



Amt für Umwelt Fürstentum Liechtenstein, Vaduz

Grundwasserleiterkarte Fürstentum Liechtenstein

Erläuterung zur Grundwasserleiterkarte

Technischer Kurzbericht

Bericht-Nr. 2257-B04

Sargans, 16. Mai 2023

Beilagen: **1** Grundwasserleiterkarte: Teil 1 Balzers – Vaduz
 2 Grundwasserleiterkarte: Teil 2 Schaan – Ruggell

Inhaltsverzeichnis

1 Ausgangslage und Zielsetzungen	2
2 Grundlagen / verwendete Unterlagen	2
3 Vorgehen	3
3.1 Datenmodell und Zusammenstellung Datensätze	3
3.2 Hydrogeologische Schichtenbeschreibung	4
3.3 Erstellungsprozess der Grundwasserleiterkarte	5
4 Unsicherheiten	6
5 Anwendungsrichtlinien	7

1 Ausgangslage und Zielsetzungen

Das Fürstentum Liechtenstein verfügt über grosse Grundwasservorkommen. Diese stellen wertvolle Ressourcen für die Trinkwasser- und Brauchwasserversorgung dar und erfordern im Hinblick auf deren Erhalt einen konsequenten Schutz vor unerwünschten Einwirkungen und eine langfristig ausgerichtete Nutzungsplanung. Eine moderne Dokumentation und hydrogeologische Beschreibung des Aufbaus des Grundwasserleiters soll erstellt werden. Dazu werden alle verfügbaren Sondierbohrungen und Aufschlüsse herangezogen und die Informationen in einer 2D-Karte dargestellt. Diese Karte soll zusammen mit der Transmissivitätskarte [6] einen wichtigen Teil der hydrogeologischen Grundlage für die weiteren Vollzugshilfsmittel des Grundwasserschutzes bilden.

Der Auftrag zur Erstellung der Grundwasserleiterkarte des Fürstentums Liechtenstein (FL) wurde vom Amt für Umwelt FL erteilt. Die in der Grundwasserleiterkarte enthaltenen Informationsebenen (Layer) werden alle als GIS-Dateien (Shapefile) abgegeben. Der vorliegende Kurzbericht erläutert das Vorgehen zur Erstellung der Grundwasserleiterkarte und definiert die Anwendungsrichtlinien.

2 Grundlagen / verwendete Unterlagen

Folgende Grundlagen wurden zur Erstellung der Grundwasserleiterkarte vom Fürstentum Liechtenstein verwendet:

- [1] Amt für Umwelt (AU), Fürstentum Liechtenstein: Bohrdatenbank Fürstentum Liechtenstein, Stand April 2020
- [2] Amt für Bau und Infrastruktur (ABI), Fürstentum Liechtenstein: Digitales Höhenmodell DTM, Grid 25 cm & 100 cm, Stand 2015
- [3] Amt für Umwelt (AU), Fürstentum Liechtenstein: Die hydrogeologischen Verhältnisse im Fürstentum Liechtenstein, Grundwasserbericht, Dr. Bernasconi AG, Stand 2018
- [4] Amt für Umwelt (AU), Fürstentum Liechtenstein: Grundwasserverhältnisse im Rheintal, Jahresbericht 2014, Wenaweser + Partner Bauingenieure AG, Stand 2014
- [5] Amt für Umwelt (AU), Fürstentum Liechtenstein: Bericht über die Grundwasserverhältnisse im Rheintal im Gebiet des Fürstentums Liechtenstein, EAWAG, 1976
- [6] Amt für Umwelt (AU), Fürstentum Liechtenstein: Geophysikalische Kartierung mit Karte der Transmissivitäten, Hydrogeologischer Bericht, Dr. Bernasconi AG, Stand Dezember 2020

Tabelle 1 Inhalt des vom AU zur Verfügung gestellten Datensatzes [1]

Gesamter Datensatz Bohrdatenbank FL	Anzahl
Gesamte Einträge (XLS)	676
Einträge ohne Bohrprofile, nur Bilder von Messstellen/Schächten	143
Einträge mit Bohrprofilen (PDF)	533
Datensatz innerhalb Untersuchungsperimeter (Lockergesteine FL)	Anzahl
Einträge mit Bohrprofilen (PDF)	255
davon Erdsonden	190

Die firmeninterne Bohrdatenbank wurde zusätzlich zu den in Tabelle 1 aufgeführten Bohrdaten beigezogen und ausgewertet, um insbesondere in Gebieten mit grösseren Lücken an Aufschlüssen umfassendere Informationen zu erhalten.

3 Vorgehen

3.1 Datenmodell und Zusammenstellung Datensätze

In einem ersten Schritt wurden die vorhandenen Daten zusammengeführt und hinsichtlich Ihrer Lage und vor allem ihrer Höhenlage (m ü. M.) überprüft und gegebenenfalls korrigiert. Anschliessend wurden in Absprache mit dem Amt für Umwelt die Randbedingungen für die Abgrenzung der verschiedenen Kartenlayer festgelegt. Die erstellten Layer der Grundwasserleiterkarte sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2: Liste der GIS-Layer der Grundwasserleiterkarte

Id	Layer	Geometrie
A Lockergesteins-Grundwasserleiter in der Talsohle		
A.1	2D Abgrenzung GW-Leiter	Fläche
	Mächtigkeit GW-Leiter: 0 bis 2 m (geringe GW-Mächtigkeit oder geringer Durchlässigkeit, für vertikale Fassungen nur selten geeignet)	
A.2	2 bis 10 m 10 bis 20 m 20 bis 50 m > 50 m	Fläche
A.3	Linien gleicher GW-Leiter Mächtigkeit	Linie
B Lockergesteins-Grundwasserleiter ausserhalb Talsohle		
B.1	2D Abgrenzung GW-Leiter	Fläche
C Stockwerkbau		
C.1	Trennende Zwischenschichten	Fläche

D Überdeckung des Grundwasserleiters		
D.1	Abgrenzung Mächtigkeit Deckschicht 0 bis 5 m > 5 m	Fläche
E Staueroberfläche		
E.1	Staueroberfläche mit Isohypsen [m ü.M.] in 10 m Auflösung	Linie
F Bohrungen		
F.1	- berücksichtigt - teilweise berücksichtigt	Punkt

3.2 Hydrogeologische Schichtenbeschreibung

Bevor die in Tabelle 2 aufgeführten Layer erstellt werden konnten, wurde eine schichtweise hydrogeologische Beschreibung der vorhandenen Untergundaufschlüsse gemäss folgendem Modell in Tabelle 3 vorgenommen:

Tabelle 3: Hydrogeologische Schichtenbeschreibung

Name	Beschreibung
Deckschicht	Als "Deckschicht" wird die oberste feinkörnige Schicht beschrieben. Lithostratigraphisch handelt es sich hauptsächlich um Oberboden, Überschwemmungssedimente und Hinterwasserablagerungen. In Bereichen, in denen unter der Deckschicht keine Leiterschicht vorhanden ist, liegt diese Schicht dem Stauer auf. In diesen Fällen spielt die Unterscheidung zwischen Deckschicht und Stauer bei der Erstellung der Grundwasserleiterkarte keine Rolle, da nur der Layer "Deckschicht > 5m" dargestellt wird.
Leiter	Als "Leiter" wird der Grundwasserleiter in der liechtensteinischer Alpenrheintalebene bezeichnet. Stratigraphisch handelt es sich um die alluvialen Flussablagerungen der kiesigen Rheinschotter. Dabei werden nur die Schichten berücksichtigt, die eine gute bis sehr gute Durchlässigkeit aufweisen, da sie das relevante und nutzbare Grundwasservorkommen enthalten. Kleinräumige Sandlinsen werden nicht separat aufgeführt.
Stauer	Der "Stauer" beschreibt sandige bis siltige Schichten mit einer markant schlechteren Durchlässigkeit im Vergleich zu den darüberliegenden kiesigen Schichten des Leiters. Der Stauer ist ebenfalls wassergesättigt aber als Geringleiter deutlich schlechter durchlässig als die als "Leiter" definierten Schichten.
Zwischenstauer	Ein "Zwischenstauer" beschreibt tonig-siltige (z.T. sandige) Schichten mit schlechter Durchlässigkeit, die den Grundwasserleiter grossflächig vertikal unterteilen. Dabei wird eine Mindestmächtigkeit von 0.5 m vorausgesetzt um als Zwischenstauer berücksichtigt zu werden. Es können auch mehrere unterteilende Schichten in dem Untergundaufschluss beschrieben sein. Flächenmässig wird eine nachweisliche, zusammenhängende Ausdehnung über ein grösseres Gebiet im Kilometerbereich vorausgesetzt.
Rüfeschutt	Mit "Rüfeschutt" werden die heterogen aufgebauten siltig-sandig bis kiesig-blockigen Rüfeschuttablagerungen beschrieben, welche eine sehr schlechte bis gute, sehr heterogene Durchlässigkeit [3] aufweisen.

Die hydrogeologische Beschreibung der in Tabelle 3 aufgeführten Schichten wurde auf Basis der vorhandenen Untergrundaufschlüsse und der umliegenden Bohrungen erstellt. Zur Unterstützung wurden auch die weiteren Grundlagen [2] – [6] herangezogen. Die Genauigkeit der Beschreibung konnte durch die Verwendung von GIS-Software und einer 3D-Software verbessert werden. Dies ermöglichte, die Untergrundaufschlüsse in 3D zu visualisieren und damit die Beschreibung der hydrogeologischen Schichten zu validieren sowie räumlich zu vereinheitlichen.

3.3 Erstellungsprozess der Grundwasserleiterkarte

Basierend auf den im ersten Schritt erstellten und validierten hydrogeologischen Schichtenbeschreibungen der Sondieraufschlüsse, wurde im zweiten Schritt die Grundwasserleiterkarte mit den in Tabelle 2 aufgeführten Layern erstellt.

Die Ober- und Unterkanten der hydrogeologischen Schichten wurden interpoliert und die so erhaltenen 2D Schichtengrenzen als Hilfsmittel für die Erstellung der Grundwasserleiterkarte herangezogen. Die Grundwasserleiterkarte wurden allerdings vorwiegend manuell im GIS gezeichnet. Mithilfe von 2D-GIS-Darstellungen und 3D-Visualisierungen wurden sämtliche Layer möglichst realitätsgetreu erstellt. Die schematischen Querprofile in Abbildung 1 zeigen die vier typischen hydrogeologischen Schichtenaufbauten, die im liechtensteinischen Alpenrheintal vorhanden sind. Basierend darauf wurden die in Tabelle 2 aufgeführten Layer erstellt.

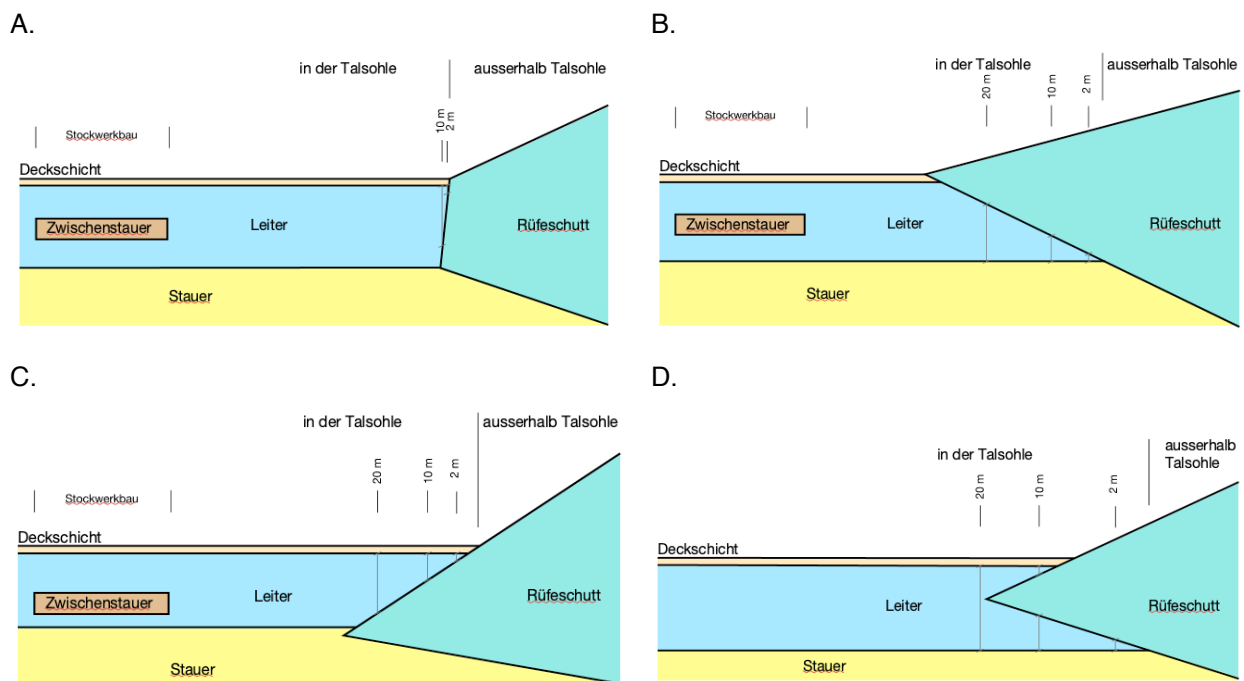


Abbildung 1: schematische Darstellung der verschiedenen hydrogeologischen Untergrundverhältnisse, wie sie im Liechtensteiner Alpenrheintal vorkommen. Diese schematischen Profile dienten als Grundlage für die Erstellung der Grundwasserleiterkarte.

Der Lockergesteins-Grundwasserleiter in der Talsohle (vgl. Tabelle 2, Layer A) erstreckt sich über das gesamte Gebiet, in dem ein Leiter im Sinne von Tabelle 3 vorhanden ist. Wie in Abbildung 1 ersichtlich, verläuft die äusserste Grenze nicht immer am topographischen Übergang von Tal zum Hang bzw. zum Rüfeschuttfächer, sondern kann sich auch bis einige hundert Meter unter den topographischen Rüfeschuttfächer erstrecken (vgl. Abbildung 1, B. und D.).

Der Grundwasserleiter in der Talsohle wird in insgesamt fünf Mächtigkeitsebenen aufgeteilt (vgl. Tabelle 2, A.1). Der Mächtigkeitsebene "0 bis 2 m" bezieht sich nicht nur auf die tatsächliche vermutete Mächtigkeit, sondern auch auf Bereiche mit geringerer Durchlässigkeit, die für Grundwasserfassungen nur selten geeignet sind. Etwaige vorhandene schlecht durchlässige, trennende Zwischenstauer (vgl. Tabelle 2, Layer C.1) oder mit dem Leiter verzahnter Rüfeschutt (vgl. Abbildung 1, D.), werden bei der Bestimmung der Mächtigkeit des Grundwasserleiters nicht berücksichtigt.

Ein Lockergesteins-Grundwasserleiter ausserhalb Talsohle (vgl. Tabelle 2, Layer B) wird in Bereichen ausgeschieden, wo sehr schlecht bis gut durchlässiger Rüfeschutt, aber kein Leiter in der Talsohle vorhanden ist (vgl. Abbildung 1) und ein Grundwasservorkommen vermutet wird. Eine Einteilung nach Mächtigkeit wurde aufgrund der spärlichen Daten zu grundwasserführenden Schichten nicht vorgenommen. Für eine Beschreibung des Grundwasservorkommens in den verschiedenen liechtensteinischen Rüfeschuttfächern wird hier auf den Grundwasserbericht verwiesen [3].

Mit dem Layer Stockwerkbau (vgl. Tabelle 2, Layer C) werden relevante, grossflächig vorhandene, schlecht durchlässige Zwischenschichten innerhalb des Leiters dargestellt. Dabei handelt es sich meist um feinkörnige Hinterwasserablagerungen, welche über früher abgelagerten Rheinschotter liegen und zu einem späteren Zeitpunkt wieder durch Rheinschotter überlagert wurden. Die vertikal unterscheidbaren Grundwasserleiterschichten sind allerdings meist hydraulisch nicht vollständig voneinander getrennt, da sie seitlich in grösserer Distanz hydraulisch kommunizieren und dasselbe Grundwasser aufweisen.

Die Überdeckung des Grundwasserleiters (vgl. Tabelle 2, Layer D) beschreibt die Mächtigkeit der natürlichen feinkörnigen Schicht, die den Grundwasserleiter in der Talsohle bedeckt. Diese Deckschicht besteht in der Regel aus Überschwemmungssedimenten oder Hinterwasserablagerungen. Die Überdeckung wird in zwei Mächtigkeitsebenen eingeteilt: 0 – 5 m und > 5 m. Dargestellt auf der Karte werden nur Bereiche mit Mächtigkeiten > 5 m. Künstliche Auffüllungen und Aufschüttungen werden in dieser Klassifizierung nicht berücksichtigt.

Die Darstellung der Staueroberfläche erfolgt ausschliesslich im Bereich des Grundwasserleiters in der Talsohle. Hierbei werden Isohypsen gleicher Höhe (in m ü. M.) mit einer Auflösung von 10 m verwendet. Eine feinere Auflösung ist aufgrund der verfügbaren Untergrundinformationen nicht sinnvoll umsetzbar.

4 Unsicherheiten

Die Erstellung der Grundwasserleiterkarte basiert hauptsächlich auf bestehenden Bohrdaten und einer hydrogeologischen Interpretation der in den Untergrundaufschlüsse vorgefundenen Lockergesteinschichten. Die Qualität des Modells wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst (vgl. Kapitel 5).

Hinsichtlich der Eingangsdaten sind die Informationsdichte, Tiefe, Schichtbeschreibung, Schichtauflösung, Bohrmethode und Qualität der Bohrungen in einzelnen Kartenbereichen sehr unterschiedlich. Das spielt eine grosse Rolle in der Qualität der Karte. In Kartenbereichen mit zahlreichen, qualitativ hochwertigen Bohrungen werden die realen Verhältnisse im Untergrund entsprechend genauer abgebildet als in Kartenbereichen mit nur wenigen oder qualitativ schlechten Bohrungen. Generell nimmt die Informationsqualität mit zunehmender Tiefe stark ab, da vorwiegend untiefe Sondieraufschlüsse vorhanden sind.

Die Kartenqualität hängt auch stark von den Kartenautoren ab (Datenauswahl, Hydrogeologische Interpretation, Validierung der erstellten Layer).

Eine allgemein geltende quantitative Bestimmung der Qualität ist aufgrund der Vielseitigkeit der Unsicherheiten und deren räumlicher Verteilung nicht möglich. Zudem sind Unsicherheiten auch immer in einen direkten Bezug mit den für die Karte angedachten Nutzungen und Verwendungszwecken zu stellen (Anwendungsrichtlinien, vgl. Kapitel 5).

5 Anwendungsrichtlinien

Die Grundwasserleiterkarte soll als Hilfsmittel für die Erstellung von hydrogeologischen Prognosen dienen. Sie ist keine genaue Abbildung der Realität. Die sehr heterogene Informationsdichte bewirkt grosse räumliche Unterschiede in der Präzision der erstellten Karte. So ist die Karte in Gebieten mit einer sehr hohen Informationsdichte deutlich verlässlicher als in Gebieten mit einer niedrigen Informationsdichte. Die Informationsdichte nimmt dazu auch mit zunehmender Tiefe deutlich ab. Eine absolute Bestimmung der Qualität ist nicht möglich und hängt von folgenden Faktoren ab:

- Eingangsdaten (Dichte, Schichtenauflösung, Bohrmethode, Qualität, etc.)
- Interpretation des Schichtenaufbaus
- Geologische und hydrogeologische Kenntnisse und Interpretationen der Autoren
- Unsicherheiten

Die Karte soll mit einem Zielmassstab von 1 : 25'000 verwendet werden und möglichst mit den assoziierten Eingangsdaten betrachtet werden.

Bei jeder Verwendung dieses Datensatzes ist eine Plausibilitätsprüfung unerlässlich.

Projektleiter: Simon Gross / PaK
Sachbearbeiter: Artin Ali

Dr. Bernasconi AG

Handwritten signature of Kaspar Papritz in black ink, featuring a large, stylized 'K' and 'P'.

Kaspar Papritz, Geschäftsführer

Handwritten signature of Simon Gross in black ink, appearing as a cursive 'S Gross'.

Simon Gross, Projektleiter

Handwritten signature of Artin Ali in black ink, consisting of a series of connected loops and strokes.

Artin Ali, Sachbearbeiter