

Sitzung Begleitgruppe 26.4.2018

Windpark Lindenberg

Geologie und Grundwasser

Dr. Peter Lüdin; Dr. Heinrich Jäckli AG, Baden

Windpark Lindenberg; Geologie und Grundwasser

Inhaltsverzeichnis

- 1. *Vorstellung Jäckli Geologie***
2. Hydrogeologische Verhältnisse
3. Grundwassernutzung und Grundwasserschutz
4. Gefährdungen des Grundwassers
5. Untersuchungen und Massnahmen
6. Fahrplan

Windpark Lindenberg; Geologie und Grundwasser

Jäckli Geologie

- seit 1945
- geologische Beratung
- finanziell unabhängig
- 5 Standorte



- Beteiligung:
 - Dr. Bernasconi AG, Sargans/SG

Windpark Lindenberg; Geologie und Grundwasser

Jäckli Geologie

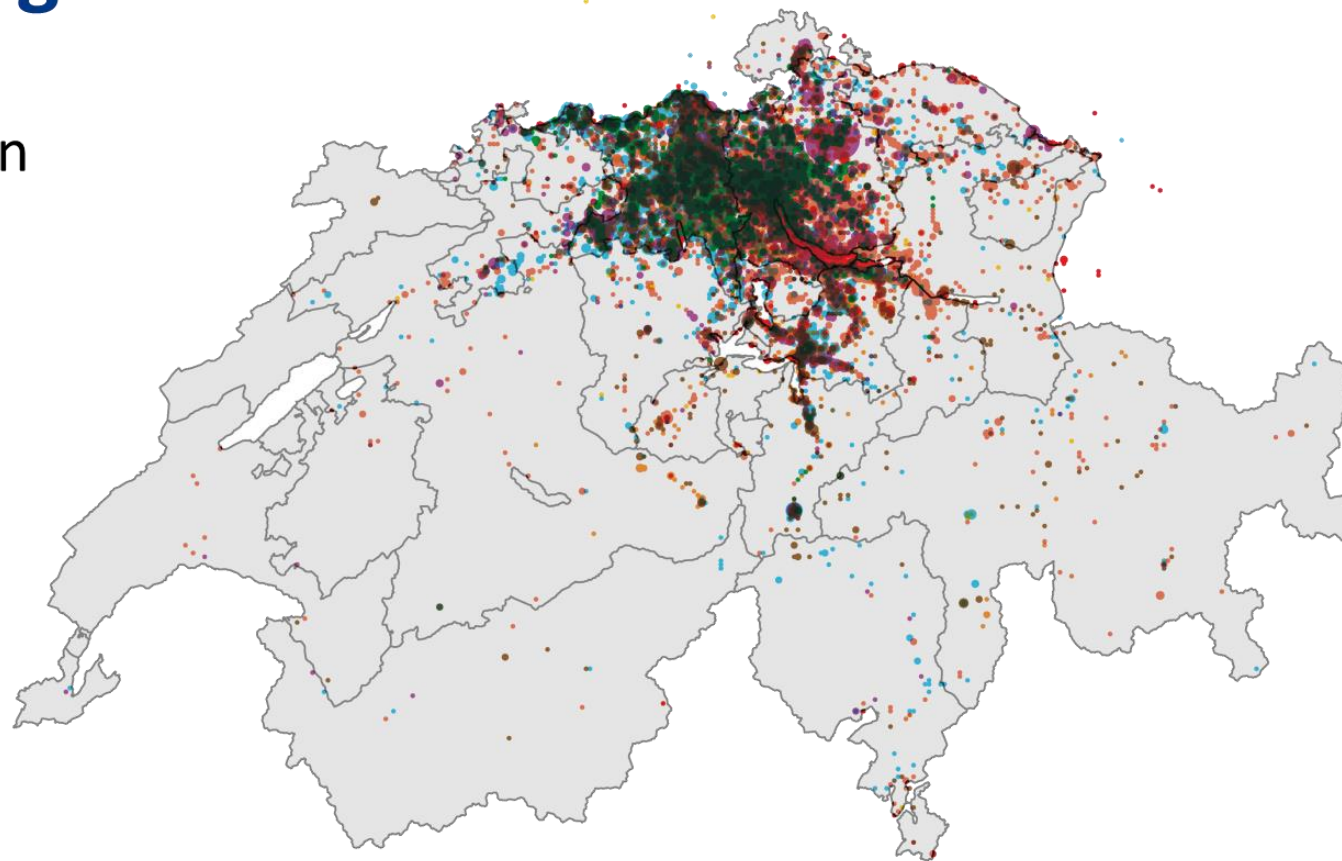
- ca. 70 Mitarbeiter (exkl. Beteiligung)
- ganze Schweiz, sporadisch Ausland-Aufträge
- professionelle Beratung in
 - Geologie
 - Geotechnik
 - Grundwasser
 - Altlasten
 - Boden, Neophyten
 - Geoinformatik
- zertifiziert nach ISO 9001



Windpark Lindenberg; Geologie und Grundwasser

Jäckli Geologie

40'000 Gutachten



Windpark Lindenberg; Geologie und Grundwasser

Jäckli Geologie

«alles aus einer Hand»:

- erfahrene Fachleute
 - anerkannte Experten
 - eigenes Sondierequipment
 - eigene Probenehmer
-
- enge Zusammenarbeit mit ausgesuchten, zertifizierten Umweltlabors



Windpark Lindenberg; Geologie und Grundwasser

Jäckli Geologie

Mitarbeiter

Referenzen

online-Messwerte

u.v.m.

→ jaeckli.ch

The screenshot shows the website for Jäckli Geologie. At the top, there is a navigation bar with links for 'Kontakt', 'Anmelden', 'Download', and 'Stellen'. A search bar is located on the right. Below the navigation bar is a large banner image featuring a fossil, a person in an orange safety jacket, and a yellow excavator. To the left of the banner is contact information for Dr. Heinrich Jäckli AG, including the address 'Albulastrasse 55, CH-8048 Zürich' and phone numbers. Below the contact info is a 'Grundwasser online' section with a line graph showing data over time, with values '398.80 m ü.M.' and '13.4 °C'. The main content area is divided into several columns: 'Geologie' (Rohstoffe, Naturgefahren, Geothermie), 'Geotechnik' (Baugrund, Tunnelbau, Sondieren & Messen), 'Grundwasser' (Erkunden, Überwachen, Modellieren), 'Altlasten' (Untersuchen, Planen, Sanieren), and 'Boden' (Untersuchung, Baubegleitung, Neophyten). Below these columns is an 'Aktuelles' section with three news items: 'Eröffnung Filiale Cham', 'Tierpark Goldau mit fantastischem Ausblick', and 'Drei Monate bei Jäckli Geologie'. At the bottom of the page, there is a footer with copyright information '© 2008-2017 Jäckli Geologie All Rights Reserved', links for 'Sitemap' and 'Impressum', and a certification 'zertifiziert nach ISO 9001:2008'.

Windpark Lindenberg; Geologie und Grundwasser

Jäckli Geologie

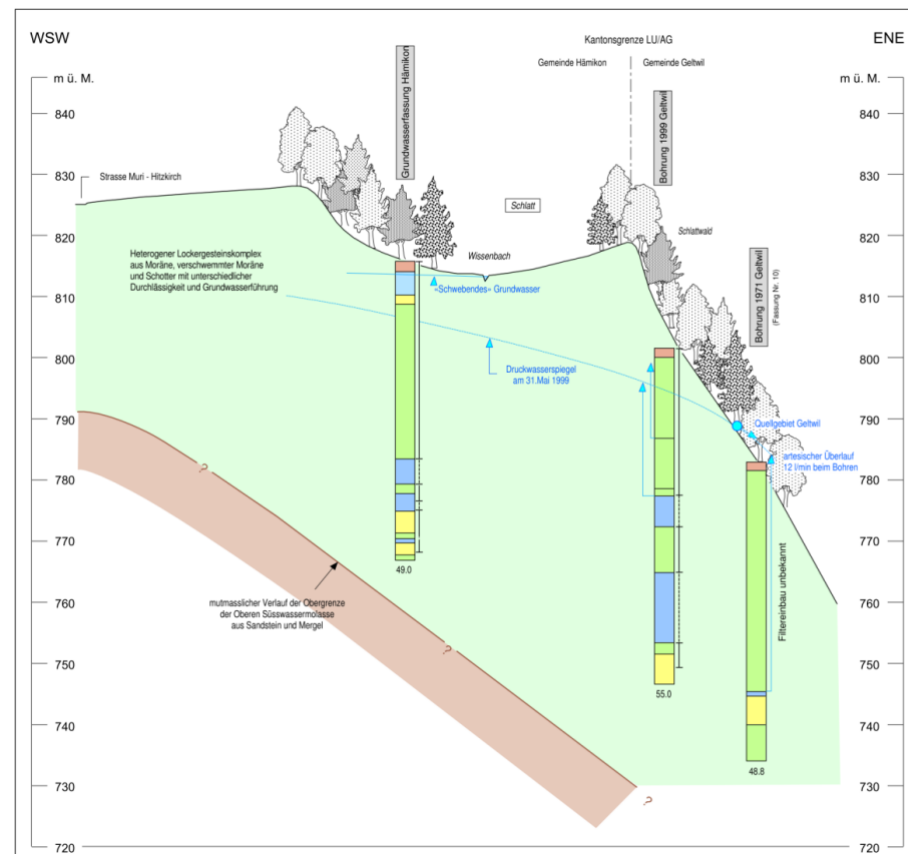
Seit 1945 **Berater** in geologischer und hydrogeologischen Fragen für nahezu alle Gemeinden rund um den Lindenberg

Autor der regionalen Grundwasserstudie am Lindenberg (1977) und weiterer, umfangreicher Grundwasseruntersuchungen

Hydrogeologe bei der Erschliessung des Grundwassers in div. Pumpwerken und zahlreichen Quellen:

- PW Moosmatten, Bettwil
- PW Schlattwald, Geltwil
- PW Schürboden, Beinwil

-----> **Kenner der regionalen hydrogeologischen Verhältnisse**



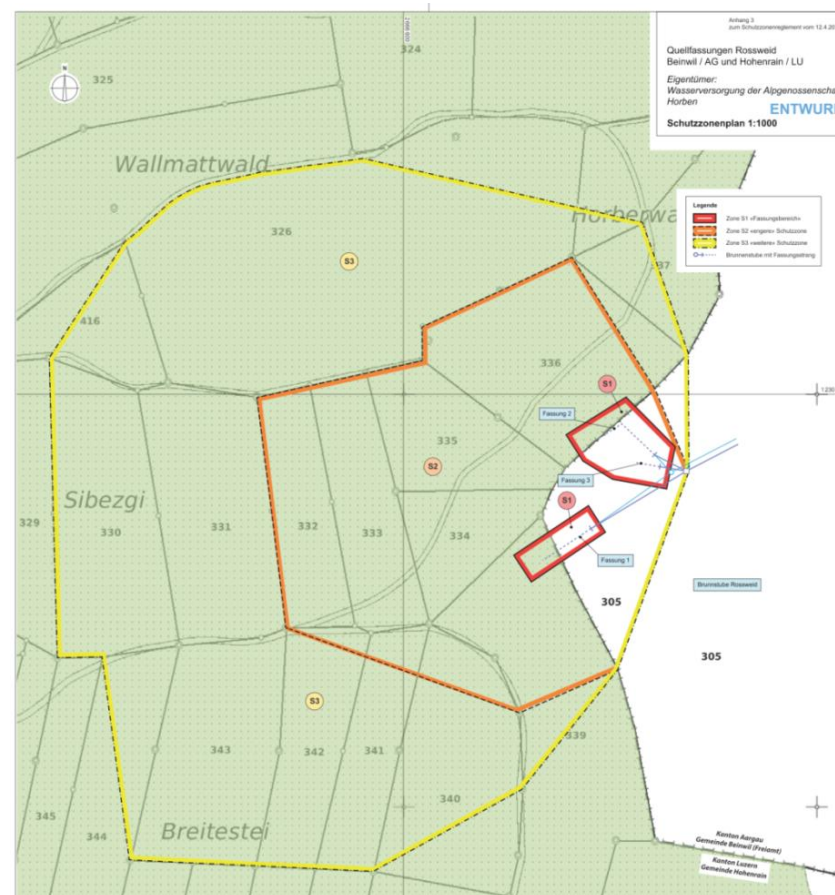
Windpark Lindenberg; Geologie und Grundwasser

Jäckli Geologie

Bearbeiter der Grundwasserschutzzonen
für die Gemeinden:

- Bettwil
- Buttwil
- Geltwil
- Beinwil
- Auw
- Sins
- Abtwil
- Schongau
- Hitzkirch
- Ballwil

-----> **Vertrauensgeologe zahlreicher
Wasserversorgungen**



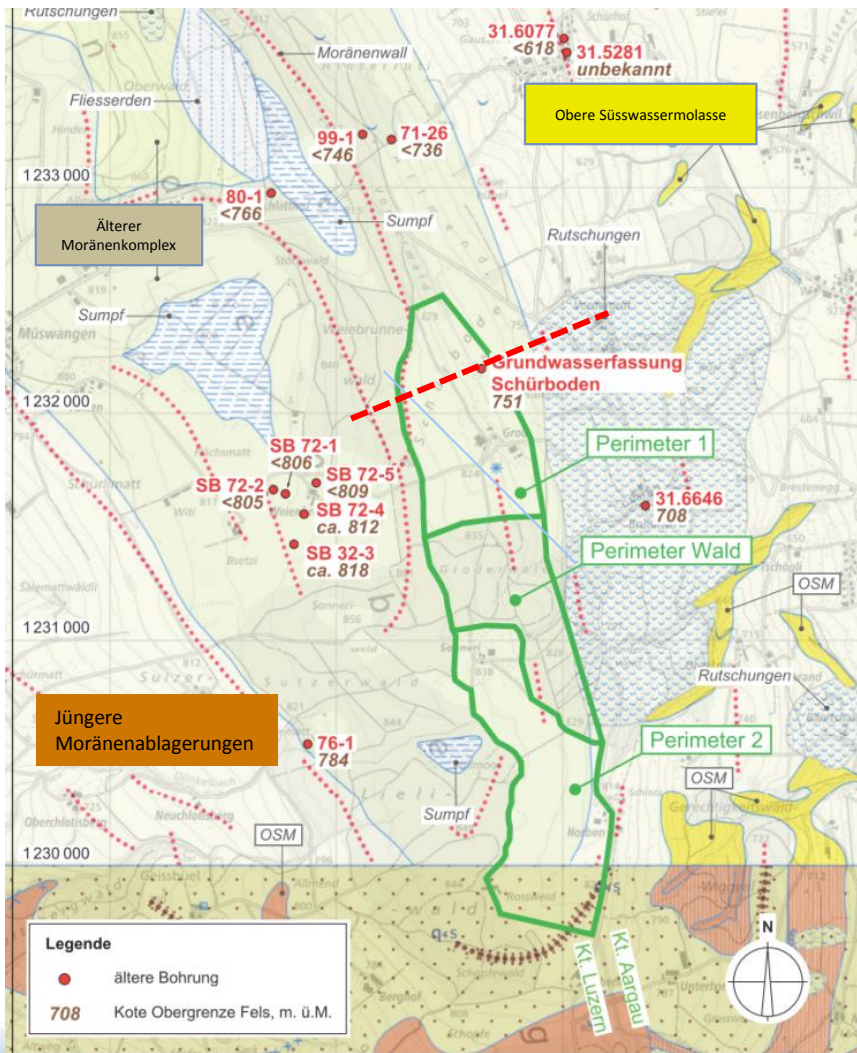
Windpark Lindenberg; Geologie und Grundwasser

Inhaltsverzeichnis

1. Vorstellung Jäckli Geologie
- 2. *Hydrogeologische Verhältnisse***
3. Grundwassernutzung und Grundwasserschutz
4. Gefährdungen des Grundwassers
5. Untersuchungen und Massnahmen
6. Fahrplan

Hydrogeologische Verhältnisse

Geologische Karte der Region Lindenberg



Gemäss geologischem Atlas der Schweiz sind im Perimeter des Windparks Moränen der beiden letzten Eiszeiten verbreitet:

Direkt im Perimeter ist der ältere Moränenkomplex der grössten Vergletscherung vorhanden, welcher aus Grundmoränen besteht, also aus Lockergesteinen, die unter dem Gletscher abgelagert wurden.

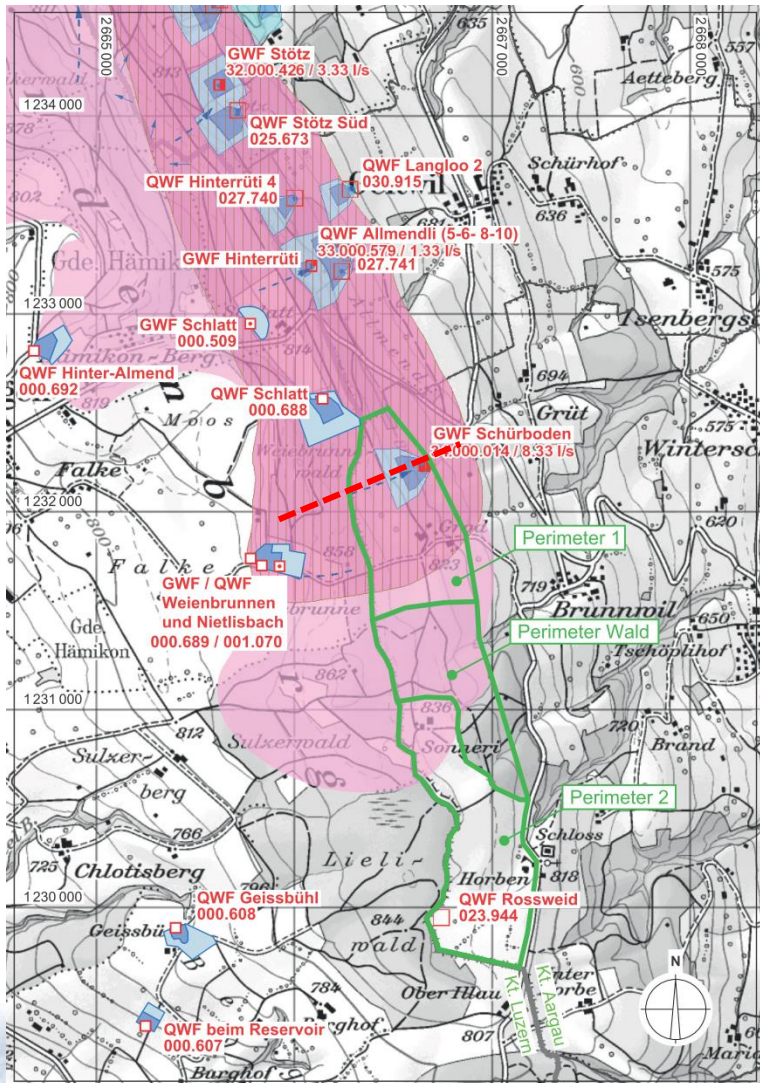
Der ältere Moränenkomplex wird an den Hangflanken von jüngeren Moränenablagerungen der letzten Eiszeit überlagert, welche auf der Seite des Gletscher abgelagert wurden.

Beide Moränenkomplexe überlagern Felsgesteine der Oberen Süsswassermolasse, die in den tieferen Hangbereichen östlich des Perimeters an der Oberfläche aufgeschlossen sind.

Ausserhalb des Windparkperimeters existieren zudem Moorablagerungen und Sumpfgebiete.

Hydrogeologische Verhältnisse

Grundwasserkarte der Region Lindenberg



Die **Grundwasserkarte** dokumentiert den Verbreitungsbereich des Grundwasser und zeigt zudem, wo es gefasst ist und welche Anlagen mit Schutzzonen ausgerüstet sind.

Im Norden des Projektgebietes (**Perimeter 1**) existiert ein Gebiet mit **mittlerer Grundwassermächtigkeit**. Die vertikale Schraffur zeigt an, dass über dem Grundwasserleiter **schlecht durchlässige Deckschichten** erwartet werden.

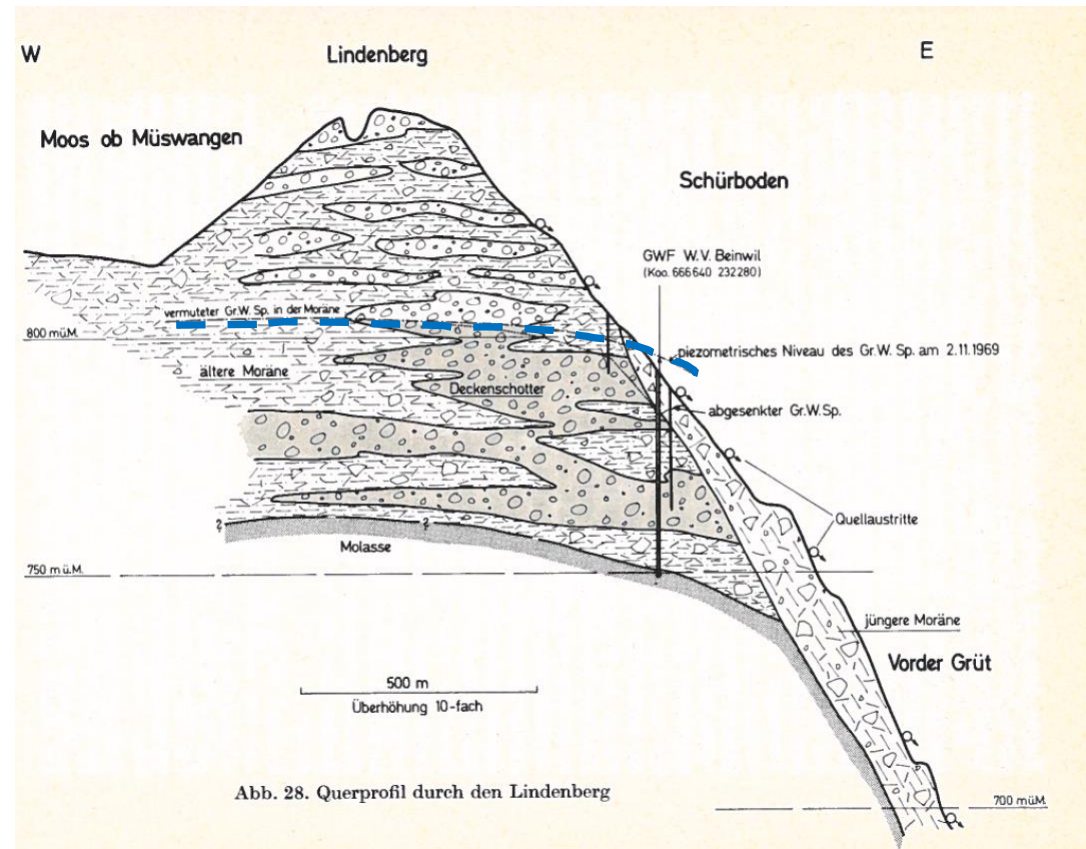
Im Perimeter 1 befindet sich auf Beinwiler Seite die Grundwasserfassung **Schürboden**. Auf Hitzkircher Seite existieren die Quellwasserfassungen **Schlatt** und **Weienbrunnen**.

Der **Perimeter Wald** liegt in einem Gebiet mit **geringer Grundwassermächtigkeit** oder geringer Durchlässigkeit.

Der am südlichsten gelegene **Perimeter 2** liegt gemäss Grundwasserkarte in einem Gebiet **ohne nutzbares Grundwasser**.

Hydrogeologische Verhältnisse

Geologisches Profil durch den Lindenberg



Querprofil durch den **Lindenberg** beim Schürboden. Die blau gestrichelte Linie stellt den vermuteten **Grundwasserspiegel** in der Moräne dar.

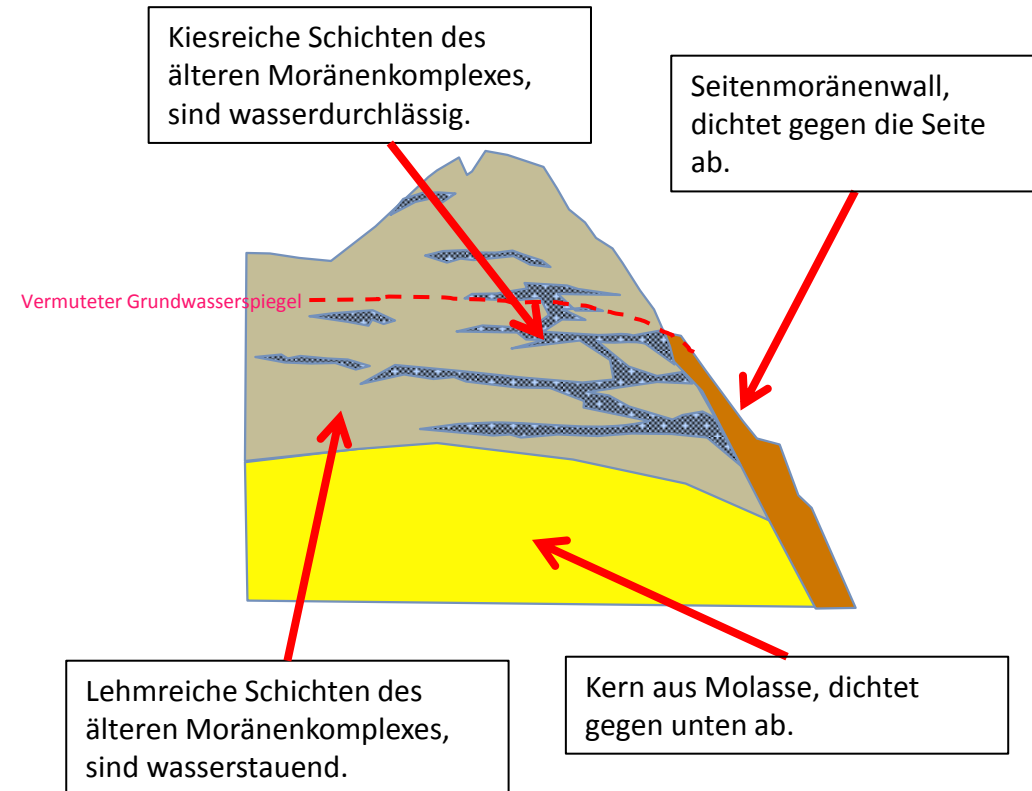
Weitere Details zum Profil werden in nachstehenden Profildarstellungen erläutert.

Hydrogeologische Verhältnisse

Untergrund und Grundwasser

Der Lindenberg besteht aus:

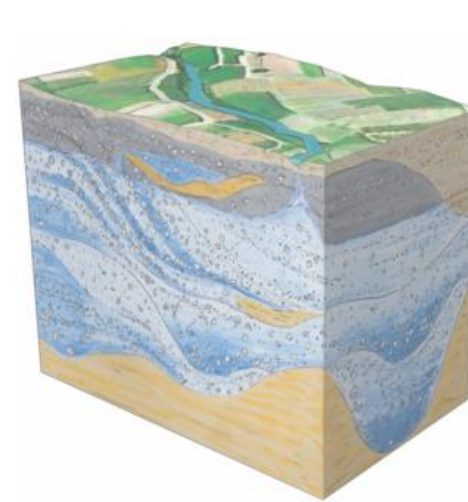
- Einem **Kern aus Molasse** (Mergel und Sandstein), welcher als Grundwasserstauer wirkt, indem er das Grundwasservorkommen gegen unten abdichtet.
- Einer Kuppe aus Moränenablagerungen (älterer Moränenkomplex). Dessen **feinanteilreiche Schichten sind schlecht wasserdurchlässig**. Zwischen den feinanteilreichen Schichten finden sich **kiesreiche Schichten, welche gut wasserdurchlässig** sind.
- Jüngeren kiesig-lehmigen **Seitenmoränenwällen** an den Flanken aus, welche schlecht durchlässig sind und das Grundwasser am seitlichen Abfluss hindern.



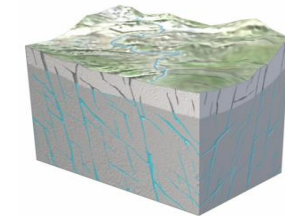
Hydrogeologische Verhältnisse

Typen von Grundwasserleitern

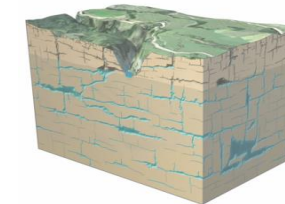
- Es gibt drei Typen von Grundwasserleitern: Lockergesteine, Klüfte und Karst.
- Die Moränenablagerungen auf dem Lindenberg bilden einen **Lockergesteins-Grundwasserleiter**, in welchem das Grundwasser **durch die Poren fließt**.
- Die **Fliessgeschwindigkeit** beträgt in der Regel **wenige m pro Tag**, je nach Gefälle und Durchlässigkeit. Die **Empfindlichkeit gegenüber Schadstoffen** ist eher **gering**, falls genügend mächtige, feinkörnige Deckschichten vorliegen. Die natürliche **Reinigungswirkung** eines Lockergesteins-Grundwasserleiters ist meist **gut bis sehr gut**.
- Lockergesteins-Grundwasserleiter sind sehr **unterschiedlich aufgebaut** und weisen **wechselhafte Sand- und Kiesgehalte** sowie unterschiedliche Ablagerungsstrukturen auf. Entsprechend **unterschiedlich** sind die **Durchlässigkeiten**, die **Filterwirkung** und das **Speichervolumen** (vgl. Abbildung unten).



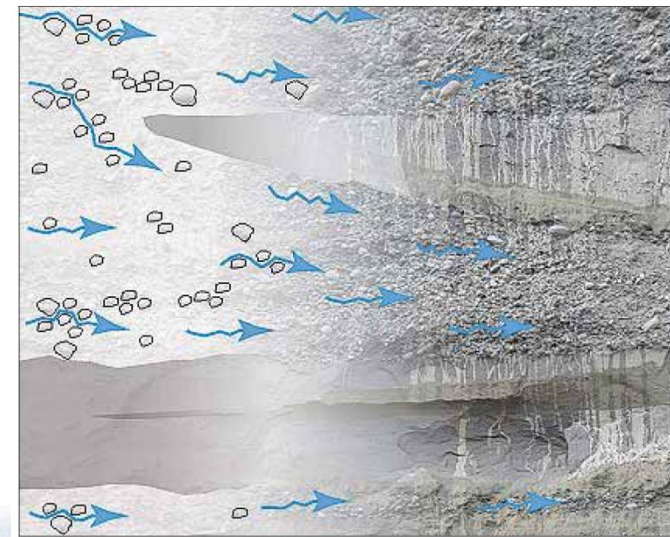
Lockergestein



Kluft



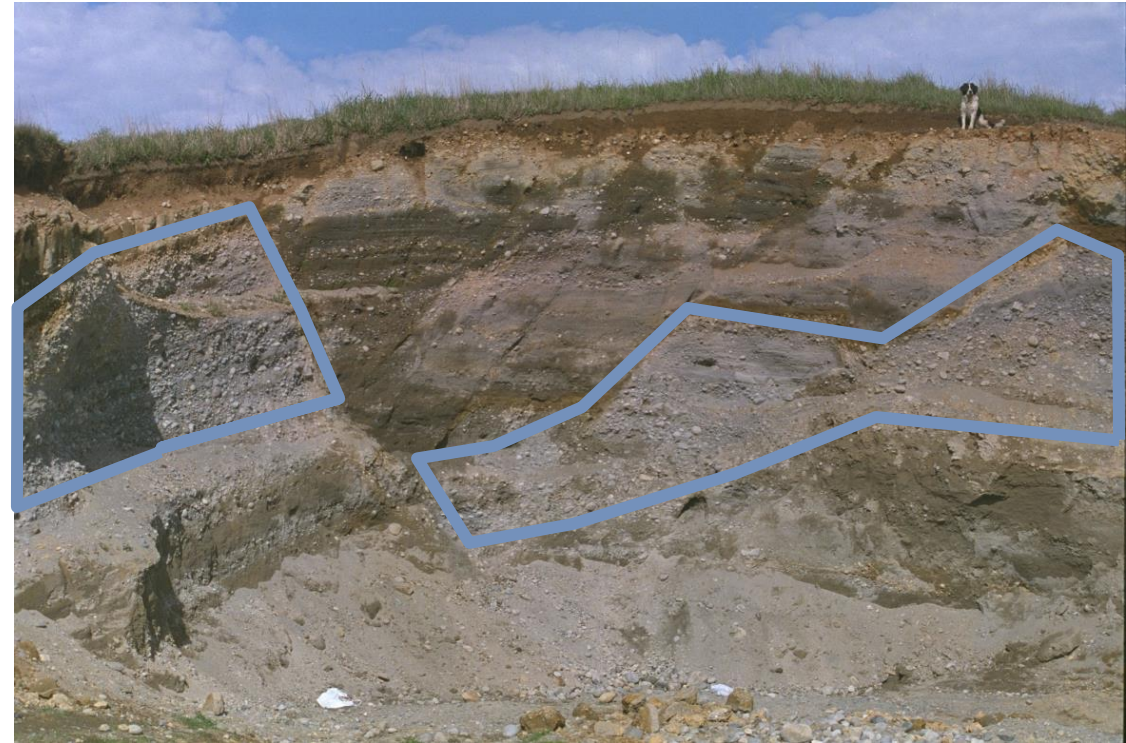
Karst



Hydrogeologische Verhältnisse

Lockergesteins-Grundwasserleiter

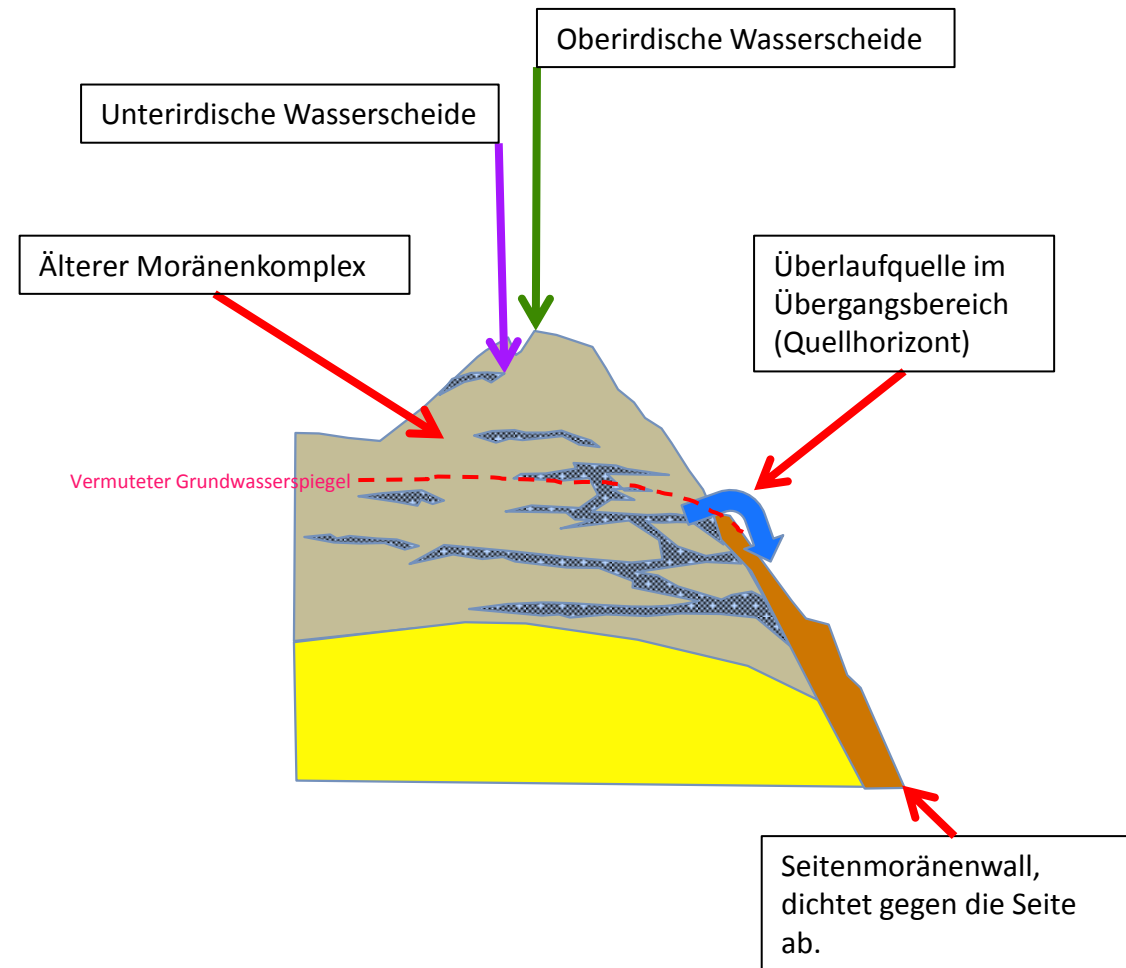
- Das Bild rechts zeigt einen Lockergesteins-Grundwasserleiter vom Typus Moräne.
- Der **blau eingerahmte, kiesige Bereich** weist eine hohe Durchlässigkeit, das überliegende Material eine geringere Durchlässigkeit auf.
- Die wechselhaften Fließgeschwindigkeiten sind auf den unterschiedlichen Feinanteilgehalt zurück zu führen. **Im Kies fließt das Wasser vergleichsweise schnell, in vorwiegend sandigen Schichten eher langsam** und in **siltig- tonigen Schichten praktisch gar nicht.**



Hydrogeologische Verhältnisse

Der Quellhorizont

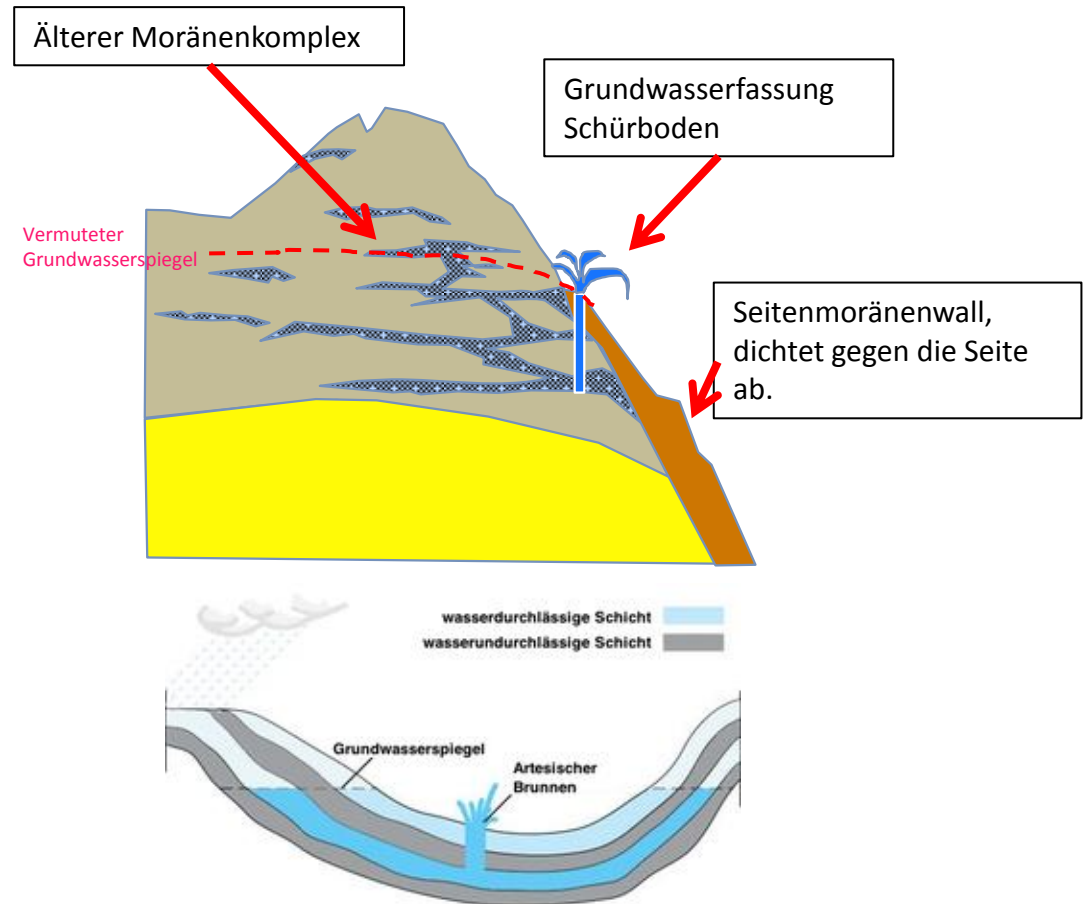
- Im Übergangsbereich vom älteren, grundwasserführenden Moränenkomplex auf der Kuppe zur wenig durchlässigen Moräne an der Talflanke verläuft ein ausgeprägter **Quellhorizont**.
- Der Quellhorizont liegt auf der Aargauer Seite etwas tiefer als auf der Luzernischen Seite, sodass im Aargau deutlich mehr Quellwasser austritt.
- Die **unterirdische Wasserscheide** verläuft etwas weiter westlich (gegen Hitzkirch) als die **oberirdische Wasserscheide**.



Hydrogeologische Verhältnisse

Grundwasserfassung Schürboden

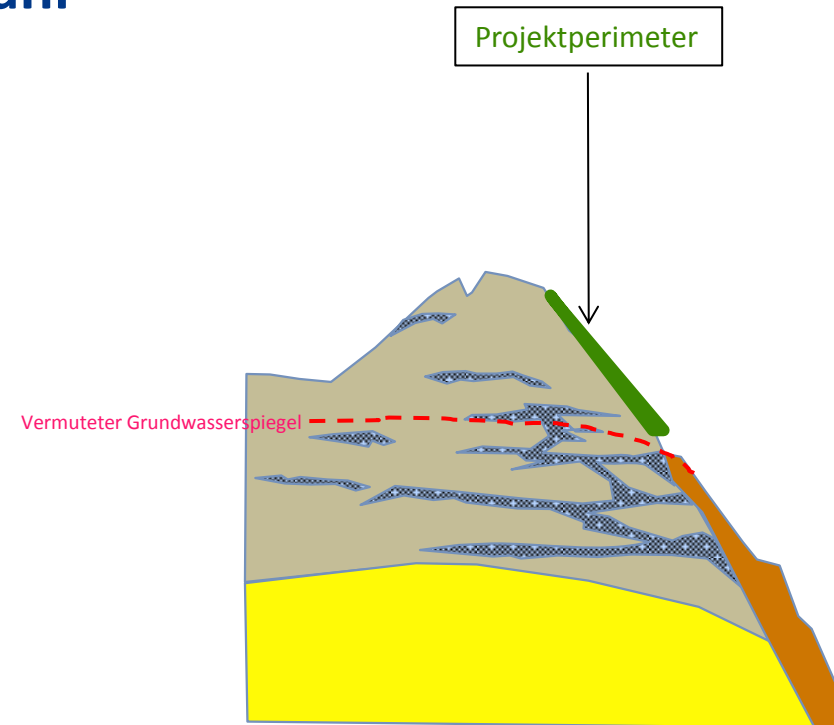
- In der **Grundwasserfassung Schürboden** wurde das gespannte Grundwasser erschlossen. Gespannt heisst, dass das Wasser unter Druck von selbst bis an die Oberfläche aufsteigt und nicht gepumpt werden muss.
- Das Grundwasser steigt auf, weil die grundwasserführende Schicht unterhalb des Übergangsbereiches der beiden Moränen liegt und das Grundwasser als Folge der Abdichtung durch den Seitenmoränenwall und den Molassekern nicht ausweichen kann.
- Der Druck rührt somit von der überlagernden Wassersäule her (vergleiche Bild unten):



Hydrogeologische Verhältnisse

Projektperimeter und Standortwahl

- Der **Projektperimeter** befindet sich im höherliegenden Bereich des älteren Moränenkomplexes.
- Die Standorte für die Turbinen müssen so gewählt werden, dass die Quellen resp. Grundwasserfassungen in **qualitativer und quantitativer Hinsicht nicht beeinflusst oder sogar beeinträchtigt** werden.
- Es darf also **keine direkte hydraulische Verbindung** zwischen den geplanten Anlagen und den Fassungen entstehen.



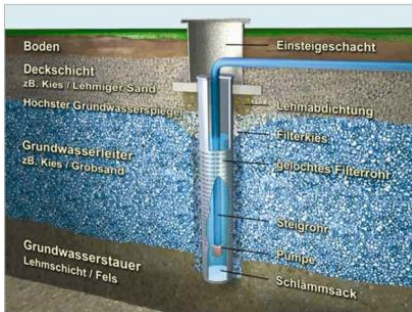
Windpark Lindenberg; Geologie und Grundwasser

Inhaltsverzeichnis

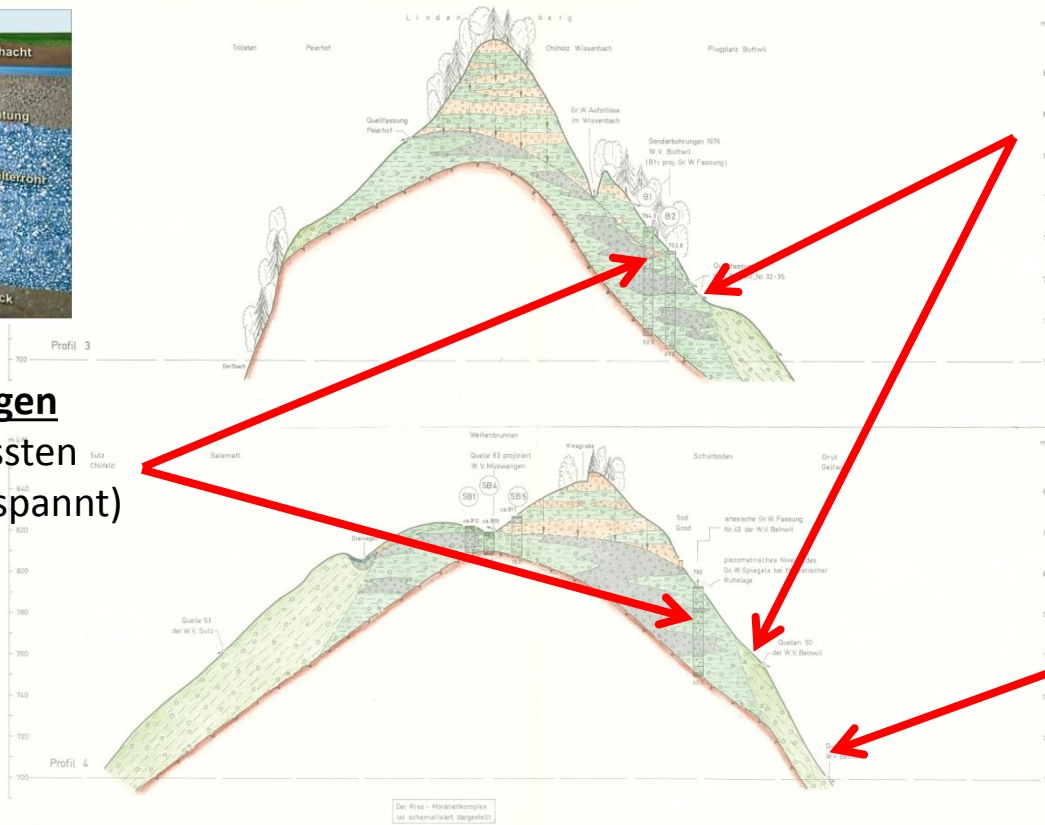
1. Vorstellung Jäckli Geologie
2. Hydrogeologische Verhältnisse
- 3. *Grundwassernutzung und Grundwasserschutz***
4. Gefährdungen des Grundwassers
5. Untersuchungen und Massnahmen
6. Fahrplan

Grundwassernutzung und Grundwasserschutz

Lage und Art der Grundwasservorkommen und Nutzungen



Grundwasserfassungen
aus Moräne der grössten
Vergletscherung (gespannt)



Quellfassungen aus dem Quell-
horizont im Grenzbereich der
beiden Moränen



Quellfassungen aus
der jungen Moräne

Auf den beiden Querprofilen durch den Lindenberg (oben) sind als Beispiel für die Ostflanke die beiden Typen von Fassungen dargestellt, welche zur öffentlichen Trink- und Brauchwasserfassung dienen.

Grundwassernutzung und Grundwasserschutz

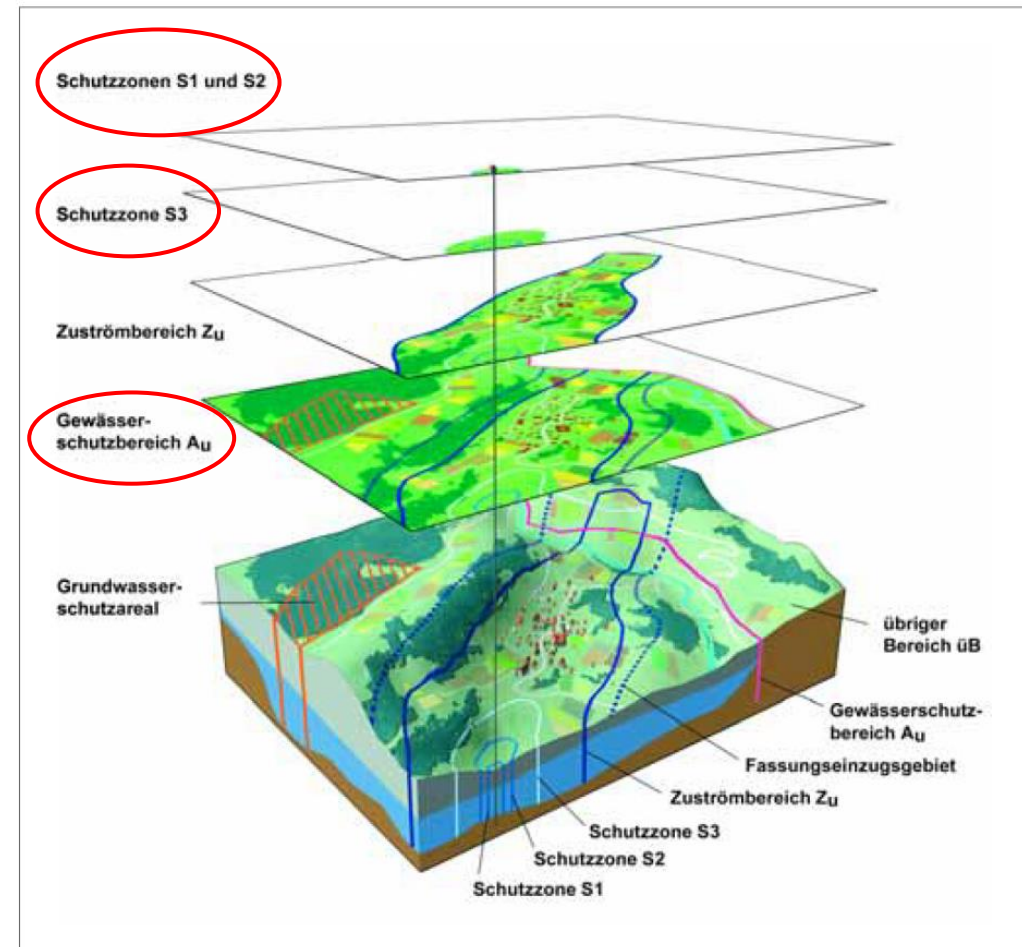
Gewässerschutzbereiche und Grundwasserschutz

Die **Gewässerschutzkarte** stellt das zentrale planerische Instrument für den praktischen Vollzug des Grundwasserschutzes dar. Die entsprechenden Karten enthalten unter anderem:

- Die **Gewässerschutzbereiche**
- Die **Grundwasserschutzzonen**
- Die Grundwasseraustritte und Fassungen

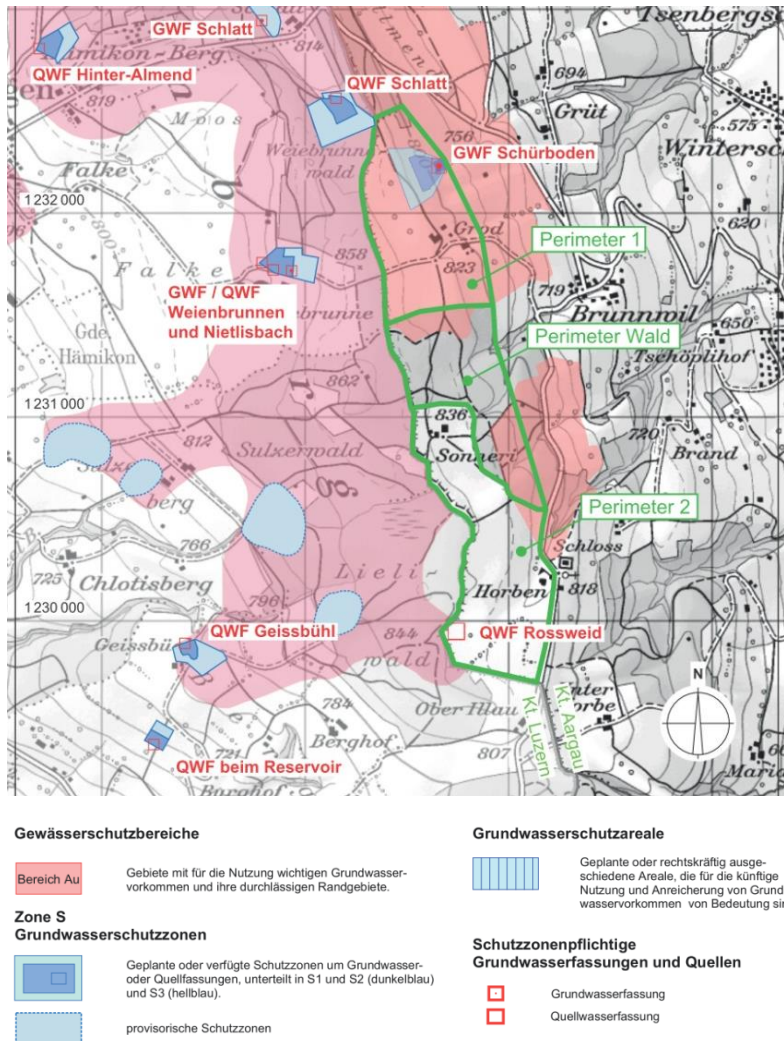
Die nebenstehende Abbildung zeigt die Instrumente des **planerischen Grundwasserschutzes** und veranschaulicht, wie sich die einzelnen Zonen überlagern. So überlagert die **Grundwasserschutzzone S1** die Zone **S2**, und letztere die Zone **S3**. Die Schutzzone ihrerseits sind ein Teil des **Gewässerschutzbereichs Au**.

Die **Grundwasserschutzbestimmungen** werden in der Regel mit zunehmender **Annäherung** an eine **Fassung strenger**. Das heisst z.B., dass die Bestimmungen in der Zone S3 zusätzlich zu den Bestimmungen im Gewässerschutzbereich Au gelten.



Grundwassernutzung und Grundwasserschutz

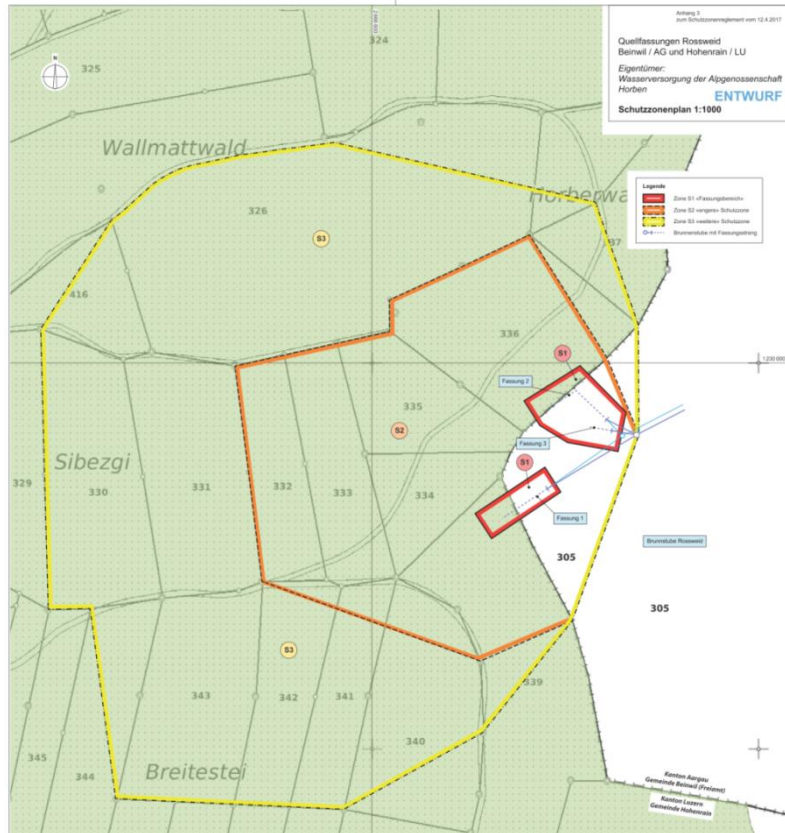
Gewässerschutzkarte der Region Lindenberg



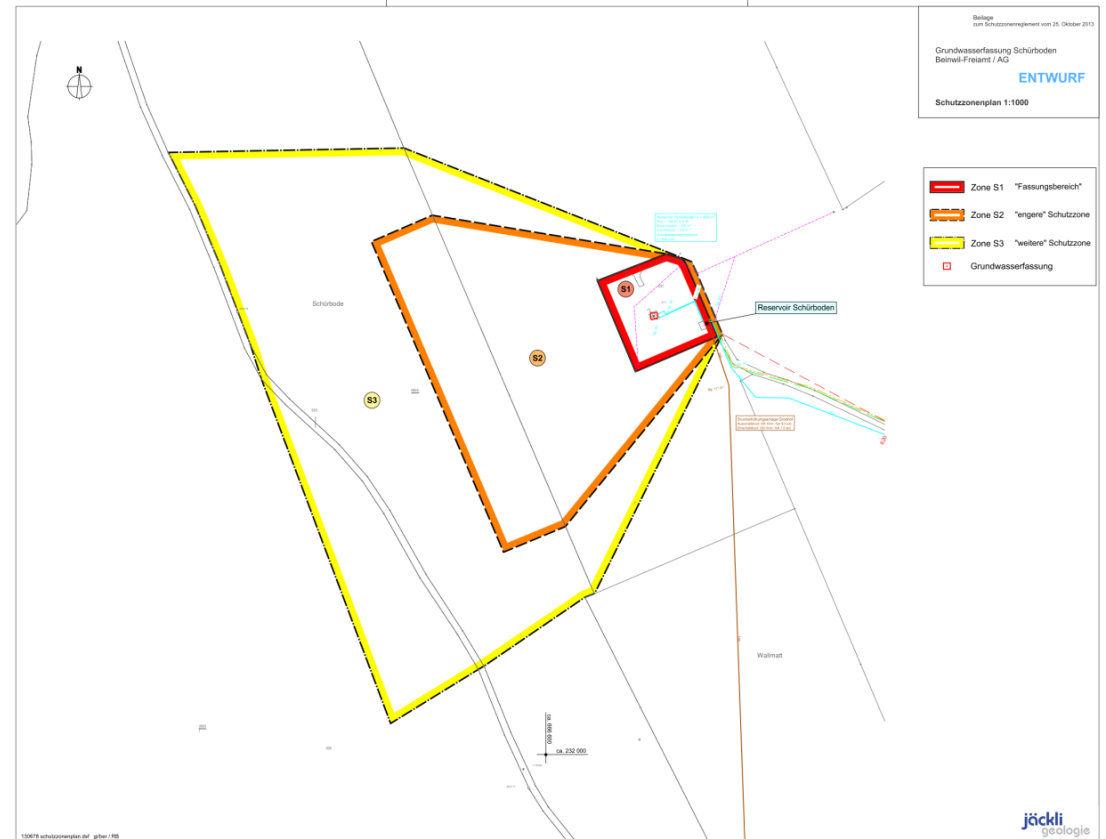
- Der Perimeter 1 liegt vorwiegend im **Gewässerschutzbereich A_u**. Die Perimeter Wald und 2 liegen hauptsächlich im sog. **übrigen Bereich**. Im Gewässerschutzbereich A_u und im übrigen Bereich bestehen bezüglich Bauten keine speziellen, grundwasserschutztechnischen Einschränkungen.
- Die **Grundwasserfassung** Schürboden im Perimeter 1, die **Quellwasserfassung** Rossweid im Perimeter 2 und die im Nahbereich seitlich ausserhalb des Perimeters gelegenen Fassungen Schlatt, Weienbrunnen und Nietlisbach, welche alle zu **Trinkwasserzwecken** genutzt werden, sind mit **Grundwasserschutzzonen S1 bis S3** geschützt.
- In der **Zone S1** sind sämtliche wasserwerksfremde Nutzungen verboten. In der **Zone S2** besteht als wichtigste Einschränkung ein generelles Bauverbot. In der **Zone S3** dürfen keine industriellen und gewerblichen Betriebe angesiedelt werden, von welchen eine Gefahr für das Grundwasser ausgeht. Zudem darf in der Zone S3 nicht unter den Grundwasserspiegel gebaut werden.

Grundwassernutzung und Grundwasserschutz

Schutzzonen innerhalb des Projektperimeters



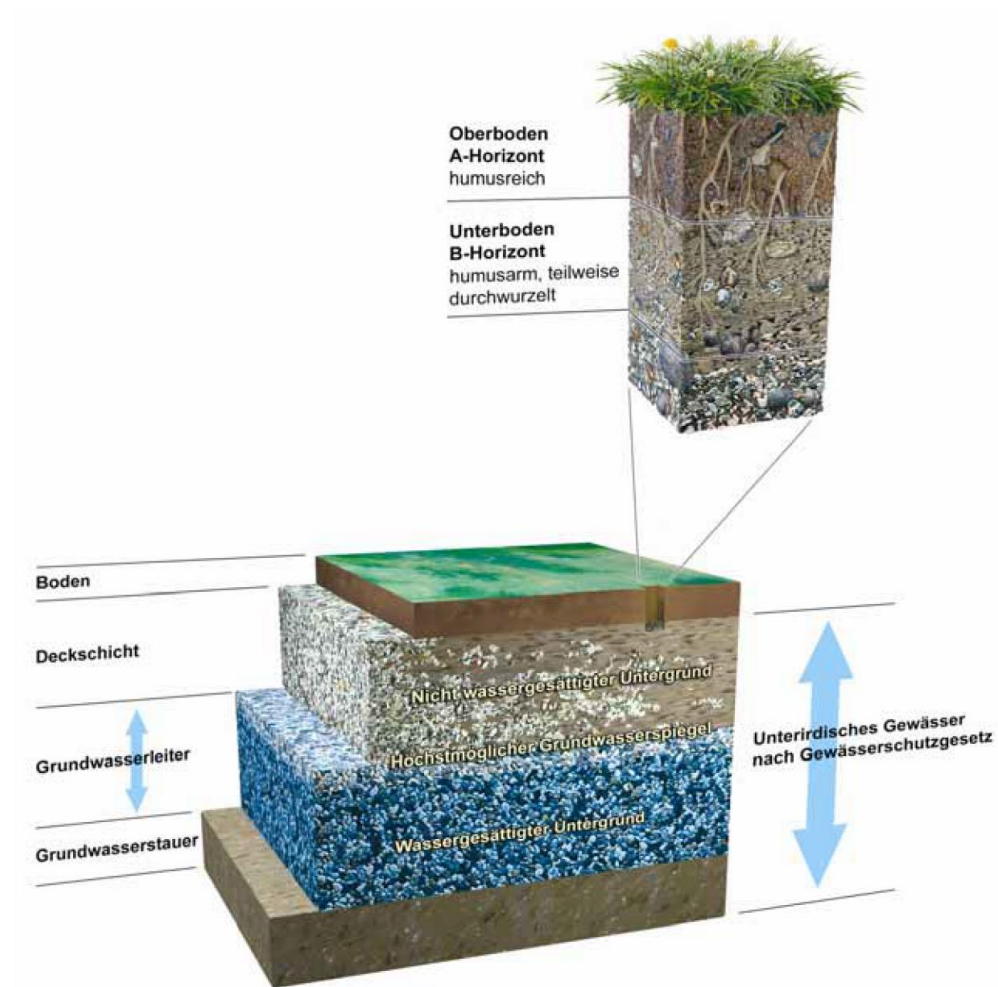
Quellfassungen Rosswald (Horben)



GrWF Schürboden, Beinwil

Grundwassernutzung und Grundwasserschutz

Untergrundelemente und deren Schutzwirkung für das Grundwasser



A + B Boden:
oberster Filter

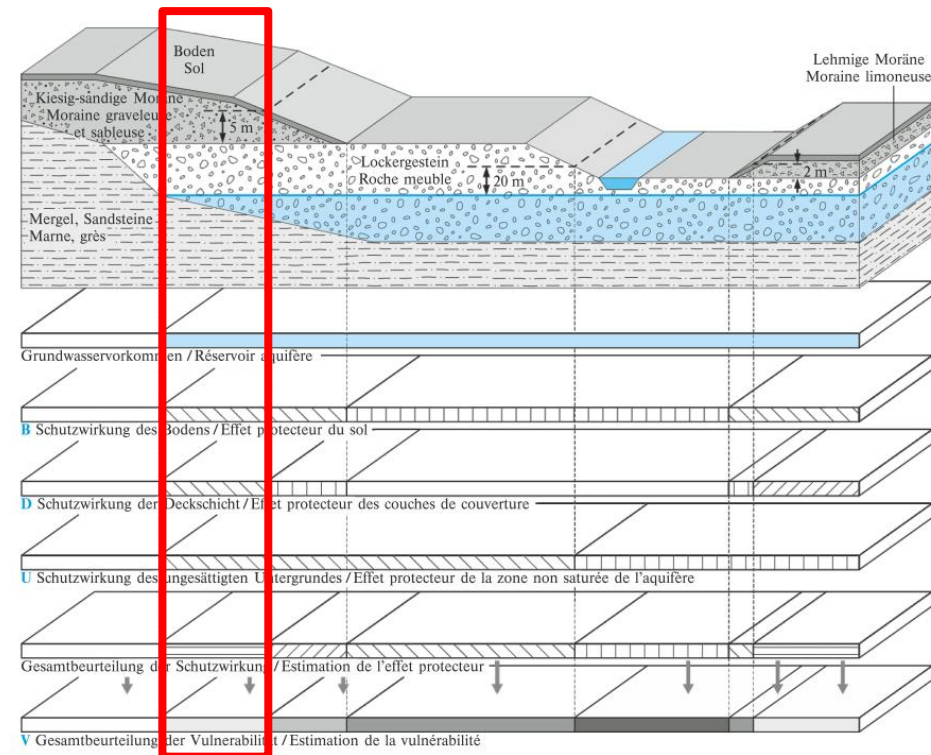
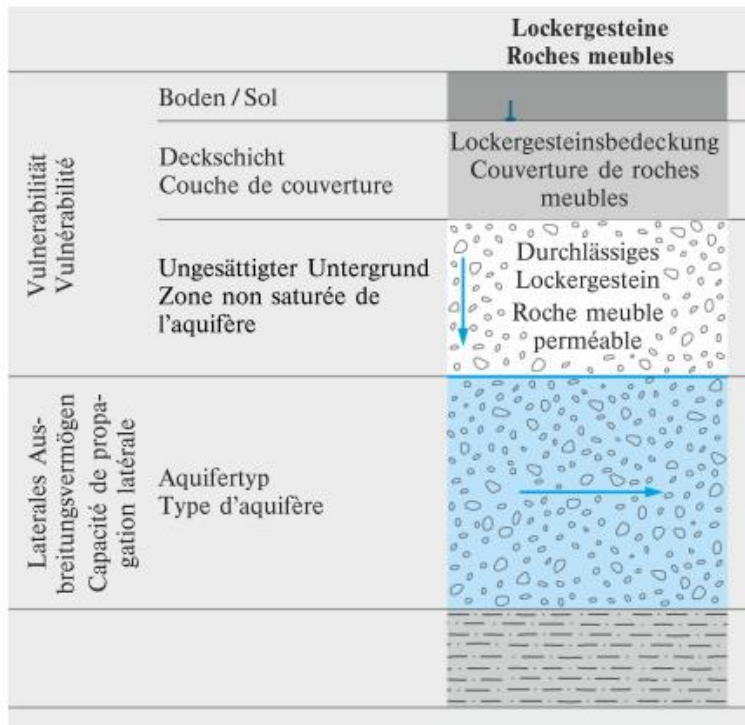
Deckschicht aus wasserungesättigter Moräne:
wichtigster Filter

Grundwasserleiter:
wassergesättigte Moräne

Grundwasserstauer:
Molasse

Grundwassernutzung und Grundwasserschutz

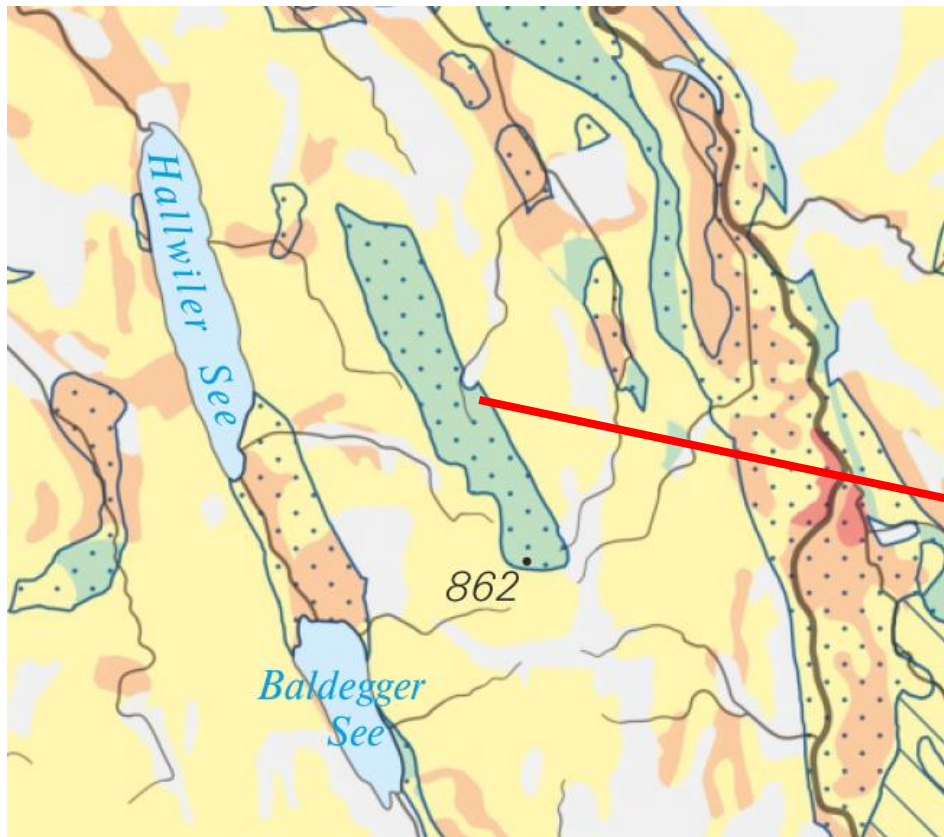
Empfindlichkeit (Vulnerabilität) des Grundwassers; Bedeutung, Merkmale









Im hydrogeologischen Zusammenhang beschreibt der Begriff der Vulnerabilität die **Empfindlichkeit** eines Einzugsgebietes bzw. Grundwasservorkommens gegenüber dem **Eintrag von Schadstoffen** in den **Untergrund**.

Grundwassernutzung und Grundwasserschutz

Einteilung der Vulnerabilität gemäss hydrogeologischer Karte der Schweiz



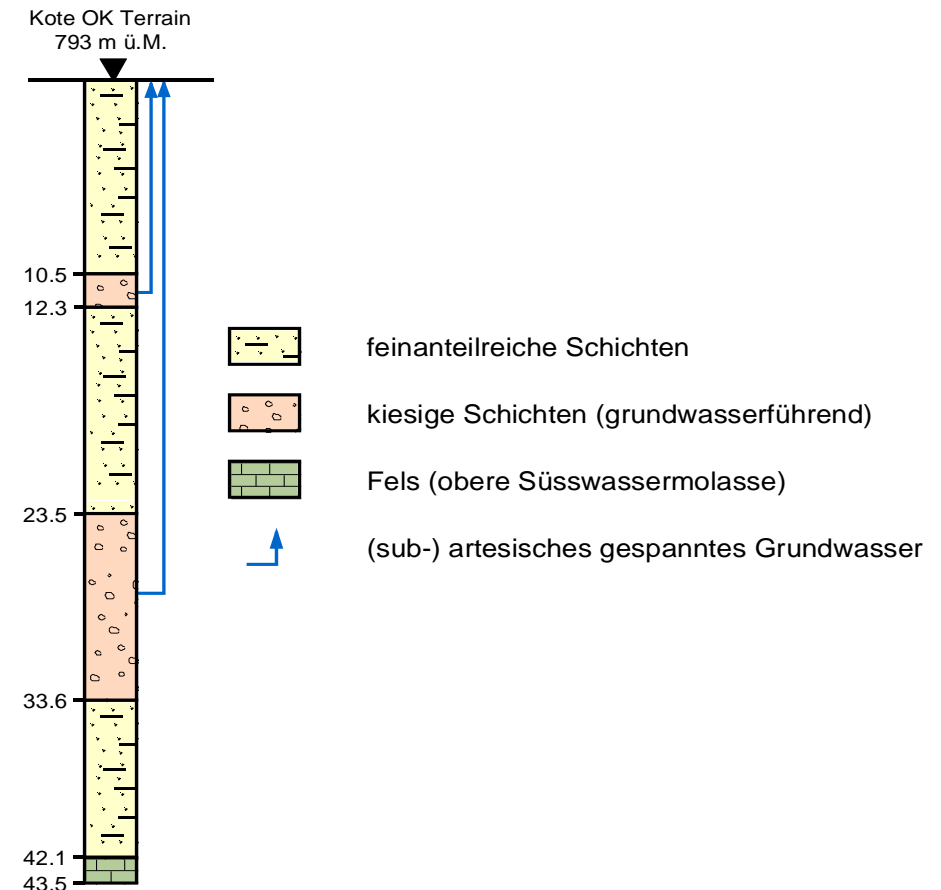
Vulnerabilität Vulnérabilité

- | | |
|---|---|
|  | Sehr hohe Vulnerabilität (geringe Schutzwirkung)
Vulnérabilité très forte (effet protecteur faible) |
|  | Hohe Vulnerabilität (mässige Schutzwirkung)
Vulnérabilité forte (effet protecteur modéré) |
|  | Geringe Vulnerabilität (hohe Schutzwirkung)
Vulnérabilité faible (effet protecteur fort) |
|  | Sehr geringe Vulnerabilität (sehr hohe Schutzwirkung)
Vulnérabilité très faible (effet protecteur très fort) |
|  | Gebiet ohne ergiebige Grundwasservorkommen
Domaines sans réservoirs aquifères productifs |
|  | Mittleres Ausbreitungsvermögen in Lockergesteinen
(sehr ergiebige und ergiebige Grundwasservorkommen in Lockergesteinen) |

Grundwassernutzung und Grundwasserschutz

Vulnerabilität am Beispiel der Grundwasserfassung Schürboden

- Das Profil rechts zeigt das Bohrprofil der Grundwasserfassung Schürboden
- Die Bohrung erschliesst zwei grundwasserführende Schichten:
- Eine **erste zwischen 10.5 und 12.3 m** Tiefe, welche im Brunnen nicht genutzt wird
- Eine **zweite zwischen 23.5 und 33.6 m** Tiefe, aus welcher das heute genutzte Grundwasser stammt.
- Der untere Grundwasserleiter wird durch eine **23.5 m mächtige vorwiegend feinanteilreiche Gesteinsschichten gut vor Oberflächeneinflüssen geschützt.**



Windpark Lindenberg; Geologie und Grundwasser

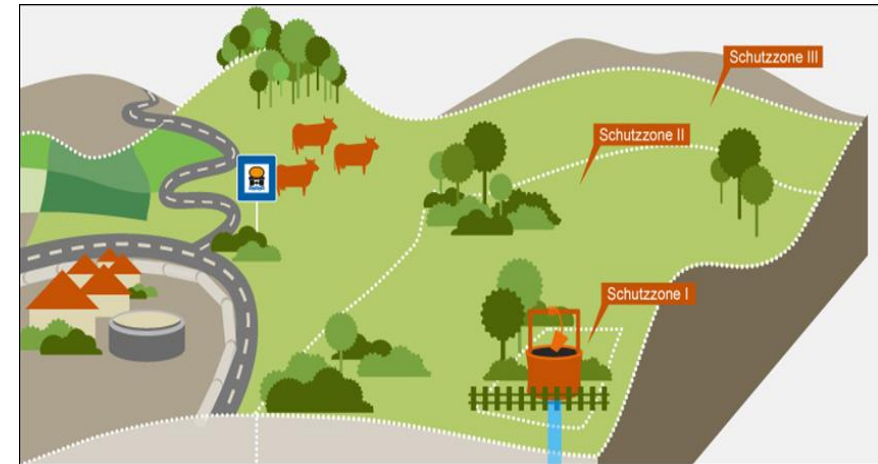
Inhaltsverzeichnis

1. Vorstellung Jäckli Geologie
2. Hydrogeologische Verhältnisse
3. Grundwassernutzung und Grundwasserschutz
- 4. *Gefährdungen des Grundwassers***
5. Untersuchungen und Massnahmen
6. Fahrplan

Gefährdungen des Grundwassers

Arten der Gefährdung des Grundwassers

- Grundwasser kann grundsätzlich in **qualitativer** oder **quantitativer** Hinsicht gefährdet sein.
- Eine **qualitative Beeinträchtigung** kann bei baulichen Aktivitäten oberhalb, d.h. im Zustrombereich einer Fassung durch den Eintrag von wassergefährdenden Schadstoffen erfolgen (vgl. oberes Bild).
- Eine **quantitative Beeinflussung** des Grundwassers bzw. eine mengenmässige Beeinträchtigung von Fassungen kann dann auftreten, wenn durch die baulichen Aktivitäten Wasserzuflüsse angeschnitten, unterbrochen oder umgeleitet werden (vgl. unteres Bild).



Gefährdungen des Grundwassers

Mögliche Gefährdungen in den einzelnen Projektphasen

Allgemein

- Zusätzliche Auflast
- Erschütterungen, Veränderungen unterirdische Wasserflüsse
- Verminderung Sickerwasseranfall und Grundwasserneubildung, Elimination Speichervolumen

Bauphase

- Schwertransporte zu den Anlagestandorten
- Verminderung der Grundwasserneubildung auf der Baustelle
- Chemische Belastung durch Baumaterialien, Unfälle mit grundwassergefährdenden Stoffen

Betriebsphase

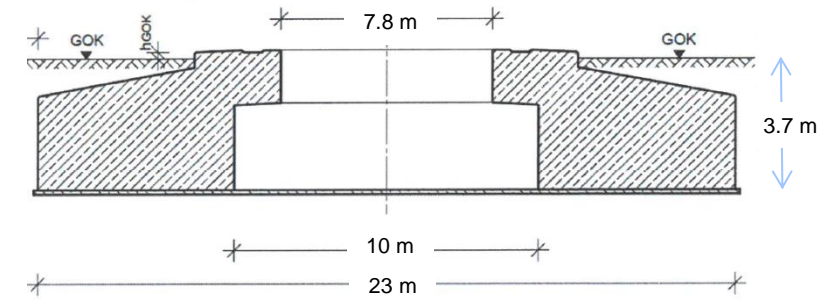
- Leitungsgräben wirken als hydraulische Barrieren oder Drainagen für Hangwasser
- Unterhaltsarbeiten an der Anlage

Gefährdungen des Grundwassers

Ermittlung der statischen Auflast

Auflast von Fundament und Anlage:

- Die Abbildung rechts zeigt den Schnitt durch ein modernes Windkraftanlagenfundament für eine grosse und eher schwere Anlage mit 195.5 m Gesamthöhe (Beispiel).
- Windkraftanlagenfundamente weisen einen **Hohlraum** auf, wo Erdreich abgetragen und nicht ersetzt wird. Dies reduziert die Auflast.
- In der nebenstehenden Tabelle wird die **statische Auflast** der oben beschriebenen Windkraftanlage ermittelt. Statisch bedeutet hier, dass die Last ohne die aus dem Winddruck auf den Rotor resultierende Kraft berechnet wird.
- Die Nettoauflast einer **Windkraftanlage von rund 196 m Gesamthöhe mit Fundament beträgt rund 2'240 Tonnen**. Dies entspricht dem Gewicht eines kreisförmigen **Erdhügels** von ca. 23 m Durchmesser und ca. **2.5 m Höhe**.



Anlagendaten (Beispiel)	E-141
Gesamthöhe	195.5
Fundament	
Aussendurchmesser (m)	23.0
Fundamenttiefe (m)	3.7
Gesamtgewicht Fundament (to)	2'498.0
Materialersatz	
Gesamtgewicht verdrängtes Erdreich (to)	2'706.3
Windkraftanlage	
Gewicht Windkraftanlage (to)	2'449.4
Berechnung Total Auflast	
Nettoaflast total (to)	2'241.1

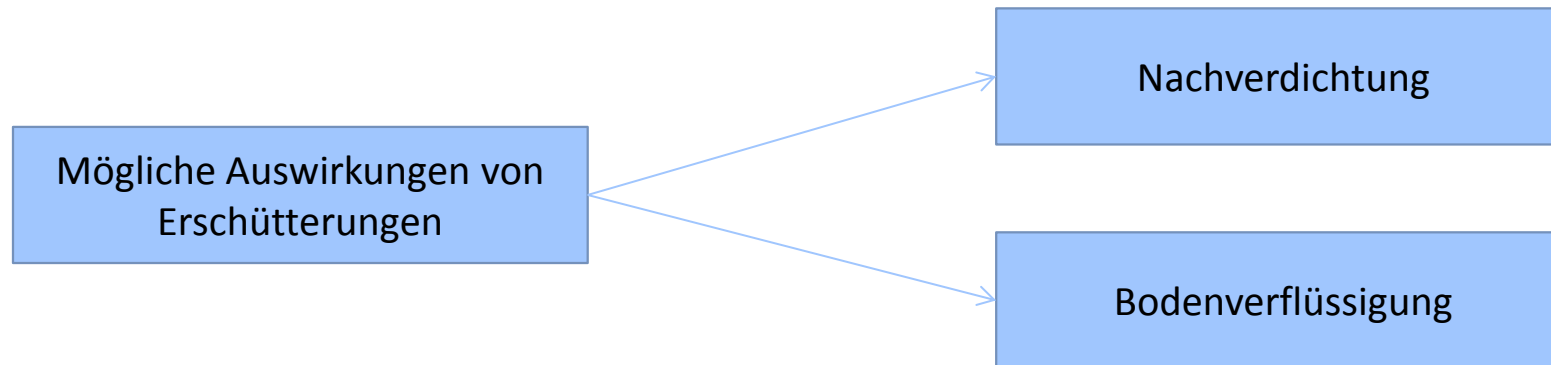
Gefährdungen des Grundwassers

Auflast und deren mögliche Auswirkungen

- Zusätzliche **Auflast** durch **Windanlage** inkl. Fundament 2'240 to
- Auflagefläche ca. 415 m²
- Im **statischen Fall** beträgt die Bodenpressung ca. 5.5 to/m² resp. 54 kN/m²
- Bei Überdeckung von 20 m über den grundwasserführenden Schichten: zusätzliche Bodenpressung ca. 25% resp. ca. 1.5 to/m²
- Vorhandener Überlagerungsdruck in 20 m Tiefe: ca. 42 to/m²
- **Zunahme Bodenpressung durch Auflast ca. 3.5%**
- Im **dynamischen Fall** beträgt die Spitzenpressung rund 35 to/m² resp. 345 kN/m²
- Bei Überdeckung von 20 m über den grundwasserführenden Schichten: zusätzliche Bodenpressung ca. 11% resp. ca. 3.8 to/m²
- Vorhandener Überlagerungsdruck in 20 m Tiefe: ca. 42 to/m²
- **Zunahme Bodenpressung durch Auflast ca. 9%**
- **Fazit 1:** Überlagerungsdruck während der grössten Vergletscherung war viel höher als die durch die Windanlage ausgelösten Bodenpressungen.
- **Fazit 2:** Sowohl im statischen als auch im dynamischen Fall sind keine nennenswerten Setzungen zu erwarten.

Gefährdungen des Grundwassers

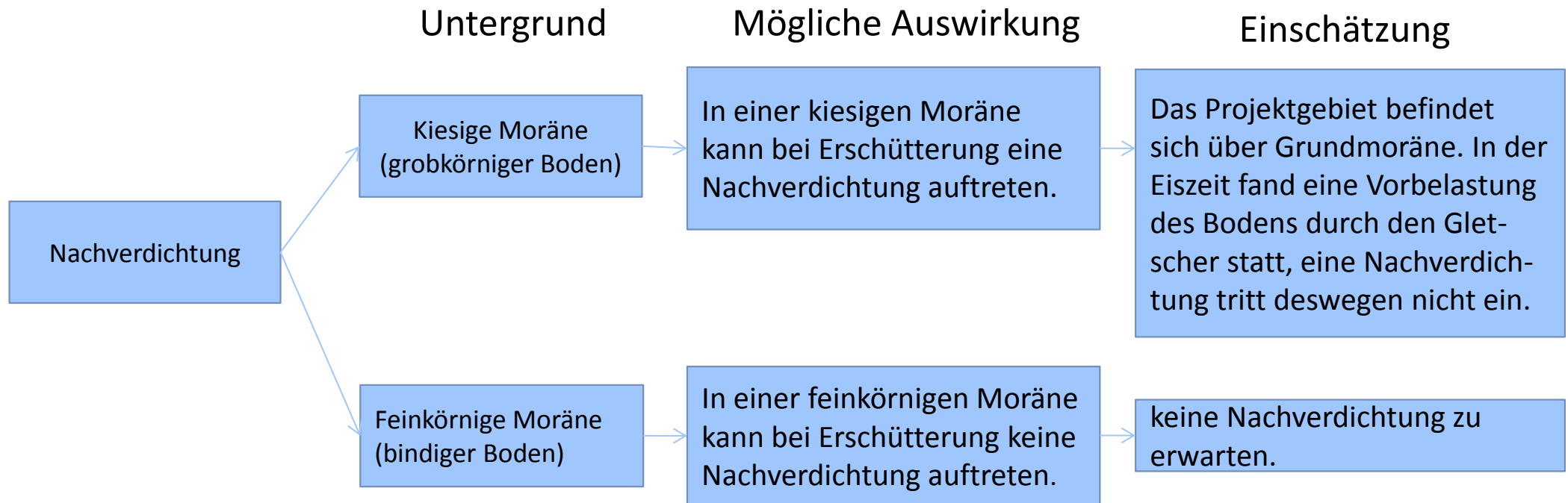
Gefährdungen durch Erschütterungen



- Wie jede Maschine leitet eine Windkraftanlage über das Fundament **Erschütterungen** in den Boden ein. Diese können grundsätzlich die beiden oben dargestellten Auswirkungen haben. Diese Auswirkungen sind in der Folge getrennt zu untersuchen.
- **Nachverdichtungen** als Folge von Erschütterungen können insbesondere bei locker gelagerten, grobkörnigen Böden entstehen
- **Bodenverflüssigung** kann infolge starker Erschütterungen wasserhaltiger, sandiger Bodenschichten auftreten. Besonders feinsandige Schichten mit geringer Durchlässigkeit sind gefährdet. Dabei wird ein nach allen Seiten sich fortpflanzender Druck auf das nahezu inkompressible Wasser zwischen den Sandkörnern ausgeübt, die bis dahin ein festes Gefüge aufwiesen. Es baut sich in der Sandschicht ein Porenwasserüberdruck auf. Dabei verlieren die Körner den Korn zu Korn-Kontakt bzw. das Korngefüge seine Scherfestigkeit, die Sandschicht verflüssigt sich zu einem Sand-Wasser-Brei.

Gefährdungen des Grundwassers

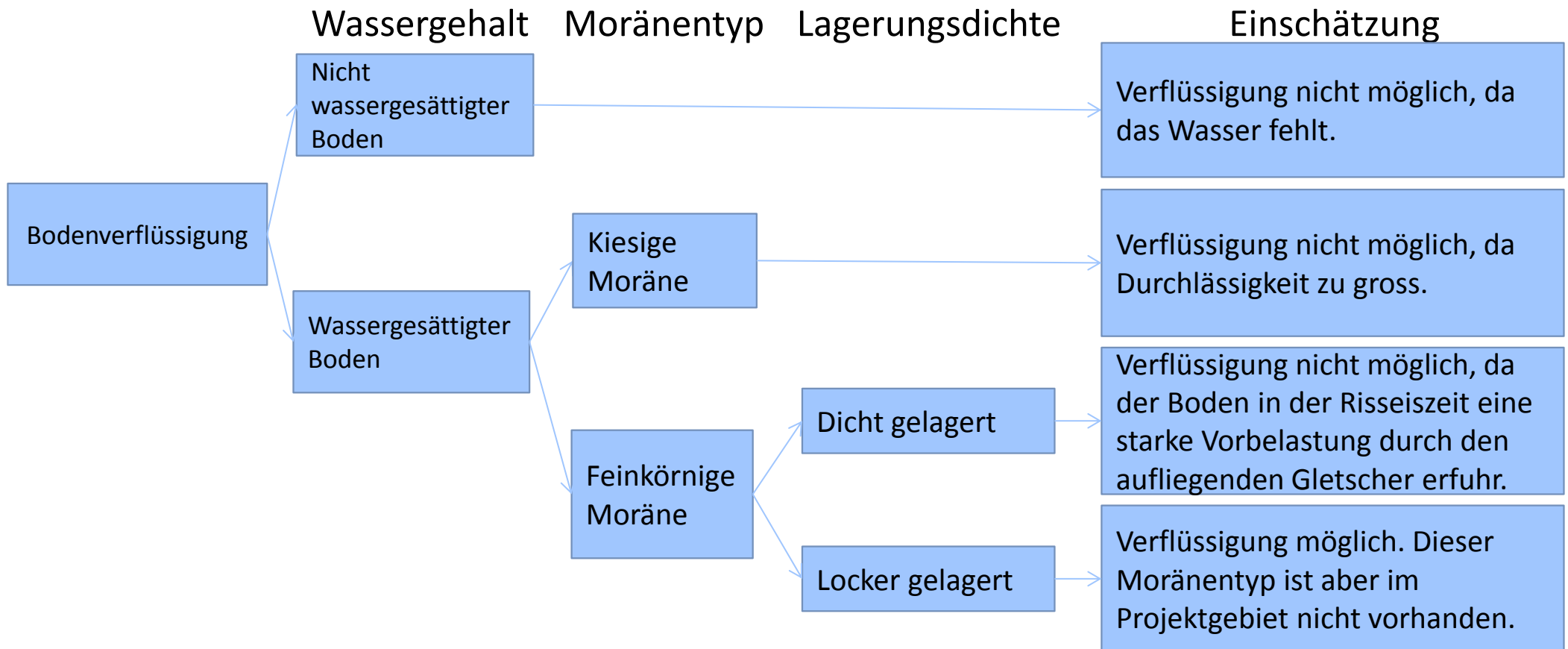
Nachverdichtung durch Erschütterungen



- Fazit:** Im Projektgebiet liegen sowohl feinkörnige wie auch kiesige Moränen vor. Eine Nachverdichtung durch Erschütterungen kann im Falle der feinkörnigen Moräne nicht erfolgen. In der kiesigen Moräne kann grundsätzlich eine Nachverdichtung eintreten. Da die kiesige Moräne durch den risseiszeitlichen Gletscher vorbelastet wurde, tritt auch hier keine Nachverdichtung ein.

Gefährdungen des Grundwassers

Bodenverflüssigung durch Erschütterungen



- Fazit:** Im Projektgebiet liegen kiesige und feinkörnige Moränen vor. Letztere sind aber dicht gelagert, da sie als Grundmoränen durch den risseiszeitlichen Gletscher eine starke Vorbelastung erfuhren. Eine Bodenverflüssigung ist damit bei allen im Projektgebiet vorliegenden Moränentypen auszuschliessen.

Windpark Lindenberg; Geologie und Grundwasser

Inhaltsverzeichnis

1. Vorstellung Jäckli Geologie
2. Hydrogeologische Verhältnisse
3. Grundwassernutzung und Grundwasserschutz
4. Gefährdungen des Grundwassers
- 5. *Untersuchungen und Massnahmen***
6. Fahrplan

Untersuchungen und Massnahmen

Untersuchungen, Teil 1

Katastererhebung

- Bestandsaufnahme aller Grund- und Quellwasserfassungen innerhalb sowie im hydrogeologisch relevanten Nahbereich der Projektperimeter. So ist gewährleistet, dass auch weniger bekannte Fassungen erfasst werden.



Baggersondierungen

- Untersuchung der Untergrund- und Grundwasserverhältnisse an den jeweiligen Anlagestandorten mittels Baggersondierungen.



Untersuchungen und Massnahmen

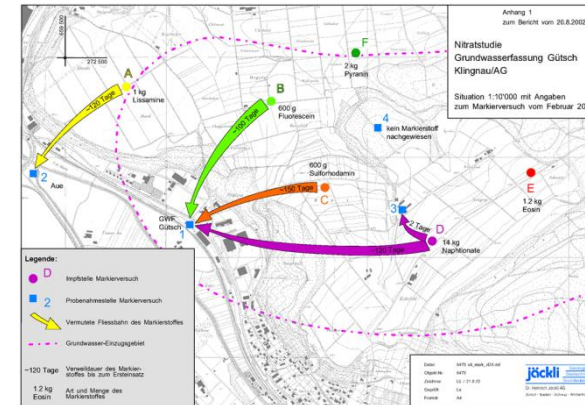
Untersuchungen, Teil 2

Mehrfach - Markierversuche

- Prüfung der hydraulischen Verbindungen zwischen den geplanten Anlagestandorten und den Grund- oder Quellwasserfassungen durch **Mehrfach-Markierversuche** zur Beurteilung, ob Fassungen durch den Bau der Windkraftanlagen gefährdet werden könnten.
- Dazu werden in den Sondierschächten chemisch unbedenkliche Markierstoffe eingeschwenmt. Danach wird an den Quellfassungen geprüft, ob und in welcher Zeit die Markierstoffe bei den Fassungen eintreffen.

Ermittlung der Wasserqualität

- **Chemische und mikrobiologische Untersuchung** des Wassers von ausgewählten, versorgungstechnisch wichtigen bzw. zur Trinkwasserversorgung genutzten Grund- und Quellwasserfassungen.
- Damit soll ermittelt werden welche Qualität das Grundwasser heute hat, und es sollen Grundlagen für die Überwachung während und nach der Bauzeit geschaffen werden.



Verweildauer gemäss Durchgangskurve von Markierstoffen



Untersuchungen und Massnahmen

Allfällig ergänzende Untersuchungen

Pump- und Flowmeterversuche

- Diese dienen zur Ermittlung der Grundwassermenge und des vertikalen Grundwasserflusses.

Versickerungsversuche

- Diese dienen zur Ermittlung der Durchlässigkeit an der Sohle von Sondierschlitzten.

Modellrechnungen

- Mit Modellrechnungen können die Grundwasserfließverhältnisse im Untergrund simuliert werden.

Bodenkundliche Untersuchungen

- Bodenkundliche Untersuchungen dienen zur genauen Klassierung des Bodens im Bereich möglicher Eingriffe.

Kernbohrungen

- Kernbohrungen geben die Möglichkeit zur Aufnahme der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse im tieferen Untergrund.



Untersuchungen und Massnahmen

Massnahmen und Konsequenzen aus den Untersuchungen

Technische Massnahmen

- Aus den Untersuchungen kann sich die Notwendigkeit von technischen Schutzmassnahmen ergeben (z.B. Einbau von Lehmriegeln in Leitungsgräben, Dücker unter Bauwerken etc.) .
- Aus den Untersuchungen kann sich zudem ergeben, dass Projektanpassungen erforderlich sind. Dies kann zum Beispiel eine Standortverschiebung oder eine andere Strassen- oder Leitungsführung sein.

Konsequenzen

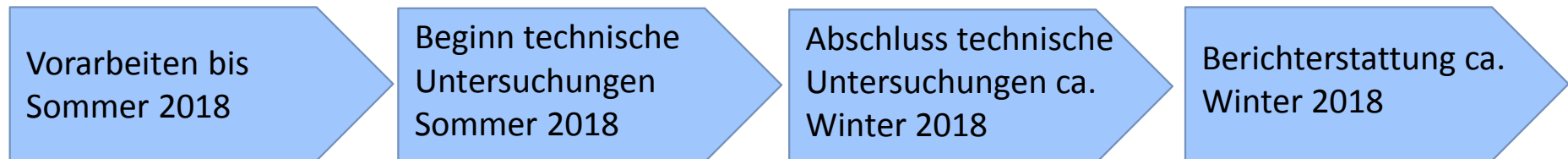
- Falls die geplanten Untersuchungen keine klaren Resultate liefern oder sich zusätzliche Fragestellungen ergeben, sind die Untersuchungen zu ergänzen.
- Falls die Untersuchungen ergeben, dass auch mit Massnahmen für Teile oder das gesamte Projekt eine Gefährdung des Grundwassers nicht auszuschliessen ist, kommt es zur Projektaufgabe oder Teilprojektaufgabe.

Windpark Lindenberg; Geologie und Grundwasser

Inhaltsverzeichnis

1. Vorstellung Jäckli Geologie
2. Hydrogeologische Verhältnisse
3. Grundwassernutzung und Grundwasserschutz
4. Gefährdungen des Grundwassers
5. Untersuchungen und Massnahmen
- 6. Fahrplan**

Fahrplan



Windpark Lindenberg; Geologie und Grundwasser



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit