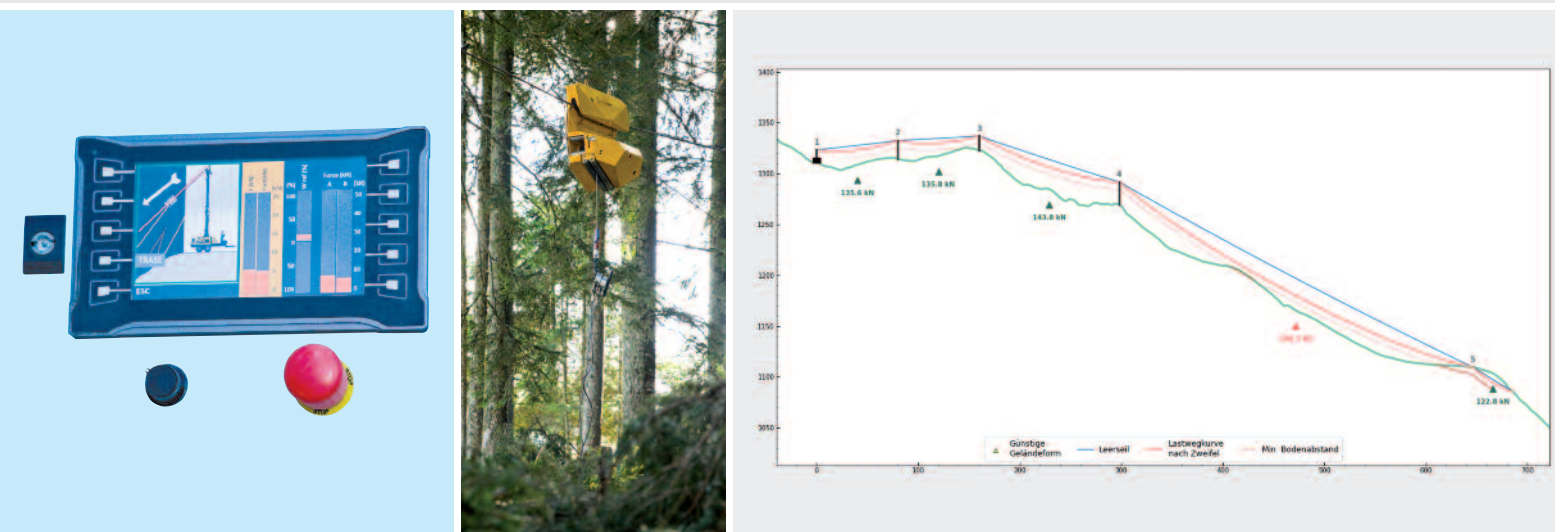


Handbuch zur digitalen Planung von Seillinien



mit dem QGIS Plugin Seilaplan für Österreich

Dieses Handbuch in der aktuellen Fassung wurde im Rahmen des Projektes „Digitale Planung im Seilgelände“ erstellt.

Herausgeber und Eigentümer >

FHP Kooperationsplattform Forst Holz Papier

A -1030 Wien > Marxergasse 2/4. Stock > www.forstholzpapier.at

© alle Rechte vorbehalten

Autoren:

1. Auflage 2023 >

Leo Bont, Stephan Böhm, Laura Ramstein, Janine Schweier, Christian Kanzian

Projekt >

Dieses Handbuch in der aktuellen Fassung wurde im Rahmen des Projektes „Digitale Planung im Seilgelände“ erstellt.

Projektleitung >

Christian Kanzian, Janine Schweier

Finanzierung >

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft

Plugin Seilaplan >

Entwicklung > Patricia Moll

Wissenschaftliches Konzept > Leo Bont, Hans Rudolf Heinimann

Zitiervorschlag für das Plugin Seilaplan >

Bont, L. G., Moll, P. E., Ramstein, L., Frutig, F., Heinimann, H. R., & Schweier, J. (2022). SEILAPLAN, a QGIS plugin for cable road layout design. Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering, 43(2), 241-255.

Zitiervorschlag für den Code von Seilaplan >

Moll, P. E., Bont, L. G., Ramstein, L., Frutig, F., Heinimann, H. R., & Schweier, J. (2022). SEILAPLAN, a QGIS plugin for cable road layout design, version 3.5.0, <https://github.com/piMoll/SEILAPLAN>

Handbuch >

Text und Abbildungen > Stephan Böhm

Korrektur > Laura Ramstein, Leo Bont, Christian Kanzian

Grafik >

www.creativstudios.at



Gedruckt auf PEFC zertifiziertem Papier. PEFC liefert den Nachweis, dass die eingesetzten Rohstoffe aus nachhaltiger Waldbewirtschaftung stammen. www.pefc.at • Druck: Print Alliance HAV Produktions GmbH Bad Vöslau

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	2	5.2.2 Höheninformationen aus einem Geländeprofil	16
2	Einleitung	2	5.3 Verlauf der Seillinie	16
3	Installation der benötigten Software-Produkte	3	5.3.1 Geländelinie	18
3.1	Installation von QGIS	4	5.4 Eigenschaften der Seillinie	18
3.2	Installation von Seilaplan	4	5.4.1 Seillinie	18
			5.4.2 Maschinendaten	19
4	Digitale Höhenmodelle	6	5.5 Manuelle Anpassung der Seillinie	20
4.1	Beschaffen von digitalen Höhenmodellen	6	5.5.1 Stützen	20
4.2	Einbinden eines digitalen Geländemodells in ein QGIS-Projekt	9	5.5.2 Tragsystem	20
4.2.1	Verschmelzen	9	5.5.3 Kennwerte	22
4.2.2	Virtuelles Raster	12	5.5.4 Vogelperspektive	22
4.2.3	Erstellen einer Schummerung zur besseren Visualisierung	12	5.5.5 Kopfdaten	24
4.2.4	Temporäre Layer in permanente Layer umwandeln	14	5.6 Automatische Optimierung der Seillinie	25
4.3	Einbinden eines digitalen Oberflächenmodells	14	5.7 Speichern des Seillinien-Projekts	25
4.4	Einbinden eines Orthofotos als WMTS Layer	14	5.8 Öffnen eines Seillinienprojekts	25
5	Erstellen eines Seillinien-Projektes	16	6 Ausgaben und Berichte	26
5.1	Projekt	16	6.1 Diagramm	26
5.2	Terraindaten	16	6.2 Kurzbericht	26
5.2.1	Höheninformationen aus einem digitalen Geländemodell	16	6.3 Technischer Bericht	28
			6.4 Geodaten	28
			6.4.1 CSV-Dateien	28
			6.4.2 Weitere Dateiformate	28
			7 Literaturverzeichnis	29
			8 Anhang	30

Vorwort

In diesem Handbuch wird die digitale Planung einer Seillinie mit der Software Seilaplan (Bont et al. 2022a) vorgestellt. Seilaplan wird zusammen mit QGIS, einem Open-Source Geoinformationssystem, verwendet. In den folgenden Kapiteln werden die Installation von Seilaplan und QGIS, die Beschaffung von nützlichen Fernerkundungsdaten als Grundlage für die Planung sowie das Vorgehen bei der digitalen Projektierung einer Seiltrasse beschrieben.

Die vorliegende Fassung dieses Handbuches bezieht sich auf QGIS 3.22 und Seilaplan 3.5.0

Begleitend zu diesem Handbuch ist auf Youtube eine Video-Tutorialreihe verfügbar, die sich auf Seilaplan 3.4.1 bezieht. Der wesentliche Unterschied ist die Funktion „Vogelperspektive“ zur Symbolisierung der Bauelemente in der Diagrammausgabe. In der Video-Tutorialreihe werden die wesentlichen Schritte der Bedienung vorgezeigt.

Das Vorgehen wird an einem Beispiel illustriert und mit einer solchen Box hervorgehoben.

Einleitung



Link zum Video-Tutorial:
Seilaplan Einstieg – Tutorialreihe zur digitalen Planung im Seilgelände - YouTube

Seilaplan steht für Seilkran¹ Layout Planer und wurde von Dr. Leo Bont und Patricia Moll von 2013 bis 2015 an der ETH Zürich entwickelt und seit 2019 an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL kontinuierlich weiterentwickelt. Es handelt sich um ein Plugin, welches als Erweiterung für das Open-Source Geoinformationssystem „QGIS“ heruntergeladen werden kann. Seilaplan kann basierend auf Geländeinformationen zwischen definierten Anfangs- und Endkoordinaten das optimale Seillinienlayout berechnen. Die Anwendung ist für mitteleuropäische Verhältnisse konzipiert und geht von einem Tragseil aus, das an beiden Enden fix verankert ist (Bont et al. 2022b).

Das Plugin Seilaplan ermöglicht die digitale Projektierung einer Seillinie auf einer ausgewählten Fläche unter Beachtung des Längsprofils. Die Lastwegkurve des Tragseils wird gemäß der Kettenlinie nach der Formel von Zweifel (1960) ermittelt. Mit Hilfe eines digitalen Geländemodells, den definierten Anfangs- und Endkoordinaten der Seillinie, Maschinendaten und technischen Seillinien-Parametern werden der Seildurchhang und die Kräfte im Seilsystem berechnet.

Um einen ausreichenden Bodenabstand der Last zu gewährleisten und sicherzustellen, dass die zulässigen Kräfte nicht überschritten werden, kann die Position und die Höhe der Stützen automatisiert oder manuell geplant werden (Bont und Heinemann 2012). Im Falle der automatisierten Planung, kann das vorgeschlagene Seillinienlayout nachträglich angepasst werden.

Das Ergebnis ist ein Seillinienlayout, das in Form von PDF-, Shape-, KML-, CSV und DXF-Files gespeichert werden kann. Die Kennwerte der Seillinie werden in einem Kurzbericht und in einem detaillierten technischen Bericht ausgegeben. Seilaplan bietet eine schnelle, einheitliche, digitale und teilautomatisierte Alternative zum konventionellen Planungsverfahren, bei dem Feldaufnahmen, händisches Aufzeichnen und Ausrechnen der Kräfte nötig sind. Beim konventionellen Verfahren müssen Schrägdistanz und Neigung auf der geplanten Seiltrasse mit Hilfe von Kompass, Neigungsmesser und Fadendistanzmessgerät für eine genaue Längsprofilaufnahme ermittelt werden. Alternativ dazu kann das Längsprofil auch mit einem elektronischen Messgerät wie z.B. dem Haglöf Vertex aufgenommen und in das Plugin Seilaplan importiert werden.

Anker- und Stützenbäume, wie auch der Endmast müssen sowohl bei der digitalen Planung, als auch bei der konventionellen Planung nach Dimension und Vitalität im Feld ausgewählt und beurteilt werden. Die Position dieser Bäume kann auch mit einem Smart Device erhoben oder über Orthofotos bestimmt und in QGIS eingepflegt werden.

¹ Der Begriff „Seilkran“, welcher im Plugin verwendet wird, ist vorwiegend in der Schweiz und in Deutschland in Gebrauch. Das österreichische Forstgesetz 1975 kennt „forstliche Materialseilbahnen“ und die AMVOLuFw – Arbeitsmittelverordnung kennt die Begriffe „Seilbringungsanlage“ und „Seilgerät“. In diesem Handbuch werden die Begriffe synonym verwendet.

3 Installation der benötigten Software-Produkte



Link zum Video-Tutorial:
Installationsanleitung für QGIS und
Seilaplan - YouTube

3.1 Installation von QGIS

QGIS ist ein Open-Source Geoinformationssystem das frei bezogen und installiert werden darf. Für die digitale Planung einer Seillinie mit dem QGIS Plugin Seilaplan ist lediglich die Anwendung einiger grundlegender Funktionen des Programms erforderlich.



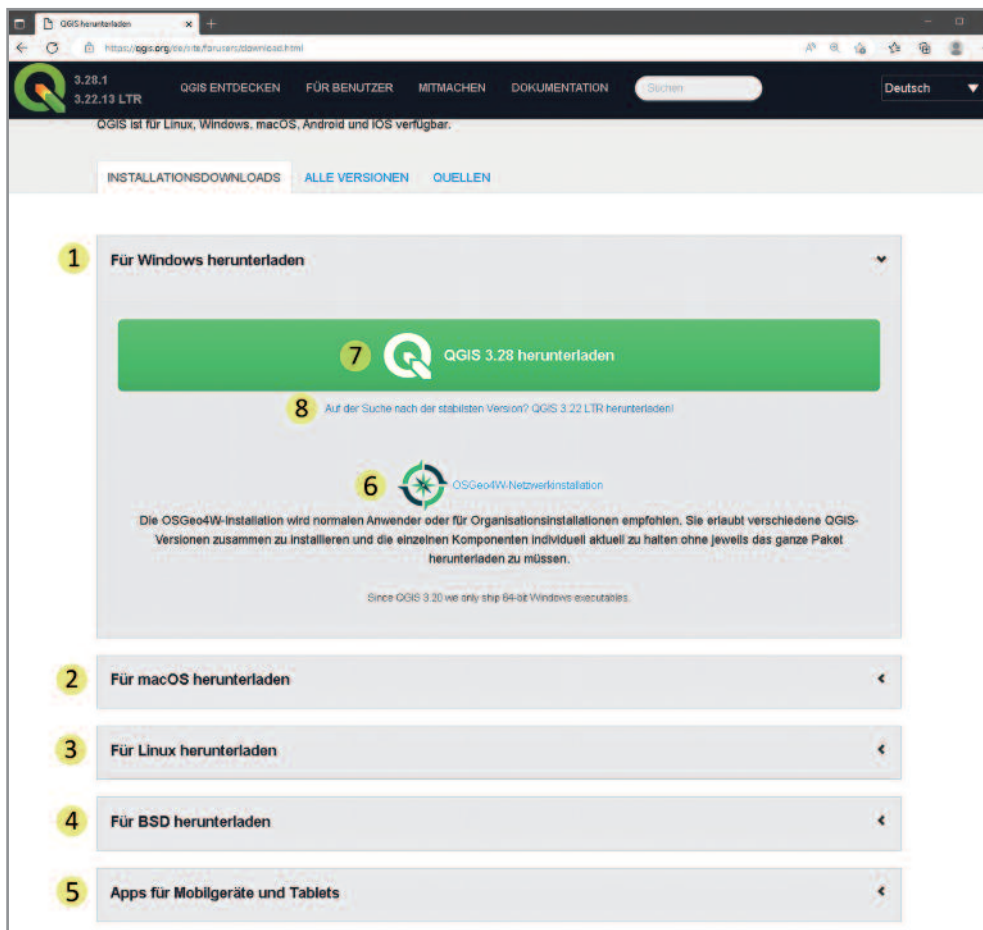
Der Link zur offiziellen Webseite
von QGIS mit eigenem Download-
Bereich lautet:
<https://qgis.org/>

Auf der Webseite können verschiedene Optionen zur Installation ausgewählt werden. QGIS ist für Windows, macOS, Linux und BSD - Systeme (Abbildung 1: Punkte 1-4) verfügbar. Außerdem stehen Versionen für mobile Endgeräte von Drittanbietern (5), sowie ältere Versionen der Software zum Download bereit. In diesem Hand-

buch wird die Installation auf einem Windows PC beschrieben.

Es besteht die Möglichkeit zwischen einer OSGeo4W-Netzwerkinstallation (6) und einer eigenständigen Installation zu wählen. Außerdem kann entweder die neueste Version (7) mit den meisten Funktionen, oder die Version mit Langzeitunterstützung (8), welche am stabilsten läuft, installiert werden. Für die digitale Trassierung von Seillinien werden die neuesten Funktionen nicht benötigt, daher empfiehlt sich die eigenständige Installation der Version mit Langzeitunterstützung (LTR, für Englisch Long Term Release). Dafür wird ca. 1 Gigabyte freier Festplattenspeicher benötigt.

Sobald der Download abgeschlossen ist, kann die Datei geöffnet werden. Unter Umständen erscheint eine Systemwarnung, die darauf hinweist, dass die Datei aus einer nicht vertrauenswürdigen Quelle stammt. Nachdem die Datei, welche von der offiziellen QGIS Website heruntergeladen wurde als vertrauenswürdig gilt, folgt ein Klick auf „Schutz entfernen“ und anschließend auf „öffnen“, wodurch sich der InstallWizard von QGIS öffnet. Nachdem die Installation von QGIS abgeschlossen ist, kann die Anwendung durch Klick auf das Icon geöffnet werden.



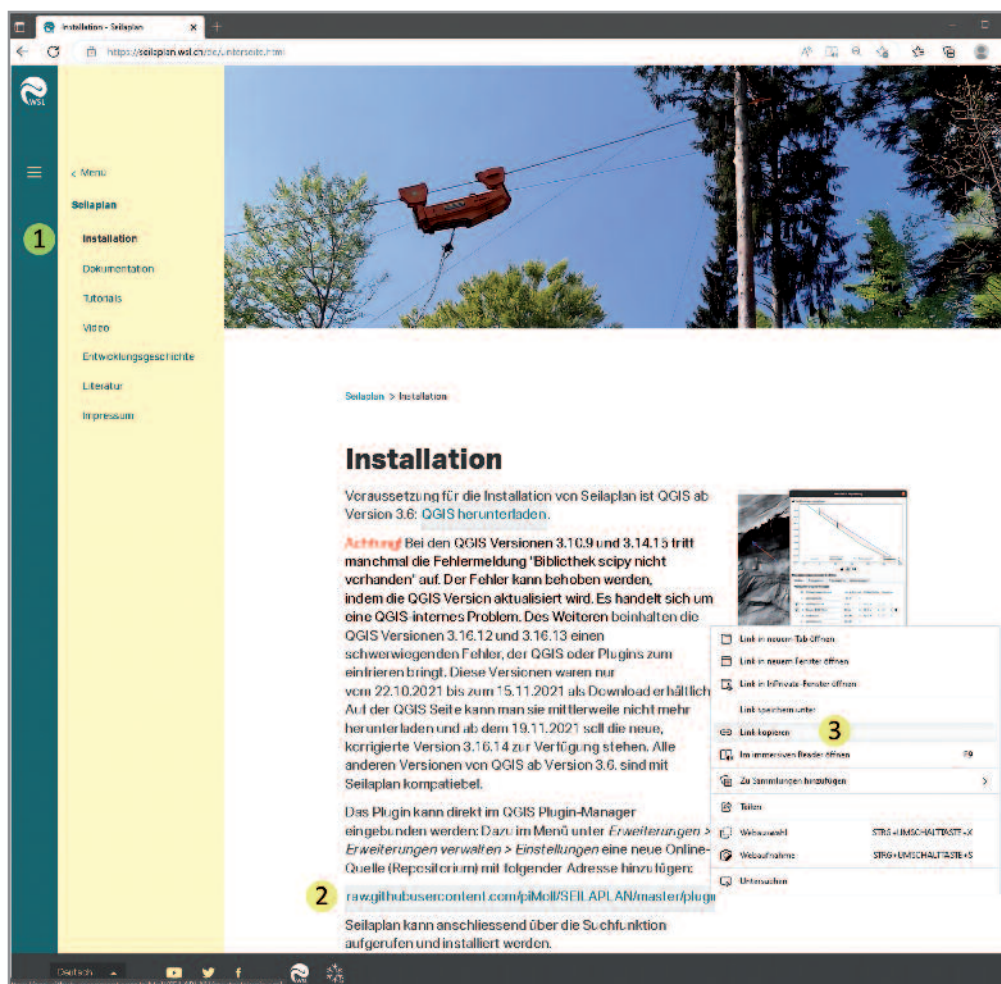
> Abbildung 1:
Downloadbereich
der offiziellen
QGIS-Internet-
seite.

3.2 Installation von Seilaplan



Der Link zur offiziellen Seilaplan-Website der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) lautet <https://seilaplan.wsl.ch/de>

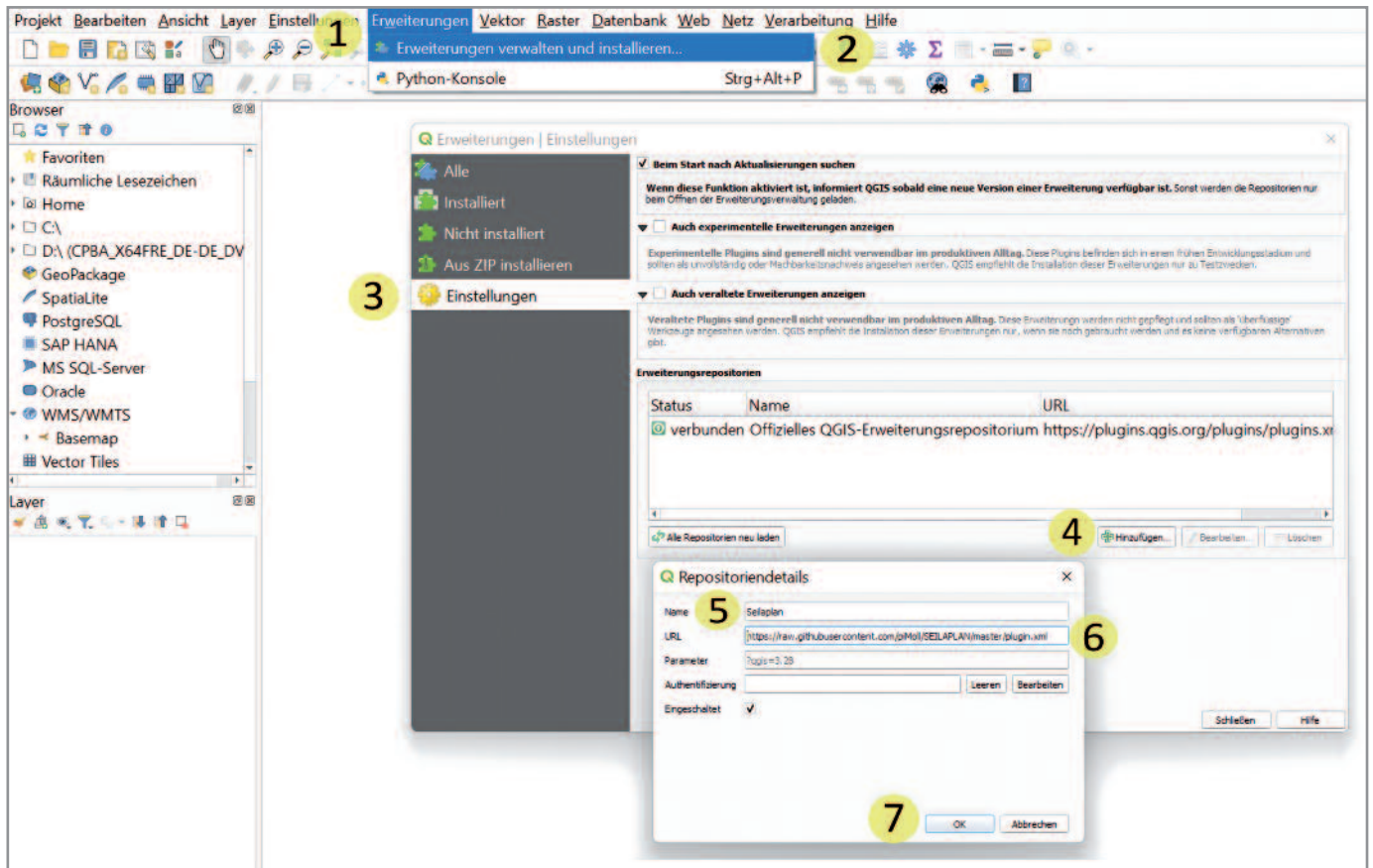
In der Menüleiste links unter „Installation“ (Abbildung 2: Punkt 1) finden sich Hinweise zu den Systemvoraussetzungen, sowie eine kurze Installationsanleitung. Für die Installation in QGIS muss der obere, grau hinterlegte Link (2, <https://raw.githubusercontent.com/pi-Moll/SEILAPLAN/master/plugin.xml>) mit einem Rechtsklick und „Link kopieren“ (3) kopiert werden.



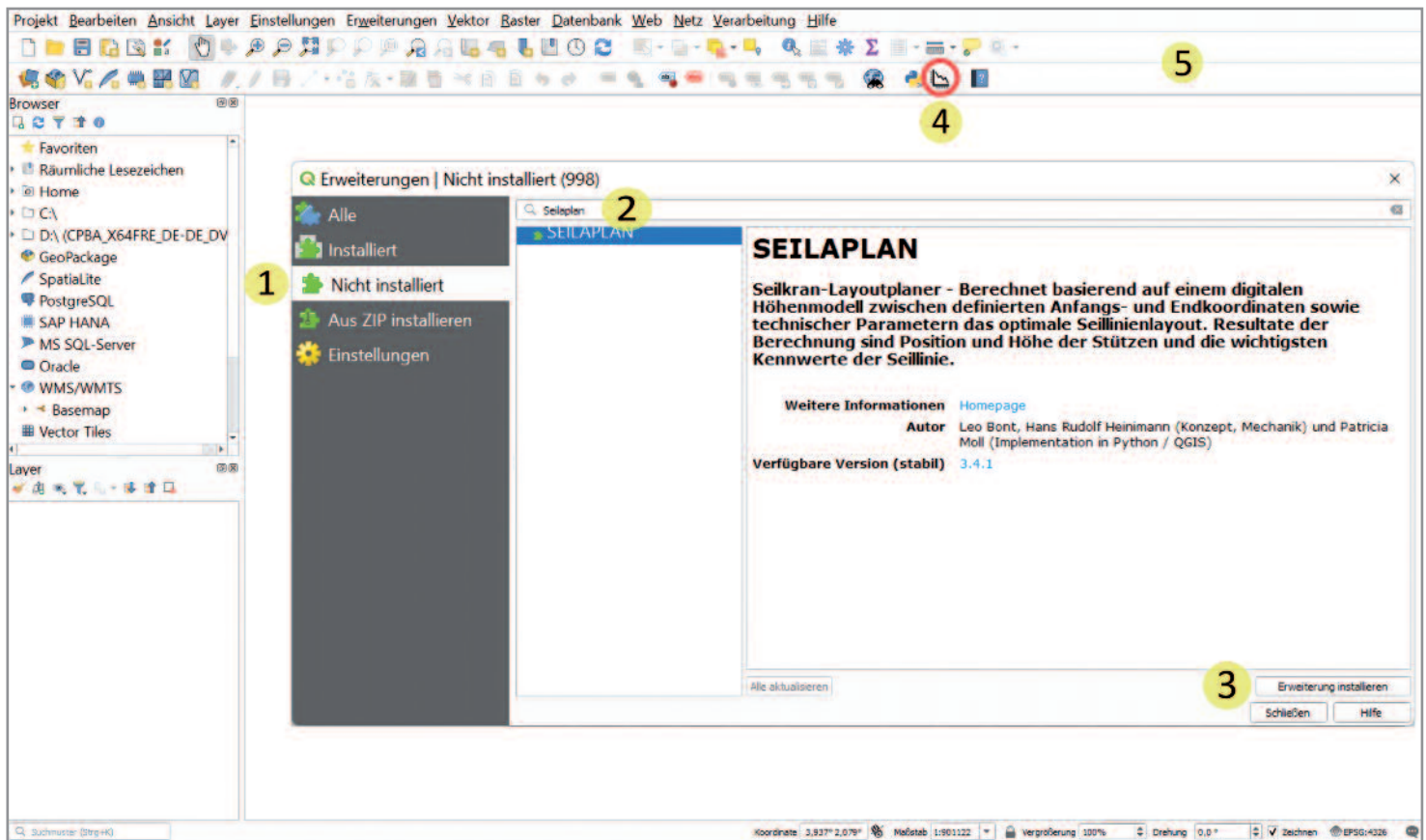
> Abbildung 2: Installationsanleitung auf der offiziellen Seilaplan-Internetseite.

Als nächstes muss die Anwendung QGIS gestartet werden. Es folgt ein Klick auf „Erweiterungen“ (Abbildung 3: Punkt 1) in der Menüwerkzeugleiste, dann ein weiterer auf „Erweiterungen verwalten und installieren“ (2). Dadurch öffnet sich das Fenster „Erweiterungen | Einstellungen“. In der Menüwerkzeugleiste links wird der letzte Punkt „Einstellungen“ (3) ausgewählt. Unter Erweiterungsrepositorien wird die Schaltfläche „Hinzufügen...“ (4) betätigt, wodurch sich das Fenster „Repositoriendetails“ öffnet. Dem neuen Repositorium kann ein frei wählbarer „Name“ gegeben werden, z.B. „Seilaplan“ (5). Es folgt ein Klick mit der rechten Maustaste in das Feld „URL“ (6). Hier wird die zuvor kopierte Adresse eingefügt. ACHTUNG: Nach dem Einfügen bitte die Adresse prüfen. Es darf zu Beginn der Adresse nur einmal die Zeichenfolge „https://“ vorhanden sein. Nach dem Prüfen auf Korrektheit der Eingaben erfolgt ein Klick auf „OK“ (7).

Das Repositorium wird jetzt in der Liste angezeigt. In der Menüleiste links wird „Nicht Installiert“ (Abbildung 4: Punkt 1) angeklickt und in der Suchleiste „Seilaplan“ (2) eingegeben. Der Eintrag wird ausgewählt, dann folgt ein Klick auf „Erweiterung installieren“ (3). Im oberen Bereich erscheint die Meldung, dass die Erweiterung erfolgreich installiert wurde. Außerdem befindet sich jetzt in der Vektorwerkzeugleiste das Seilaplan-Icon (4). Sollte das Seilaplan-Icon dort nicht aufscheinen, kann es sein, dass die Vektorwerkzeugleiste nicht angezeigt wird. In diesem Fall klickt man mit der rechten Maustaste in den leeren Bereich der Werkzeugleisten (5) und setzt ein Häkchen bei „Vektorwerkzeugleiste“. Die notwendigen Werkzeuge sind jetzt installiert und das „Erweiterungen“ Fenster kann geschlossen werden.



> Abbildung 3: Schritte zur Installation des Plugins Seilaplan in QGIS - Hinzufügen eines Erweiterungsrepositoriums.



> Abbildung 4: Anleitung zur Installation des Plugins Seilaplan in QGIS - Installieren einer Erweiterung aus einem Erweiterungsrepositorium.

4 Digitale Höhenmodelle

Seilaplan benötigt Geländedaten (Terrain-daten) als Grundlage für die Seillinien-Berechnungen. Es können entweder ein Feldaufnahme-Protokoll mit Profil-Messpunkten eingelesen oder ein digitales Geländemodell (DGM) verwendet werden. Die Verwendung eines DGM erspart die Profilaufnahme im Gelände und ist nach Möglichkeit die Variante welche gewählt werden sollte.

Das DGM beschreibt die Erdoberfläche inklusive Wasserkörper und ohne Bewuchs (Abbildung 5). Oft wird auch die englische Abkürzung DTM für Digital Terrain Model verwendet. Das DGM darf nicht mit dem Digitalen Oberflächenmodell (DOM) verwechselt werden. Das DOM beschreibt die Oberfläche, die durch Bebauung und Vegetation definiert wird. Im Englischen spricht man vom Digital Elevation Model (DEM). DGM und DOM werden zusammengefasst als digitale Höhenmodelle (DHM) bezeichnet.



> **Abbildung 5: Bildliche Darstellung der Definition von digitalen Höhenmodellen (DHM).** In Rot dargestellt ist das Digitale Oberflächenmodell (DOM, englisch digital elevation model (DEM)). In Grün dargestellt ist das Digitale Geländemodell (DGM, englisch digital terrain model (DTM)).

4.1 Beschaffen von digitalen Höhenmodellen

Für die digitale Planung einer Seiltrasse wird ein DGM mit einer Auflösung von mindestens 2 x 2 m empfohlen, um gute Ergebnisse zu generieren. Das DGM muss als

Rasterdatensatz vorhanden sein. Mit einem eingebundenen WMS/WMTS (Web Map Service / Web Map Tile Service) Layer funktioniert die Planung mit Seilaplan nicht. Die Auflösung wird bei Rasterdaten als Rasterzellengröße bzw. Gitterweite angegeben.

Zwei gute Ausgangspunkte, um österreichische Geodaten im Internet zu suchen, sind



<https://www.geoland.at/site/geodata.html>



<https://www.data.gv.at/>

Für das gesamte österreichische Bundesgebiet sind DGM und DOM als Rasterdaten in einer Auflösung von 5 m bzw. 10 m vorhanden. Die meisten österreichischen Bundesländer stellen sowohl DGM als auch DOM in hoher Auflösung zur Verfügung (Tabelle 1). Für Kärnten, Niederösterreich, Salzburg, die Steiermark, Tirol, und Wien sind aktuell Rasterdaten mit 1 m Auflösung frei beziehbar. Für das Burgenland und Oberösterreich und Vorarlberg sind die DHM sogar in 0,5 m Auflösung verfügbar. Für die meisten Bundesländer können die DHM im TIF-Format geladen werden, die DHM für Vorarlberg im IMG-Format. Beide Formate können von Seilaplan verarbeitet werden. Niederösterreichische

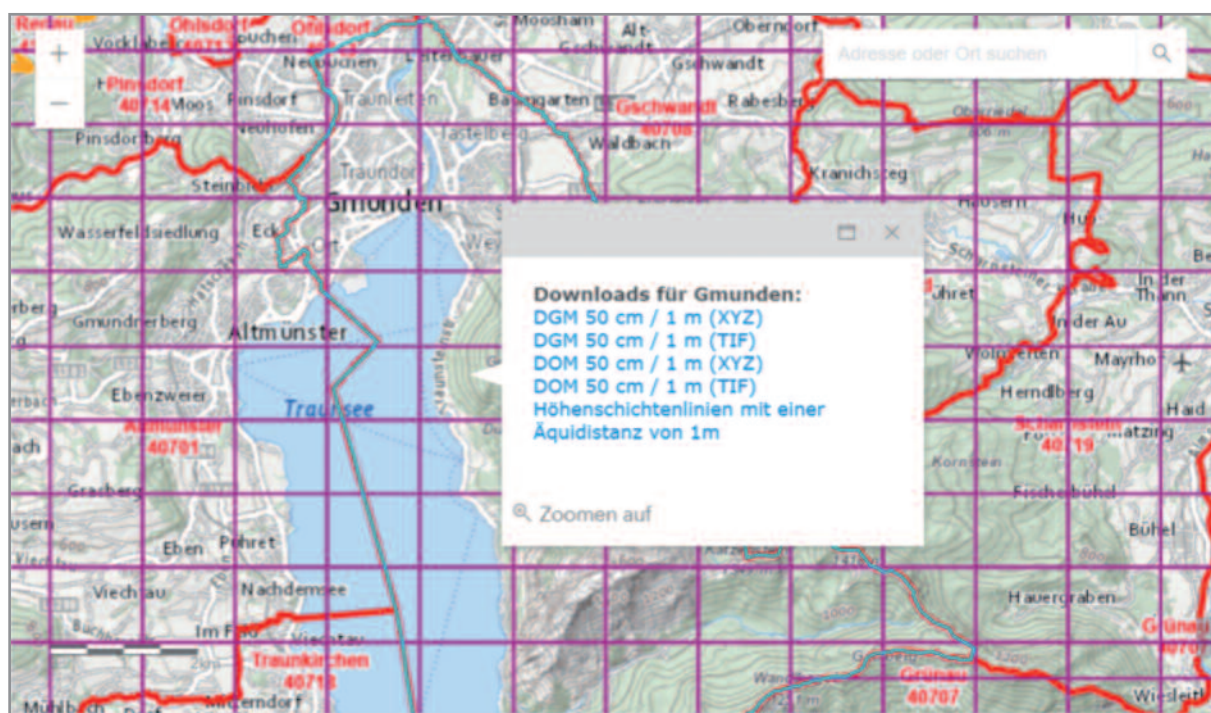
Höhendaten sind im ASC- und XYZ-Format erhältlich. Beide Formate können in QGIS ins TIF-Format konvertiert werden. Dazu wird in der Menüwerkzeuggestreife Raster -> Konvertierung -> Umwandeln (Format konvertieren) ... ausgewählt. Unter dem Reiter „Parameter“ muss der Eingabelayer ausgewählt werden. Nach einem Klick auf die Schaltfläche mit den drei Punkten rechts wird die heruntergeladene Datei (XYZ oder ASC) im Systembrowser „Datei wählen“ ausgewählt. Die restlichen Parameter müssen nicht verändert werden. Durch einen Klick auf „Starten“ wird der Prozess ausgeführt und ein neuer temporärer Layer „Umgewandelt“ im TIF-Format erscheint im Layer-Bereich.

Bundesland	Plattform	Link zu den Höhendaten	EPSG-Code	Rasterzellengröße [m]	Dateiformat
Burgenland	GeoDaten Burgenland		31256	0,5	.tif .xyz
Kärnten	KAGIS - Geoinformation Land Kärnten		31258	1	.tif
Niederösterreich	NOE Geoshop (gegen Registrierung)		31259	1	.asc .xyz
Oberösterreich	Open Data - Land Oberösterreich		31255	0,5	.tif .xyz
Salzburg	SAGIS - Salzburger Geographisches Informationssystem		31258	1	.asc .tif
Steiermark	Digitaler Atlas Steiermark		32633	1	.tif
Tirol	tiris - Tiroler Rauminformationssystem		31254 31255	1	.tif
Vorarlberg	VoGIS - Atlas		31254	0,5	.img
Wien	Geodatenviewer der Stadtvermessung Wien		31256	1	.asc .tif

> Tabelle 1: Beschaffungsquellen für DHMs in zweckmäßiger Auflösung (Rasterzellengröße) für die digitale Planung von Seillinien inklusive Angabe zu passendem Koordinatenbezugssystem (EPSG-Code) und Dateiformat, getrennt nach österreichischen Bundesländern. Stand Mai 2023, eigene Zusammenstellung.

Das Herunterladen und Einbinden eines DHM wird am Beispiel eines Waldorts in der Nähe der Gemeinde Gmunden in Oberösterreich gezeigt (Abbildung 6). Es handelt sich beim Waldort um einen west-exponierten Hang am östlichen Ufer des Traunsees. Dieser wurde ausgewählt, weil hier sowohl Wald- als auch Siedlungsgebiet und ein Wasserkörper im Kartenausschnitt zu sehen sind, was in einem abwechslungsreichen DHM resultiert. Zudem bietet das Land Oberösterreich hochauflösende DHM mit einer Rasterzellengröße von 0,5 m an.

Durch einen Klick auf den gewünschten Kartenausschnitt im online GIS System des Landes Oberösterreich öffnet sich ein Dialogfeld, in dem der gewünschte Datensatz ausgewählt wird (Abbildung 6). Geladen werden sollen das DGM sowie das DOM, jeweils im TIF-Format für das gesamte Gemeindegebiet Gmunden. Durch Klick auf den jeweiligen Link startet der Download der Zip-Dateien. Dies dauert einige Minuten, da die DHM jeweils ca. 1 Gigabyte groß sind. Die heruntergeladenen Zip-Dateien sind dann unter „Downloads“ auf der Festplatte zu finden, und können anschließend an den gewünschten Speicherort verschoben werden.



> Abbildung 6: Interaktiver Kartenausschnitt, der die Gemeinde Gmunden zeigt, im Open Data Bereich der Internetseite des Landes Oberösterreich.



Für die Schweiz können hochauflösende Geländedaten mit dem QGIS Plugin „Swiss Geo Downloader“ heruntergeladen und direkt in QGIS eingebunden werden (Ramstein et al. 2023).

Link zum Video-Tutorial:

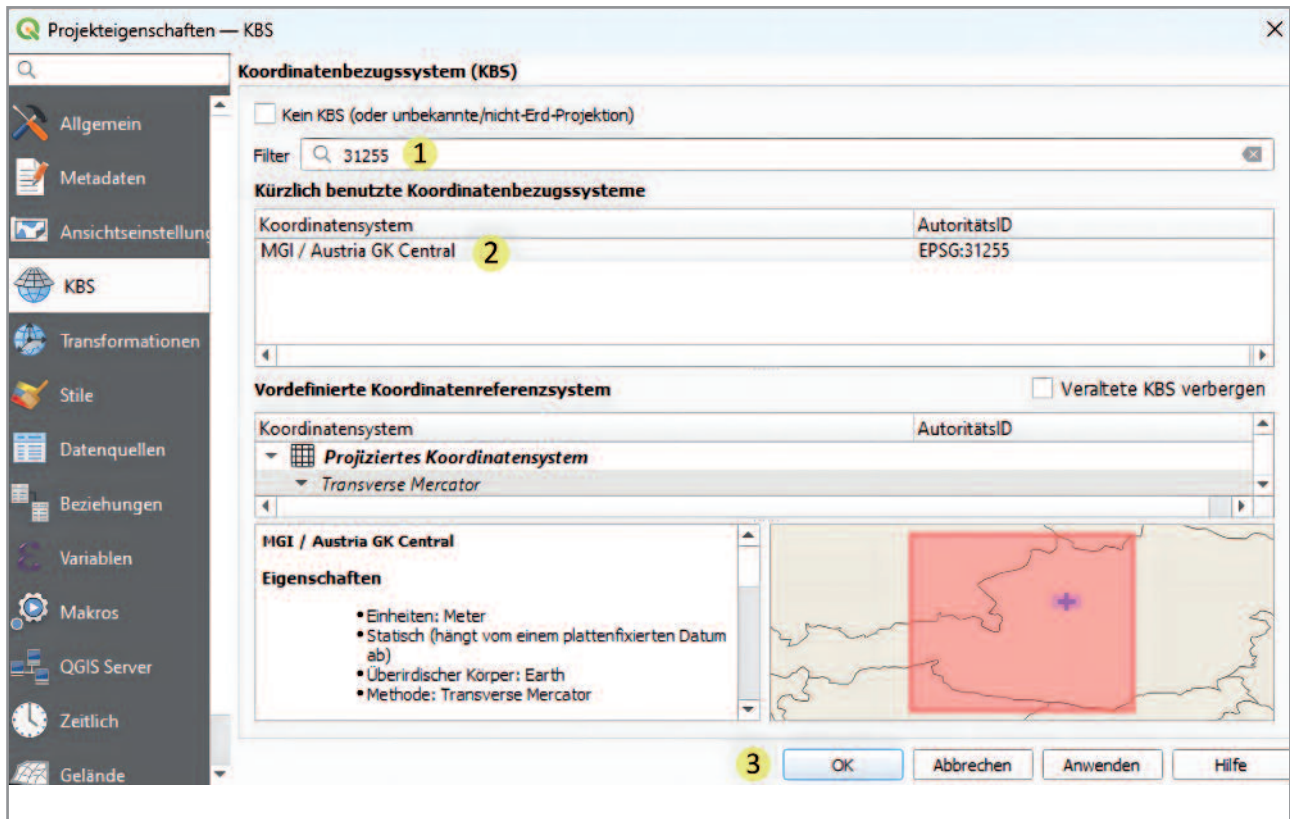
Exkurs Geodaten Schweiz: Herunterladen des DHM mit SwissGeoDownloader - YouTube

4.2 Einbinden eines digitalen Geländemodells in ein QGIS-Projekt

Im geöffneten, bzw. neu erstellten QGIS-Projekt muss als erstes das korrekte Koordinatenbezugssystem (KBS) ausgewählt werden. Sollte aktuell noch kein QGIS-Projekt geöffnet sein, kann durch einen Klick auf das „Blatt-Symbol“ in der Projekt-Werkzeugleiste ein neues Projekt erstellt werden. Jedes KBS ist über eine EPSG-Nummer eindeutig definiert. Um das KBS im QGIS-Projekt zu ändern, klickt

man rechts unten auf das Globus-Symbol, neben dem eine EPSG-Nummer angezeigt wird. Dadurch öffnet sich das Fenster „Projekteigenschaften-KBS“. In der Suchleiste „Filter“ kann die fünfstellige EPSG-Nummer eingegeben (Abbildung 7: Punkt 1) und das entsprechende KBS ausgewählt werden (2). Dann wird mit „OK“ bestätigt (3).

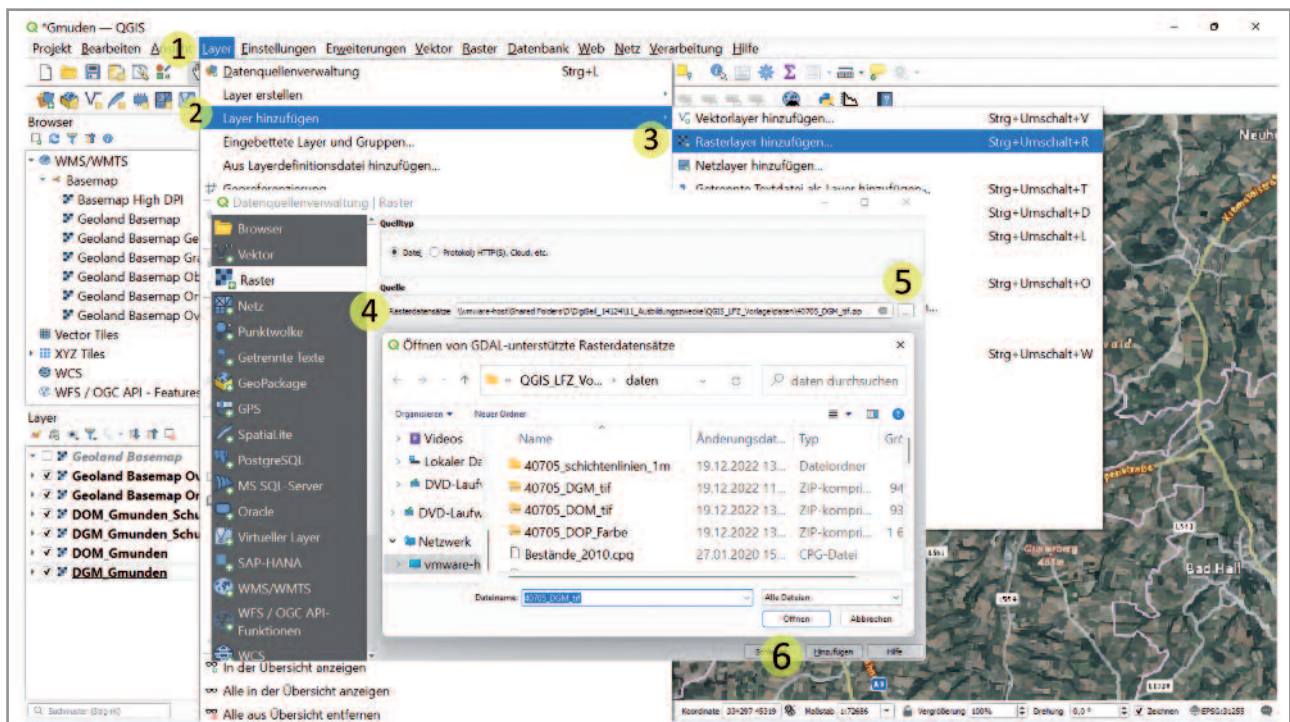
Die oberösterreichischen DHM sind im KBS „MGI / Austria GK Central“ mit der EPSG-Nummer 31255 abgespeichert (siehe Tabelle 1).



> Abbildung 7: Fenster zur Einstellung des Koordinatenbezugssystems in den Projekteigenschaften des QGIS-Projekts.

Als nächstes wird in der Menüwerkzeugleiste Layer -> Layer hinzufügen -> Rasterlayer hinzufügen (Abbildung 8: Punkte 1-3) ausgewählt. Alternativ kann die Tastenkombination Strg+Umschalt+R gedrückt werden. Es öffnet sich das Fenster „Datenquellenverwaltung | Raster“. Unter Quelle werden die Rasterdatensätze ausgewählt (4). Ein Klick auf die Schaltfläche mit den

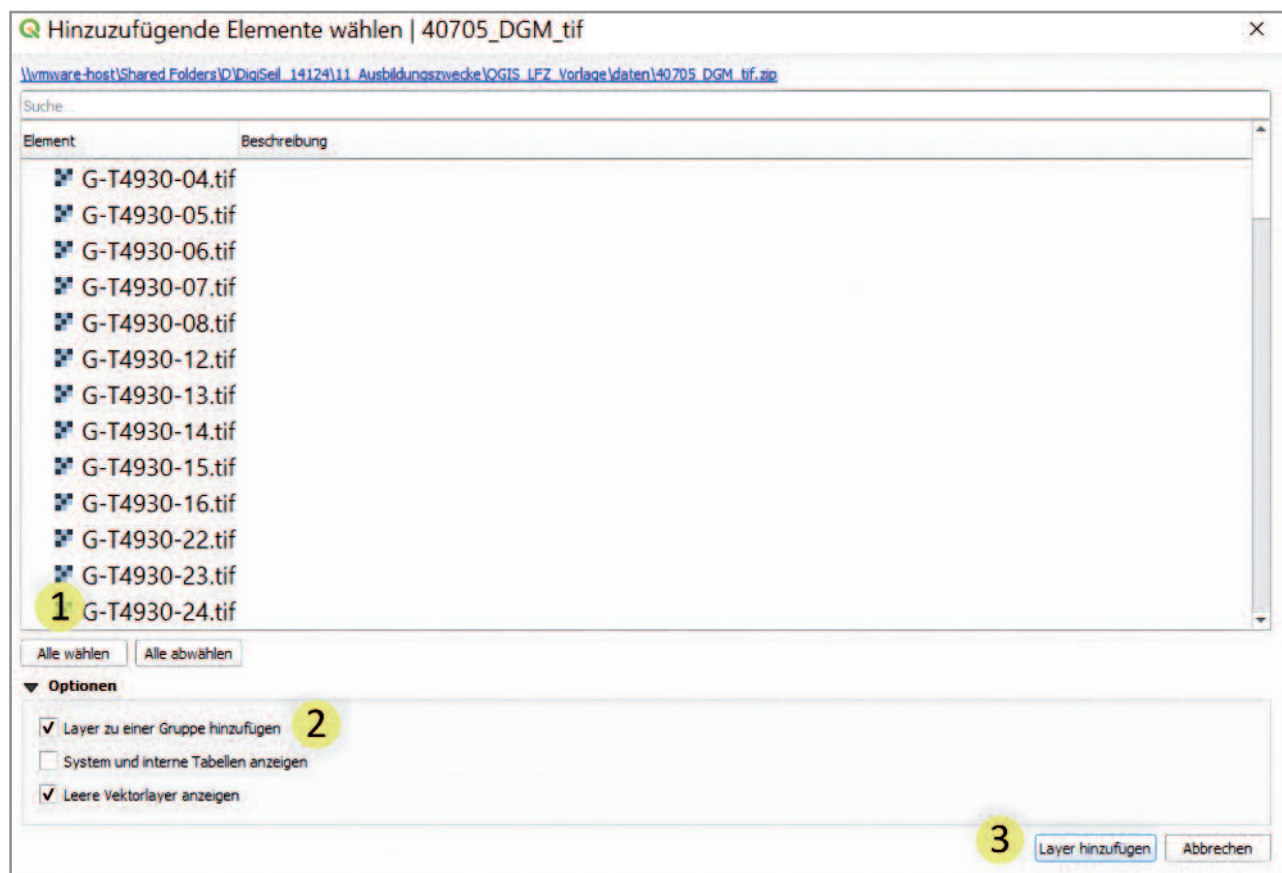
drei Punkten rechts (5) öffnet einen Systembrowser „Öffnen von GDAL-unterstützte Rasterdatensätze“. Die zuvor heruntergeladenen DGM.tif.zip-Datei wird ausgewählt, durch „Öffnen“ bestätigt und durch einen Klick auf „Hinzufügen“ (6) wird man in ein Fenster „Hinzuzufügende Elemente wählen“ weitergeleitet.



> Abbildung 8: Schritte zum Hinzufügen von Rasterlayern zu einem QGIS-Projekt.

Die Schaltfläche „Alle wählen“ (Abbildung 9: Punkt 1) wird betätigt, und ein Häkchen bei „Layer zu einer Gruppe hinzufügen“ gesetzt (2), um die einzelnen Ka-

cheln des DGM direkt zu gruppieren. Dann folgt ein Klick auf „Layer hinzufügen“ (3).



> Abbildung 9: Fenster für das Hinzufügen von Rasterdaten und Wählen der einzelnen Dateien.

Im Layerbereich links, wird nun die Layergruppe „40705_DGM.tif“ angezeigt. Die einzelnen Layer sind der Gruppe untergeordnet und im Kartenbereich wird das DGM dargestellt. Der Graustufenverlauf von Weiß nach Schwarz entspricht den verschiedenen Geländehöhen. Schwarz entspricht standardmäßig dem minimalen Rasterwert (geringste Seehöhe) des Rasterlayers, und Weiß dem maximalen Wert (höchster Punkt). Da jeder Rasterlayer einen unterschiedlichen minimalen und maximalen Höhenwert aufweist, werden die Höhen nicht in allen Kacheln durch dieselben Graustufe dargestellt (Abbildung 11a).

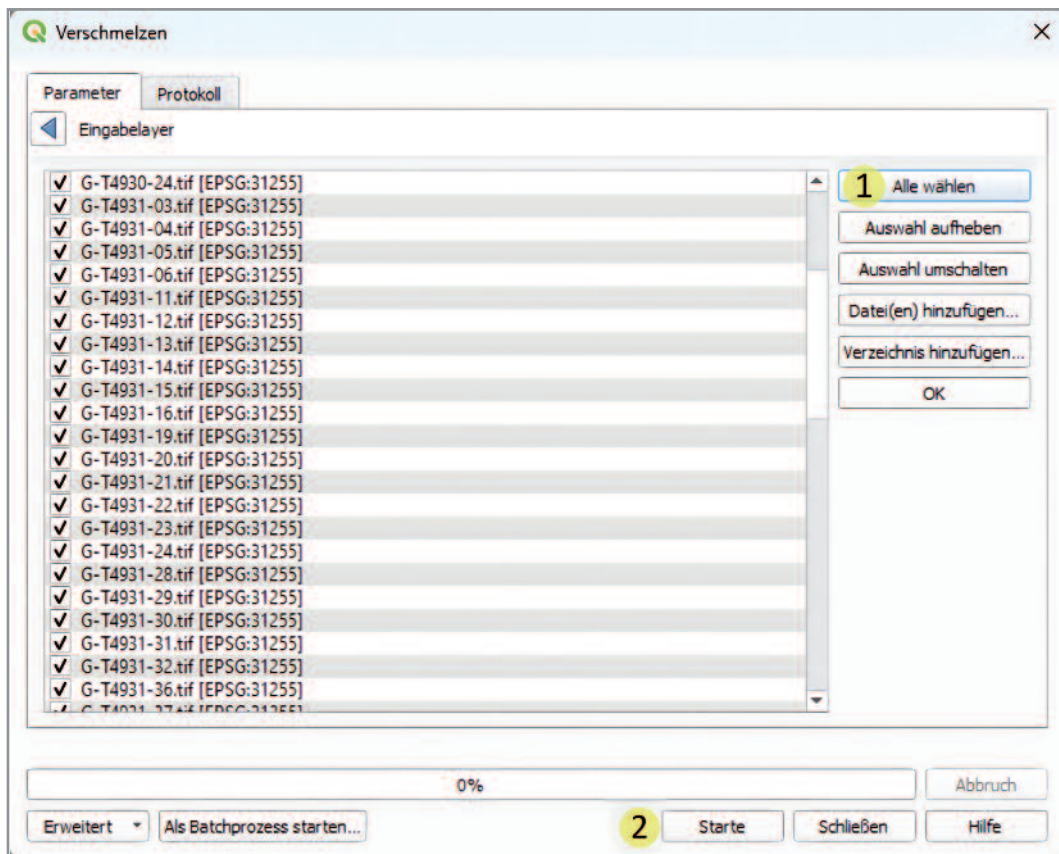
Für die Anwendung von Seilaplan können die einzelnen Kacheln als Höheninformationen ausgewählt werden. Ein Verbinden der Rasterkacheln zu einem Layer erleichtert die Bearbeitung und Darstellung, da nur eine Datei als Rasterdatensatz in Seilaplan ausgewählt werden muss und die selben Geländehöhen durch die selben

Graustufen dargestellt werden. Um mehrere Rasterdatensätze miteinander zu verbinden gibt es zwei Varianten: (1) durch Verschmelzen zu einem Rasterlayer oder (2) das Erstellen eines virtuellen Rasters. Beide Varianten können im Plugin Seilaplan als Höheninformationen genutzt werden.

4.2.1 Verschmelzen

Zum Verschmelzen mehrerer Rasterdatensätze wird in der Menüwerkzeugleiste Raster -> Sonstiges -> Verschmelzen... ausgewählt. Unter dem Reiter „Parameter“ müssen die Eingabelayer ausgewählt werden. Nach einem Klick auf die Schaltfläche mit den drei Punkten rechts werden die zu verschmelzenden Layer ausgewählt. Es muss beachtet werden, dass etwaige andere Layer nicht markiert sind.

In unserem Beispiel gehören alle Layer zum DGM, daher folgt ein Klick auf „Alle wählen“ (Abbildung 10: Punkt 1) und dann auf „Starte“ (2).



> Abbildung 10: Verschmelzen von einzelnen Digitalen Geländemodellen (DGM) in QGIS.

Die Layer werden verschmolzen und das Ergebnis ist ein einheitlich dargestelltes DGM (Abbildung 11b), das im temporären Layer „Zusammengeführt“ als TIF-Datei

zwischengespeichert wird. Der temporäre Layer kann als TIF-Datei permanent abgespeichert werden.

Nachdem QGIS nur mit rechteckigen Formen arbeitet, sind rund um das DGM schwarze Bereiche zu sehen. Durch Rechts-Klick auf die Layergruppe -> Eigenschaften -> Transparenz und Eingabe von „0“ unter Leerwert -> Zusätzlicher Leerwert werden die umgebenden schwarzen Bereiche transparent und es bleiben nur die Bereiche sichtbar für die tatsächlich Höheninformationen vorliegen.

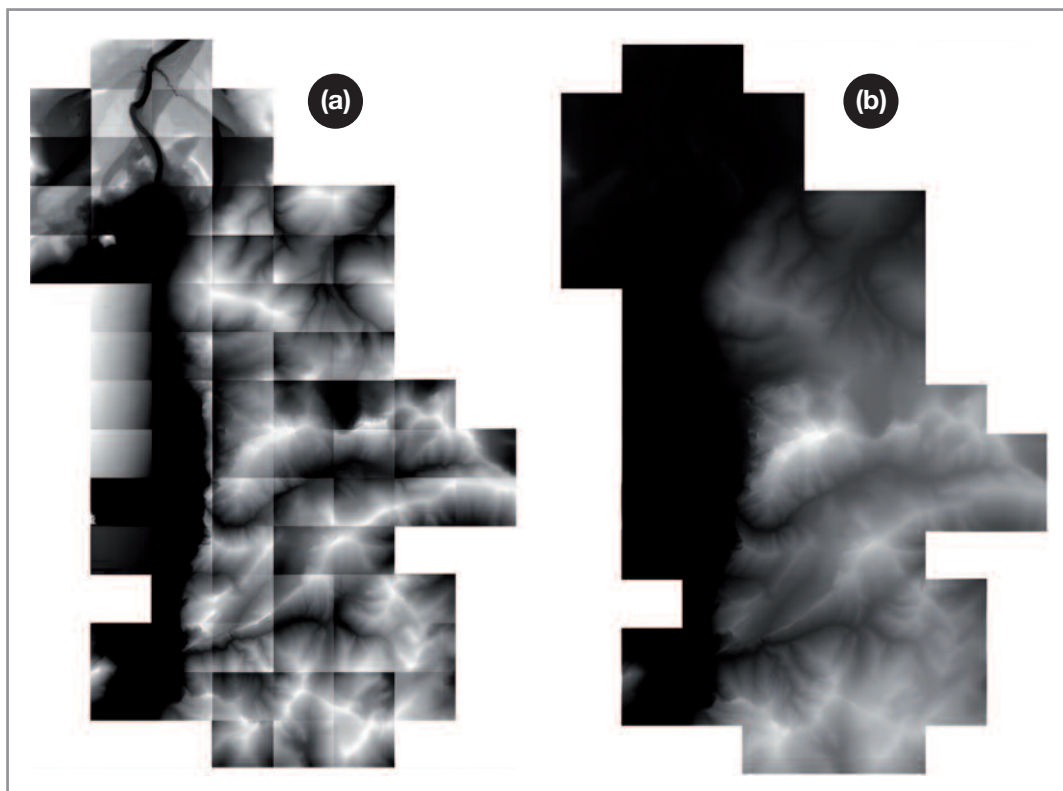
4.2.2 Virtuelles Raster



Link zum Video-Tutorial:
Exkurs Geodaten Schweiz:
DHM-Kacheln zusammenfügen -
YouTube

Neben dem Verschmelzen von Rasterdatensätzen können diese auch zu einem virtuellen Raster zusammengefasst werden. Im Gegensatz zum Verschmelzen wird kein neuer Layer als TIF-Datei erstellt, sondern eine VRT-Datei, die auf bereits vorhandene Rasterdatensätze

verweist und diese zu einer virtuellen Ebene kombiniert. Dazu wird in der Menüwerkzeugleiste Raster -> Sonstiges -> Virtuelles Raster generieren... ausgewählt. Unter dem Reiter „Parameter“ müssen Eingabelayer ausgewählt werden. Wie beim Verschmelzen muss beachtet werden, dass etwaige andere Layer nicht markiert werden. Durch einen Klick auf „Starte“ wird das Werkzeug ausgeführt. Im Layerbereich erscheint der temporäre Layer „Virtuell“, der ein virtuelles DGM beinhaltet welches einheitlich dargestellt wird (Abbildung 11b).



> **Abbildung 11:** Darstellung eines digitalen Geländemodells (a) bevor, bzw. (b) nachdem die einzelnen digitalen Geländemodelle (DGM) miteinander verbunden wurden.

Mit Rechtsklick auf die Layergruppe „Zusammengeführt“ bzw. den Layer „Virtuell“ können diese umbenannt werden; z.B. in „DGM_Gmunden“.
Die ursprüngliche Layergruppe „40705_DGM_tif“ wird nicht mehr benötigt und kann gelöscht werden.

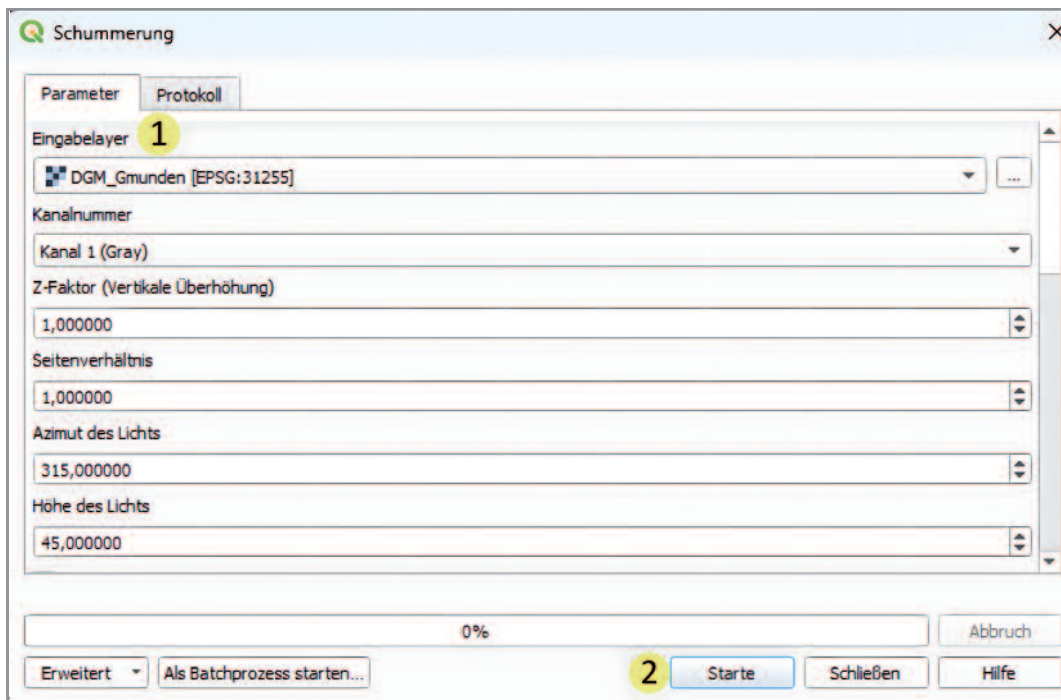
Jetzt sind alle benötigten Grundlagen vorhanden, um mit Hilfe des Plugins Seilaplan eine Seillinie zu planen. Wie das funktioniert, wird in Kapitel 5 „Erstellen eines Seillinien-Projektes“ beschrieben.

Für den interessierten Leser wird in den folgenden Kapiteln erläutert, wie die Darstellung des DGM verbessert und weiteres nützliches Kartenmaterial in das QGIS-Projekt eingebunden werden kann.

4.2.3 Erstellen einer Schummerung zur besseren Visualisierung

Aus den DHM können Schummerungen als separate Layer erstellt werden. Eine Schummerung ist eine Funk-

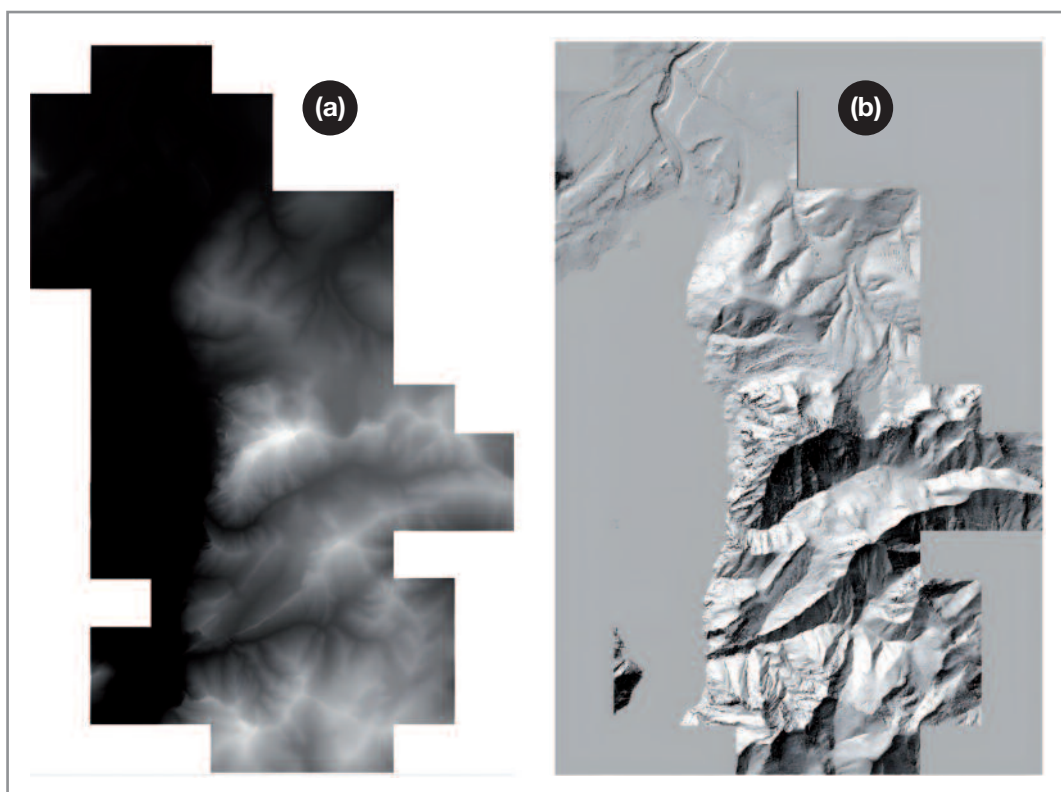
tion, bei der eine fiktive Lichtquelle ein DHM beleuchtet, so als würde die Sonne auf das Gelände scheinen. Durch die Geländeneigung und Exposition entstehenden Schatten und es ergibt sich ein räumlicher Eindruck auf Basis des DGM, welcher die Details im Gelände wie z.B. Forststraßen und andere Strukturen erkennbar machen. Für die Erstellung einer Schummerung wählt man in der Menüwerkzeugleiste Raster -> Analyse -> Schummerung.... Unter dem Reiter „Parameter“ muss der Eingabelayer gewählt werden (Abbildung 12: Punkt 1). Die restlichen Parameter müssen nicht verändert werden.



> Abbildung 12:
Erstellen einer
Schummerung in
QGIS zur besseren
Visualisierung von
DHM. In diesem
Beispiel wird eine
Schummerung aus
dem geladenen
DGM erstellt.

Durch Klick auf die Schaltfläche „Starte“ (2) wird das Werkzeug ausgeführt und ein neuer Layer mit der Schummerung, basierend auf dem ausgewählten DHM erstellt. In diesem lassen sich Geländeformen wie Forst-

straßen, Gräben oder die Wasseroberflächen gut erkennen (Abbildung 13b). Im Anschluss kann das Werkzeug-Fenster „Schummerung“ wieder geschlossen werden.



> Abbildung 13:
Darstellung (a)
eines verschmol-
zenen DGM und
(b) der Schumme-
rung des DGM.

Der Layer „Schummerung“ wird am besten in „DGM_Gmunden_Schummerung“ umbenannt, damit später keine Verwirrung entsteht, wenn noch eine „DOM_Gmunden_Schummerung“ aus dem Digitalen Oberflächenmodell erstellt wurde.

4.2.4 Temporäre Layer in permanente Layer umwandeln

Die erstellten Layer für das DGM und die Schummerung sind temporäre Layer. Das bedeutet, dass sie nicht dauerhaft gespeichert sind und verloren gehen, sobald

man das QGIS-Projekt schließt, auch wenn das Projekt selbst gespeichert wird. Einen temporären Layer erkennt man an dem Symbol, welches im Layer-Bereich rechts neben den einzelnen Layern angezeigt wird (Abbildung 14: Punkt 1).

Im Beispiel wurden die Layer DGM_Gmunden und DOM_Gmunden bereits zu permanenten Layern umgewandelt. Die Schummerungen wurden noch nicht gespeichert und sind daher temporäre Layer.

4.3 Einbinden eines digitalen Oberflächenmodells

Zusätzlich zum DGM kann ein digitales Oberflächenmodell (DOM) als Layer in QGIS hinzugefügt werden. Das Hinzufügen funktioniert gleich wie beim DGM. Wie bereits erläutert, stellt das DOM die Oberfläche dar, welche auch Bewuchs und Bebauung – wo vorhanden – inkludiert. Nachdem der Bewuchs an einem Waldort – und folglich auch die durch ihn definierte Oberfläche – einer stärkeren Dynamik unterliegt als das Gelände selbst, ist bei einem DOM die Aktualität der ALS-Daten umso wichtiger. Das DOM wird zwar zur digitalen Planung von Seillinien nicht direkt benötigt, kann aber zum Erstellen einer Schummerung verwendet werden, welche den Waldbestand gut sichtbar macht. Die Schummerung eines DOM, welches auch Vegetation und Gebäude abbildet, erlaubt in vielen Fällen gemeinsam mit einem Orthofoto eine Vorauswahl von potenziellen Stützenbäumen, Ankerbäumen oder Endmasten. Dies kann für die digitale Planung von Seillinien mit dem Plugin Seilaplan hilfreich sein. Es ist unbedingt zu beachten, dass potenzielle Stützen- und Ankerbäume, wie auch der Endmast in natura verifiziert und bezüglich Vitalität und Stabilität fachkundig überprüft werden müssen. Das Erstellen einer Schummerung aus dem digitalen Oberflächenmodell (DOM) funktioniert gleich, wie beim digitalen Geländemodell (DGM). Als Eingabelayer wird der DOM-Layer verwendet.

4.4 Einbinden eines Orthofotos als WMTS Layer

Um eine Seillinie digital zu planen, ist es oftmals nützlich ein Orthofoto von seinem Waldstandort zu betrachten. Das ist zwar nicht zwingend notwendig, da Seilaplan rein auf Basis von Höheninformationen funktioniert, kann aber sehr hilfreich sein, um die Position von potenziellen Anker- und Stützenbäumen zu bestimmen. Ein Orthofoto ist eine maßstabsgetreue und verzerrungsfreie Bildaufnahme der Erdoberfläche, welche mit Hilfe von photogrammetrischen Verfahren aus Satelliten- oder Luftbildern abgeleitet wurde. Prinzipiell stehen mehrere Möglichkeiten zur Auswahl, um ein Orthofoto in ein QGIS-Projekt einzubinden. Zum einen kann das Orthofoto als WMTS eingebunden werden. WMTS steht für Web Map Tile Service und ist ein online Kartenservice.

Das bedeutet, dass der Computer mit dem Internet verbunden sein muss, um das Orthofoto abzurufen, da es nicht lokal abgespeichert wird. Daher empfiehlt es sich, diese Variante auf Geräten mit Verbindung zum Internet zu verwenden. Die Vorteile sind die sehr einfache Einbindung in QGIS und der Umstand, dass kein Speicherplatz am lokalen Rechner benötigt wird und das gesamte Bundesgebiet mit verschiedenen Karten mit einer Verbindung eingebunden werden können.

Basemap.at stellt Orthofotos und weiteres Kartenmaterial als WMTS zur Verfügung. Um diese Kartenmaterial in QGIS einzubinden, wird zunächst folgender Link in die Zwischenablage kopiert:



<https://maps.wien.gv.at/basemap/1.0.0/WMTSCapabilities.xml>
(Quelle: Orthofoto Österreich - Datensatz - data.gv.at).

Im geöffneten QGIS-Fenster befindet sich links der Browser-Bereich (Abbildung 14: Punkt 2). Dort folgt ein Rechtsklick auf WMS/WMTS und „Neue Verbindung“. Es öffnet sich das Fenster „Neue WMS/WMTS-Verbindung anlegen“. Unter Verbindungsdetails wird ein Name eingegeben, z.B. „Basemap“ und im Eingabefeld neben URL wird der zuvor kopierte Link eingefügt. Dann folgt ein Klick auf die Schaltfläche „OK“.

Im Menübaum unter WMS/WMTS ist jetzt die Verbindung „Basemap“ zu finden, unter welcher 7 Layer (Basemap High DPI, Geoland Basemap, Geoland Basemap Gelände, Geoland Basemap Grau, Geoland Basemap Oberfläche, Geoland Basemap Orthofoto, Geoland Basemap Overlay) gelistet sind (Abbildung 14: Punkt 3). Für die digitale Planung von Seillinien ist vor allem das Orthofoto interessant.

Die gewünschten Layer können per Mausklick und gleichzeitig gedrückter Strg / Ctrl-Taste gemeinsam markiert werden. Dann folgt ein Rechts-Klick auf einen der markierten Layer. Durch Auswahl der Option „Gewählte Layer dem Projekt hinzufügen“ werden die Layer in den Layer-Bereich des Projektes übernommen.

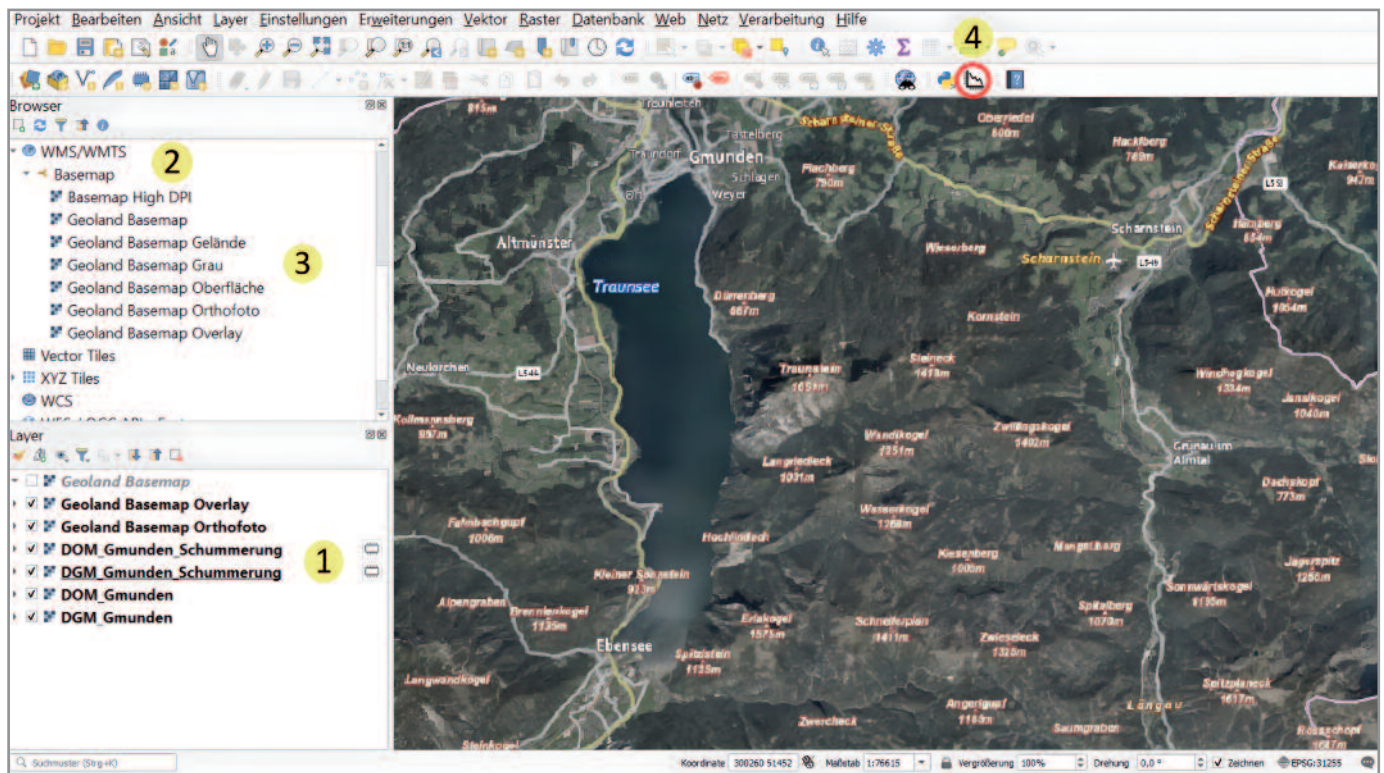
Neben der Einbindung als WMTS, kann ein Orthofoto auch lokal auf dem Computer gespeichert werden und von dort aus in QGIS eingebunden werden. Dies ermöglicht zum Beispiel den Zugriff auf das Orthofoto während der digitalen Planung einer Seiltrasse vor Ort, im Wald, per Laptop oder mobilem Endgerät ohne aktive Internetverbindung. Allerdings wird dafür eine Menge Speicherplatz benötigt. Das Orthofoto von der Gemeinde Gmunden belegt beispielsweise 1,6 Gigabyte Festplattenspeicher.



Das Orthofoto kann von der Website des Landes Oberösterreich (Open Data - Land Oberösterreich (ooe.gv.at) als Zip-Datei heruntergeladen werden.



Im Gegensatz zu den DHM kann das Orthofoto per drag & drop im Layer – Bereich in QGIS geladen werden. Sollte für ein Bundesland kein Orthofoto zum Download zur Verfügung stehen, kann unter Orthofoto Offline Österreich - Datensatz - data.gv.at ein Orthofoto vom gesamten Bundesgebiet heruntergeladen werden (bmap_orthofoto_mbtiles_L00bisL16.zip). Dieses belegt ca. 10 GB Festplattenspeicher.



> Abbildung 14: Kartenausschnitt mit Orthofoto und Basemap Overlay in QGIS.

5 Erstellen eines Seillinien-Projektes



Link zum Video-Tutorial:
Seilaplan:
Erstellen eines Seillinienprojektes mit
DHM - YouTube

Als Ausgangspunkt dient ein QGIS-Projekt mit einem importierten DGM (Rasterdatensatz) vom gewünschten Ort der Seillinie in einem geeigneten Koordinatenbezugssystem (KBS). Das im System eingestellte KBS, muss mit dem KBS des eingebundenen DGM übereinstimmen. Um das zu überprüfen, wird der EPSG-Code rechts unten neben dem Globus Symbol mit dem EPSG-Code verglichen, welcher in den Layer-Eigenschaften des DGM verzeichnet ist (Rechtsklick auf DGM-Layer im Layerbereich -> Eigenschaften -> Information -> Koordinatenbezugssystem) verglichen (Kap. 4.2).

Durch einen Klick auf das Seilaplan-Icon (Abbildung 14: Punkt 4) in der Vektorwerkzeugleiste öffnet sich das Pluginfenster.

5.1 Projekt

Unter Projekt kann in einem ersten Schritt ein neuer Projektname eingegeben oder durch betätigen der Ordner-Schaltfläche ganz rechts ein bereits existierendes Seillinien-Projekt geladen werden (Kap. 5.8). Die Speicherfunktion steht erst zur Verfügung, wenn ein Anfangs- und ein Endpunkt definiert wurden.

5.2 Terraindaten

Im nächsten Schritt werden unter Terraindaten die Höheninformationen ausgewählt, welche die Grundlage für die weitere Projekterstellung sind. Die Höheninformationen können über zwei Möglichkeiten bereitgestellt werden: (1) ein digitales Geländemodell oder (2) ein elektronisches Geländeprofil in Form von xyz-Koordinaten bzw. als Feldaufnahmeprotokoll.

5.2.1 Höheninformationen aus einem digitalen Geländemodell

Höheninformationen können als Rasterdaten von einem digitalen Geländemodell (DGM) eingelesen werden. Dazu wird ein entsprechendes File im Dropdown-Menü unter Rasterlayer ausgewählt (Abbildung 15). Als Rasterfile muss ein DGM verwendet werden (Kap. 4.2). Ein digitales Oberflächenmodell (DOM) eignet sich nicht für diesen Zweck, da Seilaplan die Berechnungen auf Grundlage von Geländedaten durchführt und das DOM die Vegetationsoberfläche beschreibt.

5.2.2 Höheninformationen aus einem Geländeprofil



Link zum Video-Tutorial:
Seilaplan:
Erstellen eines digitalen Höhenmodells -
YouTube

Alternativ zum digitalen Geländemodell (DGM), können die Daten aus einem Feldprotokoll im CSV-Format oder XLSX-Format gemäß den Vorlagen eingelesen oder aus einer Exportdatei des Hagloef Vertex Messgerätes im CSV-Format importiert werden (Abbildung 16). Eine entsprechende Datei kann nach Auswahl des Profiltyps mit einem Klick auf das Ordnersymbol ausgewählt werden.

5.3 Verlauf der Seillinie

Im nächsten Schritt wird unter Verlauf der Seillinie der Anfangs- und Endpunkt der Seillinie definiert. Mit dem Anfangs- und Endpunkt wird der Start- und Endpunkt der Seillinien-Optimierung und -berechnung festgelegt. Zwischen diesen beiden Punkten soll der Laufwagen fahren können.

Die Koordinaten des Anfangs- und Endpunktes können entweder direkt im QGIS auf der Karte eingezeichnet (Abbildung 17: Punkt 1) oder in der Eingabemaske (2) eingegeben werden. Wird ein Geländeprofil eingelesen, kann der Anfangs- und Endpunkt entlang der aufgenommenen Seillinie gewählt werden. Die Seillinie wird mit dem Anfangspunkt auf der linken und dem Endpunkt auf der rechten Seite dargestellt, wobei der Anfangspunkt die Seite des Maschinen- oder Seilkranstandorts definiert. Um verschiedene Seillinienlayouts abzudecken, können als Anfangs- und Endpunkt die drei Optionen Seilkran, Stütze oder Verankerung ausgewählt werden.

Bei einem mobilen Seilgerät bzw. einem Mastseilgerät muss die Option „Seilkran“ ausgewählt werden (3). Bei einem konventionellen Seilgerät kann für den Anfangspunkt „Stütze“ oder „Verankerung“ ausgewählt werden. Für den Endpunkt kann unabhängig vom verwendeten Seilgerät nur zwischen „Stütze“ und „Verankerung“ gewählt werden. Wenn das Tragseil zwischen Verankerung und Stütze nicht befahren wird, muss als Anfangs- oder Endpunkt die Option „Stütze“ gewählt werden (4). Sollte das Tragseil zwischen Anker und Stütze befahrbar sein, muss die Option „Verankerung“ gewählt werden. Für eine möglichst realitätsnahe Berechnung ist es wichtig, dass diese Optionen richtig gewählt werden (Abbildung 18).

Terraindaten

☒ Rasterlayer DGM_Gmunden  

☐ Geländeprofil  

> Abbildung 15: Bereich zur Auswahl der Terraindaten im Plugin Seilaplan.

Import Geländeprofil

Profiltyp auswählen

☐ CSV-Datei mit X, Y, Z Werten (*.csv) 

☐ Exportdatei des Hagloef Vertex Messgerätes (*.csv) 

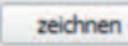
☐ Feldaufnahme-Protokoll (*.xlsx)

Datei auswählen 

> Abbildung 16: Fenster „Import Geländeprofil“, welches sich durch Klick auf das Ordnersymbol im Bereich zur Auswahl der Terraindaten öffnet.

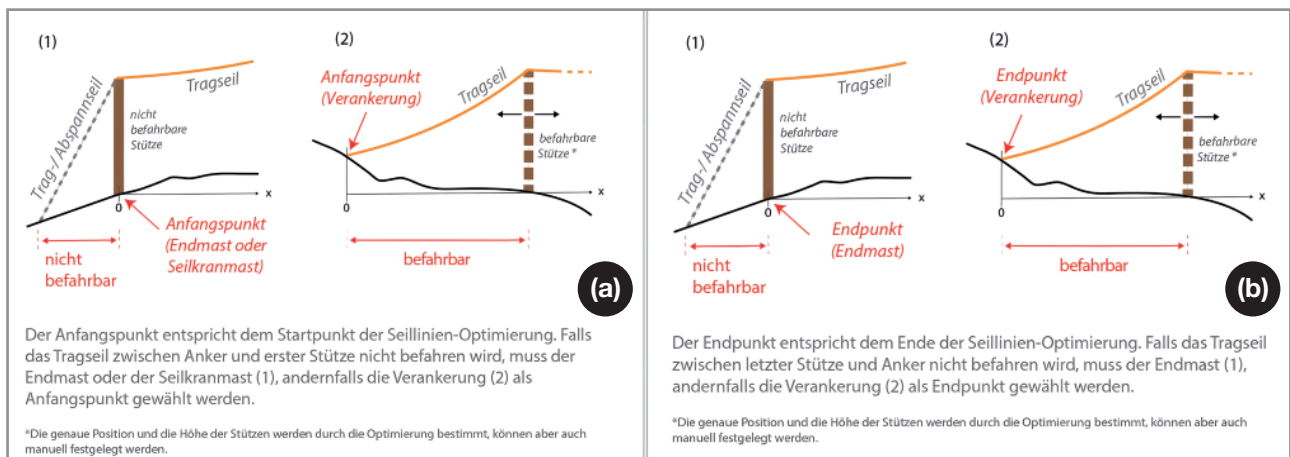
Verlauf der Seillinie

Seillinie in Karte einzeichnen  **1**  

oder Koordinaten der Seillinie manuell eingeben:

	X-Koordinate	Y-Koordinate		Bauelement	
Anfangspunkt (bei Maschine/Winde)	747105.3 2	285345.7	☒	Seilkran 3	 5
Endpunkt	747039.5	285476.8	☒	Stütze 4	
Horizontaldistanz	147 m	Geländelinie 6			

> Abbildung 17: Bereich zum Festlegen des Verlaufs der Seillinie im Plugin Seilaplan.

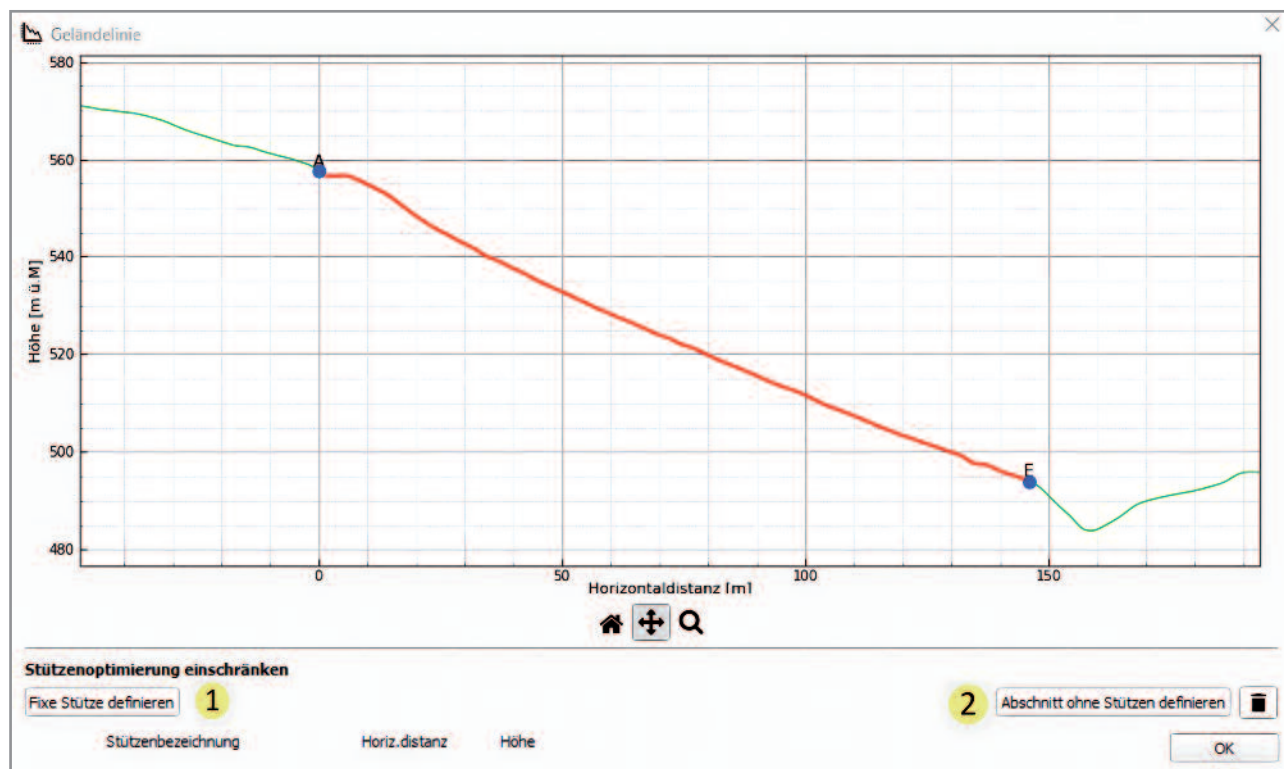


> Abbildung 18: Erklärung zu (a) Anfangspunkt und (b) Endpunkt der Seillinie. Diese Fenster öffnen sich durch Klick auf das Fragezeichensymbol (siehe Abbildung 17: Bereich zum Festlegen des Verlaufs der Seillinie im Plugin Seilaplan.)

5.3.1 Geländelinie

Die Schaltfläche „Geländelinie“ (Abbildung 17: Punkt 6) öffnet ein Fenster, das die topographischen Gegebenheiten der Seiltrasse zeigt. Das Längsprofil dieser Seillinie wird durch das Festlegen von Anfangs- und Endpunkt automatisch erstellt (Abbildung 19). Ist die Position einer oder mehrerer Stützen bereits bekannt, können

fixe Stützen mit einem Klick auf „Fixe Stütze definieren“ angegeben werden (Abbildung 19: Punkt 1). Zudem können Geländeabschnitte, in denen keine Stütze verwendet werden soll, definiert werden (2). Dies kann z.B. vorkommen, wenn die Seillinie über eine Wiese oder einen Jungwuchs ohne potenzielle Stützenbäume verläuft.



> Abbildung 19: Das Fenster „Geländelinie“ zeigt die topografischen Gegebenheiten der Seillinie.

5.4 Eigenschaften der Seillinie

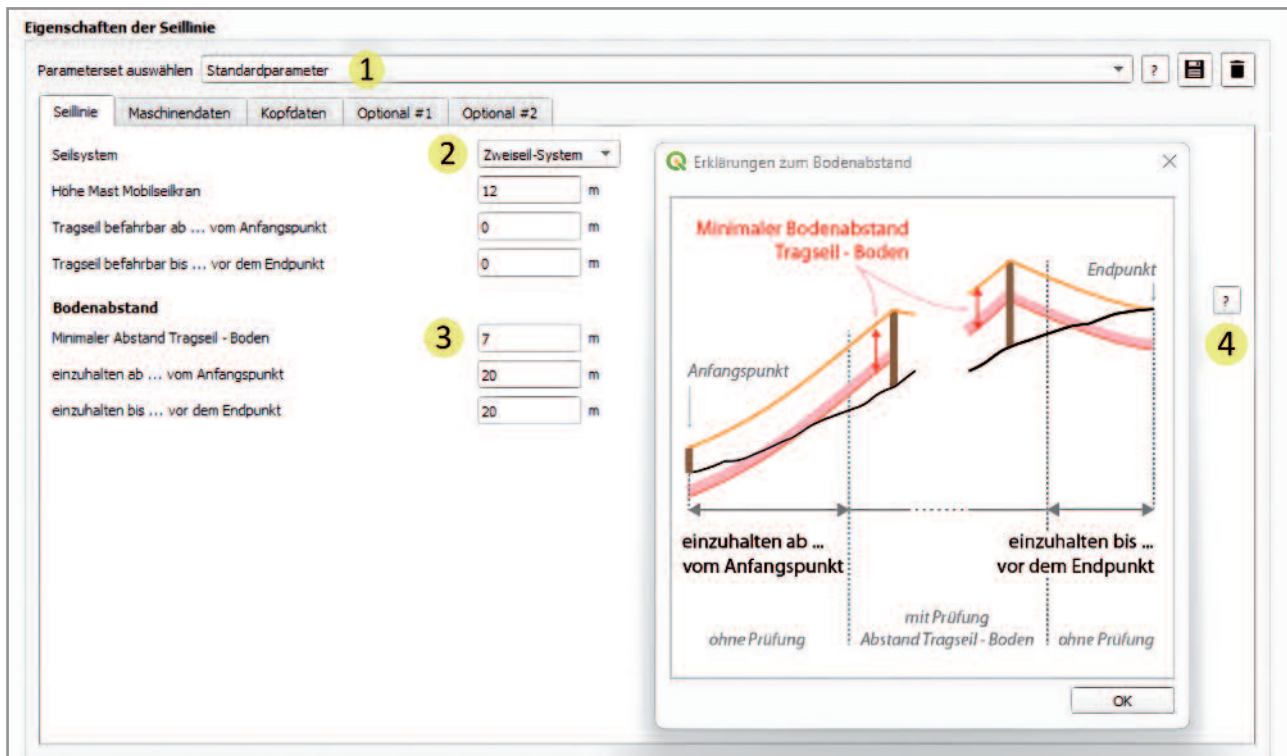
Im Anschluss werden unter Eigenschaften der Seillinie die Seilsystem- und Maschinendaten eingegeben. Im Plugin sind bereits drei Parametersets hinterlegt (Abbildung 20: Punkt 1). Dazu zählt eine Standardkonfiguration, sowie jeweils ein Parameterset für einen mobilen Seilkran (MSK) und einen konventionellen Seilkran (KSK). Für eine realitätsgetreue Berechnung müssen die seilkran-spezifischen Parameterwerte eingegeben werden (Moll 2022).

5.4.1 Seillinie

Unter dem Reiter „Seillinie“ wird als erstes das verwendete Seilsystem ausgewählt (2). Bei einer Bergauf-Seilung besteht die Wahl zwischen einem Zweiseil-System und Mehrseil-System, bei einer Bergab-Seilung muss die Option Mehrseil-System ausgewählt werden, da in

diesen Fällen ein Rückholseil benötigt wird. Als nächstes kann bei einem Mobilseilkran (Anfangspunkt = Seilkran) die Höhe des Mastes angepasst werden. Bei Seilungen im Gravitationsbetrieb kann zusätzlich angegeben werden, in welchem Abschnitt das Tragseil befahrbar sein soll. In diesem Abschnitt wird später geprüft ob die Mindestneigung für den Gravitationsbetrieb ausreichend ist. Außerhalb dieses Abschnittes wird das Kriterium Neigung nicht berücksichtigt. In einem nächsten Schritt wird der minimale Bodenabstand eingegeben (3). Auch hier kann festgelegt werden, in welchem Bereich der minimale Bodenabstand eingehalten werden muss. Außerhalb dieses Bereichs wird der Abstand zwischen Tragseil und Boden nicht geprüft. Die Berechnungen beziehen sich auf Seilungen, bei denen die Ladung frei schwebt. Bei kopfhoch Seilungen, also wenn ein Ende der Last den Boden berührt, werden die Kräfte und der Durchhang überschätzt.

Im Beispiel soll Rundholz von 6 m Länge freischwebend geseilt werden. Damit die Last nicht den Boden berührt wird mit 1 m Puffer ein minimaler Abstand zwischen Tragseil und Boden von 7 m festgelegt.



> Abbildung 20: Der Bereich Eigenschaften der Seillinie inklusive dem Fenster „Erklärungen zum Bodenabstand“, welches sich durch Klick auf das Fragezeichensymbol (Punkt 4) öffnet.

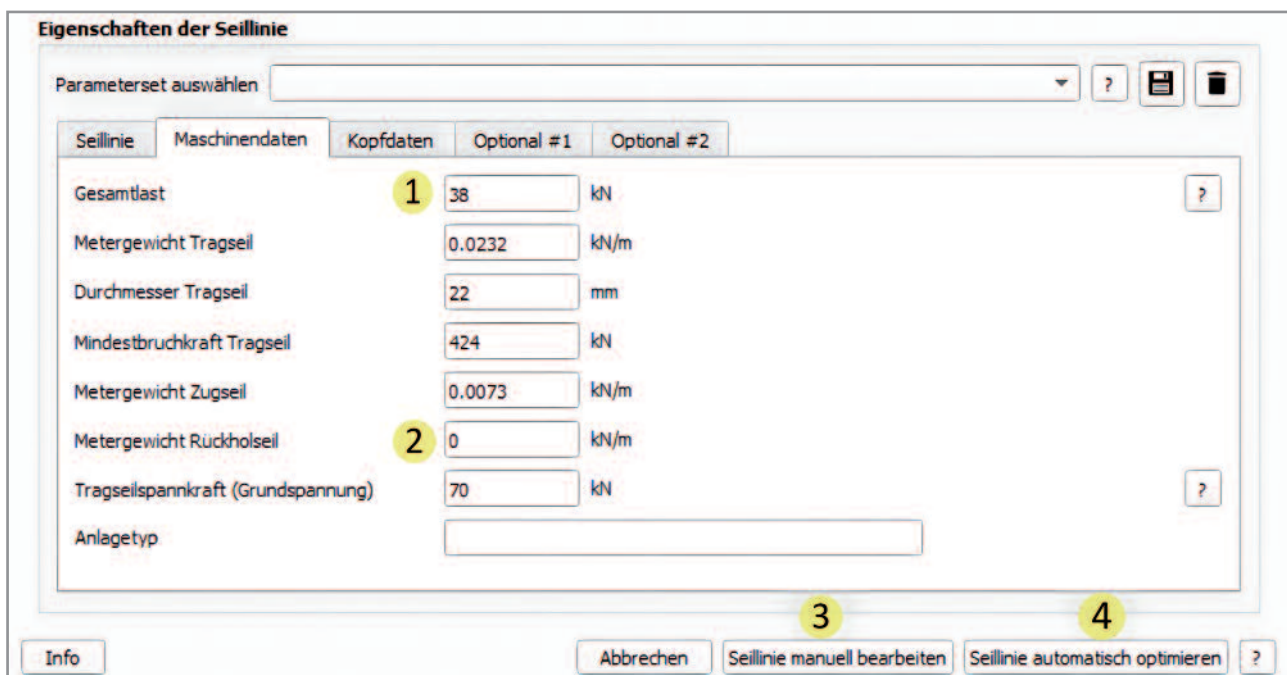
5.4.2 Maschinendaten

Im Reiter „Maschinendaten“ werden die Seil- und Maschinenspezifischen Daten eingegeben. Die Gesamtlast (Abbildung 21: Punkt 1) setzt sich aus dem Gewicht des Laufwagens, der maximalen Last, sowie dem Gewicht der Anschlagmittel zusammen.

Im Beispiel wird mit einem Laufwagengewicht inklusive Anschlagmittel von 800 kg gerechnet und die maximale Last beträgt 3 t. Das resultierende Gesamtgewicht von 3,8 t kann näherungsweise mit dem Faktor 10 (gerundete Erdbeschleunigung) in 38 Kilonewton [kN] umgerechnet werden.

Die Angaben zum Tragseil und Zugseil sind ebenfalls zu prüfen. Beim Rückholseil (2) wird ein Wert von 0 eingesetzt, wenn mit einem Zweiselssystem gearbeitet wird. Die Tragseilspannkraft entspricht der Grundspannung ohne Last und fließt in die Berechnung der Lastwegkurve ein. Bei der automatischen Optimierung dient die eingegebene Tragseilspannkraft als Startwert. Der Algorithmus berechnet die optimale Grundspannkraft, die beim Aufbau eingestellt werden soll. Nachdem alle Inputdaten festgelegt sind, kann die Seillinie entweder manuell bearbeitet oder automatisch optimiert berechnet werden.

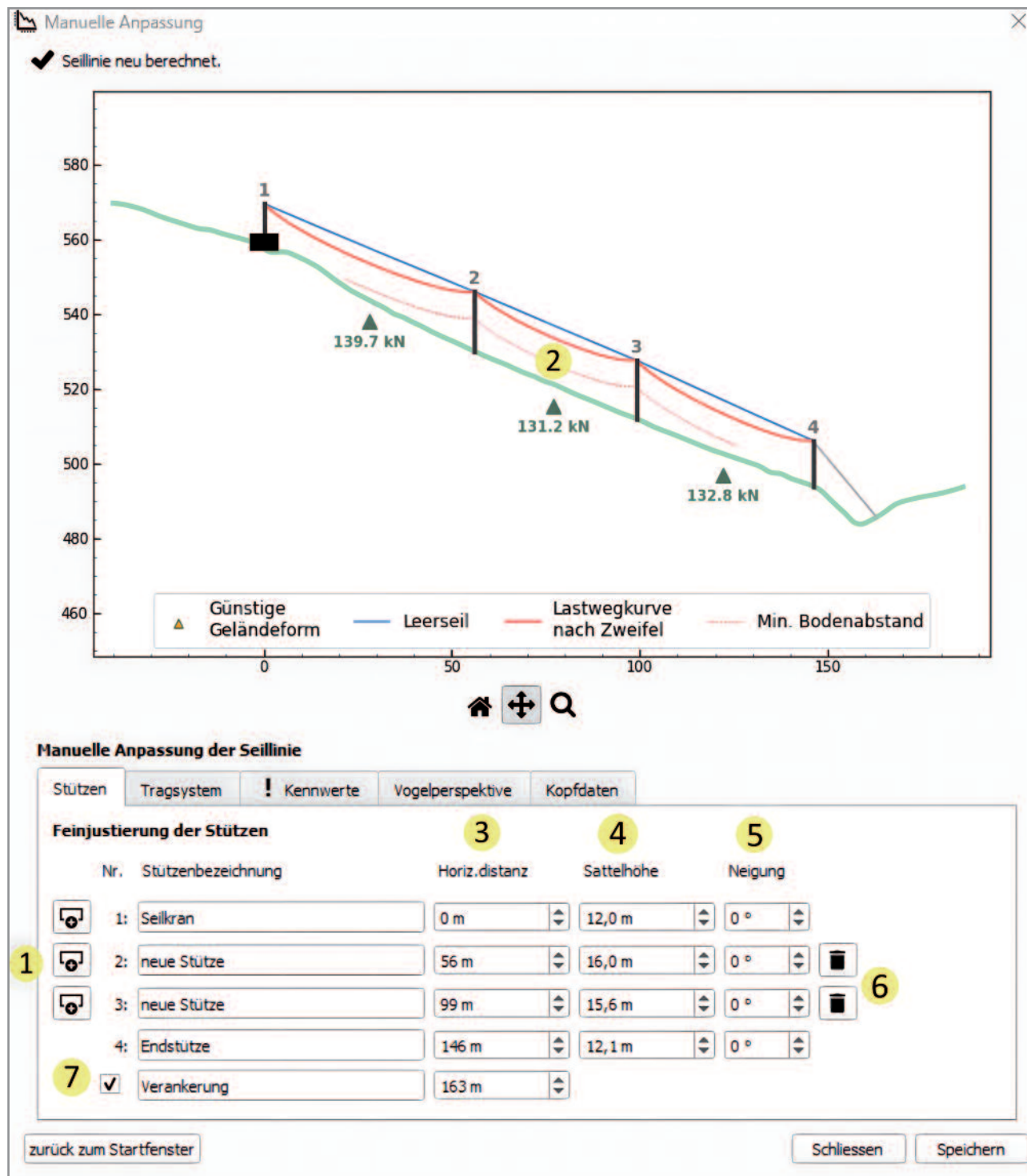
> Abbildung 21: Unter dem Reiter Maschinendaten kann die Gesamtlast eingegeben und es können Angaben zu den Seilen gemacht werden.



5.5 Manuelle Anpassung der Seillinie

Durch Klick auf „Seillinie manuell bearbeiten“ (Abbildung 21: Punkt 3) öffnet sich das Fenster „Manuelle Anpassung“, welches im oberen Bereich eine grafische Darstellung des Projektentwurfs zeigt. Der angezeigte Ausschnitt der Seillinie kann mittels Maus angepasst werden. Per Mausrad kann in das Diagramm gezoomt und

durch Klicken und Halten der linken Maustaste der Ausschnitt verschoben werden. Alternativ können auch die Schaltflächen unterhalb des Diagramms zur Einstellung des Ausschnittes verwendet werden. Im unteren Bereich kann die Seillinie erstellt und bearbeitet werden. Bei dieser Variante wird die Seillinie ohne automatisiert vorgeschlagene Stützen geplant.



> Abbildung 22: Im Fenster „Manuelle Anpassung“ wird im oberen Bereich das Seillinienlayout grafisch dargestellt. Im unteren Bereich kann die Seillinie manuell angepasst werden. Unter dem Reiter Stützen können Stützen erstellt, gelöscht und feinjustiert werden.

5.5.1 Stützen

Unter dem Reiter „Stützen“ fügt man mit der „+“-Schaltfläche auf der linken Seite (Abbildung 22: Punkt 1) Stützen zur Seillinie hinzu, wodurch die Kräfte im Tragseil und an den Stützen reduziert und der Durchhang verringert werden. Die rot punktierte Kurve, die den minimalen Bodenabstand zeigt (2), darf das Geländeprofil nicht berühren. Um das zu gewährleisten kann die Position der Stützen entlang der Seillinie verändert werden, indem die Horizontalabstand (3) vergrößert oder verkleinert wird. Außerdem kann die Sattelhöhe (4) angepasst werden. Beides funktioniert sowohl per Mausklick auf die Pfeilsymbole, als auch per Tastatureingabe bzw. mit dem Scrollrad für das Feld unter dem Mauscursor. Die Änderungen werden direkt in die grafische Darstellung übernommen und die Lastwegkurve automatisch neu berechnet. Sollte eine Stütze nicht benötigt werden, kann sie mit der „Mülleimer“-Schaltfläche (6) wieder gelöscht werden. Als zusätzliche

Eigenschaft kann auch eine Stützenneigung (5) angegeben werden. Anfangs- und Endpunkt können nicht gelöscht werden. Wenn als Bauelement für den Endpunkt eine Stütze gewählt wurde - so wie im Beispiel - kann die Verankerung nicht gelöscht werden. Dafür kann die Seillinie mit oder ohne Verankerung angezeigt werden, je nachdem ob ein Häkchen gesetzt wird. Bei der Verankerung können die Sattelhöhe und die Neigung nicht verändert werden, da die Verankerung immer in Bodennähe stattfindet.

5.5.2 Tragsystem

Unter dem Reiter „Tragsystem“ (Abbildung 23) können die anfangs festgelegten Werte im Parameterset angepasst werden. Bei nachträglichen Änderungen wird das Seillinienlayout automatisch neu berechnet und die Seillinienansicht aktualisiert.

Manuelle Anpassung der Seillinie

Stützen Tragsystem ! Kennwerte Vogelperspektive Kopfdaten

Gesamtlast	38	kN	?
Metergewicht Tragseil	0.0232	kN/m	
Durchmesser Tragseil	22	mm	
Mindestbruchkraft Tragseil	424	kN	
Metergewicht Zugseil	0.0073	kN/m	
Metergewicht Rückholseil	0	kN/m	
Tragseilspannkraft (Anfangspunkt)	70	kN	
Minimaler Abstand zwischen Tragseil und Boden	7	m	
Anlagetyp			

zurück zum Startfenster Schliessen Speichern

> Abbildung 23: Unter dem Reiter Tragsystem können zuvor eingegebene Parameter noch einmal editiert werden.

5.5.3 Kennwerte

Der Reiter „Kennwerte“ erlaubt das Prüfen des Seillinienlayouts auf Einhaltung wesentlicher Kennwerte. Durch einen Klick auf die Zeile, werden die Positionen und Werte in der Grafik angezeigt (Abbildung 25: Punkt 1). Wenn ein Feld rot hinterlegt erscheint, wird der links angegebene Grenzwert überschritten.

Der minimale Bodenabstand (2) zeigt an, wo der Abstand zwischen Boden und Tragseil entlang der gesamten Seillinie am geringsten ist. Die maximal auftretende Seilzugkraft (3) sollte auf keinen Fall den Grenzwert (4) überschreiten. Der Grenzwert gibt an, wie viel Kraft das Tragseil unter Berücksichtigung des eingestellten Sicherheitsfaktors (2,5 oder 3) aushalten kann. Die max. resultierende Sattelfkraft (5) ist die Kraft, welche auf die Seilsättel bei den Stützen wirkt, wenn sich der Laufwagen mit Last auf der Stütze befindet. Je nach Sattelfkraft muss bei der Beurteilung im Bestand ein entsprechender Baum als Stützenbaum gewählt werden. Der maximale Lastseilknickwinkel (6) sollte nicht überschritten werden, weil ein zu hoher Knickwinkel die Bruchlast des Tragseiles reduziert und zu höheren Sattelfkräften führt.

Bei den Zwischenstützen liegt der maximale Lastseilknickwinkel bei 30°. Beim Endmast sollte der Knickwinkel 60° nicht überschreiten, da sonst zu hohe Kräfte entstehen (Bont et al. 2020). Außerdem ist es wichtig, den minimalen Leerseilknickwinkel (7) nicht zu unterschreiten, damit das Tragseil beim Sattel nicht abhebt. Ist dieses Feld orange, liegt der Knickwinkel zwischen 1° und 3° und kann mit Hilfe einer Niederhaltetasche gesichert werden. Ist der berechnete Knickwinkel kleiner als 1° erscheint die Warnung „Tragseil hebt ab“. In diesem Fall sollte die Seillinie noch einmal überarbeitet werden.

Wie eingangs erwähnt kann per Mausrad der Ausschnitt im Diagramm gezoomt und unter dem Reiter „Stützen“ das Layout feinjustiert werden. Wenn alle Kennwerte innerhalb der Grenzwerte liegen und das Seillinienlayout zufriedenstellend ist, kann das Projekt fertig gestellt werden. Das Tragseil sollte jetzt die auftretenden Lasten aushalten und der Laufwagen ohne Problem über die Sättel fahren können. Das Seillinienlayout muss in jedem Fall von einer fachkundigen Person geprüft werden.

Im Beispiel beträgt der minimale Bodenabstand 9,1 m (siehe Abbildung 25: Punkt 2).

5.5.4 Vogelperspektive

Im vierten Reiter „Vogelperspektive“ kann die Darstellung der Seillinie und der Stützen aus der Vogelperspektive konfiguriert werden. Jedem Bauelement kann eine Kategorie zugeordnet werden (Abbildung 24, Abbildung 26). Das Bauelement wird in der Vogelperspektive mit dem entsprechenden Symbol dargestellt. Bei der Positi-

on der Stütze kann mit Blickrichtung von Anfangspunkt zum Endpunkt, „rechts“, „zentral“ oder „links“ ausgewählt werden. Die Ausrichtung der Abspannseile kann als dritte Option ausgewählt werden. Sie können in Richtung des Anfangs- oder Endpunkts abgespannt sein oder bei Auswahl von „flach“ als dreizackiger Stern dargestellt werden.

Manuelle Anpassung der Seillinie

Stützen Tragsystem ! Kennwerte **Vogelperspektive** Kopfdaten

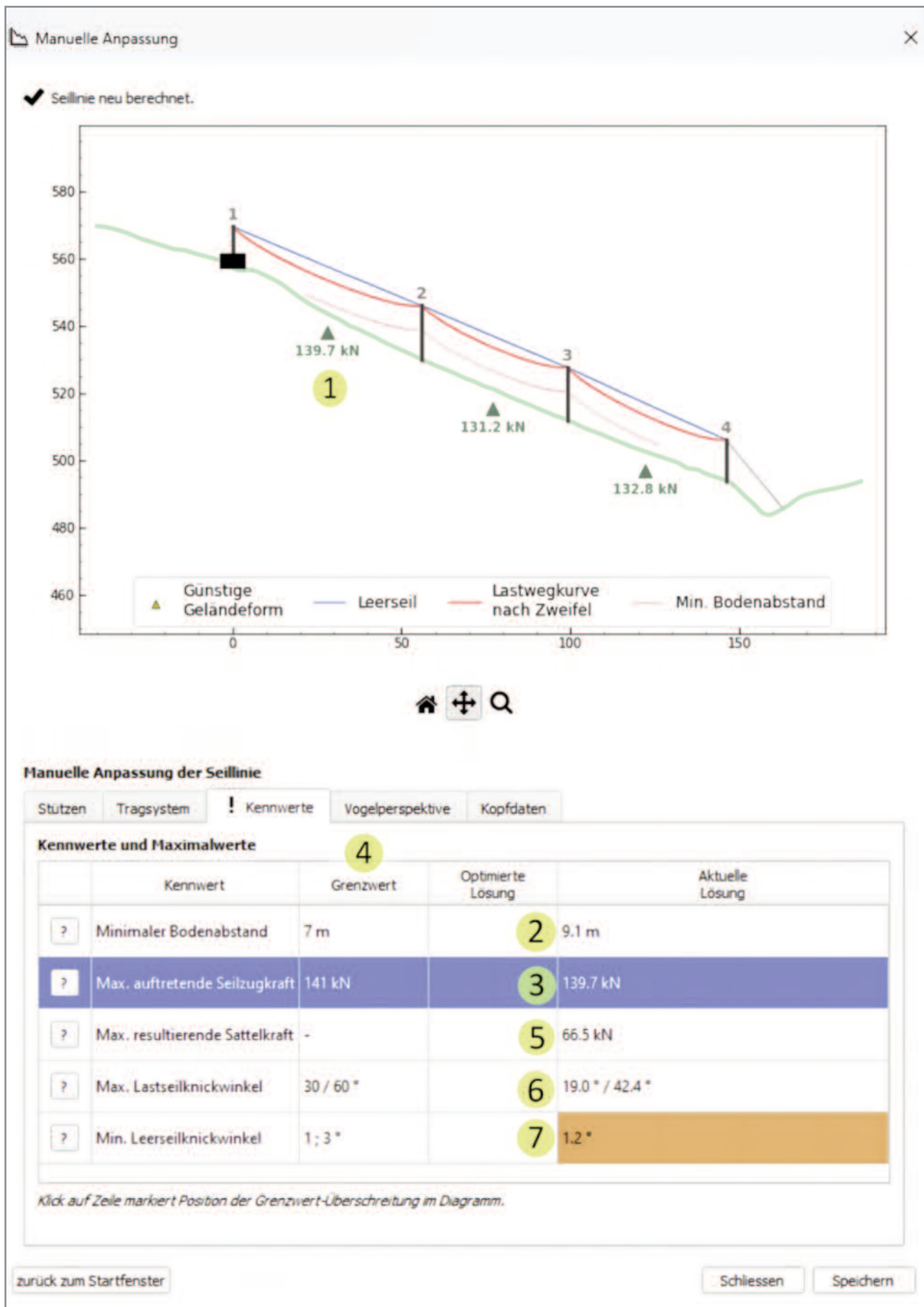
Konfiguration Vogelperspektive ?

Darstellung der Seillinie und Stützen aus der Vogelperspektive.

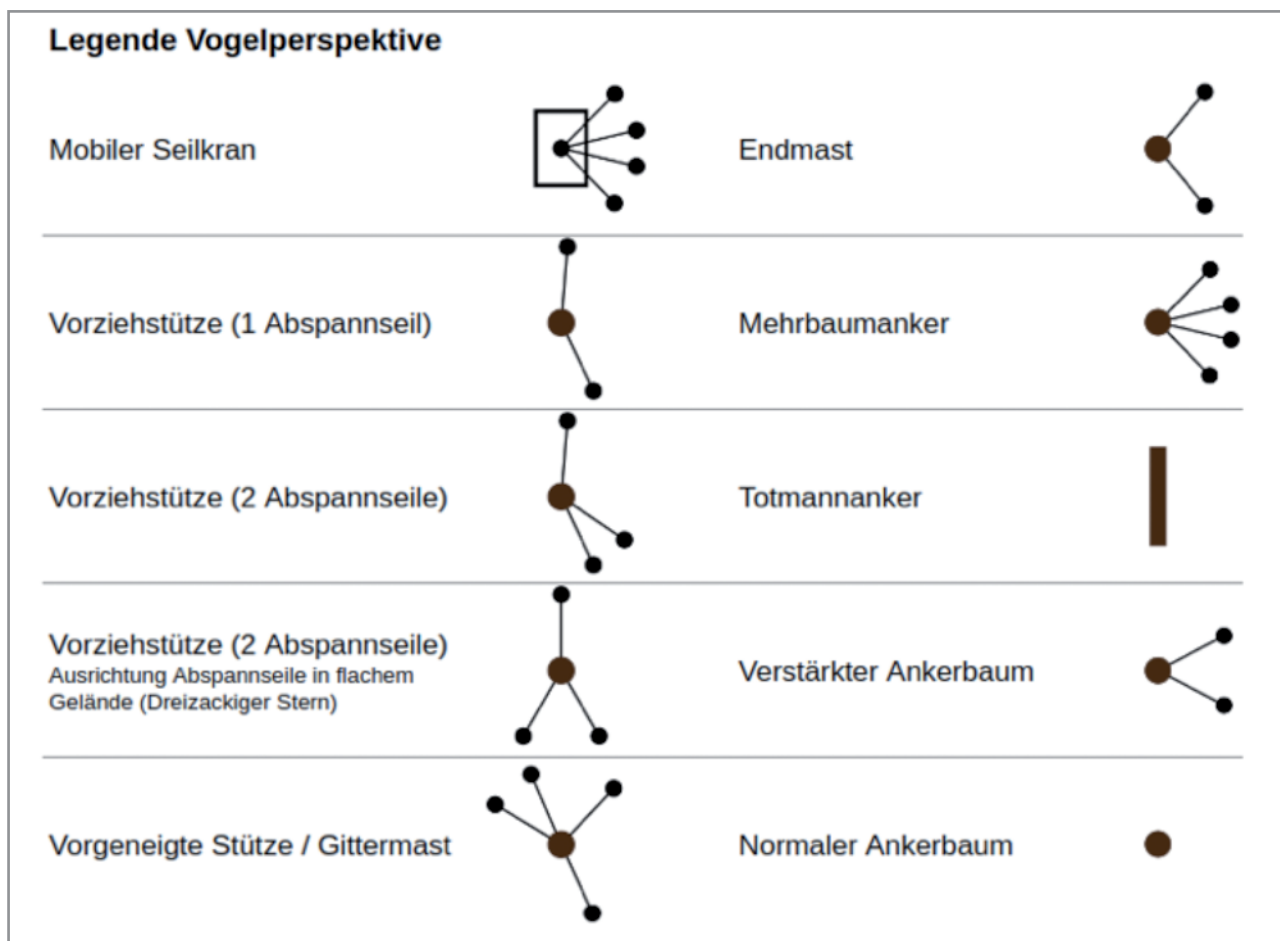
Nr.	Stuetzenbez.	Kategorie ?	Position Stütze ?	Ausrichtung Abspannseile ?
1:	Seilkran	Mobiler Seilkran	zentral	→ Anfangspunkt
2:	neue Stütze	Normaler Ankerbaum	zentral	
3:	neue Stütze	Normaler Ankerbaum	zentral	
4:	Endstütze	Endmast	links	→ Endpunkt
	Verankerung	-	links	→ Endpunkt

zurück zum Startfenster Schliessen Speichern

> Abbildung 24: Unter dem Reiter Vogelperspektive können die Bauelemente kategorisiert und die Position der Stütze sowie die Ausrichtung der Abspannseile definiert werden.



➤ Abbildung 25: Unter dem Reiter Kennwerte wird angezeigt, ob definierte bzw. vorgegebene Grenzwerte bei der aktuellen Lösung eingehalten werden.



> Abbildung 26: Die Legende zur Vogelperspektive veranschaulicht die zur Auswahl stehenden Kategorien für die Bauelemente.

Als Hintergrund für die Vogelperspektive wird die aktuelle Kartendarstellung aus dem QGIS verwendet. Mit Klick auf das Layer-Icon im rechten oberen Bereich des Reiters kann eine farbige Hintergrundkarte geladen werden.

5.5.5 Kopfdaten

Unter dem Reiter „Kopfdaten“ (Abbildung 27) können Zusatzinformationen für den Bericht, wie Verfasser, Projektnummer oder Waldort eingeben werden.

Manuelle Anpassung der Seillinie

Stützen Tragsystem ! Kennwerte Vogelperspektive **Kopfdaten**

Projektverfasser	
Projektnummer	
Gemeinde	
Waldort	
Bemerkungen (werden in den Bericht übertragen)	

zurück zum Startfenster

> Abbildung 27: Unter dem Reiter Kopfdaten können allgemeine Angaben zum Seillinienprojekt gemacht werden.

5.6 Automatische Optimierung der Seillinie

Nach Klick auf die Schaltfläche „Seillinie automatisch optimieren“ (Abbildung 21: Punkt 4) berechnet das Plugin aufgrund der eingegebenen Daten automatisch einen Vorschlag für ein Seillinienlayout. Es wird diejenige Lösung gesucht, welche mit erster Priorität eine minimale Anzahl an Stützen aufweist und mit zweiter Priorität die Sattelhöhe minimiert. Geprüft wird dabei, ob ein minimaler Abstand zwischen dem Boden und dem Trageis gegeben ist, die zulässigen Seilzugkräfte nicht überschritten werden und bei Gravitationsbetrieb eine Mindestneigung beim Trageis gegeben ist. Die Grenzwerte für die Leer- und Lastseilknickwinkel werden vom Algorithmus nicht berücksichtigt.

Das automatisch erstellte Seillinienlayout muss im Bearbeitungsfenster geprüft und angepasst werden. Das funktioniert gleich wie bei der manuellen Bearbeitung. Die minimalen Leer- und Lastseilknickwinkel sind zu prüfen. Ob sich an den vorgeschlagenen Stützenstandorten auch tatsächlich geeignete Stützenbäume befinden, wird vom Plugin nicht geprüft. Die Stützenhöhen können ebenfalls noch entsprechend den Anforderungen für den Seilbetrieb geändert werden.

5.7 Speichern des Seillinien-Projekts

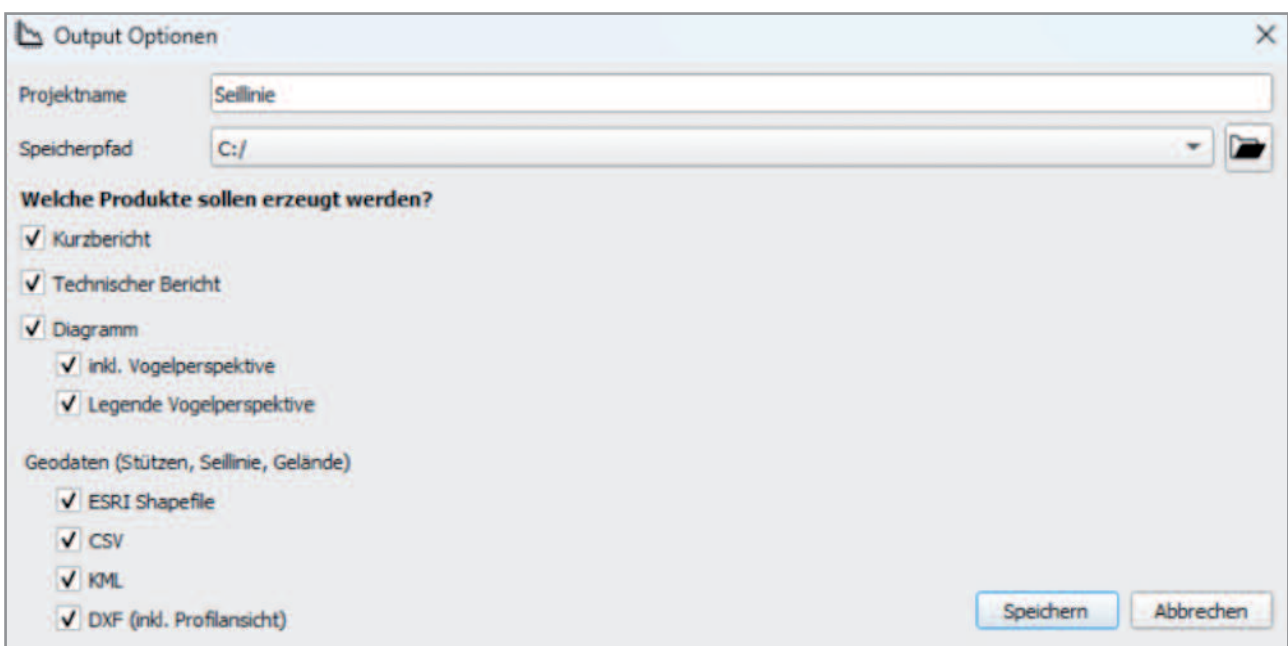
Durch Betätigen der Schaltfläche „Speichern“ öffnet sich das Fenster „Output Optionen“ (Abbildung 28). Hier kann ausgewählt werden, in welchen Dateiformaten das Projekt gespeichert werden soll. Zur Auswahl steht ein Kurzbericht, ein ausführlicher technischer Bericht, ein Diagramm (grafische Darstellung der Seillinie) – wahlweise inklusive Vogelperspektive und dazugehöriger Legende (Abbildung 26), sowie verschiedene Optionen für die Speicherung der Geodaten. Seilaplan legt am

ausgewählten Speicherort einen Ordner mit dem Namen „Seilaplan“ an und speichert die ausgewählten Produkte in einen Unterordner, dessen Benennung sich standardmäßig aus Seilaplan, dem Datum und der Uhrzeit der Projekterstellung zusammensetzt. Der Ordner kann auch individuell im Feld „Projektname“ benannt und unter einem definierten Speicherpfad abgespeichert werden.

Im erstellten Ordner am festgelegten Speicherort befinden sich ein Unterordner mit dem Diagramm, also der grafischen Darstellung des Seillinienlayouts, einem Kurzbericht sowie einem ausführlichen technischen Bericht als PDF-Dateien und einem Ordner mit Geodaten. Im Geodata-Ordner befinden sich für jedes ausgewählte Dateiformat ein Unterordner, welcher nach den Dateiformaten benannt ist (Abbildung 28). Die genannten Ausgaben werden im Kapitel 6 Output näher beschrieben.

5.8 Öffnen eines Seillinienprojekts

Am festgelegten Speicherort befindet sich neben den gespeicherten Ausgaben eine Datei „Projekteinstellungen“ (Format JSON), welche mit Hilfe des Plugins in ein bestehendes QGIS Projekt geladen werden kann. Dazu wird Seilaplan per Klick auf das Icon in einem QGIS-Projekt geöffnet und die entsprechende Datei durch Klick auf das Ordnersymbol unter Projekt ausgewählt. Die gespeicherten Eingangsparameter werden geladen. Durch Klick auf „Seillinie manuell bearbeiten“ öffnet sich das Fenster „Manuelle Anpassung“. Oberhalb der grafischen Darstellung wird der Hinweis eingeblendet, dass die Optimierung übersprungen und die Stützen aus den Projektdaten geladen wurden. Nach einem Klick auf „Speichern“ erscheint die Aufforderung, die Datei neu zu benennen und es wird ein Layer für die Seillinie im geöffneten QGIS-Projekt erstellt.



> Abbildung 28: Im Fenster "Output Optionen" kann der Projektname geändert und der Speicherpfad ausgewählt werden. Außerdem kann ausgewählt werden, in welchen Produkten Seilaplan das geplante Seillinienlayout abspeichern soll.

6 Ausgaben und Berichte



Link zum Video-Tutorial:

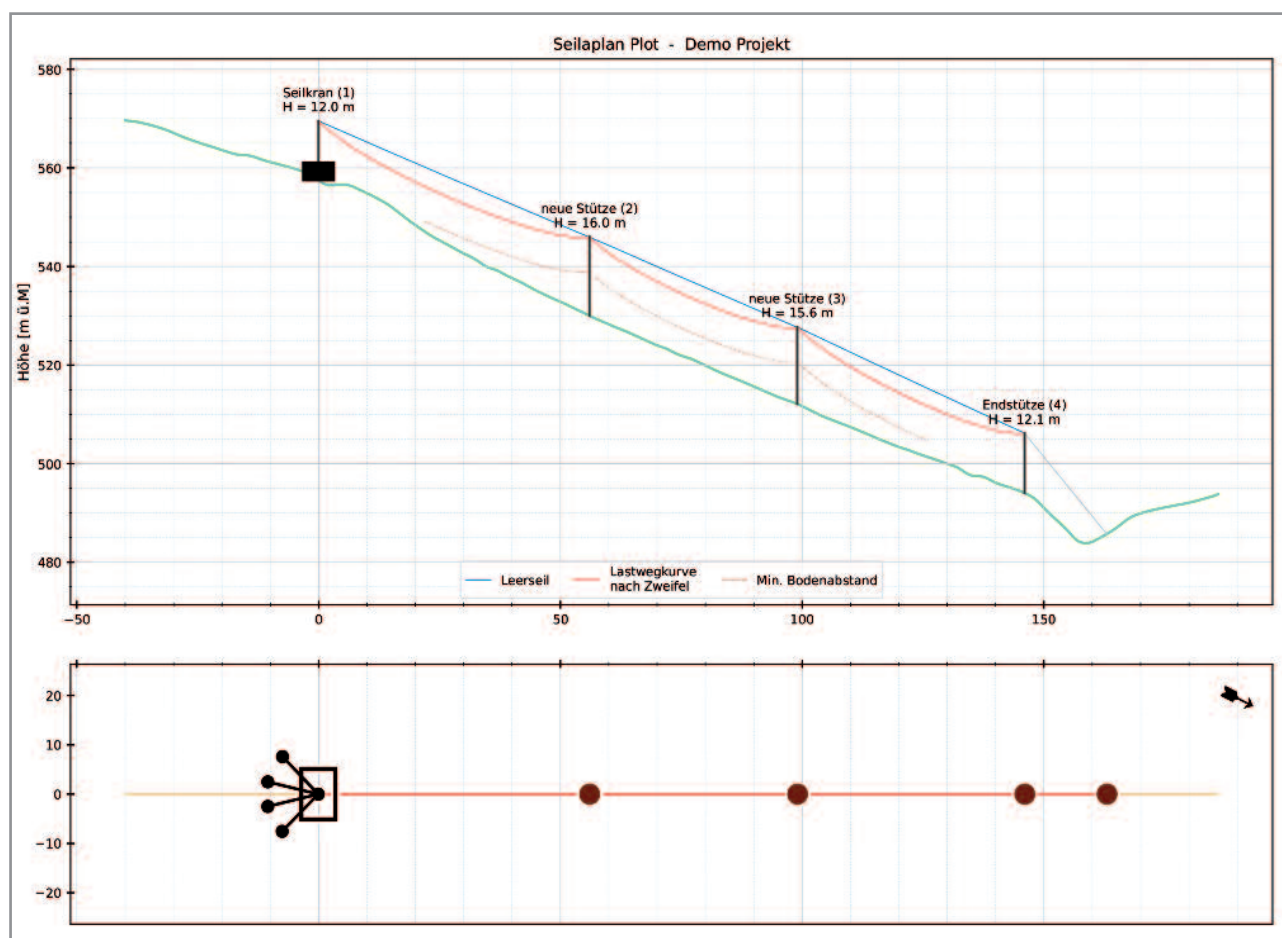
Seilaplan:

Output - YouTube

6.1 Diagramm

Das Diagramm (Abbildung 29) zeigt die grafische Darstellung des Seillinienlayouts. Wenn die Vogelperspektive in den Speicheroptionen aktiviert wurde, ist sie Teil

des Diagramm-Exports und wird unterhalb der Profilansicht im PDF ausgegeben. Der Leerseilverlauf, die Lastwegkurve nach Zweifel (1960) und der minimale Bodenabstand werden dargestellt. Außerdem werden der Anfangs- und der Endpunkt sowie die Stützen inklusive Angabe zur jeweiligen Sattelhöhe dargestellt. Die X-Koordinaten sind auf der horizontalen Achse aufgetragen, die Z-Koordinaten als Höhe über dem Meer auf der vertikalen Achse. Die Legende zur Vogelperspektive (Abbildung 26) wird als zusätzliches PDF-Dokument gespeichert.



> Abbildung 29: Das Diagramm zeigt die grafische Darstellung der Seillinie inkl. der Vogelperspektive.

6.2 Kurzbericht

Der Kurzbericht (Abbildung 30) beinhaltet alle Informationen, die benötigt werden, um die digital projizierte Seillinie im Gelände zu errichten. Unter dem Projektnamen werden die Informationen, die unter dem Reiter Kopfdaten eingegeben wurden, angezeigt. Darunter finden sich die Eingabewerte, mit denen die Seillinie kalkuliert wurde.

Unter dem Punkt Stützen und Ankerdimensionen werden Sattelhöhe und Neigung für die benötigten Stützen

und Anker angegeben. Der minimale BHD und der minimale Durchmesser an der Bundstelle, also dort wo der Sattel befestigt ist, zeigen an welche Dimension ein Stützenbaum mindestens aufweisen muss, um die wirkenden Kräfte unter maximaler Last aushalten zu können. Es ist unbedingt zu beachten, dass es sich bei diesen Angaben um Richtwerte handelt und die Stabilität und Vitalität des Baumes in jedem Fall in natura überprüft werden müssen. Die Kategorie der Bauelemente, welche für die Vogelperspektive vergeben wurde, wird ebenfalls angegeben.

Unter **Kräfte und Winkel** werden die maximal auftretenden Sattel- bzw. Seilzugkräfte sowie Leerseilknickwinkel, Lastseilknickwinkel und im Falle der Verankerung der Angriffswinkel angezeigt.

Unter **Anker und Spannfelder** wird der Azimut, also die Richtung der geplanten Seillinie in Gon, bzw. in Grad angegeben. Blickrichtung ist dabei vom Anfangs- zum Endpunkt. Die Länge des Tragseils vom Anfangs- bis zum Endpunkt und der maximale Abstand des Leerseils zum Boden werden ebenfalls angegeben.

Die einzelnen Spannfelder, also die einzelnen Bereiche zwischen zwei Stützen werden in dieser Tabelle beschrieben. Angegeben sind sowohl Horizontalabstand und Schrägabstand, als auch die Höhendifferenz, der Leerseildurchhang und der Lastseildurchhang.

Für Anwenderinnen und Anwender, die zusätzlich genauere Informationen zu den im Seil und an den Stützen auftretenden Kräften benötigen, erstellt Seilaplan einen ausführlichen technischen Bericht.

SEILAPLAN Projekt: Demo Projekt								
Datum	16.10.2023, 09:34 Uhr			Projektnummer	Demo-Projekt			
Projektverfasser	Stephan Böhm			Waldort	-			
Gemeinde	Gmunden							
Anlagetyp	-							
Bemerkung	die projektierte Seillinie erfüllt nicht die Anforderungen an eine Seillinie, die für Holzrückung geplant wurde, sondern dient lediglich der Veranschaulichung der Funktionsweise von Seilaplan.							
Eingabewerte								
Parameterset: -								
Durchmesser Tragseil	22 mm	Mindestbruchkraft Tragseil	424 kN					
Gesamtlast	38 kN							
Min. Abstand zwischen Tragseil und Boden	7 m	einzuhalten ab ... vom Anfangspunkt	20 m					
		einzuhalten bis ... vor dem Endpunkt	20 m					
Tragseilspannkraft (Anfangspunkt)	70 kN	Tragseilspannkraft (Endpunkt)	69 kN					
Sicherheitsfaktor Tragseil	3	Elastizitätsmodul Tragseil	100 kN/mm2					
Stützen- und Ankerdimensionen								
Nr.	Bezeichnung	Sattelhöhe	Neigung	Min. BHD	Ø Bundstelle	Kategorie		
1	Seilkran	12.0 m	0 °	-	-	Mobiler Seilkran		
2	neue Stütze	16.0 m	0 °	43 cm	27 cm	Normaler Ankerbaum		
3	neue Stütze	15.6 m	0 °	43 cm	27 cm	Normaler Ankerbaum		
4	Endstütze	12.1 m	0 °	39 cm	27 cm	Normaler Ankerbaum		
	Verankerung	0.0 m	0 °	65 cm	-	-		
Kräfte und Winkel								
Maximal berechnete Seilzugkraft		140 kN						
Nr.	Bezeichnung	Max. Kräfte	Leerseil- knickwinkel	Lastseil- knickwinkel	Angriffs- winkel			
1	Seilkran	- (Satteldruck)	-	-	-			
2	neue Stütze	41 kN (Satteldruck)	1.2 °	16.7 °	-			
3	neue Stütze	42 kN (Satteldruck)	2.4 °	19.0 °	-			
4	Endstütze	46 kN (Satteldruck)	26.1 °	42.4 °	-			
	Verankerung	139 kN (Seilzugkraft)	-	-	24.1 °			
Anker- und Spannfelder								
Azimut		370.4 gon / 333.3 °						
Länge Leerseil gespannt (Anfangs- bis Endpunkt)		159.6 m						
Maximaler Abstand Leerseil - Boden		16.0 m						
Spannfeld	Horizontal- distanz	Schräg- distanz	Höhen- differenz	Durchhang Leerseil	Durchhang Lastseil			
Seilkran (1) -> neue Stütze (2)	56.0 m	62.4 m	-27.5 m	0.2 m	4.2 m			
neue Stütze (2) -> neue Stütze (3)	43.0 m	46.6 m	-17.9 m	0.1 m	3.4 m			
neue Stütze (3) -> Endstütze (4)	47.0 m	50.3 m	-18.0 m	0.1 m	3.8 m			
Endstütze (4) -> Verankerung	17.0 m	18.9 m	-8.3 m	-	-			
Total	163.0 m	178.2 m	-71.8 m					
Jegliche Haftung wird im Rahmen der GNU General Public Licence Version 2 oder neuere ausgeschlossen (www.gnu.org/licenses). Die implementierte Berechnungsmethode basiert auf der Methode von Zweifel (1960). Zur Berechnung der Seillinie wurde eine beidseitig fixierte Verankerung angenommen.								

> Abbildung 30: Der Kurzbericht beinhaltet alle Informationen, welche für die Errichtung der Seillinie benötigt werden.

6.3 Technischer Bericht

Im ausführlichen technischen Bericht (siehe Anhang 1) wird unter Stützenpositionen neben der jeweiligen Sattelhöhe und Stützenneigung auch die Positionen mit X-Y-Z Koordinaten beschrieben. Die Z Koordinate (Seehöhe) bezieht sich auf den Stützenfuß, also auf den Punkt auf der Geländelinie wo die Stütze stehen soll und nicht auf den Sattel. Die Kategorie, Position und Ausrichtung der Abspannseile, welche bei der Konfiguration für die Vogelperspektive definiert wurden, wird ebenfalls angegeben

Die Horizontaldistanz und die Schrägdistanz, sowie der Azimut werden unter Daten für die Absteckung im Feld angegeben. Diese Informationen, sowie die Grundspannkraft, welche als Eingangswert definiert wurde, werden gleich wie im Kurzbericht angegeben. Unter Seillänge wird zusätzlich zur Länge des Leerseils, auch die Länge des Leerseils bei Anfangszugkraft gegeben. Die Informationen zum Durchhang finden sich ebenfalls sowohl im Kurzbericht, als auch im ausführlichen technischen Bericht.

Unter auf tretende Kräfte am Tragseil wird die Grundspannkraft am Anfangs- und Endpunkt ausgewiesen. Bei einer Bergauf-Seilung ist die Grundspannkraft im Anfangspunkt höher als im Endpunkt, da der Anfangspunkt auf einer höheren Seehöhe als der Endpunkt liegt und das Eigengewicht des Tragseils dadurch am Anfangspunkt zieht. Bei einer Bergab-Seilung ist die Grundspannung im Endpunkt etwas höher als im Anfangspunkt. Für eine noch detailliertere Betrachtung wird die Seilzugkraft für die einzelnen Stützen angegeben, und ihre horizontale Komponente extra beschrieben.

Die Seilzugkraft im Leerseil entspricht der Grundspannkraft. Sie wird am Anfangs- und Endpunkt angegeben. Zudem wird die Seilzugkraft des Leerseils an den Stützen ausgegeben.

Für das Lastseil ist neben der maximal auftretenden Seilzugkraft in Anfangs- und Endanker, auch die Kraft im höchsten Punkt des Seilsystems angegeben, welcher in unserem Fall dem Anfangspunkt entspricht. Zudem werden Angaben zur maximal auftretenden Seilzugkraft am Lastseil mit Last in Spannfeldmitte für jedes Spannfeld sowie im höchsten Punkt im Seilsystem gemacht.

Neben den Seilkräften werden auch die auf tretenden Kräfte an den Stützen beschrieben. Für jede Stütze werden die Sattelkräfte für drei Fälle, wenn sich der

Laufwagen direkt auf dem Sattel, oder wenn er sich unmittelbar rechts oder links der Sättel befindet, berechnet. Die Sattelkräfte im ersten Fall werden als resultierende Kraft sowie als horizontale und vertikale Komponente berechnet. Der Anteil, der sich aus dem Eigengewicht des Tragseils ergibt, wird ebenfalls separat ausgegeben. Für die anderen Fälle, also wenn der Laufwagen unmittelbar vor oder hinter der Stütze ist, wird der Anteil vom Tragseil nicht gesondert berechnet.

Unter Seilwinkel an den Stützen, werden sowohl für das Leerseil, als auch für das Lastseil die Winkel angegeben, unter denen das Seil auf die Stütze führt, bzw. von der Stütze wegführt.

Außerdem werden unter Nachweis, dass Tragseil nicht vom Sattel abhebt die Knickwinkel des Seils berechnet und es wird geprüft, ob das Tragseil vom Sattel abhebt. Wird der Nachweis erbracht, dass das Seil auf den Sätteln bleibt, wird das mit Ja gekennzeichnet.

Unter dem Punkt Annahmen werden die Eingangsparameter noch einmal zusammengefasst. Es handelt sich um jene Werte, die vor der Berechnung der Seillinie eingegeben wurden.

6.4 Geodaten

6.4.1 CSV-Dateien

In der CSV-Datei „Koordinaten_Seil“ werden die Koordinaten von Lastseil, Leerseil und Gelände sowie der Abstand vom Lastseil zum Boden für jeden Meter Horizontaldistanz, beginnend beim Anfangspunkt, dargestellt. Die X und Y Koordinaten sind für Lastseil, Leerseil und Gelände dieselben und daher nur einmal dargestellt.

Die CSV-Datei „Koordinaten_Stuetzen“ zeigt die Koordinaten der in Seilaplan erstellten Stützen, sowie die Sattelhöhe und gegebenenfalls die Neigung und unterscheidet nach den definierten Stützen.

6.4.2 Weitere Dateiformate

Neben der Ausgabe als CSV-Datei können die Geodaten auch als SHP-, KML- oder DXF-Datei abgespeichert werden. Das SHP-Format wird für GIS-Anwendungen gebraucht. Mit dem KML-Format kann die geplante Seillinie in Google Earth geladen und betrachtet werden. Das DXF-Format kann mit CAD Software gelesen und für technische Zeichnungen verwendet werden.

7 Literaturverzeichnis

Bont, Leo; Heinemann, Hans Rudolf (2012): Optimum geometric layout of a single cable road. In: *European Journal of Forest Research* 131 (5), S. 1439–1448. DOI: 10.1007/s10342-012-0612-y.

Bont, Leo; Moll, Patricia; Ramstein, Laura; Frutig, Fritz; Heinemann, Hans; Schweizer, Janine (2022a): SEILAPLAN: a QGIS Plugin for Cable Road Layout Design. In: *Croatian journal of forest engineering* 43, S. 241–255. DOI: 10.5552/crojfe.2022.1824.

Bont, Leo; Ramstein, Laura; Frutig, Fritz; Schweizer, Janine (2020): Neue Grundlagen für eine effiziente Seillinienplanung. Schlussbericht an die Wald- und Holzforschungsförderung Schweiz. Birmensdorf.

Bont, Leo Gallus; Ramstein, Laura; Frutig, Fritz; Schweizer, Janine (2022b): Tensile forces and deflections on skylines of cable yarders: comparison of measurements with close-to-catenary predictions. In: *International Journal of Forest Engineering* 33 (3), S. 195–216. DOI: 10.1080/14942119.2022.2051159.

Moll, Patricia (2022): Dokumentation SEILAPLAN V3.3 QGIS Plugin zur Planung von Seilkran-Layouts. Online verfügbar unter https://seilaplan.wsl.ch/fileadmin/user_upload/WSL/Microsite/Seilaplan/Dokumente/SEILAPLAN_Dokumentation_v3.3.pdf, zuletzt geprüft am 24.05.2023.

Ramstein, Laura; Bont, Leo; Moll, Patricia; Schweizer, Janine (Eds) (2023): Digitale Seillinienplanung mit Seilaplan. Dokumentation für die Tagung vom 30. August 2023. SEILAPLAN Version 3.5, 48 S. Hg. v. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL.

Zweifel, Otto (1960): Seilbahnberechnung bei beidseitig verankerten Tragseilen. DOI: 10.5169/seals-64812.

8 Anhang

SEILAPLAN Projekt Demo Projekt

Datum	16.10.2023, 09:34 Uhr, Berechnungsdauer: 0 s
Projektverfasser	Stephan Böhm
Projektnummer	Demo-Projekt
Gemeinde	Gmunden
Waldort	-
Anlagetyp	-
Höhendaten	D:/DigiSeil_14124/11_Ausbildungszwecke/QGIS_LFZ_Vorlage/daten/DGM_Gmunden.tif
Bemerkung	die projektierte Seillinie erfüllt nicht die Anforderungen an eine Seillinie, die für Holzlückung geplant wurde, sondern dient lediglich der Veranschaulichung der Funktionsweise von Seilaplan.

Erklärungen und Diagramme zu den technischen Werten sind in der Dokumentation zu finden.

Stützenpositionen

	Höhe Sattel [m]	Neigung [°]	X-Koordinate	Y-Koordinate	Z-Koordinate [m ü.M.]	Kategorie	Position	Ausrichtung Abspannseile
Seilkran	12.0	0.0	747105.3	285345.7	557.5	Mobiler Seilkran	zentral	→ Anfangspunkt
neue Stütze	16.0	0.0	747080.2	285395.8	530.0	Normaler Ankerbaum	zentral	-
neue Stütze	15.6	0.0	747060.9	285434.2	512.1	Normaler Ankerbaum	zentral	-
Endstütze	12.1	0.0	747039.8	285476.2	494.1	Normaler Ankerbaum	zentral	-
Verankerung	0.0	0.0	747032.2	285491.4	485.7	-	-	-

Daten für Absteckung im Feld (Bodenpunkt)

Azimut: 370.4 gon / 333.3 °

	Horizontaldistanz	Schrägdistanz
von Seilkran zu neue Stütze	56.0 m	62.4 m
von neue Stütze zu neue Stütze	43.0 m	46.6 m
von neue Stütze zu Endstütze	47.0 m	50.3 m
von Endstütze zu Verankerung	17.0 m	18.9 m

Tragseilspannkraft (Grundspannung)

Tragseilspannkraft bei der Anfangsstütze 70 kN

Seillänge

		1. Spannfeld	2. Spannfeld	3. Spannfeld
Länge Leerseil bei Anfangszugkraft	159.1 m			
Länge Leerseil bei 0 kN Seilzugkraft	159.6 m			
Länge der Spannfelder (Schrägdistanz)		60.7 m	46.7 m	51.7 m

Durchhang

Abk.		1. Spannfeld	2. Spannfeld	3. Spannfeld
yLE	Leerseil	0.2 m	0.1 m	0.1 m
yLA	Lastseil	4.2 m	3.4 m	3.8 m
	Maximaler Abstand Leerseil - Boden	16.0 m		

Auf tretende Kräfte am Tragseil

Abk.	Am Leerseil (Grundspannung)			
T0,A	Seilzugkraft am Anfangspunkt	70 kN		
T0,E	Seilzugkraft am Endpunkt	69 kN		
		Seilkran	neue Stütze	neue Stütze
T0	Seilzugkraft des Leerseils an den Stützen	70 kN	69 kN	69 kN
HS	Leerseilverhältnis: Horizontalkomponente der Seilzugkraft an den Stützen	1. Spannfeld	2. Spannfeld	3. Spannfeld
		64 kN	64 kN	63 kN

Am Lastseil									
Max. auftretende Seilzugkraft									
Tmax	am höchsten Punkt im Seilsystem		140 kN						
Tmax,A	am Anfangspunkt		140 kN						
Tmax,E	am Endpunkt		139 kN						
Am Lastseil mit Last in Feldmitte									
Tm	Max. auftretende Seilzugkraft gemessen in Feldmitte		1. Spannfeld	2. Spannfeld	3. Spannfeld				
Hm	davon horizontale Komponente		140 kN	131 kN	133 kN				
Tm,max	gemessen am höchsten Punkt im Seilsystem		129 kN	121 kN	121 kN				
			140 kN	132 kN	134 kN				
Auftretende Kräfte an den Stützen									
Laufwagen auf Sattel									
F_Sa_BefRes	Sattelpunkt, resultierend		Seilkran	neue Stütze		neue Stütze		Endstütze	
F_Sa_BefV	Sattelpunkt, vertikale Komponente		-	41 kN		42 kN		67 kN	
F_Sa_BefH	Sattelpunkt, horizontale Komponente		-	41 kN		42 kN		64 kN	
FSR	Sattelpunkt (Anteil von Tragseil), resultierend		-	1 kN		1 kN		19 kN	
FSV	Sattelpunkt (Anteil von Tragseil), vertikale Komponente		-	1 kN		3 kN		31 kN	
FSH	Sattelpunkt (Anteil von Tragseil), horizontale Komponente		-	1 kN		3 kN		25 kN	
FU	Einwirkung auf Stütze aus Last, Gewicht Trag- und Zugseil		-	1 kN		1 kN		19 kN	
			39 kN	39 kN		40 kN		39 kN	
Laufwagen unmittelbar links/rechts bei Stütze									
TCS	Seilzugkraft		Seilkran	neue Stütze		neue Stütze		Endstütze	
F_Sa_NBefRes	Sattelpunkt, resultierend		links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
F_Sa_NBefV	Sattelpunkt, vertikale Komponente		-	92 kN	66 kN	92 kN	65 kN	92 kN	64 kN
F_Sa_NBefH	Sattelpunkt, horizontale Komponente		-	-	19 kN	23 kN	22 kN	24 kN	46 kN
			-	-	18 kN	20 kN	21 kN	21 kN	40 kN
			-	-	5 kN	11 kN	6 kN	12 kN	22 kN
			-	-	5 kN	11 kN	6 kN	12 kN	22 kN
Seilwinkel an den Stützen									
Am Leerseil (Grundspannung)									
alpha LA	eingehender Winkel		Seilkran	neue Stütze	neue Stütze	Endstütze			
alpha LE	ausgehender Winkel		-	-22.2 °	-22.6 °	-24.1 °			
			-23.3 °	-23.5 °	-25.0 °	-50.2 °			
Am Lastseil									
alpha LA	eingehender Winkel		Seilkran	neue Stütze	neue Stütze	Endstütze			
alpha LE	ausgehender Winkel		-	-6.8 °	-6.0 °	-7.8 °			
			-35.8 °	-36.7 °	-37.9 °				
Nachweis, dass Tragseil nicht vom Sattel abhebt									
Laufwagen auf Sattel									
beta	Lastseilknickwinkel		Seilkran	neue Stütze	neue Stütze	Endstütze			
	Leerseilknickwinkel		-	16.7 °	19.0 °	42.4 °			
	Nachweis erfüllt		-	1.2 °	2.4 °	26.1 °			
	(Leerseilknickwinkel > 1°)		-	Ja	Ja	Ja			
Annahmen									
Parameterset:									
-									
Seilsystem									
Zweiseil-System		Gesamtlast		38 kN					
Höhe Mast Mobilseilkran		12 m		Metergewicht Tragseil		0.0232 kN/m			
Tragseil befahrbar ab ... vom Anfangspunkt		0 m		Durchmesser Tragseil		22 mm			
Tragseil befahrbar bis ... vor dem Endpunkt		0 m		Mindestbruchkraft Tragseil		424 kN			
Min. Abstand zwischen Tragseil und Boden		7 m		Metergewicht Zugseil		0.0073 kN/m			
einzuhalten ab ... vom Anfangspunkt		20 m		Metergewicht Rückholseil		0 kN/m			
einzuhalten bis ... vor dem Endpunkt		20 m		Tragseilspannkraft (Anfangspunkt)		70 kN			
				Anlagentyp					
Minimaler Abstand zwischen Stützen		10 m		Künstliche Stütze ab Sattelhöhe von		22 m			
Min. Abstand mögl. Stützenstandorte		10 m		Elastizitätsmodul Tragseil		100 kN/mm2			
Minimale Sattelhöhe		8 m		Füllfaktor		0.7			
Maximale Sattelhöhe		22 m		Sicherheitsfaktor Tragseil		3			
Abstufungsintervall		2 m							

> **Anhang 1: Der ausführliche technische Bericht beinhaltet alle Informationen die im Kurzbericht zu finden sind und beinhaltet darüber hinaus weitere technische Details.**

Notizen

Kooperationsplattform Forst Holz Papier

A-1030 Wien > Marxergasse 2/4. Stock

Tel. +43 1 402 0112 - 900 > Fax +43 1 402 0112 - 903

office@forstholtzpapier.at > www.forstholtzpapier.at

