

Deformationsprozesse und hydrogeologische Eigenschaften von Störungszonen in Karbonatgesteinen

H. BAUER

Inhalt

Störungsanatomie
Störungsgesteine
Störungszonen im Kalk
Störungszonen im Dolomit
Wasserwegigkeiten

Rund 60 % der Wasserversorgung der Stadt Wien durch die Wiener Hochquellwasserleitung stammen aus dem Hochschwabmassiv. Die großen Quellen im nördlichen Hochschwab, allen voran Kläfferquelle und Pfannbauernquelle, werden großteils mit Wasser versorgt, das über tektonische (Groß-)Strukturen vom Hochschwabplateau unterirdisch abgeführt wird.

ENE-streichende, sinistrale Blattverschiebungen in Karbonaten der Wetterstein-Formation sind wichtige und dominante Elemente dieser unterirdischen Entwässerung im Bereich des nördlichen Hochschwab. Störungen dieses Typs lassen sich lateral über bis zu 15 km verfolgen. An ausgewählten Störungen in Kalken und Dolomiten konnte durch detaillierte Geländeaufnahmen, Porositätsmessungen und die Untersuchung von Dünnschliffen gezeigt werden, dass es sich bei den Störungen um sehr komplexe Zonen handelt, wobei deutliche Unterschiede zwischen der Störungsanatomie in Kalken oder in Dolomiten herausgearbeitet werden konnten.

Eine genaue Kenntnis vom internen Aufbau von Störungszonen ist von großem Interesse, wenn es um die Frage geht, ob Störungszonen als Barrieren oder als potentielle Wegigkeiten für fluid flow ganz allgemein oder für Wasser, wie im speziellen Fall des Hochschwab, fungieren. Es wurde in dieser Arbeit versucht, für ausgewählte Störungszonen unterschiedlicher Größe an Hand ihres internen Aufbaus Ideen zu deren hydrogeologischer Funktionsweise zu entwickeln.

Störungsanatomie

Die Untersuchungen ergaben, dass unabhängig vom Maßstab Störungszonen meist einen komplexen internen Aufbau aufweisen. Die interne Komplexität einer Störungszone bezieht sich zum einen auf die Ausbildung unterschiedlicher Störungsgesteine, deren unterschiedliche Eigenschaften sowie deren Verteilung. Zum anderen liegen unterschiedliche Strukturelemente wie Störungsflächen, Kluftflächen und Extensionsspalten vor.

Das auch in der Literatur gebräuchliche Konzept, Störungszonen in einen eher gering permeablen Störungskern (fault core) und eine höher permeable, angrenzende damage zone zu unterteilen, konnte für die bearbeiteten Störungszonen in Kalken gut herausgearbeitet werden. In Dolomiten ist dieses Konzept nur bedingt verwirklicht.

Störungsgesteine

Ausgehend von Kalken und Dolomiten der Wetterstein-Formation konnten die folgenden unterschiedlichen Störungsgesteine dokumentiert werden:

- Mit Kalzit gefüllte oder offene Zerrspalten entstehen im Zusammenhang mit hohem Fluiddruck und sind mit einer Volumszunahme im Gestein verbunden.
- Extensionsbrekzien (dilatation breccias) entstehen durch eindringendes Fluid. Der originale Mineralverband wird aufgecrackt und es entstehen charakteristische Texturen.
- Kataklasite. Ausgangsgestein wird zerbrochen und teils zu Matrix zermahlen, in der sich Komponenten gegeneinander verschieben, rotieren. Es konnten je nach Matrixgehalt, Rundung und Sortierung der Komponenten drei Typen unterschieden werden.

Störungszonen im Kalk

Untersuchte Störungszonen im Kalk sind auch bei großem Versatz deutlich vom Nebengestein abgrenzbar und auf mehrere Meter in ihrer Mächtigkeit beschränkt.

Charakteristischerweise treten im fault core Kataklasite auf, deren Textur und Mikrostrukturen Rückschlüsse auf die Deformationsintensität zulassen. Kataklasite sind über den Störungsverlauf oft nicht durchgehend verfolgbar. Denkbar ist, dass sie sich in 3D in einer komplexen anastomosierenden Geometrie zusammenfügen lassen würden. Es ist immer wieder zu beobachten, dass Kataklasite durch Harnischflächen vom Umgebungsgestein abgegrenzt werden oder sie in „Bändern“ Linsen weit weniger deformierten Ausgangsgesteins umschließen. Bei den Kataklasiten konnten drei unterschiedliche Typen (siehe Abb. 1 und Abb. 2) dokumentiert werden, die sich hinsichtlich Textur und Matrixgehalt deutlich unterscheiden lassen und Hinweise auf den Deformationsgrad der Störungen geben.

Als damage zones definierte Bereiche zwischen fault core und undefiniertem Nebengestein beinhalten Störungsflächen und generell erhöhte Kluftdichten. Die Verteilung und Geometrie von Zonen mit erhöhter Kluftdichte ist über den Verlauf der Störungszone meist sehr heterogen. Extensionsbrekzien (dilatation breccias), die durch das Eindringen von Fluid in den Protolith unter hohem Druck entstanden und mit einer Volumszunahme verbunden sind, sind in allen Störungszonen anzutreffen. Sind diese zementiert, ist davon auszugehen, dass sie als flow barriers fungieren. Die räumliche Verteilung von dokumentierten dilatation breccias ist in allen Fällen eher konfus, das heißt, es ist lateral nicht vorhersehbar, warum sich wo dilatation breccias befinden.

Neben dilatation breccias ist vor allem das in erhöhtem Ausmaß geklüftete Ausgangsgestein von Bedeutung. Deshalb wurden in allen Aufschlüssen Klüfte eingemessen und charakterisiert sowie deren Dichte innerhalb abgegrenzter Bereiche bestimmt. Hierfür wurden so genannte fracture facies ausgewiesen, die durch die Anzahl der unterschiedlich orientierten Kluffgruppen sowie deren Abstand charakterisiert sind. Es zeigte sich, dass neben störungsparallelen (also zur masterfault parallelen) Klüften, die in allen Fällen die größten Kluftdichten aufweisen, auch anders orientierte Kluffgruppen sehr prominent werden können und hohe Dichten aufweisen. Zonen mit erhöhter Kluftdichte, also fracture facies 3 und 4 begleiten den Störungskern in allen Aufschlüssen über den gesamten ersichtlichen Verlauf der masterfault. Die Verteilung ist unterschiedlich (siehe Abb. 3). Es herrscht eine komplexe anastomosierende Geometrie von Zonen mit variablen Kluftdichten. In Bereichen mit fracture facies 4 sind unterschiedliche Kluffgruppen oft nicht mehr unterscheidbar beziehungsweise messbar. Kalke mit fracture facies 4 dürften eine ähnlich große Hintergrundporosität wie Dolomite durch microjoints haben. Diese Bereiche bilden aber keine lateral über viele Meter verfolgbare Zonen.

Störungszonen im Dolomit

Es konnte gezeigt werden, dass die Störungsanatomie von Störungszonen im Dolomit sich von jener im Kalk doch deutlich unterscheidet. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass weder die Abgrenzung Nebengestein – Störungszone klar und deutlich im Gelände ersichtlich ist, noch kann man eine deutliche Abgrenzung zwischen Störungskern und damage zone machen. In Dolomiten sind Störungszonen bereits bei geringer Deformation zehnermetermächtige Bereiche, in denen zwar Störungsflächen und Kataklasite vorkommen, diese aber keinen deutlich abgrenzbaren fault core definieren. Vielmehr handelt es sich um die auch im Kalk als damage zones ausgewiesenen Bereiche. Im Dolomit sind in manchen Bereichen aber wesentlich höhere Kluftdichten verwirklicht als im Kalk.

Wasserwegigkeiten

Die hydrogeologische Funktionsweise von Störungszonen ist sicherlich eine sehr komplexe Angelegenheit, zu deren Verständnis weit über diese Arbeit hinausreichende Untersuchungen notwendig wären. Diese Arbeit zeigt aber sehr deutlich, wie wichtig es ist, Störungen als Zonen und nicht als Flächen wahrzunehmen. Es konnte gezeigt werden, dass unabhängig von Mächtigkeit und Ausgangslithologie Störungszonen einen intern sehr heterogenen Aufbau aufweisen und dass somit ganz unterschiedliche Bereiche im Bezug auf fluid flow oder im Speziellen im Bezug auf Wasserwegigkeit unterschieden werden müssen. Fault cores in Störungszonen im Kalk sind durch dichte, kompakte Kataklasite gekennzeichnet, die keine kommunizierenden Porenräume aufweisen. Es finden sich aber in allen Aufschlüssen Hinweise auf Verkarstungserscheinungen an Kataklasiten (siehe Abb. 4). Das kann so interpretiert werden, dass durch eindringende Wässer Kataklasite gelöst und bei entsprechenden Wassermengen auch mechanisch erodiert werden können, sodass eine Wegigkeit für Wasser entsteht.

Die weitaus größere Bedeutung punkto Wasserwegigkeit kommt sicher den damage zones der Störungszonen zu. Störungsbedingte Erhöhung des Kluftvolumens (siehe Abb. 5, Abb. 6) konnte in allen damage zones der Störungszonen dokumentiert werden und es ist anzunehmen, dass dieses erhöhte Kluftvolumen als eine Art Hintergrundporosität beträchtliche Wassermengen beinhalten kann. Verkarstung, also Lösungsprozesse, konnte in den damage zones nicht dokumentiert werden. Die Idee einer erhöhten tektonisch bedingten Kluftporosität könnte mit ein wichtiger Grund sein, dass Störungszonen im Bereich des nördlichen Hochschwab ein wesentlicher Teil der unterirdischen Entwässerung sind.

Ein weiterer wichtiger Punkt in Sachen hydrogeologischer Wirksamkeit von Störungszonen ist sicherlich die Verkarstung. Im Fall der Dolomite nicht dokumentiert und relevant, konnten doch in allen Störungszonen im Kalk Anzeichen von Verkarstung gefunden werden. Die Idee, dass Störungen Schwächezonen im Gestein darstellen, entlang derer Wasser Karbonat löst, ist bekannt. In den Aufschlüssen waren alle dokumentierten Verkarstungsstrukturen an tektonische Strukturen gebunden. Bis hin zum eindrucksvollsten Beispiel im Grießgassl, eine Störungszone, deren Störungskern in Form einer Karsthöhle aufgeschlossen ist. Es ist aber sehr schwer abzuschätzen, inwieweit hier tatsächlich Lösungsprozesse oder nicht viel eher die mechanische Erosion von tektonisch stark beanspruchtem und somit leichter erodierbarem Störungsgestein die Hauptrolle spielen. Wahrscheinlich ist eine Interaktion beider Prozesse.

In einem Aufschluss im Unteren Ring (bei Weichselboden) konnten weiters fossile Höhlensinter gefunden werden. Die wiederum zeigen, dass Höhlenbildung, die auch als eine Funktion der Verkarstung zu sehen ist, die an Störungen gebunden ist, stattgefunden haben muss.

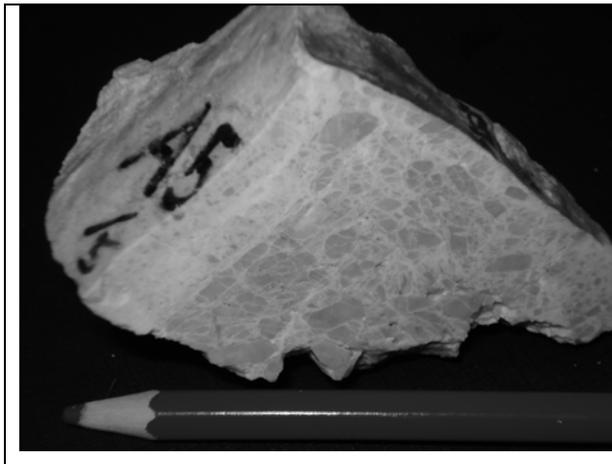


Abb. 1: Übergang Protokataklasit zu Kataklasit.

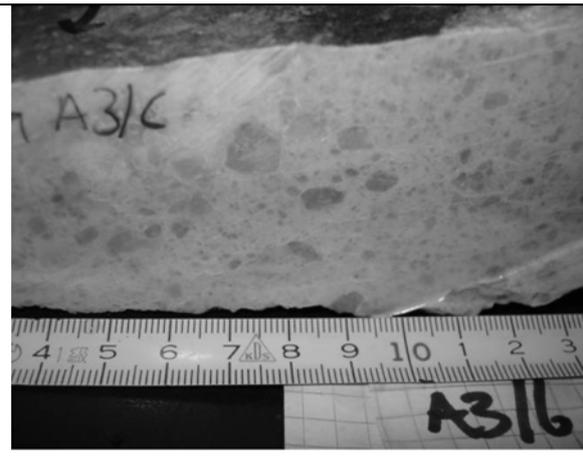


Abb. 2: Kataklasit Typ 2.

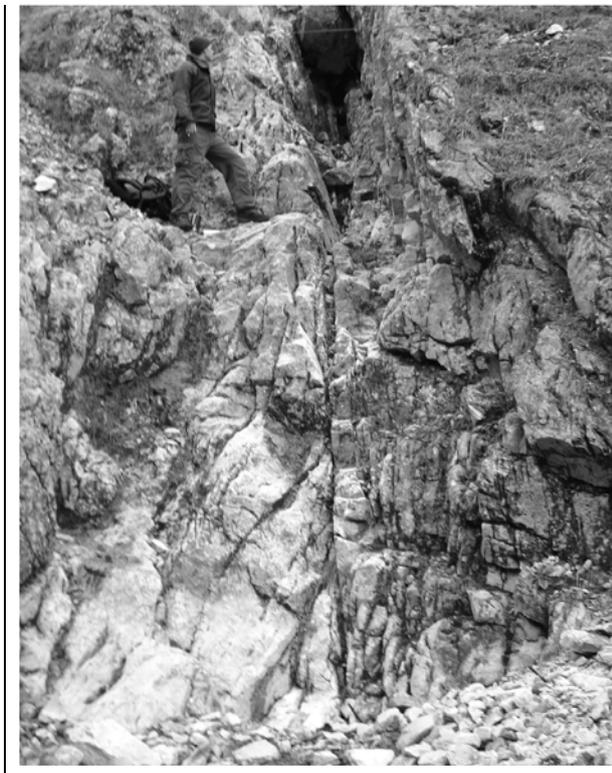


Abb. 3: Asymmetrische Verteilung von Kluftdichten um die masterfault (Unterer Ring).



Abb. 4: Verkarstungserscheinungen, die an den Störungskern gebunden sind (Unterer Ring).

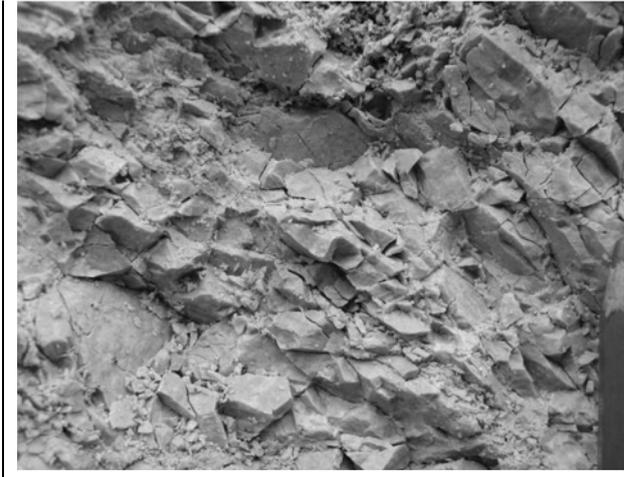


Abb. 5: Dolomit in fracture facies 4.



Abb. 6: Kalk in fracture facies 4.



Sonnenschutzlamellen
Schiebeläden
Tageslichtlenkanlagen
Lüftungslamellen



Dürnbergerstraße 8 A-4020 Linz
Tel.: 0043(0)732/666220
Fax: 0043(0)732/666220-4
e-mail:office@solarwings-oe.at