

20 6109.D BAUEN IM GRUNDWASSER, TALBODEN HORW: MERKBLATT

MERKBLATT MIT CHECKLISTE

Bauen im Grundwasser, Talboden Horw

1 EINLEITUNG

In der Talebene Kriens – Horw – Luzern herrschen schweizweit einmalig komplexe Grundwasserdruckverhältnisse mit entsprechenden Risiken. Dabei können z. B. Fehlverhalten und Fehlmanipulationen mit unkontrollierter Entspannung des Grundwasserdrucks bei den setzungsanfälligen Baugrundverhältnissen schnell zu schwer kontrollierbaren Setzungsschüben und daraus zu grossen Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen inkl. Werkleitungen führen. Ebenso bestehen Risiken schwer oder kaum behebbarer Verbindungen zwischen den Grundwasser-Stockwerken.

Um diese Risiken zu minimieren, liess die Gemeinde Horw für die Planer ein Merkblatt erstellen. Darin soll einerseits auf die bekannten hydrogeologischen Risiken hingewiesen und andererseits mit umsichtigen Planungs- sowie Vorsichtsmassnahmen in Zukunft ein risikoarmes Bauen ermöglicht werden.

Dieses Merkblatt bezieht sich auf den Talboden von Horw (vgl. Abb. 1).

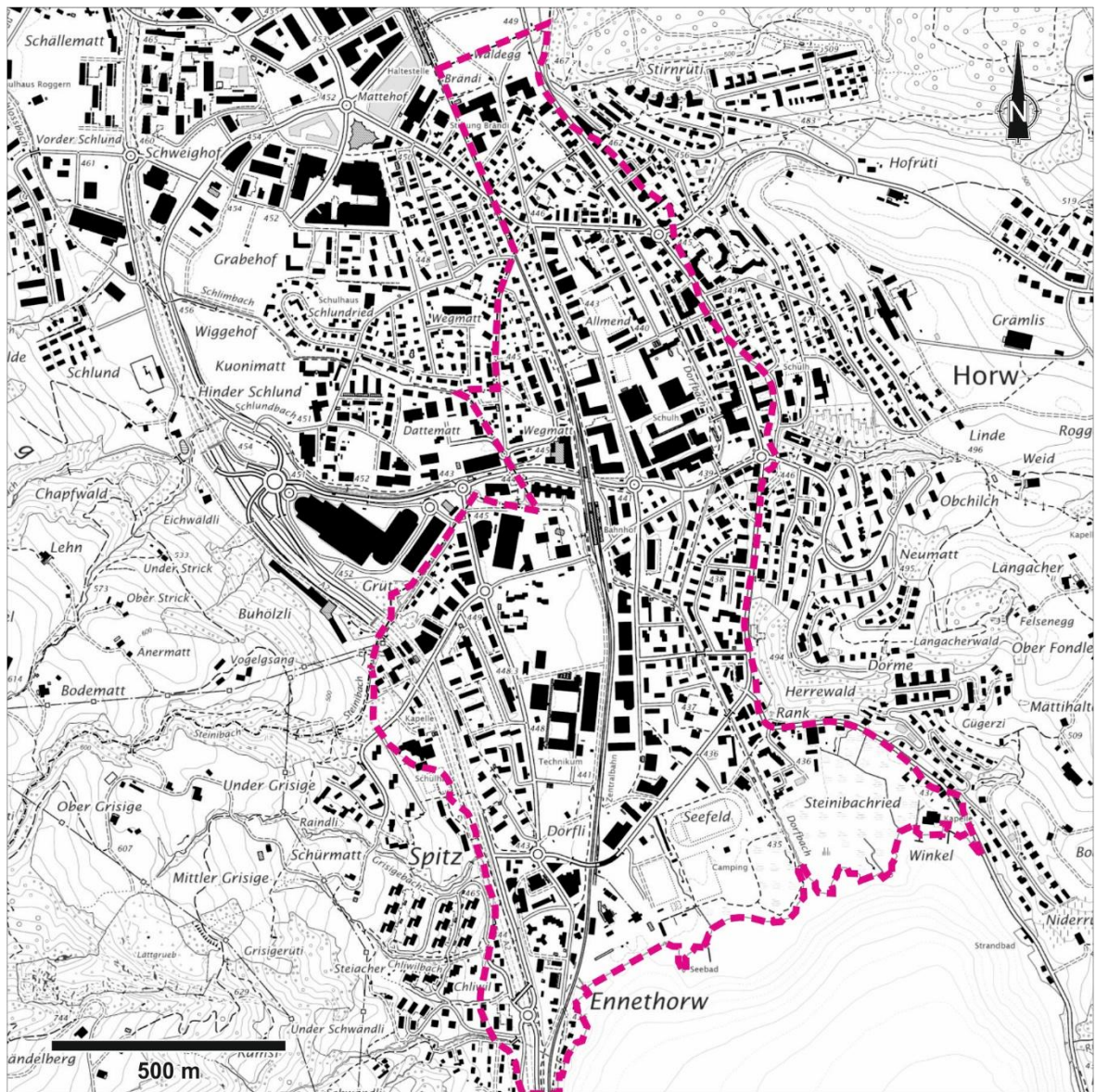


Abb. 1 Anwendungsbereich dieses Merkblatts im Bereich der Talgrundwasservorkommen im Gemeindegebiet von Horw (KANTON LUZERN, RAWI; 2026 / KELLER+LORENZ AG, 2021a).

2 GRUNDLAGEN

BUWAL (2004): Wegleitung Grundwasserschutz. Vollzug Umwelt, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.

GEWÄSSERSCHUTZGESETZ vom 1. Januar 1991 (GSchG, SR814.20).

GEWÄSSERSCHUTZVERORDNUNG vom 28. Oktober 1998 (GSchV, SR814.201).

SCHWEIZERISCHER INGENIEUR- UND ARCHITEKTENVEREIN: Massgebende, aktuelle SIA-Normen (insbesondere 102, 103, 106, 112).

- UMWELT ZENTRALSCHWEIZ (2024): Bauen im Grundwasser, Berechnungsgrundlagen. Merkblatt (Ausgabe Januar 2024).
- VERBAND SCHWEIZER ABWASSER- UND GEWÄSSERSCHUTZFACHLEUTE (VSA, 2024): Gewässerschutz in Industrie und Gewerbe, Baustellen. Merkblatt (Ausgabe August 2024).
- KANTON LUZERN, RAWI (2026): Grundbuchplan, Gewässerschutzkarte, <https://geoportal.lu.ch/karten>, Zugriff Mai 2026.
- KELLER+LORENZ AG (2022): Bauen im Grundwasser, Talboden Horw, Risikoanalyse, datiert 18.05.2022.
- KELLER+LORENZ AG (2021a): Bauen im Grundwasser, Talboden Horw, Hydrogeologisches Kurzgutachten Grundwasserkarte mit Isohypsen der Grundwasserdruckfläche bei Mittelwasserstand im mittleren und unteren Grundwasser-Stockwerk, datiert 04.06.2021.
- KELLER+LORENZ AG (2021b): Bauen im Grundwasser, Talboden Horw, Geologisches Kurzgutachten Hinweiskarte zur Mächtigkeitsverteilung von Torfablagerungen, datiert 25.10.2021.
- KELLER+LORENZ AG (2018): Ebene Kriens - Horw – Luzern, Geologisch-hydrogeologische Profile 1:5'000 / 2'500, datiert 14.01.2018.
- KELLER+LORENZ AG: Diverse Gutachten aus dem Archiv.

3 BESTEHENDE GRUNDDISPOSITION

3.1 GEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE

Vereinfacht lässt sich der Baugrund im Horwer Talboden wie folgt beschreiben (Abb. 2):

- Unterhalb verbreiteter künstlicher Auffüllungen steht eine ca. 10 m bis 20 m mächtige Abfolge aus geschichteten, eher feinkörnigen, d. h. tonig-siltig-sandigen Überschwemmungsablagerungen, Verlandungsbildungen und Teichablagerungen mit Torf an. Diese Abfolge wird gegen Norden hin generell sandiger und geht seewärts tw. in weiche Seeablagerungen über. Bedingt durch die Entstehung sind diese Lockergesteine weich bzw. locker gelagert und deshalb bei Erschütterung oder Entwässerung besonders setzungsanfällig, speziell auch was Torf anbelangt (vgl. KELLER+LORENZ AG, 2021b).
- In dieser feinkörnigen Matrix sind kiesig-sandige Bachrinnenablagerungen des Krienbachs mit lateral begrenzter Geometrie und Mächtigkeit eingelagert («spaghettiförmig»).
- Darunter folgt eine Beckenfüllung grösstenteils aus einer Wechschichtung aus spät- und nacheiszeitlichen Delta- sowie Schwemmfächerablagerungen die fern des Schützungszentrums mit Seeablagerungen verzahnen und bis in grössere Tiefe reichen. Diese heterogene Abfolge weist bedingt durch ihre Genese ein breites Kornspektrum von tonig-siltig bei Seeablagerungen bis kiesig-sandig bei Delta- und Schwemmfächerablagerungen auf.
- Darunter stehen Moränenablagerungen über dem Felsbett aus Molassefelsen an.

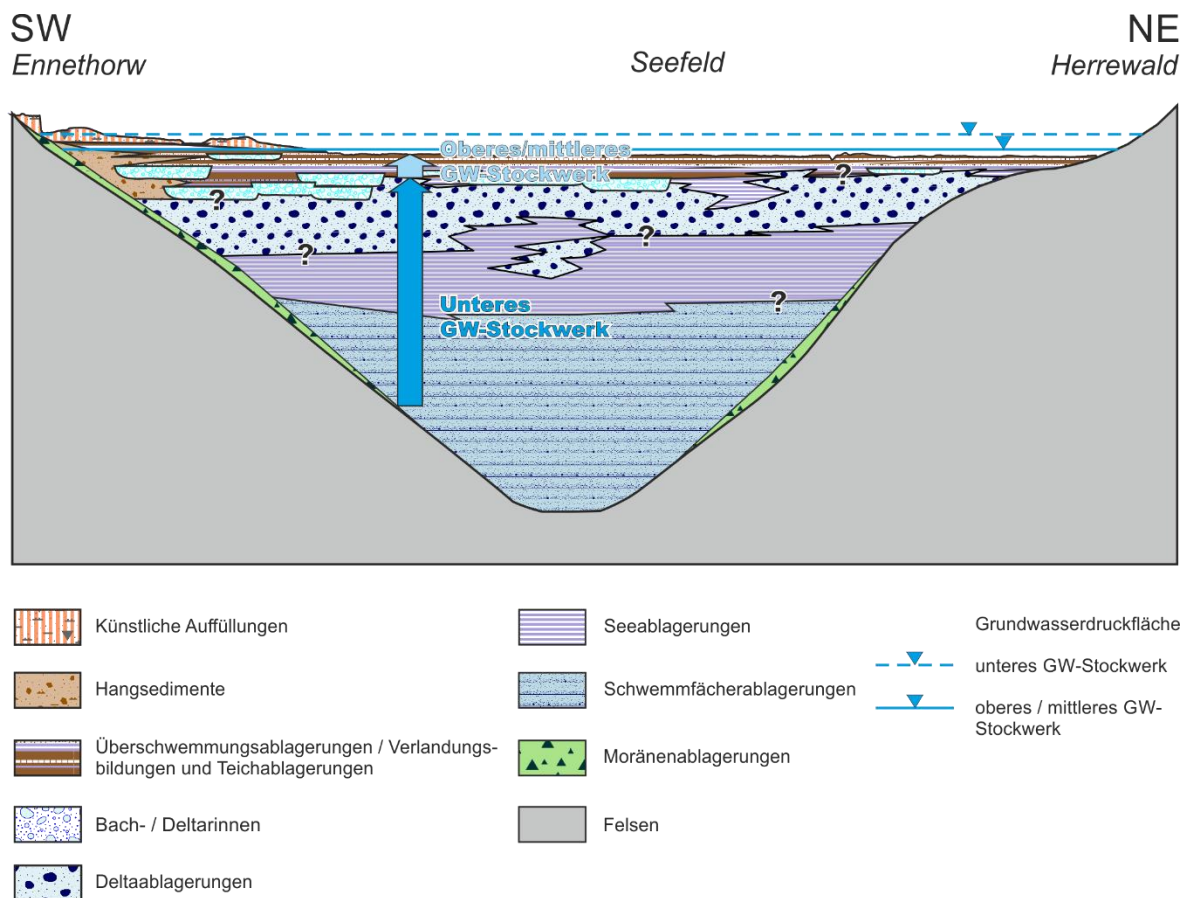


Abb. 2 Schematisches geologisch-hydrogeologisches Querprofil von Horw (KELLER+LORENZ AG, 2018). Die oberhalb der Geländeoberfläche liegenden Grundwasserdruckflächen verdeutlichen die artesischen Druckverhältnisse.

3.2 HYDROGEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE

Der von Westen in der Talebene Obernau - Kriens herkommende Grundwasserstrom teilt sich im Gebiet Grosshof in zwei Arme auf: Der eine fliesst aus Südwesten im Gebiet Eichhof der Stadt Luzern zu, der andere der Horwer Seebucht entgegen. Als hauptsächliche Fliesswege wirken dabei die grobkörnigeren Bachrinnen sowie die darunter liegenden Delta- und Schwemmfächerablagerungen.

Dabei sind im Talboden von Horw komplizierte Grundwasserverhältnisse mit freien und unterschiedlich gespannten bis artesisch gespannten Grundwasser-Stockwerken vorhanden, die wie folgt zusammengefasst werden können (Abb. 2):

- Das **obere freie Grundwasser-Stockwerk** liegt in den heterogenen künstlichen Auffüllungen und insbesondere in den durchlässigen, obersten Lockergesteinszonen inkl. Torfschichten des natürlichen Untergrundes. Es wird basal durch die grundwasserstauenden Überschwemmungsablagerungen und Teichablagerungen sowie

Verlandungsbildungen und im Süden von Seeablagerungen begrenzt. Dieses obere freie Stockwerk ist vor allem durch Werkleitungen und bestehende Untergeschosse *stark beeinflusst oder bereichsweise drainiert*.

- Die in der Matrix der grundwasserstauenden Überschwemmungsablagerungen, Teichablagerungen sowie Verlandungsbildungen eingelagerten Bachrinnen sowie besser durchlässige Torfschichten bilden jeweils eigenständige, nicht oder nur undeutlich miteinander kommunizierende, gespannte Grundwasserleiter begrenzter räumlicher Ausdehnung. Diese können als äusserst *heterogenes mittleres gespanntes Grundwasser-Stockwerk* zusammengefasst werden, welches ein *subartesisches und in Teilen des Horwer Talbodens artesisches* Druckniveau aufweist.
- In den besser durchlässigen Schichten der Delta- sowie Schwemmfächerablagerungen mit Seeablagerungen zirkuliert ein **unteres gespanntes Grundwasser-Stockwerk** von grosser lateraler Ausdehnung über weite Bereiche des Beckens. Seine Grundwasserdruckfläche ist in grossen Teilen des Horwer Talbodens erheblich *artesisch gespannt*. Im Horwer Dorfzentrum liegt die artesische Druckfläche bei Grundwasserhöchststand bis > 6 m über Terrain, was schweizweit einmalig ist. Grundwasserstauende Überschwemmungsablagerungen, Verlandungsbildungen und Teichablagerungen bilden den nach oben abdichtenden Stauer dieses unteren Grundwasser-Stockwerks.

3.3 GEWÄSSERSCHUTZ

- Gemäss der Gewässerschutzkarte des Kantons Luzern liegt der Projektperimeter im **Gewässerschutzbereich A_u**. Für dieses Gebiet ist speziell zu beachten, dass sich der Gewässerschutzbereich A_u (kantonale Zuständigkeit) nur auf das **untere, gespannte Grundwasser-Stockwerk** bezieht, während das obere und mittlere Grundwasser-Stockwerk dem übrigen Bereich zugeordnet werden (Zuständigkeitsbereich der Gemeinde).
- Bauten, die in das gewässerschutzrechtlich relevante untere Grundwasservorkommen hineinreichen oder dieses beeinflussen, z. B. Pfähle oder tiefe Baugrubenabschlüsse wie Spundwände sowie Filterbrunnen bedürfen daher einer gewässerschutzrechtlichen Bewilligung der kantonalen Dienststelle Umwelt und Energie. Um für Bauten unter die Grundwasserdeckfläche eine Bewilligung erlangen zu können, ist ein hydrogeologischer, rechnerischer Unbedenklichkeitsnachweis über den Einfluss des Bauwerks auf die Durchflusskapazität inkl. Interessenabwägung zu erbringen (Anhang 4, Ziff. 2 GSchV), welcher jeweils als separater Bericht dem Baugesuch beigelegt werden muss.
- Im Hinblick auf die Bauausführung sind die erforderlichen Überwachungs-, Alarm- und Bereitschaftsdispositive zu erstellen (Art. 31 GSchV).
- Aus gewässerschutzrechtlichen Gründen dürfen auf keinen Fall vertikale Verbindungen zwischen dem unteren, dem mittleren und dem oberen Grundwasser-Stockwerk hergestellt werden (Art. 43 GSchG).

- Permanente Grundwasserabsenkungen bzw. -ableitungen in Zusammenhang mit Bauten sind nicht zulässig (BUWAL, 2004).
- Obwohl nicht nutzbar und deshalb nicht vom Gewässerschutzbereich A_u geschützt (s. o.), bergen das **obere und insbesondere das mittlere Grundwasser-Stockwerk** mit setzungsanfälligen Lockergesteinen inkl. Torf bei unvorsichtiger Vorgehensweise oder kritischen Tiefbauarbeiten ein **erhebliches Schadenspotential**.
- Dabei sind bei Schäden an Infrastruktur Dritter auch privatrechtliche Belange von Bedeutung. Diese zeigen sich im Horwer Talboden einerseits durch Setzungen von unzureichend fundierten Bauten wie Strassen, Werkleitungen und Gebäude (vgl. Kap. 4.2). Andererseits treten z. B. Grundwasseraufstösse oder Vernässungen auf.

4 RISIKEN VON TIEFBAUARBEITEN

4.1 NATÜRLICHE GRUNDDISPOSITION

Bei Tiefbauarbeiten ist der **natürlichen Grunddisposition** mit dem setzungsanfälligen Baugrund (Kap. 3.1) inkl. Grundwasser-Stockwerkbau (Kap. 3.2) grosse Beachtung zu schenken. Deshalb bestehen grundsätzlich gebührend zu beachtende Risiken von **natürlichen Kriechsetzungen** und **differenziellen und absoluten Setzungen** oder schichtweise Verluste von Mantelreibung an Tiefenfundationen bei **Erdbeben**.

4.2 TIEFBAUARBEITEN

Bei Tiefbauarbeiten in der vulnerablen Horwer Talebene bestehen mehrere **baubedingte potentielle Schadensursachen in Zusammenhang mit Grundwasser und den setzungsanfälligen Lockergesteinen**, die nachstehend aufgeführt sind. Dazu sind daraus folgende **Konsequenzen** bei fehlerhafter Planung und Ausführung von Tiefbauarbeiten aufgeführt:

- **Vertikale Verbindungen zwischen Grundwasser-Stockwerken** entlang von z. B. Pfählen, nach Rückzug von Spundwänden oder Sondierungen:
 - Druckentspannung mit Setzungsrisiken.
 - Grundwasseraufstösse / Vernässungen.
 - Permanenter Grundwasseranfall / Entsorgungsproblem.
 - Unzulässig gemäss Art. 43 GSchG.
- **Ungenügende Druckentspannungen Grundwasser-Stockwerke** in Baugruben z. B. mittels Filterbrunnen:
 - Hydraulischer Grundbruch / Sohlaufbruch.
 - Folglich Druckentspannung im unteren Grundwasser-Stockwerk (siehe oben).

- **Unzulässige Druckentspannung Grundwasser-Stockwerke** von Baustellen auf deren Umgebung, wobei die Reichweite aufgrund rascher Druckausbreitung (1 km pro Stunde!) zu sehr grossen potenziellen Schadensperimetern führen:
 - Setzungen / Verkippungen bei umliegenden Bauten, Plätzen, Werkleitungen (Brüche bei Übergängen) etc.
 - Einschränkung bestehender Grundwassernutzungen.
- **Dauerhafter Aufstau bzw. Entspannung der Grundwasserdruckflächen** durch Einbauten:
 - Terrainhebungen / -setzungen.
 - Grundwasseraufstösse / Vernässungen / Eindringen von Grundwasser in Untergeschosse.
 - Permanenter Grundwasseranfall / Entsorgungsproblem.
 - Einschränkung bestehende Nutzungen und generelle Nutzbarkeit.

Nachstehend sind zur Übersicht die **gängigen Tiefbaumassnahmen** im Grundwasser in Horw den erkannten **potentiellen Schadensursachen gegenübergestellt** (Tab. 1):

Geotechnisch-hydrogeologische potentielle Schadensursache / Baumassnahme im Grundwasser	Vertikale hydraulische Verbindungen / Wasseraufstösse	Ungenügende Druckentspannung Grundwasser-Stockwerke (Baugrube)	Unzulässige Druckentspannung Grundwasser-Stockwerke von Baustellen (Umgebung)	Dauerhafter Grundwasser-aufstau / -entspannung
Sondierungen / grabenloser Leitungsbau	++	+	-	-
Baugrubenaushub	++	++	+	+
Wasserhaltung	++	++	++	++
Baugrubenabschluss	++	-	+	++
Tiefenfundationen	++	-	+	+
Untergeschosse / Hinterfüllung	++	-	-	++

Tab. 1 Übersicht über potenzielle Schadensursachen bei fehlerhafter Ausführung von Tiefbauarbeiten im Horwer Talboden.

Es bedeuten in Anlehnung an AS/NZS: ++ Möglich: bekannte Historie einzelner Ereignisse.

+ Ungewöhnlich: einzelne Vorkommnisse, von Zeit zu Zeit.

- Selten: nur unter aussergewöhnlichen Umständen.

Daneben existieren im Horwer Talboden **weitere geotechnische Risiken** in Zusammenhang mit dem **setzungsempfindlichen Baugrund**, z. B. Setzungen bei Geländeschüttungen, die aber nicht Bestandteil dieses Merkblatts sind.

Fazit:

Die bestehende, **sehr ungünstige Disposition** mit sehr setzungsanfälligen Lockergesteinen und verbreitet bis artesisch gespannten Grundwasser-Stockwerken weist eine **stark erhöhte Vulnerabilität** auf. Störungen durch **Tiefbauarbeiten bergen relevante Gefährdungsbilder bzw. Schadenrisiken**. Dieser Baugrund verlangt nach vertieften, **risikobasierten Massnahmen** (Kap. 5).

5 CHECKLISTE RISIKOMINDERNDE MASSNAHMEN

Zur Reduktion der bekannten Risiken durch Tiefbauarbeiten bei der vulnerablen natürlichen Grunddisposition bedingt **risikomindernde Massnahmen**. In der beiliegenden **Checkliste** sind die **wichtigsten Massnahmen** aufgeführt (Anhang 1), wobei diese aber keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt und sich auf bekannte Bauverfahren bezieht. Sie ist durch die Planer und Behörde objektspezifisch zu verifizieren, speziell auch bei neuen / anderen Verfahren.

Luzern, 10.06.2026 /IS/FB/ME/BK/is

Keller+Lorenz AG

Geotechnik Geologie Hydrogeologie
Naturgefahren Altlasten

I. Schwenk *B. Keller*

I. Schwenk

Dr. B. Keller

Sachbearbeitung:

Merkblatt / Checkliste:Dr. F. Bissig, I. Schwenk

Projektleitung: I. Schwenk

Review, Qualitätssicherung:M. Ehrler, Dr. B. Keller

Anhang

Anhang 1 Checkliste Bauen im Grundwasser, Talboden Horw.