



Das Pottensteiner Gebirge in Oberfranken. Ergebnisse langjähriger Untersuchungen in einem tektonisch stark geprägten Karst- und Trinkwassergewinnungsgebiet der Nördlichen Frankenalb — Teil I.

ALFONS BAIER¹



open access

Geologische Blätter, 2020,
70, 2

BAIER, A (2020): Das Pottensteiner Gebirge in Oberfranken. Ergebnisse langjähriger Untersuchungen in einem tektonisch stark geprägten Karst- und Trinkwassergewinnungsgebiet der Nördlichen Frankenalb — Teil I. – Geologische Blätter, 2020, 70, 2: 43-95; 22 Abb.; Erlangen; <https://doi.org/10.23689/fidgeo-YYY>

Copyright: © 2021 by the author(s).

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons

Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



¹Geozentrum Nordbayern, Lehrstuhl für Angewandte Geologie, FAU Erlangen-Nürnberg, Schloßgarten 5, D-91054 Erlangen.

Kurzfassung: In der heute vielfach frequentierten Urlaubsregion des Pottensteiner Karstgebirges bedingten noch in jüngerer Vergangenheit die intensiven Verkarstungserscheinungen in den Kalken, Mergeln und Dolomiten der Malm-schichten eine extreme Wasserarmut auf der Albhochfläche. Die Einwohner behelfen sich mit einer Vielzahl von Lösungsmöglichkeiten, die von der Nutzung von »Hüllen« über das aufwändige Graben von Ziehbrunnen bis hin zur Nutzung starker Karstquellen erstreckten. Trotzdem zieht sich die Problematik der Wasserversorgung bis in die Gegenwart hinein, wobei heute die qualitativen Besorgnisse den quantitativen Unzulänglichkeiten mindestens gleichzustellen sind.

Während der vergangenen zehn Jahre waren in Nordbayern aufgrund der nunmehr vorherrschenden, außergewöhnlich warmen und trockenen Witterungsverhältnisse massive Niederschlagsdefizite zu beobachten. Hierbei waren vor allem die stark verringerten Niederschlagssummen während der Winterhalbjahre auffällig. Diese Witterungsverläufe verursachten im Karstgebirge der Frankenalb eine sehr mangelhafte Grundwasserneubildung, welche sich bis heute verfolgen lässt. Selbst während der jüngsten, sowohl in Süd- als auch in Westdeutschland aufgetretenen »sintflutartigen« Regenfälle waren im Karstgebirge der Frankenalb keine nennenswerten Grundwasserneubildungsraten zu verzeichnen.

Trotzdem zeigte sich – inmitten der Trockenperioden – ein relativ häufiges Auftreten von kurzfristigen, aber teils beträchtlichen Starkniederschlägen, wodurch vor allem während der alljährlichen landwirtschaftlichen Vegetationsperioden die Risiken von plötzlich auftretenden Schadstoffeinträgen in die Karstwasserkörper anstiegen. Im Ergebnis wurden immer wieder vor allem in dem – zur Pottensteiner Trinkwassergewinnung genutzten – Karstquellwasser des Aschenbrunnen (Oberes Püttlachtal) Kontaminationen festgestellt.

Für das Pottensteiner Karstgebirge, welches aufgrund seiner besonderen tektonischen und stratigraphischen Gegebenheiten sowohl anspruchsvolle hydrogeologische Verhältnisse als auch eine besonders ausgeprägte Vulnerabilität der Karstwasservorräte aufweist, werden in dieser Arbeit zunächst die geologischen sowie hydrologischen Charakteristika und Besonderheiten aufgezeigt. Dieses

soll als Grundlage für eine zweite, künftige Arbeit dienen, in welcher die Ergebnisse der seit vielen Jahren getätigten Karstwasseruntersuchungen dargelegt werden.

▪ **Schlüsselwörter:** *Karsthydrogeologie, Nördliche Frankenalb, Pottenstein, Malmkarst, Karsttektonik, Karstformen, Wasserversorgung, Niederschlagsdefizite, Schadstoffeinträge, Vulnerabilität des Tiefen Karst.*

Abstract: In the holiday region of the Pottenstein Karstic Mountains, which is highly frequented today, the intensive karstification phenomena in the limestones, marls and dolomites of the Malm layers caused extreme water poverty on the Alb plateau in the recent past. The inhabitants came across to this with a multitude of possible solutions, ranging from the use of »Hüllen« to the laborious digging of draw wells to the using of strong karst springs. Nevertheless, the problem of water supply continues to the present day, whereby today the qualitative concerns are at least equal to the quantitative inadequacies.

During the past ten years, massive deficits in precipitation have been observed in northern Bavaria due to the now prevailing, exceptionally warm and dry weather conditions. Particularly noticeable here were the greatly reduced precipitation during the winter months. In the Karstic Mountains of the Franconian Jura, these weather patterns caused very poor formation of new groundwater, which can be traced to this day. Even during the most recent »torrential« rains that occurred in both southern and western Germany, no significant new groundwater formation rates were recorded in the karstic mountains of the Franconian Alb.

Nevertheless – in the midst of the dry periods – there was a relatively frequent occurrence of short-term, but sometimes considerable, heavy precipitation, which increased the sudden risk of inputting pollutants into the karst water bodies, especially during the annual agricultural vegetation periods. As a result, widespread contamination was found, especially in the karst spring water of the »Aschenbrunnen« (Upper Püttlachtal), which is used for Pottenstein's drinking water production.

The Pottenstein's Karstic Mountains, which due to their special tectonic and stratigraphic conditions, have demanding hydrogeological conditions as well as a particularly pronounced vulnerability of the karst water supplies. The geological and hydrological characteristics and distinctions are shown in this work. This should serve as a basis for additional, future work, in which the results of the karst water investigations that have been carried out for many years will be presented.

▪ **Keywords:** *Karst hydrogeology, Northern Franconian Alb, Pottenstein, Malmkarst, karst tectonics, karst forms, water supply, precipitation deficits, pollutant inputs, vulnerability of the deep karst.*

1. Einführung

Am NE-Rand des Frankenjura, rund 35 km NE' Erlangen, liegt das landschaftlich sehr reizvolle Pottensteiner Karstgebirge. Es umfasst im Wesentlichen den Teil der Frankenalb, welcher zwischen dem namensgebenden Luftkurort Pottenstein im S mit dem »Oberen Püttlachtal« (rd. 360 m NN) und der hochgelegenen, aussichtsreichen Hohenmirsberger Platte im N (bis 614 m NN) liegt. In dieser klassischen Urlaubsregion werden neben den kleinen, pittoresken Dörfern auf der Albhochfläche vor allem die zahlreichen Naturdenkmäler wie die überregional bekannte Teufelhöhle sowie das sehr naturnah erhalten gebliebene, canyonartig eingetiefte Püttlachtal mit einer Vielzahl von Kletterfelsen jährlich von Zehntausenden Erholungssuchenden und Wochenend-Ausflüglern besucht.

Noch in jüngerer Vergangenheit bedingten jedoch die intensiven Verkarstungserscheinungen in den Kalken, Mergeln und Dolomiten der Malmschichten eine extreme Wasserarmut auf der Albhochfläche, unter der die Bevölkerung im gesamten Frankenjura jahrhundertlang zu leiden hatte (vgl. HABBE 1989, BAIER et al. 2014). Seit Siedlungsbeginn wurde die existenzielle Bedeutung der ausreichenden Trinkwasser- und Brauchwasser-Versorgung für Mensch und Tier dadurch verdeutlicht, dass es bereits in den vorchristlichen Höhensiedlungen der Albhochfläche überlebensnotwendig war, natürlich entstandene Auffangbecken für Niederschlagswässer (sogenannte Hüllen) zu nutzen oder Zisternen künstlich anzulegen (vgl. VOLLRATH 1960). Die Problematik der Wasserversorgung zieht sich bis in die Gegenwart hinein, wobei allerdings heute die qualitativen Besorgnisse den quantitativen Unzulänglichkeiten mindestens gleichzustellen sind.

2. Problemstellungen

Während der vergangenen zehn Jahre war vor allem in Nordbayern zu beobachten, dass aufgrund der nunmehr vorherrschenden, außergewöhnlich warmen und trockenen Witterungsverhältnisse massive Niederschlagsdefizite auftraten, so auch im Pottensteiner Karstgebirge. Auffällig waren vor allem stark verringerte Niederschlagssummen während der Winterhalbjahre. Das ist deshalb bedeutsam, da während der verdunstungsarmen Herbst- und Wintermonate ausreichenden Niederschlagsspenden eine entscheidende Bedeutung bei der notwendigen Grundwassererneuerung zukommt. Diese vor allem seit dem Jahr 2013 verstärkt beobachteten Witterungsverläufe (vgl. BAIER 2015) verursach-

ten im Karstgebirge der Frankenalb eine sehr mangelhafte Grundwasserneubildung, welche sich bis heute weiterhin verfolgen lässt.

In Nordbayern führten diese Wettergeschehnisse vielfach zum Versiegen von Quellen, dem Austrocknen von Bächen und zu einer Beeinträchtigung der Trinkwasserversorgung. Selbst während der jüngsten, sowohl in Süd- als auch in Westdeutschland aufgetretenen »sintflutartigen« Regenfälle (DPA 2021), welche materielle Schäden in Milliardenhöhe sowie eine Vielzahl von Todesopfern verursachten, war im Karstgebirge der Frankenalb keine nennenswerte Grundwasserneubildung zu verzeichnen.

Darüber hinaus zeigte sich – inmitten der Trockenperioden – ein relativ häufiges Auftreten von kurzfristigen, aber teils beträchtlichen Starkniederschlägen. Bedingt durch die karstspezifischen, sehr guten Infiltrationsmöglichkeiten und aufgrund des sehr rasch ablaufenden Grundwasserdurchsatzes im Gebirge stiegen somit vor allem während der alljährlichen landwirtschaftlichen Vegetationsperioden die Risiken von plötzlich auftretenden Schadstoffeinträgen in die Karstwasserkörper an.

Insgesamt gesehen führten die Veränderungen der Niederschlagsverhältnisse neben mangelhaften Grundwassererneuerungsraten zu einer zunehmenden Belastung der Karstgrundwässer durch anthropogene Kontaminationen. So hat die Stadt Pottenstein seit Jahren Probleme mit der Qualität ihres Trinkwassers (FÜRST 2021a). Immer wieder wurden vor allem in dem – zur Trinkwassergewinnung genutzten – Karstquellwasser des Aschenbrunnen (Oberes Püttlachtal) Kontaminationen festgestellt. Den jüngsten Verunreinigungen durch coliforme Bakterien im Spätwinter 2020/21 war eine neuerliche Gülleausbringung in der Quellenschutzzone II vorausgegangen, für welche die lokale Bund Naturschutz-Ortsgruppe den Zeitpunkt November 2020 zuordnen konnte (FÜRST 2021b).

Wasserschutzgebiete sollten hauptsächlich naturreines, unbelastetes Wasser garantieren. Aufbauend auf dem allgemeinen flächendeckenden Grundwasserschutz werden zur Bewahrung auch künftig guter Trinkwasserqualität die empfindlichen und fassungsnahen Bereiche des jeweiligen Einzugsgebiets als Wasserschutzgebiet festgesetzt. Allerdings beträgt der Anteil der bislang in Bayern rund 3100 ausgewiesenen Trinkwasser-Schutzgebiete nur ca. 4,9 Prozent der Landesfläche (FÜRST 2021a). Für das Pottensteiner Karstgebirge, welches aufgrund seiner besonderen tektonischen und stratigraphischen Gegebenheiten sowohl anspruchsvolle hydrogeologische Verhältnisse als auch eine besonders ausgeprägte Vulnerabilität der Karstwasservorräte aufweist, sollen im Folgenden die geologischen sowie hydrologischen Charakteristika und Besonderheiten dargelegt werden.



Abb. 1: Blick vom Weiherbachtal nach NNW auf die – auf massigen Riffdolomiten des oberen Malm Delta erbaute – Burg Pottenstein.

3. Geschichtlicher Abriss

Trotz der landwirtschaftlich überwiegend ungünstigen und klimatisch rauen Lage sowie dem karstspezifischen Trinkwassermangel stellt das Pottensteiner Gebirge ein uraltes Siedlungsgebiet dar, welches – nach den keltischen, germanischen und slawischen Besiedlungswellen – bei der fränkischen und bayerischen Landnahme von der Merowingerzeit bis in das hohe Mittelalter zunehmend gerodet und urbar gemacht wurde. Heute stellt das »Felsenstädtchen« Pottenstein den zentralen veraltungstechnischen und touristischen Mittelpunkt dieses Gebiets dar. Über dem Luftkurort erhebt sich auf dem markanten, steil abfallenden Dolomitfelsen zwischen den Tälern der Püttlach und des Weiherbach die überregional bekannte, für die Siedlung existentielle Burganlage (Abb. 1). Die bis heute nahezu vollständig erhalten gebliebene mittelalterliche Befestigung wurde wohl um das Jahr 1057 vom bayerischen Pfalzgrafen Botho (1027/28-1104) errichtet; diesem hatte seine Gattin Judith, eine



Abb. 2: Blick von der Kuppenlandschaft der Albhochfläche S' Steifling nach NE auf Hohenmirsberg und die von einem Aussichtsturm bekrönte »Platte«, welche mit 614 m NN den höchsten Punkt der Nördlichen Frankenalb darstellt.

Tochter Ottos von Schweinfurt, fränkische Besitztümer in die Ehe eingebracht (PETERS 2013).

Auch die N' Pottenstein anschließende Albhochfläche stellt ein altes fränkisches Siedlungsland dar. So wurde die auf sehr exponiertem Höhengniveau gegründete Ortschaft Hohenmirsberg bereits im Jahre 1124 erwähnt (Abb. 2). Ihre Namensgebung erfolgte nach der ehemals dort erbauten, heute vollständig abgegangenen Turmhügelburg »Munrichesberge« und bezeichnet die »hochgelegene Burg des Muntrich«, des Erbauers und Herrn dieser Befestigung (MAAS 1995).

Auf der Albhochfläche, ungefähr zwischen Hohenmirsberg und dem »Oberen Püttlachtal« gelegen, liegt das kleine Dorf Prüllsbirkig. Dessen Ortsname wird um 1400 als »Prulespirkech« urkundlich erwähnt und lässt sich etymologisch auf mhd. »bruel«, ahd. »bruohil« = »sumpfige, mit Buschwerk bestandene Wiese« zurückführen (MAAS 1995). Die Ortschaft Prüllsbirkig stellt also die »Siedlung beim Birkenholz am Sumpf« dar, was noch heute mit dem karsthydrologischen Realbefund von drei hier anstehenden Großdolinen und deren Einzugsgebieten mit ihren staunassen Alblehmböden übereinstimmt. In der Gegenwart stellt diese geologische Konstellation wohl eine der Haupt-Voraussetzung für die

potentiellen Kontaminationseinträge in den dortigen Karstwasserkörper dar.

4. Geologischer Überblick des Pottensteiner Karstgebirges

Im Pottensteiner Gebirge steht die Schichtenabfolge von den dunklen Tonen des Dogger Alpha bis zu den hellen Dolomiten des Malm Epsilon weitgehend lückenlos an. Die petrographischen Gegebenheiten der mesozoischen Sedimente sind stark durch die paläogeographische Küstennähe im Ablagerungsraum des »Germanischen Becken« geprägt. Heute lagern dem jurassischen Schichtenverband stellenweise noch oberkretazische Sedimente sowie die flächenhaft auftretenden, meist nur geringmächtigen Alblehme auf. Im Folgenden soll eine kurze Übersicht der im Pottensteiner Karstgebirge anstehenden Sedimentabfolgen sowie der tektonischen und hydrogeologischen Verhältnisse dargelegt werden.

Zur Jurazeit bestand im Bereich der heutigen Frankenalb ein flaches und warmes Schelfmeer. Während des Unteren Dogger wurden am Grund des »Germanischen Beckens« noch mächtige, bituminöse Tone abgelagert; ab dem Dogger Beta herrschen die klastischen Sedimente eines küstennahen Meeresbereichs vor. Während der gesamten Doggerzeit war das relativ seichte Meeresbecken durch das Vindelizische Land vom im S anschließenden »Urmittelmeer«, der Tethys, abgetrennt. Am Ende des Doggers versank die Vindelizische Landbrücke, so dass mit Beginn des Unteren Malm das fränkische Schelfbecken vollständig mit der Tethys in Verbindung stand und somit deren kalkreiche Tiefenwässer einströmen konnten. Während des gesamten Malm wurden so im fränkischen Schelfmeer mächtige Kalke und Kalkmergel abgelagert. Neben den geschichteten Kalken und Mergeln wuchsen auf Schwellen am Meeresboden Kalkschwämme, die im Lauf der Jahrtausende ausge dehnte Schwammriffe mit Algenkrusten bildeten.

Am Ende des Jura verflachte das fränkische Schelfmeer zunehmend. Zwischen den Riffzügen und den aus dem Lagunenmeer herausragenden, flachen Inseln wurden feingeschichtete Plattenkalke sedimentiert. Wahrscheinlich schon während des obersten Jura wurden die hangenden Bereiche der Malmschichten – und hier vor allem die Riffkalke – submarin durch Zufuhr von Magnesium in Dolomit (den so genannten Frankendolomit) umgewandelt. Diese mächtigen Riffdolomite bauen zusammen mit den tafelbankigen Dolomiten die charakteristische Kuppenlandschaft der Albhochfläche auf.

In der Unterkreide wurde Süddeutschland tektonisch gehoben. In der heutigen Frankenalb kam es unter Festlandsbedingungen sowie unter feuchttropischen Klimaverhältnissen zur Ausbildung der typischen Ke-

gelkarst-Landschaft. Hierbei verkarstete die Malmtafel tiefgründig. Die weiträumig anstehenden Dolomitekuppen wurden bereits unter den subtropischen Klimabedingungen der älteren Kreidezeit aus dem umgebenden Gestein heraus präpariert; heute zeigen sich die massigen Riffdolomite als schmutziggraue, blockartig zerlegte Felstürme mit glatten Wänden (vgl. BAIER et al. 1993).

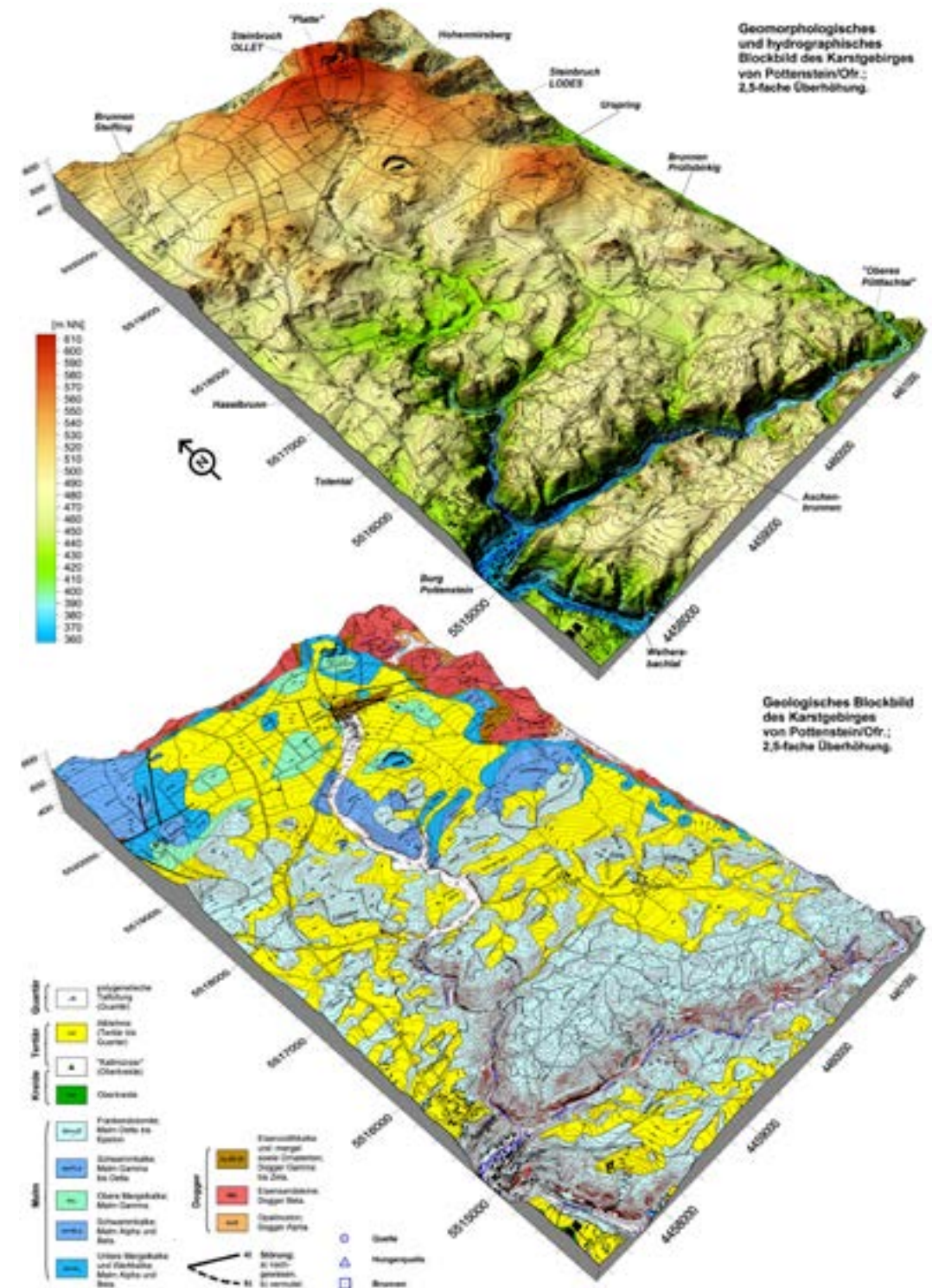
Mit dem Beginn der Oberkreide setzten Meereseinbrüche aus dem Ostalpen-/ Karpathenraum nach NE-Bayern ein. Die Transgressionen drangen wahrscheinlich bis in das Gebiet des heutigen Hollfeld vor (MEYER 1972). Die obercretazischen Sedimente verschütteten das Unterkreide-Karstrelief vollständig. Bereits im Alttertiär setzte – unter weiterhin tropischen Klimaverhältnissen – flächenhafte Korrosion und erneute Verkarstung der Malmtafel ein. Durch die ständig fortschreitenden Erosions- und Korrosionsvorgänge wurden die Oberkreidesedimente immer stärker abgetragen, bis schließlich das unterkretazische Karstrelief weitgehend exhumiert war (TILLMANN & TREIBS 1967).

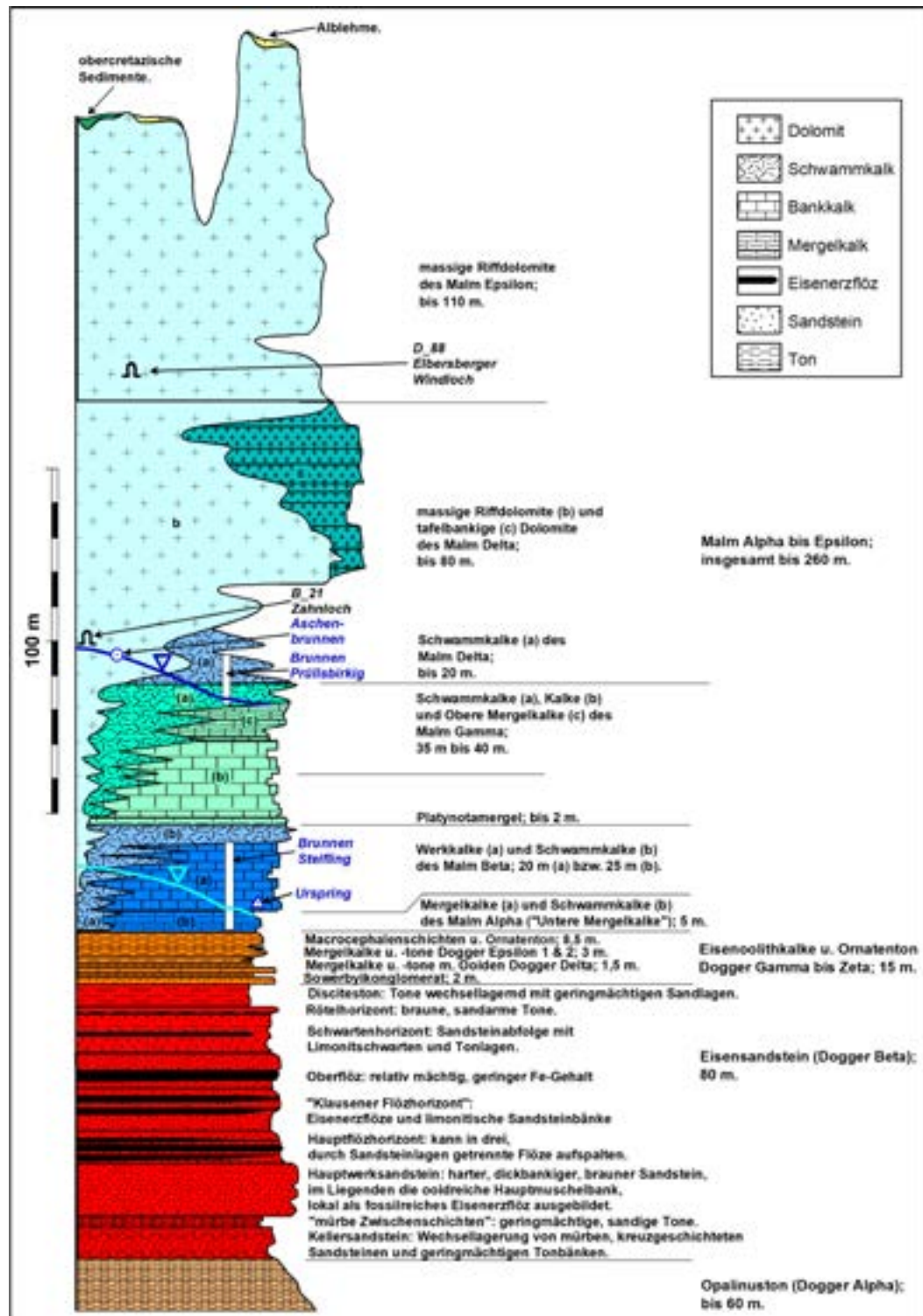
4.1. Dogger

Der aus schwarzen bis graublauen Schiefertönen mit zwischengeschalten sandigen Lagen aufgebaute Opalinuston (**Dogger Alpha**) streicht an den flachen Hängen des Albrandes im N des Pottensteiner Karstgebirges aus (Abb. 3). Die Gesamtmächtigkeit beträgt durchschnittlich 60 m (WIPPERN 1953). Im Opalinuston treten in den Schichten feinverteilte Eisenbestandteile noch in Form von Pyrit auf, während im darüber liegenden »Eisensandstein« (Dogger Beta) bereits Eisenerzflöze vorkommen. Im Grenzbereich Dogger Alpha/Beta ist ein ergiebiger Quellhorizont ausgebildet.

Der »Eisensandstein« des **Dogger Beta** bildet morphologisch einen deutlichen Steilanstieg aus. Petrographisch setzen sich die Sedimente aus fein- bis mittelkörnigen, gelben bis hellbraunen, meist bankig ausgebildeten Sandsteinen, sandigen Tonlagen, Kalksandsteinbänkchen und oolithischen Eisenerzen zusammen. Die in verschiedenen Schichtenniveaus auftretenden rotviolettten »Eisenerzhorizonte« (vgl. Abb. 4) bestehen aus eisenooxidführenden Quarzsandsteinen mit Fe-Gehalten von 20% bis 35% (v. FREYBERG 1951). Noch im 20. Jh. ging auf diese Erzlagerstätten im Raum der E' benachbarten Stadt Pegnitz/Ofr. ein reger Bergbau um; im Pottensteiner Gebirge waren die Eisenflöze aufgrund ihrer zu geringen Mächtigkeiten jedoch nicht abbauwürdig (WIPPERN 1955).

Abb. 3: (gegenüber liegende Seite) Geomorphologisches und hydrographisches Blockbild (oben) sowie geologisches Blockbild des Karstgebirges von Pottenstein/Ofr. (Nördliche Frankenalb); jeweils 2,5-fache Überhöhung.





In seiner Gesamtmächtigkeit von rund 80 m streicht der Doggersandstein am E-Hang des Oberen Püttlachtales sowie am Steilabbruch N' Hohenmirsberg aus (Abb. 3). Hydrologisch stellt das petrographisch sehr abwechslungsreich aufgebaute Dogger Beta-Sedimentpaket (Abb. 4) einen gut durchlässigen, wasserhöffigen Aquifer dar und wird seit mehreren Jahrzehnten zur Trinkwasserversorgung der Ortschaften am Albrauf sowie im NE' gelegenen Albvorland genutzt. Lokal scheint auch ein subartesisches Aufsteigen von Doggergrundwässern in den hangenden Malmaquifer zu bestehen, so beispielsweise entlang von tektonischen Bruchflächen im Bereich der weiter unten beschriebenen Horststruktur in Hohenmirsberg.

Im Liegenden der Doggersandstein-Abfolge steht eine rund 1 m mächtige Sandsteinbank an; darüber folgt eine Wechsellagerungen von Sandstein- und Tonbänken (WIPPERN 1951). Der im Hangenden anstehende Kellersandstein wird von mürben, weißen, kreuzgeschichteten Sandsteinbänken mit zwischengelagerten, geringmächtigen Tonschichten aufgebaut. Die darüber folgende, ooidreiche Hauptmuschelbank liegt stellenweise als fossilreiches Eisenerzflöz vor (EXLER 1957). In deren Hangenden ist ein markanter Steilanstieg ausgebildet: Dieser wird vom harten, dickbankigen, braunen Hauptwerksandstein gebildet. Die Geländestufen-Oberfläche des Doggersandsteins wird vom Hauptflözhorizont aufgebaut; dessen ooidisches Eisenerzflöz kann n. WIPPERN (1953) in drei, durch Sandsteinlagen getrennte Flöze aufspalten (Abb. 4).

Der obere Teil der Doggersandstein-Abfolge beginnt mit dem »Klausener Flözhorizont«, einer Wechselfolge von geringmächtigen Eisenerzflöze und limonitischen Sandsteinbänken. Das im Hangenden anstehende Oberflöz ist relativ mächtig entwickelt, weist im Pottensteiner Gebirge jedoch nur einen geringen Fe-Gehalt auf. Darüber folgen der »Schwarzenhorizont«, eine Sandsteinabfolge mit Limonitschwarten und Tonlagen sowie der aus braunen, sandarmen Tonen aufgebaute »Rötelhazhorizont« (WIPPERN 1955). Der Oberste Dogger Beta wird vom Disciteston, einer Wechsellagerung wasserstauer Töne und geringmächtiger Sandlagen, aufgebaut (Abb. 4). Die Hangendgrenze lässt sich gut unter dem harten Sowerby-Konglomerat des Dogger Gamma verfolgen (EXLER 1952).

Der Schichtenkomplex der »Eisenoolithkalke« und des Ornatentons des **Dogger Gamma bis Zeta** (SCHMIDTILL 1953) erreicht im Pottensteiner Gebirge eine Gesamtmächtigkeit bis 15 m (EXLER 1957). Geomorphologisch bilden diese Sedimente eine ausgedehnte Terrasse zwischen dem

Abb. 4: (gegenüber liegende Seite) Schematisches Profil der Dogger- und der Malm-schichten im Gebirge von Pottenstein/Ofr. (Nördliche Frankenalb); nach Angaben von DORN (1933, 1939), EXLER (1952, 1954, 1957), FREYBERG (1951, 1961), GÜMBEL (1891), MEYER & SCHMIDT-KALER (1992), TILLMANN & TREIBS (1967), WIPPERN (1951, 1953, 1955) und eigenen Beobachtungen.

Steilanstiegen des liegenden Doggersandsteins und den hangenden Karbonatschichten des Unteren Malm aus.

Das Liegende der »Eisenoolithkalke« wird vom Sowerby-Konglomerat (**Dogger Gamma**) gebildet, ein im Pottensteiner Gebirge bis 2 m mächtiger, als harter, konglomeratischer, mit Aufarbeitungs-Geröllen, Austernschalen und Muschelschill vorliegender Kalksandstein (WIPPERN 1955).

Die insgesamt bis 1,5 m mächtigen **Dogger Delta**-Schichten setzen sich im Liegenden aus Mergelkalkknollen mit Ooidnestern zusammen; darüber stehen die braunen, oolitharmen Mergeltonne und die braunen, ooidreichen Mergel (vgl. Abb. 4) der Parkinsoniensichten an. Im Zentrum von Hohenmirsberg konnte DORN (1939) – im Bereich der hier anstehenden tektonischen Horststruktur – ein feinstratigraphisches Profil dieser nur sehr selten aufgeschlossenen Schichtenabfolge aufnehmen.

Im Hangenden folgen die insgesamt rund 1,5 m mächtigen, hellgrauen und braunen Mergeltonne und -kalke des **Dogger Epsilon 1 & 2**. Sie setzen mit braunen, schwach oolithischen Mergeltonnen ein; im Hangenden folgen brotlaibförmige Knollen aus hellgrauen Mergelkalken, graue, schwach oolithische Mergeltonne und blaugraue Mergelkalkknollen (DORN 1939, WIPPERN 1955).

Die Macrocephalenschichten des **Dogger Epsilon 3** werden von 1,5 m mächtigen, graubraunen Mergeltonnen mit Phosphoritkonkretionen aufgebaut (Abb. 4). Diese stellen mit den **Ornatenton** des **Dogger Zeta** die Hauptaquiclude des überlagernden Malm-Karstwasserkörpers dar. Der Ornatenton setzt sich im Pottensteiner Gebiet aus fossilreichen, blaugrauen Tonmergeln mit zahlreichen kleinen Phosphoritknollen zusammen (WIPPERN 1955, EXLER 1957). Im Bereich der Hohenmirsberger Horststruktur konnte DORN (1939) diese Schichtenabfolge in einer Gesamtmächtigkeit von 8,5 m beobachten.

4.2. Malm

Im Pottensteiner Karstgebirge nehmen die stark verkarsteten Kalke, Mergelkalke und Dolomite des **Malm** die weitaus größten Flächenareale ein und bilden morphologisch markante Steilanstiege aus (vgl. Abb. 3). Besonders auf der Albhochfläche stellen sie den Hauptanteil der hier ausstreichenden Gesteine und sind häufig durch pittoreske Felsbastionen ausgezeichnet. Im Untersuchungsgebiet erreicht der Malmkarst – vor-

Abb. 5: (gegenüber liegende Seite) oben: Die bis 40 m hohe S-Wand des Steinbruch Lodes an der »Geiersleite« 700 m S' Hohenmirsberg mit bruchtektonisch stark beanspruchten Malm Beta- und Gamma-Schichten (Photo: Richard Reinl/NN Pegnitz). **Abb. 5 unten:** Blick von der auf 614 m ü. NN gelegenen »Platte« nach W auf die Karstgrundwasserblänke inmitten der Malm Beta-Schichten im Steinbruch Ollet 840 m NE' Hohenmirsberg.



wiegend im Raum ESE' Pottenstein – eine Gesamtmächtigkeit bis 260 m (Abb. 4).

Das Karstgebirge selbst ist in den liegenden Partien durch Schicht- und Schwammfazies charakterisiert, während die stratigraphisch höheren Karbonatgesteine durch überwiegend massige, dickbankige Kalke und Dolomite aufgebaut werden. Im Pottensteiner Gebiet liegt die »Kuppenalb« hauptsächlich im Bereich der Dolomite auf der Albhochfläche vor: Hier werden die während der Unterkreidezeit tiefgründig verkarsteten und damals eine Kegelkarstlandschaft bildenden Malmschichten diskordant von Oberkreidesedimenten und Ablehmen überdeckt.

Im Pottensteiner Gebirge stehen die Schichten des Unteren Malm – über der Verebnung der Ornatentonterrasse – in einem bis 30 m hohen Steilanstieg an. In diesem Raum wurde der Meeresboden bereits während des Malm Alpha stellenweise von Schwämmen besiedelt, deren kuppelförmige Riffbauten die Bankfazies zunehmend ersetzen. So bleibt die geschichtete Fazies auf die unteren Malmpartien beschränkt. Daneben setzt die Massenfazies lokal bereits im untersten Malm ein und nimmt in den hangenden Malmschichten immer größere Anteile ein (vgl. Abb. 4). Lediglich im Unteren Malm Gamma tritt die Schichtkarbonatfazies wieder etwas stärker hervor. Im Oberen Malm Gamma überwiegt jedoch wieder die Massenfazies, welche dann in den höheren Malmschichten nahezu ausschließlich dominiert (EXLER 1957).

In Schichtfazies werden die »**Unteren Mergelkalke**« des **Malm Alpha** aus einer Wechselfolge weißgrauer Mergeltone und meist geringmächtiger, gelblich-weißer Mergelkalkbänken aufgebaut.

Die Stufe der **Malm-Beta-Werkkalke** ist charakterisiert durch wohl geschichtete, 0,2 m bis 0,4 m dicke Kalkbänke, die in horizontaler Erstreckung ihre Mächtigkeiten nur geringfügig ändern; zwischengelagert sind bis 3 cm dicke Mergelbänke. Die nahezu weißen Werkkalke sind durch eine relativ große Härte ausgezeichnet und zeigen glatte, scharfkantige Bruchflächen (EXLER 1957).

Die **Schwammkalke** des **Unteren Malm** bestehen aus teils klobigen, teils undeutlich gebankten, muschelartig brechenden, asch- bis hellgrauen Kalken (WIPPERN 1951). Während die **Schwammkalke des Malm Alpha** wechselnde Mergelgehalte sowie zahlreiche mergelig/tonige Zwischenlagen aufweisen (massige Fazies sensu v. GÜMBEL 1891), erweisen sich die **Malm-Beta-Schwammkalke** als mergel- und tonfrei; sie entsprechen der »klotzigen Fazies« nach v. GÜMBEL (1891). Auf der Albhochfläche bilden diese Massenkalken morphologisch kleine, inselartige Rücken inmitten der Albüberdeckung aus (vgl. Abb. 3 unten).

Die **Mächtigkeiten** der geschichteten Fazies entsprechen im **Malm Alpha** jener der Schwammkalke. Im **Malm Beta** liegt sie in den Schwammkalk-Arealen bis 10 m über der Mächtigkeit der Schichtfazies (EXLER

1957). Die **Gesamtmächtigkeiten** des Unteren Malm betragen 25 m bis 30 m, wobei auf die Unteren Mergelkalke des Malm Alpha rund 5 m entfallen (Abb. 4).

Die **Oberen Mergelkalke** des **Malm Gamma** werden aufgebaut von graublauen, 0,1 m bis 0,3 m dicken, rauh brechenden Kalk- und Mergelkalkbänken, die mit bis 0,1 m mächtigen Mergellagen wechsellagern (EXLER 1957). Über diesen wasserstauenden Schichten bildet sich häufig ein zweiter, schwebender Karstgrundwasserkörper aus, aus welchen stellenweise die auf der Karsthochfläche austretenden »Hungerquellen« gespeist werden. Weiterhin bilden sie die Aquiclude des im Ziehbrunnen von Prüllsbirkig aufgeschlossenen Karstwassers sowie des Grundwasserkörpers, welcher die Quellen im Oberen Püttlachtal speist.

Einen überregional bekannten Aufschluss stellt der große, über 40 m tiefe Steinbruch der Firma Lodes an der »Geiersleite« 700 m S' Hohenmirsberg dar (Abb. 5 oben). Hier werden hauptsächlich die Werkkalkbänke des Malm Beta abgebaut. Die bruchtektonisch intensiv beanspruchten Schichten werden von einer Vielzahl von Abschiebungen sowie Y- und X-Sprüngen durchzogen. Im oberen Steinbruchbereich streichen die von Kalkbänken durchzogenen *Platynota*-Mergel des unteren Malm Gamma aus. Diese sind – im Gegensatz zum im W gelegenen Raum um Ebermannstadt (GOTTWALD 1959) – hier zwar nur 2 m mächtig, dafür aber äußerst fossilreich (MEYER & SCHMIDT-KALER 1992). Vor allem die reichhaltige Ammonitenfauna hat zu einem hohen Bekanntheitsgrad dieses Aufschlusses geführt.

Die insgesamt bis rund 60 m mächtige **Schwammkalkfazies** des **Malm Gamma bis Delta** ähnelt jener des Unteren Malm: Es treten überwiegend mergelfreie Massenkalken auf, nur vereinzelt stehen auch mergelige Schwammkalke an (WIPPERN 1955). Häufig nimmt in den Massenkalken der Dolomitisierungsgrad gegen das Hangende hin zu, wobei diese lithologische Grenze in den Gesteinspaketen allerdings sehr unregelmäßig verläuft.

Schwammkalkvorkommen, die jünger als Malm Gamma sind, treten im Pottensteiner Karstgebirge nur stark untergeordnet auf: Die hangenden Karbonatschichten wurden nahezu vollständig – wohl bereits während oder kurz nach der Diagenese – sekundär in Dolomit umgewandelt. Heute reicht die Dolomitisierung im Pottensteiner Gebirge von den Gesteinen des Malm Epsilon bis mindestens in den Malm Gamma hinab und scheint hier großenteils in den mergeligen Gamma-Schichten »steckengeblieben« zu sein (vgl. Abb. 4); nur lokal konnte sie im Liegenden bis in die Schichten des Unteren Malm vordringen (EXLER 1957).

Die rund 80 m mächtigen, tafelbankigen **Riffdolomite des Malm Delta** weisen häufig schmale, schüsselförmige Kerben auf, die im Dolomit die einzigen Hinweise auf die ehemals riffbildenden Kieselschwämme geben.

Heute zeigt sich dieser ursprünglich großräumige Riffkomplex durch die Verkarstungsvorgänge und infolge der Eintiefung der Vorfluter als in einzelne große Felstürme aufgelöst (MEYER & SCHMIDT-KALER 1992).

Die hellen **Riffdolomite des Malm Epsilon** bilden morphologisch vorwiegend charakteristische Felsstotzen (»Knocks«) aus. Abgelagert wurden die massigen Malm Epsilon-Dolomite in einem breiten Riffareal, das sich als breiter Gürtel vom heutigen Waischenfeld im NW bis nach Pottenstein und Bronn im SE erstreckte (MEYER & SCHMIDT-KALER 1992). Daneben treten geringmächtige, tafelbankige Epsilon-Dolomite auf, welche häufig weiße, bisweilen fossilführende Feuersteinknollen enthalten. Nach MEYER & SCHMIDT-KALER (1992) sind sie – im Gegensatz zum kuppelförmig gebauten Riff – aus Schwammrassenbänken hervorgegangen, die paläogeographisch in einen lagunenartigen Meeresbereich hinter dem NW-SE verlaufenden Haupt-Riffgürtel zur Ablagerung kamen. Heute bauen diese Schichten – im Gegensatz zu der abwechslungsreichen Dolomitkuppenlandschaft des zentralen Riffgebiets – eine nur flach reliefierte Hochfläche aus.

4.3. Kreide und Känozoikum

Während der Kreidezeit setzte im Bereich der Tethys die alpidische Gebirgsbildung ein. Hierdurch bedingt wurde in der **Unterkreide** das heutige Süddeutschland tektonisch gehoben sowie verkippt. Die weiträumig anstehenden Malm-Karbonate wurden unter subtropischen Klimabedingungen sehr stark verkarstet und es entstanden in der Frankenalb große Poljenzüge (vgl. BAIER & FREITAG 2003) sowie ausgedehnte, oft bis zur Dogger-/Malm-Grenze hinab reichende Hohlraumssysteme. Die meisten der heutigen Karsthöhlen wurden bereits während dieser geologischen Epoche angelegt (TILLMANN & TREIBS 1967).

Mit den zu Beginn der **Oberkreide** einsetzenden Meereseinbrüchen wurde die ausgeprägte Kegelkarstlandschaft der heutigen Frankenalb durch langanhaltende Sand- und Tonschüttungen überdeckt. Diese obercretazischen Sedimente setzen sich aus marinen, limnischen, fluviatilen und terrestrischen Ablagerungen zusammen (vgl. BAIER & FREITAG 2003). Von dem ehemals mächtigen, petrographisch sehr abwechslungsreich gestalteten Sedimentinventar sind im Pottensteiner Karstgebiet lediglich Rudimente erhalten geblieben. Neben dem isoliert auf der Berg Rücken SW' Pottenstein (vgl. Abb. 3 unten) anstehenden Vorkommen gelblichbrauner, fein- bis grobkörniger, feldspatreicher Sandsteine mit dazwischen geschalteten Tonlagen (Mittleres Cenoman bis Oberes Turon) fallen besonders die auf der Karsthochfläche verstreut auftretenden, häufig mehrere Kubikmeter großen Felsblöcke sehr harter, quarzitisches gebundener Sandsteine auf (WIPPERN 1955, EXLER 1957). Diese sog.

Kallmünzer interpretierte v. FREYBERG (1953) als Relikte eines Einkieslungshorizontes der Michelfelder Schichten des Oberturon; sie wurden bei der Verwitterung nach unten verfrachtet und befinden sich heute auf sekundärer Lagerstätte.

Unter weiterhin noch subtropischen Klimabedingungen schritt während des **Tertiärs** die Abtragung der Landschaft weiter fort: In der heutigen Frankenalb erfolgte an der Wende Pliozän/Pleistozän die nahezu vollständige Ausräumung der oberkretazischen Sedimente und somit die weitgehende Freilegung des alten, unterkretazischen Karstreliefs (TILLMANN & TREIBS 1967). In diese Zeitspanne wird auch die Bildung der unterschiedlich mächtigen Ablehme gestellt. Diese fielen als unlösliche Residuale bei der Verkarstung der Malm-Karbonate an und wurden an der Albhochfläche allmählich akkumuliert sowie mit Kreidesanden vermischt.

Die sandig/tonigen Ablehme lagern heute als meist nur geringmächtige Deckschichten den verkarsteten Malmschichten auf. Auf der trockenen Karsthochfläche ermöglichten die wasserstauenden, häufig in Subrosionssenken zusammen geschwemmten Ablehme die Ausbildung kleiner, natürlich entstandener Ansammlungen von Oberflächenwässern, welche als »Hüllen« bezeichnet werden. Diese Benennung leitet sich vom ahd. Wort »huliwa« (= »Wasserloch, Sumpflache«) ab und bezeichnet in der mittelhochdeutschen Bezeichnung »hülwe« eine »kleine, mit Regenwasser gefüllte Pfütze« (MAAS 1995). Die spärlichen, hygienisch äußerst bedenklichen Wasservorkommen wurden bis Mitte des 20. Jh. zur unabdingbar notwendigen Trink- und Brauchwasserversorgung herangezogen (vgl. BAIER et al. 2014). Für die Besiedlung der Albhochfläche hatten die »Hüllen« dennoch eine immense existentielle Bedeutung: Dies spiegelt sich bis heute in vielen Orts- und Flurnamen wie Egloffstein-erhüll, Großenhül, Kleinhül, Wohlmuthshüll oder nur »Hüll« wider. In der Ortschaft Steifling – unmittelbar E' des historischen Ziehbrunnens – war eine derartige Wasseransammlung noch bis in die 1950er Jahre in Gebrauch. Sie wurde in den Folgejahren zugeschüttet und ist heute von einer kleinen Parkanlage bestanden. Im kleinen Dorf Mandelau auf der Karsthochfläche 750 m NW' Prüllsbirkig blieb jedoch eine »Hüll« bis heute erhalten.

Großflächig wirken die sandig-lehmigen Verwitterungsschichten als wasserstauende Horizonte, auf denen auch in unbesiedelten Gebieten die Niederschlagswässer in morphologischen Senken zusammenströmen und dann punktuell über Dolinen und Ponore direkt im Gebirge versinken. Darüber hinaus liefern die Ablehme auf der Karsthochfläche die hydrogeologischen Voraussetzungen für die Ausbildung einer Vielzahl kleiner und kleinster oberflächlicher Wassereinzugsgebiete, in welchen das gesammelte Niederschlagswasser – der Schwerkraft folgend – schon

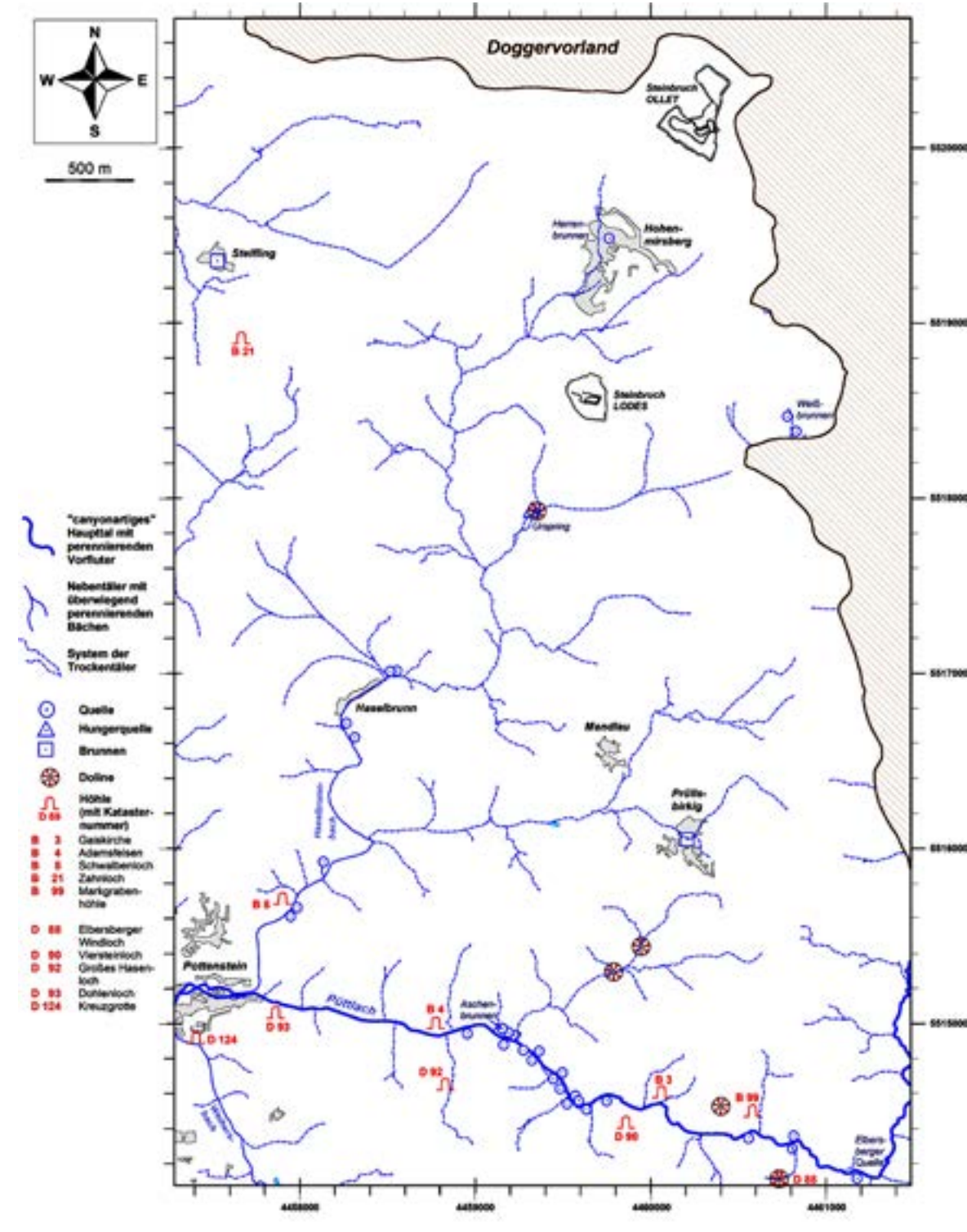
bei geringen Hangneigungen einem Netz zunächst unscheinbarer, sich aber rasch eintiefender Trockentäler zuströmt, welche schließlich in die häufig »canyonartig« ausgebildeten Haupttäler mit den perennierenden Fließgewässern einmünden.

Die Ausformung der weit verzweigten Trockentalsysteme auf der Karsthochfläche um Pottenstein ist – wie generell in der Frankenalb – auf die Glazialzeiten des **Pleistozäns** zurückzuführen. In dieser über 2 Mio. a andauernden Zeitspanne lag das heutige Nordbayern im gletscherfreien Gebiet zwischen dem nordischen Inlandeis und den Alpengletschern. Es glich einer spärlich bewachsenen Kältesteppe mit (Perma-) Frostböden und Solifluktion im Auftaubereich, Bergrutschen, Abblasung und der Sedimentation von äolischen Sedimenten sowie starker Tiefenerosion im fluviatilen Bereich mit Bildung der rezenten engen Flusstäler und der heutigen Trockentäler auf der Albhochfläche.

In ihrer ursprünglichen Anlage gehen die **Trockentalsysteme** zwar auf ein wesentlich älteres, vor der jüngsten Talbildung bereits bestehendes und zu den Vorflutern Haselbrunnbach, Weiherbach und Püttlach hin ausgerichtetes Entwässerungssystem zurück. Vor allem während der Kaltzeiten des Pleistozäns erfolgte die hauptsächliche morphologische Ausformung der heutigen Trockentäler durch fluviale Erosion mächtiger oberflächlich abfließender Schmelzwassermassen über den, durch tiefreichenden Permafrost plombierten Karstuntergrund. Im Pottensteiner Karstgebirge sind die Trockentalsysteme auf die jüngste glazialzeitliche Talausformung der Püttlach eingestellt (Abb. 6). Die Streichrichtungen sowohl der Trockentäler als auch der perennierenden Haupttäler zeigt eine auffällige Orientierung am jungen, rheinisch (NNE-SSW) und E-W streichenden Trennflächengefüge (vgl. BAIER 2008), während die tektonisch wesentlich älteren, erzgebirgisch und herzynisch verlaufenden und an den Bauplan der Frankenalbfurche gebundenen Kluftsysteme sich nur untergeordnet in den rezenten Talverläufen widerspiegeln.

Die Lockersedimente der **Trockentäler** werden vorwiegend aus ehemals kreidezeitlichen Sanden aufgebaut, welche durch die kaltzeitlichen Schmelzwässer in die Täler verfrachtet wurden (EXLER 1957). Eine temporäre Reaktivierung dieser Abtragungsvorgänge kann heute bei der Schneeschmelze und nach Starkniederschlägen beobachtet werden, in jüngster Vergangenheit verstärkt durch die immense Erosionsanfälligkeit moderner Agrarflächen samt den dadurch bedingten Bodenabschwemmungen. So werden vor allem die starken Flächenzuwächse von landwirtschaftlichem Mais-Anbau als ursächlich für die zu beobachtenden

Abb. 6: (gegenüber liegende Seite) Karte der Trockentalsysteme und der Haupttäler mit den perennierenden Vorflutern im Karstgebirge von Pottenstein/Ofr.



Zunahmen sich neu ausbildender Erosionsrinnen auf der Albhochfläche angesehen (HÜMMER 2020).

Im Pottensteiner Gebirge setzen sich die quartären polygenetischen Talfüllungen der »canyonartig« eingeschnittenen, perennierenden **Haupttäler** überwiegend aus groben, lehmig-klastischen Kalk- und Dolomitschuttmassen sowie aus eingeschwemmtem sandigen Verwitterungslehmen zusammen. Hierdurch bedingt treten vor allem in den Talauen des Oberen Püttlachtals E' Pottenstein häufig Torfbildungen und Quellsümpfe auf (EXLER 1957). Diese meist bis 1 m mächtigen, mit stark zersetzten Baumstümpfen und Holzresten durchzogenen Schwarztorfe sind für die Flusstäler, welche aus dem Doggervorland in die Frankenalb eintreten, charakteristisch und gelten als Folge der Schicht- und Stauquellen, die in oder über den Lockersedimentfüllungen der Karsttäler austreten (v. FREYBERG 1940). Die Schwarztorfbildung begann mit der – durch hohe Niederschlagsmengen und feucht-warme Witterungsbedingungen gekennzeichneten – Vermoorung im Zuge der Klimaerwärmung zu Beginn des Atlantikums (ca. 8000 v. Chr.) und endete weitgehend vor rund 6000 Jahren (FRAHM 2001).

5. Gebirgsbau, Lagerungsverhältnisse und Wasservorräte

Großtektonisch gesehen weist die Nördliche Frankenalb einen vorwiegend muldenförmigen Bauplan auf (v. FREYBERG 1969). So liegt das Pottensteiner Karstgebirge an der NE-Flanke der herzynisch streichenden, über 200 km langen und 6 km bis 10 km breiten Frankenalbfurche. Diese hat als weitgehend linear verlaufende Muldenstruktur die Bruch- und Verbiegungsstrukturen in N-Bayern und speziell im fränkischen Karstgebirge großräumig beeinflusst (vgl. v. FREYBERG 1940): Sie setzt am SE-Rand der Rhön ein, verläuft durch das Grabfeld und nach SE durch die gesamte Fränkische Alb. Weiter nach SE zieht die Frankenalbfurche bis in das Gebiet von Regensburg, wo sie in die große Senkungszone der außeralpinen Molasse einlenkt. Hier setzt sich diese Tiefenstruktur bis über den Inn hinaus fort (FREUDENBERGER & SCHWERD 1996). Die große Muldenstruktur wird beiderseits durch Flexuren und Großabschiebungen begrenzt.

Durch Queraufwölbungen lässt sich die Frankenalbfurche weiter untergliedern: Ausgehend von der Grabfeldmulde im NW folgen in SE' Richtungen der bruchtektonisch geprägte Staffelsteingraben und die Hollfelder Mulde, die sich nach NE in die »Ziegenfelder Bucht« verbreitert. Im SE' Fortstreichen folgen die bedeutende Veldensteiner Mulde, von welcher nach ESE der Auerbacher Furchenast abzweigt (Abb. 7). Weiter im SE schließt die Regenstauer Mulde an (v. FREYBERG 1969).

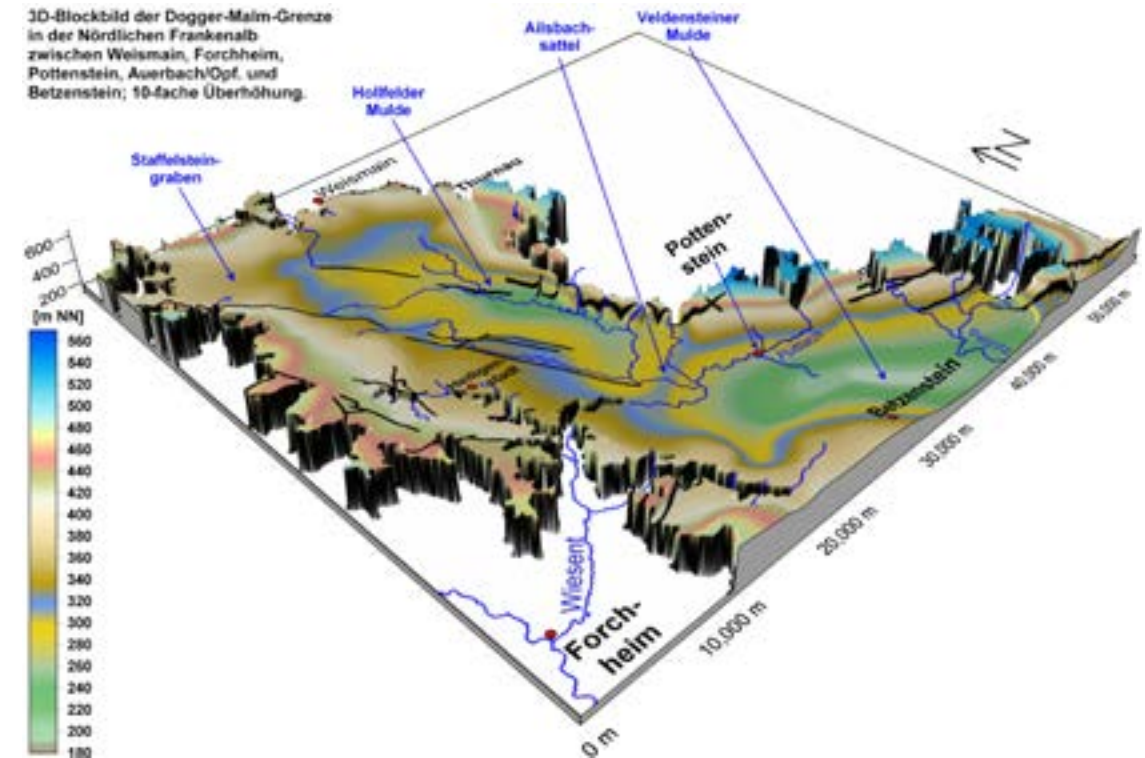


Abb. 7: 3D-Blockbild des tektonischen Bezugshorizontes der Dogger-/Malm-Grenze mit Verbiegungs- und Störungstektonik in der Nördlichen Frankenalb; 10-fache Überhöhung.

Vor allem die Hollfelder und die Veldensteiner Mulde stellen für Nordbayern äußerst wichtige Grund- und Trinkwasservorratsgebiete dar. Beide tektonische Muldenstrukturen weisen hohe bis sehr hohe Grundwassermächtigkeiten von 140 m bis 220 m auf (GLA 1995).

Die durch diesen Gebirgsaufbau bedingte, immense Bedeutung des Fränkischen Karstes als Trinkwasser-Ressource (vgl. HÜMMER & SAMINI 2002) wird durch Überschlagsberechnungen der Wasserbilanz verdeutlicht.

Für die Nördliche Frankenalb ergibt sich aus dem Zusammenwirken von Niederschlägen und Verdunstung ein ober- und unterirdischer Gesamtabfluss ($A_o + A_u$) in Höhen von 300 mm/a bis 440 mm/a (STREIT 1971, WANDEL 1990). Der unterirdische Grundwasserabfluss wird von STREIT (1971) für die nördliche Frankenalb mit 75% des Gesamtabflusses und somit in Grundwasser-Neubildungshöhen von 225 mm/a bis 330 mm/a angesetzt.

Für das Karstgebiet der Veldensteiner Mulde kalkuliert STREIT (1971) ein Grundwasservorkommen von 450.000.000 m³, für die gesamte Fran-

kenalb nördlich der Linie Neumarkt - Schwandorf eine Menge von 1.150.000.000 m³ (HÜMMER & SAMINI 2002).

Nach eigenen Angaben gewinnt der Wasserversorger N-ERGIE für die Stadt Nürnberg Trink- und Brauchwasser aus fünf verschiedenen Gewinnungsgebieten, so auch über das Werk Ranna aus dem Karstgrundwasser der Veldensteiner Mulde. In den beiden Gewinnungsgebieten Ranna I und Ranna II werden bis 45.000 m³/d Karstquellwasser (44,2% des gesamten Nürnberger Tagesbedarfs) in das Verteilernetz eingespeist.

Selbst wenn nun im Einzugsgebiet überhaupt keine Grundwasserneubildung mehr stattfinden würde, könnte – beim gegenwärtigen mittleren Wasserbedarf der Stadt Nürnberg in Höhe von rund 95.000 m³/d – allein aus der Veldensteiner Mulde die Wasserversorgung durch die N-ERGIE 13 Jahre und aus den Karstwasservorräten der Nördlichen Frankenalb sogar über 33 Jahre sichergestellt werden.

VILLINGER (1979) errechnet für die Schwäbische Alb eine Karstwassermenge bis 8 Mrd. m³ und STREIT (1971) ermittelt für die Fränkische Alb einen Karstwasservorrat von 1,5 Mrd. m³. Dieses Potential könnte theoretisch bei auch nur teilweiser Nutzung die Wasserversorgung der gesamten Bundesrepublik Deutschland (3,7 Mrd. m³/a) sichern (PFEFFER 2010).

Das Pottensteiner Karstgebirge liegt am NE-Rand der Frankenalbfurche (vgl. Abb. 7). Hier werden die tektonischen Verhältnisse hauptsächlich durch die herzynisch streichende Hollfelder Störung (die »Albostrandstörung« sensu v. GÜMBEL 1891) sowie den erzgebirgisch verlaufenden, bereits von DORN (1933) beschriebenen Ailsbachsattel bestimmt: Dieser trennt im Raum von Pegnitz und Pottenstein das tektonische Senkungsgebiet der Hollfelder Mulde von jenem der Veldensteiner Mulde. Das Sedimentpaket fällt im Raum Pegnitz/Pottenstein bei herzynischem Generalstreichen nach SW zum tektonisch dominierenden Senkungszentrum der Frankenalbfurche ein.

Auch geomorphologisch macht sich der schüsselartige Gebirgsbau deutlich bemerkbar. Bedingt durch den tektonisch stark emporgehobenen Albrand mit der »Hohenmirsberger Platte« (vgl. Abb 3 oben), welche mit 614 m NN den höchsten Punkt der Nördlichen Frankenalb darstellt (EXLER 1957), ergibt sich im Gelände eine »stratigraphische Reliefumkehr«. Die durch den tektonischen Bauplan verursachten Schichtlageungsverhältnisse bedingen, dass stratigraphisch gleichalte Sedimente am NE' Albrand auf einem wesentlich höher liegenden Niveau anstehen, als dass dieses im Zentrum der Muldenstruktur der Fall ist. So streicht die als tektonischer Bezugshorizont herangezogene Aquiclude der Dogger-/Malm-Grenze am N' Hohenmirsberg gelegenen Albtrauf auf rund 580 m NN aus, während sie in der Tiefbohrung »Pottenstein I« im Oberen Püttlachtal 3,2 km ESE' Pottenstein auf einer Höhenlage von 296 m



Abb. 8: Die an tektonischen Trennflächen angelegte, in einer Brunnenarchitektur gefasste Quelle des »Herrenbrunnen«. Privatgrundstück 50 m SW' der St. Martin-Kirche in Hohenmirsberg/Ofr.

NN angetroffen wurde (SCHMIDTILL 1953). In einer Distanz von 6 km sinkt die Dogger-/Malm-Grenze also um 284 m ab.

Großtektonisch gesehen ist diese geologische Situation begründet in der hier durchstreichenden NE' Flexur der Frankenalbfurche. Obwohl die Geländeoberfläche bis zur Ortschaft **Hohenmirsberg** und der N' gelegenen »Platte« auf 614 m NN ansteigt, treten immer ältere Malm-schichten zu Tage (MEYER & SCHMIDT-KALER 1992). So streichen 1 km NNE' Haselbrunn auf 450 m NN unmittelbar Schwammkalke des Malm Gamma/Delta und an der W-Seite des Trockentals die Oberen Mergelkalke des Malm Gamma aus; am Top der »Platte« stehen die Bankkalke des Malm Beta an, unterlagert von den »Unteren Mergelkalken« des Malm Alpha (vgl. Abb. 3 unten).

Weiter im NNE werden an der »Geierleite« 0,7 km S' Hohenmirsberg in dem bis 40 m tiefen **Steinbruch Lodes** (Geländeoberfläche auf rd. 530 m NN) die Werkkalke des Malm Beta abgebaut (Abb. 5 oben); überlagert werden sie von den fossilreichen Oberen Mergelkalken des Malm Gamma (MEYER & SCHMIDT-KALER 1992). Im unmittelbar am Albtrauf 0,9 km NE' Hohenmirsberg gelegenen **Steinbruch Ollet** streichen die Malm-Beta-Werkkalke bereits auf einem Höhenniveau von rd. 610 m NN aus; unmittelbar unterlagert werden sie von den Unteren Mergelkalke des Malm Alpha, welche die Aquiclude der im dortigen Steinbruch

aufgeschlossenen, permanent gefluteten Grundwasserblänke (WS auf rd. 600 m NN) bilden (Abb. 5 unten).

Bruchtektonisch herrscht im Karstgebirge von Pegnitz/Pottenstein Ausweitungstektonik vor. So durchtrennen im Raum von Steifling, 2200 m W' Hohenmirsberg, einige größere Abschiebungen das Karstgebirge: Die Sprunghöhen betragen hier 5 m bis 15 m. Ihre Tektogenese führt WIPPERN (1955) auf die Kreuzung der Hollfelder Störung mit dem Ailsbach-Sattel sowie auf das Umbiegen der steil herzynisch streichenden (155°) Hollfelder Störung in die herzynisch (135°) verlaufende Oberhauensteiner Flexur zurück. Im Trockental N' Steifling konnte WIPPERN (1951) einen kleinen tektonischen Horst beobachten, dessen Begrenzungsstörungen rheinisch (rd. 20°) streichen (vgl. Abb. 3 unten).

Eine auffällige, auch hydrologisch sehr bedeutsame tektonische Horststruktur befindet sich im Bereich des Altortes von Hohenmirsberg: Hier verläuft S' der in der Ortsmitte gelegenen, im 13. Jh. erbauten St. Martin-Kirche (565 m NN) eine ESE-WNW streichende, steil einfallende Abschiebung, an welcher die S' Gesteinsscholle rund 10 m gegenüber dem N-Flügel abgesenkt wurde (EXLER 1952). In ihrer E' Verlängerung befinden sich, spitzwinkelig kreuzend, noch zwei weitere Abschiebungen mit jeweils 5 m Sprunghöhe. Infolge dieser tektonischen Situation streichen in Hohenmirsberg – umrahmt von Malmkarbonaten – großflächig der Ornatenton des Dogger Zeta sowie die unterlagernden Eisenoolithkalke aus. Am S-Rand der Horststruktur, rund 50 m SW' der Hohenmirsberger Kirche und deren Friedhof, entspringt die früher zur Trinkwasserversorgung herangezogene Störungsquelle des »Herrenbrunnen« (Abb. 8).

6. Abriss der hydrogeologischen Verhältnisse im Karstgebirge von Pottenstein

Das kleinräumige, durch hohe Reliefenergie sowie durch zahlreiche Höhlenbildungen charakterisierte Pottensteiner Gebirge wird oberirdisch vorwiegend durch die Püttlach entwässert. In der Stadt Pottenstein strömt dem Püttlachfluss von S der Weihersbach zu. NNE' Pottenstein erstreckt sich das in die grauen Malm-Delta-Dolomite scharf eingetiefte »Totental« (in jüngerer Zeit aus touristischen Gründen in »Mariental« umbenannt) bis zur Albhochfläche bei der kleinen Ortschaft Haselbrunn. Durch dieses Karsttal entwässert von N her der Haselbrunnbach die Karsthochfläche (vgl. Abb. 6).

Die Püttlach selbst entspringt im N' gelegenen Doggervorland bei der Ortschaft Bärnreuth in der Nähe der Rotmain- und der Fichtenohe-Quelle und tritt bei dem Dorf Oberhauenstein in das Karstgebirge ein. Ab hier durchströmt der kleine Fluss im canyonartig eingetieften, zunächst NNE-SSW (»rheinisch«) verlaufenden Durchbruchtal das Karst-

gebirge, biegt dann in einem scharf ausgeprägten Talknick nach WNW um, durchfließt das auch heute noch sehr naturnah ausgebildete, tief eingeschnittene »Oberen Püttlachtal« und erreicht Pottenstein.

Während der oberste, NNE-SSW streichende Teil des Durchbruchtals keine sichtbaren Quellaustritte aufweist und der Püttlachfluss hier als influent gilt, ist der folgende, ESE-WNW verlaufende Abschnitt des »Oberen Püttlachtals« sowohl durch eine bemerkenswert große Anzahl frei im Uferbereich auslaufender Karstquellen als auch durch aufsteigende Quellen im Flussbett selbst charakterisiert (vgl. Abb. 6). Die Püttlach wirkt hier als effluenter Vorfluter und empfängt große Grundwassermengen aus dem umgebenden Karstaquifer.

So nahm beispielsweise die Wasserführung auf dem 4520 m langen Flussabschnitt zwischen der Straßenbrücke der BT 26 am S' Ortsausgang von Oberhauenstein (Eintritt in das Karstgebirge) und der W' des Aschenbrunnen gelegenen Püttlachbrücke (1390 m ESE' der Kirche von Pottenstein) am Beobachtungstermin 24.08.2015 von 0,081 m³/sec. auf 0,488 m³/sec. und somit um das Sechsfache zu. Am Messtermin 15.08.2016 stieg die entsprechende Zunahme des Püttlach-Abflusses von 0,077 m³/sec. auf 0,518 m³/sec. und somit um das fast Siebenfache an. Nach dem Eintritt in das Stadtgebiet von Pottenstein sind jedoch keine oberirdischen Quellzutritte mehr zu beobachten. Im weiteren Verlauf strömt die nunmehr stattliche Püttlach als influenter Karstfluss nach Tüchersfelden und mündet schließlich bei Beringersmühle in die Wiesent, dem Hauptvorfluter der Nördlichen Frankenalb.

Der N' Teil des Pottensteiner Karstgebirge ist – so in den Bereichen um Hohenmirsberg und Steifling – durch die Grundwasserverhältnisse des Seichten Karstes geprägt: Hier liegt die Karstwasseraquiclude über dem Vorfluterniveau. Die an den Talhängen des Albrandes austreichende Dogger-/Malm-Grenze markiert in diesem Gebiet den Quellhorizont des Karstwassers.

Die Gebiete um Haselbrunn und Pottenstein sowie das »Obere Püttlachtal« liegen bereits im Tiefen Karst. Neben der Hauptaquiclude des Ornatenton mit den »Unteren Mergelkalken« (Malm Alpha) sind als wasserstauende Schichten auch die »Oberen Mergelkalke« des Malm Gamma wirksam (vgl. Abb. 4). Über dieser zweiten Aquiclude steht das Karstwasser im Ziehbrunnen von Prüllsbirkig sowie im Gebiet des weiter S' anschließenden Dolinenfeldes an; weiter im S tritt hierüber das Karstwasser im Talsohlenbereich des canyonartig eingeschnittenen »Oberen Püttlachtals« aus.

Im Rahmen der jüngsten hydrochemischen Beobachtungskampagne Ende September 2020 konnten in den beprobten Karstwässern des Pottensteiner Gebirges bei 11 Karstquellen, 2 Brunnen und einer Karstgrundwasserblänke vorwiegend anthropogene Einträge, allerdings meist

unterhalb der Trinkwassergrenzwerte liegend, beobachtet werden. Hierbei fiel jedoch auf, dass im Untersuchungsgebiet die Konzentrationen bestimmter Spezies von N nach S generell zunahm. Weiterhin konnte beobachtet werden, dass viele, noch in jüngster Vergangenheit permanent schüttende Karstquellen, v. a. in den höher gelegenen Taleinschnitten des Pottensteiner Karstgebirges, nunmehr völlig versiegt sind, so dass von einem ausgeprägten Niedrigstand des Karstwassers infolge der seit Jahren vorherrschenden Niederschlagsarmut ausgegangen werden muss.

7. Tektonik und Verkarstungserscheinungen im Pottensteiner Gebirge am Beispiel des »Zahnlochs« S' Steifling

Im Pottensteiner Karstgebirge sind die hellen, blaugrauen, fein- bis mittelgrobkörnigen Dolomite des Mittleren und Oberen Malm die Hauptträger der Verkarstung (WIPPERN 1955): Dolinen und Höhlen unterschiedlichster Größe und Form, Karstquellen, Hungerbrunnen und Trockentäler prägen signifikant das Landschaftsbild und sind für die hydrogeologischen Verhältnisse von entscheidender Bedeutung.

Den touristisch häufig erschlossenen und geowissenschaftlich überwiegend ausführlich untersuchten Pottensteiner Groß-Höhlen (vgl. BRUNNER 1938, 1941, 1952a, 1952b, CRAMER 1941) zunächst benachbart befindet sich im NW des Untersuchungsgebiets das **Zahnloch** (B 21). Dessen auf der Albhochfläche 480 m SSE' Steifling befindlicher Höhleneingang (520 m NN) liegt im Frankendolomit, rund 20 m über den wasserstauenden »Oberen Mergelkalken« des Malm Gamma. Die Hauptaquiclude der Dogger-/Malm-Grenze steht hier auf rd. 445 m NN und somit 75 m unter der Geländeoberkante (GOK) an (vgl. Abb. 4).

Das Höhlensystem des Zahnlochs stellt ein wahrscheinlich während des Tertiär angelegtes und nunmehr fossiles Entwässerungssystem dar: Das Trockenfallen einer derartigen Höhle weist auf ein vorzeitliches, auf ein höheres Grundwasserniveau eingestelltes Stadium der Karstentwicklung hin. Heute ist das ehemals großräumige Hohlraumssystem hydraulisch weitestgehend inaktiv und liegt isoliert unterhalb der Bergkuppe des »Hohen Stein«.

Die Höhle wurde in den Sommermonaten 2014 und 2015 vermessen (Abb. 9). Nach dem Eingang führt der breite, aber niedere, spaltenartige Hauptgang nach SW in das Berginnere; nach wenigen Metern zweigt ein kleiner Nebengang nach W ab. Der Hauptgang weist nach rd. 10 m einen deutlichen Knick in E' Richtungen auf und führt bei überwiegend NNE'-SSW' Ausrichtung zu einer rasch sich einsenkenden, niederen und relativ kleinen Halle, zu welcher auch eine senkrechte Öffnung von oben hineinreicht. Im weiteren Verlauf ziehen sich in mehrfachen Verzwei-

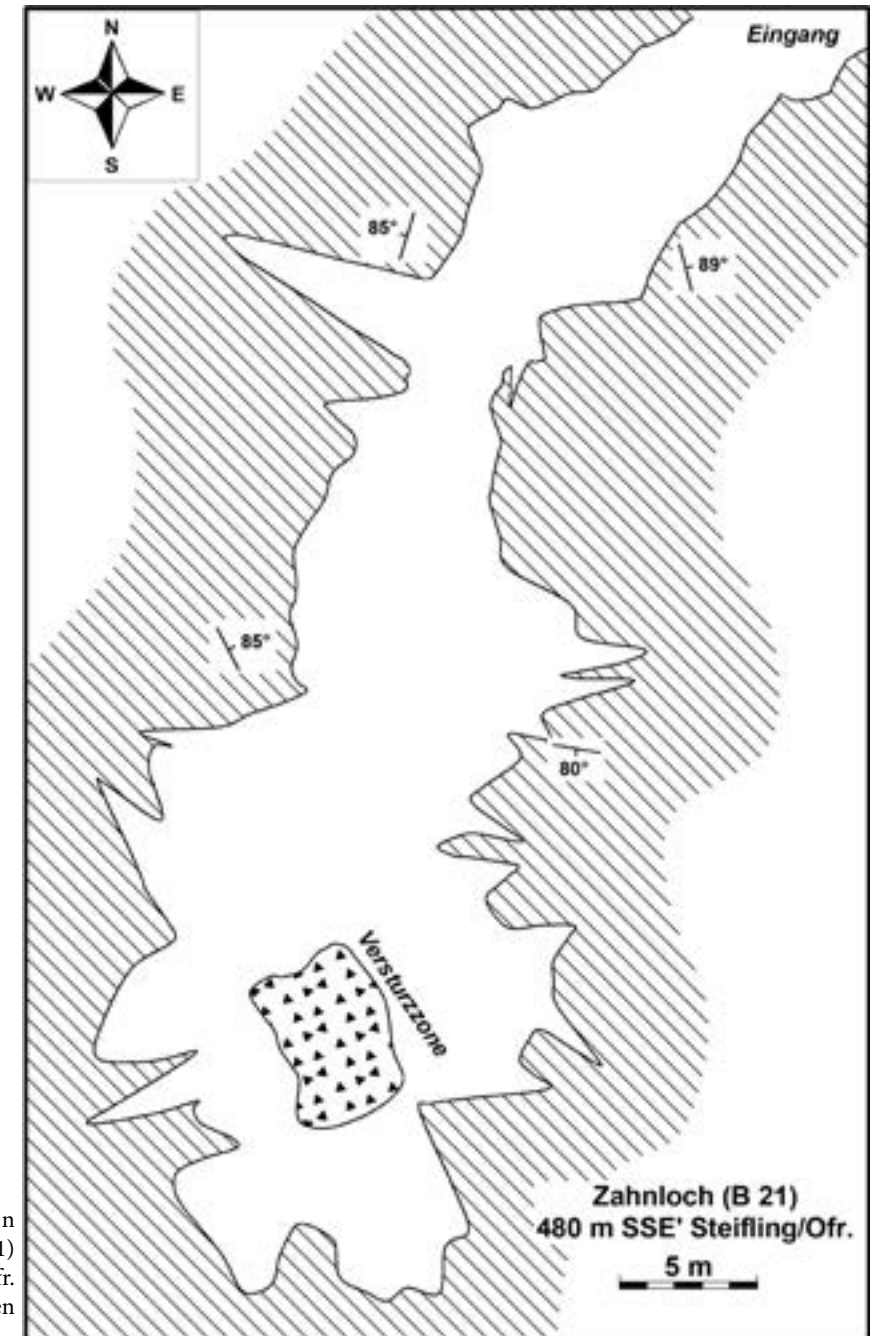


Abb. 9: Grundlinienplan des »Zahnlochs« (B 21) 480 m SSE' Steifling/Ofr. nebst klufttektonischen Elementen.

gungen enge und weitere Höhlungen tief ins Berginnere fort und münden schließlich in die große Halle, welche vor allem in ihrem Zentralteil von starken Verbruch erfüllt ist. Tropfsteingebilde beschränken sich hier auf wenig auffällige Wandsinter. Entlang der Hallenränder erstreckt sich

schlaufenförmig ein gut passierbarer Gang, welcher im N letztlich wieder in den Hauptgang einmündet. In diesem Bereich wurden auch einige Stalaktite und Stalagmite beobachtet.

Bei der Aufnahme der Trennflächen konnten vor allem erzgebirgisch (45°) streichende Klüfte sowie ein orthogonal aufgebautes Kluftnetz von rheinisch (10°) streichenden Längsklüften sowie mit 100° streichenden Querklüften aufgefunden werden (vgl. Abb. 9). Die erzgebirgisch verlaufenden Kluftscharen sind an das tektonetisch alt angelegte Senkungsgebiet der Frankenalbfurche gebunden, während das mit 10° und 100° streichende, orthogonale Kluftnetz infolge der wesentlich jüngeren tektonischen Bewegungen im Tertiär entstanden ist (vgl. BAIER 2013). Im rezenten Zustand wird das ältere, wohl bereits »embryonal« vom Keuper ab (v. FREYBERG 1969) mit dem Einsinken der Frankenalbfurche angelegte und in jüngerer geologischer Vergangenheit wieder reaktivierte Störungs- und Kluftsystem überlagert von dem jüngeren orthogonalen, rheinisch bis eggisch sowie E-W streichenden Bruch- und Kluftsystem. Letzteres wurde durch die horizontalen Kompressions- und Schervorgänge im Vorland der Kollisionsfront des alpidischen Orogens verursacht (vgl. BAIER 2013).

Insgesamt gesehen weist das Zahnloch einen rheinischen Verlauf auf. Seine Späleogenese scheint hauptsächlich im Tertiär stattgefunden zu haben, worauf das Zusammenspiel von Tektonik und Verkarstung hindeutet. Die Höhle kann als Leitform für das unterirdische Karstwasser-Entwässerungssystem im Pottensteiner Gebirge angesehen werden: Beispielsweise scheint auch der Grundwasserabstrom zu den Quellen im »Oberen Püttlachtal« diesen tektonischen Bauplan im Gebirge zu folgen.

Bezüglich der stratigraphischen Einstufung der Höhlensedimente musste jedoch bereits v. GÜMBEL (1891) feststellen, dass »der zähe Höhlenschlamm an mehreren Stellen reich an Tierknochen ist, unter welchen namentlich die Zähne von Höhlenbären so häufig sind, dass sie Veranlassung gegeben haben, diese Höhle mit dem Namen Zahnloch zu belegen«. Leider sei aber bereits damals der Höhlenboden derart stark durchwühlt gewesen, dass eine systematische Ausgrabung keinen sicheren wissenschaftlichen Erfolg in Aussicht gestellt hätte.

8. Details der Grundwasserverhältnisse im Pottensteiner Karstgebirge

Aufgrund der tektonischen Exposition wird selbst im geomorphologisch sehr hoch gelegenen N-Teil des Pottensteiner Karstgebirges das Grundwasser auf der Haupt-Aquiclude des Ornatentons – im Verbund mit den Macrocephalenschichten und den Mergeln des untersten Malm Alpha – gestaut. Im stratigraphisch höheren Niveau sind darüber hinaus

Abb. 10: Der historische Ziehbrunnen in Steifling/Ofr. im restaurierbedürftigen Zustand des Jahres 1968 (links. Photo: Richard Reinl/NN Pegnitz) und im heutigen Zustand (rechts).



auch die »Oberen Mergelkalke« des Malm Gamma als Grundwasserhemmer wirksam.

Bedingt durch das starke Einfallen der Schichten zur Frankenalbfurche hin herrscht im Pottensteiner Gebirge generell ein Grundwassergefälle von NNE nach SSW vor. Das stärkste Einfallen der Karstwasseroberfläche ist im – geomorphologisch stark exponierten – NE-Teil des Karstgebirges zu beobachten. Am höchsten Punkt der »Hohenmirsberger Platte« – welche mit 614 m NN eine der markantesten Erhebungen der



Abb. 11: Der im Jahr 1783 erbaute Ziehbrunnen in Prüllsbirkig.

Frankenalb darstellt – tritt im dortigen Steinbruch Ollet (840 m NE' Hohenmirsberg) das Karstwasser auf rund 600 m NN in einer künstlich geschaffenen Grundwasserblänke inmitten der Malm Beta-Schichten aus (Abb. 5 unten).

Dem Einfallen der Haupt-Aquiclude nach SSW folgend sinkt im Pottensteiner Gebirge die Grundwasser-Oberfläche von 600 m NN (Steinbruch Ollet) auf 555 m NN (Herrenbrunnen S' der St. Martin-Kirche von Hohenmirsberg). Aus den hier – wohl entlang bruchtektonisch verschuppter Ornatenton-Schollen – austretenden Störungsquellen (Abb. 8) wurde die auf rund 540 m NN gelegene Ortschaft Hohenmirsberg bis in die 1960er Jahre mit Trinkwasser versorgt. Im historischen Ziehbrunnen des W' Hohenmirsberg gelegenen Steifling (Abb. 10) steht der Karstwasserspiegel auf 455 m NN an.

Weiter im S sinkt die Karstwasseroberfläche über die Grundwasserhöhen von 440 m NN im Ziehbrunnen von Prüllsbirkig (Abb. 11) und der heute höchstgelegenen, bisweilen noch aktiven Quelle des Haselbrunnbaches im Totental (410 m NN) hin zum Vorflutniveau der Püttlach auf die Quellaustrittshöhen von 393 m NN (E' Quelle im Oberen Püttlachtal) bis 377 m NN (»Aschenbrunnen«). Hier im S' und W' Teil des Pottensteiner Karstgebirges verlaufen die Gradienten der Grundwasserisohypsen flacher als im stark herausgehobenen N-Teil.

Ein auffälliges Charakteristikum der morphologisch exponierten Karsthochflächen in der Nördlichen Frankenalb ist, dass in diesen Arealen relativ häufig versinkende Wasserläufe und episodisch schüttende Quellen – die sog. Hungerbrunnen – vorkommen: Letztere schütten meist nur nach ergiebigen Niederschlägen oder bei der Schneeschmelze. So berichtete bereits CAMMERER (1832) über die Hungerbrunnen der Frankenalb, dass es »solche Quellen mehrere in Bayern gibt; zwei befinden sich in der Nähe der Kochermühle gegen Wüstenstein zu, im Landgerichte Ebermannstadt; eine andere findet man bei Hohenmirsberg (Anm.: »Ursprung«, s. u.); eine neue bei Schirradorf (Anm.: »Prophetenbrunnen«, vgl. BAIER 2010), im Landgerichte Hollfeld, und endlich zwei bei Oberleinleiter (Anm.: »Kleiner Tummler« und »Großer Tummler«, vgl. BAIER 2008), im Landgerichte Ebermannstadt«.

Vor allem im Seichten Karst reagieren derartige Quellen – und hier vor allem jene aus der Schichtfazies – mit sehr rascher und heftiger Schüttungszunahme auf quantitativ bedeutsame Niederschlagsereignisse (GLASER 1998, KOCH 1999). Generell ist im Tiefen Karst dieses Verhalten weniger stark ausgeprägt. Hier können Quellen in der Schichtfazies von jenen der Massenfazies unterschieden werden (GLASER 1998, KOCH 1999): Karstquellen der Schichtfazies weisen in ihrem Jahresverlauf einen ausgeprägten Jahresgang in ihren Schüttungsraten auf, während in der Massenfazies die Quellen eine weitgehend konstante Schüttung mit we-

nig ausgeprägten Jahresgang zeigen. Im Folgenden sollen einige markante und für die Hydrogeologie des Pottensteiner Karstgebirges charakteristische Geländepunkte näher dargelegt werden.

8.1. Ziehbrunnen in Steifling

In dem im Jahre 1365 erstmals erwähnten, nur wenige Gebäude umfassenden Weiler Steifling befand sich noch um 1950 (WIPPERN 1955) eine der für die sehr wasserarme Karsthochfläche typische Oberflächenwasser-Ansammlung. Ein derartiger, natürlich entstandener und von Menschen und Tieren zur spärlichen und hygienisch äußerst bedenklichen Wasserversorgung genutzter Tümpel wurde als »Hüll« bezeichnet. Von der Frühzeit bis zum Mittelalter erfolgte die Gründung von Ortschaften auf der Karsthochfläche bevorzugt auf den ausgedehnten Vorkommen der Alblehme mit ihren sporadisch auftretenden »Hüllen«.

Im letzten Viertel des 18. Jahrhunderts wurde in der Ortsmitte von Steifling – rd. 35 m E' der damaligen, heute verfüllten »Hüll« – mit beträchtlichem Arbeitsaufwand ein Ziehbrunnen bis zum anstehenden Karstwasserspiegel gegraben. Sein pittoreskes Brunnenhaus (GOK = 475,32 m NN) mit dem auf vier Kalksteinstelen errichteten Walmdach wird von einer turmartigen Dachlaterne bekrönt (Abb. 10). Der von einem 0,9 m hohen Brunnenkranz geschützte, ausgemauerte Schacht wurde mit einer Gesamttiefe von 25,52 m u. GOK bis auf die Dogger-Malm-Grenze (WIPPERN 1955) abgeteuft (vgl. Abb. 4). In den 1960er Jahren war das Brunnenhaus bereits weitgehend dem Verfall preisgegeben, wurde in den folgenden Jahrzehnten jedoch aufwändig restauriert.

Der Karstwasserspiegel steht im Brunnenschacht auf 455,22 m NN an. Das im Steiflinger Ziehbrunnen aufgeschlossene Karstwasser ist heute jedoch zum menschlichen Genuss nicht mehr geeignet: So wies im September 2020 das beprobte Brunnenwasser einen Sauerstoffgehalt von lediglich 1,6 mg/L auf. Im Verbund mit dem organoleptisch deutlich wahrnehmbaren Geruch nach Schwefelwasserstoff (H_2S) unterstreicht dies die Einstufung des offenbar mit organisch abbaubaren Substanzen stark belasteten Wassers als »biologisch tot«. Weiterhin konnte in diesem Brunnenwasser – als einziges in den Probenahmestellen des Untersuchungsgebiets – eine Ammonium-Konzentration von 0,5 mg/L beobachtet werden. In Verbindung mit den deutlich hervortretenden Sulfat-, Nitrat- und Chlorid-Gehalten sowie der geringen Sauerstoffsättigung von nur 16% deutet dieses »umgekippte« Wasser auf den starken Nährstoffeintrag durch die landwirtschaftliche Nutzung hin: So gelten vor allem die Gehalte von Ammonium, Nitrat und Chlorid aus beispielsweise Gülleausstrag, Stickstoff- und Kalidüngern hierfür als signifikante Indikatoren (HÖLTING & COLDEWEY 2019).

8.2. Der »Herrenbrunnen« in Hohenmirsberg

Die 40 m SW' der Kirche von Hohenmirsberg entspringende Quelle des »Herrenbrunnen« wies noch im 19. Jhd. eine derart starke Schüttung auf, dass im unmittelbaren Abstrombereich ein Mühlwerk betrieben werden konnte. Der Wasserreichtum dieser Quelle hat zur Sage Veranlassung gegeben, dass der Ort sich fortwährend senke (v. GÜMBEL 1891). Heute ist dieser, in einer Brunnenarchitektur gefasste Quellaustritt (Abb. 8) selbst bei der einheimischen Bevölkerung weitgehend in Vergessenheit geraten. Das noch heute beständig austretende Quellwasser wird ungenutzt in die Kanalisation abgeleitet.

In der ersten Hälfte des 20. Jhd. strömte es jedoch als kleiner Bach nach S durch Hohenmirsberg und weiter in das SW' anschließende Trockental (vgl. Abb. 6). Dort versank das kleine Fließgewässer in den rund 200 m S' der Ortschaft anstehenden »Oberen Mergelkalken« und trat erst im 2500 m SSW' gelegenen Haselbrunn aus mehreren kleinen Quellen wieder zutage (EXLER 1957).

8.3. Der »Urspring«

Die wenigen, auf der Karsthochfläche des Pottensteiner Gebirges auftretenden Quellen liegen häufig im hydraulischen Verbund mit »schwebenden Grundwasserkörpern« über den als Aquicluden wirksamen »Oberen Mergelkalken« des Malm Gamma vor (vgl. BAIER et al. 2014). Ein Beispiel für eine derartige »Hungerquelle« stellt der überregional bekannte Tummler »Urspring« auf der Karsthochfläche 1650 m SSW' Hohenmirsberg dar. Der seit vielen Jahrhunderten bekannte und noch heute beeindruckende Quellaustritt schüttet allerdings nur episodisch, dann aber plötzlich und sehr stark (Abb. 12 oben) und weist im aktiven Zustand eine derart hohe Wasserspende auf, dass hierdurch das SW' anschließende Trockental vollkommen überflutet wird (Abb. 12 unten).

Der »Urspring« müsste eigentlich in die Kategorie der »Tummler« eingeordnet werden (vgl. BAIER 2008). Dieses ist ein Karstquellentypus, welcher in niederschlagsarmen Zeiten sich oftmals über Jahre hinweg als inaktiv und völlig trocken gefallen erweist, nach langen und/oder starken Niederschlägen bzw. nach der Schneeschmelze jedoch schlagartig eine meist sehr starke Wasserschüttung erbringt, hierbei eine beträchtliche Geräuschkulisse erzeugt und in der Regel nach relativ kurzer Zeit wieder völlig versiegt.

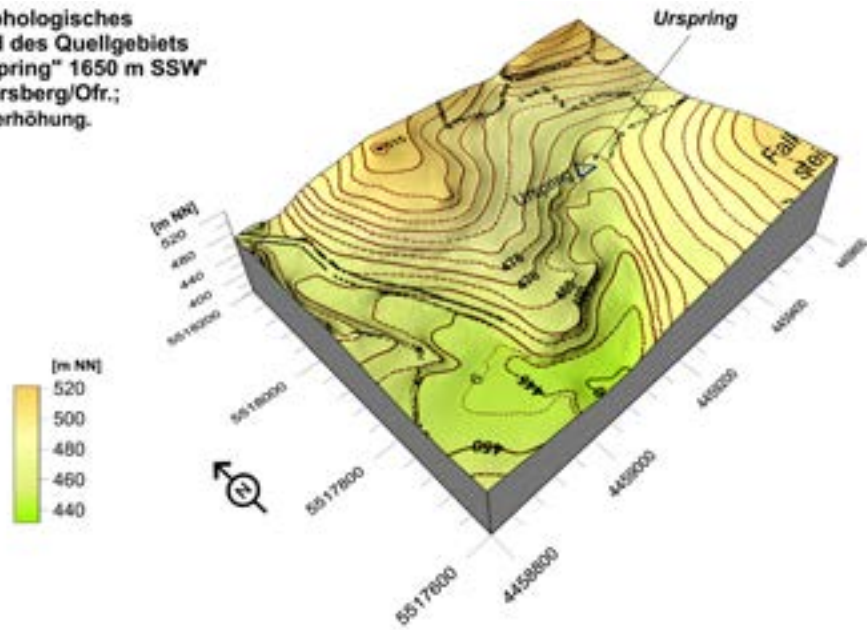
In Süddeutschland war häufig die Quelle eines Baches oder ein Bachlauf namensgebend für eine Ortschaft oder eine Flurbezeichnung. Beim »Urspring« war das merkwürdige Schüttungsverhalten dieser Quelle für ihre



Abb. 12: Die Hauptquelle »Q_01« des »Urspring« 1650 m SSW' Hohenmirsberg im aktiven Zustand (oben) und das im SW anschließende, aufgrund der starken Schüttung vollkommen überflutete Trockental (unten). Beide Photos: Richard Reinl/NN Pegnitz.

Benennung verantwortlich. Die mittelhochdeutsche Benennung »Urspring« weist auf die auffällige Erscheinung einer »hervorsprießenden, aufwallenden Quelle« hin. Im Gegensatz hierzu wurde im Mittelalter ein

Geomorphologisches Blockbild des Quellgebiets des "Urspring" 1650 m SSW Hohenmirsberg/Ofr.; keine Überhöhung.



Geologisches Blockbild des Quellgebiets des "Urspring" 1650 m SSW Hohenmirsberg/Ofr.; keine Überhöhung.

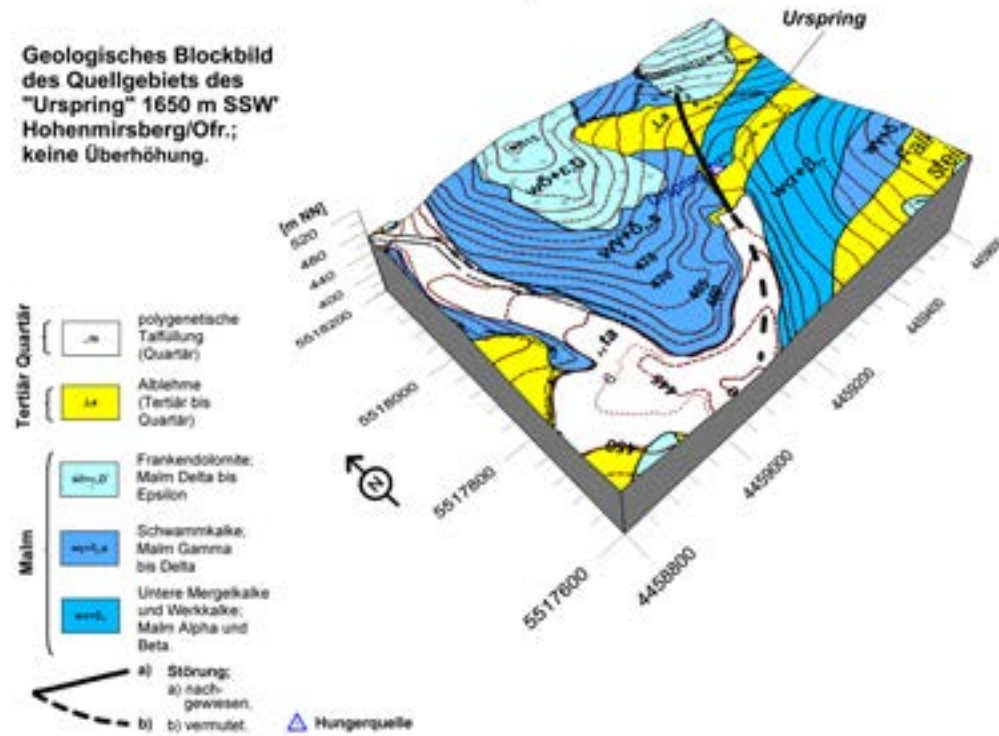


Abb. 13: Geomorphologisches (oben) und geologisches (unten) 3D-Blockbild des Haupt- und Nebentrockentales im Quellgebiet des »Urspring« 1650 m SSW Hohenmirsberg/Ofr.; Erläuterung siehe Text.

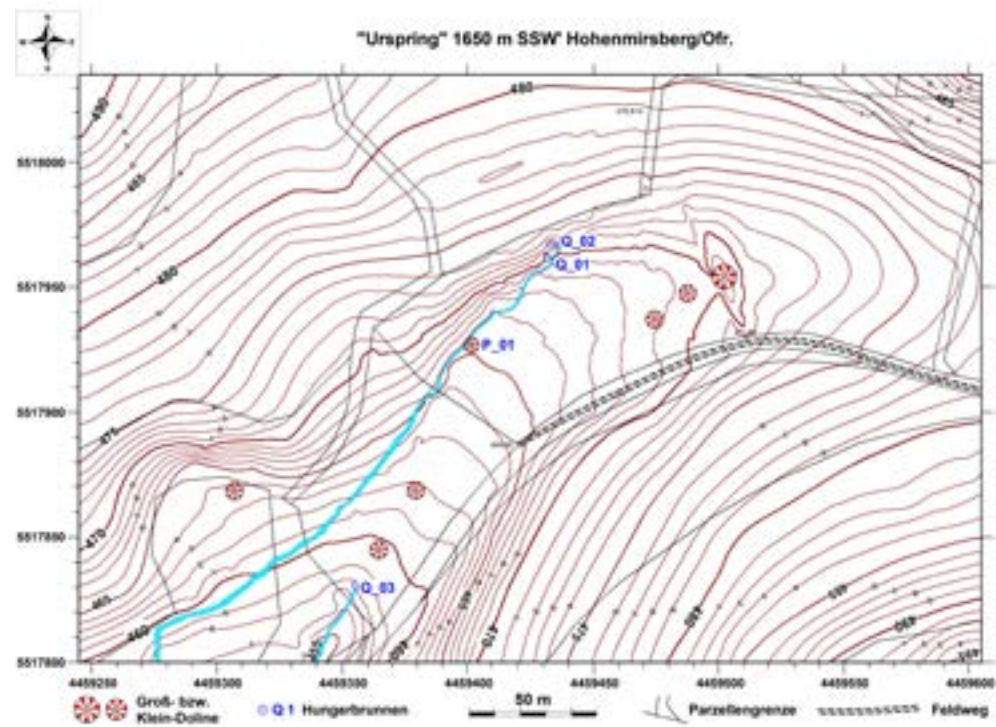
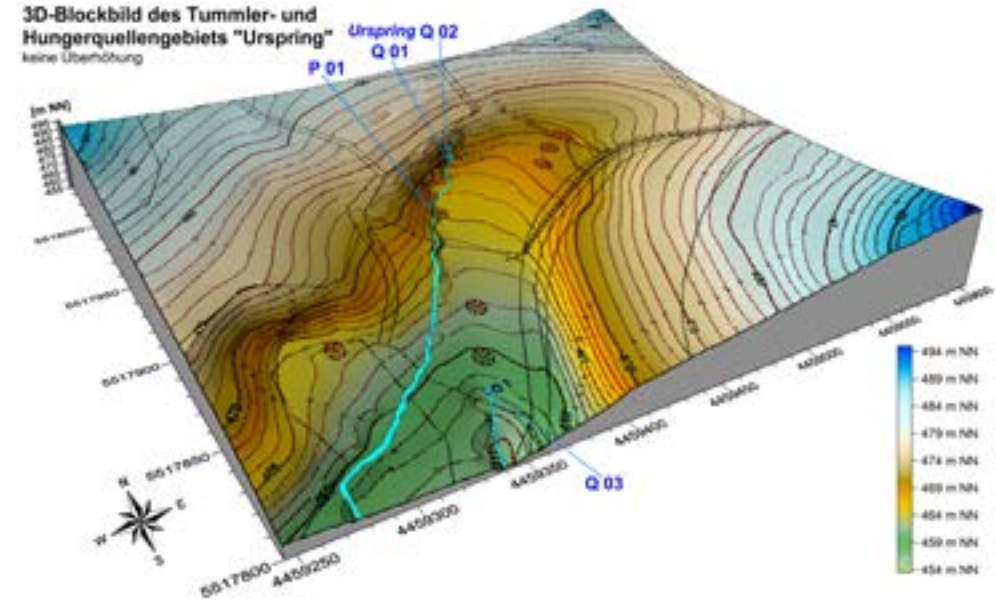


Abb. 14: 3D-Blockbild (oben) und Vermessungskarte des unmittelbaren Quellenbereichs des »Urspring« 1650 m SSW Hohenmirsberg/Ofr. nebst den Hungerquellen Q_01 bis Q_03, dem Ponor P_01, den temporären Wasserläufen und den diversen Groß- und Kleindolinen.

herkömmlicher Quellaustritt vorwiegend als »Brunn« oder »Bronn« benannt (MAAS 1995, v. REIZENSTEIN 2009).

In der Neuzeit erwähnt bereits CAMMERER (1832) die besondere hydrogeologische Stellung des Karstgebirges um Hohenmirsberg (vgl. Abb. 2) und das Phänomen des »Urspring«: »Das kleine Pfarrdorf Hohenmirsberg liegt sehr hoch auf dem Gebirge, und zeigt sich daher schon auf große Entfernungen. Merkwürdig ist, dass der Ort keinen Wassermangel hat, da es doch vielen tiefer liegenden Ortschaften in der Nähe an Quellwasser gebracht, und dass sich in der Nähe ein sogenannter Hungerbrunnen befindet. Hungerbrunnen im Allgemeinen heißen solche Quellen, welche nur bei anhaltend nasser Witterung Wasser geben. Bei den Landleuten herrscht der auf einen ganz richtigen Causalnexus gegründete Glauben, dass, wenn sich solche Quellen ergießen, Theuerung erfolge. Und so mögen sie denn ihren Namen nicht ohne Bedeutung erhalten haben«. Rund 10 Jahre später berichtet v. PLÄNCKNER (1841), dass »der Urspring unter Hohenmirsberg nicht immer, aber oft bei trockensten Wetter fließt«. EXLER (1957) konnte schließlich beobachten, dass die Karstquelle »Urspring« nur dann schüttet, wenn auch der Bach in Hohenmirsberg Wasser führt.

Das engere Quellgebiet des »Urspring« befindet sich am NE-Ende eines erzgebirgisch streichenden Trockentales, welches 2050 m SSW' Hohenmirsberg in das generell N-S orientierte Haupt-Trockental einmündet (Abb. 13 oben). Im Trockentalbereich verläuft eine erzgebirgisch (45°) streichende Störung, die weiter im NE von einer rheinisch streichenden (22°) Abschiebung gekreuzt wird. Im Bereich der NW' Gebirgsscholle streichen die (leicht mergeligen) Schwammkalke des Malm Gamma bis Delta aus, während SE' der Störungen – auf gleichen Höhengniveau – die Bankkalke des Malm Beta und die im Liegenden folgenden, als Aquicludewirksamen »Unteren Mergelkalke« des Malm Alpha anstehen (Abb. 13 unten). Dieser speziellen stratigraphischen und tektonischen Konstellation verdankt das hydrologische Phänomen des »Urspring« seine Entstehung.

Im unmittelbaren Quellgebiet des »Urspring« sind eigentlich drei Quellaustritte aufgeschlossen: Dieses Gelände wurde in den Jahren 2015 und 2016 trigonometrisch vermessen und detailliert aufgenommen (Abb. 14). Der Haupt-Quellaustritt »Q_01« entspringt aus einer kalkschottererfüllten, länglichen Druckröhre, die sich in den Werkkalken des Malm Beta an einer herzynisch streichenden Trennfläche herausgebildet hat (Abb. 15 oben). Rund 10 m W' dieses Quellmundloches verläuft die oben erwähnte rheinisch streichende Störung: Sie trennt die W' anstehenden Malm-Gamma-Schichten von der Malm-Beta-Scholle mit dem »Urspring«.



Abb. 15: Mundloch der aus einer herzynisch streichenden Trennfläche austretenden Hauptquelle »Q_01« (oben) sowie die unter mächtigen Malmschuttmassen austretende Nebenquelle »Q_02« (unten) des »Urspring« 1650 m SSW' Hohenmirsberg/Ofr.

Fünf Meter NNE' »Q_01« steht unter kalkig-lehmigen Lockersedimenten eine zweite Karstschlotte an, aus welcher im aktiven Zustand die

Quelle »Q_02« entspring (Abb. 15 unten). Beide Felsschächte wurden im Sommer 2014 mit Hilfe vieler, engagierter Studentinnen und Studenten des GeoZentrums Nordbayern der FAU Erlangen/Nürnberg freigelegt und nach der Aufnahme wieder ordnungsgemäß mit Kalkschotter verfüllt.

Im aktiven Zustand entwässern die beiden Quellaustritte in ein – sich nach SE in das Trockental erstreckendes – Bachbett, dessen unbewachsene Schotterfüllung von der zwar unregelmäßig auftretenden, aber starken Wasserführung zeugt (Abb. 14 unten). Hier befindet sich auch die kleine, im Bachbett anstehende Karstschlotte »P_01«, welche – je nach Karstwasserstand – sowohl als kleiner Wasseraustritt als auch als Ponor in Funktion tritt und im Grunde eine »Mini-Estavelle« darstellt.

Im Trockental 70 m ESE' der Hauptquelle »Q-01« steht eine eggisch (170°) streichende, rund 40 m x 10 m messende Doline an, deren längliche, aber schmale Form auf verstürzte Hohlräume im Karstuntergrund hinweist. Daneben konnten bei hohem Karstwasserdargebot weitere kleine, unbenannte Hungerquellen in Kleindolinen beobachtet werden, welche in das Trockental entwässern. Derartige intermittierende Quellen wirken vor allem im Frühjahr bei Ansteigen des Karstwasserspiegels als Überlauf; sie entspringen entweder mitten in der Talfüllung oder am Rande eines Trockentales.

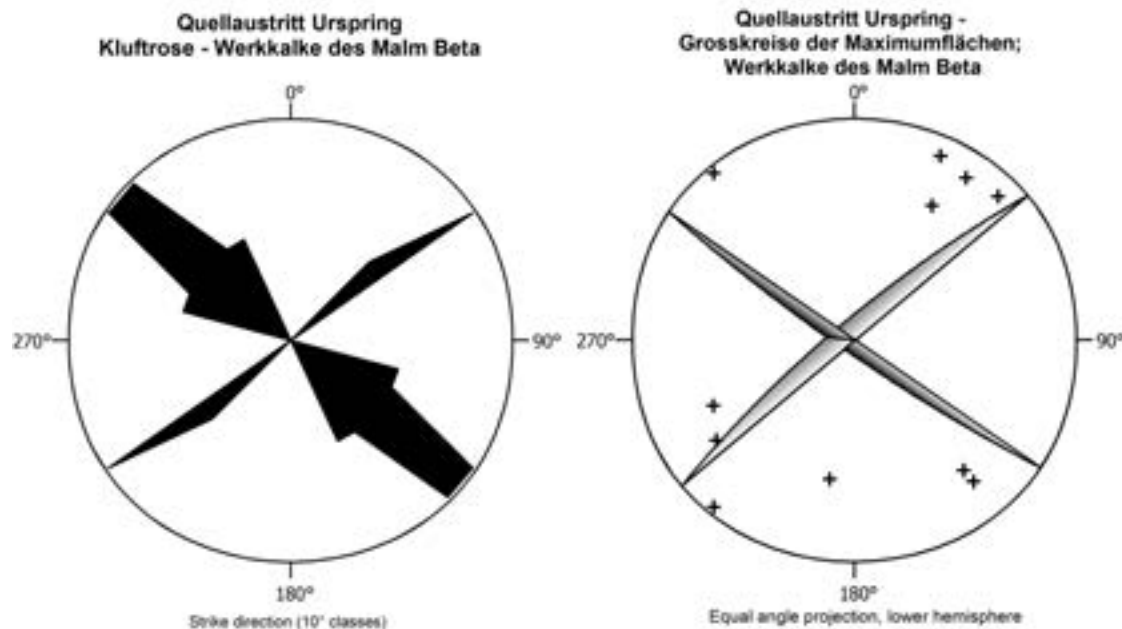


Abb. 16: Kluftröse und Großkreise der Maximumflächen in der Werkkalke (Malm Beta) des Quellmundlochs »Q_01« des »Urspring« 1650 m SSW' Hohenmirsberg/Ofr.

Im weiteren Verlauf des Trockentales steht 100 m SW' des Haupt-Mundlochs »Q_01« noch der von einer kleinen Baumgruppe umsäumte Quellaustritt »Q_03« an; dessen schottererfüllter Trockengraben vereinigt sich weiter im SW mit dem temporären Bachlauf der ersten beiden »Urspring«-Quellen. Die Quelle »Q_03«, die Karstschlotte »P_01« sowie einige weitere Kleindolinen scheinen unmittelbar an die oben erwähnte, rheinisch streichende Störung gebunden zu sein (Abb. 14 unten).

Die Auswertung des Trennflächengefüges in den Werkkalkschichten – in unmittelbarer Umgebung der »Urspring«-Quellmundlöcher »Q_01« und »Q_02« – ergab ein dominantes Vorherrschen des geologisch alten, orthogonalen Kluftsystems mit erzgebirgisch und herzynisch verlaufenden, steil einfallenden Klüften; das jüngere Kluftsystem mit N-S sowie W-E-verlaufenden Streichwerten ist an dieser Lokalität nur stark untergeordnet vertreten (Abb. 16). Das Quellmundloch von »Q_01« befindet sich in unmittelbarer Bodennähe: Hier entströmt das Karstwasser unter hohem Druck der engen, NW-SE verlaufenden tektonischen Trennfläche (vgl. Abb. 12 oben) und steht im Gebirge vermutlich mit einem weit nach N hin ausgedehnten Hohlraumssystem in Verbindung.

8.4. Ziehbrunnen in Prülsbirkig

Auf der Karsthochfläche 3100 m ENE' Pottenstein liegt das kleine Dorf Prülsbirkig. In dieser, von Wäldern und ausgedehnten landwirtschaftlichen Flächen umgebenen Ortschaft wurde im letzten Viertel des 18. Jahrhunderts ein Ziehbrunnen mit einer Gesamttiefe von 14,40 m abgeteuf. Die Geländeoberkante (GOK) der eindrucksvollen, aus obercretazischen Sandsteinen errichteten Brunnenfassung liegt auf 452,74 m NN; auf der E-Seite des kreisrunden Brunnenkranzes ist das Entstehungsjahr 1783 eingemeißelt. Die Brunnenanlage wird von einem, auf Kalksteinpfeilern gegründeten Häuschen mit schiefergedecktem Walmdach und Dachlaterne geschützt (Abb. 11). Das Brunnenhaus wurde im Zuge der Denkmalpflege-Förderung 1990 bis 1994 aufwändig restauriert.

Im nahezu bis zur Aquiclude der »Oberen Mergelkalke« des Malm Gamma abgeteuften Brunnen schacht (vgl. Abb. 4) steht der Karstwasserspiegel auf 440,14 m NN an: Dieser »schwebende« Karstwasserkörper strömt über das SSW' Prülsbirkig gelegene Dolinenfeld weiter nach SW zu den Quellen im »Oberen Püttlachtal« ab.

Das Karstgrundwasser des Ziehbrunnens in Prülsbirkig wies Ende September 2020 Phosphat-Gehalte um 1 mg/L auf. Phosphat-Gehalte <0,05 mg/L sind meist geogenen Ursprungs. Höhere Phosphat-Gehalte deuten auf anthropogene Beeinflussungen hin. Die Ursachen hierfür gehen meist auf landwirtschaftlichen Gülle- sowie Kunstdüngerstrag zurück, können aber auch in einer Waschmittel-Abwasserversickerung

begründet sein. Der Trinkwassergrenzwert für Phosphat lag bis 2003 bei 6,7 mg/L PO_4^{3-} (=5 mg/L P_2O_5); in der EG-TwR erscheint dieser Wasserparameter nicht mehr.

Die Gefährdung des Karstgrundwassers durch Schadstoffeinträge resultiert aus einer häufig nur geringmächtigen Bodenbedeckung der Karbonatgesteine und dem schnellen Durchlauf des Wassers durch das Kluftsystem. Hierdurch bedingt ist die Filterwirkung sehr stark eingeschränkt oder kaum gegeben. Die versinkenden Wässer gelangen rasch über Trennflächen sowie Karsthohlräume und ohne Gelegenheit zu einem nennenswerten Abbau – selbst bei großem Flurabstand – in den meistens sehr gut durchlässigen Grundwasserleiter. Auch die Überdeckung der Malmschichten mit sandigen Kreidesedimenten, Ablehmen oder tertiären Sedimenten gewährt kaum Schutz vor dem Eintrag, da die überwiegend geringmächtigen Deckschichten häufig von Dolinen durchbrochen sind, in denen eine konzentrierte Versickerung stattfindet (WROBEL & HANKE 1987). Bei landwirtschaftlicher Nutzung erfolgt der Schadstoffeintrag flächenhaft; eine weitere Kontaminationsmöglichkeit ist punktuell gegeben durch die Verfüllung von Dolinen durch Müll, wie WANDELT (1990) zeigen konnte.

8.5. Großdolinenfeld SSW' Prüllsbirkig

Im Ackerland sowie in den Forstgebieten SSW' Prüllsbirkig befinden sich mehrere Großdolinen, die auch als Ponordolinen wirksam sind. Die einzelnen Objekte dieses Einsenkungsgebietes sind im Dolinenkataster Nordbayern (KLANN 2020) mit den folgenden Geländedaten erfasst (hierbei verweisen bei den Kennziffern die ersten vier Zahlen auf die Blattnummer der jeweiligen TK 25, gefolgt von der laufenden Objekt-Nummer des Dolinenkatasters):

- 6234/D056 Doline SSW' Prüllsbirkig, 10 m x 9 m, 3 m tief, Doline;
- 6234/D057 Doline SSW' Prüllsbirkig, 80 m x 40 m, 9 m tief, Ponordoline;
- 6234/D064 Doline SE' Prüllsbirkig, 15 m x 10 m, noch 1 m tief, Doline (verfüllt).

Neben der relativ kleinen, heute vollkommen verfüllten und nurnmehr schwer zu lokalisierenden Doline 6234/D064 SE' Prüllsbirkig sind in diesem Dolinenfeld vor allem die beiden Großdolinen SSW' der Ortschaft von hydrologischer Bedeutung. Aus der, das 1300 m x 1300 m große Areal SSW' Prüllsbirkig umfassenden topographischen Spezialkarte (Abb. 17 oben) ist ersichtlich, dass die bereits weitgehend verschwemmte Doline 6234/D056 (690 m SSW' Prüllsbirkig, GOK auf 445 m NN) inmitten von

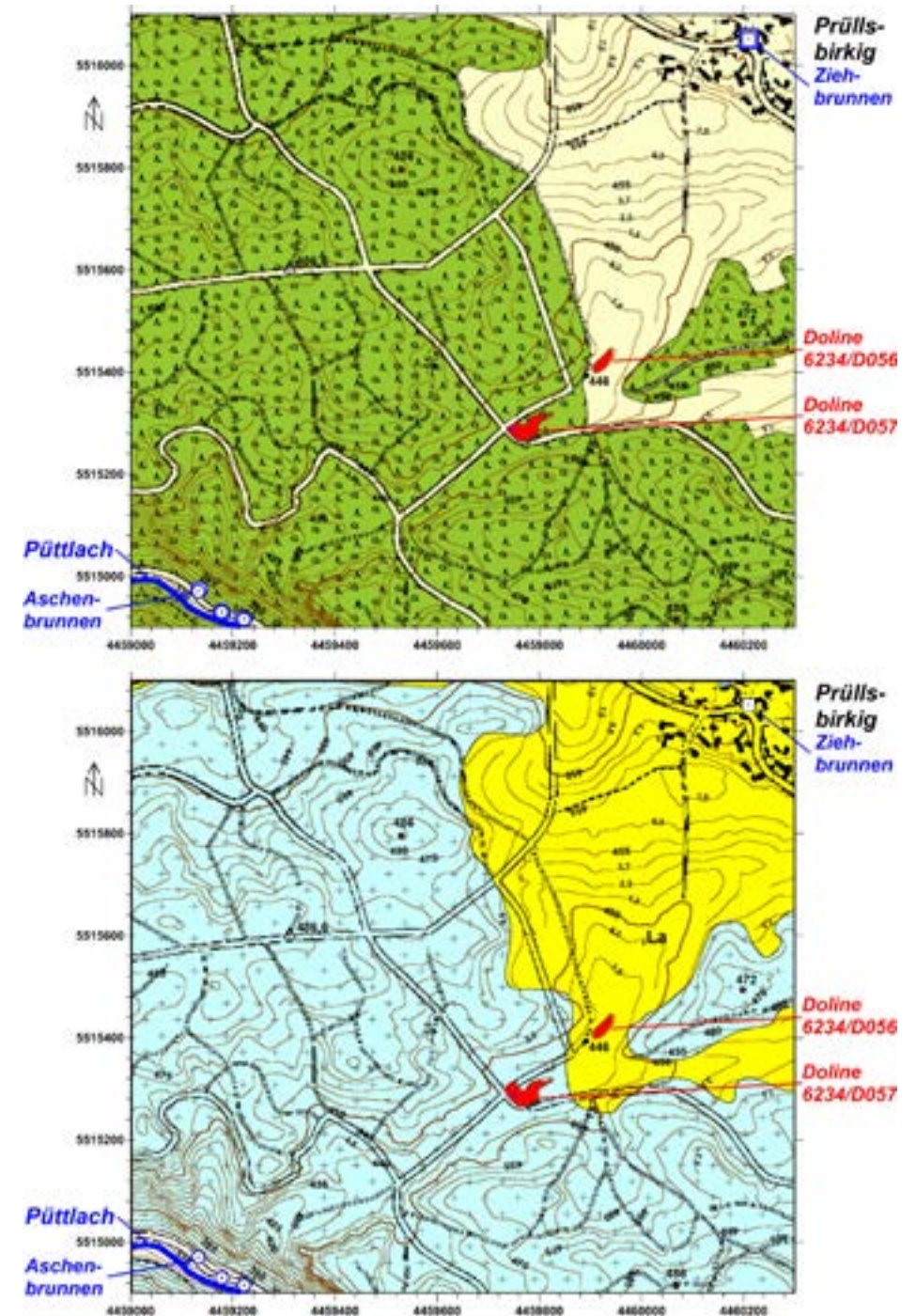


Abb. 17: Topographische (oben) und geologische (unten) Spezialkarte des Großdolinenfeldes SSW' Prüllsbirkig/Ofr. bis hin zum »Oberen Püttlachtal« mit dem »Aschenbrunnen«; Erläuterung siehe Text.

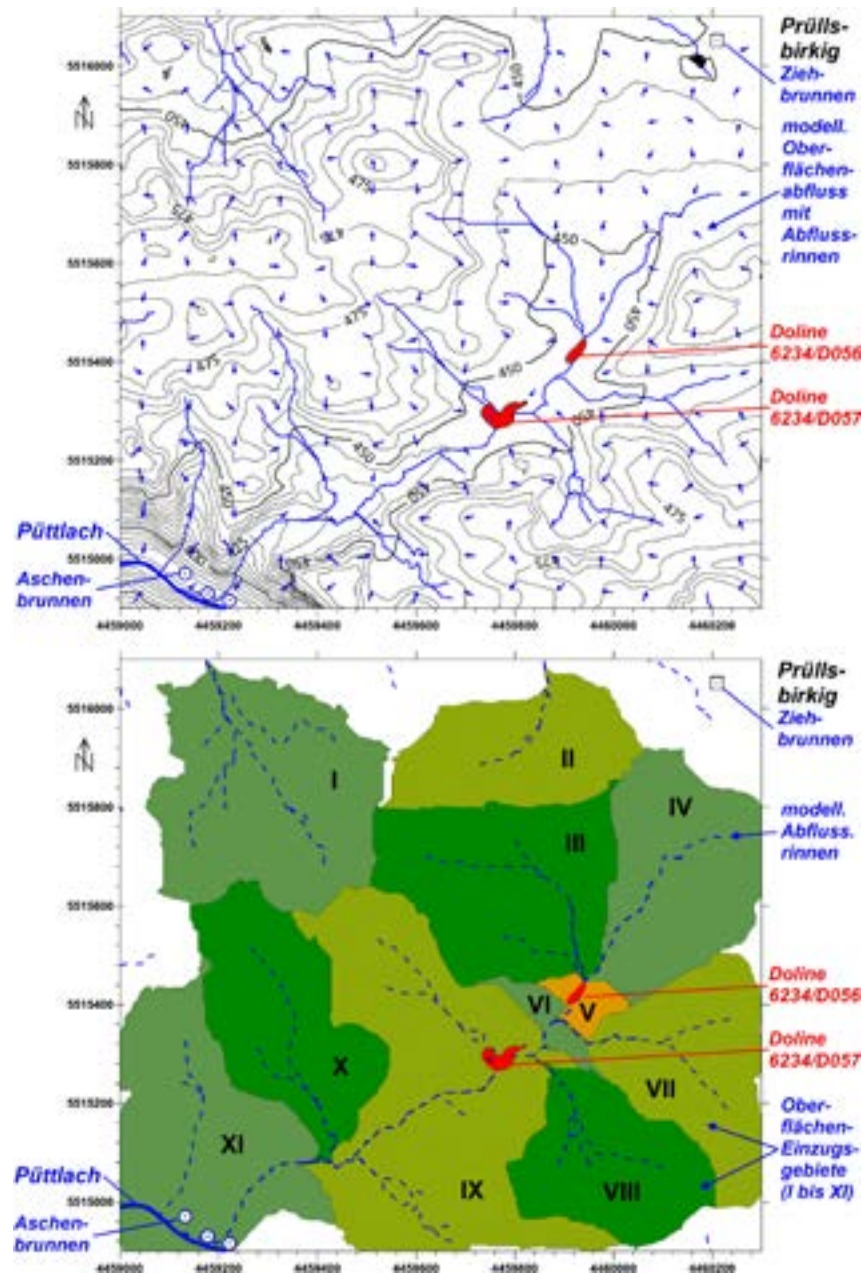


Abb. 18: Karten des modellierten Oberflächen-Abflusses der Niederschlagswässer mit Abstromrichtungen und den Abflussrinnen von der Karsthochfläche SSW' Prüllsbirkig/ Ofr. bis zum »Oberen Püttlachtal« mit dem »Aschenbrunnen« (oben) und Karte der hierzu gehörenden Teil-Einzugsgebiete I bis XI (unten). Die einzelnen Einzugsgebiete sind zur besseren Unterscheidungsmöglichkeit mit gesonderten Farbtönen hinterlegt. Erläuterung siehe Text.

Agrarflächen ansteht, während die Ponordoline 6234/D057 sich im dicht bewachsenem Forstgebiet 880 m SSW' Prüllsbirkig auf 440 m NN befindet. Die entsprechende geologischen Spezialkarte (Abb. 17 unten) zeigt, dass die landwirtschaftlich genutzten Areale an das Vorkommen der Alblehme gebunden sind, während die Waldgebiete mit der Ponordoline 6234/D057 auf den großflächig ausstreichenden Frankendolomiten des Malm Delta bis Epsilon vorherrschen. Die beiden Großdolinien werden von der Aquiclude der »Oberen Mergelkalke« des Malm Gamma unterlagert.

Die lehmig-tonigen Residualsedimente der Alblehme, in welchen bisweilen noch Relikte cretazisch-tertiärer Decksedimente eingelagert sein können, stellen einerseits die zwar geringmächtigen, aber flächenhaft anstehenden Deckschichten der Karstgrundwässer dar. Andererseits liefern die wasserstauenden Sedimente dieser Alüberdeckung die hydrogeologischen Voraussetzungen für die Ausbildung einer Vielzahl unterschiedlich großer oberflächennaher Wassereinzugsgebiete. In diesen sammelt sich oberflächennah das Niederschlagswasser und strömt – der Schwerkraft folgend – schon bei geringen Hangneigungen einem Netz zunächst unscheinbarer, sich aber rasch eintiefender Ponorgräben zu, an deren Ende die Wässer dieser temporären Bäche über ein oder mehrere Ponore ungefiltert im Karstgebirge versinken.

Für das Großdolinienfeld SSW' Prüllsbirkig wurden anhand eines hochauflösenden 3D-Geländemodells die Oberflächen-Abflusskanäle von Niederschlagswässern auf der Karsthochfläche bis zum »Oberen Püttlachtal« simuliert (Abb. 18 oben). Das mittels Computer errechnete Abstromverhalten zeigt einen nahezu perfekten Abfluss in die Trockentäler, wo sich diese Oberflächenwässer oder oberflächennahen Sickerwässer zu temporär auftretenden Bächen vereinigen und teilweise – nach längerem Fließweg – in die Großdolinien eingehen. Insgesamt lassen sich elf Teileinzugsgebiete für die verschiedenen Oberflächen-Abflussrinnen ermitteln (Abb. 18 unten). So werden die landwirtschaftlichen Flächen SSW' Prüllsbirkig von rund sechs großen Abflussrinnen mit den Einzugsgebieten III bis V entwässert, welche zunächst in die verschwemmte Doline 6234/D056 einmünden und dann weiter nach SW – mit den neu hinzugekommenen Einzugsgebieten VI bis IX – der großen Ponordoline 6234/D057 zuströmen, wobei hier wohl ein Großteil der Wässer versinkt.

Die Ponordoline 6234/D057 zählt zu den größten Dolinen Nordbayerns (KLANN 2020). Ihre Ausdehnung wurde mit 90 m x 55 m und ihre Tiefe mit rund neun Meter bestimmt. Diese markante Doline weist frische Erosionsmerkmale auf. In sie mündet von NE her ein sich rasch eintiefender Ponorgraben, welcher die Geländeoberfläche der im NE anschließenden Agrarflächen entwässert. Ein im Jahr 1995 vom Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft durchgeführter Markierungs-

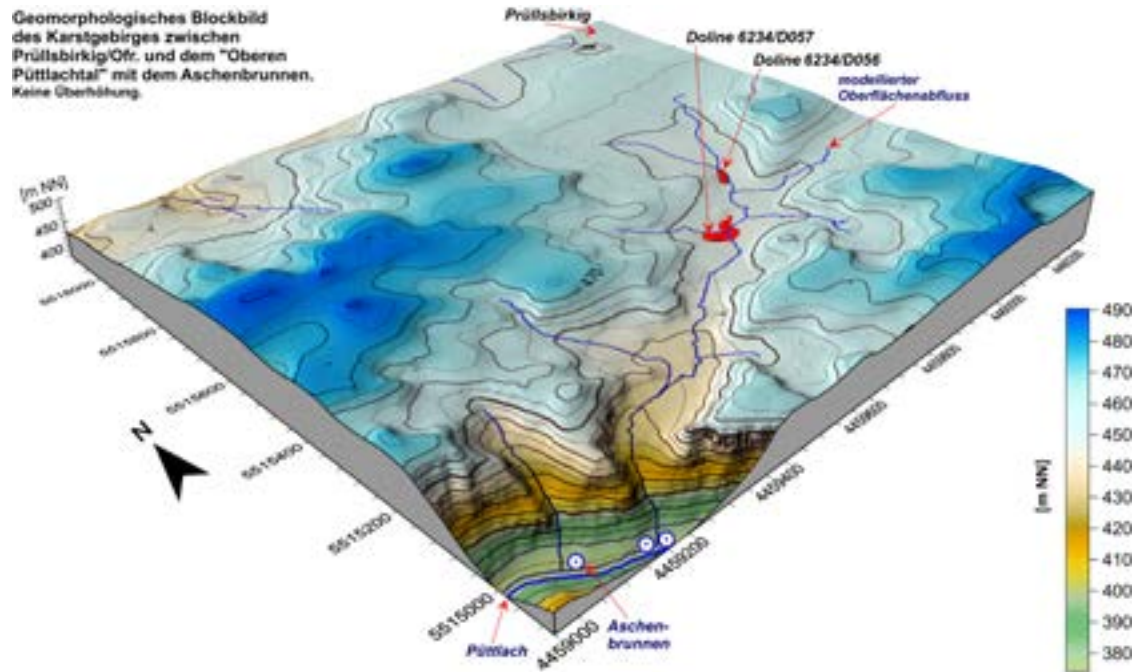


Abb. 19: 3D-Blockbild des Gebiets des Großdolinenfeldes SSW' Prüllsbirkig/Ofr. mit den Trockentälern, den Großdolinen und den modellierten Abflussrinnen bis zum »Oberem Püttlachtal« mit dem »Aschenbrunnen«.

versuch ergab ein »gutes Schluckvermögen« dieser Ponordoline (KLANN 2020).

In weiterem Verlauf nach SW schließt ein ausgeprägtes, sich steil ein tiefendes Trockental an, das 80 m E' der Quelle des Aschenbrunnen in das »Obere Püttlachtal« einmündet (Abb. 19). Die Trockentäler mit ihren Ponoren stehen im Karstgebirge als temporäre oder ständig aktive Abflusskanäle für Oberflächenwässer im engen Zusammenhang mit der weiteren Entwicklung von Talsystemen (BÖGLI 1978), orientieren sich am jeweils vorherrschenden Trennflächengefüge und zeichnen häufig den unterirdischen Abfluss des Grundwassers mit seinen ggf. enthaltenen Inhaltsstoffen nach.

8.6. Der Haselbrunnbach

Der Haselbrunnbach (vgl. Abb. 3), der noch Mitte des 20. Jhd. am N' Ortsausgang von Haselbrunn aus mehreren Karstquellen entsprang (EXLER 1957), wird heute nur noch aus tiefer gelegenen Quellaustritten am S-Rand der Ortschaft gespeist. Der kleine Karstbach durchströmt das S' anschließende Marien- bzw. Totental, versickert rund 740 m S' Haselbrunn im Gebirge, tritt nach einer unterirdischen Fließstrecke von 250 m

wieder im Karsttal zu Tage und mündet im Stadtgebiet von Pottenstein in die Püttlach.

Während der gegenwärtig vorherrschenden Trockenperiode war allerdings auffällig, dass bereits mit dem ab 2013 zu beobachteten Absinken des Wasserspiegels im Karstgebirge auch die Quellen im Marien- bzw. Totental sukzessive von den höhergelegenen Austritten zum niedrigeren Niveau hin versiegten. Zum jetzigen Zeitpunkt sind nurmehr zwei Quellen rd. 600 m NNE' Pottenstein aktiv, aus deren Schüttung der nunmehr rudimentäre Haselbrunnbach gespeist wird (vgl. Abb. 6).

Aus jüngerer Vergangenheit berichtet ANSORGE (2000), dass bereits Ende der 1990er Jahre die Einwohner der Ortschaft Haselbrunn seine Beobachtung bestätigen konnten, dass infolge der auch damals vorherrschenden Niederschlagsarmut ein Schwinden der Wasserführung oder ein gänzlichliches Trockenfallen des Haselbrunnbaches zu verzeichnen war. Auch hatten bereits in den 1950-er Jahren anhaltende Trockenperioden so weit geführt, dass die Anwohner ihre Brunnen um einige Meter vertiefen mussten, um überhaupt wieder Karstgrundwasser zur Trinkwasserversorgung erschließen zu können. Mündlich belegt ist auch die Tatsache, dass während der Trockenperioden die Wasserversorgung nur über den wieder wasserführenden Bachabschnitt kurz vor der Ortschaft Pottenstein aufrechterhalten werden konnte, indem mit Wasserbehältern Trinkwasser von dort geholt wurde (ANSORGE 2000).

Das Marien- oder Totental mit seinen in verschiedenen Höhenniveaus austretenden Karstquellen und dem hiervon gespeisten Haselbrunnbach kann wie ein natürlicher Wasserstandsanzeiger für den Füllungsgrad des Karstwasserkörpers im Pottensteiner Gebirge angesehen werden.

8.7. Zur Geologie und Hydrologie des Oberen Püttlachtals mit dem Aschenbrunnen

Das Stadtgebiet von Pottenstein mit dem Oberem Püttlachtal liegt bereits vollständig im Tiefen Karst. Als wasserstauende Schichten wirken die hier rd. 20 m unter Talniveau anstehenden »Oberen Mergelkalke« des Malm Gamma.

Im canyonartig eingeschnittenen Püttlachtal E' Pottenstein tritt das Karstwasser hauptsächlich im Talsohlenbereich aus: In diesem Gebiet herrscht ein relativ hoher Karstwasserandrang von 25 L/s*km² bis 100 L/s*km² vor (GLA 1995). Unmittelbar am E' Ortsrand von Pottenstein stehen an den Hängen des Oberen Püttlachtals die gebankten Dolomite des tieferen Malm Delta an. Darüber setzen die massigen, strukturlosen Riffwände des höheren Malm Delta bis Malm Epsilon ein, die stellenweise von großen Höhlen durchzogen sind. Auffällig ist das große Hasenloch (D 92) am S' Talhang 1450 m ESE' Pottenstein, eine bis 8 m breite

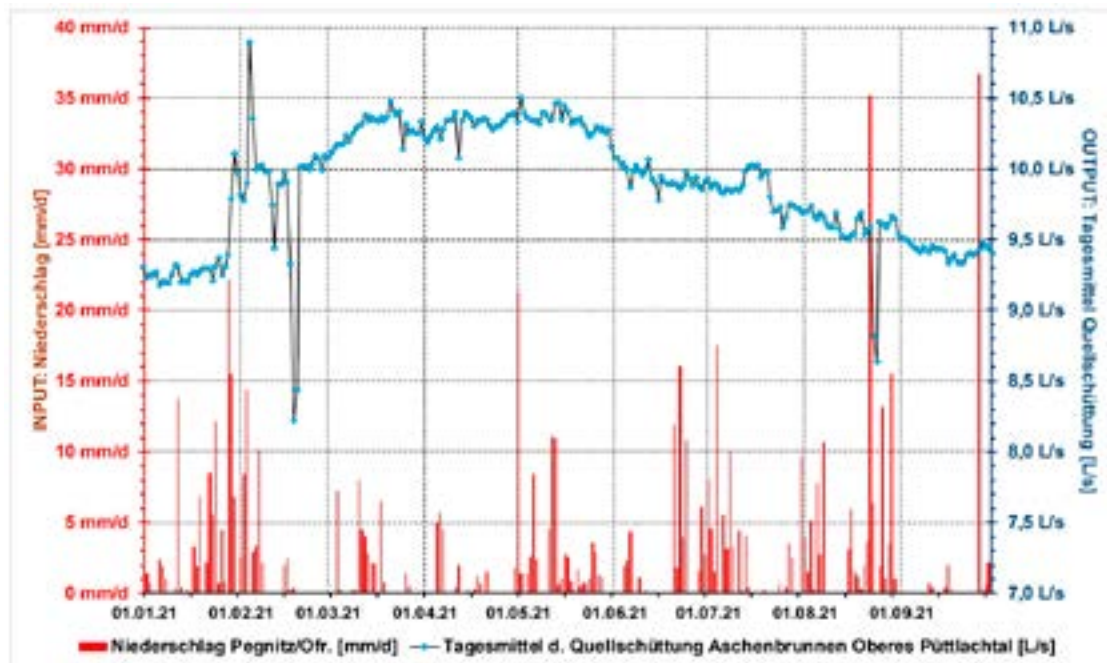


Abb. 20: Tagessummen der während der 9-monatigen Periode vom 01.01.2021 bis 01.10.2021 in der Wetterstation Pegnitz/Ofr. registrierten Niederschläge [mm/d] sowie Tagesmittel der beobachteten Quellschüttungsraten des Aschenbrunnen im Oberen Püttlachtal E' Pottenstein/Ofr.; Rohdatengrundlage: LFU (2021).

und 33 m lange tunnelartige Höhlenröhre im massigen Dolomit, welche als Fundpunkt von zahlreichen vorgeschichtlichen Knochenwerkzeugen und Tonscherben sowie glazialzeitlichen Faunenresten eine überregionale Bekanntheit erlangte (MEYER & SCHMIDT-KALER 1992).

Weiter aufwärts im Oberen Püttlachtal folgen auf einer Höhenlage von 376,6 m NN die umfriedete Brunnenarchitektur und Quellfassung des zur Trinkwassergewinnung genutzten »Aschenbrunnen«. Diese im Tiefen Karst aus Frankendolomit entspringende, perennierende Quelle dient seit über 100 Jahren zur Wasserversorgung von Pottenstein sowie benachbarter Gemeinden. Rund 10 m unter dem Quellaustritt befindet sich die Aquiclude der »Oberen Mergelkalke« (Malm Gamma). Die Hauptaquiclude der Dogger-/Malm-Grenze liegt hier auf einem Höheniveau von 298 m NN und somit 80 m unter dem Aschenbrunnen (vgl. Abb. 4).

Der unmittelbare Quellaustritt des »Aschenbrunnen« scheint an rheinisch streichende tektonische Trennflächen gebunden zu sein (BAIER 2015). Wahrscheinlich verläuft hier eine Schar NNE-SSW streichender Seitenverschiebungen mit ihren begleitenden Längsklüften. Dieser spezielle Verwerfungstyp konnte bereits an anderen Lokalitäten der Franken-



Abb. 21: Dickbankige Riffdolomite des Malm Delta mit Hohlraumbildungen; N' Talhang des »Oberen Püttlachtals« 170 m W' der »Hohen Nase«.

alb als bevorzugt für die Ausbildung von hydraulisch besonders wirksamen Karstwasserröhren nachgewiesen werden (BAIER 2008, 2010, 2013).

Aufgrund der schon seit mehreren Jahren andauernden Niederschlagsarmut und der damit verbundenen starken Defizite bei der Karstgrundwasser-Neubildung ist das Trockenfallen vieler Karstquellen sowohl in den höher gelegenen Gebirgsregionen (wie im Haselbrunnental N' Pottenstein) als auch im Haupt-Vorfluterniveau des Oberen Püttlachtals E' Pottenstein zu verzeichnen. So weisen auch die eigentlich stark und beständig schüttenden Karstquellen wie der »Aschenbrunnen« seit dem letzten niederschlagsreichen Jahr 2013 bis heute signifikant zurückgehende Schüttungsraten auf. Aufgrund der zu geringen Grundwasserneubildung war bis 2015 ein Absinken der Quellschüttung von rund 17 L/s auf 12 L/s zu beobachten (BAIER 2015).

Während der ersten 9 Monate des Jahres 2021 betrug die mittlere Schüttungsrates des Aschenbrunnen nurmehr 9,90 L/s (Abb. 20). Trotz der v. a. im Juli 2021 sowohl in Bayern als auch in Westdeutschland aufgetretenen, »sintflutartigen« Niederschläge (DPA 2021), welche in den betroffenen Regionen hohe Verluste an Menschenleben und materielle Schäden in Milliardenhöhe verursachten, waren im Karstgebirge der Nördlichen Frankenalb keine nennenswerten Grundwasser-Neubildungsraten zu verzeichnen (vgl. LFU 2021).

Auch die Quellschüttung des »Aschenbrunnen« zeigte vor allem von Juni bis August 2021 signifikant zurückgehende Werte. Die gleichwohl im Gebiet von Pegnitz und Pottenstein aufgetretenen Starkniederschläge bis max. 35,2 mm/d äußerten sich lediglich im nur kurzfristigen An-



Abb. 22: Der rund 30 m tiefe Einsturzschart des »Elbersberger Windlochs« im Riffdolomit des Malm Epsilon; S' Talhang des »Oberen Püttlachtals«, 500 m ESE' der »Geisskirche«. Photo: Richard Reinl/NN Pegnitz.

steigen des Wasserdargebots (Abb. 20). Auffällig waren jedoch die Beobachtungen, dass sich die gefallenen Niederschläge im Einzugsgebiet des Aschenbrunnen mit ein- bis zweitägiger sowie fünf- bis sechstägiger Verzögerung auf die Schüttung dieser großen Karstquelle auswirken. Diese mit bereits früher gewonnenen Erkenntnissen (BAIER 2015) sich deckenden Beobachtungen unterstreichen den raschen Grundwasser- und ggf.

Schadstofftransport von den Einzugsgebieten hin zu den (Trinkwasser-) Quellen und somit die Vulnerabilität in diesem Teil des Karstgebirges.

Weiter ESE' des »Aschenbrunnen« stehen im hier sehr engen Tal die steil ansteigenden Felswände des Malm Delta an (Abb. 21); anschließend folgen die beeindruckenden Kletterfelsen der »Hohen Nase« und der benachbarten »Geisskirche«, einer pittoresken Höhlenruine in den massigen Riffdolomiten des Malm Delta. Unmittelbar S' hiervon wurde in der Talaue der Püttlach – auf einer Geländehöhe von 379 m NN – eine 138 m tiefe Wasserbohrung abgeteuft. Diese Bohrung erreichte in einer Tiefe von 30 m u. GOK bereits die »Oberen Mergelkalke« des Malm Gamma. Die Haupt-Karstwasseraquiclude des Ornatentons wurde auf 296 m NN erreicht (SCHMIDTILL 1953): Die Mächtigkeit des Karstwasserkörpers beträgt an dieser Stelle also 83 m und zeigen die Lage des »Oberen Püttlachtals« im Tiefen Karst deutlich an.

Rund 500 m ESE' der »Geisskirche« tritt an der Abbruchkante des S' Püttlach-Talhangs das »Elbersberger Windloch« zu Tage: Dieser über 30 m tiefe Einsturzschart (Abb. 22) fällt senkrecht in das Karstgebirge ein und war auf ein ehemals höherliegendes, wahrscheinlich obercretazisches Karstwasserniveau eingestellt. Rezent wird an dieser Lokalität die vertikale Karstwasser-Entwässerung nurmehr episodisch reaktiviert, unterstreicht jedoch exemplarisch die beachtliche Schnelligkeit der Grundwasserbewegungen und die potentiell möglichen Versinkungsraten der Oberflächenwässer im Pottensteiner Karstgebirge.

In der folgenden Arbeit (Teil II) sollen dann die Ergebnisse der seit vielen Jahren getätigten (Karstwasser-) Untersuchungen, detaillierte Karten der Dogger-Malm-Grenze und der Karstgrundwasser-Oberfläche sowie des Flurabstands dargelegt werden.

9. Danksagung

Bei Herrn Richard Reinl (Nordbayerische Nachrichten Pegnitz) möchte ich mich für die umfangreichen administrativen Hilfestellungen und für die verlässlichen, tatkräftigen Unterstützungen bei den Geländetätigkeiten sowie der Überlassung von Photoaufnahmen ganz besonders bedanken.

Auch gilt mein herzlicher Dank den Steinbruchbesitzern in Hohemirsberg, Herrn Günther Lodes sowie Herrn Gerd Ollet für ihre freundliche Unterstützung der Geländearbeiten sowie Herrn Lorenz Arnold/Prüllsbirkig für die Bereitstellung von Unterlagen und Akten bezüglich des historischen Ziehbrunnens in Prüllsbirkig.

Weiterhin gilt mein herzlicher Dank Herrn Gerhard Thiem-Förster und Herrn Manuel Zitzmann von der Stadtverwaltung Pottenstein für

die stets sehr freundliche Aufnahme im Felsenstädtchen und ihre entgegenkommenden, umfangreichen Hilfestellungen.

Zwei ungenannten Gutachtern sei für wertvolle Hinweise und für die Durchsicht des Manuskriptes gedankt.

10. Literaturverzeichnis

- ANSORGE, W. (2000): Untersuchung der Einflußfaktoren des Karstes auf das Grundwasser im Raum westlich Pottenstein/Ofr. und Geologische Kartierung im Raum Pottenstein/Gößweinstein (im Maßstab 1:10 000). – 145 S., 30 Abb., 12 Tab., 1 Foto, 5 Ktn., im Anhang 4 Abb., 68 Tab., 9 Fotos, 6 Ktn. sowie in der Anlage 10 Taf. mit 126 Abb., 3 Ktn; Erlangen, unveröff. Dipl.-Arbeit (Teil I und II), Erlangen (FAU).
- BAIER, A. (2008): Karstphänomene und Karsttektonik im Oberen Leinleitertal nördlich Markt Heiligentadrl/Lkr. Bamberger Land (Nördliche Frankenalb). – Geologische Blätter NO-Bayern 58, 1-4: 101-168, 24 Abb., 3 Tab., 7 Taf.; Erlangen.
- BAIER, A. (2010): Karstphänomene und Hydrogeologie im (Trocken-) Talgebiet von Schirradorf/Azendorf N' Hollfeld/Lkr. Bayreuth (Nördliche Frankenalb). Eine Untersuchung der Grundwasserverhältnisse in einem reaktivierten fossilen Karströhrensystem. – Geologische Blätter NO-Bayern 60, 1-4: 9-78, 19 Abb., 2 Tab., 6 Taf.; Erlangen.
- BAIER, A. (2013): Das Karstgebiet von Streitberg (Nördliche Frankenalb). Eine Untersuchung der Karsttektonik und der Grundwasserverhältnisse im seichten Karst. – Geologische Blätter NO-Bayern 63, 1-4: 13-53, 17 Abb., 2 Taf., Erlangen.
- BAIER, A. (2015): Pegnitzquelle und Aschenbrunnen im Karstgebirge der NE' Frankenalb. Eine Studie zur Situation der Grund- und Trinkwasserreserven unter dem Einfluss des Klimawandels. – Geologische Blätter NO-Bayern 65, 2-4: 11-46, 16 Abb., 3 Tab.; Erlangen.
- BAIER, A., FREITAG, D. & LÜTTIG, G. (1993): Der Landkreis Neumarkt/Opf., geologisch gesehen. – In: [Landratsamt Neumarkt/Opf.]: Der Landkreis Neumarkt/Opf. – Das große Heimatbuch der Westlichen Oberpfalz: 55-80, 13 Abb., 1 geol. Kte., Regensburg (MZ) 1993.
- BAIER, A. & FREITAG, D. (2003): Ein geologischer Streifzug durch das ostbayerische »Ruhrgebiet des Mittelalters«. – Geologische Blätter NO-Bayern 53, 1-4: 71-122, 4 Abb., 5 Taf., Erlangen.
- BAIER, A., HUBER, F., KUNZ, U., KRAHL, M. & ULRICH, J. (2014): Der »Tiefe Brunnen« von Birkenreuth/Ofr. Ein Beispiel für die Problematik der Trinkwasserversorgung auf der fränkischen Karsthochfläche in historischer und heutiger Zeit. – Geologische Blätter NO-Bayern 64, 1-4 & 65,1: 13-41, 11 Abb., Erlangen.
- BÖGLI, A. (1978): Karsthydrographie und physische Speläologie. – 292 S., 160 Abb., 12 Taf., Berlin + Heidelberg + New York (Springer).
- BRUNNER, G. (1938): Die Gaiskirche im Oberen Püttlachtal/Ofr. – Neues Jahrbuch für Mineralogie und Geologie, Beilagen-Band 79, Abt. B: 243-273; Stuttgart.

- BRUNNER, G. (1941): Die Kreuzgrotte bei Pottenstein und das Peterloch im Woppental. – Abhandlungen der Naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg 27, 2: 1-15; Nürnberg.
- BRUNNER, G. (1952a): Die Markgrabenhöhle bei Pottenstein/Ofr. – Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Mitteilungsheft 1952: 457-471; Stuttgart.
- BRUNNER, G. (1952b): Das Dohlenloch bei Pottenstein/Ofr. – Abhandlungen der Naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg 27, 3: 49-60, 2 Abb., 1 Plan; Nürnberg.
- CAMMERER, A. A. C. (1832): Naturwunder, Orts- und Länder-Merkwürdigkeiten des Königreiches Bayern, für Vaterlandsfreunde, so wie für kunst- und naturliebende Reisende. – XIII & 243 S., 4 Kupfern und 1 Chärtchen; Kempten (Jos. Kösel'sche Buchhandlung).
- CRAMER, H. (1941): Das Große Hasenloch bei Pottenstein. – Mitteilungen über Höhlen- und Karstforschung 1941: 10-20; Berlin.
- DEGENHARDT, L. (2018): Pottensteiner Bürger stellen Anzeige. Wasser aus Aschenbrunnenquelle wird immer noch gechlort. – Nordbayerische Nachrichten Pegnitz 27. April 2018; Pegnitz (Verlag Nürnberger Presse).
- DORN, P. (1933): Über den tektonischen Bau des ostfränkisch-oberpfälzischen Deckgebirges. – Geologische Rundschau 23 a: 81-90; Berlin.
- DORN, P. (1939): Stratigraphisch paläogeographische Untersuchungen im Mittleren und Oberen Dogger der Frankenalb. – Neues Jahrbuch für Mineralogie etc. 82, Abt. B: 161-314; Stuttgart.
- DPA [DEUTSCHE PRESSE-AGENTUR] (2021): Sintflutartige Regenfälle in Bayern und Österreich: Zwei Tote und Millionenschaden. – Nordbayerische Nachrichten Nürnberg 18. Juli 2021; Nürnberg (Verlag Nürnberger Presse).
- EXLER, H. J. (1952): Erläuterungen zur geologischen Karte 1:25000 der Umgebung des oberen Püttlachtals (nordöstlich Pottenstein) im Raum von Hohenmirsberg - Püttlach und Körbeldorf. – Diplomarbeit; Erlangen (Maschinenschrift).
- EXLER, H. J. (1954): Geologie der Fränkischen Alb zwischen Hohenmirsberg und Weidensees. Nebst Untersuchungen über die Entstehung des Bronner Plattendolomits. – Dissertation Univ. Erlangen (Maschinenschrift).
- EXLER, H. J. (1957): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25000 Blatt Nr. 6234 Pottenstein. – 44 S., 1 Abb.; München (Bayer. GLA).
- FRAHM, J. -P. (2001): Biologie der Moose. – (1. Aufl.), 357 S., 128 Abb., Heidelberg & Berlin (Spectrum Akad. Verlag).
- FREUDENBERGER, W. & SCHWERD, K. (1996): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500000. – 4. Aufl., 329 S., 67 Abb., 21 Tab., 8 Beil., München (Bayer. GLA).
- FREYBERG, B. v. (1940): Der Rand der Fränkischen Alb östlich Pottenstein. – Sitzungs-Bericht Phys. -med. Soz. Erlangen 72: 1-9, Erlangen.
- FREYBERG, B. v. (1951): Zur Stratigraphie und Fazieskunde des Doggersandsteins und seiner Flöze. – Geologica Bavarica 9: 1-108, 10 Abb., 16 Taf.; München (Bayer. GLA).
- FREYBERG, B. v. (1953): Zur Stratigraphie von Jura und Kreide bei Vilseck-Freihung (Opf.). – Neues Jahrbuch f. Geologie u. Paläontologie, Abh., 97: 271-283, Stuttgart.
- FREYBERG, B. v. (1961): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25000 Blatt Nr. 6235 Pegnitz. – 207 S., 35 Abb., 3 Beil.; München (Bayer. GLA).
- FREYBERG, B. v. (1969): Tektonische Karte der Fränkischen Alb und ihrer Umgebung. – Erlanger geologische Abhandlungen 77: 1-81, Erlangen.

- FÜRST, U. (2021a): Bund Naturschutz schlägt Alarm. Immer wieder Ärger mit der Gülle. – Nordbayerischer Kurier 15. März 2021; Bayreuth (Nordbayerischer Kurier GmbH & Co. Zeitungsverlag KG).
- FÜRST, U. (2021b): Gülle sorgt für viel Ärger – Probleme im Wasserschutzgebiet bei Pottenstein. – Nordbayerische Nachrichten Pegnitz 16. März 2021; Pegnitz (Verlag Nürnberger Presse).
- GLA [BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT] (1995): Nördliche Frankenalb - Hydrogeologie. – 119 S., 30 Abb., 16 Tab., München (Bayer. GLA).
- GLASER, S. (1998): Der Grundwasserhaushalt in verschiedenen Faziesbereichen des Malms der Südlichen und Mittleren Frankenalb. – Forschungszentrum für Umwelt und Geologie; München.
- GOTTWALD, H. (1959): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25000 Blatt Nr. 6133 Muggendorf. – 52 S., 3 Abb.; München (Bayer. GLA).
- GÜMBEL, C. W. v. (1891): Geognostische Beschreibung der Fränkischen Alb (Frankenjura) mit dem anstoßenden fränkischen Keupergebiete. – Geognostische Beschreibung des Königreichs Bayern, 4. Abt., IX + 763 S., 102 Abb., 5 Kte.; Kassel (Fischer).
- HABBE, K. –A. (1989): Der Karst der Fränkischen Alb. Formen, Prozesse, Datierungsprobleme. – Schriften des Zentralinstituts für Fränkische Landeskunde und Allgemeine Regionalplanung an der Universität Erlangen-Nürnberg 28: 35-69; Neustadt/A.
- HÖLTING, B. & COLDEWEY, W. G. (2019): Hydrogeologie. Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie. – (8. Aufl.) XXXVII & 438 S., 143 Abb.; Berlin & Heidelberg (Springer).
- HÜMMER, H. (2020): Das Versorgungsgebiet der Juragruppe. – Vortrag ZV Wasserversorgung 28.09.2020, Pegnitz/Ofr.
- HÜMMER, PH. & SAMIMI, C. (2002): Wasser auf der nördlichen Frankenalb - ein kostbares Gut. – Mitteilungen der Fränkischen Geographischen Gesellschaft 49: 111-146; Erlangen.
- KLANN, E. (2020): Dolinenkataster Nordbayern (DKN). – <http://www.dolinenkataster.de/index>; Pruppach b. Hirschbach.
- KOCH, R. (1999): Zur Geologie, Faziesverteilung und Porenraumgenese im Malm der Frankenalb. – In: Seiler, K. –P. (1999): Grundwasserschutz im Karst der Südlichen Frankenalb. Forschungszentrum für Umwelt und Geologie; Neuherberg.
- KÖLLE, WALTER (2017): Wasseranalysen – richtig beurteilt: Grundlagen, Parameter, Wassertypen, Inhaltsstoffe. – (4. Aufl.) XIV & 514 S., 40 Abb., 28 Tab.; Weinheim (WILEY-VCH).
- LFU [BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT] (2021): Niedrigwasser-Informationsdienst Bayern. – <https://www.nid.bayern.de/>; Augsburg Bayer. LFU).
- MAAS, H. (1995): Mausgesees und Ochsenchenkel. Kleine nordbayerische Ortsnamenkunde. – 3. Aufl., 247 S., Abb., Kte.; Nürnberg (Nürnberger Presse).
- MEYER, R.K.F. (1972): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25.000, Blatt Nr. 6033 Hollfeld. – 107 S., 11 Abb., 3 Tab., 7 Taf., 4 Beil.; München (Bayer. GLA).
- MEYER, R. K. F. & SCHMIDT-KALER, H. (1992): Durch die Fränkische Schweiz. – Wanderungen in die Erdgeschichte 5: 168 S., 176 Abb., 2 geol. Karten; München (Verlag Dr. Friedrich Pfeil).
- PETERS, M. (2013): Geschichte Frankens. Vom Ausgang der Antike bis zur Gegenwart. – ins. 2 Bd. mit zus. 688 S. u. 50 Bild.; Hamburg (Nikol Verlagsgesellschaft mbH).
- PFEFFER, K. –H. (2010): Karst. Entstehung – Phänomene - Nutzung (Studienbücher der Geographie). – VI & 338 S., 283 Abb., 54 Tab.; Stuttgart (Borntraeger).
- PLÄNCKNER, J. v. (1841): Die Fränkische Schweiz. Taschenbuch für Reisende. – X & 117 S.; Coburg + Leipzig (Verlag der Sinner'schen Hofbuchhandlung).

- POHLING, R. (2015): Chemische Reaktionen in der Wasseranalyse. – XVIII & 377 S., 29 Abb.; Berlin & Heidelberg (Springer).
- REITZENSTEIN, W. –A. FRHR. v. (2009): Lexikon fränkischer Ortsnamen. Herkunft und Bedeutung. Oberfranken, Mittelfranken, Unterfranken. – 288 S., 9 Kte.; München (Beck).
- STREIT, R. (1971): Karstwasservorräte in der Fränkischen Alb. – Geologica Bavarica 64: 254-267; München (Bayer. GLA).
- SCHMIDTILL, E. (1953): Dogger-Gamma bis Dogger-Zeta in der mittleren und nördlichen Frankenalb auf Grund neuer Aufschlüsse. – Geologica Bavarica 16; München (Bayer. GLA).
- TILLMANN, H. & TREIBS, W. (1967): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25000 Bl. Nr. 6335 Auerbach/Opf.. – 219 S., 6 Abb., 8 Taf., 7 Beil., 1 Profiltaf., München (Bayer. GLA).
- VILLINGER, E. (1979): Aspekte der Grundwassernutzung im Karstaquifer der Schwäbischen Alb. – Clausthaler Geologische Abhandlungen 30: 318-335; Clausthal-Zellerfeld (Ellen Pilger Verlag).
- VOLLRATH, F. (1960): Die Houbirg. – Mitteilungen Altnürnberger Landschaft 9, 12: 1-36; Nürnberg.
- WANDEL, B. (1990): Quell- und Sickerwasseruntersuchungen im Karst der Nördlichen Frankenalb östlich von Ebermannstadt. – Inaug. –Diss., 132 S., 37 Abb., 29 Tab., Erlangen.
- WIPPERN, J. (1951): Geologische Kartierung auf Blatt Waischenfeld. – Diplomarbeit; Erlangen (Maschinenschrift).
- WIPPERN, J. (1953): Geologie der Fränkischen Alb zwischen Nankendorf, Pottenstein und Obertrubach. – Dissertation; Erlangen (Maschinenschrift).
- WIPPERN, J. (1955): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25000 Blatt Nr. 6134 Waischenfeld. – 47 S., 1 Abb.; München (Bayer. GLA).
- WROBEL, J. –P. & HANKE, K. (1987): Karten der Gefährdung der Grundwässer in Bayern durch Nitrat. – GLA-Fachberichte 3: 3-25, 3 Kte., 3 Tab.; München (Bayer. GLA).