



Ordnung im Schweizer Gewässernetz?!

Flussordnungszahlen nach Strahler für das digitale Gewässernetz 1:25'000 der Schweiz¹

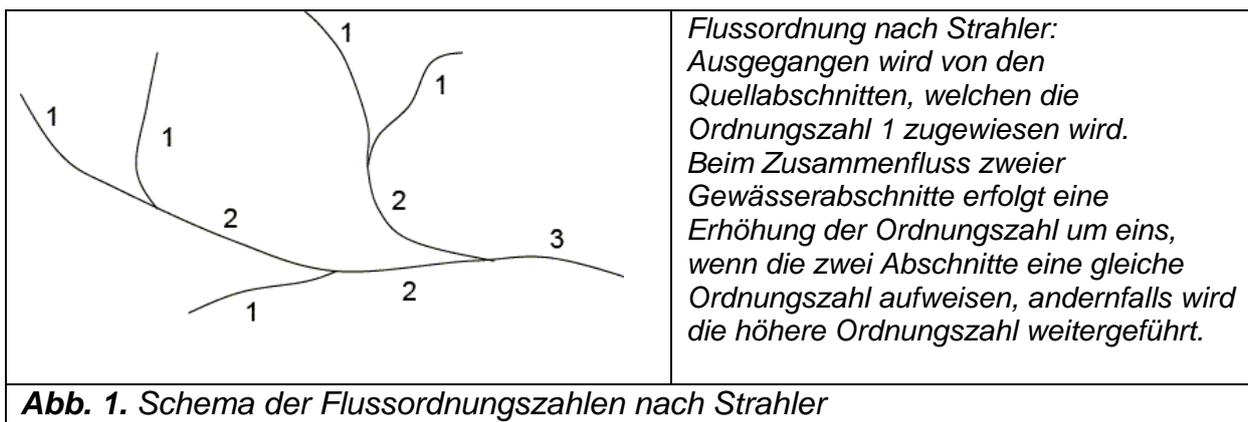
Dieses Dokument beschreibt die Randbedingungen, die Ausgangsdaten, die Prozedur und die Resultate der Bestimmung der Flussordnungszahlen für das digitale Gewässernetz 1:25'000 der Schweiz. Es enthält eine Beschreibung der Datei mit dem resultierenden Datensatz und erläutert deren Bezugsbedingungen.

Das Dokument ist dabei folgendermassen aufgebaut:

- [Der verwendete Ordnungsansatz](#)
- [Das zugrunde liegende Gewässernetz](#)
- [Prozedur für die Bestimmung der Flussordnungszahlen](#)
- [Ergebnisse](#)
- [Weitere „Produkte“ aus der Ableitung der Flussordnungszahlen](#)
- [Datei mit den Resultaten, Bezugsbedingungen und Haftungsausschluss](#)
- [Bemerkungen zur Anwendung der Flussordnungszahlen](#)
- [Literatur](#)

Der verwendete Ordnungsansatz

Als Ansatz zur Bestimmung von Flussordnungszahlen (FLOZ) wurde derjenige nach Strahler (Strahler, 1952) gewählt. Das entsprechende Vorgehen ist in Abb. 1 dargestellt und beschrieben.



Das zugrunde liegende Gewässernetz

Die Bestimmung von Flussordnungszahlen ist massstabsabhängig, d.h. je nach zugrunde liegendem Massstab des Gewässernetzes können andere

¹ Bei diesem Datensatz handelt es sich um eine Aktualisierung und Anpassung an die Version 2007 des Gewässernetzes. Ursprünglich wurde dieser Datensatz bereits auf der Basis des Gewässernetzes Version 1999 bestimmt und publiziert (Pfaundler, 2005).



Ordnungszahlen resultieren. Die „wahren“ FLOZ benötigen ein Gewässernetz, welches effektiv alle real existierenden Gewässerläufe beinhaltet. Das grösstmasstäbliche digitale Gewässernetz, welches das gesamte Schweizer Territorium – und darüber hinaus – abdeckt, ist das digitale Gewässernetz der Schweiz 1:25'000 der Landestopographie (entspricht der Ebene Gewässernetz des digitalen Landschaftsmodells VECTOR 25 der Schweiz)² – in der Folge kurz gwn25 genannt. Als Grundlage zur Ableitung der FLOZ wurde die **Version 2007 des gwn25** verwendet, da dies das Basisgewässernetz in GEWISS (Gewässerinformationssystem Schweiz)³ ist. Obwohl dieses bereits ein sehr feingliedriges Netz darstellt, muss man sich bewusst sein, dass es nicht sämtliche (Quell-) Gewässerläufe einschliesst. Weiters ist zu bedenken, dass es nicht alle Oberläufe aus dem Ausland beinhaltet. D.h. für jene Gewässerabschnitte, bei denen ein Teil des Einzugsgebietes im Ausland liegt und nicht vom gwn25 abgedeckt ist, erfolgte die Ableitung der FLOZ unvollständig (von gewisser Bedeutung ist dies bei der Rhone unterhalb des Genfersees bei der Einmündung der Arve aus dem Gebiet Haute Savoie/Frankreich und in Rüthi SG wo der Alpenrhein mit der Ill aus dem Vorarlberg/Österreich zusammenfliesst, sowie bei der Wiese aus Baden-Württemberg, welche bei Basel in den Rhein mündet). Auch der Doubs wird nur zum Teil vom gwn25 abgedeckt. Damit die FLOZ trotzdem realitätsnah angegeben werden können, wurden für den Doubs mithilfe eines europäischen Höhenmodells die fehlenden Informationen modelliert und von Hand angepasst. Die Genauigkeit der FLOZ entlang des Doubs ist geringfügig kleiner als bei den Gewässern, welche ihr gesamtes Einzugsgebiet in der Schweiz und damit komplette Grundlagendatenabdeckung haben.

Prozedur für die Bestimmung der Flussordnungszahlen

Vom gwn25 wurden nur jene Linien-Kategorien (Attribut *ObjectVal*) verwendet, welche das eigentliche, logische Gewässernetz bilden. Folgende im gwn25 enthaltene Linien-Kategorien wurden daher für die Bestimmung der Flussordnungszahlen nicht berücksichtigt: *Druckstollen, Druckleitung, Bisse, Flussinsel, Seeufer, Seeinsel*. Zudem wurden die FLOZ nur für zusammenhängende Netzwerke gerechnet. Das heisst, dass Flussabschnitten, welche nicht mit den Hauptgewässern verbunden sind, keine FLOZ zugeordnet werden (z.B. in karstigen Regionen werden teilweise kleinere Gewässerabschnitte nicht berechnet).

Als Arc wird das kleinste Linienelement bezeichnet, aus dem sich das gwn25 zusammensetzt. Jeder Arc hat im gwn25 eine eigene Identifikationsnummer (ObjectID). Arcs sind also quasi die Basiselemente des gwn25. Begrenzt werden Arcs überall dort, wo es Einmündungen bzw. Zusammenflüsse gibt, aber auch z.B. Kantonsgrenzen oder Seeufer können Gewässerabschnitte in Arcs aufspalten (deswegen wird hier überhaupt der Unterschied zwischen Abschnitt und Arc gemacht). Daher gibt es z.B. mehr Arcs mit Flussordnungszahl 1 als es Quelläste gibt.

Folgende weitere Punkte sind zur Bestimmung der Flussordnungszahlen zu erwähnen:

² <http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products/landscape/vector25.html>

³ <http://gewiss.admin.ch>



- Mündet ein Fließgewässer in einen See, dann wird - damit ein durchgehendes, logisches Fließnetz erzeugt werden kann – die Seeachse als Fortsetzung des Fließgewässernetzes verwendet.
- Bildet ein See die Quelle eines Gewässers, so wird dieser für das logische Gewässernetz nicht berücksichtigt, sondern der Auslauf wird als Quellast betrachtet.
- Bei Bifurkation, resp. beim Zusammenfluss nach einer Bifurkation, erfolgt keine Erhöhung der Ordnungszahl.
- Durch die Ausselektion von Bissen können vereinzelt Unterbrüche im Gewässernetz entstehen.
- Wie bereits erwähnt, ist die Bestimmung der Flussordnungszahlen nur dann korrekt, wenn das gesamte stromaufgelegene Gewässernetz berücksichtigt wird. Daher ist für jene Gewässerabschnitte, die ihren Ursprung nicht in der Schweiz haben oder deren Einzugsgebiet ganz oder teilweise ausserhalb der Schweiz liegt zu prüfen, ob das gwn25 die notwendige Gebietsabdeckung bietet.

Ergebnisse

Das Resultat der gemäss den o.a. Angaben abgeleiteten Flussordnungszahlen ist in Abb. 2 in einer Art dargestellt, dass ausgehend vom gesamten Gewässernetz mit den ermittelten FLOZ-Werten zunehmend Gewässer einer FLOZ-Ebene ausgeblendet werden und so das Gewässernetz sukzessive ausgedünnt wird. Die demgemäss maximale Ordnungszahl Neun betrifft den Unterlauf der Aare und den Hochrhein ab der Aare-Mündung.

Eine erste statistische Auswertung ist in Tabelle 1 ersichtlich, wo die Anzahl an Arcs sowie die aufsummierte Länge der Arcs pro FLOZ aufgelistet sind. Abb. 3 zeigt bezüglich der aufsummierten Länge die prozentuale Verteilung. Daraus ist ersichtlich, dass nahezu die Hälfte der Gesamtlänge des berücksichtigten Gewässernetzes aus Abschnitten 1.Ordnung besteht und umgekehrt die „grossen“ Flüsse (also jene mit hohen FLOZ-Werten) an der Gesamtlänge nur einen verhältnismässig geringen Anteil ausmachen.

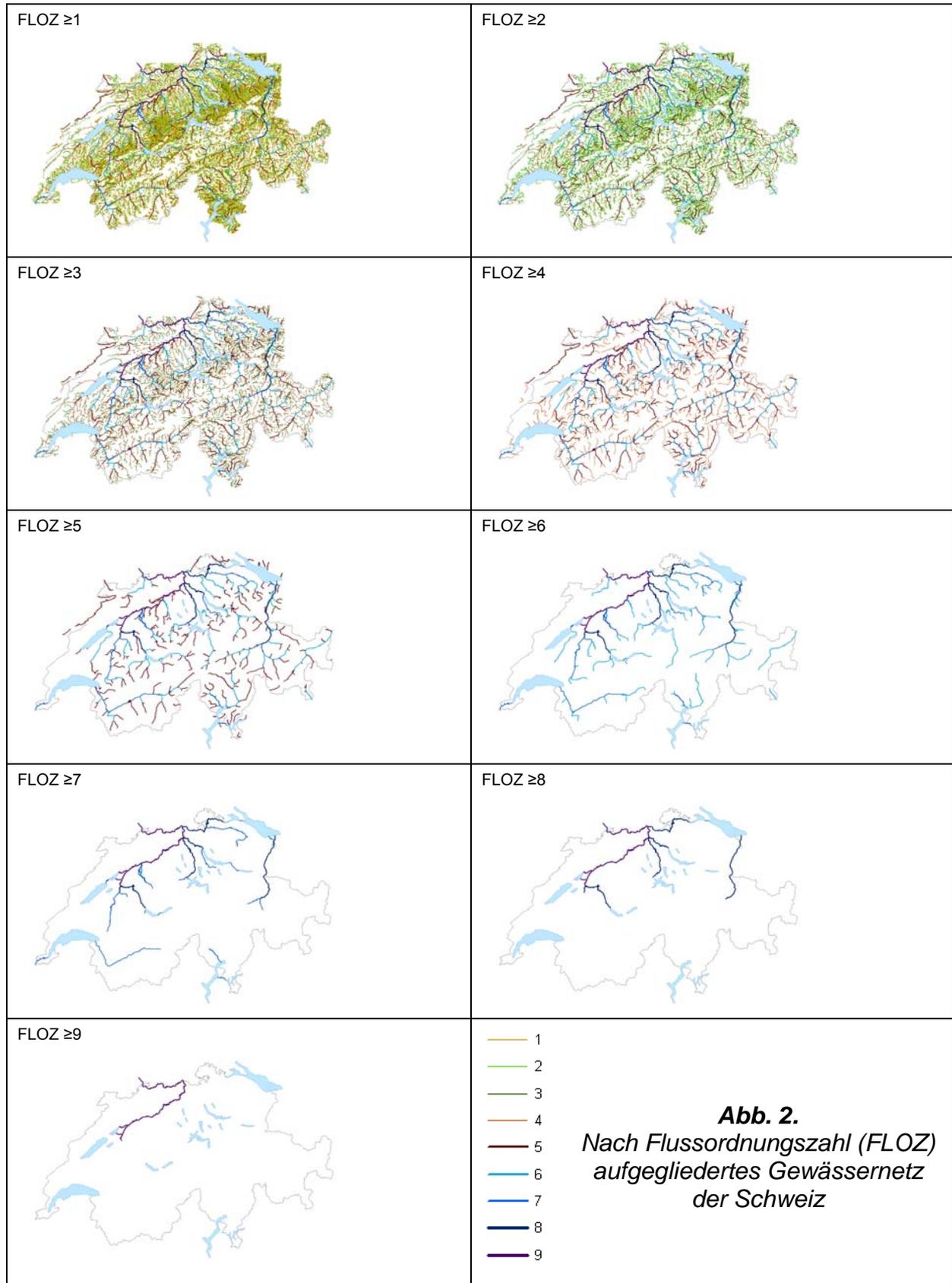
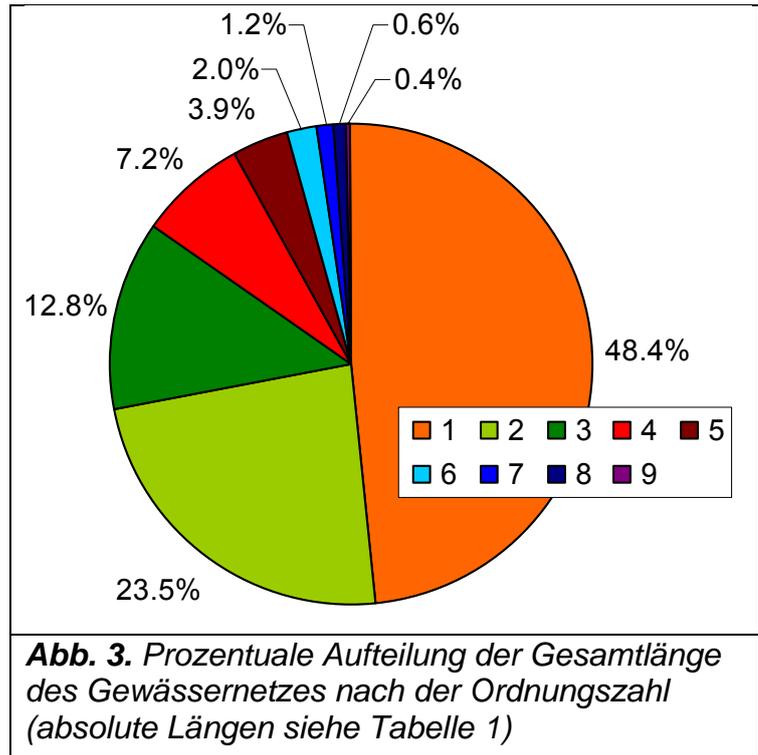




Tabelle 1. Nach FLOZ aufgegliederte Anzahl und Gesamtlänge der Gewässerabschnitte

| FLOZ | Anzahl Arcs | kumulierte Länge [km] |
|--------------|----------------|---------------------------|
| 1 | 108'724 | 36'150 |
| 2 | 55'960 | 17'521 |
| 3 | 29'175 | 9'595 |
| 4 | 18'400 | 5'412 |
| 5 | 9'325 | 2'879 |
| 6 | 4'192 | 1'462 |
| 7 | 1'906 | 907 |
| 8 | 778 | 481 |
| 9 | 439 | 296 |
| Summe | 228'899 | 74'703⁴ |



Weitere „Produkte“ aus der Ableitung der Flussordnungszahlen

Neben der Flussordnungszahl wurden für jeden Arc drei weitere Attribute ermittelt:

- ID des Quellastes: Für jeden Arc wird die ObjectID des zugehörigen Quellastes angegeben. Flussaufwärts zum Quellast führt jener Weg, welcher der grössten Flussordnungszahl folgt. Bei gleicher Flussordnungszahl an einer Vergabelung führt der längere Fliessweg zum Quellast.
- Die „Hauptlänge“: Die Fliesslänge vom jeweiligen Gewässerabschnitt zum zugehörigen Quellast (inkl. der Länge des betroffenen Gewässerabschnittes).
- Die „Totallänge“: Die Gesamtlänge aller flussaufwärts liegenden Gewässerabschnitte.

In Abb.4 sind diese drei Attribute graphisch erläutert.

⁴ diese Zahl spiegelt nicht die Gesamtlänge des Schweizer Gewässernetzes wieder, weil die hier verwendete Datengrundlage z.T. auch Bereiche ausserhalb der Schweiz abdeckt und weil nicht alle Arcs in die FLOZ-Berechnung einbezogen wurden (nicht an die Hauptgewässer angebundene Arcs sind nicht inbegriffen).

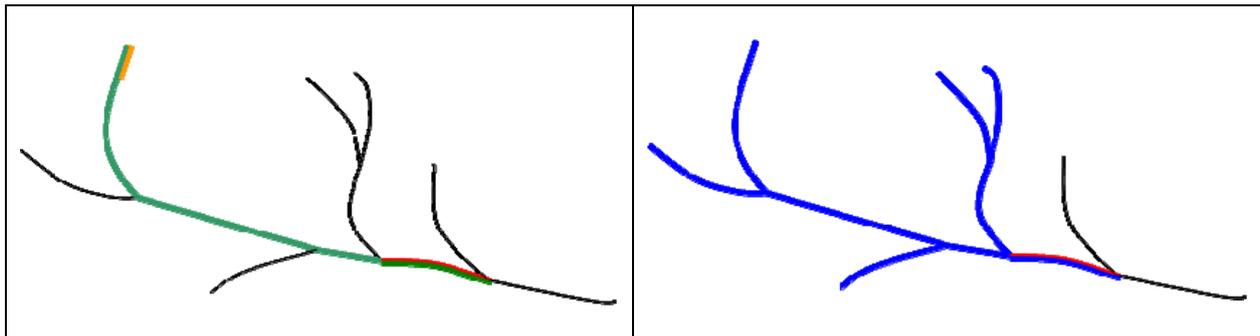


Abb. 4. Der betroffene Arc wird in rot dargestellt. Die „Hauptlänge“ in grün (Attribut *main_length*), der Quellast (Attribut *Quell_ID*) in orange und in blau die „Totallänge“ (Attribut *total_length*).

Datei mit den Resultaten, Bezugsbedingungen und Haftungsausschluss

Die Ergebnisse sind in einer Ascii-Textdatei zusammengestellt. Dieser Datensatz steht unentgeltlich auf der Internetseite des BAFU (www.bafu.admin.ch) zum Herunterladen bereit (via Startseite > Hydrologische Grundlagen und Daten> Informationssysteme und Methoden> Gewässernetz).

Diese Datei (CH-FLOZ.txt; 7.5 MB) enthält die fünf Strichpunkt-getrennten Felder *OBJECTID*, *FLOZ*, *Quell_ID*, *Main_Length* und *Total_Length* (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2. Struktur der Resultatausgabe der FLOZ-Berechnungen

| CH-FLOZ.txt | |
|----------------------------|---|
| Attribut | Bedeutung |
| <i>OBJECTID</i> | die Identifikationsnummer der einzelnen Arcs; dient zur Verknüpfung mit dem digitalen Gewässernetz |
| <i>FLOZ</i> | Flussordnungszahl nach Strahler |
| <i>Quell_ID</i> | entspricht der <i>OBJECTID</i> des zugehörigen Quell-Gewässerabschnittes |
| <i>Main_Length</i> [m] | ist die aufsummierte Fliesslänge vom aktuellen Abschnitt bis zu seinem Quell-Gewässerabschnitt. |
| <i>Total_Length</i> [m] | ist die aufsummierte Fliesslänge aller flussaufwärts vom aktuellen Abschnitt liegenden Gewässerabschnitte |

Das Copyright © für diesen Datensatz liegt beim Bundesamt für Umwelt (BAFU), CH-3003 Bern-Ittigen und ist durch schweizerische und internationale Urheberrechtsgesetzgebung geschützt. Jede analoge Veröffentlichung der Daten, Teile der Daten oder daraus abgeleitete Daten und Graphiken muss einen gut sichtbaren Quellen- /Grundlagenvermerk enthalten, der das BAFU als Quelle der Teile der Daten nennt, die dargestellt worden sind.

Das BAFU übernimmt keine Gewähr dafür, dass der Datensatz fehlerfrei ist und lehnt jede Haftung für Schäden, die mit der Anwendung dieses Datensatzes in Zusammenhang stehen, ab.



Bei der Verknüpfung mit dem digitalen Gewässernetz ist auf die Version zu achten. Je nach Version des gwn25 (diese werden von Swisstopo laufend nachgeführt, ergänzt und korrigiert) kann es sein, dass nicht für alle Gewässerabschnitte eine Flussordnungszahl vorliegt. Dies dürfte aber nur sehr lokal, d.h. für wenige, einzelne Arcs ein Problem darstellen und kann daher ohne grossen Aufwand händisch angepasst werden.

Bemerkungen zur Anwendung der Flussordnungszahlen

Als Verwendungszweck dienen Flussordnungszahlen in den meisten Fällen dazu, die Grösse eines Fliessgewässers zum Ausdruck zu bringen. In diesem Sinne werden die FLOZ als Indikator und Ersatzgrösse für die Einzugsgebietsgrösse, den Abfluss, die Gerinnebreite etc. verwendet (sei es als Attribut im Rahmen von Typisierungen, sei es als Variable für Regressionsbeziehungen, als rein deskriptives Merkmal oder sei es für Hierarchisierungszwecke).

Man muss sich aber bewusst sein, dass innerhalb einer FLOZ-Ordnung für die erwähnten Merkmale eine sehr breite Streuung vorliegen kann. Die Indikatorgröße ist deshalb je nach Anwendungsfall zu hinterfragen. FLOZ-Werte hängen insbesondere von Topographie, Geologie, Einzugsgebietsform etc. ab. Dies ist beispielsweise sehr eindrücklich ersichtlich, wenn man das Gewässernetz im von Karsterscheinungen geprägten Jura mit jenem fein verästelten Gewässernetz im Alpenvorland vergleicht (vgl. Abb. 2). Ein Gewässer x-ter Ordnung im ersterwähnten Raum kann kaum mit einem Gewässer gleicher Ordnung in letzterem Umfeld gleichgesetzt werden, sondern weist unterschiedliche Charakteristika auf. Wird die Ordnungszahl trotzdem als Indikator für bestimmte Gewässermerkmale verwendet, muss man sich dieser „Unschärfe“ bewusst sein.

Literatur:

- Pfaundler, M., 2005: Flussordnungszahlen nach Strahler für das digitale Gewässernetz 1:25'000 der Schweiz. In: Wasser Energie Luft, Heft 5/6 2005.
- Strahler, A.N., 1952: Hypsometric (are-altitude) analysis of erosional topography. Bulletin of the Geological Society of America, 63: 1117-1142.