungen ermittelt werden. Für den Exfiltrationsabschnitt bei Utzenstorf geben die bisherigen Messungen ebenfalls lediglich die ungefähre Grössenordnung der austretenden Wassermengen an.

In Tabelle III,31 sind für das Jahr 1978 sowie für den 3.10.1978 (vgl. Beilage III,2B) die entsprechenden Mengen zusammengestellt worden.

Bei Emmehochwasser erlauben die Gefällsverhältnisse, dass Emmewasser auch auf den erwähnten Exfiltrationsstrecken in den Grundwasserleiter infiltriert. Sobald die normalerweise nur für kurze Zeit andauernden Hochwasserstände zurückgehen, sickert das infiltrierte Wasser aber verhältnismässig rasch wieder ins Flussbett zurück.

Tabelle III,31

Infiltrations- und Exfiltrationsmengen der Emme

Emme - km	Jahresmittel 1978			3.10.1978		
	Infiltrationsüberschuss (l/s)	Infiltrationsleistung ($10^{-5}m^3/sm^1$)	Exfiltrationsüberschuss (l/s)	Infiltrationsüberschuss (l/s)	Infiltrationsleistung ($10^{-5}m^3/sm^1$)	Exfiltrationsüberschuss (l/s)
1.4 - 4.7	ca. 420[3]	12.7	-	ca. 400[3]	12.1	-
4.7 - 6.9	-	-	ca. 300[2]	-	-	ca. 220[2]
7.0 - 12.0	1550[1]	31.0	-	1280[1]	25.6	-
12.0 - 17.4	ca. 1150[2]	21.3	-	ca. 1050[2]	19.4	-
17.4 - 19.9	ca. 230[3]	9.2	-	ca. 200[3]	8.0	-
1.4 - 19.9	ca. 3050	-	-	ca. 2710	-	-

1) bestimmt mit Messungen

2) abgeschätzt auf Grund einzelner Messungen und Wasserstand/Abflussmengenbeziehungen

3) bestimmt mit Bilanzierung

In langen Trockenperioden kann die Emme zwischen Schalunen und Burgdorf austrocknen. Zuerst führt sie jeweils im unteren Teil des Infiltrationsabschnittes bei Schalunen kein Wasser mehr und allmählich dehnt sich der Trockenbereich gegen Kirchberg und Burgdorf aus (vgl. Abb. III,1).

Abbildung III,1

Ausgetrocknete Emme am 27.7.1979 bei Schalunen (Emme-km 8-7)

Das Austrocknen beginnt beim Wehr Schalunen (km 6,95), sobald der gesamte Zufluss der Oberflächengewässer oberhalb Burgdorf (Emme, Oberburg-Dorfbach und Luterbach) weniger als 5 bis 6 m3/s beträgt. Vom zufliessenden Wasser werden ca. 2,5 - 3,0 m3/s durch die Industriekanäle Aefligen und Kirchberg abgeleitet. Die restliche Wassermenge infiltriert ins Grundwasser und ein kleiner Teil verdunstet. Mit kleiner werdendem Zufluss aus dem Raum Burgdorf wird die ausgetrocknete Flussstrecke grösser. Während der Untersuchungsperiode trocknete die Emme an den in Tabelle III,32 aufgeführten Daten vollständig aus.

Tabelle III,32

Emme-Austrocknung 1972-1979

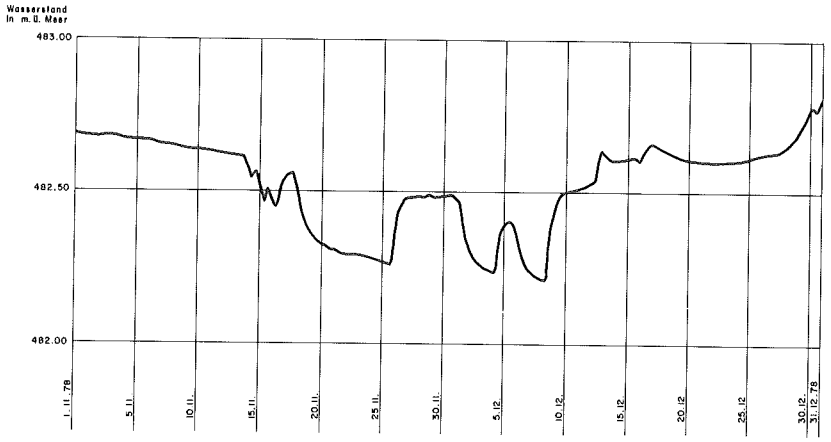
Austrocknungsdauer	max. Austrocknungsstrecke
19.10. - 21.10.1972	nicht genau bekannt
26.06.1976 29.06. - 01.07.1976 03.07. - 06.07.1976 08.07. - 09.07.1976	Schalunen - Aefligen (Emme-km 6.9 - 8.1)
14.11. - 16.11.1978 18.11. - 26.11.1978 02.12. - 04.12.1978 06.12. - 08.12.1978	Schalunen - Aefligen (Emme-km 6.9 - 8.8)
26.07. - 29.07.1979	Schalunen - Aefligen (Emme-km 6.9 - 8.3)

Abgesehen von negativen oekologischen Auswirkungen beeinträchtigt das Austrocknen der Emme den Grundwasserhaushalt; die Grundwasserneubildung durch infiltrierendes Emmewasser wird unterbunden.

Sobald die Emme auszutrocknen beginnt, kann im nahen Infiltrationsbereich beobachtet werden, dass der Grundwasserspiegel beschleunigt absinkt. Die Figur III,53 zeigt den Grundwasserspiegelverlauf der Messstelle 607.217/58 am Ende der Trockenzeit im Spätherbst 1978. Deutlich erkennbar sind vier sich wiederholende Phasen in der Zeit zwischen dem 14. November und 10. Dezember: Der Grundwasserspiegel fällt stark, weil das Flussbett für eine gewisse Zeit austrocknet, steigt dann rasch wieder an, wenn das Bett wieder geflutet wird.

Figur III,53

Grundwasserspiegel-Ganglinie 607.217/58 während des Austrocknens der Emme



3.5.4.2. Infiltration der Seitenbäche und Kanäle

Die Seitenbäche und Kanäle können, soweit dies gefälls- und durchlässigkeitsmässig möglich ist, wie die Emme ebenfalls Wasser in den Grundwasserleiter verlieren. Aufgrund der Höhenverhältnisse lassen sich generell folgende Infiltrationsstrecken ausscheiden:

Oesch: Zwischen Ersigen und dem Zusammenfluss mit dem Wynigenbach liegt der Wasserspiegel in der Oesch immer eindeutig über dem Grundwasserspiegel. Anschliessend wechseln bis zum Wehr bei Willadingen sowohl örtlich als auch zeitlich die Verhältnisse. Je nach den Wasserständen im Grundwasserleiter und in der Oesch sind Infiltrationen oder Exfiltrationen möglich. Unterhalb des Wehrs lassen die Wasserspiegellagen eindeutig nur noch Exfiltrationen zu (vgl. Abschnitt 3.5.4.3.).

Urtenen: Im Untersuchungsgebiet drainiert die Urtenen grösstenteils massiv Grundwasser weg (vgl. Abschnitt 3.5.4.3.). Lediglich oberhalb Kernenried ermöglichen die Wasserspiegellagen ein Infiltrationsgefälle.

Kanalsysteme: Die vor allem für die industrielle Wassernutzung angelegten Kanäle (Kanalsystem Burgdorf, Industriekanal Aefligen, Werkkanal Gerlafingen, Oberholzbach, Bätterkinden-Dorfbach) verlaufen praktisch durchwegs über dem Grundwasserspiegel.

Um die Infiltrationsmengen für die "Modellstudie Emmental" besser abschätzen zu können, wurden 1978 und/oder 1979 in der Oesch zwischen Ersigen und der Einmündung des Wynigenbaches, in der Urtenen zwischen Holzmühle und Kernenried und im Oberholzbach zwischen Kirchberg und der Kantonsgrenze einige Abflussmessungen vorgenommen. Die Messstellen sind aus Beilage III,5 ersichtlich. Die Messergebnisse zeigen, dass die Oesch und die Urtenen in den erwähnten Infiltrationsstrecken sehr wenig Wasser verlieren und aus dem Oberholzbach ca. 50 bis 100 l/s in den Grundwasserleiter fliessen.

Die kleinen Infiltrationsmengen sind einerseits auf die, verglichen mit der Emme, kleinen benetzten Flächen zurückzuführen. Anderseits spielen wohl auch die ungünstigen Durchlässigkeitsverhältnisse eine Rolle, welche teilweise geologisch bedingt sind, aber auch vom grösseren Schmutz- und Schwebstoffgehalt und im Kanalsystem von der praktisch gleichmässigen, geregelten Wasserführung herrühren können.

Im Oberholzbach beeinträchtigt zudem die Sohlenverbauung mit Betonschalen die Infiltration. Das Wasser kann lediglich oberhalb des Sohlenrandes (der Wasserspiegel liegt meistens ca. 10 cm höher als die seitliche Betonverkleidung) und eventuell in den Stossfugen in den Grundwasserleiter wegsickern.

Die Seitenbäche und das Kanalsystem spielen mengenmässig bei der Grundwasserneubildung, besonders im Vergleich zur Emme, eine untergeordnete Rolle. Wesentlicher ist ihre Bedeutung für die Exfiltration von Grundwasser.

3.5.4.3. Grundwasseraustritte, Exfiltration in die Seitenbäche, Drainagen

Die Exfiltrationsstrecken in den Oberflächengewässern lassen sich eindeutig mit den Wasserspiegel-Isohypsen feststellen. Lokal begrenzte Grundwasseraustritte und Quellbäche treten auf in Gebieten mit sehr kleinen Flurabständen (ca. 1 m). Auch sie lassen sich durch ein Exfiltrationsgefälle zwischen dem benachbarten Grundwasserspiegel und dem Wasserspiegel im Quellbach nachweisen. Schliesslich exfiltriert Grundwasser auch über Drainagesysteme, deren Vorflut ein benachbartes Oberflächengewässer bildet. Die Exfiltrationsstrecken in den Seitenbächen sowie die Exfiltrationsgebiete mit Grundwasseraustritten, Quellbächen und Drainagen sind aus Beilage III,2B ersichtlich.

Die Exfiltrationsmengen lassen sich aus Differenzmessungen längs Exfiltrationsstrecken oder durch Gesamtabflussmessungen am Ende eines Quellbach- oder Drainagesystems bestimmen. Messtechnisch und aus finanziellen Gründen drängen sich normalerweise Einzelmessungen auf. Mit einer grösseren Anzahl von Messresultaten und benachbarten Grundwasserspiegelhöhen können Grundwasserstands- und Exfiltrationsbeziehungen hergeleitet werden, welche erlauben, die Exfiltrationsmengen bei verschiedenen Grundwasserständen zu bestimmen (vgl. MUCHENBERGER, 1979).

Im Rahmen dieser Untersuchungen konnten aus finanziellen Gründen nur wenige Abflussmessungen in Exfiltrationsgebieten vorgenommen werden. Für die numerischen Simulationen innerhalb der "Modellstudie Emmental" war es daher notwendig, das Messstellennetz und die Mengenmessungen zu ergänzen, um die erforderlichen Grundlagen für die Grundwasserstands-Exfiltrationsbeziehungen zu erarbeiten. Das erweiterte Messstellennetz wurde in Beilage III,5 angegeben. Die definitiven Grundwasserstands-Exfiltrationsbeziehungen unter Einschluss aller Messungen liegen noch nicht vor. Sie werden im Schlussbericht für die "Modellstudie Emmental" publiziert. Die mittleren Exfiltrationsmengen für einzelne Jahre und die Exfiltrationsmengen für den 3.10.1978 (vgl. auch Beilage III,2B), wie sie in den folgenden Tabellen zusammengestellt sind, basieren auf vorläufigen Auswertungen.

Exfiltrationsgebiet Zauggenried-Schalunen
Zwischen Zauggenried und Fraubrunnen tritt Grundwasser an verschiedenen Stellen lokal begrenzt aus und fliesst in kleinen Bächen dem Kanalsystem und der Urtenen zu. Ferner münden verschiedene Drainagesysteme in die Urtenen, welche Grundwasser wegleiten. Zudem exfiltriert massiv Grundwasser direkt in die Urtenen.

Der Mühlebach führt Grundwasser. Er wird gespiesen durch zwei Quellen, zwei umfangreiche Drainagesysteme und verschiedene Grundwasseraustritte im Bachbett.

Tabelle III,33

Mittlere provisorische Exfiltrationsmengen für das Exfiltrationsgebiet Zauggenried-Schalunen

Jahr / Tag	Exfiltrationsmengen der Teilgebiete l/s			Total l/s
	Zauggenried-Fraubrunnen 2)	Fraubrunnen-Schalunen	Mühlebach-Schalunen	
1973	160	410	420	990
1974	140	370	370	880
1975 1)	ca.150	ca.390	ca.390	ca.940
1976	120	320	310	750
1977	180	460	470	1100
1978	180	470	490	1140
3.10.78	175	460	470	1105

1) Bezugsschreibpegel zeitweise ausgefallen

2) exkl. Drainage östlich Zauggenried, welche ca. 20 l/s Grundwasser wegleitet

Exfiltrationsgebiet Utzenstorf
Dieses Exfiltrationsgebiet umfasst ein kompliziertes Netz von Quellbächen zwischen Altwiden, Utzenstorf und Schloss Landshut.

Tabelle III,34

Mittlere provisorische Exfiltrationsmengen für das Exfiltrationsgebiet Utzenstorf

Jahr / Tag	Exfiltrationsmengen l/s
1972	1260
1973	1450
1974	1480
1975	1490
1976	1180
1977	1560
1978	1600
3.10.1978	1550

Exfiltrationsgebiet Limpachtal
In den Limpach exfiltriert massiv Grundwasser, vorwiegend aus dem Emmental (vgl. Beilage III,2, Figuren III,38 und 39). Weiter fliesst, besonders bei hohen Grundwasserständen, ein kleiner Quellbach aus dem Hinterschachen östlich Kräiligen dem Limpach zu. Die bisherigen Messresultate erlauben lediglich, die Exfiltrationsmengen für 1978 provisorisch anzugeben.

Tabelle III,35

Mittlere provisorische Exfiltrationsmengen für das Exfiltrationsgebiet Limpachtal

Jahr / Tag	Exfiltrationsmengen der Teilstrecken l/s		Total l/s
	Chüechumatt-Eisenbahnbrücke	Eisenbahnbrücke-Abflussmengen-Messstation	
1978	ca. 320	ca. 220	ca. 540
3.10.1978	270	170	440

Exfiltrationsgebiet Wiler-Zielebach
Dieses Exfiltrationsgebiet umfasst die Grundwasseraustritte und Quellbäche zwischen der Papierfabrik Utzenstorf, Wiler, Zielebach und Gerlafingen.

Infolge künstlicher Grundwasserspiegelabsenkungen im Jahre 1978 wies dieses Exfiltrationsgebiet eine verminderte Schüttung auf. Die Grundwasseraustritte Schachenwald (608.222/43) und Moosbrunnen (608.222/44) führten während der Simultanmessung vom 3.10.1978 kein Wasser (vgl. Abschnitt 3.5.3.2.).

An den in Beilage III,2B eingetragenen Pumpstellen 608.222/40 bis 42 und 609.223/54 wurden am 3.10.1978 total ungefähr 500 l/s gefördert. An zwei Stellen unmittelbar neben Oberflächengewässern dürfte allerdings auch infiltriertes Bachwasser gefördert worden sein. Die gesamthaft abgeleitete Grundwassermenge lag deshalb bei ca. 200 l/s.

Tabelle III,36

Mittlere, provisorische Exfiltrationsmengen für das Exfiltrationsgebiet Wiler-Zielebach

Jahr / Tag	Exfiltrationsmenge l/s
1972	330
1973	380
1974	390
1975	390
1976	350
1977	420
1978	ca. 400[1)]
3.10.1978	160 resp. ca. 360[1)]

1) ohne künstliche Grundwasserspiegelabsenkung

Exfiltrationsgebiet Zielebach-Recherswil
Zu diesem Exfiltrationsgebiet zählen wir die Grundwasseraustritte und Quellbäche bei Zielebach-Bläji, Recherswil-Ischlag, Obergerlafingen/Recherswil-Hölzli und Recherswil-Underholz.

Aus den bisherigen Messungen können lediglich die Exfiltrationsmengen für drei Jahre (1976-1978) provisorisch abgeleitet werden.

Tabelle III,37

Mittlere, provisorische Exfiltrationsmengen für das Exfiltrationsgebiet Zielebach-Recherswil

Jahr / Tag	Exfiltrationsmengen l/s
1976 1977 1978	ca. 35 ca. 100 ca. 90
3.10.1978	ca. 60

Exfiltrationsgebiet Willadingen
Zum Exfiltrationsgebiet Willadingen gehören zwei Quellbäche südlich des Lutermooses, die in die Oesch münden. Weiter führen Drainagesysteme Grundwasser aus dem Lutermoos und der Neumatt den Oberflächengewässern zu.

Von Willadingen bis gegen das Mündungsgebiet des Chrümelbaches exfiltriert Grundwasser auch direkt in die Oesch. Der Chrümelbach bildet für den Grundwasserstrom aus Höchstetten die Vorflut; er führt auch Grundwasser aus einem Drainagesystem und direkt aus dem Grundwasserleiter nördlich Willadingen ab.

Bis heute fehlen umfassende Grundwasserstands-Exfiltrationsbeziehungen für das Gebiet. So können die Exfiltrationsmengen nur aus einigen wenigen Messungen seit dem Jahr 1976 abgeschätzt werden.

Tabelle III, 38

Mittlere, provisorische Exfiltrationsmengen für das Exfiltrationsgebiet Willadingen

Jahr / Tag	Exfiltrationsmengen der Teilgebiete in l/s			Total l/s
	Quellbäche südl.Lutermoos	Oesch incl.Drainagen	Chrümelbach incl.Drainagen	
1976	35	ca. 130	ca. 60	ca. 220
1977	100	ca. 190	ca. 90	ca. 380
1978	90	ca. 180	ca. 85	ca. 360
3.10.1978	68	ca. 170	ca. 70	ca. 310

3.5.4.4. Oberflächenwasser-Abflussbilanz vom 3.10.1978

Für den Oberflächenabfluss sieht die Bilanzierungsgleichung wie folgt aus:

$$\Sigma\ QOU + \Sigma\ QOO + \Sigma\ QOR + \Sigma\ (QIO + QXO) = 0$$

QOO Zufluss ins Gebiet
QOR Randliche Zuflüsse
QOU Abfluss aus dem Gebiet
QIO Infiltration ins Grundwasser
QXO Grundwasserexfiltration

Zuflüsse +, Abflüsse -; vgl. Teil I, WEA 1975 Abschnitt 3.6.2.2.

Die in Tabelle III,39 zusammengestellten Mengen zeigen die Abflussverhältnisse in den Oberflächengewässern für die in Beilage III,2 dargestellten Grundwasser-Strömungsverhältnisse. Sie geben zudem Hinweise auf die In- und Exfiltrationsverhältnisse am 3.10.1978. Die Oberflächenwasser-Abflussbilanz umfasst alle Gewässer, die dem Flussystem der Emme angehören. Das mengenmässig untergeordnete Oberflächenwassersystem der Oesch wird mangels ausreichender Messdaten nicht behandelt.

Die Oberflächengewässer führten am 3.10.1978, nach zwei Monaten ohne nennenswerte Niederschläge, Niederwasser. Im austrocknungsgefährdeten Emme-Abschnitt Aefligen-Schalunen flossen 1 bis 2 m3/s. Für das bilanzierte Flussystem ergibt sich ein Infiltrationsüberschuss aus den Oberflächengewässern in den Grundwasserleiter von ca. 2'800 l/s. Der überwiegende Anteil dieses Infiltrationsüberschusses stammt aus der Emme (vgl. Tabelle III,31).

Tabelle III,39

Bilanzierung des Oberflächenwasserabflusses vom 3.10.1978

Oberflächengewässer	Ort	WEA-Bez.	Abflussmengen Q		
			Einzelmessungen l/s	Bezeichnung	Summe l/s
Emme	Burgdorf-Oberburgschachen	615.209/6	6590		
Grundbach	Burgdorf-Oberburgschachen	615.209/13	50		
Dorfbach	Oberburg	614.209/48	640	QOO	7280
Lochbach	Burgdorf	615.209/11	10		
Luterbach	Oberburg	614.209/35	230		
Heimiswilbach	Burgdorf	614.210/222	150		
Rütibach	Lyssach	610.213/15	30		
Urtenen	Schalunen	606.217/10	1320		
Mühlebach	Schalunen	607.217/22	470		
Quellbäche	Utzenstorf	div.	1550		
Quellbäche	östl.Kräiligen	607.222/9	0		
Limpach	Kräiligen[1]	607.222/1	660		
Quellbäche	Wiler-Zielebach	div.	80	QOR	4500
Emme	Wiler	608.223/7E			
Werkkanal	Wiler-Gerlafingen	608.223/17E	7970		
Strackbach	Wiler	609.223/32E			
Oberholzbach	Koppigen	611.221/51	1000	QOU	-8970
			Σ (QIO - QXO)		2810

1) Zufluss von ca. 300 l/s des Bätterkinden-Dorfbaches abgezogen

4. GRUNDWASSERHYDRAULIK

A. Werner, dipl. Ing. ETH; Mitarbeiter: B. Eggen, Ing. HTL
F. Muchenberger, Ing. HTL

4.1. Zusammenstellung der Versuche und Resultate

4.1.1. Begriffe und Uebersicht

Die verwendeten Begriffe, Abkürzungen und die theoretischen Grundlagen für die Auswertung der Versuche wurden in Teil I, Abschnitte 4.1. und 6.2. beschrieben.* Tabelle III,40 gibt eine Uebersicht über die Versuche, deren Resultate angegeben werden. * WEA (1975)

Tabelle III,40

Uebersicht über die hydrologischen Versuche

Untersuchungszweck	Versuchsort	Versuchsmethode (Arbeitsumfang)	Resultate HK
Siedlungswasserwirtschaftliche Planung Emmental	Rotationskernbohrungen	KPV (D+A)	k. kP
	Horizontalfilterbrunnen Utzenstorf, Papierfabrik	GPV (D+A)	kG
	Vertikalfilterbrunnen von		
	- Bätterkinden, Chräiligenfeld	KPV (D+A)	kP
	- Utzenstorf, Papierfabrik	KPV (D+A)	kP
	- Kirchberg, Dorf	KPV (D+A)	kP
	- Utzenstorf, Dorf	KPV (D+A)	kP
	- Aefligen, Kläranlage	KPV (D+A)	kP
	- Koppigen, Dorf	KPV (D+A)	kP
	- Ersigen	KPV (D+A)	kP
Schutzzonenabklärungen	für öffentliche Grundwasserfassung bei		
	- Utzenstorf, Altwyden	GPV,MV (D+A)	kG,p,va
	- Fraubrunnen, Fraubrunnenwald	KPV, GPV,MV (D+A)	k.,kP
	- Koppigen, Dorf	GPV (D+A)	kG,p
	- Willadingen	GPV,MV (D+A)	kG,p,va
Hydrologische Untersuchungen	Koppigen, Erli	GPV (A)	kG
	Burgdorf, östl. Buechmatt	KPV,GPV (D+A)	k.,kG
	Burgdorf, westlich SBB-Bahnhof	KPV,GPV (D+A)	kP
	Burgdorf, Lorraine	KPV,GPV (D+A)	k.,kG,p
	Burgdorf, Spital	KPV	kP
	Utzenstorf, südl. Landshut	KPV	kP
Baugrubenentwässerung	Burgdorf, Lindenfeld	KPV,GPV,MV(D+A	k.,va
	Burgdorf, Schlossmatt	KPV,GPV (D+A)	kP
	Burgdorf, Schlossmatt	GPV (A)	kG,p

Abkürzungen:

KPV	Kleinpumpversuch
GPV	Grosspumpversuch
MV	Markierversuch
D	Durchführung
A	Auswertung
ZW	Zwischenbericht
AU	Arbeitsunterlage
HK	Hydrologische Kennziffern
k.	Punkt-k-Wert
kP	Profil-k-Wert
kG	Gebiets-k-Wert
p	nutzbare Porosität
va	Abstandsgeschwindigkeit

4.1.2. Kleinpumpversuche

4.1.2.1. Punkt-k-Werte

Der Wechsel der Durchlässigkeit innerhalb des Grundwasserleiters wurde mit Kleinpumpversuchen während des Vortriebes von Bohrungen erfasst. Die Berechnung der Punkt-k-Werte erfolgte nach der im Teil I beschriebenen Theorie von KOERNER (1957) für ellipsoidförmige Strömungsbereiche. Es liegen aus 34 WEA Rotationskernbohrungen 179 Punkt-k-Werte vor. Auf eine spezielle tabellarische Zusammenstellung der einzelnen Feldbeobachtungen und Versuchsergebnisse wird hier verzichtet. Die Punkt-k-Werte sind in den Bohrprofilen in Beilage III,3 eingetragen. Weitere Punkt-k-Werte wurden in Bohrungen für hydrologische Untersuchungen ausserhalb des WEA Programmes bestimmt. Die Versuchsergebnisse können in den entsprechenden Dokumentationen (WEA/Geologie) nachgesehen werden.

4.1.2.2. Profil-k-Werte

In den in den Bohrungen eingebauten Filterrohren wurden meistens weitere Kleinpumpversuche ausgeführt, mit dem Ziel die mittlere Durchlässigkeit über die erbohrten Vertikalprofile des Grundwasserleiters, sog. Profil-k-Werte, zu ermitteln. Die wichtigsten Feldbeobachtungen sowie die zugehörigen Versuchsresultate für die WEA-Bohrungen und für Bohrungen im Auftrage Dritter sind in Tabellen III,41 und III,42 zusammengestellt worden. Sowohl für hydraulisch vollkommene als auch für hydraulisch unvollkommene Verhältnisse basierte die Auswertung der Versuche auf der Theorie von DUPUIT/THIEM, 1863/70, und EHRENBERGER, 1928.

Tabelle III,41; 1. Teil

Kleinpumpversuche in Bohrungen des WEA

Ort	WEA Bezeichnung	Datum des Versuchsbeginns	Berücksichtigte Grundwassermächtigkeit z.Z. des Versuchsbeginns H in m	Entnahmemenge QV in l/min	Wasserspiegelabsenkung in der Bohrung DH in m	Profil-k-wert kP in 10^{-3}m/s	Gemittelter Profil-k-wert kP in 10^{-3}m/s
Zauggenried, Lerchenberg	606.213/1	16.09.1977	15.39	91 203	0.005 0.009	6.6 11.5	9.1
Fraubrunnen, Brüggli	606.215/19	27.09.1977	12.90	110 260	0.06 0.147	1.44 1.75	1.6
Zauggenried, Tschuepisholz	607.212/5	29.08.1977	18.65	164 260	0.03 0.038	2.68 3.74	3.21
Fraubrunnen, Erlenischlag	607.215/25	07.08.1974	8.8	145 79	0.093 0.037	2.7 3.1	2.9
Aefligen Neuhof	607.217/40	08.08.1973	14.6	167 73	0.047 0.028	2.3 1.3	1.8
Kernenried, Oberholz	608.212/10	15.08.1977	16.15	234	0.035	4.19	4.19
Kernenried, Unterholz	608.213/21	07.08.1974	7.9	136 82	0.042 0.022	5.7 5.8	5.8
Fraubrunnen, Chlosterweg	608.215/18	07.08.1974	11.4	140 68	0.075 0.026	2.3 2.7	2.5
Utzenstorf, Altwidenfeld	608.216/7	07.08.1974	20.0	130 74	0.005 0.002	12 13	12.5
Utzenstorf, Ei	608.219/28	15.02.1972	10.7	145 270	0.045 0.080	4.1 5.3	4.7
Fraubrunnen, Mittelfeld	609.214/6	22.10.1977	37.79	164 242	0.006 0.01	4.13 4.62	4.38
Utzenstorf, Oberbüel	609.219/3	05.10.1971	10.2	76	0.015	5.0	
Wiler, Vorholzmatt	609.222/64	11.06.1971	5.8	212 84	0.30 0.16	2.1 1.4	1.7
Wiler, Wilerwald	609.222/65	21.06.1971	10.6	415 235	0.280 0.155	2.3 2.2	2.2
Lyssach, Birchiwald	610.212/1	19.11.1975	10	Schlamm	8.00	nicht bestimmbar	nicht bestimmbar
Lyssach, Brämacher	610.213/13	19.11.1975	4.8	75 53	0.019 0.012	0.76 0.74	0.8
Kirchberg, Widenhof	610.216/13	21.09.1971 09.08.1973	23.9 21.7	63 80	0.01 0.005	2.0 3.2	3.2
Utzenstorf, Utzistorfwald	610.217/14	15.07.1977	23.07	232 143	0.032 0.025	3.12 2.17	2.65
Koppigen, Lindenrain	610.219/21	08.08.1973	30.8	133 59	0.065 0.020	0.59 0.54	0.6
Koppigen, Bürglen-Ischlag	610.220/6	18.11.1975	25.1 25.3 25.1	79 39 128	0.56 0.23 0.68	0.085 0.087 0.120	0.1
Koppigen, Glänggen-Ischlag	610.220/5	18.11.1975	23.0	79 58 128	0.147 0.120 0.203	0.31 0.27 0.40	0.3
Koppigen, Glänggen-Ischlag	610.220/4	18.11.1975	23.0 23.0 22.9	79 43 128	0.115 0.058 0.204	0.39 0.36 0.40	0.4
Utzenstorf, Burgerwald	610.221/1	09.08.1973	6.9	152 104	0.207 0.135	1.4 1.3	1.4
Koppigen, Räckholter	610.221/4	19.11.1975	16.0 16.1 16.0	78 45 126	0.811 0.465 0.860	0.100 0.089 0.160	0.1
Zielebach, nördl. Dorf	610.223/23	24.06.1971	4.6	190 132	0.375 0.250	2.2 1.8	2.0

Tabelle III,41; 2. Teil

Lyssach, Nassi	611.212/11	26.06.1974	19.4	95 48	0.011 0.008	4.5 2.7	3.6
Kirchberg, Vilbringen-Schachen	611.213/8	26.06.1974	17.4	97 50	0.011 0.007	5.2 3.5	4.4
Lyssach, Kieswerk	611.213/9	08.08.1973	23.2	71	0.006	2.2	2.2
Lyssach, Schachenguet	611.213/10	19.11.1975	6.0	75 46	0.062 0.035	2.8 2.7	2.8
Kirchberg, nordwestlich Lorraine	611.214/8	19.11.1975	1.9	124 79	0.415 0.195	3.3 3.8	3.6
Oberösch, Grossacker	611.217/5	29.06.1977	35.0	230 102	0.014 0.008	3.66 2.00	2.83
Ersigen, Kalebüel	611.217/6	01.06.1977	35.40	215	0.05	1.17	1.17
Koppigen, Gerenwald	611.219/9	08.08.1973	26.7	151	0.117	0.50	
Koppigen, Bürglen-Ischlag	611.220/18	18.11.1975	28.3	80 45 127	0.052 0.026 0.094	0.63 0.60 0.63	0.6
Koppigen, Rötleren	611.220/19	18.11.1975	28.6	77 45 122	0.011 0.006 0.021	2.3 2.0 2.2	2.2
Koppigen, Brünnen	611.221/50	19.11.1975	6.6	128	0.025	10.0	
Burgdorf, Lerchenboden	612.211/7	23.11.1977	17.12	105 203	0.022 0.044	2.36 2.82	2.59
Koppigen, östl. Gerenwald	612.219/5	26.06.1974	21.9	143 62	0.253 0.092	0.39 0.39	0.4
Willadingen Schuelwald	612.221/20	04.12.1975	7.76	150	0.244	1.05	1.05
Oberburg, Teuffenbach	614.208/10	03.11.1977	20.14	164 247	0.03 0.041	2.54 3.11	2.83

Tabelle III,42

Kleinpumpversuche in Bohrungen im Auftrage Dritter

Ort	WEA-Bezeichnung	Datum des Versuchsbeginns	Berücksichtigte Grundwassermächtigkeit z.Z. des Versuchsbeginns H in m	Entnahmemenge QV in l/min	Wasserspiegelabsenkung in der Bohrung DH in m	Profil-k-Wert kP in 10^{-3}m/s	Gemittelter Profil-k-Wert kP in 10^{-3}m/s
Fraubrunnen, Erlenischlag	607.216/21	21.09.1970	13.5	83 77	0.060 0.050	0.78 0.81	0.8
Fraubrunnen, südwestlich Hinterfeld	608.215/1	16.09.1970	19.7	580 430	0.085 0.067	3.6 3.2	3.4
		01.12.1970	20.3	1940	0.370	3.3	
Fraubrunnen, Chlosterweg	608.215/2	01.10.1970	22.7	548 277	0.070 0.035	3.6 3.3	3.4
		01.12.1970	23.1	2090	0.310	3.5	
Fraubrunnen, Chlosterweg	608.215/3	12.10.1970	30.0	571 750	0.032 0.044	3.3 3.6	3.6
		01.12.1970	29.3	2420	0.185	4.8	
Utzenstorf, südl.Landshut	608.220/48	13.11.1978	5.7	207	0.100	4.9	4.9
Burgdorf, östl. Buechmatt (Fa.Schüpbach)	612.212/9	.1968					2.0
Burgdorf, Buechmatt (Fa. Gloor)	612.212/18	26.06.1974	8.4	97 61	0.067 0.044	2.4 2.1	2.3
Burgdorf, Spital	613.210/9	02.04.1977	4.8	94	0.280	1.1	1.1
Burgdorf, Lindenfeld	613.211/7	19.03.1970	14.0	22 20	0.021 0.013	0.8 0.8	0.7
Burgdorf,westl. SBB-Bahnhof (Maschinenfabrik Aebi)	613.212/8	18.04.1974	3.0	88 32	0.075 0.030	5.5 4.0	4.8
Burgdorf, Buechmatt (Fa. Gloor)	613.212/31	23.04.1974	0.6	15	0.350	1.2	
Burgdorf, Schlossmatt SAZ	614.211/35	12.05.1971	36.2	463 393	0.180 0.140	0.9 0.9	0.9
Burgdorf, Lorraine	614.212/25	26.06.1974	10.9	152 77	0.061 0.030	3.2 2.8	3.0

4.1.2.3. Kleinpumpversuche in bestehenden Grundwasserfassungen

In bestehenden Grundwasserfassungen wurden ebenfalls Kleinpumpversuche ausgeführt. Verwendet worden sind dabei die Installationen der betreffenden Anlage. Die Berechnung der Durchlässigkeitswerte kP erfolgte wie im Abschnitt 4.1.2.2. angegeben. Die Resultate der einzelnen Versuche gehen aus Tabelle III,43 hervor. Sie wurden ergänzt durch Ergebnisse aus Pumpversuchsauswertungen beim Bau der Brunnen.

Tabelle III,43

Kleinpumpversuche in Vertikalfilterbrunnen

Ort	WEA-Bezeichnung	Datum des Versuchsbeginns	Eintauchtiefe des Brunnenfilters z.Z. des Versuchsbeginns LV in m	Entnahmemenge QV in l/min	Wasserspiegelabsenkung im Brunnen DH in m	Profil-k-Werte kP in 10^{-3}m/s	Gemittelter Profil-k-Wert kP in 10^{-3}m/s
Aefligen, Kläranlage	607.217/31	07.07.1971	9.50	785 1690	0.295 0.85	3.3 3.3	3.3
Bätterkinden, Chräiligenfeld	607.221/8	09.01.1970	10.5	700	1.07	1.0	
Utzenstorf, Dorf (Steffen-Ris AG)	608.220/3	07.12.1956	6.2	600	0.24	5.6	
Utzenstorf, Papierfabrik	608.221/8	28.02.1967	10.7	2000 3000 3500 4000	0.66 1.36 1.75 2.47	4.6 4.0 3.9 3.5	4.0
Kirchberg, Dorf (Nyffeler & Corti)	610.215/11	07.01.1954	5.30	550 1000	0.23 0.62	7.0 6.0	6.5
Ersigen, (Pumpwerk WV)	611.216/1	08.07.1971	4.90	835	0.79	4.7	
Ersigen Oberfeld (Versuchsbrunnen)	611.216/7	06.02.1973	40.0	550 800 2100	0.34	4.1 3.1 2.3	3.1
Koppigen, Dorf (Pumpwerk WV)	612.220/5	09.07.1971	22.3	333 1465	0.11 0.51	1.1 1.6	1.4

4.1.3. Grosspumpversuche

Der Grosspumpversuch ermöglicht u.a., den Gebiets-k-Wert kG sowie in hydrologisch nicht sehr komplizierten Fällen die nutzbare Porosität p zu bestimmen.

Aus hydrologischen Untersuchungen für Grundwasserfassungen, Schutzzonenabklärungen und Baugrundentwässerungen, welche grösstenteils vom Kanton Bern (WEA) subventioniert worden sind, standen die Resultate oder Messwerte von 12 Grosspumpversuchen für unsere Arbeit zur Verfügung. Im Rahmen der Beschaffung der Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung wurde aus finanziellen Gründen lediglich ein Grosspumpversuch in Utzenstorf, in den Fassungsanlagen der Papierfabrik, durchgeführt. Die insgesamt 13 Grosspumpversuche erfassen die Gebiete südlich und nördlich Burgdorf, Fraubrunnenwald, Altwiden nordwestlich Utzenstorf, Koppigen und Willadingen. Die Versuchsstandorte gehen aus Beilage III,6 hervor. Die wichtigsten Versuchsdaten und Resultate sind in den folgenden Kapiteln zusammengestellt worden. Eingehendere Besprechungen der einzelnen Grosspumpversuche finden sich in den entsprechenden Gutachten und Konzessionsakten (Dok. WEA/Geologie).

Die ebenfalls im Bilanzierungsgebiet liegenden Grosspumpversuche Burgdorf/Butterzentrale (614.210/43), Burgdorf/Schachen (614.210/134), Oberburg/Tschamerii (615.208/1) und Burgdorf/Oberburgschachen (615.208/44) wurden bereits im Teil II behandelt. Kurzinformationen über diese Versuche sind in Beilage III,6 der Vollständigkeit halber noch einmal aufgeführt worden.

4.1.3.1. GPV Utzenstorf, Altwiden (WERNER, 1978a)

Zweck: Schutzzonenabklärung

Ort: Pumpwerk Utzenstorf, Altwiden, 607.217/1, der Wasserversorgung der Gemeinde Utzenstorf und der Wasserversorgung Vennersmühle, Gemeindeverband Lyssach

Objekt: Unvollkommener Vertikalfilterbrunnen rB = 1,0 m
LV = Eintauchtiefe des Brunnens
HL = Berücksichtigte Mächtigkeit des Grundwasserleiters

Tabelle III,44

Grosspumpversuch Utzenstorf, Altwiden

Versuchsdauer	22.02. - 02.03.1977
LV (m)	10.0
HL (m)	14.9
H (m)	ca. 14.9
QV (l/min)	6800
Absenkverhältnisse	
DH (m)	1.00
α [1] (m)	0.22
β [2] (m)	0.08-0.09
γ [2] (m)	0.07-0.09
Durchlässigkeit und nutzbare Porosität	
kG aus α (m/s)	$12.9 \cdot 10^{-3}$
kG aus β,γ (m/s)	$15.8 \cdot 10^{-3}$
kG [3] (m/s)	$12 \cdot 10^{-3}$
p [3] (%)	20

1) 30 Stunden nach Pumpbeginn

2) für Peilrohre, welche von den Grundbächen möglichst wenig beeinflusst sind.

3) Berchnung mit Computerprogramm GEOHYD

4.1.3.2. GPV Fraubrunnen, Fraubrunnenwald (WERNER, 1972b)

Zweck: Hydrologische Untersuchungen für eine neue Grundwasserfassung und Schutzzonenabklärung

Ort: Fraubrunnenwald 608.215/2, 608.215/3, spätere Grundwasserfassungen der Wasserversorgung Vennersmühle, Gemeindeverband Lyssach

Objekt: 2 vollkommmene Vertikalfilterbrunnen
608.215/2 rB = 0,35 m 608.215/3 rB = 0,30 m

Tabelle III,45

Grosspumpversuch Fraubrunnen, Fraubrunnenwald

Versuchsdauer	1. Phase in 608.215/2 26.1. - 5.2.1972	2. Phase in 608.215/3 10.2. - 17.2.1972
LV (m)	27.19	23.04
HL[1] (m)	28.34	22.10
H (m)	>29.00	>32.40
QV (l/min)	7000	3800
Absenkverhältnisse		
- DH (m)	1.32	0.92
- α_0[2] (m)	0.04	0.04
- α (m)	0.40	0.22
- β (m)	0.13	
- γ (m)	0.10	
Durchlässigkeit		
- kG aus α_0 (m/s)	$3.8 \cdot 10^{-2}$	$2.6 \cdot 10^{-2}$
- kG aus α (m/s)	$3.8 \cdot 10^{-3}$	$4.8 \cdot 10^{-3}$
- kG aus β (m/s)	$5.8 \cdot 10^{-3}$	
- kG aus γ (m/s)	$7.5 \cdot 10^{-3}$	
- p (%)	ca. 0.23	ca. 0.21

1) Grundwasserleiter anisotrop

2) Steigungsmass aus den Absenkungen im oberen Bereiche des Absenktrichters

4.1.3.3. GPV Utzenstorf, Papierfabrik (WEA, 1976)

Zweck: Beschaffung von Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern
Hydrologische Untersuchung

Ort: Utzenstorf, Papierfabrik 608.221/8

Objekt: Horizontalfilterbrunnen (12 Horizontalstränge)
mittlere Stranglänge = 32 m

Tabelle III,46

Grosspumpversuch Utzenstorf, Papierfabrik

Versuchsdauer	8.6. - 12.6.1976
LV (m)	10.30
HL (m)	10.80
H (m)	10.80
QV (l/min)	13640
Absenkverhältnisse	
- DH (m)	2.65
- α (m)	0.96 - 1.08
- β (m)	0.49
Durchlässigkeit	
- kG aus α (m/s)	$7.1 - 8.0 \cdot 10^{-3}$
- kG aus β (m/s)	$7.8 \cdot 10^{-3}$

4.1.3.4. GPV Koppigen, Erli (RUTSCH, 1963)

Zweck: Abklärung der hydrologischen Verhältnisse

Ort: Koppigen, Erli, 611.221/2
Bereich der projektierten Grundwasserfassung des Gas- und Wasserwerkes Grenchen (Kt. Solothurn)

Objekt: 1 Vertikalfilterbrunnen rB = 0,6 m

Tabelle III,47

Grosspumpversuch Koppigen, Erli[1)]

Versuchsdauer	09.07.-14.08.1962	14.08.-28.08.1962	28.08.-07.09.1962
LV (m)	30.2	30.2	30.2
HL (m)	30.7	30.7	30.7
H (m)	30.7	30.7	30.7
QV (l/min)	2750-15720	15720-12000	7000/0
Absenkverhältnisse			
DH (m)	0.65-5.05	5.10-3.6	
α[2)] (m)	0.6 -0.8		
γ (m)			0.07/0.08[3)]
Durchlässigkeit			
kP aus DH	$2.5\text{-}3.0\cdot10^{-3}$		
kG aus α	$4.0\text{-}6.0\cdot10^{-3}$		
kG aus γ			$7.1/8.6\cdot10^{-3}$

1) Durchführung RUTSCH, 1962
2) vom 14.08.1962, 1400
3) vom Versuchsbrunnen 611.221/3

4.1.3.5. GPV Burgdorf, östlich Buechmatt (WERNER, 1969a)

Zweck: Neue Grundwasserfassung

Ort: Fabrikareal der Fa. Schüpbach AG, Neumatt (östlich Buechmatt), 612.212/9

Objekt: Unvollkommener Vertikalfilterbrunnen rB = 0,65 / 0,575 m

Tabelle III,48

Grosspumpversuch Burgdorf, östlich Buechmatt

Versuchsdauer	1. Phase 31.12.68 - 3.1.69	2. Phase 3.1. - 5.1.69
LV (m)	21.8	21.8
HL (m)	26.0	26.0
H (m)	26.0	26.0
QV (l/min)	6500	3000
Absenkverhältnisse		
DH (m)	1.35	0.45
α (m)	0.24	0.12
Durchlässigkeit		
kG aus α (m/s)	$6.35 \cdot 10^{-3}$	$5.85 \cdot 10^{-3}$

4.1.3.6. GPV Koppigen, Dorf (WERNER, 1975d)

Zweck: Schutzzonenabklärung

Ort: Pumpwerk Koppigen, 612.220/5, der Gemeinde Koppigen

Objekt: Unvollkommener Filterbrunnen (2 Grundwasserstockwerke)
rB = 0,65 / 0,50 m

Tabelle III,49

Grosspumpversuch Koppigen

Versuchsdauer	20.5. - 31.5.1974
LV (m)	23.2
HL (m)	25.0
H (m)	ca. 25.0
QV (l/min)	2220
Absenkverhältnisse	
DH (m)	1.0
(m)	0.7 - 0.85
Durchlässigkeit und nutzbare Porosität	
kG aus α (m/s)	$6.4 - 7.7 \cdot 10^{-3}$
kG[1] (m/s)	$7.5 - 8.5 \cdot 10^{-3}$
p[1] (%)	0.12 - 0.16

1) Berechnung mit Computerprogramm GEOHYD

4.1.3.7. GPV Burgdorf, Lindenfeld (WERNER, 1972c)

Zweck: Baugrubenentwässerung für das Berufsschulhaus und Notwasserfassung für die Zivilschutzanlage

Ort: Lindenfeld, Burgdorf 613.211/38

Objekt: Vollkommener Vertikalfilterbrunnen (2 Grundwasserstockwerke) rB = 0,65 m

Tabelle III,50

Grosspumpversuch Burgdorf, Lindenfeld

Versuchsdauer	1. Phase 2.5. - 7.5.72	2. Phase 8.5. - 9.5.73	3. Phase 10.5. -16.5.72
LV 1) (m)	11.50	11.40	11.30
HL 1) (m)	11.50	11.40	11.30
H 1) (m)	11.50	11.40	11.30
QV (l/min)	1750	5500	5500
Absenkverhältnisse			
DH (m)	0.70		
α (m)	0.28		
β (m)	0.14	0.46	0.42
γ (m)	0.14	0.43	0.43
Durchlässigkeit 1)			
kG aus α (m/s)	$3.3 \cdot 10^{-3}$	-	-
kG aus β (m/s)	$3.3 \cdot 10^{-3}$	$2.9 \cdot 10^{-3}$	$3.5 \cdot 10^{-3}$
kG aus γ (m/s)	$3.3 \cdot 10^{-3}$	$3.4 \cdot 10^{-3}$	$3.5 \cdot 10^{-3}$

1) unteres Grundwasserstockwerk

4.1.3.8. GPV Burgdorf, westlich SBB-Bahnhof (alter Brunnen) (WERNER, 1974)

Zweck: Bessere Ausnutzung der konzessionierten Wassermenge

Ort: Fabrikareal der Fa. Aebi & Co AG, Maschinenfabrik Burgdorf, 613.212/1

Objekt: Vollkommener Vertikalfilterbrunnen rB = 0,4 m

Tabelle III,51

Grosspumpversuch Burgdorf, westlich SBB-Bahnhof (alter Brunnen)

Versuchsdauer	25.06.1974 - 12.07.1974
LV (m)	2.40
HL (m)	2.40
H (m)	2.40
QV (l/min)	465
Absenkverhältnisse	
DH (m)	0.50
α (m)	0.19
β (m)	0.15
γ (m)	0.125
Durchlässigkeit	
kG aus α (m/s)	$6.2 \cdot 10^{-3}$
kG aus β (m/s)	$4.0 \cdot 10^{-3}$
kG aus γ (m/s)	$4.7 \cdot 10^{-3}$

4.1.3.9. GPV Burgdorf, westlich SBB-Bahnhof (neuer Brunnen) (WERNER, 1975a)

Zweck: Neue Grundwasserfassung

Ort: Fabrikareal der Fa. Aebi & Co AG, Maschinenfabrik Burgdorf, 613.212/36

Objekt: Vollkommener Vertikalfilterbrunnen rB = 0,575 m

Tabelle III,52

Grosspumpversuch Burgdorf, westlich SBB-Bahnhof (neuer Brunnen)

Versuchsdauer	1.2.1975	1.2.-3.2.1975
LV (m)	2.42	2.42
HL (m)	2.30	2.30
H (m)	2.42	2.42
QV (l/min)	400	575
Absenkverhältnisse		
DH (m)		0.96
α (m)		
β (m)	ca. 0.10	0.20
γ (m)		0.16
Durchlässigkeit		
kG aus β (m/s)	ca. $4.7 \cdot 10^{-3}$	$5.3 \cdot 10^{-3}$
kG aus γ (m/s)		$4.8 \cdot 10^{-3}$

4.1.3.10. GPV Willadingen, Dorf (WERNER, 1975c)

Zweck: Schutzzonenabklärung

Ort: Pumpwerk Willadingen, 613.221/1, des Gemeindeverbandes Wasserversorgung Steinenberg

Objekt: Vollkommener Vertikalfilterbrunnen rB = 0,80 m

Tabelle III,53

Grosspumpversuch Willadingen

Versuchsdauer		11.8. - 25.8.1975
LV	(m)	17.68
HL	(m)	12.60[1)]
H	(m)	17.68
QV	(l/min)	2030
Absenkverhältnisse		
DH	(m)	2.30
α nach 24 h	(m)	0.54
α nach 50 h	(m)	0.61
β zwischen 1-15 h	(m)	0.26
β zwischen 1-15 h	(m)	0.26
Durchlässigkeit und nutzbare Porosität		
kG aus α (Mittel aus 24 und 50 h)		$1.7 \cdot 10^{-3}$
kG aus β	(m/s)	$1.9 \cdot 10^{-3}$
kG aus γ	(m/s)	$1.9 \cdot 10^{-3}$
kG[2)]	(m/s)	$1.9\text{-}2.9 \cdot 10^{-3}$
p[2)]	(%)	0.08 - 0.12

1) anisotroper Grundwasserleiter
2) mit GEOHYD (FIDES, 1976)

4.1.3.11. GPV Burgdorf, Schlossmatt SAZ (WERNER, 1971)

Zweck: Baugrubenentwässerung für das Schulungs- und Arbeitszentrum für Behinderte, Burgdorf (heute Notwasserbrunnen)

Ort: Schlossmatt, Burgdorf, 614.210/36

Objekt: Unvollkommener Vertikalfilterbrunnen rB = 0,65 m

Tabelle III,54

Grosspumpversuch Burgdorf, Schlossmatt

Versuchsdauer	Phase 3 20.7.71	Phase 4 21.7.71	Phase 5 22.7.71	Phase 6 22.7.71
LV (m)	14.40	14.45	14.40	14.50
HL (m)	17.30	17.35	17.30	17.40
H (m)	ca.40.00	ca.40.00	ca.40.00	ca.40.00
QV (l/min)	4150	5300	2450	3350
Absenkverhältnisse				
DH (m)	1.75	1.85	0.35	0.45
α (m)	0.11	0.18	0.07	0.09
β (m)	-	0.07	-	-
Durchlässigkeit				
kG aus α (m/s)	$13.4 \cdot 10^{-3}$	$10.4 \cdot 10^{-3}$	$12.3 \cdot 10^{-3}$	$13.7 \cdot 10^{-3}$
kG aus β (m/s)	-	$13.3 \cdot 10^{-3}$	-	-

4.1.3.12. GPV Burgdorf, Schlossmatt, Alterspflegeheim (WEA, 1976)

Zweck: Baugrubenentwässerung während dem Bau des Alterspflegeheims

Ort: Burgdorf, Schlossmatt (Einschlagweg)

Objekte: 11 unvollkommene Vertikalfilterbrunnen rB = 0,35 m
614.210/212.240 (aufgehoben)

Tabelle III,55

Grosspumpversuch Burgdorf, Schlossmatt (Alterspflegeheim)

Versuchsdauer	01.04.76	02.04.76 0800-1500	02.04.76,1500- 05.04.76,0600	05.04.-26.10.76
LV (m)	Probelauf nicht ausgewertet	10.2	10.2	8.0-10.2
HL (m)		20.0	20.0	
H (m)		ca.37.0	ca.37.0	
QV (l/min)		14500	24200	10000
Absenkverhältnisse				
DH[1] (m)		ca. 0.70	ca. 1.25	Baubetrieb
α (m)		0.30-0.35	0.60-0.65	nicht aus-
β (m)		0.28-0.35	0.50-0.60	gewertet
Durchlässigkeit und nutzbare Porosität				
kG[2] (m/s)		$10 \cdot 10^{-3}$	$10 \cdot 10^{-3}$	$10 \cdot 10^{-3}$
p[2]			0.14-0.20	

1) mittlere Absenkung im Bereiche der Filterbrunnen ohne Berücksichtigung der Hangquellen

2) Berechnung mit Computerprogramm GEOHYD

4.1.3.13. GPV Burgdorf, Lorraine (WERNER, 1975b)

Zweck: Hydrologische Untersuchung für eine Wärmepumpanlage

Ort: Ueberbauung Lorraine Burgdorf, 614.212/27,
Fa. Aebi & Co AG, Maschinenfabrik, Burgdorf

Objekt: Unvollkommener Vertikalfilterbrunnen rB = 0,42 / 0,35 m

Tabelle III,56

Grosspumpversuch Burgdorf, Lorraine

Versuchsdauer		24.10. - 28.10.1974
LV	(m)	9.0
HL	(m)	12.7
H	(m)	ca. 15.5
QV	(l/min)	1230
Absenkverhältnisse		
DH	(m)	1.00
α	(m)	-
β, γ	(m)	0.14
Durchlässigkeit und nutzbare Porosität		
k_G [1]	(m/s)	$1.9 - 2.8 \cdot 10^{-3}$
p [1]	(%)	0.10 - 0.16

1) Berechnung mit Computerprogramm GEOHYD

4.1.4. Markierversuche

Im Rahmen unserer Untersuchungen führten wir im Fraubrunnenwald während der Dauer des Grosspumpversuches (vgl. Abschnitt 4.1.3.2.) zusammen mit der Vennersmühle Wasserversorgung und dem Kantonalen Labor, Bern, verschiedene Markierversuche durch. Weitere Markierungen im Bilanzierungsgebiet erfolgten während der Grosspumpversuche für die Schutzzonenabklärungen Utzenstorf, Altwiden (Abschnitt 4.1.3.1.), Koppigen, Dorf (Abschnitt 4.1.3.6.) und Willadingen, Pumpwerk (Abschnitt 4.1.3.10.), sowie für die hydrologischen Untersuchungen in Burgdorf, Lindenfeld (Abschnitt 4.1.3.7.), und Willadingen, Schuelwald (RUTSCH, 1943). Die Markierversuche Koppigen, Willadingen, Pumpwerk, und Burgdorf, Lindenfeld, sollten Auskunft geben über die brunnentechnischen Verhältnisse und örtliche Inhomogenitäten im Untergrund, sie werden hier nicht kommentiert. Die Resultate der übrigen, für den Grundwasserleiter repräsentativen Versuche werden anschliessend zusammengefasst (vgl. auch Beilage III,5). Die Unterlagen und Berichte über alle Markierversuche sind archiviert (Dok. WEA/Geologie).

Die mit Markierversuchen bestimmten mittleren Abstandsgeschwindigkeiten und die mittleren theoretischen Sickergeschwindigkeiten werden in Abschnitt 4.2.4. einander gegenübergestellt.

4.1.4.1. MV Utzenstorf, Altwiden (WERNER, 1978a)

Zweck: Schutzzonenabklärung

Ort: Pumpwerk Utzenstorf, Altwiden, 607.217/1, der Wasserversorgung der Gemeinde Utzenstorf und der Wasserversorgung Vennersmühle, Gemeindeverband Lyssach

Markierstelle: Peilrohr 607.217/52

Markierstoff: Fluorescein

Entnahmestelle: Grundwasserfassung 607.217/1, während GPV (vgl. Abschnitt 4.1.3.1.)

Tabelle III,57

Resultate aus dem Markierversuch Utzenstorf, Altwiden

Beschreibung	Symbol	Dimension	Resultate
Versuchsbeginn	to	Datum	23.02.1977
Versuchsdauer	t	d	24
Distanz zwischen Markier- und Probeentnahmestelle	D	m	294
Fliessstrecke	L	m	310
Zeitdifferenz für den Markierstoff zwischen Impfung und -			
- erstem Auftreten	$\Delta t-$	h	38
- Konzentrationsmaximum	Δt	h	166
- Schwerpunkt der Zeitkonzentrationsfunktion	Δtm	h	176
- dem Ende des Auftretens	$\Delta t+$	h	550
Abstandsgeschwindigkeit va aus L und Δt			
- L : $\Delta t-$	va+	m/h	8.2
- L : Δt	va	m/h	1.9
- L : Δtm	vam	m/h	1.8
- L : $\Delta t+$	va-	m/h	0.56
Verhältnis va+ : vam			4.6

Die Markierstelle liegt an der Emme im Entnahmebereich der Fassungsanlage Utzenstorf, Altwiden. Der Markierversuch ergibt eine maximale Abstandsgeschwindigkeit von ca. 200 m/d. Aus der Emme infiltriertes Wasser fliesst ca. 40 Stunden durch den Grundwasserleiter bis es in die Grundwasserfassung gelangt. Die mittlere Abstandsgeschwindigkeit ist mit 30-40 m pro Tag ca. 5 bis 6 mal kleiner als die maximale. Die Abstandsgeschwindigkeiten deuten darauf hin, dass der Grundwasserleiter im Strömungsbereich des Markierversuches sehr durchlässig ist. Dies wurde auch durch den Grosspumpversuch (vgl. Abschnitt

4.1.3.1.) bestätigt.

4.1.4.2. MV Fraubrunnen, Fraubrunnenwald (WERNER, 1972b; KANTONALES LABOR, 1972)

Zweck: Hydrologische Untersuchung für eine neue Grundwasserfassung und Schutzzonenabklärung

Ort: Fraubrunnenwald 608.215/2 und 608.215/3
spätere Grundwasserfassung der Wasserversorgung Vennersmühle, Gemeindeverband Lyssach

Markierstellen: Brunnen 608.215/2 und Peilrohre 608.215/11 und 12

Markierstoffe: siehe Tabelle III,58

Entnahmestellen: Brunnen 608.215/3 und Peilrohre 608.215/8, 9 und 10 während GPV (vgl. Abschnitt 4.1.3.2.)

Tabelle III,58

Resultate aus dem Markierversuch Fraubrunnen, Fraubrunnenwald

Beschreibung	Symbol	Dimension	Resultate											
			608.215/2-3	11-3	11-10	12-3	12-3	12-3	12-8	12-8	12-8	12-9	12-9	12-9
Versuchsbeginn	to	Datum	14.2.72	14.2.72	14.2.72	31.1.72	6.3.72	6.3.72	31.1.72	6.3.72	6.3.72	31.1.72	6.3.72	6.3.72
Versuchsdauer	t	d	6	5	5	6	17	17	6	7	7	6	7	7
Distanz zw. Markier- und Probeentnahme-stelle	D	m	124	120	29	52	52	52	43	43	43	71	71	71
Fliessstrecke	L	m	124	120	29	52	52	52	43	43	43	71	71	71
Zeitdifferenz für den Markierstoff zwischen Impfung und -														
- erstem Auftreten	Δt-	h	9.4	23	3.7	6	7	7	24	14	20	24	21	20
- Konzentrationsmaximum	Δt	h	21.5	72	23	54				20	-		45	
- Schwerpunkt der Zeit-Konzentrationsfunktion	Δtm	h	-	-	-	60			-				55	
- dem Ende des Auftretens	Δt+	h	-	-	-	118	270	187	-	129	48		174	86
Abstandsgeschwindigkeit va aus L und Δt														
- L : Δt-	va+	m/h	13.2	5.2	7.8	8.7	7.4	7.4	1.8	3.1	2.2	3.0	3.4	3.6
- L : Δt	va	m/h	5.8	1.7	1.3	1.0				2.2			1.6	
- L : Δtm	vam	m/h				0.9							1.3	
- L : Δt+	va-	m/h				0.4	0.2	2.97		0.3	0.9		0.4	0.8
Verhältnis va+ : vam						9.7							2.6	
Markierstoff			S	F	F	F	St	C	F	St	C	F	St	C

F = Fluorescein, S = Sulforhodamin Natrium-Salicylat-Proben alle negativ
C = Colikeime St = Streptokokken

Die maximalen Abstandsgeschwindigkeiten va+ für die Markierstoffe Fluorescein, Colikeime und Streptokokken stimmen zwischen der Markierstelle 12 und den Entnahmestellen 3, 8 und 9 überraschend gut miteinander überein.

4.1.4.3. MV Willadingen, Schuelwald (RUTSCH, 1943)

Zweck: Hydrologische Untersuchungen

Ort: Willadingen 612.221/7

Markierstelle: Peilrohr 612.221/12

Markierstoff: Kochsalz

Entnahmestelle: Grundwasseraustritt 612.221/16

Tabelle III,59

Resultate aus dem Markierversuch Willadingen, Schuelwald

Beschreibung	Symbol	Dimension	Resultate
Versuchsbeginn	to	Datum	24.12.43
Versuchsdauer	t	d	240
Distanz zwischen Markier- und Probeentnahmestelle	D	m	370
Fliessstrecke	L	m	370
Zeitdifferenz für den Markierstoff zwischen Impfung und -			
- erstem Auftreten	Δ t-	h	360
- Konzentrationsmaximum	Δ t	h	890
- Schwerpunkt der Zeit-Konzentrationsfunktion	Δ tm	h	1250
- Ende des Auftretens	Δ t+	h	4320
Abstandsgeschwindigkeit va aus L und Δt			
- L : Δ t-	va+	m/h	1.0
- L : Δ t	va	m/h	0.4
- L : Δ tm	vam	m/h	0.3
- L : Δ t+	va-	m/h	0.09
Verhältnis va+ : vam			3.3

Kanalisationsarbeiten haben gezeigt, dass das E-Ende des Schuelwaldes aus Molasse-Sandsteinen gebildet wird. Geologische Ueberlegungen (vgl. Abschnitt 1.4.1.1., Beilage III,2A) und photogeologische Studien lassen vermuten, dass der Schuelwald, zusammen mit dem Fänglenberg, den Erhebungen Rainhof und Landshut, den südlichen, von jüngern N-S gerichteten Rinnenstrukturen durchbrochenen, von Molassesedimenten aufgebauten Rand der Rinne Limpachtal-Willadingen-Burgäschisee bildet. Es fragt sich daher, ob die Resultate dieses Markierversuches repräsentativ sind für die Fliessvorgänge im Lockergesteins-Grundwasserleiter des Emmentals.

4.2. Diskussion der Resultate

4.2.1. Pumpversuche

4.2.1.1. Punkt-k-Werte

Mit den 179 durchgeführten Versuchen konnten Punkt-k-Werte zwischen $5 \cdot 10^{-6}$ und $2.9 \cdot 10^{-2}$ m/s ermittelt werden. Es treten noch kleinere Durchlässigkeiten im Grundwasserleiter auf, mussten doch verschiedene Versuche infolge des zu geringen Grundwasserzuflusses abgebrochen werden.

Vergleichen wir diese Resultate mit Profil-k und Gebiets-k-Werten sehen wir,

dass die Punkt-k-Wertversuche wie im Oberen und im Mittleren Emmental (WEA 1975/1976) eher zu kleine Durchlässigkeitsbeiwerte ergeben. Die Variation der Durchlässigskeitsverhältnisse innerhalb der einzelnen Bohrungen wird aber durch die Punk-k-Werte relativ gut erfasst.

Die Arbeiten für das Nationale Forschungsprogramm "Modellstudie Emmental" werden zu neuen Versuchs- und Auswertmethoden führen und vor allem die Eichung der Punkt-k-Werte mit den Profil-k-Werten empfehlen. Dabei soll ein Teil der bisherigen Versuche neu ausgewertet, kommentiert und publiziert werden.

4.2.1.2. Profil-k-Werte

Die in Tabelle III,41 und 42 aufgeführten Profil-k-Werte kP aus 53 Bohrungen schwanken zwischen 0.1 und $12.5 \cdot 10^{-3}$ m/s bei einem Mittel von $2.7 \cdot 10^{-3}$ m/s. Für die in Tabelle III,43 aufgelisteten Vertikalbrunnen wurden Profil-k-Werte zwischen 1.4 und $6.5 \cdot 10^{-3}$ m/s bestimmt. Das Mittel dieser 6 Versuche ergibt $3.8 \cdot 10^{-3}$ m/s. Wie schon in WEA 1975/1976 festgestellt wurde, verfälschen vor allem Strömungsverluste die Profil-k-Werte. Da dadurch die bestimmten Durchlässigkeitsbeiwerte in der Regel eher zu klein werden, sind die hier angegebenen Profil-k-Werte als Minimalwerte zu betrachten.

Bis heute fehlen die wissenschaftlichen Grundlagen, welche ermöglichen, die Einflüsse der Vertikalströmungen zu berücksichtigen. Im Rahmen der "Modellstudie Emmental" wird dieser Problemkreis eingehend studiert. In diesem Zusammenhang werden die Versuchsresultate überarbeitet und neu ausgewertet.

4.2.1.3. Gebiets-k-Werte

Im Untersuchungsgebiet liegen bis heute Gebiets-k-Werte aus 16 Grosspumpversuchen in 15 Vertikalfilter- und 1 Horizontalfilterbrunnen vor. 12 Brunnen erfassen die gesamte Mächtigkeit des Grundwasserleiters. Lediglich im Gebiet südlich Burgdorf erschliessen 4 Brunnen nur den obersten Teil des Grundwasserkörpers.

Von den 16 Grosspumpversuchen fanden 10 im Raume Burgdorf statt. Die Versuchsstandorte der restlichen 6 Versuche verteilen sich auf das Gebiet unterhalb von Kirchberg. Im Raume nördlich Ersigen, wo eingelagerte Moränen die Durchlässigkeit herabsetzen, wurden bis heute leider keine Gebiets-k-Werte bestimmt. Der übrige Teil des Grundwasserleiters wird mit den vorhandenen Versuchen recht repräsentativ erfasst.

Die bestimmten Gebiets-k-Werte variieren zwischen 2 und $13 \cdot 10^{-3}$ m/s. Der Durchschnittswert beträgt $6.9 \cdot 10^{-3}$ m/s. Die tiefen kG-Werte treten vor allem in Gebieten nahe der seitlichen Begrenzung des Grundwasserleiters und in Zonen mit eingelagerten Moränen auf. Die Durchlässigkeitsunterschiede der verschiedenen Gebiete fallen allerdings nicht so deutlich aus, wie dies die Kleinpumpversuche vermuten liessen.

4.2.2. Durchlässigkeit des Grundwasserleiters

Die in Beilage III,1B dargestellten Durchlässigkeiten der Querprofile und die der Grundwasserbilanzierung (Kapitel 5) zu Grunde gelegten k-Werte wurden aus den vorliegenden Versuchen gewonnen und interpretiert. In erster Linie basieren sie auf den Gebiets-k-Werten; wo keine vorliegen, wurden Profil-k-Werte herangezogen. Die Punkt-k-Werte dienten lediglich für eine generelle höhenmässige Abstufung der Durchlässigkeitsunterschiede.

Mit k-Werten von über $2 \cdot 10^{-3}$ m/s weisen weite Teile des Grundwasserleiters eine relativ grosse Durchlässigkeit auf. In der östlichen Hälfte des Grundwasserleiters unterhalb Ersigen herrschen, infolge feinkörniger Lockergesteine und Moränen, mittlere und kleine Durchlässigkeiten vor.

4.2.3. Mittlere nutzbare Porosität des Grundwasserleiters

Aus 9 Grosspumpversuchen sind für die entsprechenden Gebiete des Grundwasserleiters die mittleren nutzbaren Porositäten bekannt. Sie liegen zwischen 8 und 23 %, bei einem Mittel von 16,6 %. Generell entsprechen diese Werte ungefähr denjenigen des Oberen und Mittleren Emmentals. Soweit in diesem Bericht die nutzbare Porosität für Berechnungen usw. bekannt sein muss, wird ein Mittelwert von 17 % verwendet.

4.2.4. Mittlere theoretische Sickergeschwindigkeit und mittlere Abstandsgeschwindigkeit

Die mittlerentheoretischen Sickergeschwindigkeiten $\bar{v}s$ lassen sich berechnen aus den Gebiets-k-Werten, der nutzbaren Porosität p und den pumpversuchsbedingten Grundwasserspiegelgefällen J. Sie werden in Tabelle III,60, soweit dies möglich ist, mit den mittleren Abstandsgeschwindigkeiten vam aus den entsprechenden Markierversuchen verglichen (vgl. Abschnitte 4.1.3.1., 4.1.3.2., 4.1.4.1., 4.1.4.2.).

Tabelle III,60

Mittlere theoretische Sickergeschwindigkeiten $\bar{v}s$ und mittlere Abstandsgeschwindigkeiten vam

Beschreibung	Symbol	Dimension	Utzenstorf Altwiden	Fraubrunnen Fraubrunnenwald 31.1.1972 (Fluorescein)	6.3.1972 (Steptokokken)
Aus Grosspumpversuchen:					
Durchlässigkeitsbeiwert	kG	10^{-3} m/s	12	7	
Grundwasserspiegelgefälle	J	‰	6.2	9	
Nutzbare Porosität	p	%	20	15	
Mittlere theoretische Sickergeschwindigkeit	$\bar{v}s$	10^{-3} m/s m/d	0.37 32	0.42 36	
Aus Markierversuchen:					
Mittlere Abstandsgeschwindigkeit	vam	10^{-3} m/s m/d	0.5 43	0.25 21	0.36 31

Im Vergleich stimmen die beiden, verschieden ermittelten Geschwindigkeiten recht gut überein.

5. GRUNDWASSER-BILANZIERUNG

A. Werner, dipl. Ing. ETH; Mitarbeiter: B. Eggen, Ing. HTL
F. Muchenberger, Ing. HTL

5.1. Allgemeines

Ziel der Grundwasserbilanzierung ist es, die im Grundwasserleiter strömenden Wassermengen zu berechnen. Im Rahmen der "NFP Modellstudie Emmental" werden Methoden und Lösungswege aufgezeigt, um mit umfangreichen Computerprogrammen die Strömungsverhältnisse quantitativ zu erfassen. Eine überschlägige, vereinfachte Grundwasserbilanzierung kann auch ohne anspruchsvolle Rechenprogramme durchgeführt werden. Im folgenden werden, wie für das Obere und das Mittlere Emmental (vgl. WEA 1975/1976), die Bilanzierungskennziffern zusammengestellt und eine einfache stationäre Strömungsbilanz für das Jahr 1978 wird gezogen. Die theoretischen Grundlagen und Definitionen sind im Teil I beschrieben worden. Sie werden hier nicht mehr im Detail aufgeführt. Die Hydrologischen Daten, welche für die Grundwasserbilanzierung wichtig sind, können Beilage III,6 entnommen werden. Auf die Bilanzierungskennziffern wird im nächsten Abschnitt speziell eingetreten.

5.2. Grundwasserbilanzierung Unteres Emmental

5.2.1. Der Bilanzierungskörper

Der Bilanzierungskörper umfasst:

- den Grundwasserleiter von Oberburg bis Gerlafingen;
- die Grundwasserleiter in den Mündungsgebieten des Urtenen- und des Limpachtales.

Er wird abgegrenzt durch die Bilanzierungsprofile 12,15U und 20, durch Profile in den kleineren Seitentälern (vgl. Beilage III,6), durch die Grundwasserspiegelfläche vom 3.10.1978 und den Grundwasserstauer (vgl. Beilage III,2). Die Bilanzierungsprofile 13 bis 19 unterteilen den Bilanzierungskörper in die Bilanzierungs-Gebietsabschnitte.

Wie schon verschiedentlich erwähnt wurde, umfasst der Bilanzierungskörper im Bereich von Oberburg einen bereits im Teil II behandelten Abschnitt des Grundwasserleiters. Die Erkenntnisse aus neuen Bohrungen und die Verschiebung des Bilanzierungsprofils 13 bewirken hier gegenüber der Grundwasserbilanzierung im Teil II kleine Abweichungen.

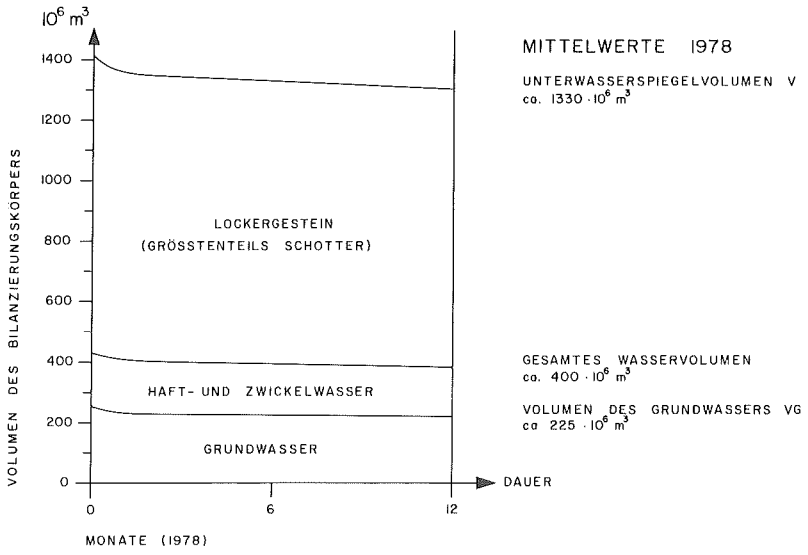
Das nördlichste Bilanzierungsprofil 20 ist praktisch identisch mit dem Querprofil 2 der hydrogeologischen Untersuchung im Solothurnischen Wasseramt (JAECKLI, 1976).

Figur III,54 gibt eine Uebersicht über die Volumenverhältnisse im Bilanzierungskörper. Sie zeigt die approximative Dauerlinie des Jahres 1978 für

- das Unterwasserspiegelvolumen V,
- das gesamte Wasservolumen unter Annahme einer Porosität n = 30 %
- und das Grundwasservolumen VG unter Annahme der nutzbaren (durchströmten) Porosität p = 17 %.

Figur III,54

Volumenverhältnisse im Bilanzierungskörper Unteres Emmental 1978



Die wichtigsten Daten des Bilanzierungskörpers:

- die mittlere Länge des Grundwasserleiters in der Hauptströmungsrichtung gemessen, L = 18 km;
- die mittlere Breite der Grundwasserspiegelfläche zwischen den seitlichen Grundwasserleiterbegrenzungen im schlauchartigen Teil oberhalb Kirchberg, B = 1,5 km, und im stromabwärts anschliessenden beckenförmigen Teil, B = 5,5 km;
- die maximale Grundwassermächtigkeit, HMAX = ca. 45 m;
- die Grundwasserspiegelfläche, OS = 73,75 km2.

5.2.2. Berechnung der Bilanzierungskennziffern, stationär

5.2.2.1. Durchflussmengen QO, QU

Die Durchflussmengen Q für die Bilanzierungsprofile und Profilabschnitte werden nach dem modifizierten Gesetz von Darcy berechnet. Bei der Grundwasserbilanzierung werden teilweise noch die Begriffe Durchflussmenge durch das obere Bilanzierungsprofil QO und durch das untere Bilanzierungsprofil QU verwendet (vgl. Teil I und II, WEA 1975/76).

Die Durchlässigkeitskoeffizienten für die Bilanzierungsprofile wurden festgelegt, ausgehend von den Gebiets-k-Werten bestimmt in Grosspumpversuchen (vgl. Abschnitt 4.1.3.). Die Profil-k-Werte der WEA-Bohrungen dienten dazu, die Durchlässigkeitsverhältnisse in Gebieten ohne Grosspumpversuche abzuschätzen. Da die In- und Exfiltrationsverhältnisse dank der vielen Abflussmengenmessungen (vgl. Kapitel 3) zum Teil recht gut bekannt sind, war es auch möglich, vor allem für stark inhomogene Bilanzierungsprofile (vgl. Beilagen III, 1A und 1B), die massgebenden k-Werte zu überprüfen und anzugleichen.

In Tabelle III,61 wurden die in der Grundwasserbilanzierung verwendeten k-Werte zusammengestellt.

Tabelle III,61

Durchlässigkeitsbeiwerte der Bilanzierungsprofile (BP) und -Profilabschnitte (BPA)

Grundwasserleiter Emme									
BP/BPA	12E	13E	14E	15E	16E	17E	18E	19E	20E
kG in 10^{-3} m/s	6.5	10.0	6.0	11.0	8.0	7.5	3.5	6.0	8.0
Grundwasserleiter Gsteig, Burgdorf					G1 = oberes Stockwerk G2 = unteres Stockwerk				
BPA		14G1	14G2						
kG in 10^{-3} m/s		10.0	9.0						
Grundwasserleiter Urtenen									
BPA			15U						
kG in 10^{-3} m/s			4.5						

Die Grundwasserspiegelgefälle Jo wurden aus der Grundwasserspiegelfläche vom 3.10.1978 (s. Beilage III,2) nach dem Verfahren, welches in Teil I beschrieben ist, berechnet. Das massgebenede mittlere Spiegelgefälle für BP 20 basiert zudem auf den bereinigten Isohypsenplänen von JAECKLI, 1976.

Tabelle III,62

Mittleres Grundwasserspiegelgefälle Jo für Bilanzierungsprofile und -Profilabschnitte

Grundwasserleiter Emme									
BP/BPA	12E	13E	14E	15E	16E	17E	18E	19E	20E
Jo (‰)	5.5	4.8	8.9	5.2	4.6	3.3	4.6	5.0	2.6
Grundwasserleiter Gsteig, Burgdorf					G1 = oberes Stockwerk G2 = unteres Stockwerk				
BPA		14G1	14G2						
Jo (‰)		8.3	6.1						
Grundwassetleiter Urtenen									
BPA			15U						
Jo (‰)			1.7						

Die Durchflussflächen F (FO Durchflussfläche des oberen, FU des unteren Bilanzierungsprofils) werden durch den Stauer und den mittleren Grundwasserspiegel für 1978 abgegrenzt. Die schlecht durchlässigen Moräneneinlagerungen sind normalerweise in der Durchflussfläche eingeschlossen und im k-Wert berücksichtigt. Eine Ausnahme bildet der Bilanzierungsprofilabschnitt 14G. Hier sind die Ausmasse der eingelagerten Moräne, welche lokal zwei Grundwasserstockwerke trennt, bekannt. Die beiden Grundwasserstockwerke konnten deshalb einzel in die Bilanzierung einbezogen werden.

Der westliche Teil des Bilanzierungsprofiles 19 wurde soweit in das Limpachtal hinauf gezogen, als es vom Grundwasser aus dem Emmental-Grundwasserstrom durchflossen wird.

Tabelle III,63

Durchflussflächen F der Bilanzierungsprofile resp. -Profilabschnitte für einen mittleren Grundwasserstand 1978

Grundwasserleiter Emme									
BP/BPA	12E	13E	14E	15E	16E	17E	18E	19E	20E
F (m^2)	26600	26500	5600	36400	87800	144300	155000	80000	43300
Grundwasserleiter Gsteig, Burgdorf					G1 = oberes Stockwerk G2 = unteres Stockwerk				
BPA		14G1	14G2						
F (m^2)		2500	14000						
Grundwasserleiter Urtenen									
BPA				15U					
F (m^2)				56200					
TOTAL									
BP	12	13	14	15	16	17	18	19	20
F (m^2)	26600	26500	22100	92600	87800	144300	155000	80000	43300

Die angegebenen Durchlässigkeitsbeiwerte, Grundwasserspiegelgefälle und Durchflussflächen führen zu den in Tabelle III,64 zusammengestellten Durchflussmengen.

Tabelle III,64

Mittlere Durchflussmengen Q 1978 durch die Bilanzierungsprofile resp. -Profilabschnitte

Grundwasserleiter Emme									
BP/BPA	12E	13E	14E	15E	16E	17E	18E	19E	20E
Q (l/s)	950	1270	300	2080	3230	3570	2500	2400	900
Grundwasserleiter Gsteig, Burgdorf					G1 = oberes Stockwerk G2 = unteres Stockwerk				
BPA		14G1	14G2						
Q (l/s)		210	770						
Grundwasserleiter Urtenen									
BPS			15U						
Q (l/s)			430						
TOTAL									
BP	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Q (l/s)	950	1270	1280	2510	3230	3570	2500	2400	900

5.2.2.2. Randliche unterirdische Zuflüsse QIR

Praktisch über die gesamte Länge der seitlichen Grundwasserleiterbegrenzung fliesst dem Bilanzierungskörper unterirdisch Wasser zu. Es handelt sich dabei um versickertes Niederschlagswasser der seitlichen Einzugsgebiete und Infiltrat der Seitenbäche. Nur im Urtenental sind die Zuflüsse aus dem Grundwasserleiter dieses Tales in den Bilanzierungskörper beachtlich. Sie wurden daher in einem speziellen Bilanzierungsprofil 15 U bestimmt. Die übrigen randlichen, unterirdischen Zuflüsse sind mengenmässig für die Grundwasserbilanzierung unwichtig. Sie werden daher aufgrund weniger Daten ermittelt und abgeschätzt.

Der grösste Teil der randlichen unterirdischen Zuflüsse QIR fliesst aus den Grundwasserleitern der Seitentäler in den Bilanzierungskörper. Die Durchflussflächen und Spiegelgefälle im Mündungsbereich der meisten Seitentäler sind generell bekannt (vgl. Beilage III,2). Aus Grosspumpversuchen in Seitentälern des Mittleren Emmentales (vgl. Teil II) ergeben sich Durchlässigkeitsbeiwerte kG von ca. $3 \cdot 10^{-3}$ m/s. Die Auswertung des Grosspumpversuches in Burgdorf, Lorraine (Abschnitt 4.1.3.13.) zeigte ebenfalls einen Gebiets-k-Wert von ca. $3 \cdot 10^{-3}$ m/s. Für die Berechnung der Durchflussmengen aus den Seitentälern wurde daher auch ein k-Wert von $3 \cdot 10^{-3}$ m/s eingesetzt.

Bei Lyssach, Ersigen und Niederösch wird der Grundwasserzufluss durch feinkörnige Lockergesteine und Moränen behindert. Der Grundwasserspiegel liegt höher

als im Hauptgrundwasserstrom, teilweise treten verschiedene Grundwasserstockwerke auf. Die Zuflussverhältnisse lassen sich mit den vorliegenden Daten nicht berechnen. Die Durchflussmengen müssen geschätzt werden.

Aus den Grundwasserleitern des Limpachs bei Bätterkinden und des Chrümelbaches bei Willadingen fliesst bei mittleren und tiefen Grundwasserständen nur sehr wenig Wasser in den Bilanzierungskörper. Ob sich diese Zuflussverhältnisse bei Hochwasserführung der Bäche kurzfristig ändern, lässt sich nicht bestimmen. Dies ist jedoch für unsere generelle Bilanzierung unerheblich.

Tabelle III,65

Approximative Zuflüsse Q aus den Grundwasserleitern der Seitentäler in die Bilanzierungs-Gebietsabschnitte BGA

BGA	Seitental bei	F m^2	J ‰	kG 10^{-3} m/s	Q l/s
12-13	Oberburg	1000	20	3	60
	Burgdorf,Fischermätteli	2700	5	3	40
14-15	Burgdorf, Lorraine	1000	7	3	20
15-16	Fraubrunnen	700	19	3	40
	Lyssach	1)	-	-	20
16-17	Ersigen	1)	-	-	50
17-18	Oberösch	1)	-	-	10
	Unter-Alchenstorf	3300	3	3	30
19-20	Bätterkinden	2)	-	-	10
	Willadingen	2)	-	-	5

1) Durchflussquerschnitt unbekannt
2) Strömungsrichtung wechselnd

Die randlichen, unterirdischen Zuflüsse aus den Gebieten, welche sich zwischen den behandelten Seitentälern in den Bilanzierungskörper entwässern, wurden aufgrund des mittleren Jahresniederschlages, der Grösse der entsprechenden Einzugsgebiete, einer Verdunstungsrate von 50 %, des Oberflächengewässerabflusses und allfälliger künstlicher Zu- resp. Ableitungen abgeschätzt (vgl. Tabelle III,66).

Tabelle III,66

Randliche unterirdische Zuflüsse QIR in die Bilanzierungsgebietsabschnitte 1978

BGA	Konzentrierter Zufluss durch Seitentäler		Verteilter Zufluss		Total Zufluss	
	l	r	l	r	l	r
	l/s		l/s		l/s	
12-13	60	40	10	10	70	50
13-14	-	-	5	-	5	-
14-15	-	20	15	15	15	35
15-16	490[1)]	-	10	10	500	10
16-17	-	50	5	-	5	50
17-18	-	40	5	10	5	50
18-19	-	-	10	10	10	10
19-20	10	5	15	10	25	15

l = linke Seite , r = rechte Seite

1) inkl. Zufluss Profil 150 von 430 l/s

5.2.2.3. Zuflüsse aus dem Niederschlag auf den Grundwasserleiter QIM

Die mittlere Niederschlagshöhe im Jahr 1978 betrug für das Untere Emmental ca. 1'070 mm. Für die Bilanzierungs-Gebietsabschnitte oberhalb Burgdorf wurde wie im Mittleren und Oberen Emmental angenommen, dass ca. 50 % des Niederschlages auf den Grundwasserleiter in den Bilanzierungskörper versickern.

Für den Bilanzierungskörper unterhalb Burgdorf wurden lediglich im Mittel 30 % der Niederschlagsmenge als versickernder Zufluss in den Grundwasserleiter angenommen, weil

- über weite Gebiete grössere Flurabstände vorherrschen,
- Gebiete mit kleinen Flurabständen teilweise bewaldet sind,
- in verschiedenen Gebietsabschnitten über der Grundwasserspiegelfläche teilweise Moränen das Zusickern des Meteorwassers in den Bilanzierungskörper erschweren.

Tabelle III,67

Zuflüsse QIM aus dem Niederschlag N auf die Bilanzierungs-Gebietsabschnitte BGA

BP - BP	BGA km^2	N (1972) l/s	QIM l/s
12 - 13	1.89	64.1	30
13 - 14	1.09	37.0	15
14 - 15	5.26	178.5	50
15 - 16	11.57	392.6	110
16 - 17	8.85	300.3	85
17 - 18	14.09	478.1	140
18 - 19	13.20	447.9	130
19 - 20	17.80	603.9	180

5.2.2.4. Gemessene Infiltrationsmengen QIOM

Für den Emmeabschnitt zwischen Burgdorf und Schalunen (km 7.0-17.4) konnte aus Differenzmessungen für das Jahresmittel 1978 eine Infiltrationsmenge von ungefähr 2'700 l/s abgeleitet werden (vgl. Abschnitt 3.5.4.1.).

Gestützt auf Differenzmessungen wurde für den Oberholzbach eine mittlere Infiltration von 90 l/s in die Bilanzierungsberechnungen eingesetzt. Die Infiltration aus den übrigen Seitenbächen der Emme trägt nicht wesentlich zur Grundwasserneubildung bei. Sie kann in der folgenden Bilanzierung vernachlässigt werden (vgl. Abschnitt 3.5.4.2.).

Tabelle III,68

Gemessene Infiltrationsmengen QIOM 1978

BGA	Gewässer, Abschnitt	QIOM l/s	
14-15	Emme, Burgdorf - Vilbringen/Schachen		720
15-16	Emme, Vilbringen/Schachen - Kirchberg		750
16-17	Emme, Kirchberg - Aefligen/Neuhof		780
17-18	Emme, Aefligen/Neuhof - Schalunen/Wehr	450	
	Oberholzbach, Widenhof - Oberholz	40	490
18-19	Oberholzbach, Oberholz - Koppigen/Erli		50

5.2.2.5. Gemessene, oberflächlich abgeleitete Exfiltrationsmengen QXOM

Von allen bedeutenden Exfiltrationsstrecken in den Oberflächengewässern und von den Grundwasseraustritten im Bilanzierungsgebiet existieren provisorische Grundwasserstands-Abflussbeziehungen (vgl. Abschnitt 3.5.4.3.), welche erlauben, die Exfiltrationsmengen zu ermitteln. Die Teilmengen der Bilanzierungs-Gebietsabschnitte wurden für die Exfiltrationsgebiete Fraubrunnen und Utzenstorf aus den entsprechenden Gesamtmengen abgeschätzt.

Tabelle III,69

Gemessene, oberflächlich abgeleitete Exfiltrationsmengen QXOM 1978

BGA	Exfiltrationen	QXOM l/s	QXOM l/s
15 - 16	Zauggenried	20	
	Fraubrunnen	180	200
16 - 17	Urtenen, Hauptkanal und Mühlebachkanal	570	570
17 - 18	Urtenen, Hauptkanal und Mühlebachkanal	390	
	Emme	200	1740
	Utzenstorf	1150	
18 - 19	Utzenstorf	450	450
19 - 20	Limpach und Bätterkinden	540	
	Wiler - Zielebach	400	
	Zielebach - Recherswil	90	
	Willadingen	270	
	Chrümelbach	90	1390

5.2.2.6. Grundwassernutzung QN

Aus Beilage III,5 sind die für die Bilanzierungsberechnungen berücksichtigten Fassungsstellen ersichtlich. Vier liegen im Kanton Solothurn.

Das Grundwasser wird aufgrund alter Rechte und neuerer Konzessionen (Kt. Bern; Konzessionen werden erteilt gestützt auf das bern. Wassernutzungsgesetz von 1950, 1964, 1971) genutzt. Für die Bilanzierung wurde die Wassergewinnung aus Hausfassungen nicht berücksichtigt, da sie mengenmässig kaum erfassbar und zudem unbedeutend ist. Unberücksichtigt bleibt auch die Fördermenge aus den ca. 40 bewilligten Fassungen zur landwirtschaftlichen Bewässerung, weil im Verlaufe des Jahres 1978 kaum bewässert werden musste.

In Tabelle III,70 sind die rechtlich erlaubten und die effektiv geförderten Mengen zusammengestellt, aufgeteilt auf private und öffentliche Bezüger. Das effektiv geförderte Wasser konnte bei Grossbezügern mit Konzessionen mit den installierten Messuhren gemessen werden. Wo Wassermesseinrichtungen fehlten, vorwiegend bei kleinen und alten Anlagen, musste die effektive Wassernutzung

aufgrund mündlicher Angaben abgeschätzt werden.

Tabelle III,70

Mittlere Grundwassernutzung QN 1978

BGA	Bezüge aufgrund Konzessionen						grössere Bezüge aufgrund alter Rechte		Totale Nutzung
	Private			öffentliche Wasserversorgungen					
	Anzahl	Konzession l/s	Nutzung l/s	Anzahl	Konzession l/s	Nutzung l/s	Anzahl	Nutzung l/s	l/s
12-13	3	19	1	2	57	14	0	-	15
13-14	3	18	6	1	133	48	0	-	54
14-15	7	123	25	0	-	-	0	-	25
15-16	5	60	20	0	-	-	0	-	20
16-17	2	3	1	3	167	8	0	-	9
17-18	0	-	-	3	128	15	0	-	15
18-19	2	27	1	3	230	13	1	4	18
19-20	7	385	185	5	870	52	6	238	475
12-20	29	635	239	17	1585	150	7	242	631

Vom Grundwasser im Bilanzierungsgebiet wurden 1978 im Mittel ca. 630 l/s genutzt, ca. 240 l/s aufgrund alter Rechte. Für ca. 2'220 l/s bestehen Konzessionen.

5.2.2.7. Differenz zwischen den Infiltrations- und Exfiltrationsmengen aus den resp. in die Oberflächengewässern (QIO und QXO)

Soweit das In- und Exfiltrationsgeschehen nicht durch Messungen erfasst werden kann (Abschnitt 5.2.2.4./5.), lässt sich mit der stationären Bilanzierung nur eine positive (Infiltrationsüberschuss) oder eine negative (Exfiltrationsüberschuss) Differenzmenge (QIO und QXO) innerhalb eines Bilanzierungs-Gebietsabschnittes ermitteln.

Zwischen den Bilanzierungsprofilen 14 und 18 war es möglich, die In- und die Exfiltrationsmengen mit Messungen zu bestimmen. Für die Bilanzierungs-Gebietsabschnitte 12-13, 13-14, 18-19, 19-20 sind die entsprechenden Messungen unvollständig, oder sie fehlen, vorallem für die Emme. Die im folgenden Abschnitt dargelegte stationäre Bilanzierung (Tabelle III,71) liefert für diese vier Abschnitte positive Differenzen, d.h. Infiltrationsüberschüsse.

Zwischen den Bilanzierungsprofilen 12 und 14 infiltriert Emmewasser wohl praktisch längs der ganzen Flussstrecke, abgesehen von einem kleinen Bereich mit Exfiltration im Mündungsgebiet des Heimiswilbaches. Der berechnete Infiltrationsüberschuss von 230 l/s kann, verglichen mit den gemessenen Infiltrationsleistungen der Emme (vgl. Abschnitt 3.5.4.1.), als realistisch angesehen werden.

Die Infiltrationsmengen aus der Emme zwischen den Bilanzierungsprofilen 18 und 20 werden durch die Exfiltration in die Emme bei Utzentorf und vor der

der Limpacheinmündung nicht ausgeglichen. Der berechnete Infiltrationsüberschuss von 315 l/s zwischen diesen Profilen dürfte mit den wirklichen Verhältnissen ebenfalls etwa übereinstimmen.

5.2.2.8. Stationäre Bilanzierung

Die stationäre Bilanzierung setzt voraus, dass die einem Bilanzierungskörper zufliessenden Mengen gleich gross sind wie die abfliessenden, was über eine längere Zeitperiode betrachtet, im allgemeinen auch zutrifft. Sie führt zu Mengenangaben, welche die mittleren Strömungsverhältnisse widerspiegeln.

Die Grundlage für die stationäre Bilanzierung bilden die Bilanzierungsgleichungen (s. Teil I), die beschriebenen Bilanzierungskennziffern und der Bilanzierungskörper mit einem mittleren Volumen von ca. 1'330 Mio m3.

Mit einer mittleren Abflussmenge der Emme, Wiler (608.223/7E), von 22,6 m3/s und einer Niederschlagshöhe in Burgdorf (613.212/21D) von 1'038 mm zählt das Bilanzierungsjahr 1978 zu den nassen Jahren. Somit liegen die verwendeten Werte für die Bilanzierungskennziffern, welche vom Niederschlag und vom Abflussgeschehen abhängig sind, über dem langjährigen Mittel.

Die für die stationäre Bilanzierung massgebenden Daten wurden in Beilage III,6 zusammengestellt. Diese Beilage zeigt zudem graphisch die Strömungsmengen in den Bilanzierungsprofilen. In Tabelle III,71 wurden für die Bilanzierungsgebietsabschnitte die massgebenden Hydrologischen Kennziffern für die Durchflussmengen sowie die Bilanzierungskennziffern zusammengestellt und die erweiterte Bilanzierungsgleichung aufgelöst. Figur III,55 zeigt in einer Schemaskizze des Bilanzierungsgebietes die ein- und ausströmenden Grundwassermengen.

Die umfangreichen Abflussmessungen in den Oberflächengewässern und Grundwasseraustritten sind für die Bilanzierung sehr wertvoll. Sie ermöglichen, die mengenmässig bedeutendsten Zu- und Abflüsse aus resp. in den Grundwasserleiter grösstenteils relativ gut zu quantifizieren und günstige Voraussetzungen zu schaffen, um die Bilanzierungsgleichung vollständig aufzulösen.

Gegenüber den gemessenen Infiltrations- und Exfiltrationsmengen und den hydrogeologisch bestimmten Durchflussmengen treten mengenmässig die Zuflüsse aus Niederschlägen, die randlichen unterirdischen Zuflüssen und grösstenteils auch die genutzten Grundwassermengen, vor allem aber allfällige Fehler bei ihrer Bestimmung, in den Hintergrund.

Tabelle III,71

Stationäre Grundwasserbilanzierung 1978, Unteres Emmental von Oberburg bis Gerlafingen (vgl. Abschnitte 5.2.2.1. bis 5.2.2.7.)

Allgemeine stationäre Bilanzierungsgleichung:

$\sum_{0} QJ = QEIN + QAUS = 0$

Erweiterte stationäre Bilanzierungsgleichungen

- für Bilanzierungsgebietsabschnitte gilt:

$QU + QO + QIM + QIR + QXOM + QN + (QIO + QXO) = 0$

- für Durchflussmengen durch Bilanzierungsprofile oder -profilabschnitte gilt:

oben: $QO = FO \cdot JO \cdot kG$

unten: $QU = FU \cdot JU \cdot kG$

Bilanzierungsprofil								Bilanzierungsgebietsabschnitte						
Bezeichnung		Hydrologische Kennziffern (Mittelwerte)				Bilanzierungskennziffern (Mittelwerte)								
Profilnummer	Profilabschnitt, Buchstabe = Grundwasserleiter E=Emme, G1/G2=Gerölg oben/unten, U=Urtenen	Oberflächengewässer — km	FO, FU m^2 Durchflussfläche	JO, JU ‰ Mittleres Grundwasserspiegelgefälle	kG 10^{-3} m/s Durchlässigkeitsbeiwert	QO(E,U,...) l/s Durchflussmenge durch Profilabschnitt	QO, QU l/s Durchflussmenge durch Profil	QO-QU l/s Differenz zwischen den Durchflussmengen	QIM l/s Zufluss aus Niederschlag	QIR l/s Randliche, unterirdische Zuflüsse	QIOM l/s Gemessene Infiltrationsmenge	QXOM l/s Gemessene, oberflächlich abgeleitete Exfiltrationsmenge	QN l/s Genutzte Grundwassermenge	QIO-QXO l/s Berechneter zusätzlicher Infiltrationsüberschuss (+) Exfiltrationsüberschuss (-)
12	E	20.430	26600	5.5	6.5		950							
13	E	18.460	26500	4.8	10.0		1270	-320	30	120			- 15	+185
14	E	17.470	5600	8.9	6.0	300		-10	15	5			- 55	+45
14	G1		2500	8.3	10.0	210								
14	G2		14000	6.1	9.0	770	1280							
15	E	13.440	36400	5.2	11.0	2080		-800	50	55	720		- 25	0
15	U		56200	1.7	4.5	430	2510							
16	E	11.110	87800	4.6	8.0		3230	-720	110	80	750	- 200	- 20	0
17	E	8.500	144300	3.3	7.5		3570	-340	85	55	780	- 570	- 10	0
18	E	5.910	155000	4.6	3.5		2500	+1070	140	55	490	-1740	- 15	0
19	E	3.650	80000	5.0	6.0		2400	+100	130	20	50	- 450	- 20	+170
20	E	0.120	43300	2.6	8.0		900	+1500	180	40		-1390	-475	+145
Durchschnitt aus E			67300	5.0	7.4	1920	Total	+480	740	430	2790	-4350	- 635	+545

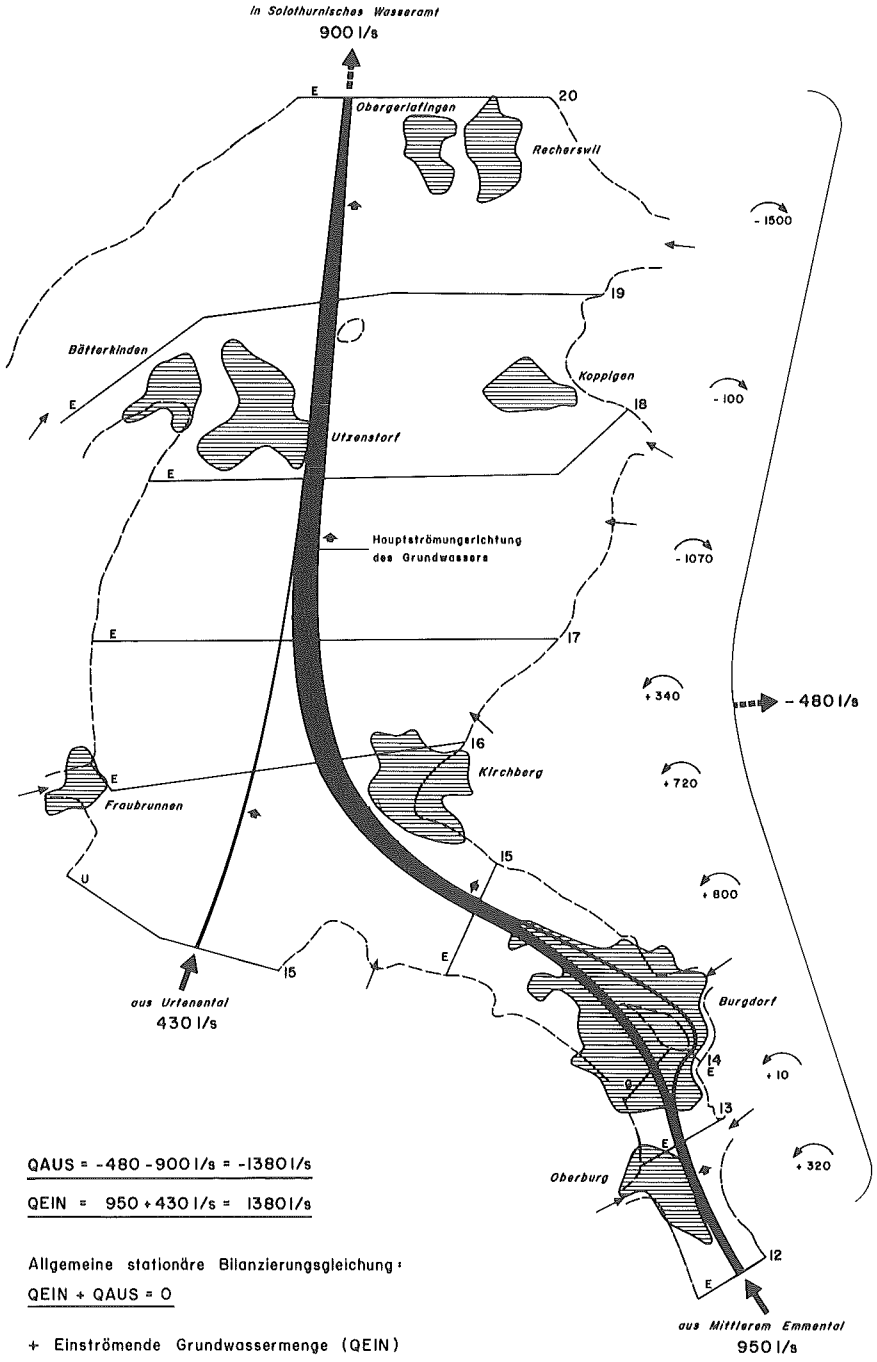
Rundungsgrössen: FO, FU auf 100

QO, QU auf 10

QIM, QIR, QIOM, QXOM, QN auf 5

Figur III,55

Schema der stationären Grundwasserbilanzierung Unteres Emmental (1:100'000)



QAUS = -480 - 900 l/s = -1380 l/s

QEIN = 950 + 430 l/s = 1380 l/s

Allgemeine stationäre Bilanzierungsgleichung:

QEIN + QAUS = 0

\+ Einströmende Grundwassermenge (QEIN)

– Ausströmende Grundwassermenge (QAUS)

Die Strichstärke der Hauptströmungsrichtung des Grundwassers ist proportional zur Durchflussmenge durch die Bilanzierungsprofile

5.2.3. Berechnung von Bilanzierungskennziffern, instationär

Die instationäre Grundwasserbilanzierung befasst sich mit den zeitlichen und räumlichen Veränderungen der Grundwassermengen im Grundwasserleiter. Erste generelle Anhaltspunkte geben die Bilanzierungskennziffern (instationär), welche die mittlere Veränderung des Grundwasservolumens für ein Ereignis (z.B. massiver Grundwasser-Spiegelanstieg) festhalten. Sie beleuchten auch, insbesondere wenn die Spiegelbewegungen im Bilanzierungsgebiet relativ eindeutig einer dominanten Speicher- oder Zehrursache zuzuordnen sind, die Grundwasserneubildung (vgl. Teile I und II, WEA 1975/1976).

Im Grundwasserleiter des Unteren Emmentals sind die Grundwasserspiegelbewegungen recht uneinheitlich (vgl. z.B. Tab. III,29). Sie werden massgeblich beeeinflusst vom Zu- und Abflussgeschehen im komplizierten System der In- und/oder Exfiltrationsstrecken in den Oberflächengewässern und den Grundwasseraustritten der Exfiltrationsgebiete (vgl. Beilage III,2) sowie von der unregelmässigen Form des Grundwasserleiters, der sich oberhalb Kirchberg schlauchartig und unterhalb Kirchberg beckenförmig dahinzieht. Je nach Jahreszeit, Flurabstand und Ereignis wirkt sich auch das Niederschlagsgeschehen auf die Spiegelschwankungen unterschiedlich aus.

Im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes "Modellstudie Emmental" bearbeiten wir die instationäre Bilanzierung für das Untere Emmental mit Hilfe eines Computer-Modelles. Nur mit der EDV wird es möglich sein, die vorhandenen umfangreichen Messdaten zu verarbeiten und die instationären Vorgänge zu überblicken. Aus diesem Grunde soll hier von Listenrechnungen, für welche ungebührend viele Vereinfachungen eingeführt werden müssten, verzichtet werden. Im folgenden Kapitel wird jedoch auf einige wenige Daten über den Grundwasserzuwachs eingetreten.

5.2.4. Natürlicher Grundwasserzuwachs

Als natürlichen Grundwasserzuwachs bezeichnen wir die Vergrösserung des Grundwasservolumens innerhalb einer gewissen Zeitperiode. Sie manifestiert sich durch Grundwasserspiegel-Anstiege. Diese werden am zuverlässigsten aus Schreibpegelaufzeichnungen bestimmt.

Für das Bilanzierungsgebiet werden in Beilage III,6 die Grundwasserspiegel-Anstiege der Schreibpegel für je eine Anstiegsphase im Winter (20.2. bis 28.2.1978) und im Sommer (6.8. bis 11.8.1978) sowie die Summe der Grundwasserspiegel-Anstiege im Jahr 1978 angegeben. Sie wurden in den Tabellen III,72, 73, 74 benützt, um für die einzelnen Bilanzierungs-Gebietsabschnitte und den ganzen Bilanzierungskörper den entsprechenden Grundwasserzuwachs unter Annahme einer mittleren nutzbaren Porosität von 17 % zu ermitteln.

Der berechnete Grundwasserzuwachs im Jahr 1978 ist in den einzelnen Bilanzierungs-Gebietsabschnitten recht unterschiedlich (vgl. Tabelle III,72 und Beilage III,6). Er beträgt für das ganze Bilanzierungsgebiet ca. 40 Mio m3, oder gleichmässig verteilt auf das ganze Jahr ca. 1'350 l/s und erfordert ca. 250 Mio m3 Unterwasserspiegelvolumen, das sind knapp 20 % des gesamten Unterwas-

serspiegelvolumens (vgl. Figur III,54).

Tabelle III,72

Natürlicher Grundwasserzuwachs 1978

Bilanzierungs-Gebietsabschnitt (BGA)	Grundwasserspiegelfläche OS 10^6 m^2	Summe des Grundwasserspiegel-anstieges 1978 m	Zuwachs des Unterwasserspiegel-volumens (Summe 1978) 10^6 m^3	Volumen des natürlichen Grundwasserzuwachses 10^6 m^3	Mittlerer natürlicher Grundwasserzuwachs l/s
12-13	1.89	5.5	10.4	1.77	56
13-14	1.09	4.0	4.4	0.74	24
14-15	5.26	4.5	23.7	4.02	128
15-16	11.57	3.5	40.5	6.88	218
16-17	8.85	4.0	35.4	6.02	191
17-18	14.09	3.0	42.3	7.19	228
18-19	13.20	3.0	39.6	6.73	213
19-20	17.80	3.0	53.4	9.08	288
12-20	73.75	3.8	ca.250	ca.40	ca.1350

Ein grosser Teil des Grundwasserzuwachses erfolgt während einer relativ kurzen Zeitperiode. Tabelle III,73 zeigt die Verhältnisse für den Grundwasseranstieg vom 20.2.1978, 12h00 bis zum 28.2.1978, 12h00, während 192 Stunden. Die Niederschlagshöhe betrug vom 15. bis zum 28.2.1978 59,9 mm (613.212/21D). Anfänglich fiel Schnee, später Regen, welcher die Schneedecke allmählich auflöste. Der mittlere Emmeabfluss (608.223/7E) lag bei 55,5 m3/s.

Tabelle III,73

Natürlicher Grundwasserzuwachs vom 20.2.1978 bis 28.2.1978

Bilanzierungs-Gebietsabschnitt (BGA)	Grundwasserspiegelfläche 05 10^6 m^2	Mittlerer Grundwasserspiegelanstieg von 20.2.1978, 1200 Uhr - 28.2.1978, 1200 Uhr m	Zuwachs des Unterwasserspiegel-volumens in 192 h 10^6 m^3	Volumen des natürlichen Grundwasserzuwachses 10^6 m^3	Mittlerer natürlicher Grundwasserzuwachs l/s
12-13	1.89	0.25	0.47	0.08	116
13-14	1.09	0.25	0.27	0.05	67
14-15	5.26	0.55	2.89	0.49	712
15-16	11.57	0.35	4.05	0.69	996
16-17	8.85	0.45	3.98	0.68	979
17-18	14.09	0.40	5.64	0.96	1386
18-19	13.20	0.35	4.62	0.79	1136
19-20	17.80	0.35	6.23	1.06	1532
12-20	ca.74	0.38	ca.28	ca.4.8	ca.6900

Für das ganze Bilanzierungsgebiet beträgt die Zunahme des Unterwasserspiegelvolumens während der 192 Stunden ca. 28 Mio m3, d.h. ca. 2 % des durchschnittlichen Unterwasserspiegelvolumens von 1978. Der entsprechende Grundwasserzuwachs liegt somit bei ca. 4,8 Mio m3, oder im Mittel bei ca. 7 m3/s.

Als Beispiel eines massiven Grundwasserzuwachses im Sommer wird in Tabelle III,74 die 112 stündige Periode vom 6.8.1978, 20h00, bis 11.8.1978, 12h00, untersucht. Während dieser Zeit betrug der Niederschlag in Burgdorf (613.212/21D) 120,3 mm und die mittlere Abflussmenge der Emme in Wiler (608.223/7E) ca. 72 m3/s.

Tabelle III,74

Natürlicher Grundwasserzuwachs vom 6.8.1978 bis 11.8.1978

Bilanzierungs-Gebietsabschnitt (BGA)	Grundwasserspiegelfläche OS 10^6 m^2	Mittlerer Grundwasserspiegelanstieg 6.8.1978, 2000 Uhr – 11.8.1978, 1200 Uhr m	Zuwachs des Unterwasserspiegel-volumens V in 112 h 10^6 m^3	Volumen des natürlichen Grundwasserzuwachses 10^6 m^3	Mittlerer natürlicher Grundwasserzuwachs l/s
12-13	1.89	0.56	1.04	0.18	438
13-14	1.09	0.40	0.44	0.07	184
14-15	5.26	0.35	1.84	0.31	776
15-16	11.57	0.25	2.89	0.49	1220
16-17	8.85	0.35	3.10	0.53	1306
17-18	14.09	0.35	4.93	0.84	2079
18-19	13.20	0.35	4.62	0.79	1948
19-20	17.80	0.35	6.23	1.06	2627
12-20	ca.74	0.37	ca.25	ca.4.3	ca10600

Das Unterwasserspiegelvolumen vergrösserte sich um ca. 25 Mio m3, was knapp 2 % des durchschnittlichen Unterwasserspiegelvolumens 1978 entspricht. Der durchschnittliche Grundwasserzuwachs während diesen massiven Sommer-Niederschlägen berechnet sich somit zu ca. 4,3 Mio m3 oder zu ca. 10,6 m3/s.

Beide Grundwasserspiegel-Anstiege brachten für das ganze Bilanzierungsgebiet ca. 4,5 Mio m3 Grundwasserzuwachs. Für das Ereignis im Februar betrug die Niederschlagshöhe ca. 60 mm, für dasjenige im August ca. 120 mm. Direkt auf das Bilanzierungsgebiet fielen somit ca. 4,5 Mio m3 resp. 9 Mio m3 Wasser. Der mittlere Emmeabfluss mit ca. 55 m3/s resp. ca. 70 m3/s brachte im Februar wie im August wohl ungefähr analoge Infiltrations- und Exfiltrationsverhältnisse. Die randlichen unterirdischen Zuflüsse und die übrigen Mengenänderungen fallen während der kurzen Zeit von 192 Stunden resp. 112 Stunden volumenmässig nicht ins Gewicht, so dass der Grundwasserzuwachs vorwiegend den massiven Niederschlägen auf das Bilanzierungsgebiet zuzuordnen ist, wobei im Februar der grösste Teil des Niederschlages und im August lediglich ca. 50 % ins Grundwasser gelangten.

Diese generellen Betrachtungen gelten lediglich für diese beiden Niederschlags-

ereignisse, deuten aber darauf hin, dass bei grossen Niederschlägen im Winter praktisch das gesamte, im Sommer lediglich etwa die Hälfte des Niederschlagswassers versickern. Berücksichtigen wir, dass kleine Niederschläge, vor allem im Sommerhalbjahr nichts zur Grundwasserneubildung beitragen, dürfte über das ganze Jahr gesehen, der Grundwasserzuwachs aus den Niederschlägen je nach Gebiet kaum grösser als 30 bis 50 % der jährlichen Niederschlagsmenge sein (vgl. Abschnitt 5.2.2.3.).

Es wird Aufgabe der bereits erwähnten, weiteren Untersuchungen und der EDV im Rahmen der "Modellstudie Emmental" sein, den Einfluss des Niederschlages auf die Grundwasserneubildung umfassender und detaillierter zu beleuchten.

6. SIEDLUNGSWASSERWIRTSCHAFTLICHE ASPEKTE

A. Werner, dipl. Ing. ETH / Dr. R.V. Blau, WEA

6.1. Grundwassernutzung

1978 sind im Mittel ca. 630 l/s Grundwasser genutzt worden (vgl. Abschnitt 5.2.2.6.; Tabelle III,70):

150 l/s konzessionierte Entnahmen öffentlicher Wasserversorgungen
240 l/s konzessionierte Entnahmen von Industrien und Kleinverbrauchern
240 l/s Entnahmen durch Industriebetriebe und Brunnengenossenschaften, die sich auf alte Rechte berufen können.

Nicht berücksichtigt in diesen Zahlen sind die Wassernutzungen aus Hausfassungen und für die landwirtschaftliche Bewässerung. Diese Mengen werden kaum gemessen und spielen normalerweise eine untergeordnete Rolle.

Das Jahr 1978 kann eher als nasses Jahr bezeichnet werden. Die Grundwassernutzung in einem trockenen Jahr (z.B. 1976) dürfte ca. 20 % grösser sein.

1978 betrug die totale konzessionierte Entnahmemenge 2'220 l/s, die, wie im allgemeinen in den Konzessionen festgehalten ist, während 16 h/Tag entnommen werden dürfen. Das heisst, die totale vom Staat bewilligte Entnahmemenge beträgt im Mittel 1'480 l/s. 1978 sind nur ca. 26 % der bewilligten Entnahmemengen beansprucht worden.

6.2. Totales Grundwasserdargebot

Als totales Grundwasserdargebot bezeichnen wir die maximale Grundwassermenge, welche aus einem Grundwasserleiter DAUERND entnommen werden kann (vgl. Teil I, WEA 1975).

Die stationäre Bilanzierung 1978 (Tabelle III,71) gibt uns erste Anhaltspunkte über die Grösse der Bilanzierungskennziffern, welche das totale Grundwasserdargebot beeinflussen. Erst Vergleiche erlauben auch ganz grob abzuschätzen, wie sich der heutige Nutzungsgrad zu einem künftig möglichen verhält:

- Die mittlere Grundwassernutzung 1978 entspricht ca. 15 % der gemessenen Exfiltrationsmenge oder ca. 50 % der aus dem mittleren Emmental und dem Urtenental zufliessenden Grundwassermenge.
- Die konzessionierte Entnahmemenge entspricht ungefähr 53 % der gemessenen Infiltrationsleistung oder ungefähr 34 % der gemessenen oberflächlich abgeleiteten Exfiltrationsmengen.

Um das totale Grundwasser-Dargebot zu ermitteln, sind noch eine Reihe von Grössen festzulegen, was im Rahmen dieser Arbeit nicht getan werden konnte. Es sind dies z.B.

- die Pflichtwassermengen, die einerseits bei der Nutzung des stromaufwärts liegenden Talabschnittes einzuhalten sind, die andrerseits an die Unterlieger abgegeben werden müssen;
- der mögliche Nutzungsgrad der exfiltrierenden, oberflächlich abfliessenden Grundwassermenge;
- die Infiltrationswassermenge, die mit gezielt angelegten Fassungsanlagen induziert werden kann;
- die Grundwassermenge, die mit einer optimalen Verteilung von Fassungsanlagen gefördert werden kann;
- die Grundwassermenge, die durch den Einfluss volkswirtschaftlich übergeordneter Interessen z.B. Emmeverbauungen, Urtenenkorrektion usw. geopfert werden muss usw.

Die Aufzählung einiger wichtiger Grössen zeigt, wie anspruchsvoll die Aufgabe sein wird.

Der Rechenaufwand für die dazu nötigen Simulationen erfordert den Einsatz von Grosscomputern mit Programmen, wie sie zur Zeit im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes für das Untere Emmental ausgetestet werden. Diese Forschungsarbeiten werden die massgebenden Modellunterlagen für das Bestimmen des totalen Grundwasserdargebotes liefern. Schrittweise wird dann im Verlauf der nächsten Jahre die Aufgabe in Angriff genommen werden müssen, die einzelnen Grössen zu bestimmen. Massgebend für die Dringlichkeit der Arbeiten wird sein, wann die Nutzung für die regionale und überregionale Versorgung gesteigert werden muss oder wann Eingriffe zu erwarten sind, die den Grundwasserhaushalt tangieren.

6.3. Nutzbares Grundwasserdargebot

Das totale Grundwasserdargebot kann selten voll genutzt werden. Qualitative wie quantitative Randbedingungen können die Grundwassergewinnung erheblich einschränken: z.B. erhöhte, z.T. über den Richtwerten für Trinkwasser (Schweiz. Lebensmittelbuch 1972) liegende Nitratwerte (NO_3^- mg/l) des Grundwassers im Raume Willadingen, Grundwasserspiegellagen in Auwaldgebieten, Beeinträchtigung bestehender, nicht optimal gelegener Fassungen usw. Der Wasserwirtschafter kann daher nicht mit dem totalen, sondern lediglich mit dem nutzbaren Grundwasserdargebot rechnen. Neben den oben erwähnten Grössen sind daher unter anderem auch hydrochemische, fassungstechnische, oekologische, volkswirtschaftliche usw. Randbedingungen zu berücksichtigen, um dieses Dargebot zu ermitteln. Parallel mit den oben erwähnten Arbeitsschritten werden auch diese für die praktisch mögliche Nutzung massgebenden Grössen zu ermitteln sein.

6.4. Grundwasserschutz

Im Teil II (WEA 1976 S. 78 ff) haben wir zum Grundwasserschutz ähnliche allgemeinen Gedanken geäussert; die Bedeutung, die ihnen auch im Unteren Emmental zukommt, rechtfertigt es, sie in Abschnitt 6.4.1. bis 6.4.3. zu wiederholen.

6.4.1. Gesetzliche Grundlage

Das Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer gegen Verunreinigung (GSchG) von 1971 fordert den gütemässigen Schutz, das Kantonale Wassernutzungsgesetz (WNG) von 1950, 1964 und 1971 zusätzlich in Art. 127 und 127a auch den mengenmässigen Schutz der Grundwasservorkommen. Für den Vollzug dieser Gesetze hat der bernische Regierungsrat 1972 die Kantonale Gewässerschutzverordnung erlassen.

Das Bilanzierungsgebiet Unteres Emmental gehört zum grossen Teil zur Zone (Gewässerschutzbereich) A, einzelne kleinere Partien wie auch die randlichen Einzugsgebiete zu Zone B (vgl. Eidg. Verordnung über den Schutz der Gewässer vor wassergefährdenden Flüssigkeiten (VWF) von 1981; kant. Gewässerschutzkarten (GSK) 1:25'000, Blätter Burgdorf (2. Auflage 1979) und Solothurn (1974)). Damit sind gemäss VWF und KGV verschiedene mengen- und gütemässige Schutzmassnahmen verbindlich vorgeschrieben, so sind z.B. Gewässerverbauungen und Meliorationen, die die Grundwasserspeisung wesentlich beeinträchtigen, sowie Kehrichtdeponien und Grosstanklager in Zone A verboten.

Im Zuflussbereich von Grundwasserfassungen der öffentlichen Wasserversorgung sind Schutzzonen auszuscheiden (Art. 30 GSchG, Art. 115 WNG, Art. 50 KGV). Für private Wasserversorgungen, welche in Gebieten Trinkwasser in Verkehr bringen, die nicht der öffentlichen Erschliessungspflicht gemäss WNG unterstehen, können zum Schutze der Grund- und Quellwasserfassungen auf Gesuch hin ebenfalls Schutzzonen errichtet werden (Vorschlag für eine Ergänzung von Art. 108 KGV, Januar 1982). In Gebieten, die sich für die künftige Nutzung oder künstliche Anreicherung des Grundwassers eignen, sind Schutzareale auszuscheiden (Art. 31 GSchG, Art. 51 KGV). Die Kriterien für die Ausscheidung von Schutzzonen und Schutzarealen sind in einer eidg. Wegleitung aufgeführt (vgl. Eidg. AfU 1977).

6.4.2. Mengenmässiger Grundwasserschutz

Der mengenmässige Grundwasserschutz wird vielfach vernachlässigt, weil in der Bevölkerung häufig die Zusammenhänge zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser, die Speisungsmechanismen und das Fliessverhalten des Grundwassers zu wenig bekannt sind.

Damit das Grundwasserdargebot im Bilanzierungsgebiet nicht beeinträchtigt wird, seien einige wichtige Schutzmassnahmen in Erinnerung gerufen:

- Die Wassernutzung durch die Ober- und Unterlieger darf weder den Zufluss durch das obere Bilanzierungsprofil schmälern noch den Abfluss durch das untere vergrössern.
- Die natürliche Infiltration aus den Oberflächengewässern ins Grundwasser im Bilanzierungsgebiet und den Seitentälern darf durch bauliche Massnahmen nicht beeinträchtigt werden.
- Die natürliche Exfiltration von Grundwasser in die Oberflächengewässer darf durch das Tieferlegen von Gewässersohlen, die Verbreiterung von Gerinnen usw. nicht gesteigert werden.
- Nicht verunreinigtes Meteorwasser in überbauten Gebieten sollte versickert

werden.
- Durch Drainagen usw. abgeleitetes Grundwasser muss wieder versickert werden.
- Kanalisationsleitungen dürfen kein Grundwasser ableiten, noch dürfen die Gräben, in die sie verlegt werden, als Drainagen wirken.
- Der Durchflussquerschnitt des Grundwasserleiters darf durch Bauwerke usw. nicht verkleinert werden.

Der Erfolg dieser Schutzmassnahmen ist durch periodische Messungen zu kontrollieren. Dabei müssen

- die ordentlich und insbesondere die ausserordentlich genutzten Grundwassermengen exakt erfasst werden;
- die Grundwasserspiegelbewegungen und die Abflussmengen der Oberflächengewässer an signifikanten Stellen permanent registriert werden;
- das Klima- und das Niederschlagsgeschehen im Rahmen des MZA-Messstellennetzes erfasst werden.

6.4.3. Gütemässiger Grundwasserschutz

Mit dem gütemässigen Grundwasserschutz wird angestrebt, die heutige Qualität des Grundwassers und damit auch des Trinkwassers zu erhalten oder zu verbessern. Dies ist nur möglich, wenn die in den Grundwasserleiter gelangende Menge einzelner Schadstoffe klein ist und wenn es gelingt, ihr Verhalten und das ihrer Abbauprodukte in verschiedenen Sedimenten, in ungesättigten und gesättigten Bereichen, in verschiedenen chemischen Milieus, ihren Einfluss und den ihrer Summenwirkung auf die Qualität des Grundwassers usw. zu erfassen (vgl. Eidg. AfU 1977, BLAU 1979, 1981).

Der gütemässige Schutz des Grundwassers erfordert Nutzungsbeschränkungen und Qualitätskontrollen. Mit periodischen chemischen, bakteriologischen usw. Untersuchungen muss die Wasserqualität überwacht werden, damit bei Qualitätsveränderungen die notwendigen Massnahmen zur Beseitigung der Verschmutzungsursache vorgenommen werden können.

6.4.4. Grundwasserschutz heute

Im Rahmen dieser Arbeit kann nur auf die wichtigsten Probleme eingegangen werden.

Wie wir gesehen haben (vgl. Tabelle III,71), wird ein grosser Teil des Grundwassers gebildet aus infiltrierendem Oberflächenwasser und das Dargebot ist stark abhängig von möglichen Exfiltrationen aus dem Grundwasser ins Oberflächenwasser, d.h. von der Drainagewirkung von Fluss- und Bachgerinnen. Den geplanten Fluss- und Bachkorrektionen ist deshalb in den letzten Jahren besondere Aufmerksamkeit geschenkt worden. Dank der guten Zusammenarbeit mit der Wasserbaubehörde, der Kantonalen Baudirektion, den Gemeinden und Schwellenbezirken werden gegenwärtig die Ausbauprojekte des Biembaches, Luterbaches, Krauchthalbaches und Oberburgbaches sowie der Urtenen diskutiert. Bei der Urtenen zeigt sich deutlich, dass die kollidierenden Interessen sorgfältig gewichtet

werden müssen und nach Lösungen zu suchen ist, die volkswirtschaftlich gesehen möglichst wenig Schaden anrichten.

Das Projekt,mit der Neuen Haupttransversalen der SBB Emme und Kirchberg zu unterqueren, ist im Auftrage der SBB vom Geotechnischen Institut in Bern auf die Frage hin untersucht worden, ob dies möglich sei, ohne den Grundwasserleiter zu stark zu verengen und damit Strömungsänderungen zu erzeugen und unter Umständen das nutzbare Grundwasser-Dargebot zu beeinträchtigen. Die abschliessende Stellungnahme soll erst abgegeben werden, wenn das ganze Haupttransversale-Projekt dem Kanton zur Stellungnahme unterbreitet wird.

Eine ganze Reihe von Schutzzonenverfahren für wichtige öffentliche Grundwasserfassungen (vgl. 6.4.1.) sind noch hängig oder aufzunehmen:

- WV Oberburg, Grundwasserfassung Tschamerie, WEA Nr. 615/208.1; Zonenvorschlag 1969 ausgearbeitet (vgl. WERNER 1969a). Das Verfahren ist von der Gemeinde nie eingeleitet worden.
- WV Stadt Burgdorf; Grundwasserfassungen Einschlag, WEA Nrn. 614/210.1, 2 und 134; das Verfahren ist 1972 eingeleitet worden. Die Gemeinde hat aber dann die auf Grund einer Einsprache nötigen Verhandlungen nicht weitergeführt.
- WV Koppigen, Grundwasserfassung Koppigen; WEA Nr. 612/220.5; die Schutzzonenabklärung liegt seit 1975 vor (vgl. WERNER 1975a); momentan wird mit der Gemeinde über das Einleiten des Schutzzonenverfahrens verhandelt.
- WV Steinenberg, Grundwasserfassung Willadingen; WEA Nr. 613/221.1; die Schutzzone ist öffentlich aufgelegt und die Einsprachen sind behandelt worden; der Entscheid des Regierungsrates wird 1982 erfolgen.
- WV Zielebach, Grundwasserfassung Bläji; WEA Nr. 610/222.9; das Schutzzonenverfahren ist 1981 eingeleitet worden.

Bereits 1975/76 sind vom WEA Voruntersuchungen durchgeführt worden, um ein Schutzareal (vgl. 6.4.1.) im Gebiet NW Koppigen auszuscheiden. Die damals abgeteuften Bohrungen und die durchgeführten Kleinpumpversuche liessen keine eindeutigen Schlüsse zu, wo die besten Fassungsmöglichkeiten bestehen. Dank dem Aufbau eines mathematischen Simulationsmodelles der Grundwasserströmungen im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes "Modellstudie Emmental" sollte es möglich sein, ein umfassendes Nutzungskonzept zu simulieren und damit auch ein Schutzareal ermitteln zu können. Die Aufgabe wird 1982 ausgeführt.

6.5. Ausblick

Wie dargelegt worden ist (vgl. 6.2. und 6.3.) sind schrittweise die nötigen Grössen zu erkunden und Entscheidungsgrundlagen zu erarbeiten, um totales und nutzbares Grundwasserdargebot zu ermitteln. Die im Forschungsprogramm Wasserhaushalt "Modellstudie Emmental" ermittelten Grundlagen werden dafür wertvolle Hilfen darstellen. Die verschiedenen erwähnten Bauvorhaben neben der zu erwartenden Oesch-Korrektion und Korrekturen des Emmegerinnes zwingen uns, über möglichst sorgfältig ermittelte, umfassende Grundlagen zu verfügen.

Wie in den Kapiteln 2 und 5 gezeigt worden ist, stehen nicht nur beträchtliche

Reserven an Grundwasser zur Verfügung, sondern dieses ist zudem qualitativ sehr hochstehend, die Gefahr der allmählichen Erhöhung der Nitratwerte besteht hier im allgemeinen nicht. Das Trinkwasser-Reservoir Unteres Emmental ist deshalb auch für die überregionale Versorgung bedeutend. Unsere Untersuchungen im seit 1979 laufenden hydrogeologischen Untersuchungsprogramm "Raum Herzogenbuchsee" haben folgendes gezeigt:

- Die dort noch verfügbaren Grundwasser-Reserven sind sehr klein. Zudem ist zu beachten: Ob die vorgesehene Korrektion der Oenz, die für die Grundwasser-Neubildung massgebend ist, möglich ist, ohne die Infiltrationsleistung zu beeinträchtigen, muss sich erst noch zeigen.
- Das Wasser der auch in das Versorgungsgebiet Raum Herzogenbuchsee speisenden WV Steinenberg, gefördert in der Grundwasserfassung Willadingen (WEA Nr. 613.221.1), weist heute bereits zeitweilig für Trinkwasser nicht tolerierbare Nitratwerte auf. Da zudem die Fassung nicht optimal gelegen ist (vgl. Beilage III,2B), sie befindet sich in einer engen Felsrinne zwischen Schuelwald und Fänglenberg in einem überbauten Gebiet, muss mittelfristig gesehen ein neuer Brunnenstandort gesucht werden.

Im Rahmen eines Wasserversorgungsrichtplanes für den Raum Herzogenbuchsee-Steinenberg, der vom WEA 1982 in Auftrag gegeben wird, muss in nächster Zeit geprüft werden, ob mittelfristig allfällige Fehlwassermengen aus dem Emmental bezogen werden können oder ob wenigstens die Versorgung zuverlässig sicherstellende Transportleitungen erstellt werden sollten. Dazu wären aber neue Fassungsanlagen nötig. Ihr Standort kann bestimmt werden, sobald geklärt ist, ob die Stadt Grenchen die ihr 1976 erteilte Konzession, im Gebiet von Erli-Chräzere, nördlich Koppigen 12'000 l/min zu entnehmen, ausnützen will oder nicht. Der bernische Regierungsrat hat die Stadt Grenchen aufgefordert, sich zu entscheiden und eine allfällig Nutzung spätestens bis 1986 aufzunehmen.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Geologie des Quartärs im Unteren Emmental Kapitel 1 Beilagen III,1A, B; 2A, B; 3	vgl. Abschnitt 1.5. von Kapitel 1, S. 80 ff
Hydrochemie Kapitel 2 Beilage III,4	Es sind insgesamt ungefähr 230 Grundwasseranalysen und 14 Oberflächenwasseruntersuchungen ausgewertet worden. Die Mittelwerte der chemischen Analysen des Grundwassers entsprechen mit wenigen Ausnahmen den Richt- und Grenzwerten für Trinkwasser (Schweiz. Lebensmittelbuch 1972). Von 197 bakteriologisch untersuchten Proben mussten dagegen 68 % beanstandet werden. Dies schlechte Ergebnis ist vor allem auf mangelhaft unterhaltene Fassungen privater Hauswasserversorgungen zurückzuführen. Die Resultate der Untersuchungen von Wasser der öffentlichen Versorgung zeigen ein wesentlich günstigeres Bild.
Einzelne Parameter 2.3.2.2.	Im allgemeinen finden sich Nitratwerte von 19 bis 28 mg/l (Mittelwerte). Diese günstigen Verhältnisse werden erzielt dank der massiven Emmeinfiltration (Emme 10-13 mg NO_3^-/l). Die Infiltrationsfahne lässt sich von der Emme zwischen Kirchberg und Schalunen sehr schön Richtung Utzenstorf verfolgen anhand der Nitrat-, Chlorid- und Härtewerte. In den randlichen Gebieten des Grundwasserleiters und in den Seitentälern (Urtenen-, Oesch- und Limpachtal) ist das Grundwasser bedeutend stärker mineralisiert. Der prozentuale Anteil an der Grundwasserspeisung von versickerndem Niederschlagswasser und echtem Grundwasser ist bedeutend höher, teilweise ist gar kein Emmeinfiltrat mehr beteiligt. Das Wasser weist teilweise nicht mehr Trinkwasserqualität auf.
Hydrometrie Hydrographie Kapitel 3 Beilagen III,1B, 2, 3, 4, 5, 6	Im Rahmen der hydrometrischen Arbeiten wurden in den Jahren 1971-1978 der Gang des Grundwasserspiegels verfolgt sowie für die wichtigsten Oberflächengewässer Wasserstands- und Abflussmengen-Messungen durchgeführt. Die Messdaten von 1978 bildeten die Grundlagen für die stationäre Grundwasserbilanzierung in Kapitel 6.
Untersuchungsgebiet 3.2. Beilage III,2	Die Untersuchungen konzentrieren sich in erster Linie auf den Bereich des Emmental-Grundwasserleiters zwischen Oberburg und dem Grenzgebiet zum Kanton Solothurn bei Zielebach.

Aufbau Messstellennetz
3.4.

Das Messstellennetz entstand in mehreren Etappen zwischen 1966 und 1978. Von 950 Messstellen liegen die Stammdaten gespeichert auf Magnetband vor.

Messstellen, Messungen, Auswertungen
3.5.
Beilagen III,4,5

Das Messstellennetz umfasste zeitweise: 8 Niederschlags-Messstationen, über 250 Wasserstands-Abstichpunkte, 96 Abflussmessstellen, 8 Abflussmengen-Messstationen, über 500 Grundwasser-Beobachtungspunkte (55 mit Grundwasser-Schreibpegeln ausgerüstet).

Niederschlag
3.5.1.
Beilage III,5

Die mittlere jährliche Niederschlagshöhe von 1971-1978 beträgt für die MZA-Station Koppigen, Oeschberg und Burgdorf 993 resp. 953 mm. Das Bilanzierungsjahr 1978 zählt mit 1'114 mm resp. 1'038 mm zu den niederschlagsreichen Jahren.

Oberflächengewässer
Abflussmengen-Messstationen
3.5.2.3.
Beilagen III,2, 5

Die Resultate der Eichmessungen und grösstenteils die Abflussmengen-Dauerlinien für 1978 werden für die wichtigsten Oberflächengewässer angegeben.

Die mittleren Jahresabflussmengen für 1978 liegen über dem langjährigen Mittel. Sie betragen für die Emme bei Burgdorf 19.0 m3/s, für den Oberburg-Dorfbach 0.74 m3/s, den Luterbach bei Oberburg 0.4 m3/s, die Urtenen bei Schalunen 1.88 m3/s, den Limpach bei Kräiligen 2.14 m3/s, die Emme bei Wiler 22.6 m3/s, die Oesch bei Koppigen 0.86 m3/s und den Oberholzbach ca. 1 m3/s.

Grundwasserspiegel
3.5.3. 2/4
Beilagen III,2, 5, 6

Die bisher umfangreichste Simultanmessung erfolgte am 3.10. 1978. Die entsprechende Grundwasserspiegelfläche wurde mit Isophypsen im Massstab 1:25'000 dargestellt. Sie entspricht, vom Gebiet Wiler abgesehen (Figur III,49 + 50), einem höheren mittleren Wasserstand.

Die umfassendsten Informationen über die Grundwasserspiegelbewegungen geben die Schreibpegelaufzeichnungen.

Die höchsten Grundwasserstände traten nach grossen Niederschlägen, teilweise verbunden mit Schneeschmelze, hauptsächlich im Frühjahr auf; die tiefsten Stände zeigten sich vor allem im Sommer und im Herbst - Winter.

Der jährliche Schwankungsbereich des Grundwasserspiegels ist allgemein klein; entlang der Emme-Infiltrationsstrecke zwischen Burgdorf und Aefligen ungefähr 2.5 bis 4 m, in den Exfiltrationsgebieten teilweise unter 1 m.

Die Summen der jährlichen Grundwasserspiegelanstiege sind ebenfalls in Exfiltrationsgebieten am kleinsten, entlang von Emmeabschnitten mit massiver Infiltration am grössten. Sie variieren zwischen 2 m und mehr als 10 m.

Infiltration und Exfiltration der Emme
3.5.4.1.
Beilagen III,2, 5, 6

Qualitative Hinweise über die Infiltrations- und Exfiltrationsverhältnisse längs der Emme geben die Isohypsen des Grundwasser- und des Emmespiegels, chemische Parameter, das Emme-Längenprofil und die Schreibpegelaufzeichnungen. Die Grundwasserbilanzierung, insbesondere aber Differenzmessungen in der Emme, erlauben quantitative Aussagen.

Zwischen Burgdorf und Schalunen liegt die bedeutenste Infiltrationsstrecke des ganzen Emmentales. Die Differenzmessungen zeigen, dass pro Quadratmeter benetztem Emmebett eine Wassermenge von ca. $1.6 \cdot 10^{-5}$ m3/s in den Grundwasserleiter versickern; das sind pro Tag und Quadratmeter ungefähr 1.5 m3 Emmewasser.

Exfiltrationen von Grundwasser in die Emme sind untergeordnet bei Burgdorf und vor allem aber bei Utzenstorf anzutreffen. Der mittlere Infiltrationsüberschuss der Emme für das Jahr 1978 beträgt ca. 3 m3/s bei einem Exfiltrationsanteil von ca. 10 %.

In langen Trockenperioden kann die Emme zwischen Schalunen und Burgdorf austrocknen. Die Austrocknung beginnt beim Wehr Schalunen, wenn der Zufluss oberhalb Burgdorf weniger als ca. 5 bis 6 m3/s beträgt. Davon werden ca. die Hälfte durch die Industriekanäle abgeleitet, ein kleiner Teil verdunstet und der Rest infiltriert ins Grundwasser.

Von all den übrigen negativen Auswirkungen abgesehen, beeinträchtigt die Emme-Austrocknung auch den Grundwasserhaushalt. Die ständige Grundwasserneubildung aus der Emme wird unterbunden. Der Grundwasserspiegel in der Nähe der trockenen Emme sinkt beschleunigt ab.

Infiltration der Seitenbäche und Kanäle
3.5.4.2.
Beilagen III,2, 6

Die Infiltration aus den Seitenbächen und dem Kanalsystem spielt mengenmässig, im Vergleich zur Emme, eine untergeordnete Rolle. Lediglich für den Oberholzbach lässt sich messtechnisch eine Infiltration von etwa 50 bis 100 l/s nachweisen.

Grundwasseraustritte, Exfiltration in die Seitenbäche, Drainagen
3.5.4.2.
Beilagen III,2, 5, 6

Exfiltrationsstrecken und Grundwasseraustritte in den Oberflächengewässern lassen sich eindeutig mit den Wasserspiegel-Isohypsen nachweisen. Die austretenden Wassermengen können gemessen und mit benachbarten Grundwasserspiegelhöhen in Beziehung gebracht werden.

Die mittleren Exfiltrationsmengen für das Jahr 1978 betragen im Exfiltrationsgebiet: Zauggenried-Schalunen ca. 1'140 l/s, Utzenstorf ca. 1'600 l/s, Limpachtal ca. 540 l/s, Wiler/Zielebach ca. 400 l/s, Zielebach/Recherswil ca. 90 l/s, Willa-

dingen ca. 360 l/s.

Oberflächenwasser-Abflussbilanz 3.5.4.4.

Für das Flussystem der Emme ergibt die Bilanzierung des Oberflächenwasserabflusses vom 3.10.1978 (bei Niederwasser) einen Infiltrationsüberschuss von ca. 2'800 l/s.

Grundwasserhydraulik Kapitel 4
Beilagen III,1B, 3, 6
Kleinpumpversuche, Grosspumpversuche, Markierversuche 4.1.

Die theoretischen Grundlagen sind in Teil I (WEA 1975) beschrieben.

In 53 Bohrungen und 6 bestehenden Grundwasserfassungen wurden mit Kleinpumpversuchen Punkt- und Profil-k-Werte bestimmt. Die Daten aus 13 Grosspumpversuchen dienten für die Berechnung der Gebiets-k-Werte und der nutzbaren Porosität. Angaben über Abstandsgeschwindigkeiten standen aus 3 Markierversuchen zur Verfügung.

Resultate 4.2.
Beilagen III,1B, 3, 6

Mit den 179 durchgeführten Versuchen wurden Punkt-k-Werte zwischen $5 \cdot 10^{-6}$ und $3 \cdot 10^{-2}$ m/s ermittelt.

Die Profil-k-Werte in den Bohrungen variieren zwischen $1 \cdot 10^{-4}$ und $1.2 \cdot 10^{-2}$ m/s, der Mittelwert liegt bei $2.7 \cdot 10^{-3}$ m/s. In den Grundwasserfassungen liegen sie zwischen 1.4 und $6.5 \cdot 10^{-3}$ m/s, bei einem Mittelwert von $3.8 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Die Gebiets-k-Werte variieren zwischen 2 und $13 \cdot 10^{-3}$ m/s. Der Durchschnittswert beträgt knapp $7 \cdot 10^{-3}$ m/s. Die tiefen kG-Werte treten vor allem in Gebieten nahe der seitlichen Grundwasserleiterbegrenzung und in Zonen mit eingelagerten Moränen auf.

Die Resultate zeigen, dass weite Teile des Grundwasserleiters gut durchlässig sind.

9 Grosspumpversuche erlauben, die mittlere nutzbare Porosität des Grundwasserleiters zu berechnen. Die Werte liegen zwischen 8 und 23 %; der Mittelwert beträgt knapp 17 %.

Die 3 Markierversuche ergaben mittlere Abstandsgeschwindigkeiten zwischen 0.3 und 1.8 m/h und maximale Abstandsgeschwindigkeiten von 1.0 bis 13.3 m/h. Soweit sich die mittleren theoretischen Sickergeschwindigkeiten vergleichen lassen, zeigt sich eine gute Uebereinstimmung.

Grundwasserbilanzierung Kapitel 5
Beilagen III,2, 5, 6
Allgemeines

Die theoretischen Grundlagen und Definitionen sind im Teil I (WEA 1975) beschrieben worden.

Für das Jahr 1978 werden die Bilanzierungskennziffern zusammengestellt und eine generelle stationäre Bilanzierung wird durchgeführt.

5.1.
Beilage III,6

Bilanzierungskörper
5.2.1.
Beilage III,2

Der Bilanzierungskörper umfasst den Grundwasserleiter von Oberburg bis Gerlafingen und in den Mündungsgebieten des Urtenen- und des Limpachtales.

Das Unterwasserspiegelvolumen des Bilanzierungskörpers beträgt ca. 1'300 Millionen m3. Bei einer nutzbaren Porosität von 17 % ergibt sich ein entsprechendes strömendes Grundwasservolumen von etwas über 200 Millionen m3.

Die mittlere Fliessstrecke in der Hauptströmungsrichtung beträgt ca. 18 km, die Grundwasserspiegelfläche ca. 74 km2, bei einer mittleren Breite von 1,5 km oberhalb und 5.5 km unterhalb Kirchberg.

Durchflussmengen
5.2.2.1.
Beilagen III,2, 6

Die Berechnung der Durchflussmengen durch die Bilanzierungsprofile und -Profilabschnitte erfolgt mit k-Werten zwischen 3.5 und $11 \cdot 10^{-3}$ m/s, mit den Grundwasserspiegelgefällen vom 3.10.1978 zwischen 1.7 und 8.9 o/oo und den Durchflussflächen für einen mittleren Grundwasserstand, welche zwischen 22'000 und 155'000 m2 betragen.

Die mittleren Durchflussmengen 1978 betragen bei Oberburg ca. 950 l/s, bei Burgdorf knapp 1'300 l/s, vergrössern sich auf knapp 3'600 l/s im Profil Schalunen/Rudswil und nehmen wieder ab auf 900 l/s bei Gerlafingen.

Randliche unterirdische Zuflüsse
5.2.2.2.
Beilage III,6

Aus den Grundwasserleitern der Seitentäler ohne das Urtenental fliessen gegen 300 l/s in den Hauptgrundwasserleiter, aus dem Urtental 430 l/s. Der Zufluss zwischen den Seitentälern dürfte ungefähr 150 l/s betragen.

Zuflüsse aus dem Niederschlag auf den Grundwasserleiter
5.2.2.3.
Beilage III,6

Die mittlere Niederschlagshöhe im Jahr 1978 betrug im Unteren Emmental ca. 1'070 mm. Für die Bilanzierung wurde angenommen, dass im Mittel oberhalb Burgdorf 50 % und unterhalb 30 % in den Grundwasserleiter versickern. Für das ganze Bilanzierungsgebiet ergibt dies für das Jahr 1978 einen mittleren Zufluss von 740 l/s.

Gemessene Infiltrationsmengen
5.2.2.4.
Beilage III,6

Für den Emmeabschnitt zwischen Burgdorf und Schalunen beträgt die mittlere, aus Messungen abgeleitete Infiltrationsmenge im Jahr 1978 ungefähr 2'700 l/s, für den Oberholzbach ca. 90 l/s. Die Infiltration der übrigen Bäche und Kanäle ist für die Bilanzierung vernachlässigbar.

Gemessene Exfiltrationsmengen

Die mittlere, auf Messungen beruhendeExfiltrationsmenge für 1978 beträgt 4'350 l/s.

5.2.2.5.
Beilagen III,6

Grundwasser-nutzung
5.2.2.6.
Beilagen III,5, 6

Im Jahr 1978 wurden im Bilanzierungsgebiet im Mittel ca. 630 l/s genutzt, davon ca. 240 l/s aufgrund alter Rechte. Für etwas über 2'200 l/s bestehen Konzessionen, knapp 1'600 l/s für öffentliche Wasserversorgungen und etwas über 600 l/s für private Bezüger.

Differenz zwischen Infiltrations- und Exfiltrationsmengen der Oberflächengewässer
5.2.2.7.

Soweit das In- und Exfiltrationsgeschehen nicht durch Messungen erfasst werden kann, ergibt die stationäre Bilanzierung lediglich Differenzmengen, positive bei Infiltrationsüberschuss, negative bei Exfiltrationsüberschuss. Die umfangreichen In- und Exfiltrationsmessungen erlauben, die berechneten Mengen mit + 545 l/s für das ganze Bilanzierungsgebiet klein zu halten.

Stationäre Bilanzierung
Auflösung der Bilanzierungsgleichungen
5.2.2.8.
Beilage III,6

Mit den beschriebenen Bilanzierungskennziffern wurden die Bilanzierungsgleichungen aufgelöst und die stationäre Bilanzierung für das Jahr 1978 erstellt.

Das Bilanzierungsjahr 1978 zählt zu den nassen Jahren, somit liegen vor allem die Bilanzierungskennziffern, welche vom Niederschlag und vom Abflussgeschehen abhängig sind, über dem langjährigen Mittel.

In den Bilanzierungskörper strömen aus dem Mittleren Emmental ca. 950 l/s, aus dem Urtenental ca. 430 l/s. Der Zufluss aus Niederschlag auf den Bilanzierungskörper beträgt ca. 740 l/s, aus randlichen unterirdischen Zuflüssen ca. 430 l/s. Die auf Messungen beruhenden Infiltrationsmengen ergeben ca. 2'790 l/s, die Exfiltrationsmengen ca. 4'350 l/s. Die genutzte Grundwassermenge liegt bei ca. 630 l/s. Der Grundwasserabfluss ins solothurnische Wasseramt beträgt ca. 900 l/s. Die Auflösung der Bilanzierungsgleichung zeigt einen zusätzlichen Infiltrationsüberschuss von ca. 540 l/s.

Natürlicher Grundwasserzuwachs
5.2.4.

Der natürliche Grundwasserzuwachs, berechnet aus den Grundwasserspiegel-Anstiegen und einer mittleren nutzbaren Porosität von 17 % beträgt im Jahre 1978 für das Bilanzierungsgebiet ca. 40 Mio m3, oder im Mittel ca. 1'350 l/s.

Ein grosser Teil dieses Grundwasserzuwachses erfolgt während einer relativ kurzen Zeitspanne.

Ein Grundwasserspiegel-Anstieg im Februar 1978 während 192 Stunden führte zu einem Grundwasserzuwachs von ca. 4.8 Mio m3, das sind ca. 7 m3/s. Ein 112 stündiges Anstiegsereignis im August 1978 bewirkte einen Zuwachs von ca. 4.3 Mio m3 d.h. ca. 10.6 m3/s.

Für das Ereignis im Februar betrug die Niederschlagshöhe ca. 60 mm, für dasjenige im August ca. 120 mm. Direkt auf das Bilanzierungsgebiet fielen somit ca. 4.5 Mio m3 resp. 9 Mio m3. Der Emmeabfluss bewirkte jeweils ungefähr analoge In- und Exfiltrationsverhältnisse. Die übrigen Mengenänderungen fallen während der kurzen Anstiegsphasen nicht ins Gewicht. Der Grundwasserzuwachs ist somit vorwiegend den massiven Niederschlägen auf das Bilanzierungsgebiet zuzuordnen, wobei die massiven Niederschläge im Februar grösstenteils, diejenigen im August lediglich zu 50 % ins Grundwasser gelangten.

Es wird Aufgabe der laufenden Untersuchungen und der EDV im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes "Modellstudie Emmental" sein, den Einfluss des Niederschlages auf die Grundwasserneubildung detaillierter zu beleuchten.

Siedlungswasserwirtschaftliche Aspekte Kapitel 6

Die mittlere Grundwassernutzung betrug im Jahr 1978 ca. 630 l/s.

Grundwasserdargebot 6.2./6.3.

Für die Bestimmung des Grundwasserdargebotes liegen mit den Bilanzierungskennziffern Grundlagen vor, es fehlen aber noch entscheidende Unterlagen wie Pflichtwassermengen, optimale Nutzungskonzepte, oekologische Randbedingungen usw.

Verschiedene Bauvorhaben, vor allem Fluss- und Bachkorrektionen können das Grundwasserdargebot wesentlich beeinträchtigen. Es wird daher notwendig sein, die noch fehlenden Grössen und Konzepte umgehend festzulegen, das totale Grundwasserdargebot zu bestimmen und damit die Voraussetzungen für die Ermittlung des nutzbaren Grundwasserdargebotes zu schaffen.

Grundwasserschutz 6.4.

Den Grundwasserreichtum des Unteren Emmentals verdanken wir der beträchtlichen Infiltration der Oberflächengewässer (vgl. Tabelle III,71). Verkleinern wir durch flussbauliche Massnahmen die Infiltration oder vergrössern wir die Exfiltration, so wird das Grundwasserdargebot abgebaut.

Die Schutzzonenverfahren für eine Reihe wichtiger Fassungen der öffentlichen Wasserversorgung sind weiterzuführen oder aufzunehmen.

Ein potentielles Fassungsgebiet befindet sich im Bürglen-Ischlag zwischen Koppigen und Utzenstorf. Ausgehend von einem optimalen Nutzungskonzept ist ein Schutzareal 1982 auszuscheiden.

Ausblick

Die Bestimmung des totalen und nutzbaren Grundwasserdargebo-

6.5.

tes, aufbauend auf den Modellstudien im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms Wasserhaushalt muss schrittweise weitergeführt werden. Nur so kann abgeschätzt werden, in welchem Umfang das Grundwasserdargebot durch verschiedene projektierte Bauvorhaben beeinträchtigt wird, welche bauliche Massnahmen zulässig sind und welche Vorkehrungen für die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung getroffen werden müssen.

Das Grundwasservorkommen stellt ein wichtiges Trinkwasserreservoir überregionaler Bedeutung dar. Da die momentan laufenden hydrogeologischen Untersuchungen des Raumes Herzogenbuchsee gezeigt haben, dass dort nur wenig Reserven vorhanden sind, wird unter anderem auch zu prüfen sein, ob nicht Wasser aus dem Emmental bezogen werden kann. Dazu muss aber vorerst ein zuverlässiges Nutzungskonzept im Unteren Emmental entwickelt werden.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S KAPITEL 2 BIS 7

BLAU, R.V. (1979): Trinkwasser-Schutzgebiete für Grundwasser. Bericht über das regionale IAH Meeting 8./9.9.1978 in Basel.- Eclogae geol. Helv. 72/2:591-600.

BLAU, R.V. (1981): Protection areas a special case of groundwater protection.- The Science of the total Environment 21:363-372.

BLOCH, T. (1972): Beiträge zur Hydrologie des Unteren Emmentals.- Solothurn (Gassmann).

BOSSET, E. (1980): Evolution des concentrations en nitrates des eaux souterraines du moyen-pays vaudois; in: SVGW-AGHTM Seminar "Nitrate, Phosphate und Trinkwasserqualität".- Zürich (SVGW).

COIN, L. (1980): Nitrate, Phosphate und Trinkwasserqualität - ihr Einfluss auf unsere Gesundheit.- Gas-Wasser-Abwasser 60,7:281.

DUPUIT, A.J. (1863): Etudes théorétiques et pratiques sur le mouvement des eaux à travers les terrains perméables.- Paris.

EHRENBERGER, R. (1928): Versuche über die Ergiebigkeit von Brunnen und Bestimmung der Durchlässigkeit des Sandes.- Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins, Heft 9/10.

EIDG. AMT FUER UMWELTSCHUTZ (1977): Wegleitung zur Ausscheidung von Gewässerschutzbereichen, Grundwasserschutzzonen und Grundwasserschutzarealen.- Bern (BUS)

GEOHYD (1976): vgl. WERNER, A., BASLER & HOFMANN

GERBER, E. (1950): Geol. Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 22: Fraubrunnen-Burgdorf, mit Erläuterungen.- Bern (Kümmerly & Frey).

KAESS, W. (1965): Sind Härtegrade entbehrlich? - Eine Anregung.- Deutsche Gewässerk. Mitt. 9,3:63-64.

KOERNER, H. (1957): Die Prüfung der Durchlässigkeit von Lockergesteinsinjektionen im Bauzustand.- Die Wasserwirtschaft, Stuttgart, Heft 8.

LANDESHYDROLOGIE (jährlich): Hydrographisches Jahrbuch der Schweiz.- Bern (Landeshydrologie).

LEDERMANN, H. (1977): Geol. Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 72: Solothurn, mit Erläuterungen.- Zürich (Orell Füssli).

MATTHES, G. (1973): Lehrbuch der Hydrogeologie Bd. 2, Die Beschaffenheit des Grundwassers.- Berlin (Borntraeger).

MILANI, B. (1980): Düngstoffe und Wasserqualität; in: SVGW-AGHTM Seminar "Nitrate, Phosphate und Trinkwasserqualität".- Zürich (SVGW).

MUCHENBERGER, F. (1979): Abflussmessungen in Oberflächengewässern für Grundwasserbilanzierungen.- Gas-Wasser-Abwasser 59,9.

MUELLER, U. et al (1981): Nitrat und seine Entfernung aus dem Trinkwasser.- Schweiz. Ing. Arch. 40:869.

SCHWEIZ. GEOTECHNISCHE KOMMISSION UND HYDROLOGISCHE KOMMISSION DER SCHWEIZ. NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT (1978): Die Verdunstung in der Schweiz.- Beiträge zur Geologie der Schweiz - Hydrologie Nr. 25; Bern (Kümmerly & Frey).

SCHWEIZ. LEBENSMITTELKOMMISSION, EIDG. GESUNDHEITSAMT (1972): Schweiz. Lebensmittelbuch, Kap. 27, Trinkwasser und Mineralwasser.- Bern (EDMZ).

SCHWEIZ. METEOROLOGISCHE ZENTRALANSTALT (jährlich): Ergebnisse der täglichen Niederschlagsmessungen auf den meteorologischen und Regenmess-Stationen in der Schweiz.- Zürich (MZA).

THIEM, A. (1870): Ueber die Ergiebigkeit artesischer Bohrlöcher, Schachtbrunnen und Filtergalerien.- Z. Gas und Wasserversorgung.

WEA (1975): Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern, Hydrogeologie Emmental, Teil I: Oberes Emmental.- Bern (WEA).

WEA (1976): Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern, Hydrogeologie Emmental, Teil II: Mittleres Emmental.- Bern (WEA).

WEA (jährlich): Hydrographisches Jahrbuch des Kantons Bern.- Bern (WEA).

WERNER, A. (1974): Moderne Methoden der Grundwasserprospektion und des Grundwasserschutzes für die Grundwassernutzung von heute und morgen - Monatsbull. SVGW, Zürich, GWA, Heft 11.

WERNER, A., BASLER & HOFMANN (1976): Geohyd, ein Programmsystem zur Darstellung und Auswertung geohydrologischer Messdaten - Zürich (Fides).

NICHT VEROEFFENTLICHTE, FUER DIESE ARBEIT WICHTIGE QUELLEN, KAPITEL 2 BIS 7

EIDG. AMT FUER STRASSEN- UND FLUSSBAU (1962/69/70): Längenprofil der Emme, II. und III. Sektion - Bern (ASF).

JAECKLI, H. (1976): Die Grundwasserverhältnisse im Solothurnischen Wasseramt.- Kanton Solothurn, Wasserwirtschaftsamt.

KANTONALES LABOR, BERN (1972): Hydrologische Untersuchungen Fraubrunnenwald für eine neue Grundwasserfassung, Bericht über die Markierversuche und die chemisch/bakteriologischen Untersuchungen.- ausgearbeitet im Auftrage der Vennersmühle Wasserversorgung, Gemeindeverband Lyssach.

NIGGLI, C.R. (1972): Grundwasser Emmental, konzessionierte und effektive Entnahmemengen.- Dok. WEA/Geologie.

NIGGLI, C.R. & WERNER, A. (1972, 1973): Hydrogeologie Emmental; Zwischenbericht 1971, 1972.- ausgearbeitet im Auftrage des kantonalen WEA Bern.

PETRAQUA & WERNER, A. (1974, 1977): Hydrogeologie Emmental; Zwischenbericht 1973, 1976.- ausgearbeitet im Auftrage des kantonalen WEA Bern.

RUTSCH, R.F. (1943): Markierversuch Willadingen, Schuelwald.

RUTSCH, R.F. (1963): Bericht über die hydrogeologischen Verhältnisse des projektierten Filterbrunnens im Erli N Koppigen.- ausgearbeitet im Auftrage des Gas- und Wasserwerkes Grenchen.

WEA/GEOLOGIE (1975): Grundlagenkarten - Dok. WEA/Geologie.

WERNER, A. (1969a): Hydrologische Untersuchungen für neue Grundwasserfassung der Firma Schüpbach AG.- Auftrag: Schüpbach AG Burgdorf.

WERNER, A. (1969b): Schutzzonenabklärung für die Grundwasserfassung Tschamerii der Wasserversorgung Oberburg - Auftrag: WV Oberburg.

WERNER, A. (1970): Abklärung der Grundwasserverhältnisse südlich Burgdorf für die Wasserversorgung der Stadt Burgdorf - Auftrag: WV Burgdorf.

WERNER, A. (1971): Hydrologische Untersuchungen für Neubau der Stiftung Schulungs- und Arbeitszentrum für Behinderte, Region Burgdorf.- Auftrag: Stiftung SAZ Behinderte, Region Burgdorf.

WERNER, A. (1972a): Abklärung der Grundwasserverhältnisse südlich Burgdorf, Nachtrag Ziegelet - Ziegelmatte.- Auftrag: WV Burgdorf.

WERNER, A. (1972b): Hydrologische Untersuchungen im Fraubrunnenwald für eine neue Grundwasserfassung.- Auftrag: Vennersmühle Wasserversorgung, Gemeindeverband Lyssach.

WERNER, A. (1972c): Hydrologische Untersuchungen für Notwasserfassung Berufsschule Lindenfeld.- Auftrag: Stadt Burgdorf.

WERNER, A. (1974): Hydrologische Untersuchungen im Fabrikareal Firma Aebi & Co AG.- Auftrag: Aebi & Co AG Burgdorf.

WERNER, A. (1975a): Hydrologische Untersuchungen im Fabrikareal Firma Aebi & Co AG.- Auftrag: Aebi & Co AG Burgdorf.

WERNER, A. (1975b): Hydrologische Untersuchungen für eine Wärmepumpanlage in Ueberbauung Lorraine.- Auftrag: Aebi & Co AG Burgdorf.

WERNER, A. (1975c): Schutzzonenabklärung für die Grundwasserfassung in Willadingen.- Auftrag: Gemeindeverband Wasserversorgung Steinenberg.

WERNER, A. (1975d): Schutzzonenabklärung für eine neue Grundwasserfassung der Gemeinde Koppigen.- Auftrag: Gemeinde Koppigen.

WERNER, A. (1975e): Abklärung der Grundwasserverhältnisse im Oberburgschachen für die Wasserversorgung der Stadt Burgdorf.- Auftrag: WV Burgdorf.

WERNER, A. (1975f): Hydrologische Untersuchungen zur Schutzzonenabklärung für die Grundwasserfassung der Butterzentrale Burgdorf.- Auftrag: Butterzentrale Burgdorf.

WERNER, A. (1975g): Schutzzonenabklärung für die Quellfassungen südlich des Schwimmbades Koppigen.- Auftrag: Bläuewasser-Versorgungsgenossenschaft Koppigen.

WERNER, A. (1978a): Schutzzonenabklärung für die Grundwasserfassung Utzenstorf, Altwiden.- Auftrag: Gemeinde Utzenstorf und Vennersmühle Wasserversorgung, Gemeindeverband Lyssach.

WERNER, A. (1978b): Hydrogeologie Emmental; Zwischenbericht 1977.- ausgearbeitet im Auftrage des kantonalen WEA Bern.

WERNER, A. (1979): Hydrogeologie Emmental; Standorte der permanenten hydrometrischen Stationen im Unteren Emmental (Vorschlag).- ausgearbeitet im Auftrage des kantonalen WEA Bern.

Beilage III, 1 A

Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern

Hydrogeologische Karte Emmental
Teil III: Unteres Emmental 1:25 000

Geologische Profile
L~1:25 000 H~1:2500 10fach überhöht

Bearbeitung: dipl. geol. J. Wanner, Bern

Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA)

Allgemeine Angaben

608/216.7 Fortlaufende Ordnungsnummer eines künstlichen Aufschlusses innerhalb eines km² des Landeskoordinatensystems, vgl. Register WEA/Geologie

Wichtiges offenes Gewässer

Angabe fraglich

Seitliche Begrenzung der untersuchten Grundwasserleiter vom 3. 10. 1978

Bohrung, auf oder bis 50 m neben der Profillinie liegend

Bohrung, bis 200 m neben der Profillinie liegend, Projektion gemäss Lagerungsverhältnissen

Lithologie

Silt-Ton | Sand | Kies rund/eckig | Steine, Blöcke

Lithologische Grenze

Hydrologie

Grundwasser-Spiegel vom 3. 10. 1978 (mittlerer Grundwasserstand)

Chronostratigraphische Zuordnung

Holocaen	*Künstliche Aufschüttung*		*k*
	Alter Boden		*b*
	Gehängeschutt		*gs*
	Tal-Alluvionen		*a*
Pleistocaen	*Würm II*	*Postglaziale Emmeschotter*	*qs*
		Moräne des Bannwiler Vorstosses	*q4mB*
		Vorstossschotter des Bannwiler Vorstosses	*q4vsB*
		Stillwasserablagerung	*q4r*
		Stauletten	*q4l*
		Stauschotter	*q4st*
		Moräne des Wangener Stadiums	*q4mW*
		Vorstossschotter des Wangener Stadiums	*q4vsW*
	Würm I	*(nur südlich Bern vorhanden)*	
	Praewürm	*Ältere Emmeschotter*	*q3s-4s*
Miocaen	*Burdigalien (aufgearbeitet m̃ 2)*		*m2*
	Aquitanien (aufgearbeitet m̃ 1)		*m1*

Blatteinteilung 1:25 000

Zusammensetzung Hdk. Unt. Emmental Teil III

Weitere Karten dieses Gebietes, vgl. Text.

Planungsmitarbeit, kartographische Technik: P. Eichwald, P. Kunz (WEA)

Mitarbeit Kartographie: D. Hofstetter, Rossens

Schrift Beilagen: Diesel AG Fotosatz, Hinterkappelen/Bern

Reprographie, Druck: Aerni-Leuch AG, Bern

Jede Vervielfältigung und Weiterverwendung der Karte, auch von Ausschnitten, bedarf einer Bewilligung des Wasser- u. Energiewirtschaftsamtes des Kantons Bern.

Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 31.12.1978

Ausgabe 1978

1:25000

1000 m 500 0 1 km

Hydrogeologische Karte Emmental Teil III: Mittleres Emmental

Beilage III, 1 B

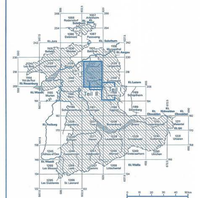
Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern

Hydrogeologische Karte Emmental
Teil III: Unteres Emmental

Blockbilder (messbar)
L ~ 1:25 000 H ~ 1:2500 10fach überhöht

Leitung: Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern
Bearbeitung: Grundwasser-Hydraulik:
Ingenieur- u. Studienbüro A. Werner, Burgdorf
Hydrogeologie: dipl. geol. J. Wanner, Bern
WEA/Geologie

Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA)



Blatteinteilung 1:25 000

Zusammensetzung HGK Unt. Emmental Teil III

Allgemeine Angaben

615/208.2 Fortlaufende Ordnungsnummer eines künstlichen Aufschlusses innerhalb eines km² des Landeskoordinatensystems, vgl. Register WEA/Geologie

← Emme Wichtiges offenes Gewässer

? Angabe fraglich

Seitliche Begrenzung der untersuchten Grundwasserleiter vom 3. 10. 1978

Bohrung innerhalb des abgebildeten Blockes liegend

XV Lage eines Blockbildes, vgl. Beilage III.3

Lithologie

Silt-Ton | Sand | Kies rund/eckig | Steine, Blöcke

Lithologische Grenze

Chronostratigraphische Zuordnung

Holocaen	*Künstliche Aufschüttung*		*k*
	Alter Boden		*b*
	Gehängeschutt		*gs*
	Tal-Alluvionen		*a*
Pleistocaen	*Würm II*	*Postglaziale Emmeschotter*	*qs*
		Moräne des Bannwiler-Vorstosses	*q4mB*
		Vorstossschotter des Bannwiler-Vorstosses	*q4vaB*
		Stillwasserablagerung	*q4r*
		Stauletten	*q4l*
		Stauschotter	*q4st*
		Moräne des Wangener-Stadiums	*q4mW*
		Vorstossschotter des Wangener-Stadiums	*q4vsW*
	Würm I	*(nur südlich Bern vorhanden)*	
	Praewürm	*Ältere Emmeschotter*	*q3z-4s*
Miocaen	*Burdigalien (aufgearbeitet III 2)*		*m2*
	Aquitanien (aufgearbeitet III 1)		*m1*

Durchlässigkeitsbereiche
Durchlässigkeitsbeiwerte (berücksichtigt worden sind neben Punkt- auch Profil- und Gebiets k-Werte)

-Gross > 2·10⁻³ m/s | -Klein 2·10⁻⁴–1·10⁻⁵ m/s

-Mittel 2·10⁻³–2·10⁻⁴ m/s

Grenze zwischen Durchlässigkeitsbereichen

Isohypsen der Geländ-Oberfläche

580 10 m Kurve mit Kote in m ü. M.

5 m Zwischenkurve

Isohypsen des Grundwasser-Spiegels vom 3. 10. 1978, vgl. Beilage III.2 B

1 m Kurve mit Kote in m ü. M.

Isohypsen des Grundwasser-Stauers, vgl. Beilage III.2 B (Durchlässigkeitsbeiwert k < 1·10⁻⁵ m/s)!

460 10 m Grundwasser-Stauer Kurve mit Kote in m ü. M.

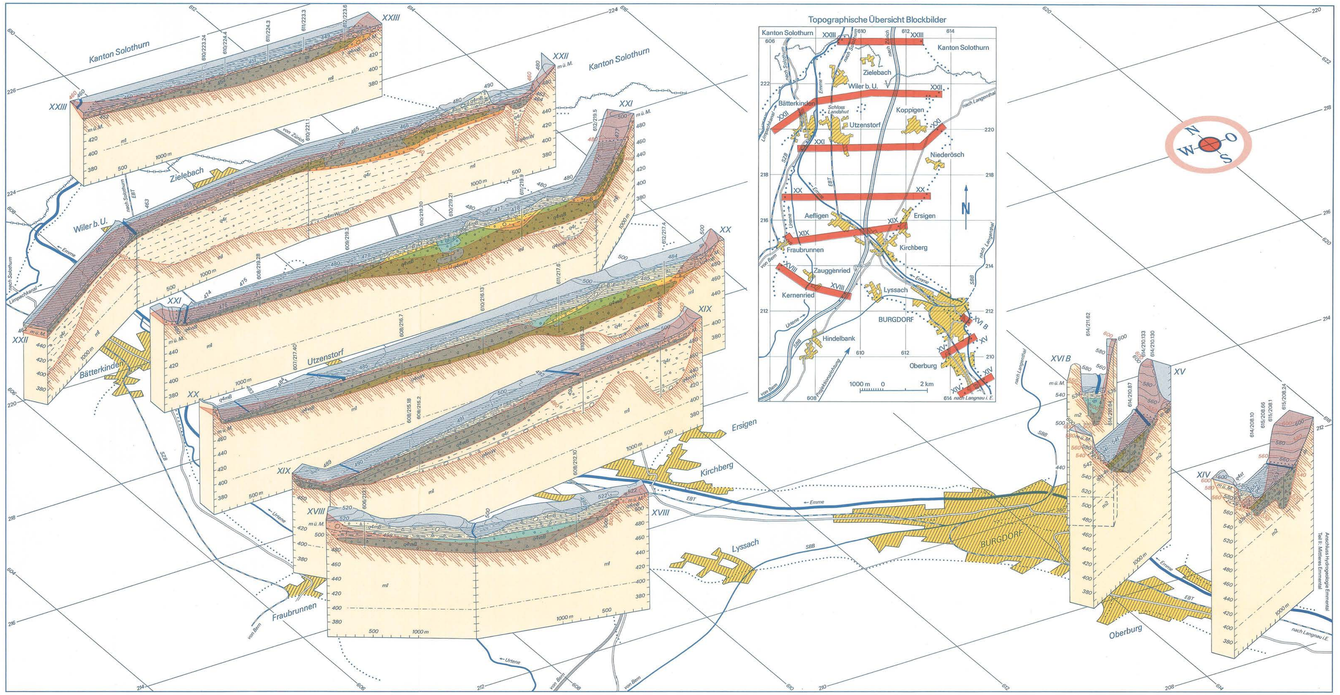
5 m Zwischenkurve

Molasse-Oberfläche, vgl. Beilage III.2 A

Weitere Karten dieses Gebietes, vgl. Text
Planungsmitarbeit, kartographische Technik: P. Eichwald, P. Kunz (WEA)
Mitarbeit Kartographie: D. Hofstetter, Rossens
Schrift: Diesel AG Fotosatz, Hinterkappelen/Bern
Reprographie, Druck: Aemi-Leuch AG, Bern

Jede Vervielfältigung und Weiterverwendung der Karte, auch von Ausschnitten, bedarf einer Bewilligung des Wasser- u. Energiewirtschaftsamtes des Kantons Bern

Ausgabe 1978



Topographische Übersicht Blockbilder

Beilage III, 2 A

Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern

Hydrogeologische Karte Emmental
Teil III: Unteres Emmental 1:25000

Isohypsen der Molasse-Oberfläche

Bearbeitung: dipl. geol. J. Wanner, Bern

Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA)

- 10 — Fortlaufende Ordnungsnummer von Beobachtungsstellen innerhalb eines km^2 des Landeskoordinatensystems, vgl. Register WEA/Geologie
- Wichtiges offenes Gewässer
- Seitliche Begrenzung der untersuchten Grundwasserleiter vom 3. 10. 1978
- XVI B — Lage eines geologischen Profils, vgl. Beilage III, 1 A
- Molasse-Aufschlüsse
- Molasse unter geringer Bedeckung
- 10 m Isohypse der Molasse-Oberfläche[1)]
- —550— 50 m Zählkurve mit Kote in m ü. M.[1)]
- 433.80 — Bohrung, Zahl = Kote der Molasse-Oberfläche in m ü. M.

[1)] Bei der Isohypsendarstellung ist darauf verzichtet worden, einen nachgewiesenen- und vermutlichen Verlauf zu unterscheiden. Die Anordnung der Beobachtungspunkte erlaubt dem Betrachter die Zuverlässigkeit der Karte selbst einzuschätzen.

Beilage III, 2 B

Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern

Hydrogeologische Karte Emmental
Teil III: Unteres Emmental 1:25000

Isohypsen des Grundwasser-Spiegels
Isohypsen des Grundwasser-Stauers

Leitung: Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern
Bearbeitung: Grundwasser-Hydraulik:
Ingenieur- u. Studienbüro A. Werner, Burgdorf
Geologie: dipl. geol. J. Wanner, Bern

Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA)

Allgemeine Angaben

- 4 — Fortlaufende Ordnungsnummer von Beobachtungsstellen innerhalb eines km² des Landeskoordinatensystems, vgl. Register WEA/Geologie
- Wichtiges offenes Gewässer
- Seitliche Begrenzung der untersuchten Grundwasserleiter vom 3. 10. 1978
- ? — Angabe fraglich
- ( ) — Geschätzter Wert
- Lokales Auftreten verschiedener Grundwasser-Stockwerke, resp. örtlich abweichende Grundwasser-Spiegel

Isohypsen des Grundwasser-Spiegels vom 3. 10. 1978
die ungefähr einem mittleren Grundwasserstand der Beobachtungsperiode Sept. 1968 bis Dez. 1978 entsprechen

- 1 m Grundwasser-Spiegel Kurve[1]
- 550 — 5 m Zählkurve mit Kote in m ü. M.[1]
- Grundwasser-Fliessrichtung

Grundwasser-Beobachtungsstellen[2]

- Vertikalfilterbrunnen
- Horizontalfilterbrunnen
- Schacht- oder Sodbrunnen
- Peilrohr
- Grundwasser-Schreibpegel
- 598 — Grundwasser-Spiegelhöhe vom 3. 10. 1978 in m ü. M. ab nächst tieferer 1 m Kurve, z.B. 480.98

Isohypsen des Emme-Spiegels am 3. 10. 1978 (Tagesmittel)

- 520 — 1 m Emme-Spiegel Kurve
- 5 m Zählkurve mit Kote in m ü. M.

Oberflächenwasser-Beobachtungsstellen[2]

- 556.61 — Wasserstands-Lattenpegel resp. Abstichpunkt; Zahl = Spiegelhöhe vom 3. 10. 1978 in m ü. M.
- Abfluss-Schreibpegel

Isohypsen der Oberfläche des Grundwasserstauers
(Durchlässigkeitsbeiwert k < 1·10⁻³ m/s)

- 10 m Kurve[1]
- 450 — 50 m Zählkurve mit Kote in m ü. M.[1]
- 5 m Zwischenkurve[1]

Sondierungen

- 453.00 — Kern-Bohrung, Zahl = Kote der GW.-Stauer Oberfl. in m ü. M.
- Andere Sondierung
- Wichtiges geoelektrisches Profil
- Wichtiges seismisches- und geoelektrisches Profil

Infiltrationsverhältnisse am 3. 10. 1978

- Nachgewiesene Infiltrationsstrecke in Oberflächenwasser
- 150 — Gemessene Infiltrationsmenge, Zahl = Menge in l/s

Differenz zwischen Infiltrations- und Exfiltrationsmenge

- 30 — Infiltration vorherrschend, Zahl = Menge l/s

Exfiltrationsverhältnisse am 3. 10. 1978

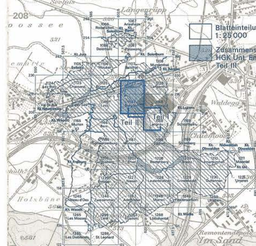
- Nachgewiesene Exfiltrationsstrecke in Oberflächenwasser
- Exfiltrationsgebiet (Grundwasseraustritte u. Drainagen)
- 60 — Gemessene, oberflächlich abgeleitete Exfiltrationsmenge Zahl = Menge in l/s
- 25 — Genutzte Entnahmemenge vom 3. 10. 1978 Zahl = Tagesmittel in l/s

Differenz zwischen Exfiltrations- und Infiltrationsmenge

- 12 — Exfiltration vorherrschend, Zahl = Menge in l/s

[1] Bei den Isohypsendarstellungen ist darauf verzichtet worden, einen nachgewiesenen und vermutlichen Verlauf zu unterscheiden. Die Anordnung der Beobachtungspunkte erlaubt dem Betrachter, die Zuverlässigkeit der Karte selbst einzuschätzen.

[2] Aus darstellerischen Gründen konnten nicht alle Messstellen wiedergegeben werden.



Weitere Karten dieses Gebietes, vgl. Text

Planungsmitarbeit, kartographische Technik:
P. Eichwald, P. Kunz (WEA)

Mitarbeit Kartographie: D. Holstetter, Rossens

Schrift Beilagen: Diaset AG Fotosatz, Hinterkappelen/Bern

Reprographie, Druck: Aarni-Leuch AG, Bern

Jede Vervielfältigung und Weiterverwendung der Karte, auch von Ausschnitten, bedarf einer Bewilligung des Wasser- u. Energiewirtschaftsamtes des Kantons Bern.

Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 31. 12. 1979

Ausgabe 1978

1:25000

1000 m 500 0 1 km

Aeschlimann Hydrogeologie Emmental
Teil III: Mittleres Emmental

Beilage III, 3

Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern

Hydrogeologische Karte Emmental Teil III: Unteres Emmental 1:25 000

Mächtigkeit der Grundwasserleiter

Leitung: Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern
Bearbeitung: Grundwasser-Hydraulik:
Ingenieur- u. Studienbüro A. Werner, Burgdorf
Hydrogeologie: WEA/Geologie

Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA)

Allgemeine Angaben

- 1 — Fortlaufende Ordnungsnummer von Sondierungen innerhalb eines km² des Landeskoordinatensystems, vgl. Register WEA/Geologie
- Wichtiges offenes Gewässer
- XV — Seitliche Begrenzung der untersuchten Grundwasserleiter vom 3. 10. 1978
- Lage eines geologischen Profiles, resp. Blockbildes, vgl. Beilage III, 1 A und III, 1 B
- Lokales Auftreten verschiedener Grundwasser-Stockwerke, resp. örtlich abweichende Grundwasser-Spiegel

Stufen gleicher Mächtigkeit der Grundwasserleiter

Abgeleitet aus der Differenz Grundwasser-Oberfläche vom 3. 10. 1978 – Stauer-Oberfläche; vgl. Beilage III, 2 B

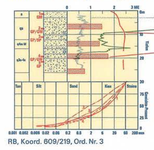
0–10 m	10–20 m	20–30 m	30–40 m	40–50 m

- 10 m Isopache[1)]
- 5 m Zwischenkurve[1)]

Sondierungen

- 474.15 / 433.15 / SO — Bohrung, Zahlen: 474.15 Terrainhöhe in m ü. M.; 433.15 Endtiefe in m ü. M.; SO: des Kantons Solothurn; vgl. Dr. H. Jäckli ‹Die Grundwasserverhältnisse im Soloth. Wasseramt›
- F — Sohle des Grundwasserleiters erreicht
- Wichtiges geoelektrisches Profil
- Wichtiges seismisches- und geoelektrisches Profil

Sondier- und Analysendiagramm



RB, Koord. 609/219, Ord. Nr. 3

- Gamma-Log
- Neutron-Gamma-Log
- Temperatur-Log
- k.
- 3 — Grundwasser-Spiegel vom 3. 10. 78, vgl. Beilage III, 1 A und III, 1 B

SB Rotationsspülbohrung
RB Rotationskernbohrung
GB Greiferbohrung

1 Klassifikation der Lockergesteine nach USCS (Labormethode)

- G Kies als Hauptbestandteil
- S Sand als Hauptbestandteil
- M Silt als Haupt- oder Nebengemengteil
- C Ton als Haupt- oder Nebengemengteil
- O Organische Beimengungen
- W Alle Korngrössen vertreten, keine davon vorherrschend
- P Eine Korngrösse oder Korngrössengruppe vorherrschend
- L Fliessgrenze niedrig
- H Fliessgrenze hoch

1.1 Bereich der Probe-Entnahmen. Zahl: vgl. Kornverteilungsanalyse

2 Chronostratigraphische Zuordnung

Holocaen	*Künstliche Aufschüttung*		*k*
	Alter Boden		*b*
	Gehängeschutt		*gs*
	Tal-Alluvionen		*a*
Pleistocaen	*Würm II*	*Postglaziale Emmeschotter*	*qs*
		Moräne des Bannwiler-Vorstosses	*q4mB*
		Vorstossschotter des Bannwiler-Vorstosses	*q4vsB*
		Stillwasserablagerung	*q4r*
		Stauletten	*q4l*
		Steuschotter	*q4st*
		Moräne des Wangener-Stadiums	*q4mW*
		Vorstossschotter des Wangener-Stadiums	*q4vsW*
	Würm I	*(nur südlich Bern vorhanden)*	
	Praewürm	*Ältere Emmeschotter*	*q3s-4s*
Miocaen	*Burdigalien (aufgearbeitet m 2)*		*m2*
	Aquitanien (aufgearbeitet m 1)		*m1*

3 Lithologie

- Humus
- Silt-Ton
- Sand
- Kies, rund/eckig
- Steine, Blöcke
- Sandstein
- Mergel

4 Bohrlochmessungen

0 1 2 3ME Mass-einheiten

Gamma-Log
0.5 2.17 3.83 5.5 10^3 Imp./min

Temperatur-Log
7.5 8.17 8.83 9.5 °C

k. Punktförmiger Durchlässigkeitsbeiwert
10^{-4} 10^{-3} 10^{-2} 10^{-1} m/s

Neutron-Gamma-Log
Koord. 607/217, Ord.-Nr. 40
Koord. 610/216, Ord.-Nr. 13
Koord. 611/212, Ord.-Nr. 11
Koord. 611/213, Ord.-Nr. 8
Koord. 611/219, Ord.-Nr. 9
Koord. 612/219, Ord.-Nr. 5
0.5 0.68 0.87 1.06 10^4 Imp./min

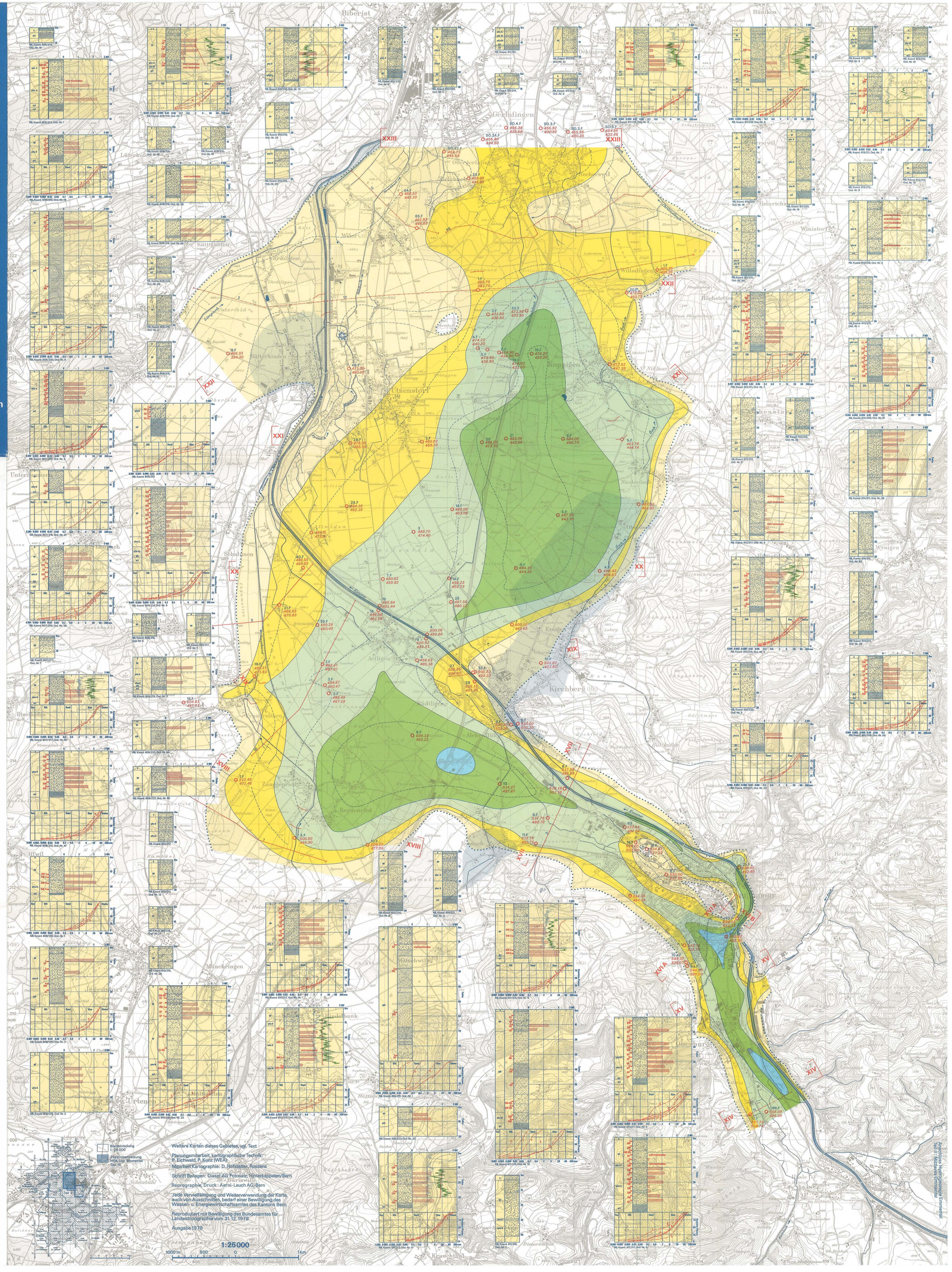
Koord. 608/216, Ord.-Nr. 7
Koord. 610/219, Ord.-Nr. 21
Koord. 611/213, Ord.-Nr. 9
0.5 0.83 1.17 1.5 10^4 Imp./min

Koord. 613/211, Ord.-Nr. 7
0.33 1.0 1.66 2.33 10^4 Imp./min

5 Kornverteilungsanalysen

Zahl: vgl. Bereich der Probe-Entnahmen

[1)] Bei den Isopachen ist darauf verzichtet worden, einen nachgewiesenen und vermutlichen Verlauf zu unterscheiden. Die Anordnung der Sondierungen erlaubt dem Betrachter, die Zuverlässigkeit der Karte selbst einzuschätzen.



Blattaufteilung 1:25 000

Zusammensetzung HGK Ost: Emmental Teil III

Weitere Karten dieses Gebietes, vgl. Text

Planungsmitarbeit, kartographische Technik: P. Eichwald, P. Kunz (WEA)
Mitarbeit Kartographie: D. Hofstetter, Rossens
Schrift Beilagen: Diaset AG Fotosatz, Hinterkappelen/Bern
Reprographie, Druck: Aerni-Leuch AG, Bern

Jede Vervielfältigung und Weiterverwendung der Karte, auch von Ausschnitten, bedarf einer Bewilligung des Wasser- u. Energiewirtschaftsamtes des Kantons Bern.

Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 31. 12. 1978.

Ausgabe 1978

1:25 000

1000 m 500 0 1 km

Hydrogeologische Karte Emmental Teil III: Mittleres Emmental

Beilage III, 4

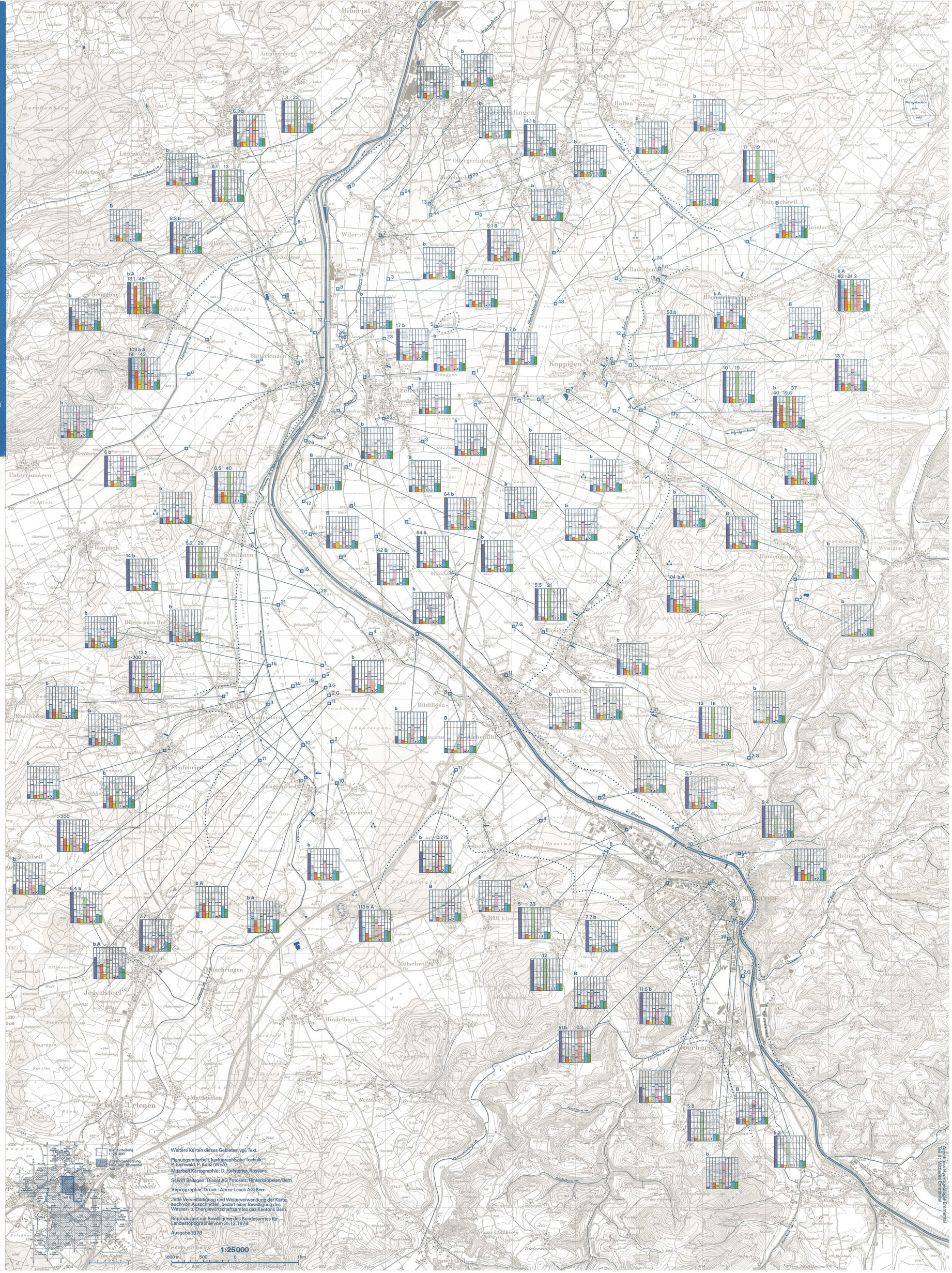
Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern

Hydrogeologische Karte Emmental Teil III: Unteres Emmental 1:25000

Hydrochemie

Leitung: Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern
Bearbeitung: Grundwasser-Hydraulik:
Ingenieur- u. Studienbüro A. Werner, Burgdorf
Hydrogeologie: WEA/Geologie

Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA)



Allgemeine Angaben

26 Fortlaufende Ordnungsnummer der Probeentnahmestelle innerhalb eines km² des Landeskoordinatensystems, vgl. Register WEA/Geologie

Seitliche Begrenzung der untersuchten Grundwasserleiter vom 3. 10. 1978

G Trinkwasser-Bezugsorte von öffentlicher Bedeutung

Entnahmestelle für –
– Grundwasser, Quellwasser
– Oberflächenwasser

B Bakteriologische Analyse genügend

b Bakteriologische Analyse ungenügend

A Wasser-Aufbereitung schwierig, vgl. Konzentrationsmassstäbe

Hydrochemisch wirksame Faktoren

Wichtiges offenes Gewässer

Kehrichtablagerung[1]

Anlage aufgelassen[1]

Abwasser-Einleitung in ein Oberflächengewässer[1] (schematisch dargestellt)

Frühere Versickerung einer wassergefährdenden Flüssigkeit

Darstellung der Analysenergebnisse
(abgewandelt nach: F. Preul, 1958)

Die stark ausgezogenen Linien (vgl. auch Konzentrationsmassstäbe) bezeichnen die Richt- und Grenzwerte für Trinkwasser (für Cl und SO_4 liegen diese bei 200 mg/l), gemäss Schweiz. Lebensmittelbuch (1972).

6.5 Effektive Grösse der Komponente in franz. H.°, mg/l, %
Maximalwert farbig ausgefüllt
Minimalwert durch einen Strich begrenzt
Untersucht und in Spuren nachgewiesen
Untersucht und nicht nachgewiesen
Nicht untersucht
} gilt für einen Teil oder alle Analysen

Konzentrationsmassstäbe
(für das Ablesen der Säulenhöhe dienen die Lote auf den waagerechten Massstäben)

Turbidität (SiO_2) mg/l: 0 1 2 3 4 5

Nitrat (NO_3) mg/l: 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90
A-bei Überschreitung von 40 mg/l: 18 36 54 72

Chlorid (Cl) mg/l: 0 10 20 30 40 50 60
12 24 36 48

Sulfat (SO_4) mg/l: 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120
A-bei Überschreitung von 200 mg/l: 24 48 72 96

Oxydierbarkeit ($KMnO_4$) mg/l: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
A-bei Überschreitung von 30 mg/l: 2.4 4.8 7.2 9.6

O_2 Sättigung %: 120 110 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0
96 72 48 24

Eisen (Fe) mg/l: 0 0,02 0,04 0,06 0,08 0,10 0,12 0,14 0,16 0,18 0,20

Mangan (Mn) mg/l: 0 0,01 0,02 0,03 0,04 0,05 0,06 0,07 0,08 0,09 0,10
A-bei Überschreitung von 0,05 mg/l

Gesamthärte Karbonathärte franz. H.°: 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Grundwasser-Analysen, Kant. Labor am:
15.–18. 2. 71, 13.–15. 7. 71, 7.–9. 12. 71, 25. 1.–24. 2. 72,
26. 7.– 17. 8. 72, 21. 2.–14. 3. 73, 23. 2. 77

Oberflächenwasser-Analysen, Kant. Gewässerschutzlabor am: 9.–10. 8. 72

[1] Diese Angaben wurden dem Kantonalen Sanierungsplan, Abwasser und Kehricht (1976) entnommen

Blatteinteilung 1:25000

Zusammensetzung HGK Unt. Emmental Teil III

Weitere Karten dieses Gebietes, vgl. Text.

Planungsmitarbeit, kartographische Technik: P. Eichwald, P. Kunz (WEA)
Mitarbeit Kartographie: D. Hofstetter, Rossens
Schrift Beilagen: Diaset AG Fotosatz, Hinterkappelen/Bern
Reprographie, Druck: Aerni-Leuch AG, Bern

Jede Vervielfältigung und Weiterverwendung der Karte, auch von Ausschnitten, bedarf einer Bewilligung des Wasser- u. Energiewirtschaftsamtes des Kantons Bern.

Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 31. 12. 1978
Ausgabe 1978

1:25000

1000 m 500 0 1 km

Anschluss Hydrogeologie Emmental Teil II: Mittleres Emmental

Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern

Hydrogeologische Karte Emmental Teil III: Unteres Emmental 1:25000

Hydrographie

Leitung: Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern
Bearbeitung: Grundwasser-Hydraulik:
Ingenieur- u. Studienbüro A. Werner, Burgdorf
Hydrogeologie: WEA/Geologie

Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA)

Situation

Allgemeine Angaben

- 14 — Fortlaufende Ordnungsnummer von Beobachtungsstellen innerhalb eines km² des Landeskoordinatensystems, vgl. Register WEA/Geologie
- Wichtiges offenes Gewässer
- Seitliche Begrenzung der unters. Grundwasserleiter v. 3.10.1978
- Oberflächengewässer-Kilometrierung, für die Emme beginnend mit km 0.0 bei der Kantonsgrenze Solothurn/Bern
- Wehr, Schwelle
- Querprofilaxe, Zahl=Oberflächengewässer-Kilometrierung Längenprofilaxe=Emmelauf
- Markierversuch, Zahl=mittl. Abstandsgeschwindigkeit in m/d
- a — Anlage aufgelassen

Niederschlags-Messungen
vgl. auch Diagramme: Jährl.- u. Tägl.-Niederschlagshöhen

- D — Tagestotalisator
- P — Pluviograph

Oberflächenwasser-Messungen
vgl. auch Ganglinien des Wasserspiegels

- 11.4.70– — Abfluss-Schreibpegel, Zahl=Beobachtungsperiode
- Wasserstands-Abstichpunkt mit period. Messungen
- Q — Einzelne Abflussmessung

Grundwasser-Messungen und -Beobachtungen,
vgl. auch Diagramme: Summe der Grundwasser-Spiegel-Anstiege; Ganglinien des Grundwasser-Spiegels

- Vertikalfilterbrunnen
- Horizontalfilterbrunnen
- Schacht- oder Sodbrunnen
- Peilrohr
- Bohrung
- Periodische Abstiche während mind. einem Jahr
- 26.2.70–30.9.71 — Schreibpegel, Zahl=Beobachtungsperiode

Konzessionierte Entnahmemengen in l/min

Wohlerworbenes Recht	251– 1000
< 5	1001– 5000
5– 25	5001–10000
26–100	10001–50000
101–250	> 50000

Hydrographische Profile

Oberflächenwasser

- Emme-Spiegel vom 3.10.1978 (Tagesmittel)
- Hochwasser vom 22.9.1968 (an Spuren festgestellt) Eidg. hydrometrische Station Emme, **Gerlafingen** Koord. 609/223, Ord.-Nr. 1; Abfluss=500–560 m³/s, max. Hochwasserspitze seit 1921

Emme-Sohle, mittlere Höhe von:

- -1900
- -1926/31
- -1969
- 1930 — Wehr, Schwelle, Zahl=Baujahr

Grundwasser

- Grundwasser-Spiegel vom 3.10.1978 in Längen- und Querprofilebenen
- Vermuteter Schwankungsbereich
- Grundwasser-Spiegel, gemessen mit Schreibpegel:
  - -1 Summe der Grundwasser-Spiegel-Anstiege, Kalenderjahre 1972–1978, resp. 1975–1978
  - -2 Hochstand
  - -3 Stand vom 3.10.1978 (ungefähr Mittelstand)
  - -4 Tiefstand

(Beispiel: 1972 '78, Koord. 608/221, Ord.-Nr. 17)

Weitere Karten dieses Gebietes, vgl. Text.

Planungsmitarbeit, kartographische Technik: P. Eichwald, P. Kunz (WEA)
Mitarbeit Kartographie: D. Hofstetter, Rossens

Schrift Beilagen: Diaset AG Fotosatz, Hinterkappelen/Bern

Reprographie, Druck: Aerni-Leuch AG, Bern

Jede Vervielfältigung und Weiterverwendung der Karte, auch von Ausschnitten, bedarf einer Bewilligung des Wasser- u. Energiewirtschaftsamtes des Kantons Bern.

Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 31.12.1978

Ausgabe 1978

1:25000

1000 m 500 0 1 2 km

Beilage III, 6

Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern

Hydrogeologische Karte Emmental Teil III: Unteres Emmental 1:25 000

Bilanzierungs-Grundlagen

Leitung: Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern
Bearbeitung: Grundwasser-Hydraulik:
Ingenieur- u. Studienbüro A. Werner, Burgdorf
Hydrogeologie: WEA/Geologie

Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA)

Allgemeine Angaben

- 2 — Fortlaufende Ordnungsnummer von Beobachtungsstellen innerhalb eines km² des Landeskoordinatensystems, vgl. Register WEA/Geologie
- Wichtiges offenes Gewässer
- Seitliche Begrenzung der untersuchten Grundwasserleiter vom 3.10.1978
- Vertikalfilterbrunnen
- Horizontalfilterbrunnen
- Grundwasser-Schreibpegel
- a — Anlage aufgelassen
- 20.8 — **Gemessener Wert**
- (42.7) — **Geschätzter Wert**
- 390 — **Interpretierter Wert**

Grosspumpversuche in Vertikalfilterbrunnen

12.4.1975 (28) 11.7 15.2 ~18 10~

- Datum des Versuchbeginns
- H = Grundwassermächtigkeit z.Z. des Versuchbeginns in m
- LV = Eintauchtiefe des unvollkommenen Brunnens in m
- QV = Entnahmemenge in l/s
- p MIN/MAX = Streubereich der berechneten, gravitär nutzbaren Porosität in %
- kG MIN/MAX = Streubereich des berechneten Gebiets-Durchlässigkeitsbeiwertes in 10^{-3} m/s

Grundwasser-Beobachtungsstellen (Schreibpegel)

1	35
2	25
3	376

1- Grundwasserspiegel-Anstieg in cm; vom 20. 2., 12.00 h bis 28. 2. 1978, 12.00 h, während 192 h
2- Grundwasserspiegel-Anstieg in cm; vom 6. 8., 20.00 h bis 11. 8. 1978, 12.00 h, während 112 h
3- Summe der Grundwasserspiegel-Anstiege 1978 in cm

Bilanzierungs-Profile und Profilabschnitte

In Profilmitte oder Profilabschnittsmitte

1- Hoch 5. 5. 1977 } Grundwasser-Spiegelstand
3- Tief 10. 7. 1976 } in m ü. M.
2- Klein 5. 5. 1977 } Flurabstand in m
4- Gross 10. 7. 1976 }

Für ganzes Profil oder für Profilabschnitte

1	2	3	4
611.4	5.9	606.2	11.0
36400	5.2	11.0	29
5	6	7	8

5- Durchflussfläche F in m² für einen mittleren Grundwasserstand 1978
6- Mittleres Grundwasser-Spiegelgefälle Jo in ‰
7- Durchlässigkeitsbeiwert kG in 10^{-3} m/s
8- Mittlere theoretische Sickergeschwindigkeit vs in m/d, $vs = \frac{kG \cdot Jo}{p}$; p = 17%)

B- Breite des Grundwasserleiters (resp. des Abschnittes)
M- Mitte des Profilabschnittes
14- Profilnummer
A- Profilaxe
F- Fläche (F proportional Q)
q- Linie, q (△B) = Jo · kG · H (B) · △B (H = mittl. Grundwasser-Mächtigkeit 1978)

B — E M A 14 — 3 — 770

Bezeichnung der Grundwasserleiter
E- Emme
U- Urtenen
G- Gsteig/Burgd f. *1*-Ob.-, *2*-Unt.-Grundw. Stockwerk
770 - Mittlere Durchflussmenge Q in l/s 1978

Bilanzierungs-Gebietsabschnitte

Grundwasser-Vorrat, -Nutzung

1	1.85	7.2	2
3	1.77	56	4
5	60	20	6

1- Grundwasser-Spiegelfläche in km² vom 3. 10. 1978
2- Grundwasser-Volumen (p = 17%) in 10^6 m³
3- Volumen des natürlichen Grundwasser-Zuwachses 1978 in 10^6 m³ (p = 17%)
4- Mittlerer natürlicher Grundwasser-Zuwachs 1978 in l/s
5- Konzessionierte Entnahmemenge 1978 in l/s
6- Mittlere genutzte Entnahmemenge 1978 in l/s

Mittlere Infiltrationsverhältnisse 1978:

- Bedeutende Infiltrationsstrecke in Oberflächengewässer

Infiltration verteilt

720 — Gemessene Infiltrationsmenge, Zahl = Menge in l/s

- Differenz zwischen Infiltrations- und Exfiltrationsmenge

70 — Infiltration vorherrschend, Zahl = Menge in l/s

Mittlere Exfiltrationsverhältnisse 1978:

- Bedeutende Exfiltrationsstrecke in Oberflächengewässer

Exfiltration verteilt

90 — Gemessene, oberflächlich abgeleitete Exfiltrationsmenge, Zahl = Menge in l/s

Mittlere randliche unterirdische Zuflüsse 1978:

5 — Zufluss verteilt, Zahl = Menge in l/s

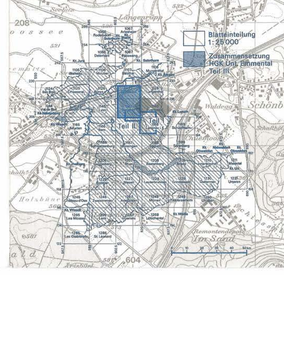
Zufluss konzentriert, Zahl = Menge in l/s (Fläche proportional zur Zuflussmenge gemäss stationärer Bilanzierung)

Mittlere Zuflüsse aus Niederschlag auf Grundwasserleiter 1978:

50 — Zufluss verteilt, Zahl = Menge in l/s

Hydrologische Einzugsgebiete

90.82 — Wasserscheiden, Zahl = Fläche in km²



Weitere Karten dieses Gebietes, vgl. Text.

Planungsmitarbeit, kartographische Technik: P. Eichwald, P. Kunz (WEA)
Mitarbeit Kartographie: D. Hofstetter, Rossens
Schrift Beilagen: Dissel AG Fotosatz, Hinterkappelen/Bern
Reprographie, Druck: Aerni-Leuch AG, Bern

Jede Vervielfältigung und Weiterverwendung der Karte, auch von Ausschnitten, bedarf einer Bewilligung des Wasser- u. Energiewirtschaftsamtes des Kantons Bern.

Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 31. 12. 1978

Ausgabe 1978

1:25000
1000 m 500 0 1 km

Abschluss Hydrogeologie Emmental Teil II: Mittleres Emmental

Beilage III, 1 A

Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern

Hydrogeologische Karte Emmental
Teil III: Unteres Emmental 1:25 000

Geologische Profile
L~1:25 000 H~1:2500 10fach überhöht

Bearbeitung: dipl. geol. J. Wanner, Bern

Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA)

Allgemeine Angaben

608/216.7 Fortlaufende Ordnungsnummer eines künstlichen Aufschlusses innerhalb eines km² des Landeskoordinatensystems, vgl. Register WEA/Geologie

Wichtiges offenes Gewässer

Angabe fraglich

Seitliche Begrenzung der untersuchten Grundwasserleiter vom 3. 10. 1978

Bohrung, auf oder bis 50 m neben der Profillinie liegend

Bohrung, bis 200 m neben der Profillinie liegend, Projektion gemäss Lagerungsverhältnissen

Lithologie

Silt-Ton | Sand | Kies rund/eckig | Steine, Blöcke

Lithologische Grenze

Hydrologie

Grundwasser-Spiegel vom 3. 10. 1978 (mittlerer Grundwasserstand)

Chronostratigraphische Zuordnung

Holocaen	*Künstliche Aufschüttung*		*k*
	Alter Boden		*b*
	Gehängeschutt		*gs*
	Tal-Alluvionen		*a*
Pleistocaen	*Würm II*	*Postglaziale Emmeschotter*	*qs*
		Moräne des Bannwiler Vorstosses	*q4mB*
		Vorstossschotter des Bannwiler Vorstosses	*q4vsB*
		Stillwasserablagerung	*q4r*
		Stauletten	*q4l*
		Stauschotter	*q4st*
		Moräne des Wangener Stadiums	*q4mW*
		Vorstossschotter des Wangener Stadiums	*q4vsW*
	Würm I	*(nur südlich Bern vorhanden)*	
	Praewürm	*Ältere Emmeschotter*	*q3s-4s*
Miocaen	*Burdigalien (aufgearbeitet m̃ 2)*		*m2*
	Aquitanien (aufgearbeitet m̃ 1)		*m1*

Blatteinteilung 1:25 000

Zusammensetzung Hdk. Unt. Emmental Teil III

Weitere Karten dieses Gebietes, vgl. Text.

Planungsmitarbeit, kartographische Technik: P. Eichwald, P. Kunz (WEA)

Mitarbeit Kartographie: D. Hofstetter, Rossens

Schrift Beilagen: Diesel AG Fotosatz, Hinterkappelen/Bern

Reprographie, Druck: Aerni-Leuch AG, Bern

Jede Vervielfältigung und Weiterverwendung der Karte, auch von Ausschnitten, bedarf einer Bewilligung des Wasser- u. Energiewirtschaftsamtes des Kantons Bern.

Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 31.12.1978

Ausgabe 1978

1:25000

1000 m 500 0 1 km

Hydrogeologische Karte Emmental Teil III: Mittleres Emmental

Beilage III, 1 B

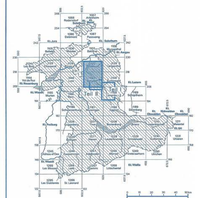
Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern

Hydrogeologische Karte Emmental
Teil III: Unteres Emmental

Blockbilder (messbar)
L ~ 1:25 000 H ~ 1:2500 10fach überhöht

Leitung: Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern
Bearbeitung: Grundwasser-Hydraulik:
Ingenieur- u. Studienbüro A. Werner, Burgdorf
Hydrogeologie: dipl. geol. J. Wanner, Bern
WEA/Geologie

Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA)



Blatteinteilung 1:25 000

Zusammensetzung HGK Unt. Emmental Teil III

Allgemeine Angaben

615/208.2 Fortlaufende Ordnungsnummer eines künstlichen Aufschlusses innerhalb eines km² des Landeskoordinatensystems, vgl. Register WEA/Geologie

← Emme Wichtiges offenes Gewässer

? Angabe fraglich

Seitliche Begrenzung der untersuchten Grundwasserleiter vom 3. 10. 1978

Bohrung innerhalb des abgebildeten Blockes liegend

XV Lage eines Blockbildes, vgl. Beilage III.3

Lithologie

Silt-Ton | Sand | Kies rund/eckig | Steine, Blöcke

Lithologische Grenze

Chronostratigraphische Zuordnung

Holocaen	*Künstliche Aufschüttung*		*k*
	Alter Boden		*b*
	Gehängeschutt		*gs*
	Tal-Alluvionen		*a*
Pleistocaen	*Würm II*	*Postglaziale Emmeschotter*	*qs*
		Moräne des Bannwiler-Vorstosses	*q4mB*
		Vorstossschotter des Bannwiler-Vorstosses	*q4vaB*
		Stillwasserablagerung	*q4r*
		Stauletten	*q4l*
		Stauschotter	*q4st*
		Moräne des Wangener-Stadiums	*q4mW*
		Vorstossschotter des Wangener-Stadiums	*q4vsW*
	Würm I	*(nur südlich Bern vorhanden)*	
	Praewürm	*Ältere Emmeschotter*	*q3z-4s*
Miocaen	*Burdigalien (aufgearbeitet III 2)*		*m2*
	Aquitanien (aufgearbeitet III 1)		*m1*

Durchlässigkeitsbereiche
Durchlässigkeitsbeiwerte (berücksichtigt worden sind neben Punkt- auch Profil- und Gebiets k-Werte)

-Gross > 2·10⁻³ m/s | -Klein 2·10⁻⁴–1·10⁻⁵ m/s

-Mittel 2·10⁻³–2·10⁻⁴ m/s

Grenze zwischen Durchlässigkeitsbereichen

Isohypsen der Geländ-Oberfläche

580 10 m Kurve mit Kote in m ü. M.

5 m Zwischenkurve

Isohypsen des Grundwasser-Spiegels vom 3. 10. 1978, vgl. Beilage III.2 B

1 m Kurve mit Kote in m ü. M.

Isohypsen des Grundwasser-Stauers, vgl. Beilage III.2 B (Durchlässigkeitsbeiwert k < 1·10⁻⁵ m/s)!

460 10 m Grundwasser-Stauer Kurve mit Kote in m ü. M.

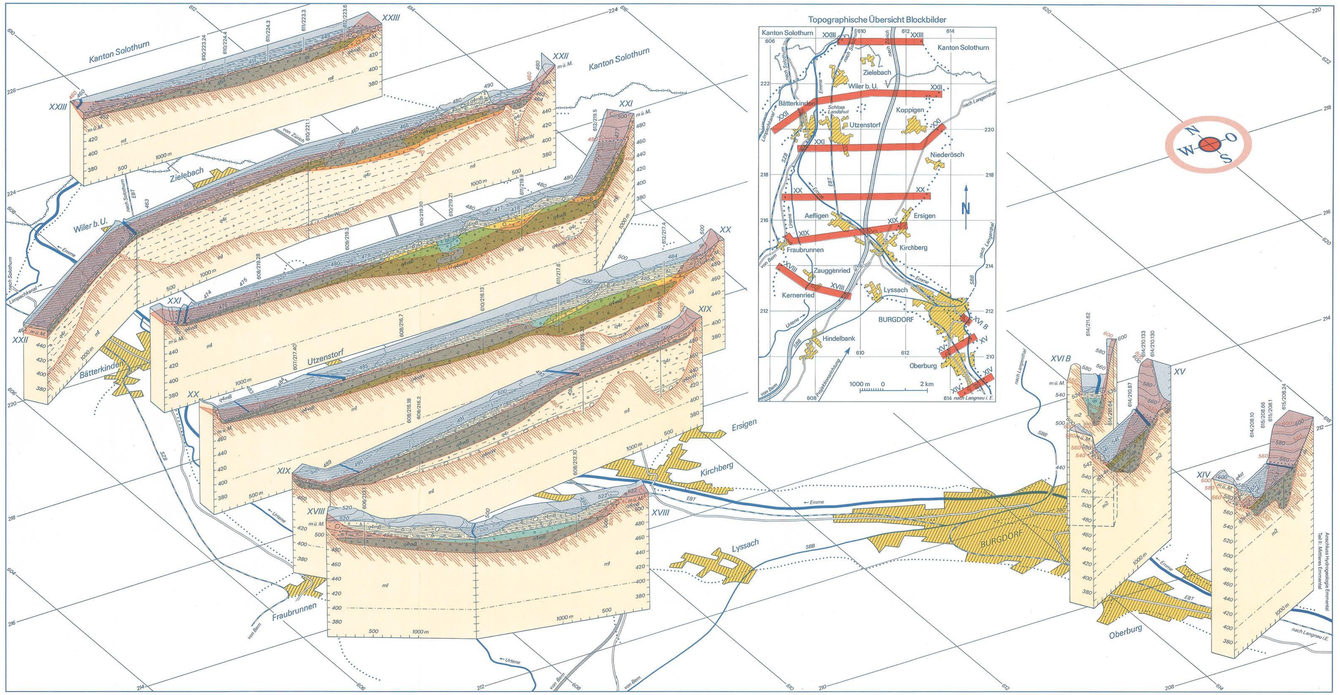
5 m Zwischenkurve

Molasse-Oberfläche, vgl. Beilage III.2 A

Weitere Karten dieses Gebietes, vgl. Text
Planungsmitarbeit, kartographische Technik: P. Eichwald, P. Kunz (WEA)
Mitarbeit Kartographie: D. Hofstetter, Rossens
Schrift: Diesel AG Fotosatz, Hinterkappelen/Bern
Reprographie, Druck: Aemi-Leuch AG, Bern

Jede Vervielfältigung und Weiterverwendung der Karte, auch von Ausschnitten, bedarf einer Bewilligung des Wasser- u. Energiewirtschaftsamtes des Kantons Bern

Ausgabe 1978



Topographische Übersicht Blockbilder

Beilage III, 2 A

Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern

Hydrogeologische Karte Emmental
Teil III: Unteres Emmental 1:25 000

Isohypsen der Molasse-Oberfläche

Bearbeitung: dipl. geol. J. Wanner, Bern

Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA)

10 Fortlaufende Ordnungsnummer von Beobachtungsstellen innerhalb eines km^2 des Landeskoordinatensystems, vgl. Register WEA/Geologie

Wichtiges offenes Gewässer

Seitliche Begrenzung der untersuchten Grundwasserleiter vom 3. 10. 1978

XVI B Lage eines geologischen Profils, vgl. Beilage III, 1 A

Molasse-Aufschlüsse

Molasse unter geringer Bedeckung

10 m Isohypse der Molasse-Oberfläche[1)]

—550— 50 m Zählkurve mit Kote in m ü. M.[1)]

433.80 Bohrung, Zahl = Kote der Molasse-Oberfläche in m ü. M.

1) Bei der Isohypsendarstellung ist darauf verzichtet worden, einen nachgewiesenen- und vermutlichen Verlauf zu unterscheiden. Die Anordnung der Beobachtungspunkte erlaubt dem Betrachter die Zuverlässigkeit der Karte selbst einzuschätzen.

Weitere Karten dieses Gebietes, vgl. Text.

Planungsmitarbeit, kartographische Technik: P. Eichwald, P. Kunz (WEA)

Mitarbeit Kartographie: D. Hofstetter, Rossens

Schrift Beilagen: Diaset AG Fotosatz, Hinterkappelen/Bern

Reprographie, Druck: Aerni-Leuch AG, Bern

Jede Vervielfältigung und Weiterverwendung der Karte, auch von Ausschnitten, bedarf einer Bewilligung des Wasser- u. Energiewirtschaftsamtes des Kantons Bern.

Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 31. 12. 1978

Ausgabe 1978

1:25 000

1000 m 500 0 1 km

Beilage III, 2 B

Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern

Hydrogeologische Karte Emmental
Teil III: Unteres Emmental 1:25000

Isohypsen des Grundwasser-Spiegels
Isohypsen des Grundwasser-Stauers

Leitung: Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern
Bearbeitung: Grundwasser-Hydraulik:
Ingenieur- u. Studienbüro A. Werner, Burgdorf
Geologie: dipl. geol. J. Wanner, Bern

Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA)

Allgemeine Angaben

- 4 — Fortlaufende Ordnungsnummer von Beobachtungsstellen innerhalb eines km² des Landeskoordinatensystems, vgl. Register WEA/Geologie
- Wichtiges offenes Gewässer
- Seitliche Begrenzung der untersuchten Grundwasserleiter vom 3. 10. 1978
- ? — Angabe fraglich
- ( ) — Geschätzter Wert
- Lokales Auftreten verschiedener Grundwasser-Stockwerke, resp. örtlich abweichende Grundwasser-Spiegel

Isohypsen des Grundwasser-Spiegels vom 3. 10. 1978
die ungefähr einem mittleren Grundwasserstand der Beobachtungsperiode Sept. 1968 bis Dez. 1978 entsprechen

- 1 m Grundwasser-Spiegel Kurve[1]
- 550 — 5 m Zählkurve mit Kote in m ü. M.[1]
- Grundwasser-Fliessrichtung

Grundwasser-Beobachtungsstellen[2]

- Vertikalfilterbrunnen
- Horizontalfilterbrunnen
- Schacht- oder Sodbrunnen
- Peilrohr
- Grundwasser-Schreibpegel
- 598 — Grundwasser-Spiegelhöhe vom 3. 10. 1978 in m ü. M. ab nächst tieferer 1 m Kurve, z.B. 480.98

Isohypsen des Emme-Spiegels am 3. 10. 1978 (Tagesmittel)

- 520 — 1 m Emme-Spiegel Kurve
- 5 m Zählkurve mit Kote in m ü. M.

Oberflächenwasser-Beobachtungsstellen[2]

- 556.61 — Wasserstands-Lattenpegel resp. Abstichpunkt; Zahl = Spiegelhöhe vom 3. 10. 1978 in m ü. M.
- Abfluss-Schreibpegel

Isohypsen der Oberfläche des Grundwasserstauers
(Durchlässigkeitsbeiwert k < 1·10⁻³ m/s)

- 10 m Kurve[1]
- 450 — 50 m Zählkurve mit Kote in m ü. M.[1]
- 5 m Zwischenkurve[1]

Sondierungen

- 453.00 — Kern-Bohrung, Zahl = Kote der GW.-Stauer Oberfl. in m ü. M.
- Andere Sondierung
- Wichtiges geoelektrisches Profil
- Wichtiges seismisches- und geoelektrisches Profil

Infiltrationsverhältnisse am 3. 10. 1978

- Nachgewiesene Infiltrationsstrecke in Oberflächenwasser
- 150 — Gemessene Infiltrationsmenge, Zahl = Menge in l/s

Differenz zwischen Infiltrations- und Exfiltrationsmenge

- 30 — Infiltration vorherrschend, Zahl = Menge l/s

Exfiltrationsverhältnisse am 3. 10. 1978

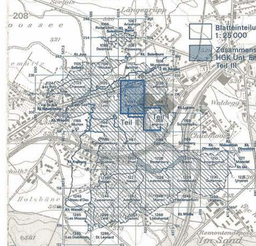
- Nachgewiesene Exfiltrationsstrecke in Oberflächenwasser
- Exfiltrationsgebiet (Grundwasseraustritte u. Drainagen)
- 60 — Gemessene, oberflächlich abgeleitete Exfiltrationsmenge Zahl = Menge in l/s
- 25 — Genutzte Entnahmemenge vom 3. 10. 1978 Zahl = Tagesmittel in l/s

Differenz zwischen Exfiltrations- und Infiltrationsmenge

- 12 — Exfiltration vorherrschend, Zahl = Menge in l/s

[1] Bei den Isohypsendarstellungen ist darauf verzichtet worden, einen nachgewiesenen und vermutlichen Verlauf zu unterscheiden. Die Anordnung der Beobachtungspunkte erlaubt dem Betrachter, die Zuverlässigkeit der Karte selbst einzuschätzen.

[2] Aus darstellerischen Gründen konnten nicht alle Messstellen wiedergegeben werden.



Weitere Karten dieses Gebietes, vgl. Text

Planungsmitarbeit, kartographische Technik:
P. Eichwald, P. Kunz (WEA)

Mitarbeit Kartographie: D. Holstetter, Rossens

Schrift Beilagen: Diaset AG Fotosatz, Hinterkappelen/Bern

Reprographie, Druck: Aarni-Leuch AG, Bern

Jede Vervielfältigung und Weiterverwendung der Karte, auch von Ausschnitten, bedarf einer Bewilligung des Wasser- u. Energiewirtschaftsamtes des Kantons Bern.

Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 31. 12. 1979

Ausgabe 1978

1:25000

1000 m 500 0 1 km

Aeschlimann Hydrogeologie Emmental
Teil III: Mittleres Emmental

Beilage III, 3

Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern

Hydrogeologische Karte Emmental Teil III: Unteres Emmental 1:25 000

Mächtigkeit der Grundwasserleiter

Leitung: Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern
Bearbeitung: Grundwasser-Hydraulik:
Ingenieur- u. Studienbüro A. Werner, Burgdorf
Hydrogeologie: WEA/Geologie

Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA)

Allgemeine Angaben

- 1 — Fortlaufende Ordnungsnummer von Sondierungen innerhalb eines km² des Landeskoordinatensystems, vgl. Register WEA/Geologie
- Wichtiges offenes Gewässer
- XV — Seitliche Begrenzung der untersuchten Grundwasserleiter vom 3. 10. 1978
- Lage eines geologischen Profiles, resp. Blockbildes, vgl. Beilage III, 1 A und III, 1 B
- Lokales Auftreten verschiedener Grundwasser-Stockwerke, resp. örtlich abweichende Grundwasser-Spiegel

Stufen gleicher Mächtigkeit der Grundwasserleiter

Abgeleitet aus der Differenz Grundwasser-Oberfläche vom 3. 10. 1978 – Stauer-Oberfläche; vgl. Beilage III, 2 B

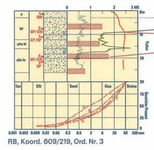
0–10 m	10–20 m	20–30 m	30–40 m	40–50 m

- 10 m Isopache[1)]
- 5 m Zwischenkurve[1)]

Sondierungen

- 474.15 / 433.15 / SO — Bohrung, Zahlen: 474.15 Terrainhöhe in m ü. M.; 433.15 Endtiefe in m ü. M.; SO: des Kantons Solothurn; vgl. Dr. H. Jäckli ‹Die Grundwasserverhältnisse im Soloth. Wasseramt›
- F — Sohle des Grundwasserleiters erreicht
- Wichtiges geoelektrisches Profil
- Wichtiges seismisches- und geoelektrisches Profil

Sondier- und Analysendiagramm



RB, Koord. 609/219, Ord. Nr. 3

- Gamma-Log
- Neutron-Gamma-Log
- Temperatur-Log
- k.
- 3 — Grundwasser-Spiegel vom 3. 10. 78, vgl. Beilage III, 1 A und III, 1 B

SB Rotationsspülbohrung
RB Rotationskernbohrung
GB Greiferbohrung

1 Klassifikation der Lockergesteine nach USCS (Labormethode)

- G Kies als Hauptbestandteil
- S Sand als Hauptbestandteil
- M Silt als Haupt- oder Nebengemengteil
- C Ton als Haupt- oder Nebengemengteil
- O Organische Beimengungen
- W Alle Korngrössen vertreten, keine davon vorherrschend
- P Eine Korngrösse oder Korngrössengruppe vorherrschend
- L Fliessgrenze niedrig
- H Fliessgrenze hoch

1.1 Bereich der Probe-Entnahmen. Zahl: vgl. Kornverteilungsanalyse

2 Chronostratigraphische Zuordnung

Holocaen	*Künstliche Aufschüttung*		*k*
	Alter Boden		*b*
	Gehängeschutt		*gs*
	Tal-Alluvionen		*a*
Pleistocaen	*Würm II*	*Postglaziale Emmeschotter*	*qs*
		Moräne des Bannwiler-Vorstosses	*q4mB*
		Vorstossschotter des Bannwiler-Vorstosses	*q4vsB*
		Stillwasserablagerung	*q4r*
		Stauletten	*q4l*
		Steuschotter	*q4st*
		Moräne des Wangener-Stadiums	*q4mW*
		Vorstossschotter des Wangener-Stadiums	*q4vsW*
	Würm I	*(nur südlich Bern vorhanden)*	
	Praewürm	*Ältere Emmeschotter*	*q3s-4s*
Miocaen	*Burdigalien (aufgearbeitet m 2)*		*m2*
	Aquitanien (aufgearbeitet m 1)		*m1*

3 Lithologie

- Humus
- Silt-Ton
- Sand
- Kies, rund/eckig
- Steine, Blöcke
- Sandstein
- Mergel

4 Bohrlochmessungen

0 1 2 3ME Mass-einheiten

Gamma-Log
0.5 2.17 3.83 5.5 10^3 Imp./min

Temperatur-Log
7.5 8.17 8.83 9.5 °C

k. Punktförmiger Durchlässigkeitsbeiwert
10^{-4} 10^{-3} 10^{-2} 10^{-1} m/s

Neutron-Gamma-Log
Koord. 607/217, Ord.-Nr. 40
Koord. 610/216, Ord.-Nr. 13
Koord. 611/212, Ord.-Nr. 11
Koord. 611/213, Ord.-Nr. 8
Koord. 611/219, Ord.-Nr. 9
Koord. 612/219, Ord.-Nr. 5
0.5 0.68 0.87 1.06 10^4 Imp./min

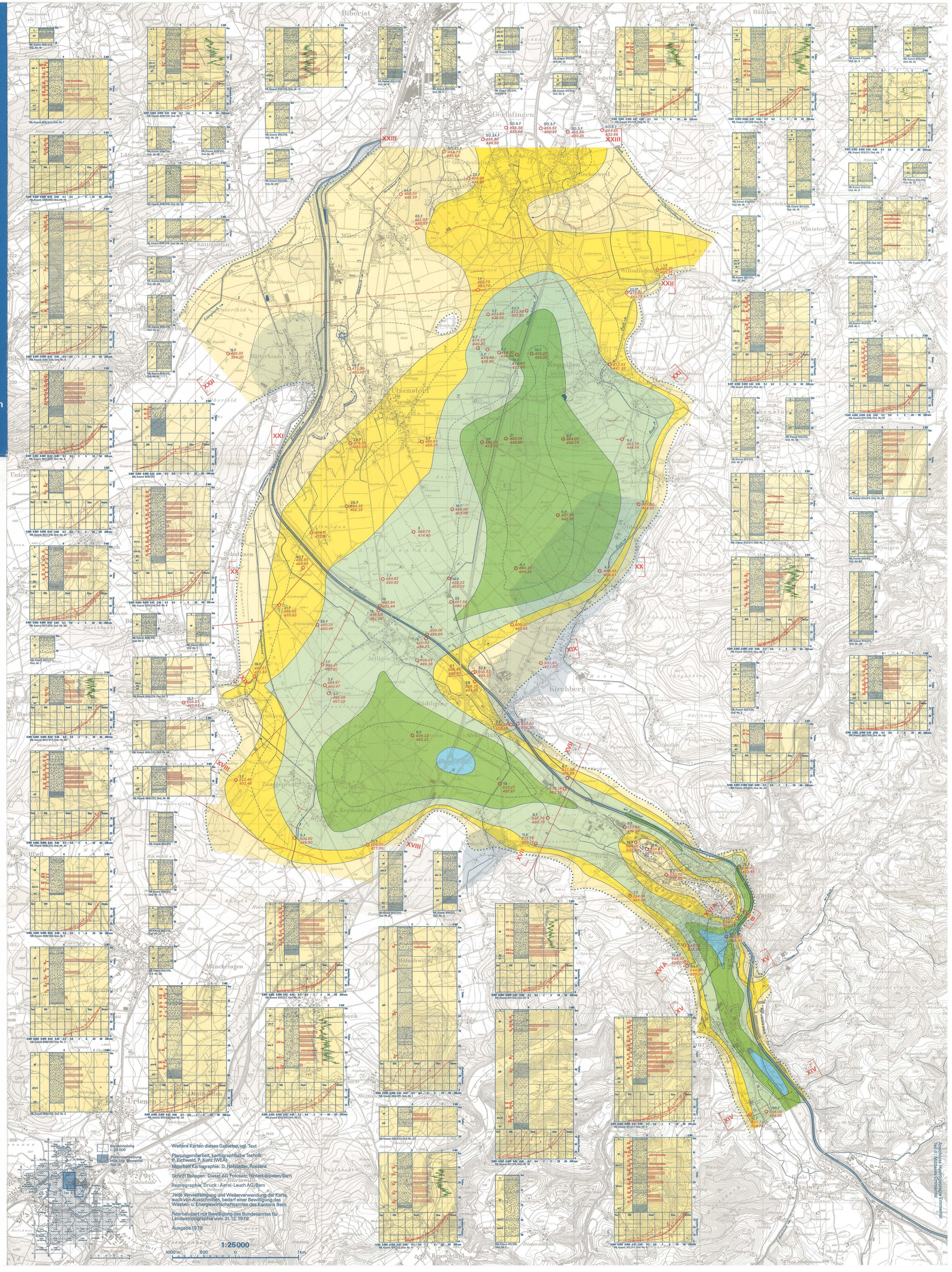
Koord. 608/216, Ord.-Nr. 7
Koord. 610/219, Ord.-Nr. 21
Koord. 611/213, Ord.-Nr. 9
0.5 0.83 1.17 1.5 10^4 Imp./min

Koord. 613/211, Ord.-Nr. 7
0.33 1.0 1.66 2.33 10^4 Imp./min

5 Kornverteilungsanalysen

Zahl: vgl. Bereich der Probe-Entnahmen

[1)] Bei den Isopachen ist darauf verzichtet worden, einen nachgewiesenen und vermutlichen Verlauf zu unterscheiden. Die Anordnung der Sondierungen erlaubt dem Betrachter, die Zuverlässigkeit der Karte selbst einzuschätzen.



Blattaufteilung 1:25 000

Zusammensetzung HGK Ost: Emmental Teil III

Weitere Karten dieses Gebietes, vgl. Text

Planungsmitarbeit, kartographische Technik: P. Eichwald, P. Kunz (WEA)
Mitarbeit Kartographie: D. Hofstetter, Rossens
Schrift Beilagen: Diaset AG Fotosatz, Hinterkappelen/Bern
Reprographie, Druck: Aerni-Leuch AG, Bern

Jede Vervielfältigung und Weiterverwendung der Karte, auch von Ausschnitten, bedarf einer Bewilligung des Wasser- u. Energiewirtschaftsamtes des Kantons Bern.

Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 31. 12. 1978.

Ausgabe 1978

1:25 000

1000 m 500 0 1 km

Hydrogeologische Karte Emmental Teil III: Mittleres Emmental

Beilage III, 4

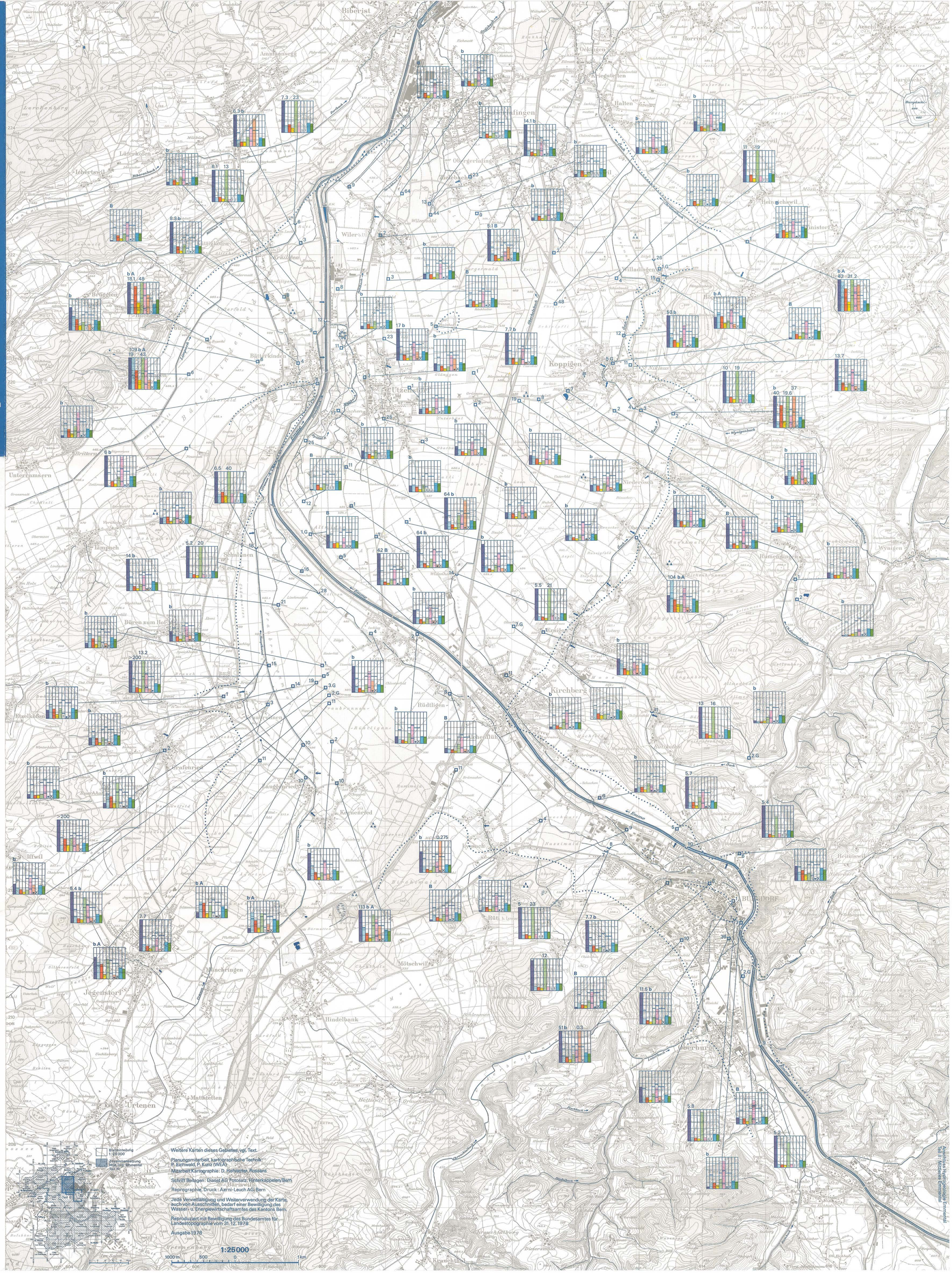
Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern

Hydrogeologische Karte Emmental Teil III: Unteres Emmental 1:25000

Hydrochemie

Leitung: Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern
Bearbeitung: Grundwasser-Hydraulik:
Ingenieur- u. Studienbüro A. Werner, Burgdorf
Hydrogeologie: WEA/Geologie

Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA)



Allgemeine Angaben

26 Fortlaufende Ordnungsnummer der Probeentnahmestelle innerhalb eines km² des Landeskoordinatensystems, vgl. Register WEA/Geologie

Seitliche Begrenzung der untersuchten Grundwasserleiter vom 3. 10. 1978

G Trinkwasser-Bezugsorte von öffentlicher Bedeutung

Entnahmestelle für –
– Grundwasser, Quellwasser
– Oberflächenwasser

B Bakteriologische Analyse genügend

b Bakteriologische Analyse ungenügend

A Wasser-Aufbereitung schwierig, vgl. Konzentrationsmassstäbe

Hydrochemisch wirksame Faktoren

Wichtiges offenes Gewässer

Kehrichtablagerung[1]

Anlage aufgelassen[1]

Abwasser-Einleitung in ein Oberflächengewässer[1] (schematisch dargestellt)

Frühere Versickerung einer wassergefährdenden Flüssigkeit

Darstellung der Analysenergebnisse
(abgewandelt nach: F. Preul, 1958)

Die stark ausgezogenen Linien (vgl. auch Konzentrationsmassstäbe) bezeichnen die Richt- und Grenzwerte für Trinkwasser (für Cl und SO_4 liegen diese bei 200 mg/l), gemäss Schweiz. Lebensmittelbuch (1972).

6.5 Effektive Grösse der Komponente in franz. H.°, mg/l, %
Maximalwert farbig ausgefüllt
Minimalwert durch einen Strich begrenzt
Untersucht und in Spuren nachgewiesen
Untersucht und nicht nachgewiesen
Nicht untersucht
} gilt für einen Teil oder alle Analysen

Konzentrationsmassstäbe
(für das Ablesen der Säulenhöhe dienen die Lote auf den waagerechten Massstäben)

Turbidität (SiO_2) mg/l: 0 1 2 3 4 5

Nitrat (NO_3) mg/l: 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90
A-bei Überschreitung von 40 mg/l: 18 36 54 72

Chlorid (Cl) mg/l: 0 10 20 30 40 50 60
12 24 36 48

Sulfat (SO_4) mg/l: 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120
A-bei Überschreitung von 200 mg/l: 24 48 72 96

Oxydierbarkeit ($KMnO_4$) mg/l: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
A-bei Überschreitung von 30 mg/l: 2.4 4.8 7.2 9.6

O_2 Sättigung %: 120 110 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0
96 72 48 24

Eisen (Fe) mg/l: 0 0,02 0,04 0,06 0,08 0,10 0,12 0,14 0,16 0,18 0,20

Mangan (Mn) mg/l: 0 0,01 0,02 0,03 0,04 0,05 0,06 0,07 0,08 0,09 0,10
A-bei Überschreitung von 0,05 mg/l

Gesamthärte Karbonathärte franz. H.°: 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Grundwasser-Analysen, Kant. Labor am:
15.–18. 2. 71, 13.–15. 7. 71, 7.–9. 12. 71, 25. 1.–24. 2. 72,
26. 7.– 17. 8. 72, 21. 2.–14. 3. 73, 23. 2. 77

Oberflächenwasser-Analysen, Kant. Gewässerschutzlabor am: 9.–10. 8. 72

[1] Diese Angaben wurden dem Kantonalen Sanierungsplan, Abwasser und Kehricht (1976) entnommen

Blatteinteilung 1:25000

Zusammensetzung HGK Unt. Emmental Teil III

Weitere Karten dieses Gebietes, vgl. Text.

Planungsmitarbeit, kartographische Technik: P. Eichwald, P. Kunz (WEA)
Mitarbeit Kartographie: D. Hofstetter, Rossens
Schrift Beilagen: Diaset AG Fotosatz, Hinterkappelen/Bern
Reprographie, Druck: Aerni-Leuch AG, Bern

Jede Vervielfältigung und Weiterverwendung der Karte, auch von Ausschnitten, bedarf einer Bewilligung des Wasser- u. Energiewirtschaftsamtes des Kantons Bern.

Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 31. 12. 1978
Ausgabe 1978

1:25000

1000 m 500 0 1 km

Anschluss Hydrogeologie Emmental Teil II: Mittleres Emmental

Beilage III, 5

Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern

Hydrogeologische Karte Emmental Teil III: Unteres Emmental 1:25000

Hydrographie

Leitung: Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern
Bearbeitung: Grundwasser-Hydraulik:
Ingenieur- u. Studienbüro A. Werner, Burgdorf
Hydrogeologie: WEA/Geologie

Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA)

Situation
Allgemeine Angaben
14 Fortlaufende Ordnungsnummer von Beobachtungsstellen innerhalb eines km² des Landeskoordinatensystems, vgl. Register WEA/Geologie
Wichtiges offenes Gewässer
Seitliche Begrenzung der unters. Grundwasserleiter v. 3.10.1978
Oberflächengewässer-Kilometrierung, für die Emme beginnend mit km 0.0 bei der Kantonsgrenze Solothurn/Bern
Wehr, Schwelle
Querprofilaxe, Zahl=Oberflächengewässer-Kilometrierung
Längenprofilaxe=Emmelauf
Markierversuch, Zahl=mittl. Abstandsgeschwindigkeit in m/d
Anlage aufgelassen
Niederschlags-Messungen
vgl. auch Diagramme: Jährl.- u. Tägl.-Niederschlagshöhen
Tagestotalisator
Pluviograph
Oberflächenwasser-Messungen
vgl. auch Ganglinien des Wasserspiegels
11.4.70– Abfluss-Schreibpegel, Zahl=Beobachtungsperiode
Wasserstands-Abstichpunkt mit period. Messungen
Einzelne Abflussmessung
Grundwasser-Messungen und -Beobachtungen,
vgl. auch Diagramme: Summe der Grundwasser-Spiegel-Anstiege; Ganglinien des Grundwasser-Spiegels
Vertikalfilterbrunnen
Horizontalfilterbrunnen
Schacht- oder Sodbrunnen
Peilrohr
Bohrung
Periodische Abstiche während mind. einem Jahr
26.2.70–30.9.71 Schreibpegel, Zahl=Beobachtungsperiode
Konzessionierte Entnahmemengen in l/min

Wohlerworbenes Recht	251– 1000
< 5	1001– 5000
5– 25	5001–10000
26–100	10001–50000
101–250	> 50000

Hydrographische Profile
Oberflächenwasser
Emme-Spiegel vom 3.10.1978 (Tagesmittel)
Hochwasser vom 22.9.1968 (an Spuren festgestellt)
Eidg. hydrometrische Station Emme, **Gerlafingen** Koord. 609/223, Ord.-Nr. 1; Abfluss=500–560 m³/s, max. Hochwasserspitze seit 1921
Emme-Sohle, mittlere Höhe von:
-1900
-1926/31
-1969
1930 Wehr, Schwelle, Zahl=Baujahr
Grundwasser
Grundwasser-Spiegel vom 3.10.1978 in Längen- und Querprofilebenen
Vermuteter Schwankungsbereich
Grundwasser-Spiegel, gemessen mit Schreibpegel:
-1 Summe der Grundwasser-Spiegel-Anstiege, Kalenderjahre 1972–1978, resp. 1975–1978
-2 Hochstand
-3 Stand vom 3.10.1978 (ungefähr Mittelstand)
-4 Tiefstand
1972 '78
Koord. 608/221
Ord.-Nr. 17

Weitere Karten dieses Gebietes, vgl. Text.

Planungsmitarbeit, kartographische Technik:
P. Eichwald, P. Kunz (WEA)
Mitarbeit Kartographie: D. Hofstetter, Rossens

Schrift Beilagen: Diaset AG Fotosatz, Hinterkappelen/Bern

Reprographie, Druck: Aerni-Leuch AG, Bern

Jede Vervielfältigung und Weiterverwendung der Karte, auch von Ausschnitten, bedarf einer Bewilligung des Wasser- u. Energiewirtschaftsamtes des Kantons Bern.

Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 31.12.1978

Ausgabe 1978

1:25000

1000 m 500 0 1 2 km

Beilage III, 6

Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern

Hydrogeologische Karte Emmental Teil III: Unteres Emmental 1:25 000

Bilanzierungs-Grundlagen

Leitung: Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern
Bearbeitung: Grundwasser-Hydraulik:
Ingenieur- u. Studienbüro A. Werner, Burgdorf
Hydrogeologie: WEA/Geologie

Wasser- u. Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA)

Allgemeine Angaben

- 2 — Fortlaufende Ordnungsnummer von Beobachtungsstellen innerhalb eines km² des Landeskoordinatensystems, vgl. Register WEA/Geologie
- Wichtiges offenes Gewässer
- Seitliche Begrenzung der untersuchten Grundwasserleiter vom 3.10.1978
- Vertikalfilterbrunnen
- Horizontalfilterbrunnen
- Grundwasser-Schreibpegel
- a — Anlage aufgelassen
- 20.8 — **Gemessener Wert**
- (42.7) — **Geschätzter Wert**
- 390 — **Interpretierter Wert**

Grosspumpversuche in Vertikalfilterbrunnen

12.4.1975 (28) 11.7 15.2 ~18 10~

- Datum des Versuchbeginns
- H = Grundwassermächtigkeit z.Z. des Versuchbeginns in m
- LV = Eintauchtiefe des unvollkommenen Brunnens in m
- QV = Entnahmemenge in l/s
- p MIN/MAX = Streubereich der berechneten, gravitär nutzbaren Porosität in %
- kG MIN/MAX = Streubereich des berechneten Gebiets-Durchlässigkeitsbeiwertes in 10^{-3} m/s

Grundwasser-Beobachtungsstellen (Schreibpegel)

1	35
2	25
3	376

1- Grundwasserspiegel-Anstieg in cm; vom 20. 2., 12.00 h bis 28. 2. 1978, 12.00 h, während 192 h
2- Grundwasserspiegel-Anstieg in cm; vom 6. 8., 20.00 h bis 11. 8. 1978, 12.00 h, während 112 h
3- Summe der Grundwasserspiegel-Anstiege 1978 in cm

Bilanzierungs-Profile und Profilabschnitte

In Profilmitte oder Profilabschnittsmitte

1- Hoch 5. 5. 1977 } Grundwasser-Spiegelstand
3- Tief 10. 7. 1976 } in m ü. M.
2- Klein 5. 5. 1977 } Flurabstand in m
4- Gross 10. 7. 1976 }

Für ganzes Profil oder für Profilabschnitte

1	2	3	4
611.4	5.9	606.2	11.0
36400	5.2	11.0	29
5	6	7	8

5- Durchflussfläche F in m² für einen mittleren Grundwasserstand 1978
6- Mittleres Grundwasser-Spiegelgefälle Jo in ‰
7- Durchlässigkeitsbeiwert kG in 10^{-3} m/s
8- Mittlere theoretische Sickergeschwindigkeit vs in m/d, $vs = \frac{kG \cdot Jo}{p}$; p = 17%)

B- Breite des Grundwasserleiters (resp. des Abschnittes)
M- Mitte des Profilabschnittes
14- Profilnummer
A- Profilaxe
F- Fläche (F proportional Q)
q- Linie, q (△B) = Jo · kG · H (B) · △B (H = mittl. Grundwasser-Mächtigkeit 1978)

B — E M A 14 — 3 — 770

Bezeichnung der Grundwasserleiter
E- Emme
U- Urtenen
G- Gsteig/Burgd f. *1*-Ob.-, *2*-Unt.-Grundw. Stockwerk
770 - Mittlere Durchflussmenge Q in l/s 1978

Bilanzierungs-Gebietsabschnitte

Grundwasser-Vorrat, -Nutzung

1	1.85	7.2	2
3	1.77	56	4
5	60	20	6

1- Grundwasser-Spiegelfläche in km² vom 3. 10. 1978
2- Grundwasser-Volumen (p = 17%) in 10^6 m³
3- Volumen des natürlichen Grundwasser-Zuwachses 1978 in 10^6 m³ (p = 17%)
4- Mittlerer natürlicher Grundwasser-Zuwachs 1978 in l/s
5- Konzessionierte Entnahmemenge 1978 in l/s
6- Mittlere genutzte Entnahmemenge 1978 in l/s

Mittlere Infiltrationsverhältnisse 1978:

- Bedeutende Infiltrationsstrecke in Oberflächengewässer

Infiltration verteilt

720 — Gemessene Infiltrationsmenge, Zahl = Menge in l/s

- Differenz zwischen Infiltrations- und Exfiltrationsmenge

70 — Infiltration vorherrschend, Zahl = Menge in l/s

Mittlere Exfiltrationsverhältnisse 1978:

- Bedeutende Exfiltrationsstrecke in Oberflächengewässer

Exfiltration verteilt

90 — Gemessene, oberflächlich abgeleitete Exfiltrationsmenge, Zahl = Menge in l/s

Mittlere randliche unterirdische Zuflüsse 1978:

5 — Zufluss verteilt, Zahl = Menge in l/s

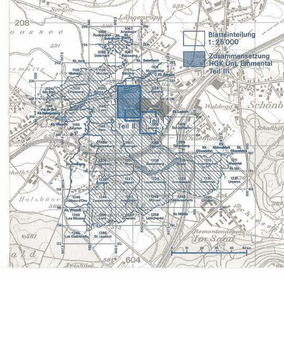
Zufluss konzentriert, Zahl = Menge in l/s (Fläche proportional zur Zuflussmenge gemäss stationärer Bilanzierung)

Mittlere Zuflüsse aus Niederschlag auf Grundwasserleiter 1978:

50 — Zufluss verteilt, Zahl = Menge in l/s

Hydrologische Einzugsgebiete

90.82 — Wasserscheiden, Zahl = Fläche in km²



Weitere Karten dieses Gebietes, vgl. Text.

Planungsmitarbeit, kartographische Technik: P. Eichwald, P. Kunz (WEA)
Mitarbeit Kartographie: D. Hofstetter, Rossens
Schrift Beilagen: Dissel AG Fotosatz, Hinterkappelen/Bern
Reprographie, Druck: Aerni-Leuch AG, Bern

Jede Vervielfältigung und Weiterverwendung der Karte, auch von Ausschnitten, bedarf einer Bewilligung des Wasser- u. Energiewirtschaftsamtes des Kantons Bern.

Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 31. 12. 1978

Ausgabe 1978

1:25000
1000 m 500 0 1 km

Abschluss Hydrogeologie Emmental Teil II: Mittleres Emmental