

Hydrogeologische Karte der Schweiz Carte hydrogéologique de la Suisse

1:100 000

Blatt/Feuille 4

Biel/Bienne

Topographie: Blatt 31 der Landeskarte der Schweiz

Erläuterungen

von

L. HAUBER und U. PFIRTER

Zürich 1992

Herausgegeben von der Schweizerischen Geotechnischen Kommission,
gedruckt mit Unterstützung des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft
und der Kantone Basel-Landschaft, Bern, Jura, Neuchâtel und Solothurn

Vertrieb: Schweizerische Geotechnische Kommission, ETH-Zentrum, 8092 Zürich

Bearbeitung digitale Version:

Schweizerische Geotechnische
Kommission, Zürich
Mai 2010

VORWORT DER SCHWEIZERISCHEN GEOTECHNISCHEN KOMMISSION

Mit dem Blatt Biel erscheint das vierte Werk aus der Serie der «Hydrogeologischen Karte der Schweiz 1:100 000». In der bei den Vorläufern bewährten Art kommt hier ein Gebiet zur Darstellung, das vor allem durch den Faltenbau des Jura und Karstphänomene geprägt ist. Im südöstlich anschliessenden Molassegebiet ist der grosse Grundwasserstrom im Tal der Emme von besonderer Bedeutung. Auch die europäische Wasserscheide zwischen Nordsee und Mittelmeer ist auf dieser Karte dokumentiert. Die Autoren Dr. L. Hauber und Dr. U. Pfirter konnten in jahrelanger Arbeit den aktuellen Stand der Kenntnisse über die hydrogeologischen Gegebenheiten im Gebiet dieses Kartenblattes zusammentragen.

Die Schweizerische Geotechnische Kommission dankt den Autoren für ihre wertvolle Arbeit sowie dem Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft und den Kantonen Basel-Landschaft, Bern, Jura, Neuchâtel und Solothurn für ihre finanziellen Beiträge an Erarbeitung und Druck von Karte und Erläuterungen. Auch das Bundesamt für Bildung und Wissenschaft und die Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften unterstützten die Arbeit von Autoren und Kommission.

Für den Inhalt von Karte und Erläuterungen sind die Verfasser allein verantwortlich.

Der Präsident der
Schweizerischen Geotechnischen Kom-
mission
C. Schindler

VORWORT DER VERFASSEN

Das vorliegende Blatt Biel ist das vierte Blatt der «Hydrogeologischen Karte der Schweiz 1:100 000». Es schliesst direkt westlich an das erste publizierte Blatt Bözberg-Beromünster (1972) an und entspricht in Darstellungsmethode und Legende weitgehend den früher publizierten Blättern. Die verbreiteten Karstgebiete des Juras erforderten hingegen einige Anpassungen der Legende.

Drei geologische Grossregionen haben am Aufbau dieses Blattes teil: Tafeljura, Faltenjura und das mittelländische Molassegebiet. Die Entwässerung weist die für die geologische Situation jeweils charakteristischen Merkmale auf:

im Jura

- Kluft- und Schichtwasserzirkulation in den karbonatischen Gesteinen der Trias und des Jura
- verbreiteter Karst
- Porenwasserzirkulation nur in der tertiären Molassefüllung der grossen Synklinalen und in flächenhaft verbreiteten jungtertiären Schottern
- untergeordnete, aber nicht unwichtige Alluvialfüllungen der Täler
- Quartärbedeckung in Form von Verwitterungsschutt

im Mittelland

- Molassegesteine als verbreiteter Porengrundwasserleiter
- Lockergesteine setzen sich aus Moränen, Alluvionen und Verwitterungsschutt zusammen

Durch das Blatt Biel führt die grosse europäische Hauptwasserscheide: Die Aare und die Birs sind dem Rhein tributär und entwässern somit in die Nordsee, der Doubs hingegen fliesst über die Saône und Rhône ins Mittelmeer.

Darstellungsziel ist, das hydrogeologische Regime des Gebietes von Blatt Biel aufzuzeigen, wie es sich aus der Interaktion von Oberflächengewässer und unterirdischem Abfluss ergibt. Als Kriterium der Flächendarstellung dient die Wasserdurchlässigkeit der im oberflächennahen Bereich anstehenden Gesteine. Die Darstellung des Wasserregimes berücksichtigt auch die tieferliegenden Bereiche im Karst, wie diese auch Gegenstand der Erläuterungen sind.

Während der Ausführung der Arbeiten am Blatt Biel durften wir stets die tatkräftige Unterstützung zahlreicher kantonaler Gewässerschutzämter, Umweltschutzfachstellen, geologischer Büros und Kollegen erfahren. Ihnen allen sei an dieser Stelle für ihre Hilfe bestens gedankt. Es sind dies: BE: Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern, Dr. R.V. Blau, Dr. J.P. Clément, Dr. G. della Valle; Kellerhals Peter & Haefeli Charles,

Dres. phil. nat., Geologen SIA/ASIC, Bern; B. Schindler, Bureau de géologie, Prèles.

BL: Amt für Umweltschutz und Energie, Herrn E. Eglin; Geologisches Institut Dr. H. Schmassmann AG, Liestal.

JU: Office des eaux et de la protection de la nature, Dr. J.C. Bouvier; Meury & Flury, Géologues SIA, Delémont; Ville de Delémont: Services industriels, service cantonal des ponts et chaussées.

NE: Université de Neuchâtel, Institut de Géologie et Centre d'hydrogéologie, Prof. A. Burger, Prof. L. Kiraly, Prof. F. Zwahlen.

SO: Kantonales Amt für Wasserwirtschaft, Dr. H. Kruysse.

France : Université de Franche-Comté, Laboratoire de Géologie structurale, Besançon, Prof. P. Chauve; BRGM Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Strasbourg, Dr. J.J. Risler, Ing. M. Lettermann.

Geologisches Institut der Universität Basel: Frau dipl. geol. M. Schweizer, Dr. Th. Noack und dipl. geol. S. Lauer.

Ins Literaturverzeichnis ist die das Blatt Biel betreffende hydrogeologische Literatur soweit aufgenommen worden, als sie den Autoren zugänglich war, auch wenn im Text nicht immer direkt darauf hingewiesen ist. Auf die Zusammenstellung der geologischen Literatur ist weitgehend verzichtet worden, da dies den Rahmen derartiger Erläuterungen gesprengt hätte.

L. Hauber und U. Pfirter

ZUSAMMENFASSUNG

Auf der hydrogeologischen Karte 1:100 000, Blatt Biel, werden die oberflächennahen Gesteine nach hydrogeologischen Kriterien, im wesentlichen nach der Durchlässigkeit, dargestellt. Betrachtet werden die für diesen Bereich massgebenden Gesteine. In Bezug auf die Wasserwegsamkeit besteht ein enger Bezug zwischen lithologischer Ausbildung und Durchlässigkeit, der auf dieser Karte deutlich zum Ausdruck kommt. Wie die Kartenlegende zeigt, wird zwischen Locker- und Festgesteinen unterschieden, wobei eine Zuordnung in grosse, mittlere und geringe Durchlässigkeit vorgenommen wird. Bei den Lockergesteinen weisen vor allem die in den Talböden verbreiteten Schotter sowie kalkige Gehängeschuttbildungen, Rutsch- und Sackungsmassen aus Kalken etc. gute bis sehr gute Durchlässigkeiten auf. Wechsellagerungen von Schottern mit Lehmen und Torf oder stark lehmige Kiese und Sande sind mittleren und uneinheitlichen Durchlässigkeiten zuzurechnen; dasselbe gilt für Moränen, die ganz unterschiedliche Zusammensetzungen aufweisen können. Feinsande, Silte und Tone sowie ausgesprochen lehmige Bildungen sind schlecht wasserdurchlässig und werden deshalb als Wasserstauer dargestellt.

Bei den Festgesteinen gehören die Kalke und Dolomite des Juras dank ihrer Klüftigkeit und der Schichtfugen zu den gut durchlässigen Gesteinen. Wechsellagerungen von Mergeln im Jura, Sandsteine und Nagelfluhbildungen der Molasse werden den Gesteinen mittlerer Durchlässigkeit zugerechnet. Tone und Mergel, z.T. mit Gipseinlagerungen, bilden die Grundwasserstauer unter den Festgesteinen.

Tektonische Elemente sind nur insoweit berücksichtigt und zusätzlich dargestellt worden, als sie einen Einfluss auf die Hydrogeologie haben: Axialgefälle von Antiklinalen und Synklinalen, Brüche, Aufschiebungen etc.

Hydrologisch bedeutsam ist die europäische Hauptwasserscheide zwischen Mittelmeerraum und Nordsee, die über das Blatt Biel führt (Einzugsgebiete des Doubs und des Rheines). In den Schotterflächen der grösseren Flüsse ist die Lage des Grundwasserspiegels eingetragen; hieraus kann auch die Fliessrichtung des Grundwassers abgeleitet werden. Ebenso ist die Interaktion zwischen grösseren Flüssen und dem Grundwasser dargestellt (Infiltration, Vorflut).

Quellen sind, soweit bekannt und bedeutsam, in die Karte eingetragen worden. Hierzu gehören auch einige wenige Mineral- und Thermalquellen (Meltingen).

Zu den technischen Elementen, die für die Hydrogeologie von Bedeutung sind, zählen vor allem die Grundwasserpumpwerke, Stauwehre und Ent-

wässerungs- oder Drainagekanäle. Ebenso ist die Lage tieferer Bohrungen, die Einblicke in das hydrogeologische Regime erlauben, mit Angabe der Bohrtiefe eingetragen.

Von besonderer Bedeutung auf Blatt Biel mit seinem grossen Anteil am Juragebirge sind die Phänomene des Karstes. Es besteht eine Vielzahl von Markierversuchen, die auf die intensive Verkarstung dieses Gebietes hinweisen. Es ist offensichtlich, dass der Karst meist den geologischen Strukturelementen folgt, also in Richtung der Antiklinalen und Synklinalen liegt, dass er aber auch quer dazu anzutreffen ist. Dies deutet auf den Einfluss von Bruchstrukturen hin. Auffällig ist die Wirksamkeit tiefer Flusseinschnitte (Klusen) oder der Tunnelbauten für die Karstentwässerung; sie bilden regional bedeutsame Vorfluten (Doubs, Birs, Allaine, Grenchenbergtunnel). Die Verkarstung führt zu Gebieten ohne oberflächlichen Abfluss; hierzu gehören weite Bereiche der Freiberge, der Ajoie, aber auch des französischen Plateaujuras.

Der grösste Anteil von Blatt Biel ist dem Juragebirge zuzuzählen, wobei es sich zumeist um den Faltenjura handelt. Lediglich im Norden (Ajoie, Frankreich) reicht das Blatt Biel bis in den Tafeljura. Im Jura bilden Kalke über weite Strecken den Felsuntergrund, sodass nur ein wenig gegliedertes, weitmaschiges Netz von Oberflächengewässern vorhanden ist.

Der SE-Teil des Blattes Biel reicht in das schweizerische Mittelland hinein. Dieses ist entlang dem Jurafluss durch den Einfluss der jungen Eiszeiten geprägt, die weite Täler als Zungenbecken geschaffen haben, die heute durch Seeablagerungen (Tone, Silte, Torf) verfüllt sind. Grundwasserführende Schotter sind erst im Bereich der postglazialen Flusstäler anzutreffen, also in Oberflächennähe. Eine Ausnahme hierzu bildet das Tal der Emme, weil die Emme nicht in das alpine Gebiet hineinreicht und deshalb Schotter aus dem Napfgebiet verfrachtet hat, als am Jurafluss teilweise noch Zungenbecken der Gletscher zu verfüllen waren. Das Gebiet zwischen dem Bielersee und dem Schuttfächer des Nappes ist grösstenteils von schlecht durchlässigen Moränen bedeckt, soweit es sich nicht um Talfluren handelt. Es sind vor allem die Untere Süsswassermolasse und die Obere Meeresmolasse, welche den tieferen Untergrund bilden.

Östlich von Burgdorf schliesslich macht sich der Einfluss des Napf-Schuttfächers der Molasse bemerkbar. Dies äussert sich in kleinräumigen hydrogeologischen Einheiten mit weitgehend geringen Durchlässigkeiten des Untergrundes. Ein bedeutenderes Lockergesteinsgrundwasser ist lediglich entlang der Emme vorhanden.

RÉSUMÉ

Sur la carte hydrogéologique de la Suisse 1:100 000, feuille de Bienne, les terrains affleurant la surface sont en général représentés d'après leur perméabilité. Nous considérons donc les roches répondant à ce critère. La nature des roches a une influence prépondérante sur la perméabilité du terrain. La circulation de l'eau est essentiellement déterminée par les relations étroites entre configuration lithologique et perméabilité, ce qui apparaît clairement sur la carte.

La légende de la carte distingue entre terrains meubles et roches cohérentes en leur attribuant une perméabilité bonne, moyenne ou faible. Les terrains meubles (surtout les graviers répandus dans les fonds de vallées, les éboulis calcaires, les terrains glissés et tassés calcaires etc.) ont une perméabilité bonne à très bonne. Des alternances de graviers, argiles et tourbe ou de graviers fortement limoneux et de sables sont considérées comme moyennement à faiblement perméables. Ceci est aussi valable pour les moraines, qui peuvent avoir une composition très hétérogène. Les sables fins, silts et argiles ont une perméabilité faible et sont pour cela représentés comme aquicludes.

Les calcaires et dolomies du Jura appartiennent grâce à leurs fissures et plan de couches aux roches cohérentes à bonne perméabilité. Les alternances de marnes du Jura, de grès et de poudingues du Plateau sont considérées comme roches moyennement perméables. Des argiles et des marnes, parfois avec des gypses intercalés, forment les aquicludes des roches cohérentes.

Seuls les éléments tectoniques ayant une influence hydrogéologique ont été pris en considération et également représentés sur la carte, tels le pendage axial des anticlinaux et synclinaux, les failles et chevauchements etc. La ligne principale de partage des eaux entre la Méditerranée et la Mer du Nord, qui se répercute sur la feuille de Bienne (aire d'alimentation du Doubs et du Rhin), joue un rôle hydrologique important.

Dans les zones de graviers alluviaux plus considérables des isohypses de la surface de la nappe indiquent le sens de l'écoulement des eaux souterraines. De même l'interaction entre les fleuves plus importants et les eaux souterraines est représentée (cours d'eau drainant ou alimentant la nappe).

Les sources reconnues et plus importantes sont représentées sur la carte, entre autre un nombre restreint de sources d'eaux minérales et thermales (Meltingen).

Les captages d'eau souterraine, les barrages et les canaux de drainage représentent des ouvrages techniques ayant une influence sur la hydrogéologie. Les forages importants avec mention des profondeurs sont également

indiqués sur la carte et donnent une idée du régime hydrogéologique. Les phénomènes karstiques dus à la présence d'une grande partie de la chaîne du Jura ont une importance particulière sur la feuille de Bienne. Un grand nombre d'essais de tracés confirme la karstification intense de cette région. Naturellement la karstification suit pour la plupart les structures géologiques, comme la direction des anticlinales et synclinales, mais peut aussi être observée en travers de ceux-ci, montrant l'influence des failles. L'influence de coupures profondes (cluses) ou de tunnels sur le drainage karstique est frappante. Ceux-ci représentent un drainage régional important (Doubs, Birse, Allaine, tunnel du Grenchenberg). Les zones karstifiées manquent souvent d'eaux de surface. Une grande partie des Franches Montagnes, de l'Ajoie, mais aussi du Jura français (Franche-Comté) confirment ce phénomène.

La plus grande partie de la feuille Bienne appartient aux chaînes du Jura plissé, sauf le Nord de la feuille qui fait déjà partie du Jura tabulaire (Ajoie, France). Dans le Jura le sous-sol est pour la plupart calcaire, ce qui se manifeste par un vaste réseau, très peu structuré, d'eaux de surface. Le Sud-Est de la feuille Bienne s'étend jusqu'au Plateau suisse. Le long du pied du Jura le Plateau est influencé par les périodes glacières récentes. Celles-ci ont créé de vastes vallées barrées de dépôts fluvioglaciaires aujourd'hui comblées par d'anciens sédiments lacustres (argiles, silts, tourbe). Des graviers aquifères se trouvent seulement dans les vallées alluviales post-glaciales, c'est-à-dire près de la surface. La vallée de l'Emme représente cependant une exception. Cette vallée n'atteint pas la région alpine et transportait pour cela des graviers de la région du Napf, pendant qu'au pied du Jura les bassins barrés de dépôts fluvioglaciaires n'étaient pas encore comblés. La région entre le cône d'alluvions du Napf et le lac de Bienne est pour la plupart couverte de moraines à faible perméabilité, à l'exception des alluvions récents. Le sous-sol profond est en général formé de Molasse marine supérieure ou de Molasse d'eau douce inférieure.

Enfin à l'Est de Burgdorf l'influence du cône d'alluvions du Napf domine. Ceci se manifeste par des unités hydrogéologiques restreintes et souvent à faible perméabilité du sous-sol. Des aquifères de terrains meubles plus importants se trouvent seulement près de l'Emme.

Inhalt

1	METHODIK DER DARSTELLUNG	5
<i>1.1</i>	<i>Art der Wasserzirkulation</i>	<i>5</i>
1.1.1	Porenzirkulation	5
1.1.2	Kluftzirkulation	5
1.1.3	Karstzirkulation	5
<i>1.2</i>	<i>Durchlässigkeit</i>	<i>6</i>
1.2.1	Durchlässigkeit der Lockergesteine	6
1.2.1.1	Lockergesteine grosser Durchlässigkeit	6
1.2.1.2	Lockergesteine mittelgrosser Durchlässigkeit	6
1.2.1.3	Lockergesteine uneinheitlicher Durchlässigkeit	7
1.2.1.4	Lockergesteine mittelgrosser bis geringer Durchlässigkeit	7
1.2.1.5	Lockergesteine geringer bis sehr geringer Durchlässigkeit	7
1.2.2	Bedeckte Grundwasserleiter	8
1.2.3	Durchlässigkeit der Festgesteine	8
1.2.3.1	Sedimentgesteine grosser Durchlässigkeit	11
1.2.3.2	Gesteine uneinheitlicher Durchlässigkeit	11
1.2.3.3	Gesteine geringer bis sehr geringer Durchlässigkeit	11
<i>1.3</i>	<i>Grundwasserstockwerkbau</i>	<i>12</i>
<i>1.4</i>	<i>Hydrologisch wirksame Strukturen</i>	<i>12</i>
<i>1.5</i>	<i>Hydrologische Angaben</i>	<i>13</i>
1.5.1	Einzugsgebiet der Flüsse und Wasserscheiden	13
1.5.2	Grundwasseroberfläche	15
1.5.3	Gespanntes Grundwasser	15
1.5.4	Fliessrichtung des Grundwassers	16
1.5.6	Mineral- und Thermalquellen	16
1.5.7	Bach- und Flussversickerungen	17
1.5.8	Karsterscheinungen	17
<i>1.6</i>	<i>Beziehungen zu Oberflächengewässern</i>	<i>18</i>
<i>1.7</i>	<i>Technische Bauten</i>	<i>18</i>

2 KLIMATISCHE VERHÄLTNISSE	19
2.1 <i>Niederschläge</i>	19
2.1.1 Mittlere jährliche Niederschlagsmengen	19
2.1.2 Jahresgang der Niederschläge und Schneedecke	19
2.2 <i>Temperatur und Verdunstung</i>	21
2.2.1 Temperaturen	21
2.2.2 Verdunstung	21
3 GEOGRAPHISCH-GEOLOGISCHE GLIEDERUNG	22
3.1 <i>Rheingraben</i>	22
3.2 <i>Jura</i>	22
3.2.1 Tafeljura	24
3.2.2 Faltenjura	25
3.3 <i>Mittelländische Molasse</i>	25
4 CHEMISCHE VERHÄLTNISSE	27
4.1 <i>Dokumentation</i>	27
4.2 <i>Wasserprovinzen</i>	27
4.2.1 Gut durchlässige Lockergesteine	27
4.2.2 Lockergesteine mittelgrosser bis geringer Durchlässigkeit	29
4.2.3 Felsgrundwasser	29
4.2.3.1 Molasse	29
4.2.3.2 Malmkalke	30
4.2.3.3 Hauptrogenstein	30
4.2.3.4 Muschelkalk	30
5 DIE EINZELNEN FLUSSGEBIETE	33
5.1 <i>Einzugsgebiet der Aare</i>	33

5.1.1	Seeland	33
5.1.2	Emmental	36
5.1.3	Aaretal unterhalb des Nidau-Büren-Kanals	42
5.1.4	Val de Ruz	42
5.1.5	Vallon de St-Imier, Tal der Schüss	43
5.1.6	Dünnern	47
5.2	<i>Einzugsgebiet des Doubs</i>	48
5.2.1	Das Tal des Doubs	48
5.2.2	Freiberge (Franches-Montagnes)	49
5.2.3	Plateau von Maïche	49
5.2.4	Ajoie	50
5.3	<i>Einzugsgebiet der Birs</i>	53
5.3.1	Vallée de Tavannes	53
5.3.2	Abschnitt Court–Moutier–Choindez–Courrendlin	54
5.3.3	Becken von Delsberg	55
5.3.4	Tal der Scheulte	57
5.3.5	Tal der Sorne	58
5.3.6	Birstal Soyhières–Zwingen	58
5.3.7	Lützeltal	63
5.3.8	Lüsseltal und Laufenbecken	63
5.4	<i>Tal der Hinteren Frenke</i>	67

6 LITERATURVERZEICHNIS 68

Verzeichnis der Abbildungen

1. Einzugsgebiet der Flüsse auf Blatt Biel	14
2. Mittlere jährliche Niederschlagsmenge	20
3. Hydrologisches Profil durch das Aaretal im Bereich des Hagneck-Kanals bei Epsach–Walperswil–Bargen	80
4. Hydrogeologisches Querprofil durch das Aaretal bei Orpund–Schwader- nau–Büetigen	81
5. Hydrogeologisches Querprofil durch das mittlere Emmental zwischen Oberburg und Hasle	36
6. Hydrogeologisches Querprofil durch das untere Emmental bei Lyssach zwischen Kirchberg und Burgdorf	38
7. Hydrogeologisches Querprofil durch das untere Emmental bei Utzenstorf	82
8. Hydrogeologisches Querprofil durch das untere Emmental bei Gerlafingen	83
9. Grundwassergebiet unteres Emmental: Bilanzierungsergebnisse für den 6. August 1979	41
10. Hydrogeologisches Querprofil durch das Schüss-Tal bei La Heutte	44
11. Querprofil durch das Schüss-Tal in der Klus von Rondchâtel	45
12. Hydrogeologisches Querprofil durch das Schüss-Delta bei Bözingen	46
13. Einzugsgebiet der unterirdischen Ajoulote mit der Beuchire-Quelle in Porrentruy	51
14. Geologisches Profil durch das Becken von Delsberg mit den Felsgrundwasser-Bohrungen S2 und S3	56
15. Hydrogeologisches Querprofil durch das Birstal bei Liesberg	60
16. Hydrogeologisches Querprofil durch das Birstal oberhalb von Zwingen	61
17. Hydrogeologisches Querprofil durch das Birstal in den Widen unterhalb von Zwingen	62
18. Hydrogeologisches Längenprofil durch das Lüsseltal	66

Verzeichnis der Tabellen

1. Chemische Analysen von Lockergesteinsgrundwässern	28
2. Chemische Analysen von Felsgrundwässern	31

Verzeichnis der Tafeln

I. Schichtprofile westlich und östlich der Birs	9/10
---	------

1 METHODIK DER DARSTELLUNG

NACH H. JÄCKLI 1985

Auf der vorliegenden Karte werden als wichtigstes kartographisches Element die Flächenfarben für die Art der Grundwasserzirkulation und die Durchlässigkeit des oberflächennahen Untergrundes, unterteilt in Lockergesteine und Felsuntergrund, verwendet. Alle übrigen hydrogeologischen Elemente, wie etwa Wasserscheiden, Quellen, oder Isohypsen der Grundwasseroberfläche als natürliche Elemente werden mit blauen, Grundwasserfassungen und Stauwehre als künstliche Elemente mit roten Zeichen zur Darstellung gebracht.

1.1 Art der Wasserzirkulation

1.1.1 Porenzirkulation

Lockergesteine und damit Gebiete, in denen nur Porenzirkulation stattfindet, sind in blauen oder grünen Flächenfarben dargestellt. Zwar können untergeordnet diagenetisch nur wenig verfestigte Sandsteine oder Brekzien ebenfalls eine gewisse Porenzirkulation aufweisen, die aber in der Regel in ihrer Bedeutung gegenüber der Kluftzirkulation zurücktritt. Solche Gesteine sind in brauner Farbe dargestellt.

1.1.2 Kluftzirkulation

Eine Kluftzirkulation findet nur bei den Festgesteinen statt und fehlt bei den Lockergesteinen völlig. In den verkarstungsfähigen Gesteinen, die violett und lila dargestellt sind und bedingt in den Gesteinen, die im Gebiet des Juras braun dargestellt sind, findet neben und kombiniert mit Karstzirkulation stets auch eine Kluftzirkulation statt.

1.1.3 Karstzirkulation

Die Karstzirkulation beschränkt sich erfahrungsgemäss auf Karbonatgesteine, also Kalke und Dolomite, die in violetter Farbe dargestellt sind, und auf gipshaltige, mergelige Gesteine, die in violetter Farbe dargestellt sind. Kennzeichnend für Karstzirkulation in den Kalken des

Juras sind hohe Fliessgeschwindigkeiten von 10–500 m/h, hohe Ertragsquotienten $Q_{\max}/Q_{\min}$ von Faktor 40 und mehr und eine Ca-HCO₃-Mineralisation, im Oberen Muschelkalk auch mit Sulfat (SO₄⁻⁻) und Magnesium (Mg⁺⁺), und abhängig von der Verweildauer mit geringer bis hoher Gesamthärte. Üblicherweise erscheint die Karstzirkulation mit einer gewissen Kluftzirkulation kombiniert.

1.2 Durchlässigkeit

1.2.1 Durchlässigkeit der Lockergesteine

1.2.1.1 Lockergesteine grosser Durchlässigkeit (blau)

Die *kiesig-sandigen Schotter der Talsohlen* weisen in der Regel eine grosse Durchlässigkeit mit k-Werten von 1×10^{-3} m/s auf. Wo diese Schotter grundwasserführend sind, eignen sie sich dank ihrer Durchlässigkeit und ihrer vorzüglichen Filterwirkung für Grundwasserfassungen. Sie sind dunkelblau dargestellt. Dazu gehören die tiefsten Mittelland-Talböden: im Emmental, im Seeland, im Aaretal unterhalb Solothurn, im Önzal und im Bipperramt. Im Jura gehören dazu die Talfüllungen, die den Lauf des Doubs und der Birs und ihrer Seitenflüsse Sorne und Scheulte, im südlichen Jura der Schüss und der Dünnern säumen.

Lehmarme Schotter ausserhalb der Talsohlen (hellblau) können ebenfalls eine grosse Durchlässigkeit aufweisen, sind aber häufig weitgehend entwässert und darum trocken, so dass sie sich dann für Grundwasserfassungen kaum oder gar nicht eignen. Dazu sind die höhergelegenen Schotter im Seeland, um Solothurn und im untern Önzal-Aaretal und einige kleinere Vorkommen im Emmental zu zählen.

Schliesslich werden auch lehmarme, kiesreiche Schuttbildungen, wie *Bachschuttkegel*, *Gehängeschutt*, *Bergsturzsutt*, *Rutschungsschutt*, *Sackungsschutt* und *Lokalmoränen* in hellblauer Flächenfarbe dargestellt. Solche lehmarmen Schuttbildungen können ohne Oberflächenabfluss sein, d. h. alles Oberflächenwasser sickert vollständig ein und fliesst unterirdisch ab. Diese Bildungen sind insbesondere im Jura in Bereichen unter Kalksteilstufen, aber auch in Tälern und Runsen, die vorwiegend kalkige Einzugsgebiete entwässern, verbreitet.

1.2.1.2 Lockergesteine mittelgrosser Durchlässigkeit (grünblau)

In Tal- oder Hanggebieten mit verbreitet siltig-tonigem Ausgangsgestein sind lehmreiche Schotter entstanden. Diese zeigen nur eine bescheidene Durchlässigkeit in der Grössenordnung von $k = 1 \times 10^{-5}$ m/s. Obschon

in ihnen die Filterwirkung meistens gut bis vorzüglich ist, bleibt die Er-
giebigkeit von Grundwasserfassungen wegen der bescheidenen Durch-
lässigkeit und der Kolmatierung der Flussbetten durch Schlamm oft
eher gering. Beispiele sind die Schotter im Lüsseltal, Seebachtal, Tal der
Hinteren Frenke, die Vogesenschotter des Bois de Raube im Delsberger
Becken und verbreitet Schotterbildungen im Seeland.

1.2.1.3 Lockergesteine uneinheitlicher Durchlässigkeit (blaugrün)

In blaugrüner Farbe erscheinen die Lockergesteine, welche eine Wechsel-
lagerung aus Kiesen, Sanden, Tonen und Torf als uneinheitliche Füllung
einstiger Seebecken bilden. Sie sind nach ihrem Aufbau von uneinheit-
licher Durchlässigkeit. Infolge Einlagerungen von organischem Material
kommt es im Grundwasser dieser Bildungen zu einer Sauerstoffzeh-
rung, so dass oft sauerstoffarme Wässer vorliegen. Verbreitet sind diese
Bildungen im Bereich des sog. Solothurner Sees zwischen Lengnau und
Solothurn. Von ähnlicher Ausbildung, jedoch mit wenig Kiesanteil, sind
die Füllungen einstiger Weiher über undurchlässiger Felsunterlage im
Faltenjura.

In hellblaugrüner Farbe als Lockergesteine uneinheitlicher Durchläs-
sigkeit sind insbesondere die Moränen dargestellt. Sie sind als Tal- und
Grundmoränen lehmhaltig bis lehmreich und von bescheidener, un-
einheitlicher Durchlässigkeit, generell mit Beiwerten um $k = 1 \times 10^{-5}$ bis
 1×10^{-4} m/s.

Moränenbildungen bilden eine verbreitete Bedeckung über dem Felsun-
tergrund, aber auch über älteren Schottern des Mittellandes.

1.2.1.4 Lockergesteine mittelgrosser bis geringer Durchlässigkeit (gelbgrün)

Zu dieser Gruppe sind Schuttbildungen von heterogener Zusammen-
setzung zu zählen, so vor allem verlehmtter Kalkschutt an Talhängen,
lehmige Bachschuttkegel und stark verlehnte Schotter der Talränder.
Lokal kann sich darin Wasser sammeln, doch ist infolge der beschränkten
Durchlässigkeit kein grösserer Durchfluss vorhanden, so dass meist nur
oberflächliche Quellen austreten.

1.2.1.5 Lockergesteine geringer bis sehr geringer Durchlässigkeit (grünlichgelb)

Feinsande, Silte, Tone und Lehme gehören zu dieser Gruppe, die durch-
wegs geringe Durchlässigkeiten aufweist und deshalb oberflächlich zur
Durchnässung neigt. Grundmoränen, Seeablagerungen Schwemmlerhne

und Verwitterungsrelikte werden aus derartigen Bildungen aufgebaut. In Anschnitten und Hanglagen neigen sie bei Durchnässung zu Rutschungen.

1.2.2 Bedeckte Grundwasserleiter

Nicht nur in Felsgesteinen, auch in Lockergesteinen ist ein stockwerkartiger Aufbau möglich, indem gut wasserdurchlässige Ablagerungen mit solchen schlechter oder geringer Durchlässigkeit wechsellagern. Bekannte Beispiele hierfür sind Seeablagerungen oder Moränen über älteren fluviatilen Schottern, oder aber Talschotter mit einer Überdeckung von Schwemmlehen. Sofern solche überdeckte Grundwasserleiter unter dem allgemeinen piezometrischen Niveau liegen, können gespannte Grundwässer auftreten. In zahlreichen Fällen sind solche tiefer liegenden Wasservorkommen nicht mehr in die rezente Wasserzirkulation einbezogen und sind deshalb oft arm oder frei von Sauerstoff.

1.2.3 Durchlässigkeit der Festgesteine

Bei den auf Kartenblatt Biel vorkommenden Festgesteinen wird die Durchlässigkeit nicht vom Porenraum und den Verbindungen der Poren bestimmt, sondern durch Schichtfugen und Klüftung als Pfade der Wasserwegsamkeit. Lediglich im Molassegebiet sind poröse Sande und Sandsteine anzutreffen, so auch in den von Tertiär angefüllten Synklinalen und Becken des Faltenjuras; die mesozoische Unterlage der Molasse, das Gebiet des Tafel- und des Faltenjuras wird aber von der Wechsellagerung karbonatischer Ablagerungen mit tonigen und mergeligen Gesteinen beherrscht. Entsprechend ist auch das Regime der Entwässerung und das System der unterirdischen Fliesswege verschieden.

Tafel I gibt eine Übersicht über die tertiären und mesozoischen Schichtreihen auf Blatt Biel. Während die Molasse eine Entwässerung mit dichtem Flussnetz aufweist, sind im Juragebirge relativ wenige, nur weitmaschig angelegte Flusssysteme vorhanden, in die zahlreiche Gebiete lediglich eine unterirdische Entwässerung besitzen. Solche Zusammenhänge lassen sich lediglich durch Färbversuche nachweisen. Das Juragebirge ist deshalb ein klassisches Anwendungsgebiet für Tracer-Methoden (siehe Literaturverzeichnis).

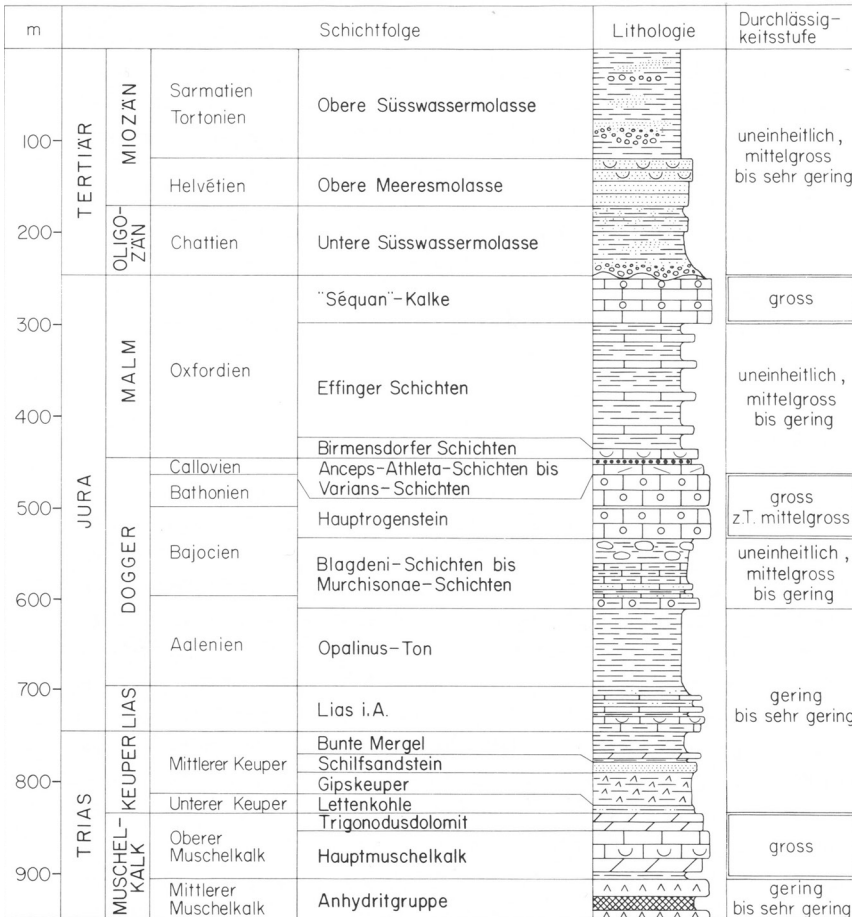
Als Zirkulationswege dienen Klüfte und Bankfugen. Kluftzonen treten in Gebieten starker tektonischer Beanspruchung besonders häufig auf. Die lokalen tektonischen Gegebenheiten sind deshalb von direktem Einfluss auf die unterirdische Entwässerung. Im weiteren folgt die Entstehung des Karstes häufig tektonischen Linien oder Zonen, indem Klüfte durch die Wasserzirkulation durch die Herauslösung des Karbonates ausgeweitet

Schichtprofil zwischen Doubs und Birs

m	Schichtfolge			Lithologie	Durchlässigkeitsstufe
100	TERTIÄR	MIOZÄN	Sarmatien Tortonien	Obere Süsswassermolasse	uneinheitlich, mittelgross bis sehr gering
			Helvétien	Obere Meeresmolasse	
		OLIGOZÄN	Chattien	Untere Süsswassermolasse	
			Rupélien	Untere Meeresmolasse	
200		EOZÄN		Siderolithikum	
300	JURA	MALM	Portlandien	Twannbach-Formation	gross z.T. mittelgross
400			Kimmeridgien	Reuchenette-Formation	
500				"Séquan"-Kalke	
600			Oxfordien	"Rauracien"-Korallenkalke	
700				Liesberg-Schichten Terrain à chailles Renggeri-Ton	
800		DOGGER	Callovien	Anceps-Athleta-Schichten bis Varians-Schichten	uneinheitlich
900			Bathonien	Hauptrogenstein	gross bis mittelgross
1000			Bajocien	Blagdeni-Schichten bis Sowerbyi-Schichten	uneinheitlich, mittelgross bis gering
1100			Aalénien	Murchisonae-Schichten Opalinus-Ton	gering bis sehr gering
		LIAS		Lias i.A.	

Tafel I

Schichtprofil zwischen Birs und Aare



Schichtprofile im nordwestschweizerischen Jura

werden, bis grosse, oft über weite Gebiete zusammenhängende Karstsysteme entstanden sind. Die bevorzugte Entwässerung folgt den Antiklinalachsen, doch sind durchaus auch Beispiele von Verbindungen quer zu den geologischen Strukturen bekannt geworden. Hin und wieder ist eine Verbindung mehrerer hydrogeologischer Stockwerke nachweisbar.

1.2.3.1 Sedimentgesteine grosser Durchlässigkeit (violett)

Zu den Festgesteinen mit relativ grosser Durchlässigkeit, d. h. guter Wasserwegsamkeit, werden die Karbonate (Kalk, Dolomit) von grösster Mächtigkeit gezählt, in welchen eine Zirkulation auf Schichtfugen und Klüften möglich ist und die zur Verkarstung neigen. Es sind dies oft Gebiete ohne oberirdische Entwässerung. Ein Blick auf die Karte zeigt, dass dieser Untergrund im Jura gebirge charakteristisch ist und in diesem Gebiet dominiert. Die dort austretenden Quellen sind durch eine meist grosse Härte charakterisiert.

1.2.3.2 Gesteine uneinheitlicher Durchlässigkeit (grau, hellbraun, lila)

In diese Gruppe gehören unterschiedliche Gesteine, wie Wechsellagerungen von Kalk mit Mergel wie z. B. im Unteren Dogger oder in den Effinger Schichten oder im Tertiär (grau), feinkörnige, siltige Sandsteine der Molasse, oft wechsellagernd mit Mergeln sowie Sandsteine mit kompakten Nagelfluh-Zwischenlagen (hellbraun), ferner sulfathaltige Mergel oder Tone (lila), aus welchen Gips oder Anhydrit herausgelöst worden sind (= Gipskarst). Hierzu gehören Mittlerer Muschelkalk und Keuper.

1.2.3.3 Gesteine geringer bis sehr geringer Durchlässigkeit (gelb)

Zu den Bildungen geringer bis sehr geringer Durchlässigkeit sind Mergel, Tone und Tonsteine zu zählen. Sie treten in der Molasse oft als Zwischenlagen zu Sandsteinen und Nagelfluhbildungen auf. Im Jura handelt es sich um die Keupermergel, Opalinustone, Oxfordtone, Effinger Schichten und Goldbergformation. Aus dem Verlauf dieser Vorkommen auf dem Kartenblatt lässt sich der Faltenbau des Jura gebirges klar erkennen. Solche schlecht durchlässigen Gesteine neigen zu Rutschungen und zur raschen Verwitterung.

1.3 Grundwasserstockwerkbau

Die Wechsellagerung von durchlässigen mit schlecht oder nicht durchlässigen Gesteinen ist für das Juragebirge kennzeichnend (siehe auch Tafel I). Die Situation, dass mehrere durchlässige Formationen – getrennt durch undurchlässige Schichten – übereinanderliegen, ist im Jura also weit verbreitet. Ähnliches gilt natürlich auch für die Molassegesteine, soweit poröse Sande oder Sandsteine mit Nagelfluhbildungen oder Mergel und Ton wechsellagern. Da auf der Karte die oberflächennahen Bildungen dargestellt werden, sind solche Situationen nicht besonders hervorgehoben, da dies ein Abgehen vom Grundkonzept der Hydrogeologischen Karte der Schweiz 1:100 000 dargestellt hätte. Hingegen lässt das Vorhandensein verkarsteter Formationen im Untergrund sehr oft die Existenz von Grundwasser in tieferen Stockwerken vermuten.

1.4 Hydrologisch wirksame Strukturen

Neben der gesteinspezifischen Permeabilität bildet der Gebirgsbau eine massgebende Komponente für das Grundwasserregime in Festgesteinen. Dies gilt natürlich in erster Linie für das Juragebirge, das durch seine Falten-, Überschiebungs- und Bruchtektonik über zahlreiche tektonisch entstandene Strukturen verfügt, die zur Wasserwegsamkeit beitragen oder diese beeinflussen. Das Verhältnis dieser Strukturen zur Lage der Vorfluter des Grundwassers ist oft die für die Fliessrichtung bestimmende Komponente. Es gilt aber zu beachten, dass Brüche und Überschiebungen sowohl zur verbesserten Wasserwegsamkeit beitragen als auch eine abdichtende Funktion aufweisen können. Es ist im Einzelfall zu untersuchen, wie das Wasserregime entlang von tektonischen Störungszonen entwickelt ist.

Im weiteren ist darauf hinzuweisen, dass die tektonische Situation oft wesentlich zur Entwicklung der Verkarstung beiträgt. Entlang solcher Bruch- und Überschiebungszonen sind Verbindungen zwischen verschiedenen Grundwasserstockwerken möglich. Dass dies so ist, zeigen zahlreiche Markierungsversuche im Juragebirge, bei welchen Eingabe- und Austrittsstelle unterschiedlichen Grundwasserleitern angehören, und die teilweise auch geologische Strukturen, wie z.B. Falten, queren. Als Beispiel hierfür sei die unterirdische Entwässerung des Gebietes von Les Breuleux zum Doubs hin angeführt.

Im Mittelland, dem Verbreitungsgebiet der Molasse, sind tektonische Strukturen weit weniger ausgeprägt. Wohl bestehen einige sanfte Falten – die Achsen der Antiklinalen und Synklinalen sind dargestellt –, grös-

sere und hydrologisch bedeutsame Bruchzonen des Felsuntergrundes gelangten jedoch nicht zur Darstellung. Die verbreitete Überdeckung durch Moränenablagerungen und Decklehme behindert ein grossräumiges, zusammenhängendes Entwässerungssystem. Die Ausbildung von Grundwasserstockwerken ist im Molassegebiet wenig entwickelt. Erst in der mesozoischen Unterlage der Molasse können solche erwartet werden. Verschiedene Tiefbohrungen (Tschugg, Ruppoldsried und Hermrigen) haben Hinweise auf solche tiefen Wasservorkommen gegeben. Hydrologisch wirksame Strukturen wie Antiklinalen, Synklinalen, Aufschiebungen und Verwerfungen sind auf der Karte durch entsprechende Signaturen eingetragen.

1.5 Hydrologische Angaben

1.5.1 Einzugsgebiet der Flüsse und Wasserscheiden (dunkelblau)

Dunkelblaue Linien umgrenzen die Einzugsgebiete der wichtigsten Flusssysteme. Sie sind auf Abb. 1 dargestellt. Durch das Gebiet von Blatt Biel führt die mitteleuropäische Hauptwasserscheide zwischen dem Rhein (hier durch die Zuflüsse Aare und Birs vertreten), der zur Nordsee entwässert, und der Rhône (hier durch den Doubs gespeist), die dem Mittelmeer zufließt.

Der ganze nordwestliche Teil von Blatt Biel gehört dem Flusssystem des Doubs an. Er entwässert ausschliesslich im Juragebirge gelegene Einzugsgebiete. Er erhält über die Allaine Zuflüsse aus der Ajoie im westlichen Teil des nördlichen Blattrandes. Die Allaine mündet bereits ausserhalb des Kartenblattes in den Doubs.

Die Aare ist der dominierende Fluss des schweizerischen Mittellandes. Sie beherrscht zusammen mit der Emme, die bei Luterbach in die Aare mündet, den südöstlichen Teil von Blatt Biel. Das Quellgebiet dieser Flüsse liegt ausserhalb des Kartenausschnittes. Aus dem Juragebirge fliessen der Aare nur kleinere Flüsse zu. Auf Blatt Biel sind es der Seyon ganz in der SW-Ecke, der ausserhalb des Blattes in den Neuenburgersee mündet, die Schüss (la Suze), die das Vallon de St-Imier entwässert und bei Biel in den Bielersee mündet, und schliesslich die Dünnern, die ausserhalb des östlichen Blattrandes SE von Balsthal der Aare zufließt.

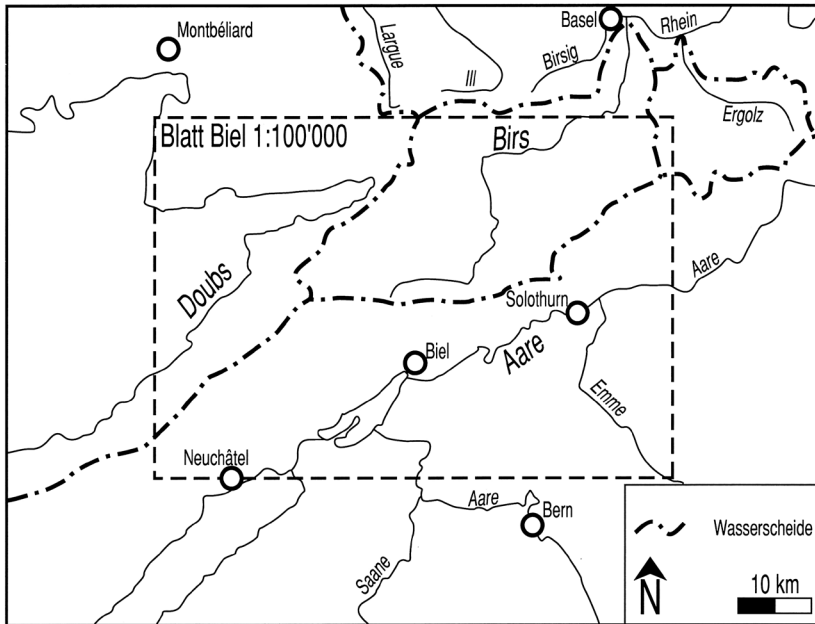


Abb. 1: Einzugsgebiet der Flüsse auf Blatt Biel

Im nördlichen Teil von Blatt Biel finden sich Flüsse, die direkt nordwärts in Richtung Rhein entwässern. Darunter befindet sich vor allem die Birs, die im Zentrum des Kartenblattes in der Pierre Pertuis bei Tavannes als Karstquelle entspringt. Die Birs entwässert ausschliesslich Anteile des Jura-gebirges und erreicht erst kurz vor Basel die Oberrheinische Tiefebene. Sie ist somit der einzige Fluss der Schweiz, der neben dem Rhein noch ein Einzugsgebiet im Rheingraben aufweist. Die wichtigsten Nebenflüsse der Birs sind von W her die Sorne und die Lützel, von E her die Raus, Scheulte und die Lüssel. Die NE-Ecke von Blatt Biel bei Reigoldswil gehört schliesslich zum Einzugsgebiet der Hinteren Frenke, die nach ihrem Zusammenfluss mit der Vorderen Frenke über die Ergolz dem Rhein bei Augst tributär ist.

Ein besonderer Hinweis auf die abflusslosen Gebiete in den Freibergen ist an dieser Stelle angebracht. Nur durch Markierungsversuche können einzelne Gebiete einem Flusssystem zugeordnet werden, die ansonsten topographisch in eine andere Richtung entwässern würden: So fliesen die unterirdischen Abflüsse aus dem Raum Les Breuleux und von Montfaucon dem Doubs und nicht der Birs zu.

1.5.2 Grundwasseroberfläche (dunkelblau und violett)

Mit dunkelblauen Isohypsen sind die Grundwasseroberflächen dargestellt, soweit diese für die Bearbeitung greifbar waren. Dies trifft auf Blatt Biel z.B. für das untere Emmental und für das Berner Seeland zu, da für diese Gebiete gute zusammenfassende Untersuchungen vorliegen, weil sie über grosse Grundwasservorkommen verfügen. Der dargestellte Grundwasserspiegel ist den Grundlagen für die siedlungswirtschaftliche Planung des Kantons Bern entnommen worden und zwar aus Hydrogeologie Emmental (Teil III, Unteres Emmental; Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern, 1981) und aus Hydrogeologie Seeland (Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern, 1976). Er stellt im Emmental den Stand des 3. 10. 1978 dar, der «ungefähr einem mittleren Grundwasserstand der Beobachtungsperiode Sept. 1968 bis Dez. 1978 entspricht». Die Daten für das Berner Seeland betreffen den Grundwasserspiegel von Mitte Oktober 1972 als «gemessener Tiefstand der Beobachtungsperiode Jan. 1970 bis Okt. 1975».

1.5.3 Gespanntes Grundwasser (dunkelblau und violett)

Bei Stockwerkbau mit Wechsellagerung von durchlässigen und undurchlässigen Schichten kommt es zu gespannten Grundwässern, deren hydraulische Druckhöhe mit dem tiefsten Punkt des Überflusses des Wassers in ein anderes Grundwasserstockwerk oder in ein Oberflächen-gewässer übereinstimmt. Diese Situation tritt in den Lockergesteinen vor allem bei Einlagerungen von schlecht durchlässigen Seetonen oder Silten im Gebiet des Berner Seelandes und im Aaretal unterhalb des Bielersees auf. Als Beispiel wurden die Verhältnisse im Stadtgebiet von Burgdorf dargestellt.

Im Juragebirge ist es der Gebirgsbau und die Intersektion mit dem Gelände, die über den Verlauf der wasserführenden Karbonate bestimmen und damit auch für die Druckhöhen massgebend sind. In bestimmten Fällen können Karbonate unter den Lockergesteinen den Abfluss übernehmen, wo eigentliche unterirdische Bachläufe im Karst vorhanden sind (z.B. Ajoulote zwischen Chevenez und Porrentruy).

Auf die Darstellung dieser Verhältnisse ist weitgehend verzichtet worden, einerseits weil sie die Karte zu sehr belastet hätten, andererseits aber auch, weil insbesondere im Jura kein genügend dichtes Netz von Messpunkten zur Verfügung steht.

1.5.4 Fliessrichtung des Grundwassers (dunkelblau und violett)

Die Fliessrichtung des Grundwassers ist mittels Pfeilen dargestellt. Sie entspricht dem Gefälle des Grundwasserspiegels in Lockergesteinen mit freiem Wasserspiegel. In Festgesteinen entspricht sie den Ergebnissen von Markierungsversuchen von Versickerungsstelle zur Wiederaustrittsstelle, wobei aber in diesen Fällen keine Aussage über den Fliessweg zwischen diesen beiden Punkten gemacht werden kann.

1.5.5 Wichtige Quellen (dunkelblau)

Auf einer Karte dieses Massstabes lässt sich nur eine Auswahl von Quellen darstellen, wobei die wichtigen Quellen bevorzugt behandelt wurden. Zwischen gefassten und ungefassten Quellen ist kein Unterschied gemacht worden, hingegen sind sie nach ihrer Schüttung gegliedert worden (<60 l/min, 60–600 l/min und >600 l/min).

Durch eine besondere Kennzeichnung sind Karstquellen und Grundwasseraufstösse gekennzeichnet worden. Im weiteren sind Quellhorizonte an der Basis von Schotteranschnitten eingetragen worden (z. B. N Koppigen im Tal der Emme).

Die Verteilung der Quellen auf dem Kartenblatt lässt die unterschiedliche Geologie von Mittelland und Jura deutlich werden: Karstquellen im Jura als Überlauf von teilweise grösseren unterirdisch entwässerten Gebieten, vor allem entlang der Täler und in Klusen, aber auch in tief liegenden Bahntunnels (Grenchenberg und Weissenstein), die ebenfalls der Karstentwässerung entstammen. Unregelmässige Verteilung eher kleinerer Quellen im Mittelland (Molasse und Moränenbildungen) sowie grosse Grundwasseraufstösse im Tal der Emme und der Önz.

1.5.6 Mineral- und Thermalquellen (dunkelblau und rot)

Mineral- und Thermalquellen gibt es auf Blatt Biel lediglich in Meltingen und in Cornol. Jene von Meltingen entspringt nahe dem Meltingerbach am Südrand des Dorfes aus dem Gipskeuper (Nr. 2) und ist später auch im Neubau der Mineralquelle erschlossen worden (Nr. 3). Sie wurde während längerer Zeit als Mineralwasser genutzt. Die Mineralisation weist deutliche Anklänge an die Sulfatwässer aus der Keuperzone des Jura gebirges auf. Es handelt sich um Quellen, die in der Umgebung des westlichsten Anschnittes der Muschelkalk-Aufschiebungszone austreten. Dem Wasser fehlt jedoch die in den Quellen von Baden, Schinznach und

Lostorf vorhandene thermische Komponente (Analyse siehe Tabelle 2). Zur Sulfatquelle von Cornol (La Gipsière, Koord. 580.270/249.280) ist zu sagen, dass sie nicht gefasst worden ist und dass keine neueren Analysendaten vorliegen. Sie entspringt dem Gipskeuper der Kernzone der Mont Terri-Antiklinale südlich des Dorfes und weist eine Schüttung von ca. 15 l/min auf und besitzt 2.2 g/l gelöste feste Bestandteile. (Freundliche Mitteilung von Dr. H. Schmassmann)

Gipshaltige Wässer sind praktisch überall im Bereich des Ausstreichens des Gipskeupers zu erwarten. Dies ist in den Triaszonen der Mont Terri-Antiklinale, der Raimeux, der Vorbourg-Antiklinale und der Weissenstein-Antiklinale der Fall. Ausserdem können in Gebieten mit sulfatführender Unterer Süsswassermolasse (MARTIN, 1907) Wässer mit erhöhtem Sulfatgehalt auftreten, wie z. B. in der Elsässer Molasse E von Moutier. Quellen mit einer Temperatur bis 21°C wurden beim Bau des Grenchenberg-Tunnels im Kern der Grenchenberg-Antiklinale (Gipskeuper) erschlossen. Im Verhältnis zur Überlagerung ergibt dies einen geringen geothermischen Gradienten. Der Grund liegt in der tiefreichenden Zirkulation von Wasser, das im Bereich der Antiklinalschenkel einsickert. Im Nordschenkelbereich lagen überdies sowohl im Weissenstein- wie im Grenchenberg-Tunnel die Temperaturen tiefer als im Südschenkelbereich.

Erhöhte Temperaturen weisen auch die Bohrungen in die Malmkalke des Delsberger Beckens auf (FLURY, ALLEMAN & LACHAT, 1991).

1.5.7 Bach- und Flussversickerungen (blau und violett)

Auf der Karte sind sowohl Bach- und Flussversickerungen durch entsprechende Zeichen dargestellt als auch markante Infiltrationsstrecken von Flüssen und Bächen mit zeitweilig trockenem Flussbett. Solche Situationen gibt es im Karstgebiet des Jura gebirges als auch in gut durchlässigen Schottern der grösseren Täler, wie z.B. der Emme, der Alten Aare oberhalb Lyss und dem Hagneckkanal.

1.5.8 Karsterscheinungen (dunkelblau und violett)

Auf die Bedeutung der Karstphänomene im Jura gebirgs-Anteil von Blatt Biel ist schon wiederholt aufmerksam gemacht worden. Mit besonderen Zeichen sind versehen worden: Einzelne wichtige Dolinen (dunkelblau), Eingabestellen von Markierungsstoffen mit Wiederaustrittsstellen im

Karst mit den entsprechenden unterirdischen Verbindungen sowie oberirdisch abflusslose Gebiete (violett). Hierzu müssen aber auch die unter den Quellen erwähnten und speziell gekennzeichneten Austrittstellen von Karstwässern gezählt werden.

1.6 Beziehungen zu Oberflächengewässern

Die Beziehung der Oberflächengewässer zum Grundwasser ist mittels Pfeilen angegeben: der Fluss kann als Vorfluter, also als Entwässerungsrinne für das Grundwasser wirken (blaue Pfeile auf den Fluss zu), oder aber der Fluss gibt Wasser in den Untergrund, d. h. ins Grundwasser ab (sog. Infiltration; blaue Pfeile vom Fluss weg). Durch den Aufstau der Flüsse für Kraftwerke kann diese Situation noch verstärkt werden (rote Pfeile vom Fluss weg), z. B. Kraftwerk Flumental unterhalb von Solothurn.

1.7 Technische Bauten (rot)

Es sind nur jene technischen Anlagen dargestellt, die von direktem Einfluss auf das Grundwasser sind. Hierher gehören in erster Linie die Grundwasserfassungen, die nach ihrer Fördermenge dargestellt sind. Sie liegen alle in den Schottern der grossen Flusstäler. Die ergiebigsten Fassungen befinden sich im Berner Seeland zwischen Aarberg und Biel sowie im Tal der Emme. Die Schottervorkommen der Flüsse im Jura-gebirge sind weniger bedeutsam, so dass dort nur kleinere Fassungen anzutreffen sind.

Im Jura-gebirge sind dafür eine grössere Zahl von tieferen Bohrungen vorhanden, die zur Erschliessung von Felsgrundwasser für Wasserversorgungen abgeteuft worden sind. Etliche davon werden heute auch genutzt.

Im Zusammenhang mit dem Bau von Flusskraftwerken sind an einigen Stellen auch Massnahmen getroffen worden, die das Grundwasserregime betreffen. Hierher gehören Abdichtungen gegen Infiltrationen oder auch Entwässerungskanäle. Solche sind aber auch im Zusammenhang mit Gewässerkorrekturen erstellt worden und im Berner Seeland verbreitet.

2 KLIMATISCHE VERHÄLTNISSE

2.1 Niederschläge

2.1.1 Mittlere jährliche Niederschlagsmengen

Die mittleren jährlichen Niederschlagsmengen (Abb. 2) liegen im Perimeter des Kartenblattes zwischen 1000 und 1500 mm, wobei sich Jura und Mittelland deutlich unterscheiden:

- Im Jura fallen 1000–1500 mm Niederschläge jährlich, wobei eine direkte Abhängigkeit von der Höhenlage besteht. Dies bedeutet, dass die Niederschlagsmengen von Westen nach Osten und von Süden nach Norden allmählich abnehmen.
- Mittelland: Hier finden sich Niederschlagsmengen zwischen 800–1300 mm. Die tiefen Werte kennzeichnen den Jura-Südfuss, nach SE nehmen sie allmählich etwas zu, mit dem Einsetzen des Molasse-Hügellandes bei Burgdorf steigen sie deutlich an, wobei aber hohe Werte erst ausserhalb des Kartenblattes erreicht werden (Napf = 1800 mm). Im Kartengebiet fallen im Mittel an 125 (Neuenburgersee) bis 150 Tagen (Freiberge) Niederschläge.

2.1.2 Jahresgang der Niederschläge und Schneedecke

Im allgemeinen liegen die Niederschlagsmengen im Sommer-Halbjahr über jenen des Winter-Halbjahres, doch nicht derart ausgeprägt, wie es für die Alpen charakteristisch ist. Der Jahresgang der Niederschläge prägt das Abflussregime der Flüsse, wobei die Seen im Einzugsgebiet eine ausgleichende Wirkung auf das Abflussregime haben.

Die Schneedecke hängt direkt vom jährlichen Temperaturgang und damit von der topographischen Höhenlage ab. Dies bedeutet, dass im westlichen Teil des Juras (Chasseral–Freiberge) die höchsten Schneemengen und auch die längste Dauer der Schneebedeckung während der Wintermonate anzutreffen ist. In La Chaux-de-Fonds war in den Monaten Januar–März der Jahre 1953–1961 an rund Dreiviertel der Tage eine Schneedecke vorhanden, in Solothurn war es ein Drittel und im Birstal südlich von Basel nur ein Viertel. In jüngster Zeit lässt sich ein Trend zur Erwärmung ausmachen, der auch zur Abnahme der Tage mit Schneebedeckung führt. Dies hat vor allem für den Jura Konsequenzen, da dort die Perioden mit Schneeschmelze kleiner werden. Dies hat zur

Folge, dass die für den Jura typischen Hochwasserspitzen im Gefolge der Schneeschmelze kleiner und weniger häufig werden. Dies wiederum ist von direktem Einfluss auf das Karstregime.

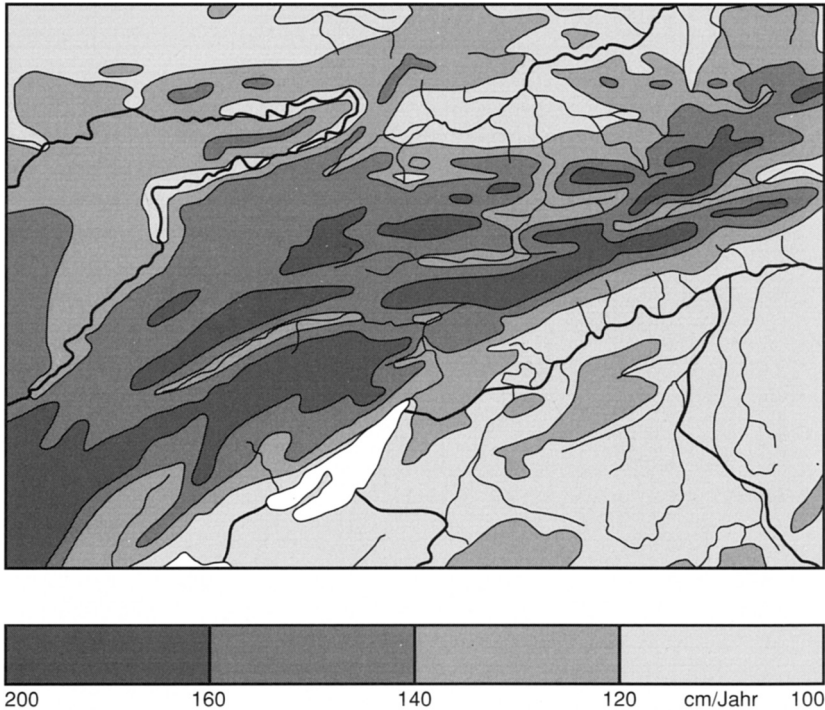


Abb. 2: Mittlere jährliche korrigierte Niederschlagshöhen 1951-1980, nach Kirchhofer, W. & Sevruck, B. (1991); Hydrologischer Atlas der Schweiz, 1:500'000, Tafel 2.2. (französischer Teil: Mittlere jährliche Niederschlagsmengen, unkorrigiert, nach H. Uttinger, Atlas der Schweiz)

2.2 Temperatur und Verdunstung

2.2.1 Temperaturen (nach «Atlas der Schweiz»)

Die *mittleren Jahres-Temperaturen* liegen im Kartengebiet zwischen rund 5 °C auf dem Weissenstein und 10 °C im Birstal unterhalb Delémont. Für den Mittelland-Bereich können 8–9 °C angenommen werden.

Die *mittleren Januar-Temperaturen* bewegen sich zwischen 0 °C im unteren Birstal bis –3.1 °C auf dem Weissenstein; La Chaux-de-Fonds weist eine solche von –1.8 °C auf. Im Mittelland liegt sie allgemein zwischen –1.0 °C und –1.5 °C, wobei sich hier die häufigen Nebelbildungen im Winterhalbjahr ausgleichend und dämpfend bemerkbar machen. In der nächsten Umgebung von Neuenburger- und Bielersee wirkt sich das Wasser als Temperaturspeicher aus: In Neuenburg und Biel liegt die *mittlere Januar-Temperatur* bei nur –0.2 °C.

Die *mittleren Juli-Temperaturen* reichen von 13.4 °C (Weissenstein) bis 18 °C im Birstal unterhalb von Delémont. Damit ist der Unterschied zwischen Minimum und Maximum im Sommer deutlich höher als im Winter. Für den Mittelland-Anteil kann von einer mittleren Juli-Temperatur zwischen 17–19 °C ausgegangen werden.

2.2.2 Verdunstung (nach «Hydrologischem Atlas der Schweiz»)

Der Mittelwert der Gebietsverdunstung in der Schweiz beträgt 513 mm/Jahr. Mit 101 % des Mittelwertes entspricht der Mittelland-Anteil des Kartenblattes nahezu dem schweizerischen Durchschnitt. Der Jura erreicht hingegen 125 % dieses Durchschnittes. Für einzelne Gebiete im Jura fehlen allerdings genaue Angaben (Ajoie, Doubs-Einzugsgebiet).

3 GEOGRAPHISCH-GEOLOGISCHE GLIEDERUNG

3.1 Rheingraben

Der Rheingraben selbst reicht südwärts nicht mehr bis auf das Blatt Biel. Dennoch ist der Einfluss dieser grossen Grabenstruktur auch auf diesem Blatt deutlich zu erkennen:

Die beiden Tertiärbecken von Delémont und Laufen weisen eine oligozäne Füllung auf, welche jener des Rheingrabens entspricht, allerdings in geringerer Mächtigkeit. Charakteristisch hierfür ist vor allem das Vorhandensein eines marinen Rupéliens (= Meletta-Schichten), das den südlichen Synklinalen des Faltenjuras fehlt.

Die den Graben begleitenden, rheinisch (NNE–SSW) ausgerichteten Bruchstörungen lassen sich bis in das Blatt Biel hinein verfolgen und bilden einen auch hydrogeologisch bedeutsamen Faktor. Sie sind vor allem auf der Ostseite des Laufen-Beckens (Passwang- und Schelten-Gebiet) sowie im Raume St-Ursanne–Ajoie–Doubs anzutreffen. Entlang solcher Störungen ist eine hydraulische Verbindung verschiedener Felsgrundwasser-Stockwerke möglich und an verschiedenen Stellen auch schon nachgewiesen worden.

3.2 Jura

Das Juragebirge füllt die westlichen und nordwestlichen Teile der Schweiz aus. Es nimmt auch auf Blatt Biel einen breiten Raum ein (ca. $\frac{2}{3}$ des Kartenblattes). Es wird allgemein zwischen dem Tafeljura und dem Faltenjura unterschieden.

Der *Tafeljura* entspricht der ungefalteten mesozoischen Sedimenthülle des herzynischen Grundgebirges, die aber von zahlreichen, meist N–S bis NNE–SSW ausgerichteten Verwerfungen durchzogen ist. Sie sind mit der Entstehung des Rheingrabens und des Bressegrabens in Verbindung zu bringen und weisen somit oligozänes Alter auf.

Der *Faltenjura* umfasst dieselbe Gesteinsfolge wie der Tafeljura, hier z. T. bis in die Untere Kreide. Er ist hingegen im jüngeren Tertiär (Ober-Miozän–Pliozän) gefaltet und gegen N auf den Tafeljura aufgeschoben worden. Dabei sind auch die grossen Aufschiebungen von Antiklinalen auf molassegefüllte Synklinale (z. B. Chasseral-Aufschiebung Sonceboz–Renan oder die Montoz-Aufschiebung auf das Becken von Tramelan) entstanden. Für die Entstehung des Faltenjuras wird heute allgemein die

von BUXTORF (1916) aufgestellte und von LAUBSCHER (1961) weiter entwickelte Fernschubhypothese akzeptiert. Der Faltenjura muss demnach dem alpinen Orogen zugehörig betrachtet werden.

Eine Besonderheit des Juras bildet seine weit verbreitete Verkarstung. Es sind hier in erster Linie die auch auf Blatt Biel ausgedehnt vorkommenden Karbonatgesteine, deren chemische Lösung längs Klüften und Schichtflächen die Bildung von Hohlräumen erlaubt. Bei starkem Relief und tief liegenden Entwässerungssystemen erhält die Karstentwässerung ein starkes Gewicht. Es kommt zur Ausbildung zusammenhängender unterirdischer Höhlensysteme, die die Funktion eines lokalen bis regionalen Entwässerungssystems übernehmen können. Besonders charakteristisch hierfür ist die Ajoulote in der Ajoie (siehe Abschnitt 5.2.4). Es ist den Speläologen zu verdanken, dass wir heute über viele Höhlensysteme gute Angaben besitzen. Zahlreiche Markierversuche (Tracerversuche) geben Auskunft über das Einzugsgebiet solcher Karstsysteme. Hierfür weist das Blatt Biel zahlreiche Beispiele auf.

Die Verkarstung äussert sich oberflächlich durch folgende Besonderheiten:

Abflusslose Gebiete: Das Gewässernetz dünnt im Jura aus. Es kommt zu zeitweilig austrocknenden Flussabschnitten oder gar zu abflusslosen Senken und Gebieten. Sie sind besonders verbreitet im französischen Plateaujura, in den Freibergen (Franches Montagnes) und in der Ajoie.

- *Dolinen* (Einsturztrichter, Creux): Sie begleiten besonders gut durchlässige Karbonatzonen und deuten jene Stellen an, in welchen unterirdische Hohlräume eingestürzt sind, weil sie Dimensionen erreicht haben, welche durch das überlagernde Gestein nicht mehr überbrückt werden können. Frische Dolinen zeichnen sich durch scharfe, kantige Formen aus, die sich durch die Verwitterung und Erosion allmählich abschleifen und schliesslich zu flachen, meist mit Lehm verfüllten Senken entwickeln. Reihen von Dolinen zeigen entweder die Schnittlinie bestimmter stratigraphischer Horizonte mit dem Gelände oder aber tektonische Zonen mit erhöhter Durchlässigkeit (Bruch- und Klufzonen) an. Dolinen werden oft als Eingabestellen für Markierversuche verwendet.
- *Karstmorphologie:* Im allgemeinen zeichnen sich Karstgebiete durch eine sehr charakteristische Morphologie aus. Dies gilt sowohl für den Gross- wie für den Kleinbereich. Im Jura sind aber solche Zusammenhänge nicht auf den ersten Blick ersichtlich. Wohl setzten Dolinen da und dort landschaftliche Akzente. Die starke Vegetation und die Präsenz von undurchlässigen, tonigen und mergeligen Gesteinen verhindern das oberflächliche Herausmodellieren und Freilegen eines feinen Karstreliefs; es gibt also kaum grössere Flächen mit Karren etc., wie das in den Alpen der Fall ist.

- *Chemismus*: Die Karstwässer weisen einen Chemismus auf, der eindeutig auf karbonatisches Einzugsgebiet hinweist, hingegen kaum je hohe Sättigungen erreicht. Dies deutet auf kurze Verweilzeiten im Felsuntergrund hin, die eine höhere Sättigung gar nicht zulassen. Solch kurze Aufenthaltsdauer im Untergrund wird durch die meisten Markiersuche bestätigt. Eine Ausnahme bilden die Karstwässer aus der gipsführenden Trias, die bis zu gesättigten Gipslösungen aufkonzentriert sind (Mineralquelle Meltingen).

Die Bedeutung des Karstes als Erosionsfaktor im Jura darf nicht unterschätzt werden. Die Arbeit von MONBARON (1975) befasst sich mit den Erscheinungen und der Genese des Karstes und wählte hierfür insbesondere das Tal der Sorne. Der Autor stellt auch quantitative Betrachtungen an und zeigt, dass durch die chemische Herauslösung von Karbonaten eine flächenhafte Ablation von ca. 0.08 mm/a entsteht. Dies bedeutet für 1 Mio Jahre eine Absenkung von 80 m. Es ist kaum anzunehmen, dass sich diese Erniedrigung gleichförmig auf grössere Flächen verteilt. Der Karstentwässerung kommt somit eine erhebliche Bedeutung als Erosionsfaktor zu.

Schliesslich sei darauf hingewiesen, dass der heutige Karst teilweise ältere Verkarstungen fortsetzt: Vor allem die eozäne Festlandperiode hatte zu einer intensiven Verkarstung der damaligen mesozoischen Unterlage geführt. Dies wird durch zahlreiche, tief reichende, mit tertiären Bildungen verfüllte Schlotte und Klüfte belegt. Dies hat aber auch zur Folge, dass unter dem regionalen Vorflutniveau kaum mehr eine grössere Wasserzirkulation erfolgt, weil der alte Karst verstopft ist, während er über diesem Niveau wieder aktiviert werden kann. Es ist deshalb nicht ohne weiteres möglich, reaktivierten alten Karst von genetisch jungem Karst zu unterscheiden.

3.2.1 Tafeljura

Zum Tafeljura gehört ein kleiner Teil an der NE-Ecke des Kartenblattes. Das Gebiet zwischen Seewen und Reigoldswil stellt eine von rheintalischen Brüchen durchzogene Malmplatte dar, auf die der Faltenjura von Süden her aufgeschoben worden ist. In Bezug auf die fazielle Ausbildung des Oxfordiens befinden wir uns an der Faziesgrenze zwischen raurachischer und argovischer Ausbildung.

Der weitaus grösste Anteil an Tafeljura wird von der Malmplatte der Ajoie eingenommen, die sich nach Westen zur Burgunder Pforte fortsetzt. Sie ist in der östlichen Ajoie teilweise von Tertiär überdeckt. Ihr Südrand wird von der Hauptaufschiebung des Faltenjuras auf den Tafeljura (Mont Terri-Linie) gebildet, die eine nahezu west-östliche Richtung aufweist.

3.2.2 Faltenjura

Den weitaus grössten Teil von Blatt Biel nimmt der Faltenjura ein. Es handelt sich dabei um eine gegen Ende des Tertärs von Süden her auf den Evaporiten der mittleren Trias abgescherte, gefaltete und auf den Tafeljura aufgeschobene Sedimenthaut. Die Verkürzung liegt auf Blatt Biel zwischen 10–20 km, wobei dieser Betrag von NE gegen SW allmählich zunimmt. Charakteristisch für diesen Teil des Juras sind die von zahlreichen Flusstälern durchschnittenen Falten, die in solchen Durchbruchsstrecken gross angelegte Klusen bilden (z.B. Birstal zwischen Court und Moutier oder die Schüss zwischen Reuchenette und Biel). Es bestehen im Bau dieser Falten zwischen den einzelnen Felsgrundwasser-Stockwerken teilweise ausgeprägte Disharmonien, wobei der Antiklinalkern in der Regel einen recht komplizierten Bau mit internen Auf- und Überschiebungen aufweist. Nicht unwesentlich für die Entwässerung ist das axiale Auf- und Abtauchen von Antiklinalen.

Ein weiteres Merkmal dieses Ausschnittes des Faltenjuras ist die Tatsache, dass die mesozoische Schichtfolge von N nach S und von NE nach SW stets vollständiger und mächtiger wird (siehe auch Tafel I, Seite 8/9): Während im Norden die Verwitterungsbildungen des Eozäns (Boluston, Bohnerz und Huppersand) den Sequankalken des oberen Oxfordien aufliegen, sind sie am Bielersee erst auf der unteren Kreide anzutreffen, d. h. die Schichtfolge wird gegen oben vollständiger (Urgon-Kalke des Barrémien, bei Cressier lokal auch Kalke des Cénomaniens = mittlere Kreide). In den Synklinalen des Faltenjuras ist östlich einer Linie Caquerelle–Neuenburgersee eine Tertiärfüllung von Molasse bis zu mehreren 100 m Mächtigkeit erhalten geblieben (Raurachische Senke).

3.3 Mittelländische Molasse

Rund ein Viertel von Blatt Biel, die SE-Ecke, wird von der mittelländischen Molasse eingenommen. Das Alter der Molassebildungen nimmt vom Jura zu den Alpen hin allmählich ab, so dass sich die jüngsten Abschnitte in der SE-Ecke des Blattes finden. In der Umgebung des Bieler Sees und am Bucheggberg handelt es sich um die Untere Süsswassermolasse (USM), die vorwiegend von Mergeln gebildet wird, und um die sandige Obere Meeresmolasse (OMM). Erst in der Umgebung von Lützelflüh setzen die Ablagerungen der Oberen Süsswassermolasse (OSM) ein, die zum konglomeratischen Napf-Schuttfächer gehören. Die Basis der Mo-

lasse befindet sich bei Biel auf ca. 440 m ü.M. Sie fällt alpenwärts rasch ab und liegt bei Lützelflüh ca. bei –1500 m ü.M. Sie weist hier somit bereits eine Mächtigkeit von über 2000 m auf.

Weite Gebiete der mittelländischen Molasse auf Blatt Biel sind von mehr oder minder mächtigen Quartärbildungen bedeckt: Ausserhalb der grossen Täler legt sich meist eine Decke von Moränenbildungen über die Molasse. Im Hügelgebiet liegen auf gut einem Drittel der Fläche Höhen- und Deckenschotter zwischen Molasse und Moränenbedeckung. Nur Gebiete mit stärkerem Relief weisen grössere Molasseaufschlüsse auf, so vor allem die Umgebung des Bielersees, der Bucheggberg und der Friesenberg sowie das Napfgebiet oberhalb von Burgdorf. Die Täler enthalten Füllungen, die sowohl glazialer, fluvialer als auch lakustri-scher Herkunft sein können. Das Aaretal und das Gebiet der Jurafuss-Seen (Bielersee, Neuenburgersee) sind durch Aare und Rhonegletscher übertieft worden.

4 CHEMISCHE VERHÄLTNISSE

4.1 Dokumentation

Chemismus und physikalische Parameter der Grundwässer stellen ein Abbild der Genese, der Verweildauer des Wassers im Untergrund und der Art der durchflossenen Gesteine dar. Die Wässer können demnach anhand dieser Daten nach Alter und Einzugsgebiet unterschieden werden.

Für das Gebiet von Blatt Biel bietet sich eine Unterteilung in Lockergesteinsgrundwässer und Felsgrundwasser an, wobei unter den Lockergesteinsgrundwässern zwischen solchen aus gut durchlässigen Grundwasserträgern (Schotter, Kiese, grober Gehängeschutt) und solchen aus weniger durchlässigen Grundwasserleitern (Tone, Silte, Feinsande und Torf) zu unterscheiden ist. Bei den Felsformationen sind es vor allem die karbonatischen Gesteine des Jura sowie sandige Lagen und Sandsteine der Molasse, welche über eine mehr oder weniger deutliche Wasserwegsamkeit verfügen (Bankungsfugen, Klüfte und Karst).

Soweit diese Grundwässer der Trinkwasserversorgung dienen, besteht eine Grosszahl von chemischen und bakteriologischen Untersuchungen. Es betrifft dies vor allem die Alluvionen der Täler und im Jura auch die Malmkalke.

Über die Felsgrundwässer der tieferen Aquifere liegen noch verhältnismässig wenig Untersuchungen vor. Gute Zusammenstellungen sind die «Grundlagen für die siedlungswasser-wirtschaftliche Planung des Kantons Bern» für weite Bereiche des Blattes Biel. Im Nachfolgenden stützen wir uns vor allem auf diese Daten.

4.2 Wasserprovinzen

4.2.1 Gut durchlässige Lockergersteine

Gut durchlässige Lockergesteine, meist Schotter in den Flusstälern, finden sich vor allem im Tal der Emme und teilweise in den Juratälern, im Berner Seeland hingegen nur beschränkt und auf verschiedenen Niveaus, vor allem aber in Oberflächennähe als postglaziale Schotterablagerungen der Aare.

Analysen derartiger Wässer sind auf Tabelle 1 zusammengestellt (Burgdorf, Unterworfen, Treiten und Zwingen). Sie zeichnen sich durch eine relativ bescheidene Mineralisierung aus, deren Charakteristika durch

das Einzugsgebiet bestimmt wird. Allgemein gilt, dass kurze Verweilzeiten und meist hohe Sauerstoffsättigung erwartet werden dürfen. Die niedrigen Werte in den Wässern von Unterworfen und von Zwingen deuten auf Nebeneinflüsse hin: im Fall von Unterworfen auf erhöhte Verweildauer und auf Zufluss von Wasser aus den See- und Torf-Ablagerungen, im Falle von Zwingen handelt es sich um anthropogene Einflüsse. Die Härten (Gesamthärte und Karbonathärte) liegen sowohl in Burgdorf und in Zwingen in derselben Grössenordnung und zeigen ein Einzugsgebiet mit kalkigem Untergrund an (kalkhaltige Molasse und Jurakalke).

Tabelle 1: Chemische Analysen von Lockergesteinsgrundwässern

Ort	Burgdorf 1)	Unterworfen 2)	Treiten 3)	Zwingen 4)
Datum	10. 03. 70	März 1974	März 1974	09. 11. 67
Temperatur °C				11.2
Gesamthärte, fr. H.°	25.3	32.7	52.6	27.3
Karbonathärte, fr. H.°	22.6	28.0	39.1	25.3
Nitrat, mg/l	14.9	5.2	4.0	5
Nitrit, mg/l			0.017	neg.
Ammoniak mg/l			1.0	
Chlorid, mg/l	10.0	14.3	21.1	7.7
Sulfat, mg/l	12.0		130.0	18
Eisen, mg/l		0.07	2.77	0.003
O ₂ -Sättigung, %	80.1	25	6	14
Analysen: Kantonales Laboratorium Bern				
1) Mittelwert aus 22 Probenahmestellen im Bereich der Städtischen Grundwasserfassungen				
2) Fassung der Stadt Biel im Seeland				
3) Bewässerungsbrunnen S ₇ bei der Kanalmühle (Treiten, südliches Seeland)				
4) Pumpversuch "In den Widen" unterhalb von Zwingen				

4.2.2 Lockergesteine mittelgrosser bis geringer Durchlässigkeit

Neben den mässig bis schlecht durchlässigen Moränen und Gehänge- oder Oberflächenlehmen sind auf Kartenblatt Biel die insbesondere im Seeland und im Aaretal unterhalb von Biel und Lyss verbreiteten Seeablagerungen und Torfbildungen von Bedeutung. Sie haben häufig eine abdichtende Funktion (Grundwasser-Stockwerkbau) und führen zu stagnierenden Wässern. Ein Beispiel hierfür gibt die Analyse eines Wassers von Treiten (siehe Tabelle 1), das sich durch eine deutlich erhöhte Härte und allgemein stärkere Mineralisierung auszeichnet. Besonders charakteristisch ist dabei der erhöhte Eisengehalt sowie der niedrige Sauerstoffgehalt.

4.2.3 Felsgrundwasser

Als Aquifere sind auf Blatt Biel die Sandsteine und sandigen Lagen in der Molasse zu betrachten. Dies gilt sowohl für das Mittelland als auch für die Molasseablagerungen in den grossen Synklinalen des Faltenjuras. In der darunter folgenden mesozoischen Schichtfolge sind es vor allem drei Formationen, die als Wasserträger in Frage kommen: die Malmkalke, der Haupttrogenstein (Dogger) und der Obere Muschelkalk. Zu diesen einzelnen Formationen ist zu bemerken:

4.2.3.1 *Molasse*

Unter der tertiären Molasse sind es vor allem die Sande und Sandsteine der Oberen Meeresmolasse (OMM), die über eine nutzbare Wasserwegsamkeit verfügen. Sie ist vorzugsweise im Mittelland anzutreffen (Umgebung Burgdorf, Frienisberg). In den Synklinalen des Juras sind die sandigen Ablagerungen in der Unteren Süsswassermolasse (USM) und nur untergeordnet in der wenig verbreiteten OMM anzutreffen, dafür aber Süsswasserkalke wichtig (Reconvilier). Das Wasser aus diesen Schichten erweist sich als stark kalkhaltig und ist meist mittelhart bis hart. Die Verweildauer ist in den oberflächennahen Bereichen gering und die Sauerstoffsättigung entsprechend gut.

Die mittelländische Molasse weist eine intensive Zerschneidung und Durchtalung auf. Die Einzugsgebiete der einzelnen Molassesegmente sind deshalb oft von geringer Ausdehnung. Entsprechend finden sich im Molassegebiet von Blatt Biel keine Quellen von grösserer Bedeutung. Eine Vielzahl von Quellen wurde früher auch zur Wasserversorgung von Gemeinden herangezogen, die aber heute durch regionale Netze ersetzt sind. Als Wasserversorgung der zahlreichen Bauernbetriebe und Weiler in diesem Gebiet besitzt dieses Wasser aber eine nicht zu unterschätzende Bedeutung.

4.2.3.2 Malmkalke

Unter den Felsgesteinen, die als Aquifere dienen können, weisen die Malmkalke im Jura die grösste Verbreitung im oberflächennahen Bereich auf. Auf weiten Strecken liegen sie über dem Drainageniveau der Täler und besitzen damit auch eine grosse, heute aktive Verkarstung, deren Entstehung aber teilweise in die Festlandzeit Kreide/Eozän fällt und heute wieder reaktiviert ist. Zahlreiche Markierungsversuche haben weite, zusammenhängende Karstgebiete nachgewiesen.

Die Schichtfolge der Malmkalke umfasst im westlichen und nördlichen Teil des Kartenblattes die Korallenkalke des Rauracien, die Sequankalke und die Kalke des Kimmeridgien und des Portlandien, wobei einzelne Mergelzwischenlagen lokale Grundwasserstauer bilden können, z. B. Natica-Mergel im Untersequanien (siehe auch Tafel I, Seite 8/9). Im südöstlichen Gebiet (Weissenstein–Biel) folgen über den Tonen des unteren Oxfordien die Effinger Schichten (Argovien), die wasserstauenden Charakter aufweisen, aber auf kalkigen Zwischenlagen ebenfalls Wasser führen können und dort oft verkarstet sind.

Entsprechend dieser hydrogeologischen Situation sind die Verweilzeiten des Wassers im Malmkalk meist nur von kurzer Dauer. Nur dort, wo das Wasser in Synklinalen unter das Talniveau hinunter reicht, sind etwas ältere Wässer anzutreffen, so z. B. im Delsberger Becken, wo Isotopenuntersuchungen ein Alter von über 40 Jahren nachgewiesen haben (FLURY, ALLEMANN & LACHAT, 1991). Entsprechend zeichnet dort der Chemismus das Bild eines harten, kalkreichen Wassers mit mässiger Mineralisierung, wobei Kalziumkarbonat überwiegt. Ein ähnliches Bild ergibt auch die Bohrung Brislach (Tabelle 2).

4.2.3.3 Hauptrogenstein

Der Hauptrogenstein ist im Allgemeinen ein nur gering wasserführendes Gestein; infolge seiner oolithisch-zementierten Struktur verfügt er über eine nur sehr kleine Porosität, die kaum Wasser speichert. Einzig auf Bruch- und Kluftzonen, die hin und wieder auch verkarstet sind, kann mit einer nutzbaren Wasserzirkulation gerechnet werden. Felsgrundwässer in überdecktem Hauptrogenstein erweisen sich als harte Hydrogenkarbonatwässer mit leicht erhöhter Mineralisierung, die meist auch mit Sauerstoffarmut einhergeht (siehe Tabelle 2).

4.2.3.4 Muschelkalk

Ein bekannter Aquifer, der im ganzen nordschweizerischen Juragebirge zahlreiche Mineral- und Thermal-Quellen speist, ist der Obere Mu-

Tabelle 2: Chemische Analysen von Felsgrundwässern

Ort Aquifer:		Brislach Malmkalk 1)	Laufen Hauptrogenstein 2)	Meltingen Muschelkalk 3)
Datum		02. 09. 80	19. 11. 80	
Temperatur	°C	10.1	17.7	11.6
Leitfähigkeit	µS/cm, 20°	470	850	2200
Gesamthärte	fr. H°	29.1	18.3	
Karbonathärte	"	26.8	29.8	
NH ₄	mg/l	0.09	0.8	<0.01
Li	"	0.016	0.53	0.3
Na	"	12.0	140.0	4.95
K	"	2.70	16.0	2.1
Mg	"		20.3	86.4
Ca	"			569.6
Sr	"	0.60	2.94	6.9
Fe	"	0.772	0.52	<0.01
Mn	"	<0.05	0.005	<0.01
Al	"	0.16	0.07	0.07
Si	"	3.55	4.9	
B	"	0.11	0.57	
Ba	"	0.30	0.048	
Summe Kationen	mg/l			670.3
F	mg/l		0.31	0.8
Cl	"	5.8	94.3	2.8
Br	"			<0.005
NO ₃	"	3	<1	2.2
NO ₂	"	0.030	<0.005	
HCO ₃	"			390.0
SO ₄	"	9	75	1434.0
HPO ₄	"			0.05
HAsO ₄	"			<0.004
Summe Anionen	mg/l			1830.0
Undissoziierte Bestandteile:				
Metakieselsäure H ₂ SiO ₃	mg/l			21.4
Orthoborsäure H ₃ BO ₂	"			1.5
Summe glöster Bestandteile	mg/l			2523.2
1) Bohrung SM 1, Koordinaten 609.175 / 253.465; Analysen: Kantonales Laboratorium Bern und Laboratoire Henri Dubois, La Chaux-de-Fonds 2) Bohrung SD 2, Aegerten, Koordinaten 603.510 / 250.350; Analysen: Kantonales Laboratorium Bern und Laboratorium Henri Dubois, La Chaux-de-Fonds 3) Mineralquelle Nr. 3 "Im Neubau"; Analyse aus HöGL 1980				

schelvkalk (Trigonodusdolomit und Hauptmuschelkalk). Auf Blatt Biel ist er zwischen Reigoldswil und Meltingen oberflächlich aufgeschlossen; nach Westen und Süden taucht er in grössere Tiefen ab.

Auf Blatt Biel befindet sich die Mineralquelle von Meltingen, die bis vor kurzem als Mineralwasser genutzt worden ist. Die natürliche Quelle entspringt südlich des Dorfes am Meltinger Bach; anlässlich des Baues der neuen Flaschenabfüll-Anlage ist im Jahre 1964 im Trigonodusdolomit in einer Doline ein Mineralwasser erschlossen worden, das in die Nutzung einbezogen worden ist (Analyse siehe Tabelle 2, aus HÖGL, 1980). Es handelt sich um ein Kalzium-Magnesium-Sulfat-Wasser hoher Konzentration mit deutlichem Strontium- und Hydrogenkarbonat-Gehalt. Von Interesse ist der sehr geringe Chlorid- und Natrium-Gehalt. Dies deutet darauf hin, dass die Mineralisierung aus dem Gips-Keuper der Umgebung stammt und dass keine Anteile aufsteigender Wässer aus der Mittleren Trias zusetzen, denn diese weisen teilweise stark erhöhte Kochsalz-Gehalte auf. Auch die Temperatur von 11.6 °C lässt vermuten, dass kein Zufluss aus der Tiefe erfolgt. Es handelt sich offenbar um eine Überlaufquelle aus einem umfangreichen Karstwasserreservoir.

5 DIE EINZELNEN FLUSSGEBIETE

5.1 Einzugsgebiet der Aare

5.1.1 Seeland

Eine ausführliche Beschreibung der Hydrogeologie des Seelandes geben KELLERHALS & TRÖHLER (1976). Es handelt sich um den glazial durch den Rhonegletscher entlang dem Juraufuss ausgekolkten Trog zwischen Neuenburger-, Bieler- und Murtensee bis Solothurn. Darin können drei Teilgebiete unterschieden werden; den Jurasüdfuss und das Hügelland östlich der Linie Aarberg–Lyss–Busswil behandeln wir aus geologischen Überlegungen im Abschnitt 5.1.2:

- Hügelzone zwischen Bielersee und dem Grossen Moos. Sie wird vor allem von Molasse-Gesteinen (Sandsteine des Burdigalien und Mergel des Aquitanien) aufgebaut. Hierzu gehören die Synklinalen des Jolimont und des Schattenrain bei Vinelz sowie die Antiklinale von Hermrigen mit dem Jensberg bei Biel. Diese Gebiete sind teilweise von Moränen überdeckt. Entlang der Grenze Mergel/Sandstein finden sich in diesem Gebiet zahlreiche genutzte Quellen (Abb. 3).
- Eine zweite Hügelzone besteht aus quartären Lockergesteinen. Hierzu gehören die Hügel von Treiten–Siselen und Walperswil (siehe Abb. 3). Es handelt sich um Seelandschotter mit Moränenbedeckung, die z. T. ein nutzbares Grundwasser von genügender Qualität in Bezug auf Trinkwasser führen.
- Der in Bezug auf die Grundwasserführung wichtigste dritte Teil bildet die weite Talebene des Grossen Mooses. Es handelt sich um den bis 300 m tiefen Erosionstrog des eiszeitlichen Rhonegletschers, der vorwiegend mit feinkörnigen Seeablagerungen aufgefüllt ist, der aber auch isolierte Schotterlinsen enthält. Nach dem Rückzug legte die Aare von Aarberg her ein Delta in den damaligen «Solothurner See» ab, das sich heute vom Murten- und Neuenburgersee bis nach Solothurn ausdehnt. Diese Schottermassen erreichen bis zu 50 m Mächtigkeit und bilden einen bedeutenden Grundwasserträger. Teilweise fliesst dieses Grundwasser in den Murten- und Neuenburgersee ab, der grössere Teil jedoch fliesst gegen NE in Richtung Alte Aare und Nidau–Büren-Kanal. Die Wasserscheide wird in etwa durch den Hagneck-Kanal (Achse Aarberg–Walperswil) gebildet (vgl. KELLERHALS & HAEFELI, 1989), der allerdings in seinem unteren, tiefer eingeschnittenen Teil ebenfalls drainierend wirkt (siehe Abb. 3 und 4).

Zum Wasserdargebot dieser drei Teilbereiche haben KELLERHALS & TRÖHLER (1976) folgende Abschätzungen vorgenommen:

- Die Molassehügelzone (Abb. 3, Seiten 78/79) liefert im Mittel 360 l/s oder 11.3 Mio m³/a qualitativ sehr gutes Trinkwasser, das bereits zu 90 % genutzt wird.
- Die Hügelzone aus quartären Lockergesteinen bildet ein Grundwasserreservoir mit einer Kapazität von 110–160 l/s oder 3.5–5 Mio m³/a. Die Grundwasserqualität kann als genügend bezeichnet werden. Hier von wird weniger als 60 % genutzt. In diesen Zahlen sind auch Anteile enthalten, die südlich ausserhalb des Kartenblattes liegen (Fräschels).
- Der Grundwasserstrom des Grossen Moores, gespeist durch die Aare, führt in seinem nach SW abfliessenden Teil lediglich im Infiltrationsbereich des Hagneck-Kanales und der Bewässerungskanäle ein Grundwasser genügender Qualität. Das gesamte Dargebot wird auf 250 l/s geschätzt, wovon aber lediglich 100 l/s oder 3 Mio m³/a als nutzbar gelten können.

Der nach N abfliessende Anteil ist der bei weitem wichtigste Grundwasserstrom des Berner Seelandes. Er besitzt ein natürliches Grundwasserdargebot von mindestens 710 l/s oder 22.4 Mio m³/a. Hiervon können 56 % als von guter, 28 % als von mittlerer und 16 % als von schlechter Qualität bezeichnet werden (KELLERHALS & TRÖHLER, 1976). Durch geeignete Massnahmen (Anreicherung, Verbesserung der Infiltration aus dem Hagneck-Kanal) kann das Dargebot von gutem Grundwasser um 800–1000 l/s oder 25–31.5 Mio m³/a erhöht werden.

Ergiebige Grundwasserfassungen von regionaler Bedeutung (Seeländischer Wasserverbund Seeland AG = WVS) liegen bei Gimmiz, wo eine Entnahme von 1000 l/s möglich ist, wobei es sich dann vorwiegend um Infiltrat aus dem Hagneck-Kanal handelt. Weitere bedeutsame Fassungen befinden sich bei Worben, wo Fassungen der Stadt Biel und der seeländischen Wasserversorgung (Gemeindeverband SWG) zusammen eine Entnahme von 530 l/s oder 12.2 Mio m³/a erlauben, sowie bei Barga für das westliche Seeland.

Zu erwähnen sind schliesslich die starken Karstwasser-Zuflüsse entlang dem Jurasüdfuss vom Neuenburgersee bis nach Biel, deren Einzugsgebiet bis in den Chaumont und Chasseral hinauf reichen und damit auch das Plateau von Lignièrès umfassen. Zu den grössten dieser Quellen gehören jene von St-Blaise, La Neuveville und Twann, die teilweise Ergiebigkeiten von mehreren m³/s aufweisen. Das Plateau von Diesse gehört nicht zum Einzugsgebiet dieser Quellen, es entwässert sich oberirdisch zum Twannbach und nach La Neuveville (Grund: mehrere 100 m mächtige Molassefüllung der Synklinale der Montagne de Diesse).

Abbildungen 3 & 4, siehe Seiten 78/79

5.1.2 Emmental

Zum Blatt Biel gehören lediglich das mittlere Emmental zwischen Lützel-
flüh und Burgdorf und das untere Emmental zwischen Burgdorf und der
Einmündung in die Aare bei Luterbach. Die nachfolgende Beschreibung
stützt sich weitgehend auf die «Grundlagen für die siedlungswirtschaftliche
Planung des Kantons Bern», Hydrogeologische Karte Emmental, Teil
II, unteres Emmental (WERNER, PETRAQUA & WEA Bern, 1976) und Teil
III, unteres Emmental (WERNER, WANNER & WEA Bern, 1981).

Die Talebene des *mittleren Emmentals* zwischen Lützel-
flüh und Burgdorf ist in die Molasselandschaft des schweizerischen Mittellandes eingetieft
und besteht aus fluviatilen Schottern, meist eis- und posteiszeitlichen
Alters, und Moränen. Zwischen Lützel-
flüh und Hasle sind zwei deutliche, parallel verlaufende Schotterrinnen vorhanden, die sich bei Hasle
vereinigen. Sie liegen beidseits der heutigen Emme, während die Emme
über einem Molasserücken liegt und teilweise in diesen eingeschnitten ist.
Die westliche Rinne weist Schottermächtigkeiten bis über 40 m und die
östliche Rinne gar bis über 50 m auf. Die Durchlässigkeiten der Schotter
sind in der Regel gut ($>2 \times 10^{-2}$ – 2×10^{-3} m/s). Die nutzbare Porosität
der Schotter schwankt zwischen 12–21 %. Der Grundwasserspiegel liegt
linksufrig tiefer als die Emme, so dass diese das Grundwasser anreichert
(Infiltration). In Abhängigkeit von der Wasserführung der Emme können
deshalb im Grundwasser lokal erhebliche Wasserspiegelschwankungen
auftreten.

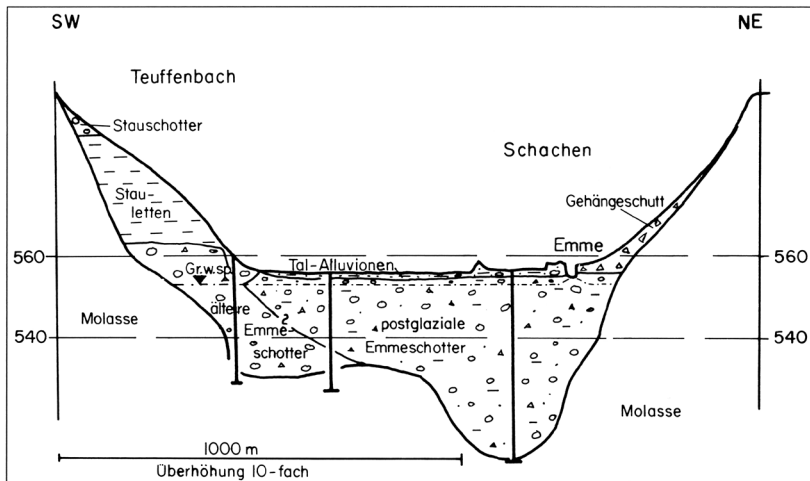


Abb. 5: Hydrogeologisches Profil durch das mittlere Emmental zwischen
Oberburg und Hasle

Zwischen Hasle und Burgdorf ist nur noch eine Rinne vorhanden, die aber einen asymmetrischen Querschnitt aufweist (Abb. 5). Es besteht damit ein die ganze Talbreite einnehmendes Grundwasserfeld mit einer Breite von etwas weniger als 1 km. Die Eintiefung wird dabei allmählich geringer, so dass die Grundwassermächtigkeiten zwischen Oberburg und Burgdorf allmählich unter 50 m absinken. In diesem Gebiet befinden sich die Anlagen der Wasserversorgung von Burgdorf. Der Grundwasserdurchfluss im Schachen von Burgdorf beträgt im Mittel 1100 l/s, der mittlere Abfluss der Emme bei Burgdorf $12 \text{ m}^3/\text{s}$.

Das Wasser des Emmentales gilt allgemein als ziemlich hartes Wasser, wobei im Bereich der Infiltration aus der Emme niedrigere Härten bestimmt werden als an den Talrändern. Die Härte stammt somit vor allem von Zuflüssen aus der Molasse. Das Grundwasser darf in chemischer Hinsicht als ein für die Wasserversorgung geeignetes Grundwasser bezeichnet werden. Hin und wieder auftretende bakterielle Verunreinigungen und geringe Sauerstoffgehalte weisen auf Fremdeintrag hin, teilweise verursacht durch geringe Überdeckung des Grundwasserspiegels.

Im *unteren Emmental* treten die Molassehügel zurück, die Landschaft wird weiter. Sie ist geprägt durch die sanfte, von Moränen bedeckte Hügellandschaft, wie sie durch die Arbeit des Rhone- und Aaregeleschters herausmodelliert worden ist. Sie gehört zu den am besten untersuchten Grundwassergebieten der Schweiz. Neben den oben erwähnten Grundlagen des WEA des Kantons Bern sind es die im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes Nr. 2 «Grundlegende Probleme des Schweizerischen Wasserhaushaltes» des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung ausgeführten Arbeiten, die Wesentliches zur Kenntnis dieses Gebietes beigetragen haben (siehe BLAU et al. 1983, 1984 und 1991).

Als unteres Emmental wird der Abschnitt zwischen Burgdorf und der Aare bezeichnet. Zwischen Lyssach und Grafenried erreicht die *Urtenen* das Tal der Emme und fliesst bis Bätterkinden parallel und teilweise direkt neben der Emme. Dieses Einzugsgebiet wird deshalb nachfolgend als Einheit betrachtet. Beide Flüsse sind eingedämmt und folgen nicht mehr ihrem natürlichen Verlauf. Die Breite des von Schottern erfüllten Tallaufes erreicht unterhalb von Kirchberg 4–6 km.

Der Felsuntergrund besteht aus flachliegender, mehrheitlich mergeliger Unterer Süsswassermolasse (USM), dem sog. Aquitanien. Der Übergang zur sandigen Oberen Meeresmolasse (OMM) befindet sich bei Burgdorf und fällt somit ungefähr mit der Abgrenzung zum mittleren Emmental zusammen.

Die tiefste, in die Molasse eingeschnittene Quartärrinne teilt sich oberhalb von Burgdorf auf in einen schmalen Arm, der den Schlosshügel auf seiner Ostseite, und in einen breiteren Teil, der den Schlosshügel auf

seiner Westseite umgeht. Etwa auf der Höhe von Lyssach vereinigen sich die beiden Rinnen wieder (Abb. 6). Weiter Emme-abwärts finden sich mehrere, in die Molasse eingetiefte Rinnen: Die am tiefsten eingeschnittene glaziale Rinne kommt aus dem Limpachtal und quert das Emmental nördlich von Bätterkinden und Utzenstorf. Sie teilt sich dort auf in einen südlichen Ast, der in Richtung auf den Burgäschisee und Önzthal weist; der nördliche Ast kann über Wiler b. U. und Kriegstetten direkt in Richtung Aare zwischen Luterbach und Dettingen verfolgt werden. Die Eintiefung dieser aus dem Limpachtal in Ostrichtung weisenden Rinne weist Quartärmächtigkeiten bis über 100 m auf. Die aus dem mittleren Emmental stammende Rinne führt von Burgdorf in die breite Ebene zwischen Fraubrunnen und Kirchberg und wendet sich dann gegen Nordosten und hält sich nahe an den rechten Talrand des Emmentals über Ersigen und Koppigen nach Willadingen, wo sie die tiefe W-E-Rinne aus dem Limpachtal erreicht. Ihre Eintiefung kann bis 50 m reichen. Die Füllung der Rinnen besteht vor allem aus Moränenbildungen, fluvio-glazialen und fluviatilen Schottern unterschiedlichen Alters. Verschiedene in die Schotter eingelagerte Stillwasserablagerungen aus Tonen, Silten und Sanden erweisen sich als Grundwasserstauer, so dass es zur Bildung von Grundwasserstockwerken kommt, wobei aber diese oft nur lokalen Charakter haben, da sie durch jüngere Erosionsrinnen mit ihren Füllungen zerschnitten sind (Abb. 7) und deshalb untereinander kommunizieren. In Bezug auf die Grundwassernutzung stellen die verbreiteten wärmzeitlichen Stillwasserablagerungen oder aber die Molasseoberfläche den eigentlichen StauhORIZONT für das Grundwasser dar.

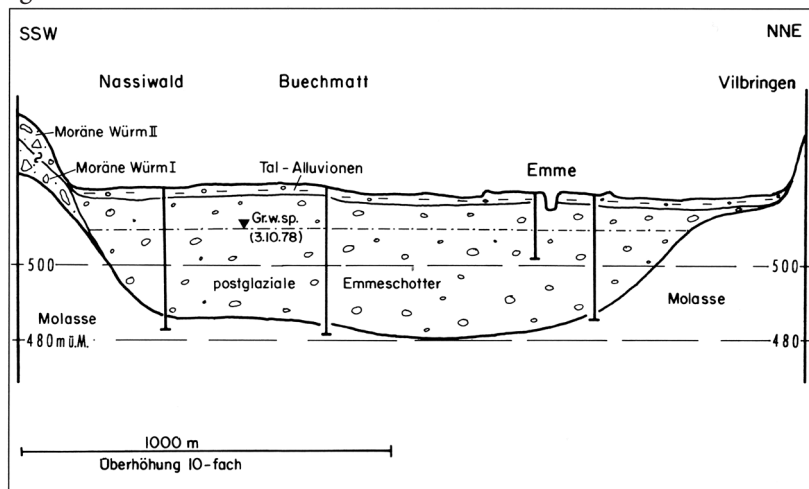


Abb. 6: Hydrogeologisches Querprofil durch das untere Emmental bei Lyssach zwischen Kirchberg und Burgdorf (nach J. WANNER, 1981)

Im unteren Emmental besteht eine intensive Wechselwirkung zwischen Grundwasser und Oberflächengewässer (Abb. 9). Aus dem mittleren Talabschnitt kommend infiltriert die Emme bis etwa auf die Höhe von Kirchberg. Der Hauptgrundwasserstrom liegt hier links der Emme. Zwischen Kirchberg und Aefligen quert die Emme den Grundwasserstrom, der nun bis zu ihrer Mündung in die Aare auf der rechten Seite bleibt. Auch hier gibt die Emme im wesentlichen Wasser an das Grundwasser ab, einzig im Raum Schalunen–Bätterkinden können Grundwasser-Übertritte in die Emme beobachtet werden. Zwischen Fraubrunnen und Schalunen exfiltriert aber in grossem Ausmass Wasser in die Urtenen. Zwischen Luterbach und Wangen a. A. bildet die Aare die Vorflut des Grundwasserstromes aus dem Emmental. Entsprechend dieser Situation liegt in diesem Gebiet der Grundwasserspiegel nahe der Geländeoberfläche, davon zeugen zahlreiche Grundwasser-Aufstösse. Im solothurnischen Teil des unteren Emmentales – dem Wasseramt – zeichnet sich eine relativ flache, breite, von Schottern angefüllte Rinne ab (Abb. 8), so dass das Grundwasser ungehindert in Richtung Aare abfliessen kann. Die Grundwasser führenden Schotter des unteren Emmentales dürfen als gut bis sehr gut durchlässig bezeichnet werden. In randlichen Bereichen liegen die Durchlässigkeitskoeffizienten bei $<2 \times 10^{-3}$ m/s, und erreichen in den zentralen Teilen Werte von $>10 \times 10^{-3}$ m/s (BLAU et al., 1983). Die Grundwassernutzung aus dem Bernischen Teil des unteren Emmentals beträgt heute $0.65 \text{ m}^3/\text{s}$ und könnte ohne künstliche Anreicherung bis auf etwa $2 \text{ m}^3/\text{s}$ angehoben werden, ohne dass der Abfluss in das solothurnische Wasseramt wesentlich verkleinert würde (BLAU et al. 1983)

Abbildungen 7 & 8, siehe Seiten 80/81

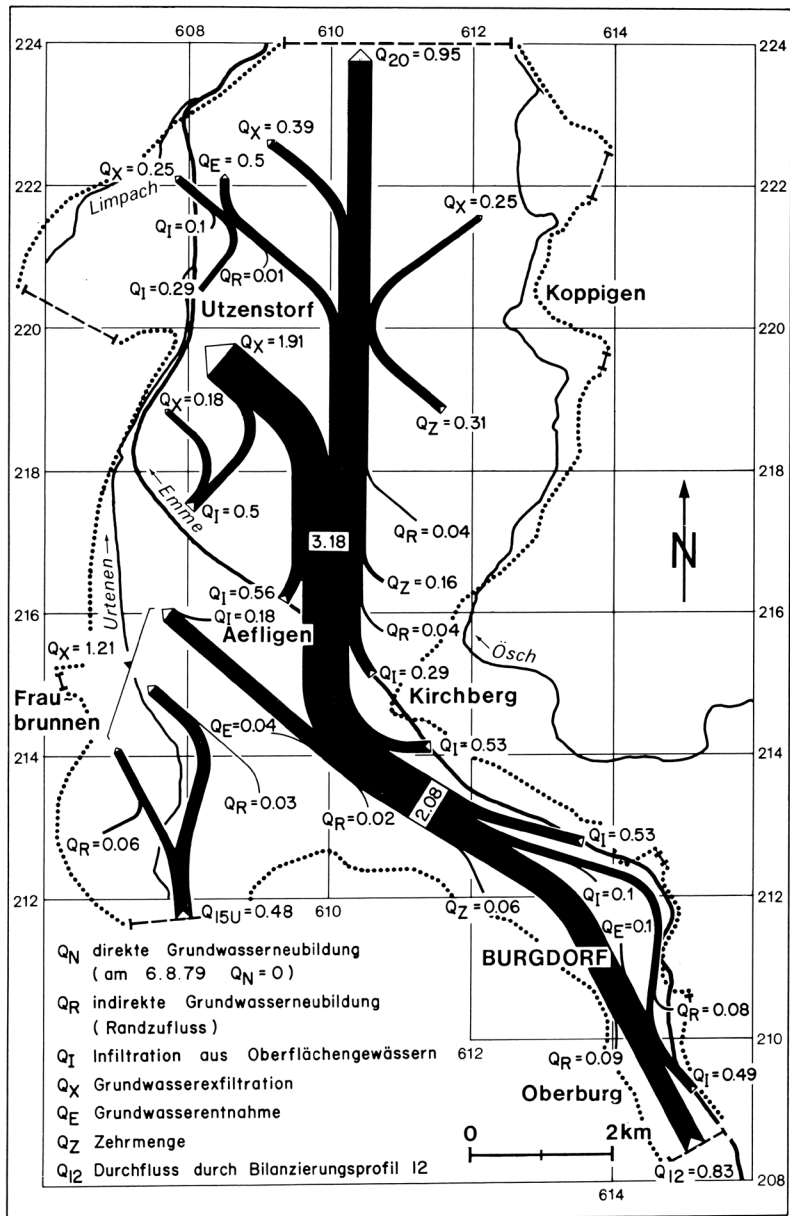


Abb. 9: Grundwassergebiet unteres Emmental: Bilanzierungsergebnisse für den 6. August 1979; in m^3/s (aus BLAU et al., 1983).

5.1.3 Aaretal unterhalb des Nidau-Büren-Kanals

Das Aaretal zwischen Büren und Solothurn ist meist durch mehr oder weniger siltig-tonige Moränen und durch siltig-sandige Stillwasserbildungen aufgefüllt; beide Lockergesteine verfügen über eine nur begrenzte Durchlässigkeit, so dass in diesem Abschnitt keine grossen und ergiebigen Grundwasserfelder anzutreffen sind. Dazu kommt, dass die Felsunterlage der Quartärbildungen durch die vorwiegend mergelige, also kaum durchlässige Untere Süsswassermolasse (USM) gebildet wird. Entsprechend gibt es in diesem Abschnitt nur wenige und unbedeutende Wasserfassungen. Die Aare dient als Abflussrinne für das von den Flanken, vor allem von der Seite des Juras zufließende Wasser.

Unterhalb von Solothurn, im Abschnitt Zuchwil bis Wangen a. A., erreicht von S her das Emmental mit seinem grossen Grundwasserbecken die Aare. In diesem Teil finden sich zahlreiche und grosse kommunale und industrielle Wasserfassungen («Wasseramt»). Auf der Nordseite weist der Abhang vom Jura-Südfuss eine Unterlage aus den Mergeln der USM auf und ist überdeckt von Moränen und lokalen Schotterfeldern. Hier sind es vor allem Quellen, die der Wasserversorgung dienen.

Unterhalb von Wangen a. A., auf der Nordseite der Aare, schneidet der Blatt- rand von Blatt Biel gerade noch das Grundwasserfeld des Bipperramtes und des Gäu (Niederbipp–Oensingen–Olten). Für diesen zum Kanton Bern gehörigen Anteil ist festzustellen, dass er auf die Aare zu entwässert (Walliswil). Die Wasserscheide zum Dünnerntal dürfte etwa mit dem Blattrand zusammenfallen. Auf der gegenüberliegenden Aareseite mündet das *Tal der Önz* in die Aare. Auch dieses Tal wird vom Blattrand entzweigeschnitten. Es handelt sich um ein durch eine glaziale Schmelzwasserrinne ausgetieftes Tal mit einer Schotterfüllung. In den Schottern zirkuliert Grundwasser mit einem oberflächennahen Grundwasserspiegel, so dass im Raum Herzogenbuchsee Grundwasserübertritte in die Önz zu beobachten sind.

5.1.4 Val de Ruz

Aus dem Juragebirge sind der Aare auf Blatt Biel drei Zuflüsse mit ihren Einzugsgebieten tributär; das westlichste davon ist das Val de Ruz mit dem Seyon, der sich nur in seinem Oberlauf noch auf Blatt Biel befindet. Das Val de Ruz bildet eine beckenartig angelegte Synklinale zwischen den Ketten des Mont Racine und Les Planches im NW und der Antiklinale des Chaumont im SE. Die Füllung der Synklinale besteht aus schlecht aufgeschlossener Unterer Süsswassermolasse, die von quartä-

ren Glazialablagerungen überdeckt ist. Einzig zwischen Valangin und Coffrane kommen lokale, fluvioglaziale Schotter vor, so dass gesamthaft gesehen kein zusammenhängender, oberflächennaher Grundwasserträger vorhanden ist. Entsprechend sind es vor allem Quellen, auch Karstquellen aus den Talflanken, die der Wasserversorgung dienen.

5.1.5 Vallon de St-Imier, Tal der Schüss

Das Vallon de St-Imier entspricht in seiner Lage zwischen der Montagne du Droit mit Mt-Soleil im Norden und dem Chasseral im Süden ebenfalls einer Synklinale, die eine Füllung von Unterer Süsswassermolasse (USM) enthält, die von feinkörnigem Moränenmaterial bedeckt ist. Erst die postglazialen Ablagerungen der Schüss weisen kiesig-lehmigen Charakter auf und bilden einen lokalen Grundwasserträger.

An den Flanken des Tales treten aber starke Karstquellen aus (durchwegs aus Malmkalken), die der regionalen Wasserversorgung dienstbar gemacht worden sind. Zu erwähnen sind hier vor allem die Quellen La Dou und La Raissette, die zwischen Villerette und Cormoret auf der linken Talseite austreten. Sie liefern zusammen etwa $3 \text{ m}^3/\text{s}$ im Jahresmittel. Tracerversuche haben gezeigt, dass sie erwartungsgemäss aus dem Gebiet der Montagne du Droit gespeist werden, dass sie aber auch Zuflüsse von der gegenüberliegenden Talseite erhalten, wie Markierungsversuche bei Sous les Roches S Sonvilier nachgewiesen haben. Als Einzugsgebiet hat somit der ganze obere Talabschnitt des Vallon de St-Imier zu gelten, wobei Hinweise vorhanden sind, dass dies bis La Chaux-de-Fonds reichen kann. Nicht dazu gezählt werden kann jedoch das Gebiet der Freiberge (Büro Dr. H. Jäckli AG, 1981).

Weitere solche Quellen finden sich bei Villeret, S von Corgémont und vor allem bei Sonceboz. Der Quelle bei La Tuilerie S Corgémont fliesst nicht nur Wasser aus der unmittelbaren Umgebung zu, sondern auch aus den bereits zum Südschenkel der Chasseral-Antiklinale zu zählenden Malmkalken im Scheitelpbereich. Bei Sonceboz erreicht die Schüss das nach W abtauchende Gewölbe der Montoz-Antiklinale; hier endet das Schottergebiet Corgémont–Sonceboz, wo neue Grundwasserfassungen mit z. T. über 1000 l/min entstanden sind. Dies ermöglicht das Austreten starker Karstquellen, die nun interessanterweise auch Zuflüsse aus der Montagne du Droit bis hin in das Gebiet oberhalb von Villeret und Courtelary erhalten. Im Montoz-Gebiet gibt es noch zuwenig Markierungsversuche, um das Einzugsgebiet dieser Quellen abgrenzen zu können.

Unterhalb von Sonceboz verengt sich das Tal der Schüss; es bleibt aber zunächst noch in einer Synklinale, die nun aber zwischen Montoz und

dem Chasseral liegt. Der Abschnitt bei La Heutte ist geprägt von umfangreichen Schuttkegeln mit gut durchlässigem Gehängeschutt, der mit sandigem Lehm verzahnt ist (Abb. 10). Grobkiesige Abschnitte zeigen Durchlässigkeiten bis $1-2 \times 10^{-3}$ m/s (mehrere GW-Fassungen für Péry, La Heutte, Plagne und Chasseral).

Erst zwischen Reuchenette und Biel quert die Schüss in einem kurzen Abschnitt vor Erreichen des Bielersees die Chasseral-Kette und die Seekette und ermöglicht damit die Karstentwässerung der Kalkflanken dieser Antiklinalen. Die Eintiefung in der Klus von Rondchâtel reicht bis 530 m ü. M. In der südlichen Klus von Rondchâtel liegen also mindestens 50 m wenig durchlässige Seesedimente. Zur Zeit dieser Ablagerungen dürfte die Felsschwelle bei Frinvilier wesentlich höher gelegen haben als heute (Abb. 11).

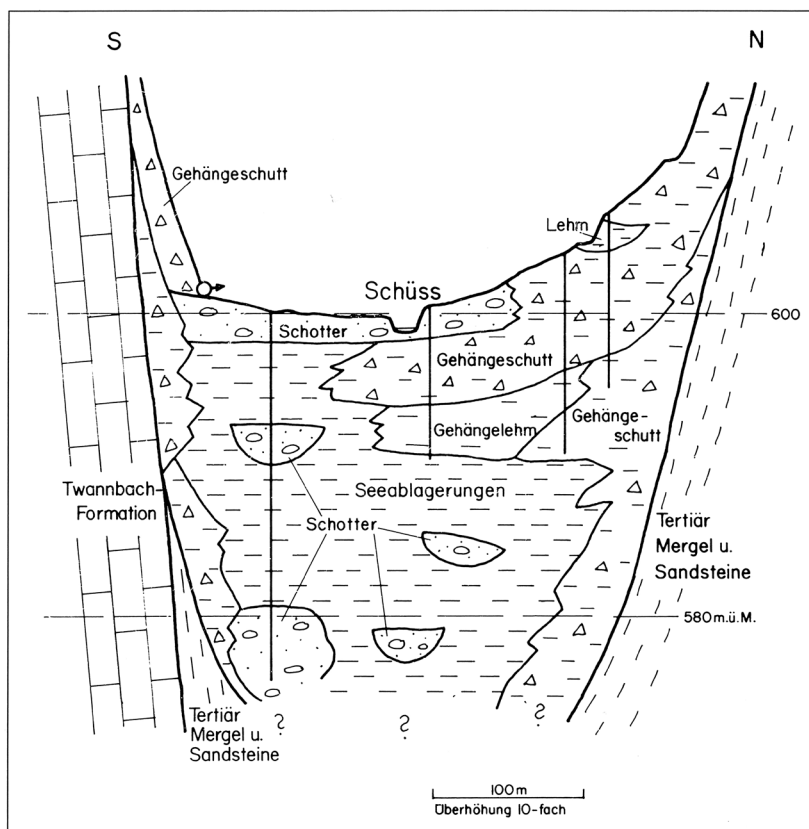


Abb. 10: Hydrogeologisches Querprofil durch das Schüss-Tal bei La Heutte (nach WASSER- UND ENERGIEWIRTSCHAFTSAMT DES KANTONS BERN, 1981d)

Bei Reuchenette tritt auch aus dem Dogger des Kernes der Chasseral-Antiklinale eine Quelle aus, die starken Schwankungen unterworfen ist: im Mittel ca. 10 l/s, maximal bis ca. 120 l/s; die höchsten Abflüsse treten im April und Mai auf, die niedrigsten im November. Aus den Birmensdorfer Schichten des Malm ergiessen sich die Châtel-Quellen S Reuchenette, und aus der Reuchenette-Formation (Kimmeridgien) der S-Flanke der Chasseral-Antiklinale im Einschnitt der Schüss von Frinvillier (Koord. 585.900 / 224.340) tritt die bekannte Merlin-Quelle aus, die noch 1967 54% des Wasserbedarfs der Stadt Biel gespeist hat. Die Schüttungen schwanken zwischen 4,7–540 m³/min. Aus den Untersuchungen von

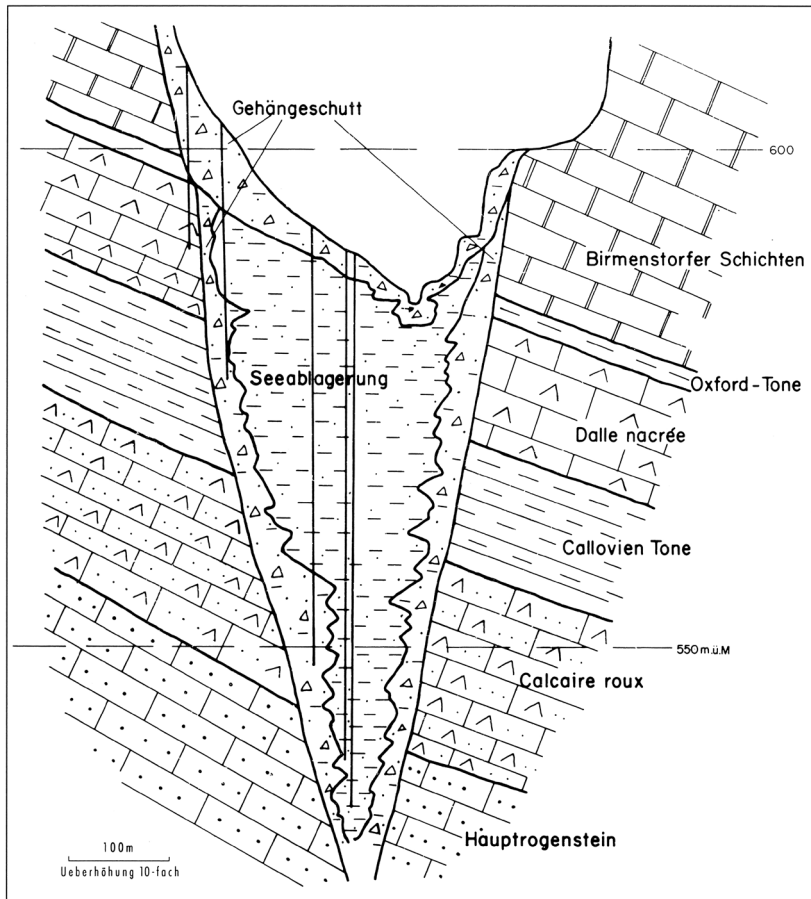


Abb. 11: Querprofil durch das Schüss-Tal in der Klus von Rondchâtel (nach WASSER- UND ENERGIEWIRTSCHAFTSAMT DES KANTONS BERN, 1981d)

RUTSCH et al. (1969) geht hervor, dass die Südflanke des Chasserals mit der Synklinale von Prés d'Orvin teilweise zum Einzugsgebiet der Merlin-Quelle gehört, die Mét. de Prêles hingegen entwässert schon zur Brunnmüli bei Twann. Ein im Jahre 1968 ausgeführter Markierungsversuch mit Sulforhodamin G hat gezeigt, dass der Farbstoff von der Eingabestelle Plans Dessous (Prés d'Orvin) bis zur 7 km entfernten Merlin-Quelle nur 16 Std. benötigte. Dies entspricht einer Abstandsgeschwindigkeit von 437 m/h. Die höchste Farbstoff-Konzentration trat bei einer Geschwindigkeit von 368 m/h auf. Der Farbstoff konnte noch nach 19 Tagen in der Quelle nachgewiesen werden, dabei sind 88.5 % des ausgebrachten Markierungsstoffes in der Merlin-Quelle wieder gefunden worden. Der unterste Abschnitt der Schüss vom Ausgang der Taubenlochschlucht bis zum Bielersee führt über quartäre, feinkörnige Seeablagerungen, in die sich die Schüss ihr Bett eingeschnitten hat und teilweise mit wenig mächtigen Schottern verfüllt hat. Aus diesen besser durchlässigen fluviatilen Ablagerungen lassen sich Wasserfassungen für lokale Bedürfnisse anlegen. Die Wasserscheide in dieser mit Seesedimenten

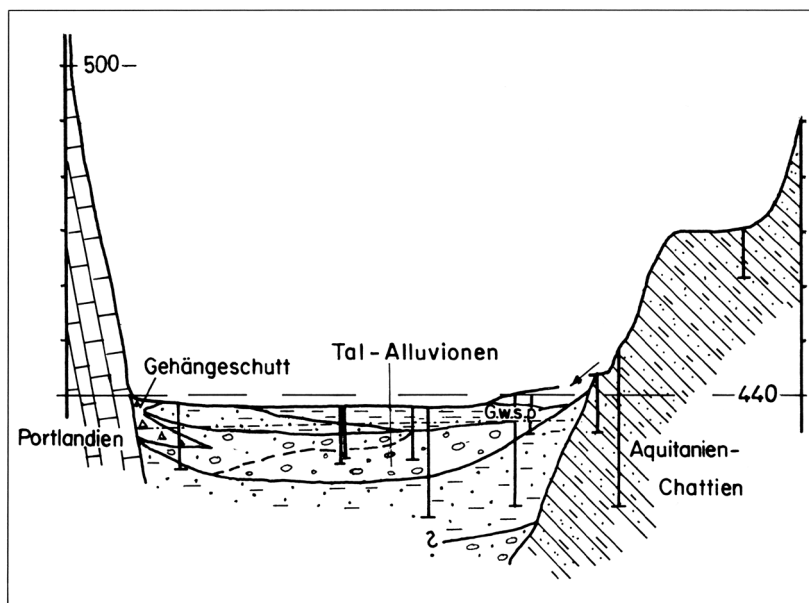


Abb. 12: Hydrogeologisches Querprofil durch das Schüss-Delta bei Bözingen
(nach KELLERHALS & TRÖHLER, 1976)

angefüllten Glazialrinne aus dem Bielersee Richtung Grenchen liegt unmittelbar östlich dem Schüss-Lauf. Das Einzugsgebiet der Schüss fliesst hier Richtung See ab, östlich davon fliesst das Grundwasser aber Richtung Pieterlen um den Bütenberg, um bei Grenchen das Aaretal zu erreichen (Abb. 12).

5.1.6 Dünneren

Auf Blatt Biel ist das Dünnerental bis zur Klus von Balsthal enthalten. Bis Balsthal stellt es ebenfalls ein reines Synklinaltal dar, eingebettet zwischen der Graitery-Kette im N und der Weissenstein-Kette im S. Auch hier besteht die Füllung vorwiegend aus bunten Mergeln der Unteren Süsswassermolasse (USM) mit Einlagerungen von Süsswasserkalken. Diese Tertiärfüllung ist von einer geringmächtigen Moränendecke aus der Zeit der grössten Vereisung und zudem überdeckt von Gehängeschutt. In diese Sedimente hat sich die Dünneren eingeschnitten und alluviale Schotter abgelagert. Hieraus wird in Welschenrohr, Laupersdorf und in Balsthal Grundwasser gefasst.

Ergiebige Karstwasseraustritte entstammen den Malmkalken der Talflanken bei Herbetswil, nördlich von Aedermannsdorf und bei Matzendorf und Laupersdorf. Die meisten dieser Karstquellen liegen in der Südflanke der Graitery-Kette.

In Balsthal wendet sich die Dünneren gegen S und bildet dort die Klus von Balsthal. In dieser Klus entwässern die verkarsteten Malmflanken der Weissenstein-Kette, aber auch ihr Dogger-Kern (Hauptrogenstein), wobei ein Färbversuch gezeigt hat, dass das Einzugsgebiet bis zum Weissenstein reicht.

Zum Einzugsgebiet der Dünneren gehört auch die *Synklinale von Mümliswil* mit dem Guldental und dem Ramiswiler Bach. Sie wird im S durch die Graitery-Farisberg-Kette und im N durch die Passwang-Kette begleitet. Auch hier besteht die Synklinalfüllung aus den Mergeln mit Süsswasserkalken der USM mit Moränen aus der grössten Vereisung. Verbreitet sind Gehängeschutt- und Sackungsmassen aus den Talflanken, die meist über eine gewisse Durchlässigkeit verfügen und deshalb als lokale Wasserreservoir dienen können und solcherart nutzbare Quellen speisen. Der Ramiswiler Bach entwässert als Mümliswiler Bach durch die Klus von Mümliswil in Richtung Balsthal–Dünnerental und sammelt Karstwässer aus der Graitery-Farisberg-Kette.

5.2 Einzugsgebiet des Doubs

5.2.1 Das Tal des Doubs

Das Einzugsgebiet des Doubs gehört dem zum Mittelmeer hin entwässernden System der Saône und Rhône an. Es steht somit hydrographisch nicht mit der Aare oder der Birs in Verbindung, die beide zum Rhein hin und damit zur Nordsee ausgerichtet sind. Auf Blatt Biel ist im NW-Quadranten lediglich ein kleiner Teil des Einzugsgebietes des Doubs vorhanden. Es ist charakterisiert durch das tiefe Einschneiden des Doubs in den Faltenjura. N von La Chaux-de-Fonds ist der Doubs ca. 400 m tief eingeschnitten, N von St-Brais sind es 500 m und erreicht bei St-Hippolyte 600 m gegenüber dem südlich gelegenen Plateau.

Für den Doubs sind ferner die mehrfachen Richtungswechsel in seinem Lauf charakteristisch. Sie sind nur durch ein Einschneiden in den sich allmählich aufwölbenden Faltenjura erklärbar. Auf Blatt Biel fliesst der Doubs zunächst aus dem französischen Plateaujura kommend in NE-Richtung bis St-Ursanne um dort rasch in W-Richtung umzubiegen und solcherart die nach E abtauchende Antiklinale des Clos du Doubs zu umfliessen, die ja im Gebiet von Les Rangiers zur Caquerelle-Kette hin abtaucht. W von St-Hippolyte verlässt der Doubs das Blatt Biel, biegt dann aber rasch nach N um und streift das Blatt Biel in seiner äussersten NW-Ecke gerade nochmals, dort aber ein sanfteres, breiteres Tal bildend. Zur Genese ist zu bemerken, dass sich der Doubs heute möglicherweise aus mehreren, einst getrennten Flüssen zusammensetzt, die ursprünglich eine Anlage gegen S oder SW aufgewiesen haben, dann aber von der durch die Burgunder Pforte fliessenden Ur-Aare-Saône miteinander verbunden worden sind. Während nun die Aare zu Beginn des Pleistozäns in den Rheingraben umgeleitet worden ist, bildete sich in der Burgunder Pforte eine Wasserscheide heraus und der Doubs erhielt seinen eigenständigen Lauf zur Saône hin (LINIGER, 1966).

Diese Epigenese muss natürlich auch im Zusammenhang mit der Jurafaltung gesehen werden und geht davon aus, dass der Doubs antezedente Abschnitte aufweist. Auf diese Art lassen sich seine grosse Eintiefung und die Querung zahlreicher Antiklinalen deuten, doch bleiben hierzu noch zahlreiche Fragen offen (siehe auch MONBARON, 1975). Jedenfalls ergibt sich aus dieser Situation die Tatsache, dass der Doubs eine tiefe Karstentwässerung der begleitenden Plateaus erlaubt.

Zum Tal des Doubs selbst ist zu bemerken, dass es in seinem ersten Abschnitt vom Blattrand weg zunächst sehr eng eingeschnitten ist und auch über Felsschwellen fliesst. Ab Goumois abwärts fehlen solche Felsschwellen. Es ist stets ein alluvial geschütteter Talgrund vorhanden, der da und

dort die Anlage kleinerer Grundwasserfassungen ermöglicht (z. B. St-Ursanne). Dieses Grundwasser steht meist auch mit dem Felsgrundwasser in den angrenzenden Kalken in hydraulischem Zusammenhang. Stets aber sind von den steilen Talflanken her kleinere und grössere Gehängeschuttkegel vorhanden und ebenso Rutschungen und Sackungen, wobei auch diese etwas Wasser führen können und das Austreten von Quellen ermöglichen.

Im letzten Doubsabschnitt in der NW-Ecke des Blattes Biel, der bereits dem Tafeljura angehört, findet sich im Doubstal ein fluvial geschüttetes Schotterbett mit Grundwasser, das genutzt werden kann.

5.2.2 Freiberge (Franches-Montagnes)

Das dem Faltenjura angehörige Plateau der Freiberge ist ein vorwiegend abflussloses Gebiet. Die Entwässerung erfolgt unterirdisch über die weit verbreiteten Dolinen und durch die direkte Versickerung in die Kalkformationen des Juras. Die Karstentwässerung ist weitgehend auf den Doubs ausgerichtet, wie die zahlreichen Markierungsversuche nachweisen (siehe Karte). Die Reichweite dieses Karstes geht über das orographisch auf den Doubs ausgerichtete Einzugsgebiet hinaus und stimmt somit nicht mit der heutigen Topografie überein. Besonders deutlich wird dies in den Gebieten von Les Breuleux und von Montfaucon, wo aber auch unterirdische Abflüsse in Richtung Sorne bei Undervelier (Birs-Einzugsgebiet) festgestellt worden sind.

Zu den markanten Quellen im Tal des Doubs, die aus den Freibergen gespeist werden, gehören die zahlreichen Resurgenzen oberhalb von Biaufond und von Biaufond selbst mit einem Einzugsgebiet, das vor allem von der Umgebung von La Chaux-de-Fonds gespeist wird. Das Wasser der Umgebung von Les Breuleux tritt in der Karstquelle von Le Theusseret aus, während das Gebiet von Montfaucon nach der Quelle Les Moulins bei Soubey abfließt. Weitere starke Karstwasseraustritte finden sich dem Doubs entlang und in seinen Flanken im Doubs-Knie von St-Ursanne.

5.2.3 Plateau von Maîche

Das vom Doubs umflossene Plateau von Maîche weist eine mit den Freibergen vergleichbare hydrogeologische Situation auf. Über weite Gebiete fehlt ein oberflächlicher Abfluss. Die unterirdische Entwässerung scheint weitgehend nach N ausgerichtet zu sein, zur Hauptsache auf die grosse Karstquelle unterhalb von Mouillevillers am Dessoubre, der gerade

noch in seinem untersten Teil vor seiner Einmündung in den Doubs bei St-Hippolyte auf Blatt Biel erscheint. Ihr Einzugsgebiet reicht bis Damp-richard und über Charquemont südwärts, von wo aus der Abfluss in den südlichen Teil des Doubs eigentlich näher gelegen wäre. Die über 200 m tiefere Lage des Doubs bei St-Hippolyte scheint aber bis hierher wirksam zu sein.

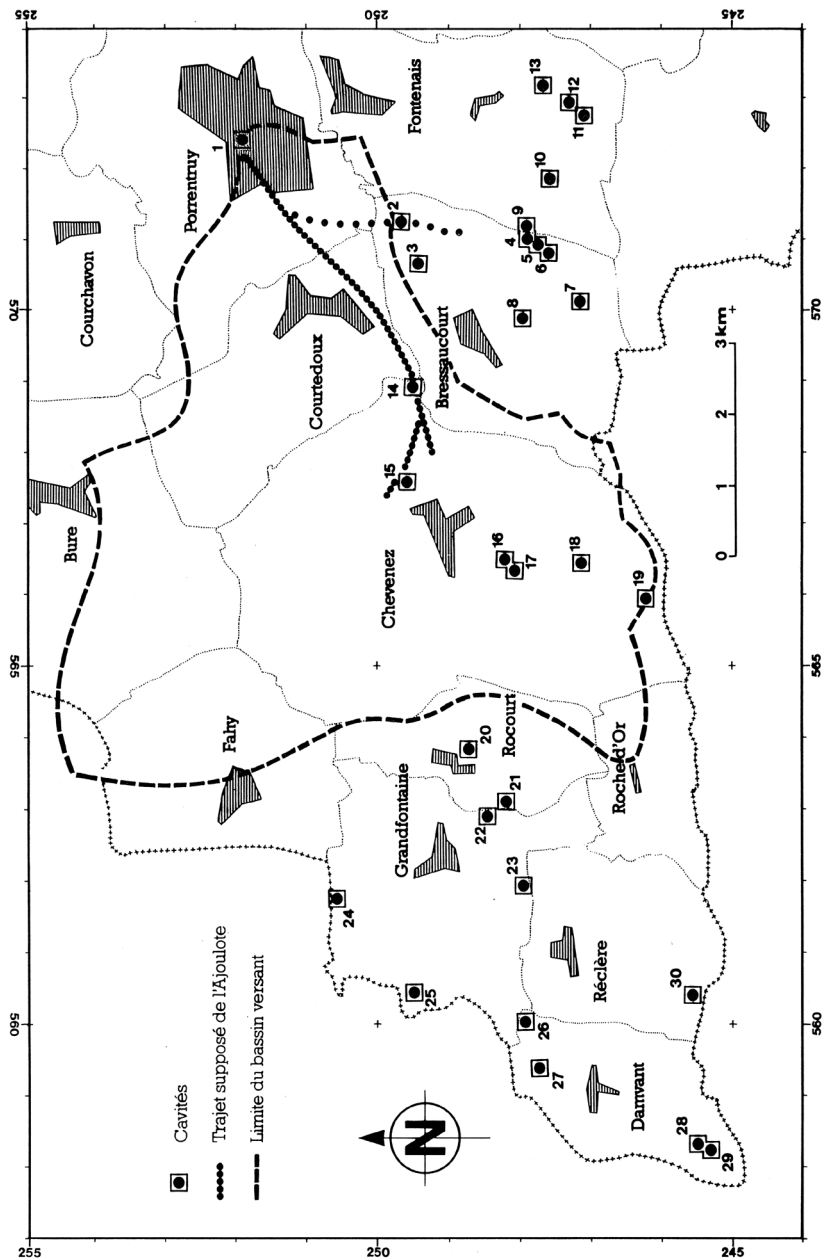
In diesen südlichen Teil des Doubs entwässert hingegen die Umgebung von Ferrières-le-Lac und Fessevillers, wo sich N von Goumois eine der wenigen grossen Karstquellen auf der Südseite des Plateaus von Maiche befindet.

5.2.4 Ajoie

Die Ajoie gehört mit dem westlich anschliessenden französischen Gebiet bis zum Doubs bei Mathay zum Tafeljura, auf den der Faltenjura entlang der Mont Terri-Linie nordwärts aufgeschoben ist. Die Unterlage dieser Tafel wird von den Kalken des Malm (vorwiegend Kimmeridgien und Oxfordien) gebildet, in denen einige Grundwasserstauer eingeschaltet sind: Natica-Schichten (Oxfordien), Pterocera- und Virgula-Mergel (Kimmeridgien). Sie wird teilweise noch von geringmächtigen tertiären Ablagerungen (Oligozän und Pliozän) sowie auf den Plateaus verbreitet von Löss und Lehm überdeckt. Die dieses Gebiet entwässernden Flüsse (Doubs bei Mathay, Allaine und Vendline) haben sich in das Plateau eingeschnitten, so dass teilweise steile Talränder mit kalkigen Talflanken bestehen. Der Karstwasserspiegel der südlichen und östlichen Umrandung stellt sich auf die Durchtalung der Tafel ein. Nur die Allaine von Porrentruy an abwärts weist kiesige Alluvionen auf, in welchen nutzbares Grundwasser vorhanden ist, welches auch mit den Kalken der Felsunterlage kommuniziert. Entsprechende Fassungen sind bei Porrentruy, Courtemaiche und Boncourt vorhanden. Zahlreiche, auch grosse Quellen, treten im Grenzgebiet Faltenjura–Tafeljura aus.

Abb. 13: Einzugsgebiet der unterirdischen Ajoulote mit der Beuchire-Quelle in Porrentruy (nach GIGON & WENGER, 1986; Inventaire spéléologique de la Suisse, I, Canton de Neuchâtel, überarbeitet und ergänzt durch Office des eaux et de la nature, St-Ursanne, 1993)

1. Source de la Beuchire. 2. Trou de Mavaloz. 3. Nouveau trou de Mavaloz. 4. Grotte de Vaberbin. 5. Grotte du Ru de Vaberbin. 6. Bâme aux Pirôtas. 7. Trou de Sous les Laives. 8. Trou soufflant de la Côte Chété. 9. Creux de Prescendaine. 10. Gouffre de l'Ascension. 11. Gouffre de Brère. 12. Trou des Gez. 13. Grotte en Lai Noire. 14. Creugenat. 15. Creux des Prés. 16. Abri 1 de la Combe ès Féés. 17. Abri 2 de la Combe ès Féés. 18. Gouffre de Sur les Roches. 19. Gouffre de Sous les Roches. 20. Puits des Raies. 21. Grotte des Novas. 22. Gouffre de Vagégon. 23. Gouffre de la Queue au Loup. 24. Gouffre de la Schefferie. 25. Trou du Bois de Vadavon. 26. Gouffre du Pré Pétusat. 27. Gouffre du Perchet. 28. Gouffre 1 du Bois de Vaux. 29. Gouffre 2 du Bois de Vaux. 30. Grottes de Réclère



Die Entwässerung dieses Gebietes ist stark durch die Verkarstung geprägt. Die Oberflächenentwässerung beschränkt sich auf die oben genannten Flüsse; es sind abflusslose Gebiete zu verzeichnen, vor allem zwischen Porrentruy, Bure und Fahy und bei Damvant.

Die Ajoie und ihre verschiedenen Teilbecken sind mehrfach Gegenstand von Detailuntersuchungen gewesen (LIÈVRE, 1939; SCHWEIZER, H.U., 1970; INVENTAIRE SPELEOLOGIQUE DE LA SUISSE, II, CANTON DU JURA, 1986). Kürzlich hat nun das Office des eaux et de la protection de la nature du Canton du Jura eine hydrogeologische Karte der Ajoie herausgegeben (GRETILLAT, LIÈVRE & FERNEX, 1992), die aus einem umfangreichen Bericht hervorgegangen ist, der verschiedene Arbeiten enthält (u. a. LIÈVRE.; FERNEX & GRETILLAT, 1992).

Das Plateau der Ajoie weist zahlreiche spektakuläre Beispiele für eine Karstentwässerung auf: Der Fall der Ajoulote (Abb. 13) ist besonders interessant: in normalen Zeiten ist die Ajoulote ein gänzlich unterirdischer Fluss, der in der Beuchire-Quelle an die Oberfläche austritt. Ihr Erguss liegt zwischen 80–2000 l/s. Das «Trockental» der Ajoulote beginnt an der französischen Grenze bei Damvant und vereinigt sich in Porrentruy mit der Allaine. Sie weist keine Spuren eines ganzjährigen Abflusses auf. Dennoch bildet die «estavelle» des Creugenat, etwa in der Mitte gelegen, bei Schneeschmelze oder bei starken Regenfällen die Austrittsstelle eines periodischen Flusses mit einer Wasserführung bis zu 30 m³/s, der dem Tal in offenem Bett bis nach Porrentruy folgt und dort die Allaine speist. Bei schwachen Abflüssen kann es vorkommen, dass das Wasser unterwegs bis Porrentruy wieder gänzlich versickert.

Im Oberlauf bei Rocourt versickertes Wasser hält sich nicht an die Oberflächentopografie, sondern fliesst zwei verschiedenen Austrittsstellen zu: teilweise gegen NW bis zur Quelle der Doue auf französischem Gebiet (30–3200 l/s Erguss) und gegen SW zur Quelle der Ronde-Fontaine in Montjoie am Ufer des Doubs. Was die Wasser von Grandfontaine anbetrifft, so fliessen sie zur Doue-Quelle und jene von Damvant und Réclère in Richtung der Quelle Ronde-Fontaine.

5.3 Einzugsgebiet der Birs

5.3.1 Vallée de Tavannes

Über die hydrogeologischen Verhältnisse des obersten Abschnittes des Birslaufes, der Vallée de Tavannes, gibt die Arbeit des Büros B. SCHINDLER, 1977, Auskunft. Zu diesem Teil gehört das Einzugsgebiet der Birs oberhalb der Klus von Court mit dem Einzugsgebiet des Ruisseau de Chaluët, der die Birs unterhalb von Court erreicht. Es handelt sich um ein W-E ausgerichtetes Tal, das geologisch einer Synklinale (Mulde von Court) mit teilweise kompliziertem Bau (Chaluët) folgt. Es ist gekennzeichnet durch Talflanken, die von den Kalken des Malm eingenommen werden, und einer Talfüllung aus tertiären Mergeln, Sanden und Sandsteinen (Oligozän-Miozän).

Während die Kalkgebiete wie überall im Jura durch Karstphänomene gekennzeichnet sind und deshalb weitgehend unterirdisch entwässert werden mit Überlaufquellen an der Grenze Malm/Tertiär oder Karstquellen in den Klusen, finden sich in dem weniger bis schlecht durchlässigen Tertiär zahlreiche Quellen, die aber meist ein kleines Einzugsgebiet aufweisen.

Der Oberlauf der Birs wird von Schottern gesäumt, deren zeitliche Einordnung unklar ist. Sie führen Grundwasser, sind jedoch wenig mächtig und nur mässig durchlässig, ausser bei Malleray-Bévilard und unterhalb von Reconvilier. Die Talflanken sind ferner von Gehängeschutt begleitet, der teilweise gut durchlässig ist (Kalkschutt) und zahlreiche Quellen speist. Sie erhalten wohl Zufluss aus den verkarsteten Malmantiklinalen. Alle bedeutenderen Quellen sind gefasst und für Trinkwasserversorgungen genutzt.

Die *Birs-Quelle* an der Pierre Pertuis bei Tavannes, dem Beginn des Birslaufes, ist die grösste Quelle des ganzen Tales. Sie entspringt als Karstquelle in den Malmkalken im Bereich der Ablösung der Antiklinale der Montagne du Droit im W und des Montoz im E. Die Markierungsversuche haben nachgewiesen, dass von W her Zuflüsse bis aus dem Gebiet der Gemeinde Mont-Tramelan und vom Montoz her vorhanden sind.

Die mittlere Schüttung der Quelle lag in den Jahren 1974–76 bei rund 20 m³/min; Q_{min} wird mit 10.5 m³/min (2.–4.7. 1976) und Q_{max} mit 43.2 m³/min angegeben (SCHINDLER, 1980). Hieraus ergibt sich ein Variabilitätsindex von 4.1, was für eine Karstquelle ausserordentlich niedrig ist.

Nicht das ganze orographische Einzugsgebiet der Vallée de Tavannes entwässert in das Einzugsgebiet der Birs. Durch Färbversuche sind Abflüsse ins Vallon de St-Imier oder in die Quelle La Foule bei Moutier belegt. Ebenso entzieht der Grenchenberg-Tunnel dem Gebiet der Mulde von Court Karstwasser (siehe BUXTORF & TRÖSCH, 1917), das nach Grenchen ausfliesst.

Zur Erkundung der Nutzungsmöglichkeit des Karstwassers in der Mulde von Court sind im Vallée de Tavannes mehrere Tiefbohrungen niedergebracht worden (Tavannes, Tramelan, Le Fuet und Pontenet). Die Bohrung von Tavannes ist auf eine Leistung von 2000 l/min. ausgebaut worden (briefl. Mitteilung Dr. P. KELLERHALS, 7. 4. 1992). Die Bohrung bei Pontenet, –485 m tief in einer flachen Sekundärantiklinale der Nordflanke des Montoz gelegen, wird ebenfalls genutzt (SCHINDLER, 1980, und KELLERHALS, 1993, pers. Mitteilung). Bei Reconvilier wurde 1993 eine zusätzliche Bohrung bis –495 m abgeteuft, eine Wasserentnahme in der Grössenordnung von über 2000 l/min scheint möglich und ist für 1994 vorgesehen (KELLERHALS, 1993, pers. Mitteilung).

5.3.2 Abschnitt Court–Moutier–Choindez–Courrendlin

Dieser Abschnitt ist gekennzeichnet durch einen S–N-Verlauf der Birs und durch die daraus resultierende Tatsache, dass zahlreiche Antiklinalen in Klusen und Synklinalen gequert werden. Nur kurze Teilstücke können als Synkinal-Abschnitte bezeichnet werden (Moutier). Im Kern dieser Antiklinalen ist jeweils der Dogger angeschnitten, bei Roches die Schichtreihe bis zum Keuper. In den zwischenliegenden Synklinalen finden sich wiederum vorwiegend mergelige Tertiärsedimente. Meist weisen die Synklinalen einen komplizierten Bau auf, weil die Antiklinalen nordwärts auf die Synklinalen aufgeschoben sind.

Im Tal von Moutier, aber auch an einigen anderen Stellen (La Verrerie S Choindez etc.) sind Schottervorkommen vorhanden. Ihr Grundwasser wird oberhalb von Moutier im Mündungsgebiet des Petit Val (von Perrefitte her) genutzt.

Die Morphologie dieses Abschnittes wird durch die Klusen mit der typischen Wechsellagerung Kalk/Mergel-Ton geprägt. Der tiefe Einschnitt der Birs in die Gewölbe erlaubt deren Karstentwässerung zur Birs. So finden sich immer wieder grössere Karstquellen, wobei sie in der Regel aus den Malmkalken stammen und nur untergeordnet aus dem Haupttrogenstein, der in diesem Teil des Juras eine beschränkte oberflächliche Exposition besitzt.

Zu den bekannten, grossen Karstquellen in der Umgebung von Moutier gehört die Quelle La Foule am Ostende der abtauchenden Moron-Antiklinale. Für die Wasserversorgung von Moutier sind hier mehrere Sondier- und Produktionsbohrungen abgeteuft worden, z. T. bis in 558 m Tiefe (MORNOD et al., 1970). Die Speisung dieser Fassungen umfasst die ganze Moron-Antiklinale und dürfte westwärts bis in das Gebiet von Bellelay reichen.

Die *Raus* folgt der tertiärgefüllten Mulde von Moutier. An den Flanken finden sich die Malmkalke, z. T. von gut durchlässigem Gehängeschutt begleitet. Das obere Einzugsgebiet der Raus reicht nach S in die Antiklinalen des Graitery und des Weissenstein hinein. Gänsbrunnen selbst liegt in der E-Fortsetzung der Mulde von Court und leitet zur Synklinale des Dünnerntales über.

5.3.3 Becken von Delsberg

Das Becken von Delsberg stellt einen rautenförmigen, von der Jurafaltung nur wenig beeinflussten Körper inmitten des Faltenjuras dar. Die W-E-Erstreckung beträgt rund 20 km, die Breite rund 5 km, verjüngt sich aber gegen Osten. Es wird durch zwei Querfalten (von Viques und von Develier) in drei Teilbecken gegliedert (SUTER, 1978). Die Birs quert das Becken im mittleren Teil in S-N-Richtung. Der tiefere Untergrund besteht aus der mesozoischen Schichtfolge bis zu den Kalken des Kimmeridgien. Es folgt die Überlagerung durch das Tertiär (Eozän bis Miozän) mit Mergeln, Süßwasserkalken, Sandsteinen, Konglomeraten und Sanden. Die Tertiärmächtigkeiten erreichen im Beckeninneren teilweise mehr als 150 m.

Das Delsberger Becken enthält ausgedehnte quartäre Schottervorkommen. Die Birs selbst ist jedoch von Courrendlin bis ins Zentrum des Beckens in tertiäre Mergel und Sande eingetieft. Die Schotter der Birs sind deshalb bis in die Gegend von Courroux drainiert und sind zur Kiesgewinnung benutzt worden. Die Kiesgruben werden nun aufgefüllt. Im Nordteil des Beckens richtet sich das in den Schottern der Birs zirkulierende Grundwasser auf den Flusswasserstand in der Birs aus. Gleiches gilt für die Alluvionen der Nebenflüsse Sorne und Scheulte. Die Schottermächtigkeiten sind gering, so dass nur mit wenigen Metern Grundwasser gerechnet werden kann. Neben kleineren privaten Fassungen bezieht die Stadt Delémont aus Pumpwerken bei Les Rondez Trinkwasser. Der Horizontalfilterbrunnen Le Rondez I besitzt eine Entnahmekonzession von 2200 l/min. und jener von Le Rondez II von 1500 l/min. Insgesamt können aber in Trockenperioden nicht mehr als 2400 l/min. gefördert werden. Die Fassungen ziehen Uferfiltrat aus der Birs an und sind deshalb durch Verunreinigungen der Birs gefährdet.

In letzter Zeit hat die Stadt Delémont in 3 Bohrungen von 414–432 m Tiefe zwischen Delémont und Rossemaison gespanntes Felsgrundwasser aus den Malmkalken des Beckenuntergrundes erschlossen (Abb. 14). Es konnten bei einer Absenkung von rund 90 m bis zu 1700 l/min. gefördert werden. Das Wasser wies in Tiefen zwischen 350–400 m

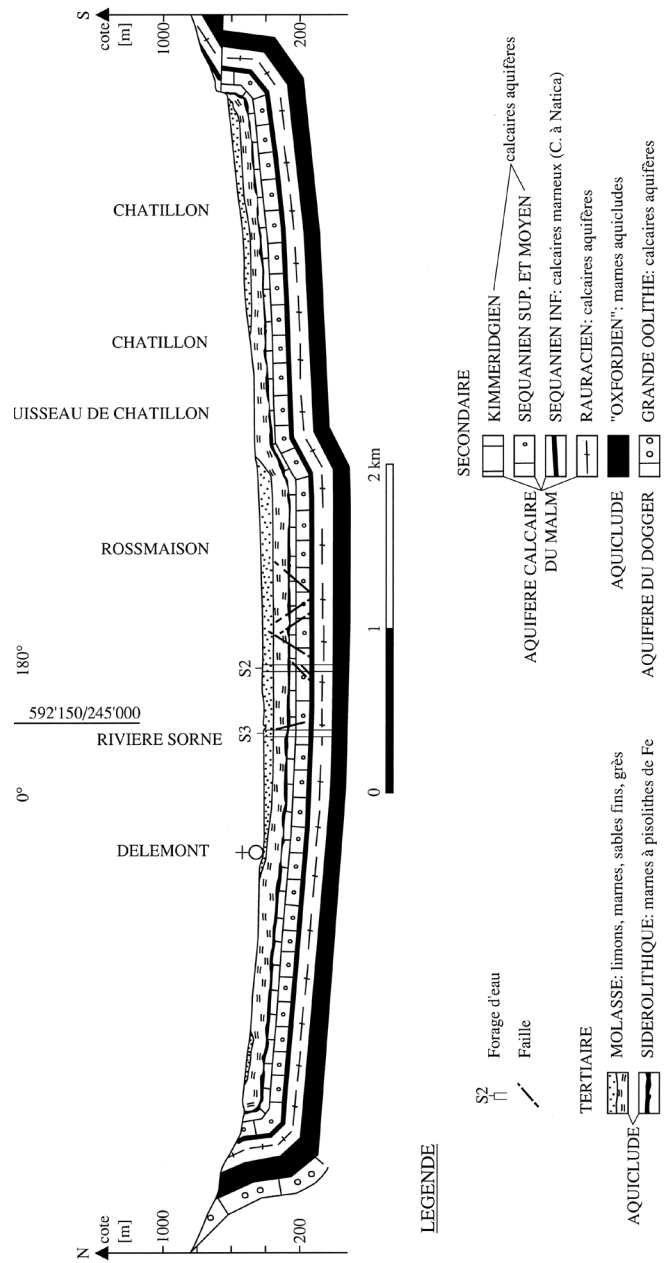


Abb. 14: Geologisches Profil durch das Becken von Delsberg mit den Felsgrundwasserbohrungen S2 und S3. (nach FLURY et al. 1991)

Temperaturen zwischen 22.3–22.6 °C auf (FLURY et al., 1991). Am Beckenrand entspringen aus den Malmkalken z. T. ergiebige Karstquellen. Die grösste davon ist die Quelle von La Doux in Delémont (592.770 / 246.410). Eine weitere typische Karstquelle entspringt in Recolaine. Auch dem Becken-Südrand entlang gibt es zahlreiche grössere und kleinere Karstwasser-Austritte.

5.3.4 Tal der Scheulte

Kurz vor Erreichen des Nordrandes des Delsberger Beckens münden zwei Zuflüsse in die Birs, die im wesentlichen das Delsberger Becken und seine Randgebiete entwässern. Es sind dies, von Osten kommend, La Scheulte oder Scheltenbach und von Westen her die Sorne.

Die Scheulte entspringt im Kerngebiet der Passwang-Antiklinale in der Umgebung des Scheltenpasses, der hinüber in die Mulde von Mümliswil führt. Sie folgt sodann der dem Passwang-Gewölbe vorgelagerten Mulde gegen Westen und quert vor dem Eintritt in das Delsberger Becken in einer engen Klus die abtauchende und quergestellte Trogberg-Antiklinale, die den östlichen Abschluss des Delsberger Beckens bildet. In diesem untersten Teil sind einige wenige grössere Karstquellen zu verzeichnen, ansonsten finden sich hier lediglich Quellen mit lokalen Einzugsgebieten, wie es dem raschen Wechsel von durchlässigen und undurchlässigen Gesteinen inmitten einer komplizierten Tektonik entspricht.

Mit dem Eintritt ins Val Terbi, wie dieser Ostabschnitt des Delsberger Beckens genannt wird, weitet sich das bis anhin enge Tal der Scheulte; der Untergrund besteht nun aus der tertiären Füllung des Beckens. Die Alluvionen sind aber durchwegs stark lehmig und schlecht durchlässig, erst nach dem Zusammenfluss mit dem Gabiare bei Recolaine sind verbreitet Schotter vorhanden. Die geringe Schottermächtigkeit hat aber eine grössere Grundwassernutzung verhindert. Im untersten Abschnitt bei Rondez (Delémont) erfolgen die Infiltrationen in das dort gefasste Grundwasser.

Der wichtigste Zufluss der Scheulte ist der *Gabiare*, der von S her aus dem Gebiet von Seehof in der Mulde zwischen Graitery- und Raimeux-Passwang-Kette entspringt und sich durch die Klusen von Envelier (Raimeux-Antiklinale) und von Vermes (Tiergarten-Vellerat-Kette) einen Abfluss gegen N geschaffen hat. Auch hier ist eine Karstentwässerung aus den Malmkalk-Flanken vorherrschend.

5.3.5 Tal der Sorne

In Delémont fliesst von W her die Sorne der Birs zu und mündet nur etwa 1 km unterhalb der Scheulte in die Birs. Sie nimmt ihren Ursprung in der Gegend von Bellelay, fliesst zunächst in der Synklinale von Sornetan–Souboz, der W-Fortsetzung der Mulde von Moutier, ostwärts und wendet sich dann nach N, um durch zwei grosse Klusen das Delsberger Becken zu erreichen.

Der Karstabschnitt der Klusen von Undervelier (Gorges-du-Pichoux = Raimeux-Antiklinale und Klus von Les Forges = Vellerat-Antiklinale) ist von MONBARON (1975) ausführlich beschrieben worden. Der wichtigste Karstwasseraustritt in der Gorges-du-Pichoux sind die Blanches Fontaines 1 km S von Undervelier. Der durchschnittliche Erguss dieser Quelle liegt bei $1.25 \text{ m}^3/\text{s} = 75 \text{ m}^3/\text{min}$. Das Einzugsgebiet reicht westwärts bis an den Rand der Freiberge (Fornet Dessus, Lajoux) und südwärts bis nach Bellelay (La Bottière) und in den Nordschenkel der Moron-Antiklinale. Ein Tracer-Versuch in der Bottière vom 1. März 1959 mit Fluoreszein hat eine Fliessgeschwindigkeit zu den Blanches Fontaines von $\approx 109 \text{ m/h}$ ergeben (Distanz 5050 m, Dauer 45.5 h, Gefälle 6.6%). Der Markierungsversuch im Gouffre von Lajoux bei Fornet Dessus mit Fluoreszein vom 27. 4. 1973 hat eine maximale Fliessgeschwindigkeit von 270 m/h ergeben (Distanz 5.4 km, Dauer 20 h, Gefälle 7.1 %).

Im Delsberger Becken selbst trägt die Sorne zu den Grundwasservorkommen in den geringmächtigen Schottern in der Umgebung von Bassecourt bei. Diese werden in einzelnen Fassungen genutzt.

5.3.6 Birstal Soyhières–Zwingen

Der Birslauf weist in diesem Abschnitt kürzere nordwärts weisende Abschnitte auf, die meist Klusen in Jurafalten entsprechen, abgelöst durch ostwärts gerichtete Abschnitte, die in Synklinalen oder aber in weichen Kombenzonen der Oxfordtone liegen.

Bei *Soyhières* ist die Birs in jüngster Zeit vor allem im Interesse eines Hochwasserschutzes korrigiert worden. Von Delémont abwärts ist die Birs nun, von wenigen Ausnahmen abgesehen, stets von Schottervorkommen begleitet. Das Birstal quert hier in einer relativ breiten Klus die Vorbourg-Antiklinale.

Die Schottermächtigkeit beträgt südlich von *Liesberg* links der Birs rund 5 m, rechts der Birs 6–7 m und besteht aus groben, sandreichen, sauberen Birskiesen (Abb. 15). Bei *Liesberg* weisen die Birsschotter Durchlässigkeitsbeiwerte von $1.5\text{--}7.5 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ auf. Die maximale Fliessgeschwindigkeit wurde mittels Markierungsversuch mit 50 m/Tag

ermittelt. Eine Überschwemmungsgefahr ist durch eine Korrektur der Birs gebannt. Die Anreicherung des Schottergrundwassers erfolgt durch Zuflüsse aus den Kalkflanken (hier vor allem Haupttrogenstein) der Movelier-Antiklinale. Oberhalb Niederriederwald dürfte die Birs mehrheitlich infiltrieren, während vor der Umbiegung des Birslaufes nach NE und Querung der abtauchenden Movelier-Antiklinale Grundwasser in die Birs übertritt. Die Nutzung dieser Grundwasservorkommen erfolgt sowohl für Trinkwasser wie auch für Brauchwasser der dortigen Industrie und Gewerbebetriebe.

Östlich von Liesberg ist beim Cholplatz ein grundwasserhöffiges Feld zu erwarten. Nach geoelektrischen Sondierungen sind die Alluvionen dort 5–13 m mächtig. Über den Schottern lagern sandig-siltige Deckschichten. Ein hydraulischer Zusammenhang des Schottergrundwassers mit dem Felsgrundwasser in den Malmkalken wird vermutet.

Bis unterhalb der *Station Bärschwil* säumen nur unbedeutende, junge Schottervorkommen den Birslauf. 250 m E der Station Bärschwil fließt die Birs über den Schichtköpfen der Korallenkalken des mittleren Oxfordien.

Ein weiteres Feld mit nutzbarem Grundwasser findet sich in der breiten Klus durch die Bueberg-Antiklinale S von *Laufen*. In jungen, meist sauberen Talauenschottern zirkuliert Grundwasser mit einer Mächtigkeit von <8 m mit einem Durchlässigkeitsbeiwert von $2.3\text{--}6.7 \times 10^{-3}$ m/s. Die Grundwasserspiegel liegen um 358 m ü. M. Die Speisung erfolgt weitgehend durch unbehinderte Birsinfiltration. Zudem fließt Wasser aus den gut durchlässigen kalkigen Abschnitten der Felsunterlage zu. Beim Stauwehr vor *Laufen* und im Städtchen von Laufen selbst treten im Birsbett wiederum die Malmkalken (Mittlerer Malm) an die Oberfläche. Die tiefste, von Schottern angefüllte Durchtalung liegt hier auf der Ostseite der Birs. Die hydrogeologischen Parameter entsprechen denen in den übrigen Talabschnitten. Die Schottermächtigkeiten erreichen 12 m; entsprechend nehmen auch die Grundwassermächtigkeiten zu. Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen Schotter- und Felsgrundwasser in den Malmkalken.

Bei Zwingen verbreitert sich das schottergefüllte Tal (Abb. 16). Es ist eine breite, ca. 12–15 m mächtige Schotterrinne vorhanden. In Zwingen selbst fällt die Birs am nördlichen Talrand wiederum über eine Felsschwelle in den Malmkalken. Stark witterungsabhängige Zuflüsse erfolgen unterirdisch aus den verkarsteten Talflanken. Weitere Zuflüsse stammen aus den Seitentälern der Lützel und der Lüssel, wobei im Bereich der Lüsselmündung Grundwasseraustritte zu beobachten sind, die aus dem Felsgrundwasser stammen müssen, das von der Lüssel zwischen Birsloch und Zwingen gespeist wird.

Unterhalb von Zwingen liegt das Pumpwerk Widen (Abb. 17) und nutzt das Birstal-Grundwasser für die Regionalwasserversorgung Birstal-Thierstein. Zwischen Laufen und Zwingen sind mehrere Industriewasser-Fassungen vorhanden, die teilweise mit künstlicher Grundwasser-Anreicherung arbeiten.

Das Birstal-Grundwasser ist im allgemeinen hart und weist infolge Infiltration von organisch belastetem Birswasser eine teilweise ungenügende Sauerstoff-Sättigung auf. Eine Behandlung des Grundwassers (Belüftung, Entkeimung) ist vor der Verwendung als Trinkwasser im Allgemeinen nötig. Eine schützende, wenig durchlässige Deckschicht ist meist nicht vorhanden. Die Grundwassertemperatur schwankt zwischen 8–12 °C.

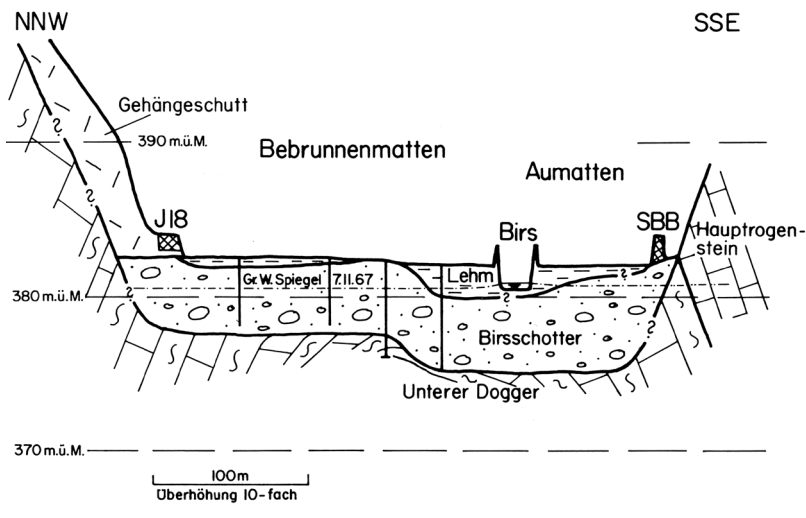


Abb. 15:Hydrogeologisches Querprofil durch das Birstal bei Liesberg.

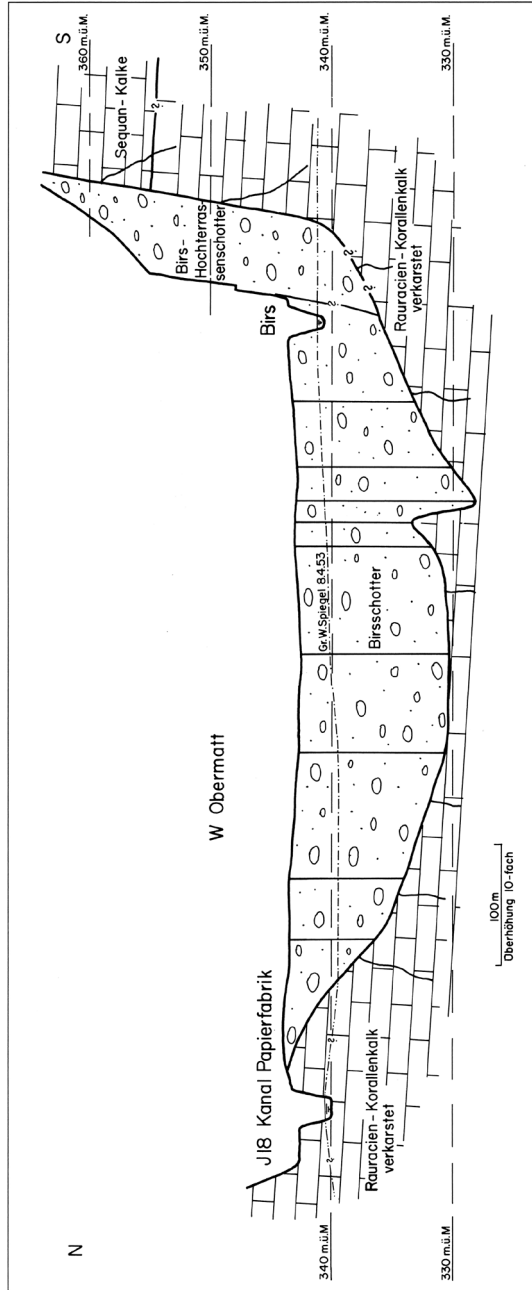


Abb. 16: Hydrogeologisches Querprofil durch das Birstal oberhalb von Zwingen (Papierfabrik, Ordinate 606.480).

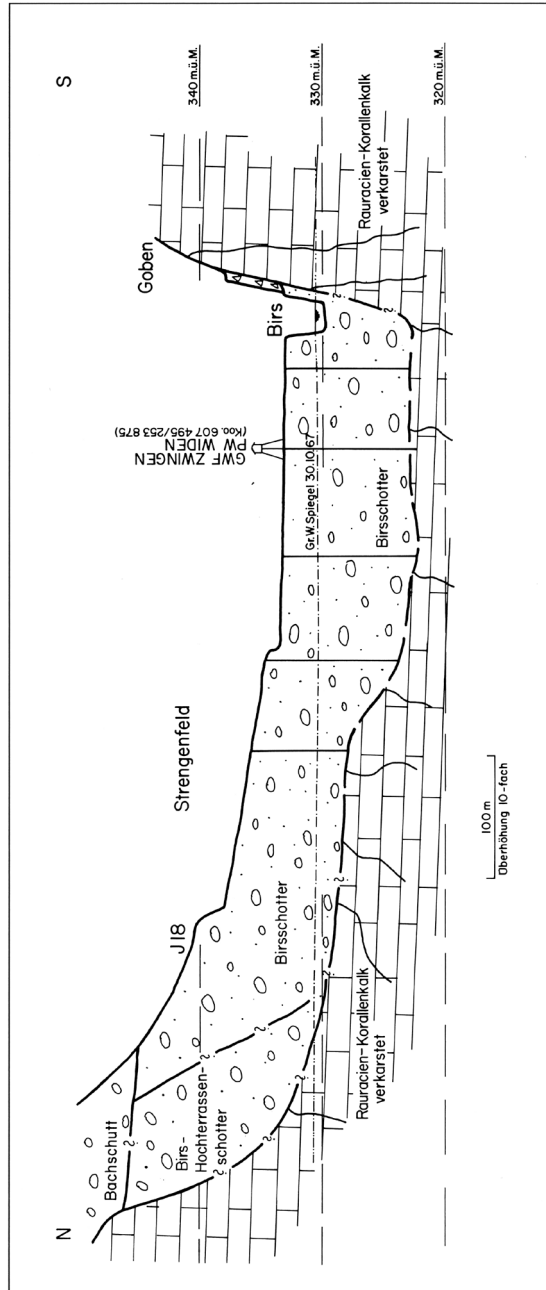


Abb. 17: Hydrogeologisches Querprofil durch das Birstal in den Widen unterhalb von Zwingen (Ordinate 607.500).

5.3.7 Lützeltal

Knapp oberhalb von Laufen mündet die Lützel, von W her kommend, in die Birs. Sie nimmt ihren Ursprung in der Nähe von Pleigne, fliesst zunächst als Bief de la Côte de Mai westwärts, umfliesst bei Lucelle die abtauchende Movelier-Kette und folgt nun als Lützel der Synklinale zwischen Bueberg-Kette im S und der Blochmont- und Blauenkette im N. Ihr Einzugsgebiet wird im wesentlichen durch die Malmkalke beherrscht, so dass sie durch etliche, meist aber unbedeutende Karstquellen gespeist wird. Zwei Karstquellen, beide gefasst, sind aber doch als ergiebig einzustufen: Kächbrunnen, Röschenz = ca. 900 l/min. (11. 12. 1978) und Lützelquelle, Röschenz = 650 l/min. (11. 12. 1978). Wo die Lützel aber selbst über den anstehenden Felsuntergrund fliesst, so z. B. unterhalb der Mühle von Röschenz, infiltriert sie wieder in den Felsuntergrund. Die Grundwasserfassung von Röschenz (= Lützelquelle), zwar im Talgrund gelegen, profitiert aber direkt von dieser Versickerungsstelle, wie im Färbversuch nachgewiesen werden konnte. Soweit in den nur lokal verbreiteten Schottern der Lützel nach Grundwasser gesucht worden ist, erwiesen sie sich als stark verlehmt und deshalb als wenig durchlässig, so dass keine reinen Schottergrundwasserfassungen angelegt worden sind.

5.3.8 Lüsseltal und Laufenbecken

Interessanterweise fliesst die Birs nur sehr randlich durch das Laufenbecken, entlang der Südflanke der Blauen-Antiklinale, und bleibt dort stets innerhalb der Malmkalke. Von dort weg, etwa im Abschnitt Laufen-Zwingen, breitet sich gegen S das Laufenbecken aus, gefüllt mit Tertiärsedimenten, die den Molasse-Ablagerungen des Rheingrabens nördlich der Blauen-Antiklinale entsprechen, also oligozänen Alters (Rupélien-Chattien) sind, und vor allem aus Mergeln und Sanden sowie Sandsteinen bestehen. Einzig ganz im Osten, in der Umgebung von Fehren, sind auch Schüttungen der Juranagelfluh (Miozän), wie sie für den Baselbieter Tafeljura charakteristisch sind, anzutreffen. Der Südrand des Laufenbeckens wird durch eine Aufschiebungszone des Faltenjuras auf das Laufenbecken markiert (Vorbourg-Antiklinale, Mont Terri-Linie). Das Laufenbecken weist also einen ausgesprochen assymmetrischen Bau auf; die grössten Tertiärmächtigkeiten finden sich an seinem Südrand (bis zu 200 m gemäss WEA, Hydrogeologie Laufental, 1981). Das Laufenbecken wird somit zur Hauptsache durch die Lüssel entwässert, die es in S-N-Richtung quert. Sie entspringt im Gebiet des Pass-

wang und der Ulmet und quert westwärts in rascher Folge durch mehrere Klusen verschiedene, meist kurze und eng gepresste Antiklinalen, um bei der Klus von Thierstein S Büsserach das Laufenbecken zu erreichen. Es sind also meist kleinere Karst- und zahlreiche lokale Schuttquellen, welche die Lüssel speisen. Grössere Schottervorkommen, die ein nutzbares Grundwasser führen könnten, sind in diesem oberen Abschnitt nicht vorhanden.

Erst von Erschwil an zeichnen sich Schotterterrassen ab, und mit dem Eintritt in das Laufenbecken mit dem wasserstauenden Tertiäruntergrund stellt sich auch ein nutzbares Schotter-Grundwasser ein, das an mehreren Stellen (Breitenbach, Brislach) genutzt wird (Abb. 18). Interessant ist nun, dass dieser Schotter-Grundwasserstrom wieder verschwindet, sobald der Felsuntergrund aus Malmkalken besteht. Dies ist kurz vor der Einmündung in die Birs bei Zwingen der Fall. Dort tritt dieses Wasser wieder aus dem Malm in die Schotter der Birs aus und speist das Schottergrundwasser der Birs (Abb. 18).

Das Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern hat die Grundwasserverhältnisse des Laufenbeckens eingehend untersuchen lassen (WEA, Hydrogeologie Laufental, 1981). Dabei sind nicht nur die Daten über die Lockergesteinssituation zusammengestellt worden, sondern es wurden auch die Möglichkeiten, Felsgrundwasser zu erschliessen, abgeklärt. Hierfür wurden auf Blatt Biel folgende Bohrungen abgeteuft:

Bohrung SD 2: Aegerten S Laufen

Koordinaten = 603.510 / 250.350

OK Terrain = 362.93 m ü. M.

Kurzprofil:	0.00–11.50 m	Quartär (Birsschotter)
	11.50–86.20 m	Renggeritone und Terrain à Chailles
	86.20–139.00 m	Callovien
	139.00–240.00 m	Hauptrogenstein

Bohrung SM 1: Brislach

Koordinaten = 609.175 / 253.465

OK Terrain = 412.25 m ü. M.

Kurzprofil:	0.00–2.00 m	Quartär
	2.00–30.50 m	Verena-Oolith
	30.50–164.50 m	St-Ursanne- und Vellerat-Formation
	164.50–180.00 m	Liesberg-Schichten

Bohrung SM 2: Wahlen

Koordinaten = 605.670 / 249.385

OK Terrain = 432.65 m ü. M.

Kurzprofil:	0.00–2.50 m	Quartär
	2.50–67.00 m	Oligozän
	67.00–110.00 m	Court-Formation
	110.00–210.00 m	St-Ursanne- und Vellerat-Formation

Bohrung SM 3: Zwingen

Koordinaten = 606.905 / 253.475

OK Terrain = 345.03 m ü. M.

Kurzprofil:	0.00–6.50 m	Lüsselschotter (Quartär)
	6.50–61.00 m	St-Ursanne-Formation
	61.00–75.00 m	Liesberg-Schichten

Die Festgesteinsaquifere (Malmkalke, Hauptrogenstein) haben sich durchwegs als wenig durchlässig erwiesen. In den Tests sind Durchlässigkeitsbeiwerte von $0.05\text{--}1.6 \times 10^{-7}$ m/s bestimmt worden. Auch nach Stimulationsversuchen hat sich die Situation nicht wesentlich verbessert. Die Grundwasserspiegel haben sich in der Regel auf das regionale Vorflutniveau des Laufenbeckens eingestellt. In der Bohrung SD 2 (Aegerten) war ein artesischer Überlauf von 60 l/min. zu verzeichnen. In Bezug auf den Chemismus der Wässer der Bohrungen SD 2 und SM 1 sei auf die Tabelle 2 verwiesen.

Schliesslich sei noch auf die Tatsache hingewiesen, dass entlang dem Ostrand des Laufenbeckens in den Malmkalken mehrere Höhlensysteme bekannt sind (HAUBER & PFISTER, 1991), die mit der Karstentwässerung dieses Gebietes im Zusammenhang stehen. Während also die unter dem regionalen Wasserspiegel liegenden Malmkalke kaum eine Wasserdurchlässigkeit aufweisen, sind die höher gelegenen Vorkommen relativ stark verkarstet. Ein Hinweis darauf, dass, wie schon in Abschnitt 5.3.6 dargestellt, die heute aktiven Verkarstungsphänomene geologisch jungen Alters sind.

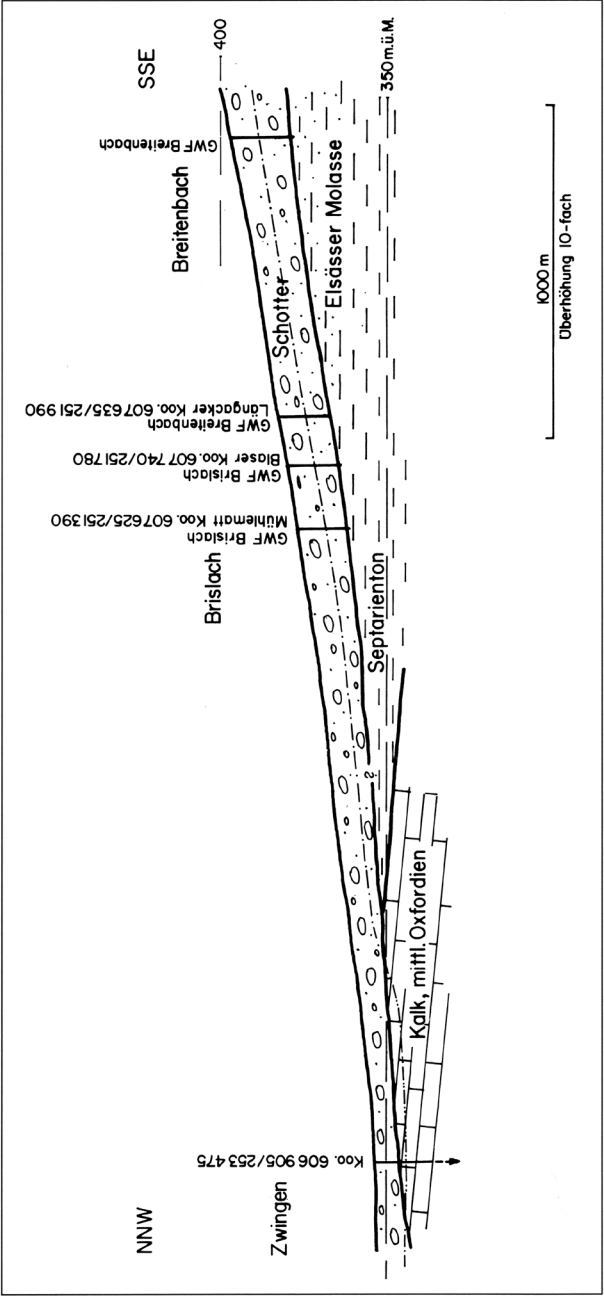


Abb. 18: Hydrogeologisches Längsprofil durch das Lösseltal

5.4 Tal der Hinteren Frenke

Die NE-Ecke von Blatt Biel enthält einen kleinen Ausschnitt des Einzugsgebietes der Hinteren Frenke, die über die Ergolz in den Rhein entwässert. Ihr Quellgebiet liegt in den Wasserfällen S von Reigoldswil im Aufschiebungsbereich des Faltenjuras auf den Tafeljura. Mehrere grössere Karstwasseraufstösse aus den auf- und überschobenen Malmkalken speisen die Hintere Frenke. Sie sind z. T. auch für die Wasserversorgung der umliegenden Gemeinden gefasst. Die bekanntesten sind die Eiset-Quelle und die Goldbrunnen-Quelle (Koord. 619.860 / 247.350), die nie versiegt, obwohl sie auf einer Höhe von 880 m aus Malmkalken der Mulde von Waldweid-Wasserfällen entspringt. Sie weist eine Temperatur von 6.7–7.2 °C auf.

Unterhalb von Reigoldswil erreicht die Hintere Frenke den Tafeljura. Von hier weg lassen sich auch Schotterebenen im Talgrund verfolgen, die ein lokal nutzbares Grundwasser führen. Dieses Grundwasser wird teilweise durch Karstwasserzutritte aus dem Einzugsgebiet des Seebaches gespeist, wie durch Markierungsversuche nachgewiesen werden konnte. Der Seebach sickert W Gausmet in den Hauptrogenstein-Südschenkel des Rechtenberg–Holzenberg ein. Bei einer Wasserführung von <6 l/s versickert der Seebach hier total. Der Wiederaustritt erfolgt in der Oberthal-Quelle in Ziefen (Koord. 619.350 / 252.380). Der Höhenunterschied zwischen Seebach und Hinterer Frenke beträgt rund 120 m. Das Einzugsgebiet der Birs gibt hier also Wasser in das Einzugsgebiet der Ergolz ab. Es handelt sich dabei um eine der seltenen Karstentwässerungen durch den Hauptrogenstein, die hier aber wahrscheinlich durch die besondere tektonische Situation begünstigt wird (Aufschiebungen, Verwerfungen). Kurz vor Ziefen verlässt die Hintere Frenke den Ausschnitt von Blatt Biel.

6 LITERATURVERZEICHNIS

Dieses Verzeichnis enthält die im Text zitierte Literatur sowie weitere Dokumente, die zur Kompilation der Karte beigezogen worden sind.

- AEBERHARDT, B. (1903): Note sur le Quaternaire du Seeland. - Arch. Genève.
- (1907): Les gorges de la Suze. Moser, Biel.
- ANTENEN, F. (1914): Beitrag zur Quartärforschung des Seelandes. *Eclodgeol. Helv.* 13/2, 184–232.
- BAILLY, CH. (1979): Etude géologique de la vallée du Doubs et de ses abords à l'est de St Hippolyte (Doubs). Thèse fac. sci. techn. Univ. de Franche Comté, Besançon.
- BALDERER, W. (1979): Die Obere Süsswassermolasse als hydrogeologisches Gesamtsystem. *Bull. Centre d'hydrogéologie de Neuchâtel* 3, 27–39.
- BARSCH, D. (1969): Studien zur Geomorphogenese des zentralen Berner Juras. *Basler Beiträge zur Geographie* 9.
- (1968): Die pleistozänen Terrassen der Birs zwischen Basel und Delsberg. *Regio Basiliensis* IX/2, 363–383.
- BAUDEPARTEMENT DES KANTONS SOLOTHURN (1982–1985): Gewässerschutzkarte des Kantons Solothurn, Blätter 2: Thal, 3: Bezirke Solothurn, Lebern, Bucheggberg, Kriegstetten 1:25 000. Solothurn, Kant. Amt f. Wasserwirtschaft.
- BAUMBERGER, E. (1903): Über die Molasse im Seeland und im Bucheggberg. *Verh. Natf. Ges. Basel* XV/2, 317–328.
- (1910): Kurze Darstellung der geologischen Geschichte des Geländes zwischen Emme und Önz. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 2–31.
- (1923): Das Bohnerz im Jura-gebirge. - In: *Die Eisen- und Manganerze der Schweiz I. Teil, Bohnerz. Beitr. Geol. Schweiz, Geotech. Ser.* 13/1, 3–125.
- BELL, E. (1931): Monographie de la vallée du Doubs entre les Brenets et Biaufond. *Bull. Soc. Neuchât. Géogr.* 40, 5–133.
- BITTERLI, P. (1945): Geologie der Blauen- und Landskronkette südlich von Basel. *Beitr. Geol. Schweiz [N.F.]* 81.
- BLAU, R.V., FISCH, W., HUFSCHMIED, P., TRÜEB, E.U., WERNER, A. (1983): Modellstudie zur Bestimmung des Grundwasserdargebotes im Testgebiet Emmental: zusammenfassender Schlussbericht. *Gas Wasser Abwasser*, Jg. 63, Nr. 9, 439–467.
- BLAU, R.V., MUCHENBERGER, F., TRÜEB, E.U., WERNER, A. & WÜRSTEN, M. (1984): Quantitative Erkundung von Lockergesteins-Grundwasserleitern am Beispiel Emmental, *Handbuch. Gas Wasser Abwasser*,

- Jg. 64, Nr. 5, 249–384.
- BLAU, R.V., WERNER, A., WÜRSTEN, M., KOBUS, H., SÖLL, T., ZOBRIST, J. & HUFSCHEID, P. (1991): Natürlicher und künstlicher Wärmeeintrag - Auswirkungen auf den Grundwasserhaushalt (Testareal Kirchberg). Gas Wasser Abwasser, Jg. 71, Nr. 1 + 3, p. 77–138.
- BLOCH, T. (1973): Beiträge zur Hydrologie des Unteren Emmentales. Mitt. Natf. Ges. Solothurn 26, 105–368.
- BOURQUIN, PH. (1946): Notice explicative des feuilles 114 Biaufond–117 St-Imier. Atlas géologique de la Suisse 1:25 000, Feuille 15 de l'atlas, publ. par Comm. géol. Suisse, Kümmerly & Frey, Berne.
- BOUVIER, J.C. (1978): Les cours d'eau et leurs relations avec les réseaux souterrains; essai d'un bilan sur des bases hydrobiologiques dans le Jura septentrional. Actes du 6e Congr. nat. Spéléol., Porrentruy.
- (1982): La qualité biologique des cours d'eau du Canton du Jura. Office des eaux et de la protection de la nature, St-Ursanne.
- (1984): Aspects quantitatifs de la protection des eaux dans le Canton du Jura. Actes de la Soc. jurassienne d'Emulation.
- BRANDT, C., ISLER, O. & PAHOUD, A. (1981): La Grotte du Creugenat. Stalactite vol. 31/1, 18–21, Neuchâtel.
- BRUNNER, B. (1968): Beiträge zum Grundwasser-Haushalt im Solothurnischen Wasseramt. Mitt. Natf. Ges. Solothurn 23, 3–201.
- BÜCHI, U.P. (1975): Wasser- und Energiegewinnung aus der Oberen Meeresmolasse und dem Mesozoikum. Inst. bauwiss. Forschung, 34, 16 p.
- BURGER, A. (1983): Recherche de critères pour la protection des eaux souterraines karstiques contre la pollution: Application au Jura Suisse. Bull. Centre d'hydrogéologie 3, 115–154, Neuchâtel.
- (1983): Prospection et captage des eaux souterraines des roches carbonatées du Jura. Gaz-Eaux-Eaux usées 9, 533–583.
- (1987): Introduction à l'excursion du 31 mai 1986: La signification hydrogéologique du décrochement de La Ferrière. Bull. Centre d'hydrogéologie 7, 347–354, Neuchâtel.
- BUXTOFF, A. (1908): Geologische Beschreibung des Weissensteintunnels und seiner Umgebung. Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] 21.
- (1916): Prognosen und Befunde beim Hauensteinbasis- und Grenchenbergtunnel und die Bedeutung der letztern für die Geologie des Juragebirges. Natf. Ges. Basel, 27, 184–254.
- (1922): Das Längenprofil des schweizerisch-französischen Doubs zwischen dem Lac des Brenets und Soubey. Eclogae geol. Helv. 16, 527–537.
- (1951): Erläuterungen zu Blatt 2 (Basel-Bern) der Geologischen Generalkarte der Schweiz 1:200 000. Hrsg.: Schweiz. Geol. Komm., Basel.
- BUXTOFF, A., KÜNZLI, E. (1908): Geologische Beschreibung des Weissen-

steintunnels und seiner Umgebung. Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] 21.

- BUXTORE, A., CHRIST, P. & ELBER, R. (1936): Erläuterungen zu Blatt 96 Laufen–99 Mümliswil. Geol. Atlas Schweiz 1:25 000, Atlasblatt 3, herausgeg. Schweiz. Geol. Komm., Bern.
- BUXTORE, A. & TRÖSCH, A. (1917): Geologie des Grenchenbergtunnels mit Berücksichtigung der hydrographischen und thermischen Verhältnisse und der Tunnelbeben. Schlussbericht über den Bau der Hauptlinie Münster–Lengnau erstattet von der Berner Alpenbahngesellschaft Bern–Lötschberg–Simplon, Bern.
- CADISCH, J. (1931): Zur Geologie der Schweizer Mineral- und Thermalquellen. Verh. Natf. Ges. Basel 42, 138–176.
- CHAUVE, P., DUBREUCQ, F., FRACHON, J.C., GAUTHIER, A., METTETAL, J.P. & PEGUENET, J. (1987): Inventaire des circulations souterraines reconnues par traçage en Franche-Comté. - Ministère de l'environnement, Service régional d'aménagement des eaux, Ligue spéléologique de Franche-Comté, Laboratoire de Géologie structurale et appliquée, Besançon Ann. scientif. Univ. Besançon, Géol., mém. 2.
- CHAUVE, P. et al. (1985): Besoins et ressources en eau potable de la Franche-Comté. Université de Franche-Comté, Institut de Géographie, Lab. de Géologie, Besançon.
- CHAUVE, P., MARTIN, J. & BAILLY, C. (1985): Notice explicative de la feuille Delle à 1:50 000. Editions B.R.G.M., Orléans.
- COLOMBI SCHMUTZ DORTHE AG & HÄFELI, CH. (1981): Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern: Hydrogeologie des Oberaargau. Teilgebiete: Langenthal, Roggwiler Terrasse, Mittleres Langetental, Oenzthal, Bipperamt. Bern (WEA, Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern).
- DELLA VALLE, G. & KEMPE, TH. (1981): Données pour la protection et la gestion de l'eau souterraine du canton de Berne: Hydrogéologie du Vallon de St-Imier. Berne (OEHE/WEA, Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern).
- ELBER, R. (1920): Geologie der Raimeux- und der Vellerat-Kette im Gebiet der Durchbruchstäler von Birs und Gabiare (Berner Jura). Verh. Natf. Ges. Basel 32, 38–93.
- ERNI, A. & KELTERBORN, P. (1948): Ölgeologische Untersuchungen im Molassegebiet südlich Wangen a. d. Aare–Aarburg. Beitr. Geol. Schweiz, Geotech. Ser. 26/2, 1–37.
- EPPLE, P. (1947): Geologische Beschreibung der Umgebung von Sonceboz im Berner Jura. Mitt. Natf. Ges. Bern [N.F.] 4, 29–84.
- FLURY, F. (1984): Multitraçage sur le plateau de Bure (Ajoie, JU) à l'aide de bactériophages et de traçeurs fluorescents. Bull. Centre d'hydrogéol. Neuchâtel 5, 91–105.

- FLURY, F., ALLEMANN, R. & LACHAT, R. (1991): Recherche d'eau par forages à Delémont. Résultats de la phase d'exploration. GWA Gaz-Eaux-Eaux usées, 12/91.
- FLURY, F. & SCHINDLER, B. (1983): Multitraçage sur le Plateau de Bure, étude hydrogéologique. Delémont: Office des eaux et de la protection de la nature, Canton du Jura, 25 p.
- FLURY, F. & WEXSTEEN, P. (1989): Recherche d'eau par forage en rocher calcaire: exemple des forages implantés dans la grande Oolithe (Dogger) à Delémont-Bellerive (JU). Actes Soc. jurass. Emulat., année 92, p. 35–59.
- FORKERT, E. (1933): Geologische Beschreibung des Kartengebietes Tramelan im Berner Jura. *Eclogae geol. Helv.* 26/1, 1–41.
- FOURNIER, M.E. (1933): Examen géologique des projets d'alimentation en eau potable présentés par les communes des départements du Doubs, de la Haute-Saône, du Territoire de Belfort et du Jura. *Bull. Serv. Carte Géol. France* 34, 1930–1932, 43–70.
- FOURNIER, E. & MAGNIN, A. (1904): Essai sur la circulation des eaux souterraines dans les massifs calcaires du Jura. *Bull. Soc. Belge de Géol. Paléontol. et Hydrol.*, XVII-1903, 523–537.
- FREY, E. et al. (1978): Die Verdunstung in der Schweiz. *Beitr. Geol. Schweiz: Hydrologie*, 25.
- FURRER, H. (1948): Das Quartär zwischen Solothurn und Wangen a. A. *Eclogae geol. Helv.* 41/2, 269–284.
- GEISTER-FRANTZ, M. (1987): Données géothermiques des aquifères du Dogger au pied du Jura Suisse. *Bull. Centre d'hydrogéologie Neuchâtel* 7, 31–47.
- GERBER, E. (1941): Über Höhenglotter zwischen Emmental und Aaretal. *Eclogae geol. Helv.* 34/1, 1–16.
- (1950): Erläuterungen zum Blatt 142–145 Fraubrunnen-Wynigen-Hindelbank-Burgdorf. *Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000*, Atlasblatt 22, Hrsg.: Schweiz. Geol. Komm.
- GIGON, R. et al. (1976): Canton de Neuchâtel. Inventaire spéléologique de la Suisse I.
- GIGON, R. & WENGER, R. (1986): Canton du Jura. Inventaire spéléologique de la Suisse, Tome II, Porrentruy.
- GRETILLAT, P.-A. (1992) & coll.: LIÈVRE, A., & FERNEX, J.: Carte hydrogéologique de l'Ajoie (Canton du Jura, Suisse), 1:25 000. Office des eaux et de la protection de la nature, St-Ursanne.
- GRETILLAT, P.-A., SCHINDLER, B., SCHÜTZ, F. & LIÈVRE, A. (1988): Coloration des eaux souterraines de Haute-Ajoie. Les intérêts de nos régions 4/1988, 14–34.
- GRETILLAT, P.-A., SCHÜTZ, F., LIÈVRE, A. & SCHINDLER, B. (1988): Multitraçage en Haute-Ajoie (Jura). *Bull. Centre d'hydrogéologie de*

l'Université de Neuchâtel 8, 121–149.

HAEFELI, CH. (1966): Die Jura/Kreide-Grenzsichten im Bielerseegebiet (Kt. Bern). *Eclogae geol. Helv.* 59/2, 565–695.

HAEFELI, CH. (1989): Hydrogeologie Seeland: Infiltration aus Hagneck-Kanal und Alter Aare. Bern (WEA, Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern).

HANTKE, R. (1978): Eiszeitalter Bd 1. Ott Verlag, Thun.

— (1980): Eiszeitalter Bd 2. Ott Verlag, Thun.

HAUBER, L. & PFIRTER, U. (1991): Brislach: Geologie - Landschaft - Karserscheinungen. Brislach 1991, Einwohnergemeinde Brislach.

HEIM, A. (1919): Geologie der Schweiz, Bd. 1: Molasseland und Juragebirge. Tauchnitz, Leipzig.

HELLER, M. et al. (1973): Wasserfärbung «Schällbach» vom 24. 6. 1972. *Isola Rundschau* 4/1973, Isola Werke, Breitenbach SO.

HÖGL, O. (1980): Die Mineral- und Heilquellen der Schweiz. Haupt, Bern.

HUG, J. (1918): Die Grundwasservorkommen der Schweiz. *Ann. Schweiz. Landeshydrographie* III, 168 S.

— (1937): Die Grundwasserströme des nordöstlichen Juragebietes. *Monatsbulletin Schweiz, Verein Gas- und Wasserfachmänner* 3.

JÄCKLI, H. (1967): Beziehungen zwischen Grundwasser und Oberflächenwasser bei Flusskraftwerken. *Mémoires I.A.H.-Kongress* 1965, Bd.7.

— (1967): Kriterien zur Klassifikation von Grundwasservorkommen. *Eclogae geol. Helv.* 63/2.

— (1977): Die Grundwasserverhältnisse im solothurnischen Wasseramt. *Wasser, Energie, Luft*, 69. Jg., H. 5, 99–104.

KELLER, W.T. & LINIGER, H. (1930): Erläuterungen Blatt Movelier-Soyhières-Delémont-Courrendlin. *Geologischer Atlas der Schweiz* 1:25 000, Atlasblatt 3, verfasst nach Angaben obiger Autoren, Hrsg.: Schweiz. Geol. Komm.

KELLERHALS, P. & TRÖHLER, B. (1976): Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern: Hydrogeologie Seeland. Bern (WEA, Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern).

KIRALY, L. (1969): Bref commentaire à la carte structurale de la surface Argovien-Séquanien dans le Canton de Neuchâtel. *Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat.* 92, 71–72.

— (1973): Notice explicative de la carte hydrogéologique du Canton de Neuchâtel. *Suppl. Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat.* 96, 1–16.

KOCH, R. (1923): Geologische Beschreibung des Beckens von Laufen im Berner Jura. *Beitr. Geol. Karte Schweiz [N.F.]* 48/2.

KOLB, M. & ZYSSET, A. (1987): Wasserversorgung Delémont, kulturtechnische Diplomarbeit Abt. VIII, ETH Zürich.

- KÜENZI, J.P., LIÈVRE, A., WALTHER, J.L., BLAND, R., MUNZ, CHR. & BOLLER, M. (1989): Investigations autour d'un traitement complexe d'une eau de source: La source karstique du Betteraz à Porrentruy. *Gas-Wasser-Abwasser*, Jg. 69/1, 1–33.
- KRÄHENBÜHL, CH. (1965): Hydrologie des Franches-Montagnes. *Les Intérêts du Jura* 5.
- LAUBSCHER, H. (1948): Geologie des Gebietes von Siegfriedblatt St-Ursanne. *Beitr. Geol. Schweiz [N.F.]* 92.
- (1961): Die Fernschubhypothese der Jurafaltung. *Eclogae geol. Helv.* 54/1, 221–282
- LEDERMANN, H. (1978): Erläuterungen zum Blatt 1127 Solothurn. *Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Atlasblatt 72*, Hrsg.: Schweiz. Geol. Komm.
- LEU, F. (1949): Die Wasserversorgung der Freiberge. *Leben und Umwelt* 11, 241–247.
- LEVY, I. (1948): Le Jura bernois et les conditions hydrologiques du pays, en particulier de l'alimentation en eau des Franches-Montagnes. *Soc. suisse de l'Industrie du gaz et des eaux* 7 und 8.
- LIECHTI, H. (1948): Etude hydrologique de la région de Courgenay. *Les Intérêts du Jura* 5, 97–108.
- (1948): Recherches d'eau potable dans le district de Porrentruy. *Les Intérêts du Jura* 5, 108–118.
- LIÈVRE, A. (1982): Alimentation en eau du Jura. *Office des eaux et de la protection de la nature, St-Ursanne*.
- (1989): Evolution de la qualité chimique de la source karstique du Betteraz à Porrentruy. *Gaz-Eaux-Eaux usées* 69/1, 5–14.
- LIÈVRE, A. & FERNEX, J. (1988): Les ressources en eau du Canton du Jura, Aspects qualitatifs et quantitatifs. *Les intérêts de nos régions* 4/1988, 3–13.
- LIÈVRE, A., FERNEX, J. & GRETILLAD P.-A. (1992): Les eaux souterraines du Jura tabulaire d'Ajoie. *Office des eaux et de la protection de la nature, St-Ursanne*, 63 p.
- LIÈVRE, L. (1916): Le problème hydrologique de la Haute-Ajoie et le Creux-Genaz. *Actes de la Soc. jurass. d'Emulation*, 1916.
- (1936): La découverte d'une rivière souterraine en Ajoie. *Les Intérêts du Jura* 4.
- (1940): Le karst jurassien. *Hydrologie de la Haute-Ajoie d'une rivière souterraine du Jura Bernois*. Porrentruy, 159 p.
- LINIGER, H. (1966): Das plio-altpleistozäne Flussnetz der Nordschweiz. *Regio Basiliensis*, VII/2, 158–177.
- MARRER, H. & WINZELER, T. (1982): Zustand der Gewässer im Emmental: Leitideen zu einem umfassenden Schutz unserer Gewässer: Schlussbericht. *Hersg. Fischerei-Pachtvereinigung Emmental IV*, 361 S., Burgdorf, Kurzfassung 31 S.

- MARTIN, R. (1907): Die untere Süsswassermolasse in der Umgebung von Aarwangen. *Eclogae geol. Helv.* 9/1, 77–117.
- MATHEY, B. (1971): Coloration des pertes du ruisseau de Vaux à Lignières (NE). Extrait des Actes du 4e Congrès suisse de Spéléologie, Neuchâtel, septembre 1970, 62–67.
- MATHEY, B. & SIMEONI, G. (1972): Etude de la vitesse de circulation de l'eau dans un aquifère calcaire par essais de traçage (Bassin de La Serrière/NE). *Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat.* 95, 173–180, Neuchâtel.
- MATHYS, A. (1983): Interpretation de données physico-chimiques des sources de la région Delémont-Develier (canton du Jura) à l'aide de l'analyse statistique multivariée. *Bull. Centre d'hydrogéologie* 4, 185–212, Neuchâtel.
- MATOUSEK, F. (1985): Hydrogeologie und Hydrogeochemie des Waldenburger Tales (Baselbieter Jura). Diss. ETH Nr. 7829, Zürich.
- MAURILLI, I. (1989): Les sources de la région de St-Blaise. *Bull. Centre d'hydrogéologie* 8, 151–178.
- MEMBREZ, A. (1942): Sources puits et fontaines de Porrentruy et d'Ajoie. Porrentruy.
- MEURY, P. (1982): Le Système karstique des Blanches-Fontaines: Etat actuel de connaissances. Actes du 7ème Congr. nat. Spéleol., Schwyz, 351–358.
- (1984): Le Système karstique des Blanches Fontaines (Undervelier, Jura): état actuel des connaissances. Akten des 7. Nationalen Kongresses für Höhlenforschung, 351–358, Genève. *Stalactite, Suppl.* 11.
- MISEREZ, J.-J. (1973): Géochimie des eaux du karst jurassien. Thèse Univ. Neuchâtel.
- MOLLET, H. (1928): Der Talboden von Balsthal. *Mitt. Natf. Ges. Solothurn* 8.
- MOLLET, H. (1938): Die Grundwasserverhältnisse des Talbodens von Balsthal und seiner Umgebung. *Mitt. Natf. Ges. Solothurn* 12, 49–64.
- MONBARON, M. (1975): Contribution à l'étude des cluses du Jura septentrional. Thèse Université de Neuchâtel, Genodruck Biel.
- MORNOD, L. (1959): Quelques notes d'hydrogéologie souterraine jurassienne. *Verh. Schweiz. Natf. Ges.* 139. Vers. 1959, Lausanne, 136–137.
- MORNOD, L., BERTRAND, J. & BERTRAND, J.P. (1970): Construction du premier puits profond à grand diamètre dans le karst jurassien à Moutier. *Gaz-Eaux-Eaux usées* 10, 3–11.
- MUELLER, I. (1981): Prospection géophysique dans la Commune de Grandfontaine (Jura). *Rapp. Centre hydrogéol. Univ. Neuchâtel pour l'OEPN.*
- (1982): Multitraçage des eaux souterraines karstiques dans le bassin de la source de l'Areuse (Jura neuchâtelois, Suisse). *Bull. Centre d'hydrogéologie* 4, 7–39.

- OBRIST, M. & GEISTER, M. (1986): Hydrogeologische Verhältnisse Bad Lostorf-Biel. In: Burger, A. & Gorhan, H.L. (1986): Geothermische Prospektion am Jurasüdfuss. Bull. Centre d'hydrogéologie de Neuchâtel 6, 110–114.
- PASQUIER, F. (1982a): Fluctuations chimiques et alimentation de la nappe alluviale du Gäu soleurois. Bull. Centre d'hydrogéologie 4, 103–144, Neuchâtel.
- (1982b): Inventaire des sources les plus importantes du Jura nord-ouest (entre Granges, Olten, Liestal et Delémont). Bull. Centre d'hydrogéologie 4, 259–270, Neuchâtel.
- PETER, A. (1922): Die Juragewässerkorrektion im Seeland. Bern.
- PORTMANN, J.-P. (1966): Pétrographie des formation glaciaires à l'est du lac de Bienne (Suisse). Eclogae geol. Helv. 59/2, 697–721.
- POCHON, M. & SIMEONI, J.P. (1976): Comportement hydrodynamique, nature et rôle traceur des troubles argileux dans deux sources karstiques (Jura tabulaire Suisse). Ann. Scientif. Univ. Besançon 3e Sér., 25, 321–339.
- RENZ, E. (1979): 100 Jahre Wasserversorgung der Stadt Biel. Neues Bieler JB. 1979, 74–90.
- RÉPUBLIQUE ET CANTON DU JURA (1973–1986): Carte de la protection des eaux, feuilles 1084 Damvant, 1085 St-Ursanne, Vallée de Delémont assemblage: 1086 Delémont-1087 Passwang-1106 Moutier-1107 Balsthal, 1124 Les Bois, 1125 Chasseral. Office des eaux et de la protection de la nature, St-Ursanne.
- RIS, H. (1979): Hydrologie und Wasserversorgung im Seeland. Jb. Geogr. Ges. Bern 53, 1977–79: Die Region Biel-Seeland, 167–179.
- RUTSCH, R.F. (1970): Probleme der Grundwassererschliessung und des Grundwasserschutzes im schweizerischen Mittelland. Eclogae geol. Helv. 63/2, 483–499.
- RUTSCH, R.F., SCHWAB, W. & THALMANN, H. (1969): Zur Karsthydrogeologie im südlichen Berner Jura. Eclogae geol. Helv. 62/1, 285–302.
- RYBACH, L., BÜCHI, U.P., BODMER, PH., KRÜSI, H.R. (1980): Die Tiefengrundwasser des schweizerischen Mittellandes aus geothermischer Sicht. Eclogae geol. Helv. 73/1, 293–310.
- RYSER, F. (1976): Die besonderen Probleme der regionalen Wasserversorgung des Amtes Erlach. Gas Wasser Abwasser 56/9, 517–518.
- SCHÄR, U. (1967): Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Mesozoikum und Tertiär des Bielerseegebietes (Kt. Bern). Beitr. geol. Karte der Schweiz, N.F. 133, 88 S., Bern.
- (1971): Erläuterungen Blatt 1145 Bieler See. Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Atlasblatt 60, Hrsg.: Schweiz. Geol. Komm., Kümmerly & Frey AG, Bern.

- SCHARDT, H. (1911): Le cours souterrain de la Ronde (La Chaux-de-Fonds). Bull. Soc. neuchât. Sci. nat. 37, 364–379.
- SCHINDLER, B. (1977): Données pour l'aménagement en eau potable du canton de Berne: Hydrogéologie de la Vallée de Tavannes. Berne (OEHE/WEA, Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern).
- (1980): Groupe Suisse des Hydrogéologues. Excursion vallée de Tavannes et environs. Eclogae geol. Helv. 73/3, 913–917.
- (1987): Groupe Suisse des Hydrogéologues. Excursion du 31 mai 1986 «Décrochement de La Ferrière». 2e partie: Vallon de St-Imier. Bull. Centre d'hydrogéologie 7, 355–359.
- SCHLÜCHTER, CH. (1979): Übertiefe Talabschnitte im Berner Mittelland zwischen Alpen und Jura (Schweiz). Eiszeitalter und Gegenwart 29, 102–113.
- SCHOTTERER, U. (1980): Tritium- und ^{18}O -Variationen einiger Quellen im Schweizer Jura. Eclogae geol. Helv. 73/3, 909–913.
- SCHUPPLI, H.M. (1950): Erdölgeologische Untersuchungen in der Schweiz, III. Teil, 8. Abschnitt: Ölgeologische Untersuchungen im Schweizer Mittelland zwischen Solothurn und Moudon. Beitr. Geol. Schweiz, Geotech. Ser. 26/3, 41 S.
- SCHUPPLI, H.M. (1952): Erdölgeologische Untersuchungen in der Schweiz, IV. Teil, 10. Abschnitt: Ölgeologische Probleme des Mittellandes östlich einer Linie Solothurn–Thun. Beitr. Geol. Schweiz, Geotech. Ser. 26/4, 32–70.
- SCHWABE, E. (1939): Morphologie der Freiberge. Inaug. Diss. Univ. Basel, Druck und Verlag Zbinden & Hügin, Basel.
- SCHWEIZER, H.U. (1970): Beiträge zur Hydrologie der Ajoie (Berner Jura). Beitr. Geol. Schweiz: Hydrologie 17, 221 S.
- SIMEONI, G. (1975): Etude des causes de pollution des sources karstiques de la commune de Buix, Jura raurac. (ex Bernois). Rapp. Centre d'hydrogéologie, Neuchâtel.
- SORNAJAC (1976): Etude écologique de la Sorne. Office des eaux et de la protection de la nature, St-Ursanne.
- SUTER, M. (1978): Geologische Interpretation eines reflexions-seismischen W–E-Profiles durch das Delsberger Becken (Faltenjura). Eclogae geol. Helv., 71/2, 267–275.
- THALMANN, H.K. (1966): Zur Stratigraphie des oberen Malm im südlichen Berner und Solothurner Jura. Mitt. Natf. Ges. Solothurn 22, 3–179.
- TRIPET, J.P. (1982): Das hydrogeologische Untersuchungsprogramm «Laufental». Eclogae geol. Helv. 75/3, 598–601.
- (1984a): Etude des propriétés hydrauliques d'aquifères karstiques par essais et mesures dans des forages (Bassin de Laufon, Jura Suisse).

- Bull. Centre d'hydrogéologie 5, 39–70, Neuchâtel.
- (1984b): Hydrologische Karte des Kantons Bern. In: Kartographie der Gegenwart in der Schweiz, Publikation zur 3-Ländertagung in Stuttgart, Kartographische Schriftreihe Nr. 6, 1984, 40–41.
 - TRIPET, J.-P. & DELLA VALLE, G. (1981): Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern: Hydrogeologie Laufental. Bern (WEA, Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern).
 - TRÖHLER, B. (1976): Zur Grösse der Grundwasser-Neubildung durch Niederschläge in den Talebenen des Schweizerischen Mittellandes. Gas Wasser Abwasser 7/1976.
 - WAIBEL, A. (1924): Geologie der Umgebung von Erschwil. Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] 55/2, 1–46.
 - WANNER, J. (1980): Geologie des Quartärs im Unteren Emmental. Diss. Universität Bern.
 - WASSER- UND ENERGIEWIRTSCHAFTSAMT DES KANTONS BERN (1976a): Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern: Hydrogeologie Seeland. Bern (WEA); Verfasser: Kellerhals, P. & Tröhler, B.
 - (1976b): Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern: Hydrogeologie Emmental Teil II. Bern (WEA); Verfasser: Ingenieur- und Studienbüro A. Werner, Burgdorf.
 - (1977): Données pour l'aménagement en eau potable du canton de Berne: Hydrogéologie de la Vallée de Tavannes. Berne (OEHE); Verfasser: Schindler, B.
 - (1981a): Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern: Hydrogeologie Emmental Teil III: Unteres Emmental. Bern (WEA); Verfasser: Ingenieur- und Studienbüro A. Werner, Burgdorf.
 - (1981b): Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern: Hydrogeologie Laufental. Bern (WEA); Verfasser: Tripet, J.-P. & della Valle, G.
 - (1981c): Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern: Hydrogeologie des Oberaargau. Teilgebiete: Langenthal, Roggwiler Terrasse, Mittleres Langetental, Oenzthal, Bipperramt. Bern (WEA); Verfasser: Colombi Schmutz Dorthe AG & Ch. Haefeli.
 - (1981d): Données pour la protection et la gestion de l'eau souterraine du canton de Berne: Hydrogéologie du Vallon de St-Imier. Berne (OEHE); Verfasser: della Valle, G. & Kempf, Th.
 - (1987): Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern: Hydrogeologie Urtenental, Zwischenbericht 1987. Bern (WEA); Verfasser: Ingenieur- und Studienbüro A. Werner, Burgdorf.

- (1988): Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern: Hydrogeologie Bipperamt, Zwischenbericht 1988. Bern (WEA); Verfasser: Ingenieur- und Studienbüro A. Werner, Burgdorf.
 - (1989): Hydrogeologie Seeland: Infiltration aus Hagneck-Kanal und alter Aare. Bern (WEA); Verfasser: Haefeli, Ch.
- WERNER, A., INGENIEUR- UND STUDIENBÜRO, BURGDORF (1976): Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern: Hydrogeologie Emmental Teil II. Bern (WEA, Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern).
- (1981): Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern: Hydrogeologie Emmental Teil III: Unteres Emmental. Bern (WEA, Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern).
 - (1987): Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern: Hydrogeologie Urtenental, Zwischenbericht 1987. Bern (WEA, Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern).
 - (1988): Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern: Hydrogeologie Bipperamt, Zwischenbericht 1988. (WEA, Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern).
- WIEDENMAYER, C. (1923): Geologie der Juraketten zwischen Balsthal und Wangen an der Aare (Abschnitte der Weissenstein-, Farisberg- und Graiterykette). Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] 48/3, 1–37.
- WOHLFAHRT, B. (1986): Lithostratigraphische Korrelationen im Quartär des Westschweizer Seelandes. Eclogae geol. Helv. 79/1, 244–246.
- ZAUGG, A. (1989): Der Stofftransport im Infiltrationsbereich des Hagneck-Kanals, BE. Travail de diplôme. Centre d'hydrogéologie, Université de Neuchâtel, 40 p.
- ZIEGLER, P.A. (1956): Geologische Beschreibung des Blattes Courtelary (Berner Jura). Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] 102.
- ZIMMERMANN, H.W. (1963): Die Eiszeit im westlichen und zentralen Mittelland (Schweiz). Mitt. Natf. Ges. Solothurn, 21.

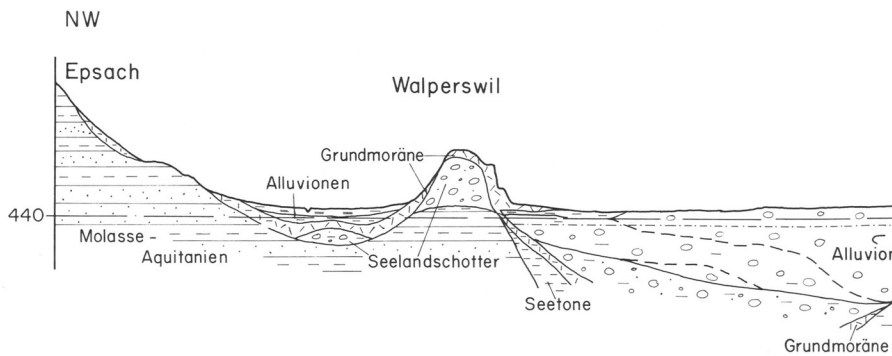


Abb. 3: Hydrogeologisches Profil durch das Aaretal im Bereich des Hagneck-Kanal

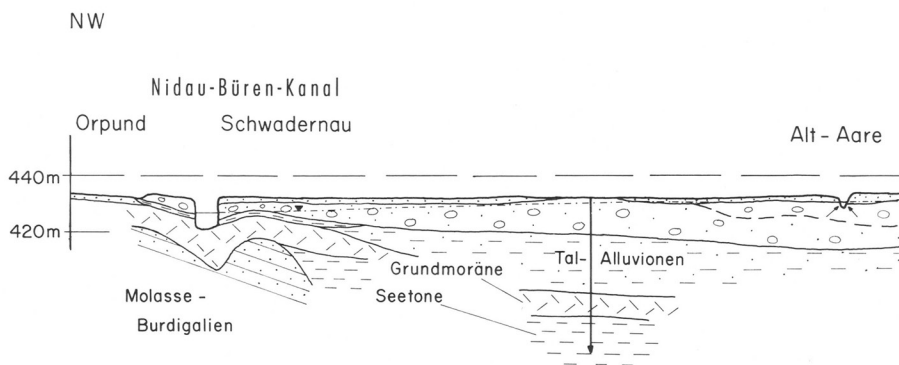
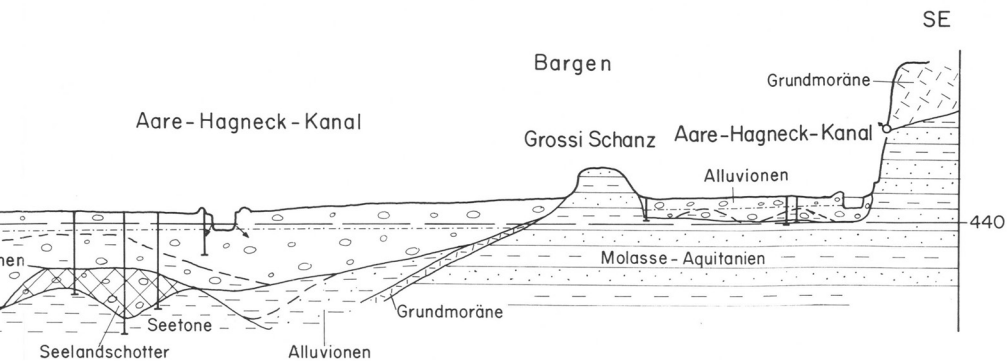
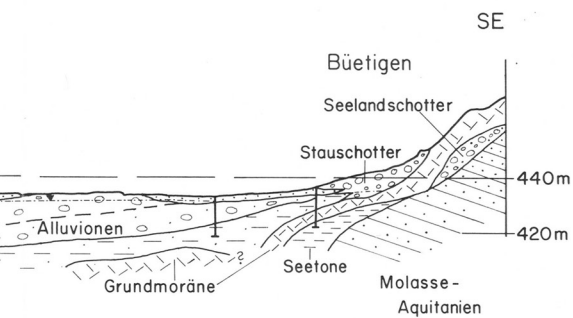


Abb. 4: Hydrogeologisches Querprofil durch das Aaretal bei Orpund - Schwadernau



als bei Epsach - Walperswil - Barga (nach KELLERHALS & TRÖHLER, 1976).



u - Buetigen (nach KELLERHALS & TRÖHLER, 1976).

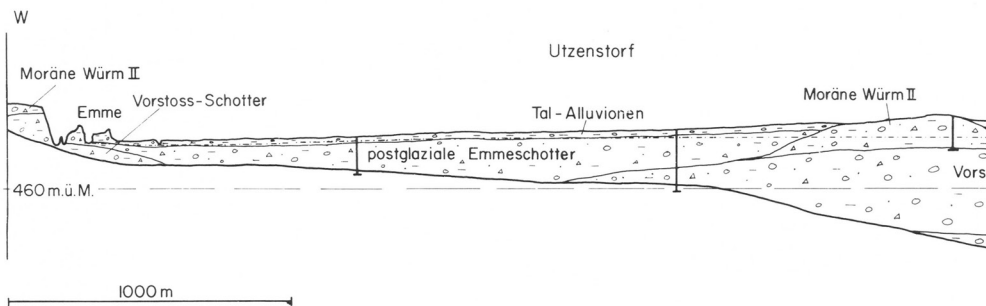


Abb.7: Hydrogeologisches Querprofil durch das untere Emmental bei Utzenstorf (nach J.

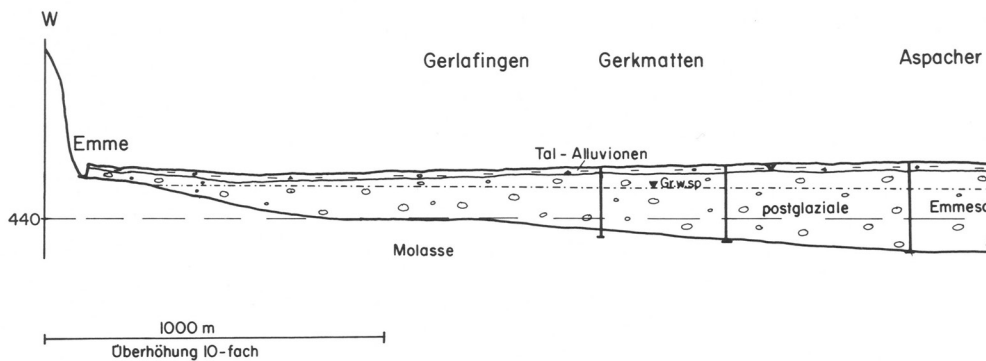
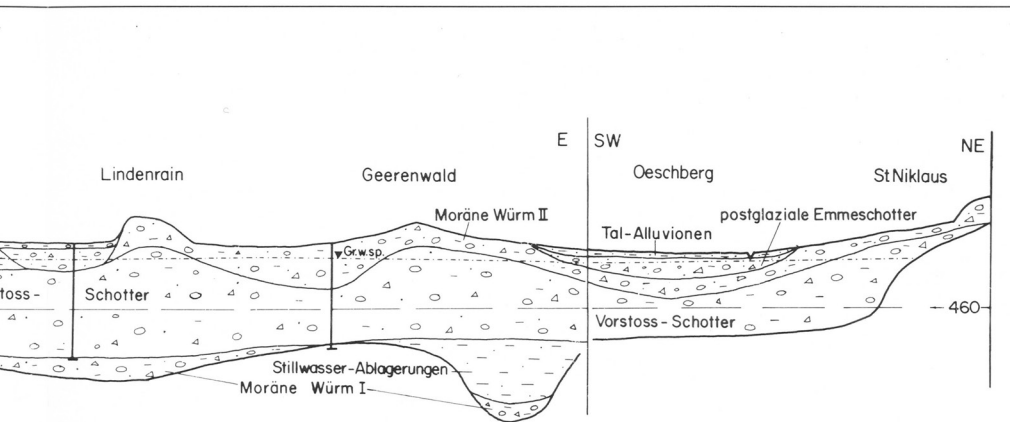
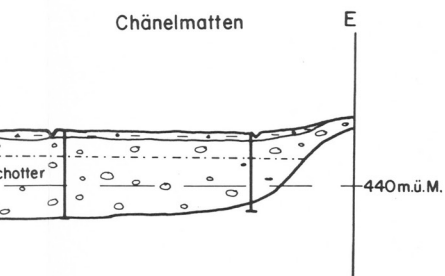


Abb.8: Hydrogeologisches Querprofil durch das untere Emmental bei Gerlafingen (nach J.



(WANNER, 1981)



(WANNER, 1981)