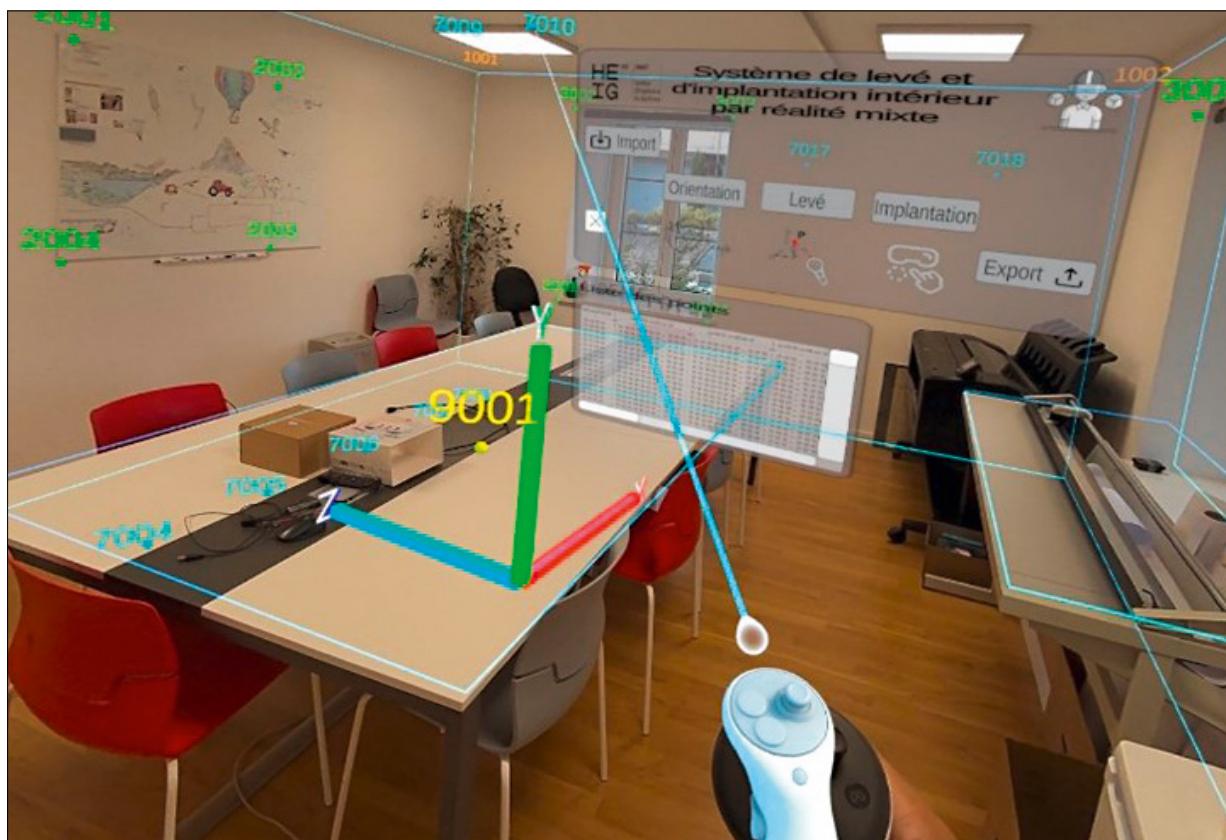


# cadastre

Fachzeitschrift für das schweizerische Katasterwesen

swisstopo  
wissen wohin



**Zuverlässige Höhen für die nächsten Jahrzehnte – das neue Schweizer Höhensystem** Das Schweizer Höhensystem basiert seit über einem Jahrhundert auf dem Landesnivelllement von 1902 (LN02), das auf geometrischem Nivellement beruht. Aufgrund der Weiterentwicklung der Messtechniken und der Notwendigkeit, mit internationalen Systemen kompatibel zu sein, hat die Schweiz die Modernisierung ihres Höhensystems in Angriff genommen. ► Seite 4

**Geodätische Bezugssysteme und -rahmen in Theorie und Praxis** Koordinatensysteme, Bezugssysteme und -rahmen sind in der Vermessung und Geodäsie von zentraler Bedeutung. Dieser Artikel soll die wesentlichen theoretischen Grundlagen auffrischen und praktische Informationen für die tägliche Arbeit liefern. ► Seite 9

**Vision Amtliche Vermessung: Ergebnisse der Konsultation und weiteres Vorgehen** Die von einer Arbeitsgruppe erarbeitete Vision der amtlichen Vermessung war von März bis Juni 2025 in einer breiten Konsultation. ► Seite 15

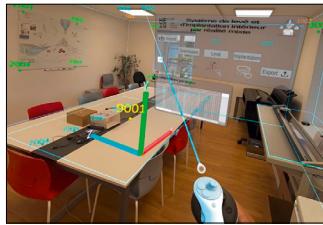
**Mit Mixed Reality in Innenräumen messen und abstecken** Mixed Reality bietet auf halbem Weg zwischen realer und virtueller Welt neue Perspektiven für Berufe im Bereich der Geomatik. In dieser Bachelorarbeit wird das Potenzial eines Headsets untersucht, mit dem sich Punkte in Innenräumen vermessen und abstecken lassen. ► Seite 18



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Landestopografie swisstopo  
[www.swisstopo.ch](http://www.swisstopo.ch)

# Inhalt



Übersicht über die Anwendung mit Punkten. Ursprung des lokalen Systems, Raycast und Menü.

## Impressum «cadastre»

Redaktion:  
Aline Markwalder, Catarina Paiva Duarte  
und Marc Nicodet

Auflage:  
1400 deutsch / 550 französisch

Erscheint: 3 x jährlich

Adresse der Redaktion:  
Bundesamt für Landestopografie  
swisstopo  
Vermessung  
Seftigenstrasse 264  
3084 Wabern  
Telefon 058 464 73 03  
vermessung@swisstopo.ch  
www.cadastre.ch

ISSN 2297-6086  
ISSN 2297-6094

## Editorial

3

## Fachbeiträge

- Zuverlässige Höhen für die nächsten Jahrzehnte – das neue Schweizer Höhensystem 4–8
- Geodätische Bezugssysteme und -rahmen in Theorie und Praxis 9–14
- Vision Amtliche Vermessung: Ergebnisse der Konsultation und weiteres Vorgehen 15
- Informationsveranstaltung ÖREB-Kataster 2025: Rückblick 16–17
- Mit Mixed Reality in Innenräumen messen und abstecken 18–22
- Die Verifikation – Qualitätssicherung und Wegbereitung für die amtliche Vermessung der Zukunft 23–24

## Mitteilungen

- Personelles aus dem Bereich Vermessung 24
- Geo Innovation News 25–26
- Kreisschreiben und Express: jüngste Veröffentlichungen 27

## Veranstaltungen und Weiterbildung

- Info-Regio AV: Vision Amtliche Vermessung und DMAV Version 1.0 –  
Reminder 27

## Legende

- Amtliche Vermessung
- ÖREB-Kataster
- Allgemeine Artikel

# Editorial



Marc Nicodet

Liebe Leserin, lieber Leser

Ich hoffe, Sie hatten einen schönen Sommer und sind gut erholt. In dieser Ausgabe bieten wir Ihnen mehrere Beiträge über die geodätischen Grundlagen der Schweiz – inklusive etwas theoretischem Hintergrund –, welche die gemeinsame Basis all unserer Geodaten bilden.

Auf Seite 4 finden Sie zunächst einen Beitrag über das neue Höhensystem, das wir in der Schweiz einführen möchten. Während unser derzeitiges System auf dem Landesnivelllement aus dem Jahr 1902 basiert, haben uns die seitdem gewonnenen wissenschaftlichen Erkenntnisse und die Weiterentwicklung der Messtechnologien dazu veranlasst, eine Modernisierung unseres Höhensystems vorzuschlagen. Dieser Schritt wurde für die Lagefixpunkte bereits Anfang der 2000er Jahre mit LV95 (Landesvermessung 1995, dem Referenzrahmen für die Vermessung) vollzogen. Nun ist es an der Zeit, dies auch für die Höhenmessung zu tun. Alle wissenschaftlichen und technischen Grundlagen für diese Änderung sind vorbereitet oder stehen kurz vor dem Abschluss. Es ist jedoch klar, dass die endgültige Entscheidung über die Änderung des Höhenmesssystems eine politische Entscheidung ist, die noch nicht getroffen wurde.

Ein weiterer Beitrag auf Seite 9 befasst sich mit geodätischen Referenzsystemen und -rahmen. Dort finden Sie Erläuterungen zu den globalen und europäischen terrestrischen Referenzsystemen und -rahmen. Wie Sie wissen, befindet sich die Erde in stetigem Wandel. Deshalb ist es wichtig, die Umstellungen zwischen den schweizerischen und internationalen Referenzsystemen und -rahmen sicherzustellen. In einer Zeit, in der globale Messsysteme wie das Global Navigation Satellite System (GNSS) immer häufiger zum Einsatz kommen und zum Standard werden, ist es unerlässlich, die Relevanz und Genauigkeit dieser Umstellungen zu gewährleisten.

All diese Umstellungen, die das Ergebnis intensiver wissenschaftlicher Forschung sind, reichen jedoch nicht aus, um die Zuverlässigkeit der mit unseren GNSS-Geräten erhaltenen Koordinaten in allen Fällen zu gewährleisten. In der Realität sehen wir uns zunehmend dem Phänomen des Spoofings (Fälschung von GNSS-Signalen) ausgesetzt, insbesondere in der Nähe von Konfliktgebieten. Der Beitrag auf Seite 25 stellt ein interessantes Projekt vor, das die Widerstandsfähigkeit von GNSS-Signalen verbessern soll.

Ich wünsche Ihnen viel Spass bei der Lektüre dieser Ausgabe des «cadastre», die neben den erwähnten Beiträgen zum Thema Geodäsie viele weitere Informationen zum Schweizer Katastersystem und zu innovativen Techniken enthält.

Marc Nicodet  
Leiter Bereich Vermessung  
swisstopo, Wabern  
marc.nicodet@swisstopo.ch

# Zuverlässige Höhen für die nächsten Jahrzehnte – das neue Schweizer Höhensystem

Das Schweizer Höhensystem basiert seit über einem Jahrhundert auf dem Landesnivelllement von 1902 (LN02), das auf geometrischem Nivellement beruht. Aufgrund der Weiterentwicklung der Messtechniken und der Notwendigkeit, mit internationalen Systemen kompatibel zu sein, hat die Schweiz die Modernisierung ihres Höhensystems in Angriff genommen. Das neue System, das «Swiss Vertical Reference System» (CHVRS), führt Normalhöhen ein und berücksichtigt die vertikalen Bewegungen der Erdkruste. Derzeit werden Proofs of Concept zur Validierung spezifischer technischer Aspekte durchgeführt.

Seit vier Jahren arbeitet die Schweiz an der Modernisierung ihres Höhensystems, dem Landesnivelllement von 1902 (LN02). Im Rahmen dieses Projekts hat eine Arbeitsgruppe des Bundesamts für Landestopografie swisstopo die Definitionen des neuen Schweizer Höhenbezugssystems erarbeitet: Das «Swiss Vertical Reference System» (CHVRS) sowie den dazugehörigen Referenzrahmen «Swiss Vertical Reference Frame» (CHVRFxxxx), wobei «xxxx» für das Jahr der Realisierung steht. Das System soll präzise und zuverlässige Höhen liefern, die mit modernen Satellitennavigationstechnologien kompatibel sind. Es basiert auf Normalhöhen und berücksichtigt die vertikalen Bewegungen der Erdkruste in der Schweiz, um langfristig Genauigkeit, Homogenität und Kompatibilität mit internationalen Bezugssystemen zu gewährleisten.

## Einige theoretische Grundlagen

In der Geodäsie unterscheidet man hauptsächlich zwei Kategorien von Höhen:

1. *Geometrische Höhen*, namentlich die ellipsoidischen Höhen, können direkt mit globalen Satellitenmessverfahren wie GNSS (Globale Satelliten Navigationssysteme) gemessen werden. Ihr Hauptnachteil besteht jedoch darin, dass sie nur geometrisch definiert sind und dadurch die Fließrichtung von Wasser nicht abbilden.
2. *Physikalische Höhen* hingegen berücksichtigen die Erdanziehungskraft und zielen darauf ab, die Höhe von Punkten so zu definieren, dass kein Wasser zwischen zwei Punkten fließen kann, die sich auf denselben Höhe befinden (siehe Kasten «Dynamische Höhe»).

Eine naheliegende Methode, um physikalische Höhen zu bestimmen, besteht darin, ein geometrisches Nivellement durchzuführen, wie es im Rahmen des Landesnivelllement 1902 geschehen ist. Eines der Hauptprobleme dieser sogenannten «Gebrauchshöhen» ist jedoch, dass sie nicht eindeutig sind. Die Höhe eines Punktes hängt davon ab, über welchen Weg er nivelliert wurde. Das bedeutet, dass selbst ohne Messunsicherheiten

### Dynamische Höhe

Nur die dynamische Höhe ermöglicht einen exakten Zugang zur Gravitationsenergie. Doch selbst bei kurzen Strecken sind die Unterschiede zwischen der dynamischen Höhe und den durch geometrisches Nivellement erhaltenen Höhenunterschieden erheblich. Um dynamische Höhen zu erhalten, müsste man daher systematisch die geopotentielle Kote heranziehen. Aus diesem Grund werden eher orthometrische oder Normalhöhen verwendet. Diese stellen einen Kompromiss dar, bei dem die Übereinstimmung zwischen der Äquipotentialfläche und den Punkten gleicher Höhe zugunsten einer guten Übereinstimmung zwischen nivellierten Höhenunterschieden und tatsächlichen Höhenunterschieden vernachlässigt werden.

ein und demselben Punkt je nach Messstrecke unterschiedliche Höhen zugewiesen werden können. Um dieses Problem zu lösen, werden in der Geodäsie eindeutige physikalische Höhensysteme wie z.B. orthometrische Höhen, Normalhöhen oder dynamische Höhen definiert. Diese verschiedenen Systeme haben jeweils theoretische und praktische Vor- und Nachteile, basieren jedoch alle auf der geopotentiellen Kote.

### Die geopotentielle Kote

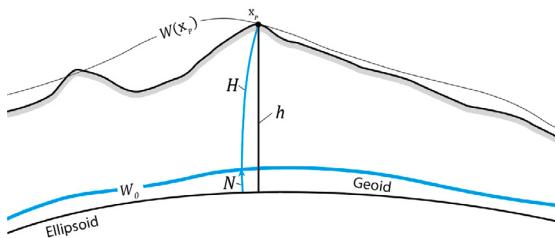
Die geopotentielle Kote  $C$  eines Punktes  $P$  mit der Koordinate  $x_P$  ist definiert als die Differenz zwischen dem Gravitationspotenzial auf der Referenzfläche (dem Geoid),  $W_0$ , und dem Potenzial  $W$  am Punkt  $P$ .

$$C(x_P) = W_0 - W(x_P)$$

Sie wird in  $\text{m}^2/\text{s}^2$  angegeben. Eine geopotentielle Kote kann beispielsweise durch geometrisches Nivellement in Kombination mit gravimetrischen Messungen ermittelt werden. Dazu werden die Höhenunterschiede (in Meter) mit den lokalen Werten der Schwerkraft (in  $\text{m/s}^2$ ) multipliziert. Um die orthometrische Höhe  $H$  des Punktes  $x_P$  zu erhalten, muss die geopotentielle Kote lediglich durch die durchschnittliche Schwerkraft entlang der Lotlinie  $\bar{g}$  dividiert werden.

$$H(x_P) = \frac{C(x_P)}{\bar{g}}$$

Abbildung 1: Topografische Profile mit der orthometrischen Höhe  $H$  links und der Normalhöhe  $H^*$  rechts.



Diese mittlere Schwerebeschleunigung kann jedoch nicht direkt durch Messung ermittelt werden, da es unmöglich ist, ins Innere der Erde vorzudringen. Daher muss auf Massenmodelle der Erde zurückgegriffen werden. Diese enthalten Annahmen über die Dichte der Gesteine zwischen Topografie und Geoid und stützen sich auf gravimetrische Messungen an der Oberfläche.

#### Die orthometrische Höhe

Die orthometrische Höhe ist eindeutig und bezieht sich auf das Geoid. Dabei handelt es sich um eine Äquipotentialfläche, die der unter den Kontinenten verlängerten Meeresoberfläche entspricht. Die orthometrische Höhe  $H$  entspricht geometrisch der Länge der (gekrümmten) Senkrechten zwischen dem betrachteten Punkt und dem Geoid. Über die Geoidundulation  $N$  ist sie mit der ellipsoidischen Höhe  $h$  verbunden (siehe Abb. 1 links):

$$H = h - N$$

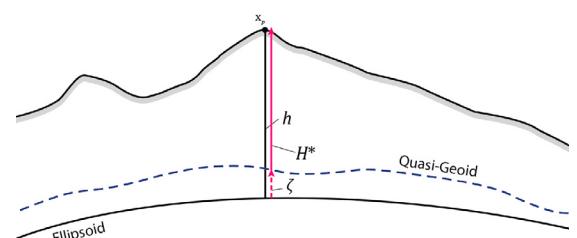
#### Die Normalhöhe

Die Hauptschwierigkeit bei der Bestimmung der orthometrischen Höhe besteht in der genauen Schätzung der mittleren Schwerebeschleunigung. Um diese Einschränkung zu umgehen, schlug der Geodät Michail Molodenski in den 1960er Jahren ein alternatives System eindeutiger physikalischer Höhen vor, das ebenfalls auf geopotentiellen Kote basiert. Darin wird die mittlere Schwerebeschleunigung durch die mittlere Normalschwerebeschleunigung ersetzt, die von einem theoretischen Schwerkraftfeld abgeleitet ist. Dieses wird von einem homogenen Rotationsellipsoid erzeugt, das die gleiche Masse aufweist wie die Erde.

Der Vorteil besteht darin, dass sich die mittlere Normalschwerebeschleunigung  $\bar{y}$  der Erde ohne Unsicherheiten oder Annahmen über die Massenverteilung in der Erdkruste ermitteln lässt. Die Normalhöhe  $H^*$  ergibt sich dann aus:

$$H^*(x_p) = \frac{C(x_p)}{\bar{y}}$$

Im Gegensatz zur orthometrischen Höhe bezieht sich die Normalhöhe nicht auf das Geoid oder eine andere Äquipotentialfläche. Ihre Referenzfläche wird als Quasi-Geoid bezeichnet.



Um aus einer mit GNSS gemessenen ellipsoidischen Höhe  $h$  schliesslich eine Normalhöhe zu erhalten, wird eine ähnliche Beziehung wie bei den orthometrischen Höhen angewendet. Anstelle der Geoidundulation  $N$  wird jedoch die Höhenanomalie  $\zeta$  subtrahiert (siehe Abb. 1 rechts).

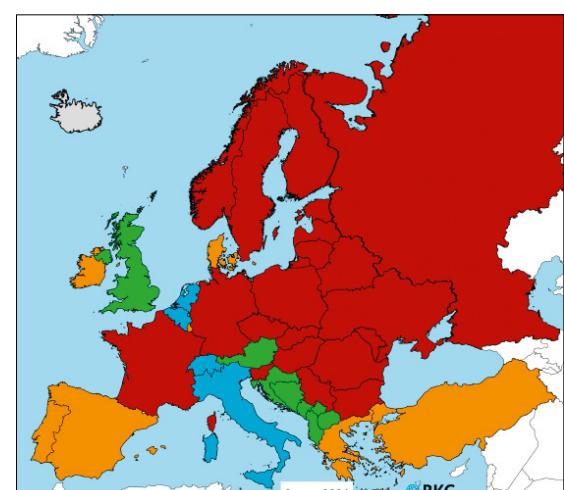
$$H^* = h - \zeta$$

#### Für alle, die es ganz genau wissen wollen:

Besuchen Sie unsere Webseite: Normalhöhen für das neue Schweizer Höhensystem: [www.swisstopo.admin.ch/de/normalhoehen-fuer-das-schweizer-hoehensystem](http://www.swisstopo.admin.ch/de/normalhoehen-fuer-das-schweizer-hoehensystem)

Die Entscheidung, für das neue Schweizer Höhenmesssystem CHVRS auf Normalhöhen zu setzen, obwohl diese konzeptionell etwas komplexer sind, hat zwei Hauptgründe:

- Die Normalhöhe kann ohne Annahmen über die Geostandsdichten aus der geopotentiellen Kote abgeleitet werden und weist daher keine damit verbundene zusätzliche Unsicherheit auf.
- Sie ist direkt kompatibel mit internationalen Standards, insbesondere denen vieler europäischer Länder, darunter Frankreich und Deutschland (siehe Abb. 2).



#### Höhenarten:

- Kein Nivellement-Netzwerk
- Gebrauchshöhen
- Normalhöhen
- orthometrische Höhen
- normal-orthometrische Höhen
- Keine Informationen

Abbildung 2: In Europa verwendete Höhenarten.

(Quelle: Bundesamt für Kartografie und Geodäsie, Deutschland)

## Mit der Zeit bewegen sich die Punkte

Die Erdkruste ist aufgrund tektonischer Aktivität ständig in Bewegung (vgl. S.11). In der Schweiz haben wiederholte Nivellement-Messungen gezeigt, dass sich die Alpen gegenüber dem Schweizer Mittelland um etwa 1 bis 2 mm pro Jahr heben. Um die Langlebigkeit des Höhensystems zu gewährleisten, integriert das CHVRS eine kinematische Komponente. Das heisst, die vertikalen Bewegungen werden berücksichtigt.

Aus den Geschwindigkeiten einer Auswahl an Punkten wird ein kinematisches Modell erstellt. Damit lässt sich eine Höhe zu einem beliebigen Zeitpunkt  $t_1$  in eine Höhe zu einem anderen beliebigen Zeitpunkt  $t_2$  transformieren. Dieser Ansatz gewährleistet die Konsistenz zwischen den zu verschiedenen Zeitpunkten gemessenen Höhen und den Höhen in den verschiedenen Datenbanken. Um die Einheitlichkeit der verschiedenen Datenbanken zu gewährleisten, werden die offiziellen Höhen zu einem Referenzzeitpunkt  $t_0$  geführt. Dieser ist wie folgt definiert:

*Eine offizielle Höhe ist eine Höhe zum Zeitpunkt des Bezugsrahmens.*

Somit werden alle amtlichen Höhen und die von swisstopo veröffentlichten Produkte zum Zeitpunkt des geltenden Bezugsrahmens festgehalten. Für offizielle Höhen wird folgende Schreibweise verwendet:

1239.943 m CHVRF2030 2030.0

Das bedeutet, dass es sich bei diesem Beispiel um eine Höhe im Referenzrahmen CHVRF2030 zum Zeitpunkt 2030 handelt.

Diese Definition hat den Vorteil, dass die kinematische Reduktion der Höhen vernachlässigbar ist, sofern die Messungen direkt an die Fixpunkte der amtlichen Vermessung angeschlossen sind. Dies gilt sowohl für Nivellement, trigonometrische Messungen wie auch für differentielle GNSS-Messungen, die an die Fixpunkte angeschlossen werden. In allen diesen Fällen resultieren direkt Höhen im offiziellen Referenzrahmen zum Referenzzeitpunkt. Es sind keine kinematischen Korrekturen erforderlich.

Für swipos-GIS/GEO<sup>1</sup> wird ein spezifischer Mountpoint angeboten. Die zum Zeitpunkt der Messung ermittelte Position wird dadurch automatisch serverseitig um die Kinematik korrigiert. Die vom Empfänger berechnete Position (E, N, H\*) liegt dadurch direkt im offiziellen Rahmen und zum Referenzzeitpunkt  $t_0$  vor. In diesem

Fall muss der Nutzer bzw. die Nutzerin des swipos-GIS/GEO-Dienstes keine kinematische Korrektur vornehmen.

Eine Reduktion der Höhe auf die Referenzepocha durch die Anwenderin ist nur bei geodätischen Arbeiten mit erhöhten Präzisionsanforderungen oder bei der Verwendung globaler Positionierungsmethoden wie dem Precise Point Positioning (PPP) erforderlich. PPP ist eine GNSS-Positionierungstechnik, die nicht auf lokalen Referenzstationen basiert. In diesem Fall stellt swisstopo geeignete Webdienste zur Verfügung, um Referenzrahmen- und Epochentransformationen einfach und präzise durchzuführen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass eine angemessene Verwaltung der Epochen und Referenzrahmen die Langlebigkeit des Referenzsystems mit hoher Genauigkeit gewährleistet. Zudem ist es dadurch möglich, technologische Fortschritte bei globalen Positionierungssystemen einfach zu nutzen, ohne die Qualität der Höhen zu beeinträchtigen, die im Laufe der Zeit bestimmt wurden.

### Weitere Informationen

Weitere Einzelheiten zu den Definitionen des neuen CHVRS-Systems finden Sie im zweiten Teil des Berichts «Studie zur Modernisierung des Höhenmesssystems und des Höhenbezugssystems in der Schweiz».

<https://www.swisstopo.admin.ch/de/neues-hoehensystem>

## Testmessungen in Zürich und Freiburg

Derzeit werden Konzepte für die Realisierung des CHVRS sowie für die Transformation der bestehenden Höhen erarbeitet. Zur Validierung dieser Konzepte wurden in Zusammenarbeit mit den Kantonen Machbarkeitsnachweise, sogenannte Proofs of Concept (PoC), gestartet. Ende 2024 hat swisstopo die Ausschreibung veröffentlicht und die Kantone Freiburg und Zürich wurden für eine Teilnahme ausgewählt.

Eine der grössten Herausforderungen bei der Einführung von CHVRS ist die Transformation der bestehenden LN02-Höhen in das neue CHVRS. Vor allem die Abschätzung der Genauigkeit nach der Transformation stellt eine Herausforderung dar. Da das CHVRS noch nicht realisiert ist, werden die PoC mit dem Höhenbezugssystem LHN95 (Landeshöhennetz 1995) als Näherung für das neue Höhensystem durchgeführt. LHN95 ist das wissenschaftliche Höhensystem der Schweiz. Es basiert auf geopotentiellen Kotonen und orthometrischen Höhen und ist mit einem kinematischen Modell versehen. So mit erfüllt es die Anforderungen an ein strenges Höhen-

<sup>1</sup> swipos-GIS/GEO ist der Satellitenpositionierungsdienst von swisstopo und ist für professionelle Anwendungen mit Genauigkeitserfordernissen im Zentimeterbereich geeignet.

system. Die Transformation von LHN95 ins neue Höhen- system dürfte deutlich einfacher sein als die Transformation von LN02 nach LHN95 und wird deswegen im Rahmen der PoC nicht untersucht.

Die verschiedenen Fragestellungen der PoC sind in Abbildung 3 dargestellt. Sie umfassen einerseits die Festlegung einer Strategie für die Transformation der vorhandenen Daten und andererseits die Entwicklung einer effizienten, präzisen und zuverlässigen Methode zur Bestimmung neuer Höhen.

Für die Transformation der Bestandsdaten werden drei Ansätze in Betracht gezogen:

1. Verwendung von HTRANS, das bei der Einführung der Landesvermessung 1995 (LV95) entwickelt wurde. Diese Transformation zwischen LN02 und LHN95 bietet in der Nähe der Landesnivelllementlinien eine Genauigkeit von 1 bis 3 Zentimetern. Ausserhalb der Landesnivelllementlinien ist die Genauigkeit nicht bekannt.
2. Berechnung einer lokalen Transformation, was die Messung neuer Transformationsstützpunkte bedingt.
3. Vollständige Neumessung der Punkte. Diese Lösung wäre zwar sehr genau, jedoch mit einem erheblichen Ressourcenaufwand verbunden, der kaum zu rechtfertigen ist. Sie ist daher im Rahmen einer grossflächigen Einführung keine realistische Option.

Die PoC umfassen Kampagnen zur hochpräzisen Bestimmung von LHN95-Höhen mittels langstatischer GNSS-Messungen auf ausgewählten Lagefixpunkten im Projektgebiet. Mithilfe dieser Bestimmungen können verschiedene Transformationsstrategien zwischen den offiziellen LN02-Höhen und LHN95 untersucht werden.

Abbildung 3:  
Fragestellungen, die im Rahmen der PoC untersucht werden. LHN95\* und LHN95\*\* entsprechen einer Annäherung an LHN95 mittels einer Transformation.

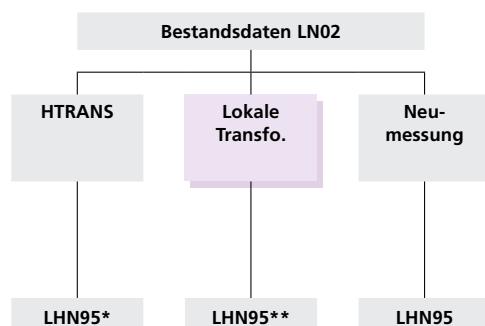
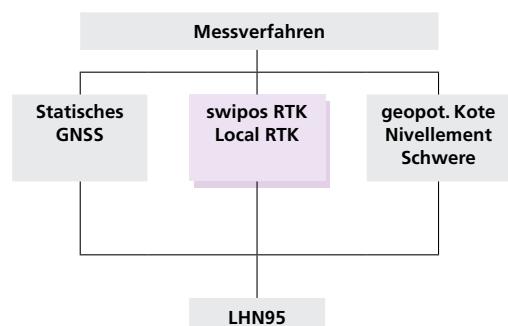


Abbildung 4: Statische GNSS-Messungen am Jaunpass

Der zweite Teil der PoC besteht darin, verschiedene GNSS-basierte Methoden zur Bestimmung neuer LHN95-Höhen zu bewerten. Testmessungen werden sowohl in Fribourg wie auch in Zürich durchgeführt.

Statische GNSS-Messungen, swipos-GIS/GEO und L-RTK werden hinsichtlich ihrer Genauigkeit und Zweckmässigkeit bewertet. Bei der L-RTK-Methode (*Local Real Time Kinematic*) wird eine lokale Referenzstation verwendet, um von kurzen Basislinien zu profitieren (< 5 km in der Lage, Höhenunterschied < 100 m). Die lokale Referenzstation wird durch statische GNSS-Messungen über mehrere Tage hinweg mithilfe einer wissenschaftlichen Auswertung (Bernese GNSS-Software) bestimmt. Die Messungen werden auf das automatische GNSS-Netz der Schweiz (AGNES) gelagert.

Dadurch, dass der Kanton Zürich sämtliche Lagefixpunkte 2 an das kantonale Nivelllement angeschlossen hat, ergibt sich zusätzlich die Möglichkeit, für alle diese Punkte geopotentielle Koten und strenge LHN95-Höhen abzuleiten. Dies ist eine zusätzliche Möglichkeit, die Qualität der vorhandenen Daten und der Transformation zu bewerten.



**Keine Umsetzung ohne Bundesratsbeschluss**

Alle durchgeführten Studien und Arbeiten sind Teil der Vorabklärungen, damit die Geschäftsleitung von swisstopo eine fundierte Entscheidung über die Weiterführung dieses Projekts treffen kann.

Die Entscheidung über die schweizweite Einführung eines neuen Höhensystems obliegt dem Bundesrat, auf Antrag von swisstopo. Die etwaige Einführung wird eine koordinierte Anstrengung der Gemeinden, Kantone, des Bundes und aller Akteure im Bereich der Geoinformation in der Schweiz erfordern und so den einheitlichen Raumbezug in der Schweiz für die nächsten Jahrzehnte sicherstellen.

Elisa Borlat

Wissenschaftliche Mitarbeiterin

Vermessung – swisstopo, Wabern

elisa.borlat@swisstopo.ch

Daniel Willi

Leiter Prozess Geodätische Landesvermessung

Vermessung – swisstopo, Wabern

daniel.willi@swisstopo.ch

Sébastien Guillaume

Professor für Geodäsie, Ausgleichsrechnung und GNSS

HEIG-VD, Yverdon-les-Bains

sebastien.guillaume@heig-vd.ch

# Geodätische Bezugssysteme und -rahmen in Theorie und Praxis

Koordinatensysteme, Bezugssysteme und -rahmen sind in der Vermessung und Geodäsie von zentraler Bedeutung. Dieser Artikel soll die wesentlichen theoretischen Grundlagen auffrischen und praktische Informationen für die tägliche Arbeit liefern.

## Koordinatensysteme

Koordinatensysteme sind die mathematische Grundlage für die eindeutige Darstellung der Position eines Punktes. In der Geodäsie werden hauptsächlich kartesische, ellipsoidische und projizierte Koordinaten verwendet. Es ist wichtig zu beachten, dass die verschiedenen Koordinatensysteme unterschiedliche Arten der Darstellung desselben Punktes in einem gemeinsamen Bezugssystem sind. Die Norm ISO 19111 spricht in diesem Fall von einer Koordinatenumwandlung im Gegensatz zu einer Koordinatentransformation.

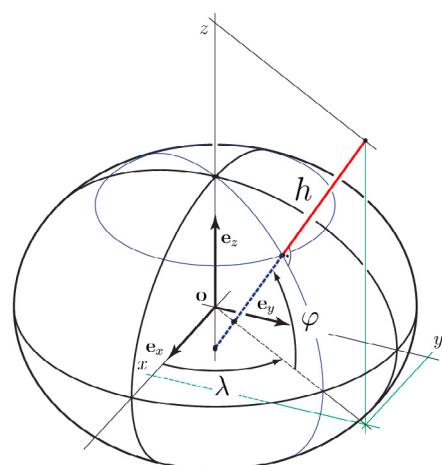
### Das kartesische Koordinatensystem

Ein kartesisches Koordinatensystem wird durch einen Ursprung und drei orthonormale Basisvektoren (d.h. senkrecht zueinander und von einheitlicher Länge) definiert. Ein Punkt wird durch seine Koordinaten x, y und z bestimmt. Bei terrestrischen Systemen liegt der Ursprung im Massenschwerpunkt der Erde, x zeigt meist zum Greenwich-Meridian und z zum Nordpol. Die y-Achse vervollständigt die x- und z-Achse zu einem rechtwinkligen Koordinatensystem.

### Das ellipsoidische Koordinatensystem

Ellipsoidische Koordinaten nutzen die Tatsache, dass die Form der Erde einem Rotationsellipsoid ähnelt, d.h. einer an den Polen abgeflachten Kugel. Ein Punkt wird durch seine ellipsoidische Länge  $\lambda$ , seine ellipsoidische Breite  $\varphi$  und seine ellipsoidische Höhe  $h$  bestimmt, wie in Abbildung 1 dargestellt.

Abbildung 1: Ellipsoidisches Koordinatensystem  
(Quelle: S. Guillaume, Skript «Grundlagen der Geodäsie», HEIG-VD)



Der Zusammenhang zwischen kartesischen Koordinaten und ellipsoidischen Koordinaten ist wie folgt:

$$\begin{aligned} x &= (R_N + h) \cos \varphi \cos \lambda \\ y &= (R_N + h) \cos \varphi \sin \lambda \\ z &= [R_N(1 - e^2) + h] \sin \varphi \\ R_N &= \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}} \end{aligned}$$

Wobei  $a$  und  $e$  die grosse Halbachse und die Exzentrizität des Bezugsellipsoids sind.

### Die projizierten Koordinatensysteme

Projektionen werden in der Geodäsie häufig verwendet, da sie es ermöglichen, die Erdoberfläche auf einer Ebene oder einer Karte darzustellen. Im Allgemeinen verbindet eine Projektion die ellipsoidischen Lagekoordinaten  $\lambda$ ,  $\varphi$  mit den projizierten Koordinaten Ost ( $E$ ) und Nord ( $N$ ):

$$\begin{aligned} E &= E(\lambda, \varphi) \\ N &= N(\lambda, \varphi) \end{aligned}$$

Die Projektionsfläche ist in der Regel eine Ebene, kann aber auch eine Kugel sein. Dies ist der Fall bei der Schweizer doppelten, schieffachigen, winkeltreuen (konformen) Zylinderprojektion, bei der zunächst die ellipsoidischen Koordinaten auf eine Kugel und dann die Kugel auf einen Zylinder projiziert werden. Eine weitere gängige Projektion ist die Mercator-Projektion. Bei ellipsoidischen Koordinaten sollte die ellipsoidische Mercator-Projektion verwendet werden (und nicht die sphärische).

## Bezugssysteme und -rahmen

Ein Bezugssystem umfasst alle Definitionen und Konventionen, die zur Positionierung von Punkten auf der Erde erforderlich sind. So müssen beispielsweise die verwendeten Einheiten, der Ursprung des Systems und die Ausrichtung der Achsen definiert werden. Ein Bezugsräumen hingegen ist die praktische Umsetzung eines Bezugssystems. Konkret geht es darum, Fixpunkte zu definieren und deren Koordinaten gemäß den Definitionen und Konventionen des jeweiligen Bezugssystems zu bestimmen.

Die Unterscheidung zwischen einem Bezugssystem und den damit verbundenen Bezugsräumen ermöglicht es, die Koordinaten durch die Veröffentlichung eines neuen

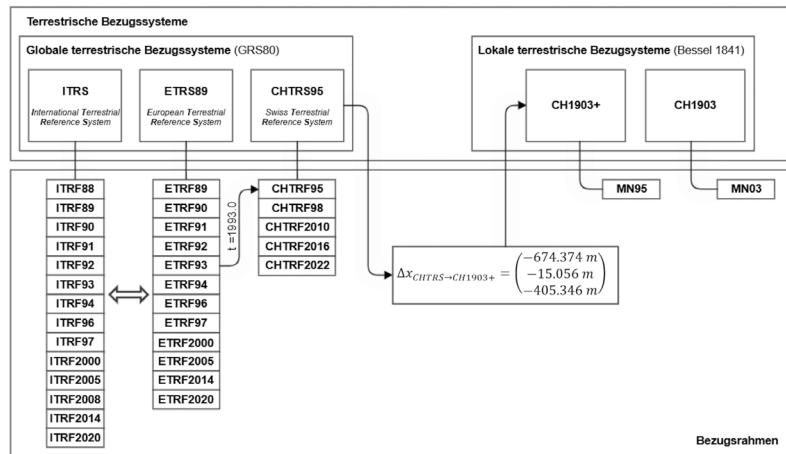


Abbildung 2: Übersicht über die wichtigsten terrestrischen Referenzsysteme und -rahmen, die in der Schweiz verwendet werden.

Bezugsrahmens zu aktualisieren, ohne das System zu verändern. Ein Beispiel hierfür ist das internationale terrestrische Referenzsystem ITRS (International Terrestrial Reference System), das regelmässig durch die Veröffentlichung eines neuen internationalen terrestrischen Referenzrahmens (ITRF, International Terrestrial Reference Frame) aktualisiert wird. Der aktuellste ist der ITRF2020. Im Durchschnitt wird alle sechs Jahre ein neuer ITRF erstellt.

#### Das Himmelreferenzsystem ICRS

Das internationale Himmelreferenzsystem ICRS (International Celestial Reference System) ist am Schwerpunkt des Sonnensystems fixiert<sup>1</sup> und seine x-Achse ist am 1. Januar 2000 um 12 Uhr mittags auf den Frühlingspunkt ausgerichtet<sup>2</sup> (s. auch Abb. 3). Sein letzter Referenzrahmen ist der ICFR3 (International Celestial Reference Frame 3), der 2020 festgelegt wurde. Obwohl

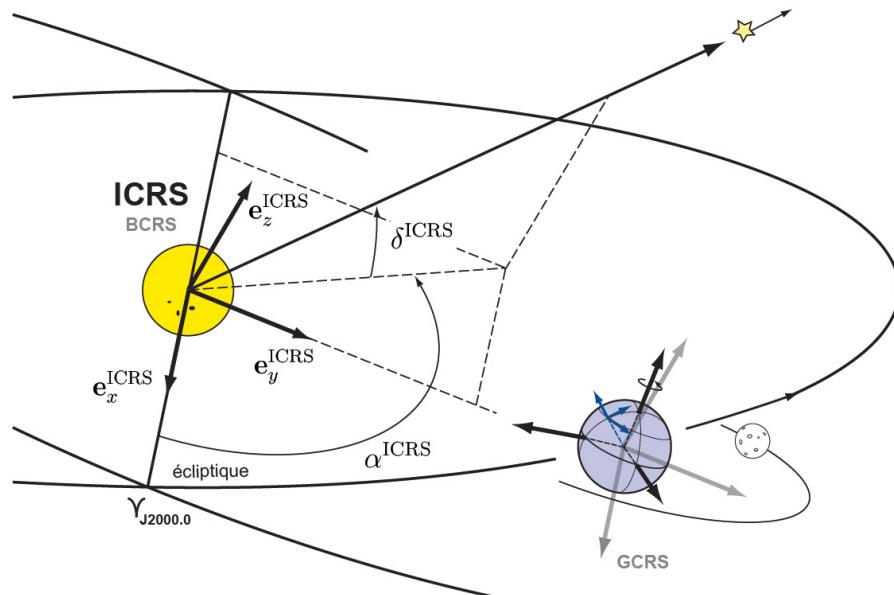
das System eine grundlegende Referenz in der globalen Geodäsie und Astrogeodäsie darstellt, wird es in der Praxis nur selten angetroffen. Das ICRS wird beispielsweise für astrogeodätische Messungen oder zur Bestimmung der Ausrichtung der Erde verwendet.

#### Das internationale terrestrische Bezugssystem ITRS

Im Gegensatz zu Himmelreferenzsystemen sind terrestrische Bezugssysteme an die Erdoberfläche gebunden. Sie ermöglichen es, sich auf der Erde zu positionieren, aber auch zahlreiche Naturphänomene zu beobachten, wie beispielsweise die Plattentektonik, die postglaziale Landhebung oder den Anstieg des mittleren Meeresspiegels. Der Nullpunkt des internationalen terrestrischen Bezugssystems liegt im Schwerpunkt der Erde. Seine x-Achse zeigte ursprünglich auf den Nullmeridian von Greenwich und seine z-Achse zeigt auf die Rotationsachse der Erde.

Die neueste Realisierung des ITRS ist der ITRF2020<sup>3</sup>. Der ITRF2020 wird wie seine Vorgänger anhand von Beobachtungen der vier wesentlichen geodätischen Weltraumtechniken berechnet; diese sind: Die globalen Satellitennavigationssysteme (Global Navigation Satellite System GNSS), die Satelliten-Laserentfernungsmessung<sup>4</sup> (Satellite Laser Ranging SLR), die

Abbildung 3: das internationale Himmelreferenzsystem, ICRS (Quelle: S. Guillaume, Skript «Grundlagen der Geodäsie», HEIG-VD).



<sup>1</sup> Also ungefähr in der Mitte der Sonne.

<sup>2</sup> Die Rotationsachse der Erde ändert allmählich ihre Richtung gegenüber dem Himmelreferenzsystem und kehrt nach 26 000 Jahren in ihre Ausgangsposition zurück. Aufgrund dieser Verschiebung verändert sich auch die Position des Frühlingspunkts. Daher muss ein Zeitpunkt festgelegt werden, um ein festes System in Bezug auf die Sterne zu erhalten.

<sup>3</sup> Altamimi, Z., Rebischung, P., Collilieux, X. et al. ITRF2020: an augmented reference frame refining the modeling of nonlinear station motions. *J Geod* 97, 47 (2023). <https://doi.org/10.1007/s00190-023-01738-w>.

<sup>4</sup> Beim Satellite Laser Ranging (SLR) wird die Entfernung zwischen Bodenstationen und Satelliten gemessen. Zu diesem Zweck sind die Satelliten mit Retroreflektoren ausgestattet, die ein wenig an Prismen aus der Geometrie erinnern. Ein Beispiel für eine SLR-Station ist das Observatorium Zimmerwald im Kanton Bern.

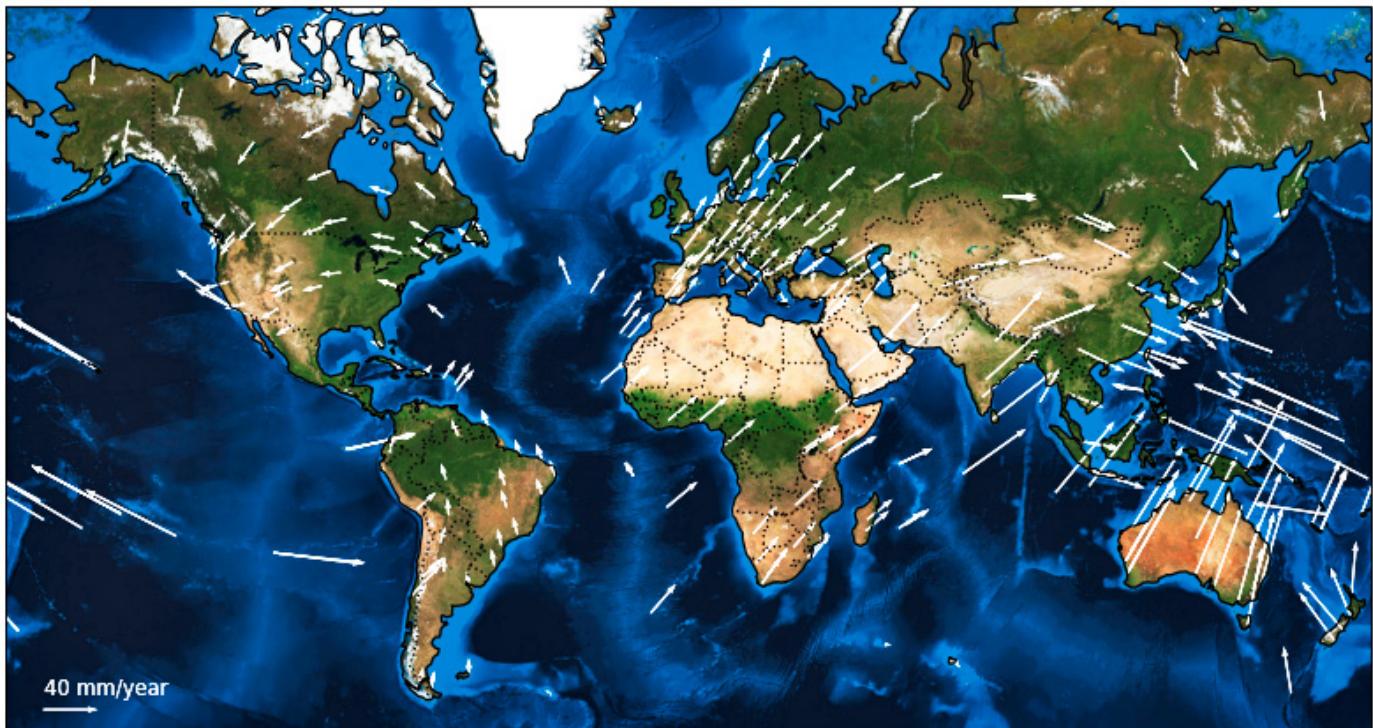


Abbildung 4: Horizontale Geschwindigkeiten der permanenten Stationen des International GNSS Service (IGS) in ITRF2020. Europa bewegt sich mit etwa 2,5 cm pro Jahr in Richtung Nordosten.

Langbasisinterferometrie<sup>5</sup> (Very Long Baseline Interferometry VLBI) und das Doppler Orbitography and Radio-positioning Integrated by Satellite<sup>6</sup> (DORIS).

Aufgrund der Verschiebung der tektonischen Platten weisen die Punkte auf der Oberfläche geringe relative Geschwindigkeiten auf. Im ITRS ist die Summe der horizontalen Geschwindigkeiten der stabilen Stationen gleich Null. Die Bezugsrahmen des ITRS werden daher nicht durch eine Auswahl fester Punkte definiert, sondern durch eine mathematische Bedingung für alle Stationen.

Die kartesische Koordinate eines Punktes zu einem bestimmten Zeitpunkt  $t$  ergibt sich aus folgender Formel:

$$x^{ITRF2020}(t) = x_{t_0}^{ITRF2020} + \dot{x}^{ITRF2020} \cdot (t - t_0)$$

<sup>5</sup> Die Langbasisinterferometrie verwendet Radioteleskope (die wie riesige Satellitenschüsseln aussehen), um Quasare zu beobachten. Quasare sind weit entfernte Galaxien mit aktiven Kernen, die Mikrowellen aussenden. Die Signale der Quasare werden von mehreren über die Erde verteilten Radioteleskopen gemessen. Anschliessend wird die Empfangsverzögerung bestimmt, wodurch sich die Basislinien zwischen den Teleskopen berechnen lassen.

<sup>6</sup> DORIS ist ein französisches Ortungssystem, mit dem die Position von Satelliten in niedriger Umlaufbahn bestimmt werden kann. Im Vergleich zum GPS ist das System «umgekehrt», d.h. die Sender befinden sich auf der Erde und der Empfänger auf den Satelliten. Das Bodennetzwerk besteht derzeit aus etwa 60 Stationen und neun aktiven Satelliten, von denen der letzte, SWOT, im Jahr 2022 in Betrieb genommen wurde.

Wobei  $x_{t_0}^{ITRF2020}$  die ITRF2020-Koordinate zum Referenzzeitpunkt  $t_0$  und  $\dot{x}^{ITRF2020}$  ihre Geschwindigkeit ist. Da der Referenzzeitpunkt  $t_0$  des ITRF2020 der 1. Januar 2015 ist, ergeben sich für die GNSS-Antenne der ZIMM-Station in Zimmerwald folgende Werte:

$$x^{ITRF2020}(t) = \begin{pmatrix} 4331296.92975 \text{ m} \\ 567556.05813 \text{ m} \\ 4633134.05193 \text{ m} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -0.01378 \text{ m/année} \\ 0.01810 \text{ m/année} \\ 0.01164 \text{ m/année} \end{pmatrix} \cdot (t - 2015.0)$$

Die Positionsgenauigkeit (Standardabweichung, ein Sigma) beträgt weniger als 0,1 mm für Längen- und Breitengrade und etwa 0,4 mm für Höhenangaben. Die Geschwindigkeitsgenauigkeit liegt für jede Komponente unter  $1/10^{\text{tel}}$  Millimeter pro Jahr und spiegelt die Länge der Zeitreihen wider<sup>7</sup>.

#### *Das Europäische Terrestrische Bezugssystem ETRS89*

Für europäische Nutzende hat das ITRS einen grossen Nachteil: Die Punkte auf der eurasischen Platte bewegen sich mit einer Geschwindigkeit von etwa 2,5 cm pro Jahr in Richtung Nord-Osten (vgl. Abb. 4). Um diesen Nachteil auszugleichen, wurde das Europäische Terrestrische Referenzsystem ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) geschaffen. Wie seine Bezeichnung andeutet, ist ETRS89 auf das ITRS zum Zeitpunkt

<sup>7</sup> Je länger eine Geschwindigkeit bestimmt wird, desto genauer ist sie.



Abbildung 5:  
Horizontale Geschwindigkeiten der permanenten Stationen des Internationalen GNSS Service (IGS) nach Transformation in ETRF2020. Europa weist Geschwindigkeiten von nahezu null auf.

1989.0 ausgerichtet und am stabilen Teil der eurasischen Kontinentalplatte fixiert. Dies hat den grossen Vorteil, dass an den meisten Punkten in Europa geringere Geschwindigkeiten resultieren. Die Folge dieser Definition ist, dass die Differenz zwischen ITRS und ETRS89 von Jahr zu Jahr zunimmt. Die neueste Realisierung von ETRS89 ist ETRF2020 (European Terrestrial Reference Frame 2020).

#### Das Schweizer Bezugssystem CHTRS95

Das Schweizerische Terrestrische Referenzsystem (Swiss Terrestrial Reference System 1995 CHTRS95) ist per 1989 identisch mit ETRS89. CHTRS95 wurde geschaffen, um die Koordinaten in der Schweiz stabil zu halten. Die projizierten LV95-Koordinaten basieren auf dem CHTRF95-Rahmen. Seitdem wurde kein neuer Bezugsrahmen eingeführt, da die bei den alle sechs Jahre durchgeführten GNSS-Messkampagnen erfassten Verschiebungen die Erstellung und Veröffentlichung eines neuen Rahmens nicht rechtfertigten. Nach Auswertung und Analyse der Ergebnisse der GNSS2022-Kampagne wird die Situation neu bewertet. Es ist möglich, dass eine neue Transformation zwischen ETRFxxxx und CHTRF95 veröffentlicht wird.

Genau wie ITRS und ETRS89 verwendet auch CHTRS95 das Referenzellipsoid GRS80 (Geodetic Reference System 1980).

#### Die Transformation zwischen verschiedenen Bezugsräumen

Die Transformation zwischen Bezugsräumen erfolgt mit Hilfe einer 14-Parameter-Transformation. Im Gegensatz zu einer Helmert-3D-Transformation mit 7 Parametern (drei Translationen, drei Rotationen und ein Skalierungsfaktor) berücksichtigt die 14-Parameter-Transformation auch die zeitlichen Veränderungen der 7 Parameter. Die Koordinatentransformation wird immer auf kartesische Koordinaten angewendet. Beispiel:

$$x^{ITRF2020}(t) = x^{ETRF2020} + \Delta x + \delta m \cdot x^{ETRF2020} + \delta R \cdot x^{ETRF2020}$$

Die Parameter finden sich im Verschiebungsvektor  $\Delta x$ , dem differentiellen Skalierungsfaktor  $\delta m$  und der differentiellen Rotation  $\delta R$  wieder. Die Geschwindigkeiten werden auf ähnliche Weise transformiert:

$$\dot{x}^{ITRF2020}(t) = \dot{x}^{ETRF2020} + \Delta \dot{x} + \delta \dot{m} \cdot x^{ETRF2020} + \delta \dot{R} \cdot x^{ETRF2020}$$

Wobei  $\Delta \dot{x}$  die Translationsgeschwindigkeit ist, während  $\delta \dot{m}$  die zeitliche Änderung des Skalierungsfaktors und  $\delta \dot{R}$  die Rotationsgeschwindigkeit im Verhältnis von einem Bezugsräumen zu einem anderen ist.

#### Das System CH1903+

Für die Bedürfnisse der schweizerischen Landesvermessung, der amtlichen Landesvermessung und der tech-

nischen Vermessung wird das Bezugssystem CH1903+ verwendet. Der Bezugsrahmen von CH1903+ ist LV95. Das System CH1903+ definiert auch die schweizerische Kartenprojektion, die doppelte, schiefachsige, winkeltreue (konforme) Zylinderprojektion. Bei der Erstellung von CHTRS95 wurde die Transformation zwischen CH1903+ und CHTRS95 festgelegt. Die Rotation und der Skalierungsfaktor wurden auf null gesetzt, eine Translation bleibt bestehen:

$$x^{CH1903+} = x^{CHTRS95} + \Delta x_{CHTRS95 \rightarrow CH1903+} = x^{CHTRS95} + \begin{pmatrix} -674.374 \text{ m} \\ -15.056 \text{ m} \\ -405.346 \text{ m} \end{pmatrix}$$

Diese Parameter wurden so gewählt, dass CH1903+ praktisch identisch mit dem Vorgängersystem CH1903 ist und die Unterschiede zwischen den LV95- und LV03-Koordinaten gering sind. Darüber hinaus verwendet CH1903+ das Bessel-Ellipsoid, dessen grosse Halbachse und Exzentrizität sich von denen des GRS80 unterscheiden.

#### Was ist mit WGS84?

Sobald man sich für Koordinatensysteme interessiert, stösst man unweigerlich auf WGS84, das World Geodetic System 1984. Dabei handelt es sich um ein Koordinatensystem, das von der National Geospatial-Intelligence Agency (NGA), einem der Nachrichtendienste der Vereinigten Staaten, gepflegt und veröffentlicht wird. Da WGS84 vom amerikanischen GPS verwendet wird, hat es sich schnell als Standard-Koordinatensystem für viele GPS-bezogene Anwendungen wie Online-Kartografie oder die Navigation etabliert. Seine neueste Realisierung ist WGS84(G2296), wobei 2296 für die GPS-Woche<sup>8</sup> steht, die am Sonntag, 7. Januar 2024, begann.

Seit einigen Jahren ist WGS84 an das ITRS angeglichen, wobei die Abweichungen nicht mehr als einen Zentimeter betragen. Für Anwendungen, die eine hohe Genauigkeit erfordern, wird davon ausgegangen, dass WGS84 mit der letzten Realisierung des ITRS, also derzeit ITRF2020, identisch ist. Die Abweichung liegt dabei unter einem Zentimeter. Für Anwendungen mit geringen Genauigkeitsanforderungen (in der Größenordnung eines Meters), wie beispielsweise für den Austausch von Wanderrouten, kann davon ausgegangen werden, dass WGS84, ETRS89 und CHTRS95 identisch sind. Die Abweichung liegt dabei in der Größenordnung eines Meters.

<sup>8</sup> Die erste GPS-Woche (Woche 0) begann am 6. Januar 1980. Die GPS-Wochen und die seit Beginn der Woche verstrichene Zeit sind eine der Informationen, die von GPS-Signalen übertragen werden.

#### Die Transformation zwischen CHTRS95 und ITRS/ETRS89

Die klassische GNSS-Positionierung bezieht sich auf ein Netz von Referenzstationen (oder eine einzelne Referenzstation). Der Positionierungsdienst swipos bietet beispielsweise eine Positionierung relativ zum automatischen GNSS-Netz der Schweiz (AGNES) an und bezieht sich auf die aktuelle Realisierung des CHTRS95. Seit kurzem gibt es Positionierungsdienste nach der Methode «Precise Point Positioning» (PPP). Sie ermöglichen eine zentimetergenaue Positionierung ohne Referenzstation, überall auf der Erde. Es gibt Echtzeit- oder Postprocessingdienste, von denen einige sogar kostenlos sind. Beim Postprocessing lädt man eine Datei mit statischen GNSS-Messungen hoch und erhält eine zentimetergenaue Position in einem globalen System<sup>9</sup>.

Diese neue Anwendung erfordert eine strenge und präzise Transformation zwischen CHTRS95 und ITRS/ETRS89. Kleine Unterschiede zwischen den Bezugsrahmen, die zuvor vernachlässigbar waren, werden in diesem Fall signifikant. Insbesondere können kleine Geschwindigkeiten in ETRF93 und CHTRF95 von Punkten in der Schweiz nicht mehr vernachlässigt werden.

Dank der alle sechs Jahre durchgeführten GNSS-Kampagnen auf dem gesamten LV95-Netz und dem AGNES ist swisstopo in der Lage, einen präzisen Bezugsrahmen zu erstellen und die Transformation in andere Rahmen zu veröffentlichen. Bei der Realisierung des Rahmens CHTRF2022 wird die Frage der Transformation in die verschiedenen ETRS89-Rahmen geprüft und es werden alle relevanten Informationen veröffentlicht.

In der Zwischenzeit kann bei Transformationen vom ITRF2020 ins CHTRS95 die Geschwindigkeit der Referenzstation Zimmerwald im ITRF2020 für alle Punkte in der Schweiz verwendet werden:

$$\dot{x}^{ITRF20205} = \begin{pmatrix} -0.01378 \text{ m/Jahr} \\ 0.01810 \text{ m/Jahr} \\ -0.01164 \text{ m/Jahr} \end{pmatrix}$$

<sup>9</sup> Zum Beispiel der offizielle Dienst von Natural Resources Canada (<https://webapp.crsr.scrs.nrcan-rncan.gc.ca/geod/tools-outils/PPP.php>), der offizielle Dienst des US-amerikanischen National Geodetic Survey (NGS) (<https://geodesy.noaa.gov/OPUS/>) oder der Trimble RTX-Dienst (<https://www.trimblertx.com/>), die ganz oder teilweise kostenlos sind.

Unter Berücksichtigung der Geschwindigkeit liegt die Transformationsgenauigkeit in der Größenordnung der swipos-Positionierungsgenauigkeit von wenigen Zentimetern. Andernfalls akkumuliert sich der Transformationsfehler bis 2025 auf etwa einen Dezimeter.

### Höhenbezugssysteme und -rahmen

Die im vorigen Kapitel vorgestellten Bezugssysteme und -rahmen werden manchmal als «geometrisch» bezeichnet. Sie werden durch Höhenbezugssysteme ergänzt, um eine genaue Höhenreferenz zu liefern, die auf dem Meeresspiegel basiert (vgl. S. 9ff.). Die wichtigsten globalen und kontinentalen Höhenbezugssysteme sind das IHRS (International Height Reference System) und das EVRS (European Vertical Reference System). Die zugehörigen Rahmen sind der IHRF (International Height Reference Frame) und der EVRF (European Vertical Reference Frame). Darüber hinaus gibt es zahlreiche nationale und lokale Systeme (z.B. NF02 in der Schweiz), die Unterschiede von bis zu einem Meter aufweisen können.

Das Schlüsselement eines Höhenbezugssystems ist das Geoidmodell, mit dem an jedem Punkt eine Geoidundulation  $N$  berechnet werden kann. Mit Hilfe der Geoidundulation kann eine ellipsoidische Höhe  $h_{ell}$  in eine orthometrische Höhe  $H_{ortho}$  umgerechnet werden:

$$H_{ortho} = h_{ell} - N$$

### Transformationswerkzeuge und Beispiele

Die Transformationen zwischen LV95, LV03 und CHTRF95 sowie die genäherten Transformationen in die Bezugsrahmen des ETRS89, ITRS und WGS84 sind im Online-Tool REFRAME<sup>10</sup> von swisstopo implementiert.

Die Transformation von CHTRS95 in die Bezugsrahmen des ITRS und ETRS89 und umgekehrt können auf einfache Weise mit dem «European Coordinate Transformation Tool» (ECTT)<sup>11</sup> durchgeführt werden.

Einige Transformationsbeispiele finden Sie auf der Webseite von swisstopo: Die Koordinatensysteme in der Praxis [www.swisstopo.admin.ch/de/das-koordinatensystem-in-der-praxis](http://www.swisstopo.admin.ch/de/das-koordinatensystem-in-der-praxis)

Wie hat Ihnen dieser Artikel gefallen?

Teilen Sie uns Ihre Meinung zu diesem Artikel bis Ende Oktober mit auf: <https://findmind.ch/c/cadastre>

#### Daniel Willi

Leiter Prozess Geodätische Landesvermessung  
Vermessung – swisstopo, Wabern  
daniel.willi@swisstopo.ch

#### Marin Smolik

Entwicklungsingenieur  
Vermessung – swisstopo, Wabern  
marin.smolik@swisstopo.ch

#### Lars Prange

Entwicklungsingenieur  
Vermessung – swisstopo, Wabern  
lars.prange@swisstopo.ch

<sup>10</sup> <https://www.swisstopo.admin.ch/de/koordinaten-konvertieren-reframe>

<sup>11</sup> [https://www.epncb.oma.be/\\_productsservices/coord\\_trans/](https://www.epncb.oma.be/_productsservices/coord_trans/)

# Vision Amtliche Vermessung: Ergebnisse der Konsultation und weiteres Vorgehen

Die von einer Arbeitsgruppe<sup>1</sup> erarbeitete Vision der amtlichen Vermessung war von März bis Juni 2025 in einer breiten Konsultation. Nachfolgend ein kurzer Überblick.

## VISION AMTLICHE VERMESSUNG

**Mit verlässlichen, multidimensionalen Georeferenzdaten schaffen wir Rechtssicherheit für Entscheide mit Raumbezug.**

**Wir liefern dem Grundbuch die geometrische Datengrundlage für die Sicherung des Grundeigentums und weiterer räumlich definierter Rechte.**

**Unsere Kernkompetenz ist das Erfassen und Bewirtschaften von amtlichen Geoinformationen zur Wissensgenerierung.**

**Zufriedene Nutzende und neue Technologien inspirieren und motivieren uns.**

So lautet die Vision der amtlichen Vermessung. Sie dient – zusammen mit Mission und Leitsätzen – als Basis für die strategische Ausrichtung der amtlichen Vermessung in den kommenden Jahren.

Das Dokument «Vision Amtliche Vermessung» besteht aus:

- der eigentlichen Vision,
- Auftrag und Zweck der amtlichen Vermessung und einem Bekenntnis zu bestimmten Werten als Handlungsgrundlage (= Mission) sowie
- Leitsätzen, welche die Vision konkretisieren.

Dieses Dokument wird Grundlage sein für die Strategie der amtlichen Vermessung 2028–2031 und die weiteren Strategieperioden. Die erste Konkretisierung erfolgt mit dem Massnahmenplan 2028–2031 und den entsprechenden Umsetzungsplänen der Kantone.

Es freut uns, dass die Ergebnisse der breiten Konsultation, die von März bis Juni 2025 dauerte, grundsätzlich positiv sind. Keine der 27 Rückmeldungen lehnt die Vision generell ab. Die vielen Bemerkungen zeigen, dass die an der amtlichen Vermessung beteiligen Fachleute und Organisationen mitdenken, sich engagieren und mitdiskutieren wollen. Zudem ist eine starke Identifikation mit der Vision feststellbar, haben doch viele Organisationen zurückgemeldet, dass nicht nur das Bundesamt für Landestopografie swisstopo allein

die Vision unterzeichnen soll. Weil weitere Organisationen die Vision mittragen, soll dies mit der Mitunterzeichnung sichtbar gemacht werden. Die Arbeitsgruppe hat die weiteren Eingaben intensiv diskutiert und die Texte, wo nötig, entsprechend angepasst.

An den ab September in acht Schweizer Städten stattfindenden Info-Regio AV (vgl. S. 27) wird auch das finale Visionspapier und die Überlegungen, die zu den entsprechenden Formulierungen führten, vorgestellt. Wir fordern Sie gerne auf, an diesen Veranstaltungen teilzunehmen und sich dort aktiv einzubringen – wir freuen uns auf den Austausch!

### Arbeitsgruppe Vision AV

Die Strategie und der Massnahmenplan der amtlichen Vermessung 2024–2027 enthält die Massnahme, eine gemeinsame Vision für die amtliche Vermessung (AV) zu entwickeln. Dazu wurde eine Arbeitsgruppe gebildet mit Vertreterinnen und Vertretern des Bundes, der Kantone und Städte, der Hochschulen, der Berufsverbände und der Eidgenössischen Kommission für Ingenieur-Geometerinnen und -Geometer.

Marc Nicodet  
Leiter Bereich Vermessung  
swisstopo, Wabern  
marc.nicodet@swisstopo.ch

<sup>1</sup> Vgl. «cadastre» Nr. 44, April 2024, S.15 [<https://backend.cadastre-manual.admin.ch/fileservice/sdweb-docs-prod-cadastremanch-files/files/2024/06/20/ebf455cd-f478-4da1-b03b-ae3780b39d28.pdf>]

# Informationsveranstaltung ÖREB-Kataster 2025: Rückblick

Die Informationsveranstaltung vom 28. April 2025 zum Thema «Die ÖREB-Rechtsanpassungen am Geoinformationsgesetz» gab eine Einführung und einen Überblick über die in der Vernehmlassung stehenden Änderungen am Geoinformationsgesetz zu Gunsten des ÖREB-Katasters.

Die durch das Bundesamt für Landestopografie swisstopo und die Konferenz der Kantonalen Geoinformations- und Katasterstellen (KGK) gemeinsam durchgeführte Veranstaltung widmete sich den Änderungen am Geoinformationsgesetz<sup>1</sup> (GeolG) bezüglich des Katasters der öffentlich-rechtlichen Eigentumsbeschränkungen (ÖREB-Katasters). Die halbtägige Informationsveranstaltung zum ÖREB-Kataster wurde hybrid durchgeführt. Rund 60 Fachleute aus der ganzen Schweiz trafen sich am 28. April 2025 in der Welle7 in Bern zu diesem Thema. An die 30 Personen waren online zugeschaltet.

*Christoph Käser, swisstopo*, gab nach der Begrüssung einen kurzen Überblick über den Ablauf des Nachmittages. Weil die Rechtsanpassung bis am 30. Juni 2025 in der Vernehmlassung ist, sollte die Informationsveranstaltung den Einstieg in diese komplexe Materie vereinfachen, deren Grundzüge vorstellen und die Möglichkeit geben dazu Fragen zu stellen. *Marc Nicodet, swisstopo*, stellte dann den Stand des ÖREB-Katasters sowie die heutige Rechtslage mit ihren Herausforderungen vor. Er ging auch auf den Prüfauftrag des Bundesrates ein und auf die seither durchgeföhrten Rechtsanalysen, Studien, Umfragen und Abklärungen.

Anschliessend führte *Christoph Käser* die Grundzüge der beantragten Neuregelung aus: Im Sinne einer Vereinfachung des Rechts und der Vermeidung rechtlicher Probleme wird nicht nur die spezialgesetzliche Haftung gemäss Artikel 18 GeolG ersatzlos aufgehoben, sondern auch die Bestimmung, dass der Inhalt des Katasters als bekannt gilt (Artikel 17 GeolG). **Hauptziel der Vorlage ist es, das Verhältnis zwischen der Anmerkung von öffentlich-rechtlichen Eigentumsbeschränkungen im Grundbuch und der Aufnahme der Eigentumsbeschränkungen im ÖREB-Kataster zu klären.** Auf eine rückwirkende Bereinigung wird aus Kostengründen verzichtet. Zudem steht der Kataster künftig auch generell-abstrakten öffentlich-rechtlichen Eigentumsbeschränkungen offen sowie behördlichenverbindlichen Anordnungen, die sich mittelbar beschränkend auf das Eigentum an Grundstücken auswirken. Die Änderun-

gen am GeolG erweitern das Spektrum und somit den Inhalt des ÖREB-Katasters. Dies führt (noch) nicht zu Mehrausgaben. Erst die Aufnahme weiterer ÖREB-Themen im Kataster hätte dann Kostenfolgen. Der Bundesrat wird zu einem späteren Zeitpunkt im Rahmen der erforderlichen Anpassung des Anhangs 1 der Geoinformationsverordnung entscheiden, ob und welche Themen neu aufgenommen werden sollen. Dabei wird er eine umfassende Abwägung von Kosten und Nutzen vornehmen. Gemäss der extern durchgeföhrten Machbarkeitsstudie wird der Nutzen durch die Aufnahme generell-abstrakter und behördlichenverbindlicher ÖREB durch die Nutzenden als hoch bzw. sehr hoch eingestuft.

*Francesco Siragusa*, Kanton Bern, stellte aus Sicht einer kantonalen katasterverantwortlichen Stelle zuerst die bisherige Praxis vor: Verschiedene kantonale Fachstellen haben den Nutzen des ÖREB-Katasters erkannt und veröffentlichten schon heute ihre Inventare und Schutzobjekte als Zusatzinformationen, weil das derzeit der einzige mögliche Weg ist. Durch die Rechtsanpassung könnten diese Zusatzinformationen künftig zu vollwertigem Inhalt des ÖREB-Katasters werden. Der Integrationsaufwand in den Kataster ist bei bestehenden Geobasisdaten nicht enorm. Somit stimmt die Stossrichtung der Gesetzesanpassung, die Vervollständigung des ÖREB-Katasters, und wird sehr unterstützt. Auch der Mehrwert für die Verwaltung und die Gesellschaft ist gegeben.

*Philipp Huser*, Grundbuchverwalter im Kanton Zürich und Vertreter der Konferenz für die schweizerische Grundbuchführung (KSG), ging dann auf die konkreten Auswirkungen der Rechtsanpassung im Grundbuch ein: ÖREB sollen grundsätzlich nicht mehr im Grundbuch angemerkt werden, ausser wenn sie für die Grundbuchführung direkt relevant sind wie bei unmittelbarem Grundeigentums- bzw. Grundbuchbezug oder beispielsweise bei öffentlich-rechtlichen Vorkaufsrechten. Wesentlich ist auch, dass zu den bestehenden ÖREB-Anmerkungen im Grundbuch keine Bereinigung verlangt wird. So kann dies Fall für Fall im Tagesgeschäft erfolgen.

<sup>1</sup> Bundesgesetz über Geoinformation (Geoinformationsgesetz, GeolG), SR 510.62

*Dr. Bastian Graeff*, Stadt Zürich und Vertreter des schweizerischen Städteverbandes, behandelte die besonderen Herausforderungen der Thematik im städtischen Raum gegenüber ländlichen Gegenden:

- Grund und Boden ist deutlich knapper ...
- mehr Datendichte insgesamt und damit auch mehr ÖREB pro Hektar (höhere Regelungsdichte) ...
- faktisch überall Baulinien neben der allgemeinen Nutzungsplanung ...
- höherer Grad an Sondernutzungsplänen ...
- mehr ÖREB-Verfahren (gleichzeitig und gleichenorts) ...
- auch bei Baubewilligungen deutlich mehr und komplexere Verfügungsbeschränkungen.

Sein Fazit lautet:

1. Die Entflechtung und Klärung mit dem Grundbuch sind aus Sicht der Städte sehr erwünscht.
2. Die Kenntnis behördlichenverbindlicher Anordnungen neben den rechtkräftigen grundeigentümerverbindlichen ÖREB sind eine sehr sinnvolle Ergänzung.
3. Der ÖREB-Kataster entfaltet aus Sicht der Städte eine bessere Wirkung, je mehr Inhalt er hat, desto vollständiger ist er.
4. Die Zusammenarbeit der Städte mit «ihrem» Kanton bei der Weiterentwicklung des ÖREB-Katasters ist für städtische Bedürfnisse notwendig.

*Daniel Kettiger*, externer Gesetzesredaktor, stellte dann die Rechtsanpassung im Gesetz im Detail vor: Es findet eine vollständige Neuformulierung des 4. Abschnitts im 2. Kapitel des Geoinformationsgesetzes statt, auch wenn zahlreiche Regelungen inhaltlich unverändert bleiben. Im Sinne einer Vereinfachung des Rechts und der Vermeidung von rechtlichen Problemen wird nicht nur die spezialgesetzliche Haftung in Artikel 18 GeolG ersatzlos aufgehoben, sondern auch die Bestimmung in Artikel 17 GeolG, dass der Inhalt des Katasters als bekannt gilt. Zudem steht der Kataster künftig auch generell-abstrakten öffentlich-rechtlichen Eigentumsbeschränkungen mit unmittelbarer Wirkung offen sowie behördlichenverbindlichen Anordnungen, die sich mittelbar beschränkend auf das Eigentum an Grundstücken auswirken. Schliesslich wird in der Fremdänderung zum Artikel 962 Zivilgesetzbuch die neue Aufgabenteilung zwischen Grundbuch und ÖREB-Kataster festgehalten.

Der anschliessende Frageblock wurde ausgiebig genutzt und konnte noch verschiedene Aspekte der Rechtsanpassung ausleuchten. Insgesamt war es wieder eine gelungene Veranstaltung, die nicht nur die möglichen Rechtsanpassungen des ÖREB-Katasters thematisierte, sondern auch ausreichend Zeit für Vernetzung und Gespräche bot. Allen Referenten sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Christoph Käser

Leiter Prozess Amtliche Vermessung und ÖREB-Kataster  
Vermessung – swisstopo, Wabern  
christoph.kaeser@swisstopo.ch

# Mit Mixed Reality in Innenräumen messen und abstecken

Mixed Reality bietet auf halbem Weg zwischen realer und virtueller Welt neue Perspektiven für Berufe im Bereich der Geomatik. In dieser Bachelorarbeit wird das Potenzial eines Headsets untersucht, mit dem sich Punkte in Innenräumen vermessen und abstecken lassen. Das Ganze wird mit 3D-Daten kombiniert. Diese innovative Lösung birgt noch viele technische und technologische Herausforderungen, ist aber bereits jetzt vielversprechend.

## Hintergrund

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurde eine Anwendung für Mixed-Reality-Headsets entwickelt, mit der Vermessungsarbeiten immersiv durchgeführt werden können. Das Endziel war, Objekte mit einer 3D-Brille in Schweizer Koordinaten zu vermessen und abzustecken. Eine denkbare Anwendung sind Arbeiten an unterirdischen Leitungen, die dank Daten aus dem Leitungskataster virtuell dargestellt werden können. Die einzigen Vorgaben für diese Arbeit waren die verfügbare Zeit von acht Wochen (Mai/Juni 2024) und die Hardware: Ein Mixed-Reality-Headset Quest 3 von Meta.

## Was ist Mixed Reality?

Mixed Reality (MR) ist eine immersive Technologie, die die Vorteile aus Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR) kombiniert. Im Gegensatz zur Virtual Reality, bei der die Nutzerinnen und Nutzer vollständig in eine digitale Welt eintauchen, und zur Augmented Reality, bei der lediglich virtuelle Bilder über die reale Welt gelegt werden, ermöglicht MR eine direkte Interaktion zwischen beiden (vgl. Kasten und Abb.1).

### Mixed Reality

Mixed Reality integriert virtuelle Objekte dynamisch und kontextbezogen in die reale Umgebung. Mithilfe von Sensoren und fortschrittlicher räumlicher Verfolgung können digitale Objekte im Raum verankert werden. Sie reagieren auf die Position und Gesten des Benutzers oder interagieren mit physischen Oberflächen und Objekten.

Dank Headsets wie dem Meta Quest 3 kann der Nutzer/ die Nutzerin die reale Umgebung sehen und gleichzeitig mit virtuellen Objekten interagieren, die realistisch in den Raum integriert sind. Diese Objekte können auf Gesten, die Position oder sogar auf die physische Umgebung reagieren.

In der Geomatik ermöglicht diese Technologie beispielsweise die Visualisierung von 3D-Karten direkt am untersuchten Ort oder die Erkundung eines topografischen Modells, als läge es auf einem Tisch vor einem (siehe Abb. 2).

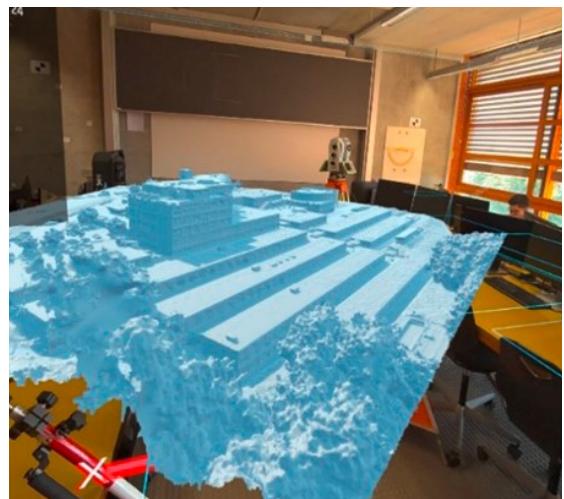


Abbildung 2: Visualisierung eines topografischen Modells mittels Mixed Reality

Abbildung 1: Vergleich von Augmented Reality (AR), Mixed Reality (MR) und Virtual Reality (VR)



### Meta Quest 3 und räumliche Daten

Das Consumer-Grade Mixed-Reality-Headset Meta Quest 3 (siehe Abb. 3) kam im Oktober 2023 auf den Markt. Es ist mit zwei hochauflösenden RGB-Kameras (unverzichtbar für Mixed Reality), vier Infrarotkameras zur Bewegungserkennung und einem Tiefensensor ausgestattet. Die ausserhalb des Geräts aufgenommenen Bilder werden über die Linsen im Inneren des Headsets angezeigt.

Abbildung 3:  
Das Mixed-Reality-Headset  
Meta Quest 3  
(Quelle: [www.meta.com](http://www.meta.com))



Anwendungen, die die virtuelle Umgebung mit der realen Welt verbinden, nutzen räumliche Daten, um den aktuellen Standort und die Umgebung zu interpretieren. Bevor eine solche Anwendung ausgeführt werden kann, müssen diese räumlichen Daten erfasst werden. Dazu wird die Umgebung lediglich «gescannt», indem man sich im Raum bewegt. Wurden genügend Daten aufgenommen, erhält man eine Übersicht über die erstellten virtuellen Pläne und die dem Mobiliar zugewiesenen Labels. Diese können vor der Freigabe noch angepasst werden.

Die Punktwolke, die 2D- und 3D-Begrenzungsboxen (damit man nicht unbeabsichtigt in eine Wand oder ein Möbel läuft), die Dreiecksvermaschung (Mesh) des Raums oder auch die Tiefendaten werden im Headset gespeichert und können von den Anwendungen genutzt werden.

Trotz Recherchen konnten keine technischen Unterlagen zur Spezifikation der Daten gefunden werden. Ein auf GitHub<sup>1</sup> verfügbares Projekt ermöglicht die Konvertierung der im Headset gespeicherten Mesh-Daten in eine «.obj»-Datei<sup>2</sup>, die eine 3D-Geometrie im ASCII-Format beschreibt.

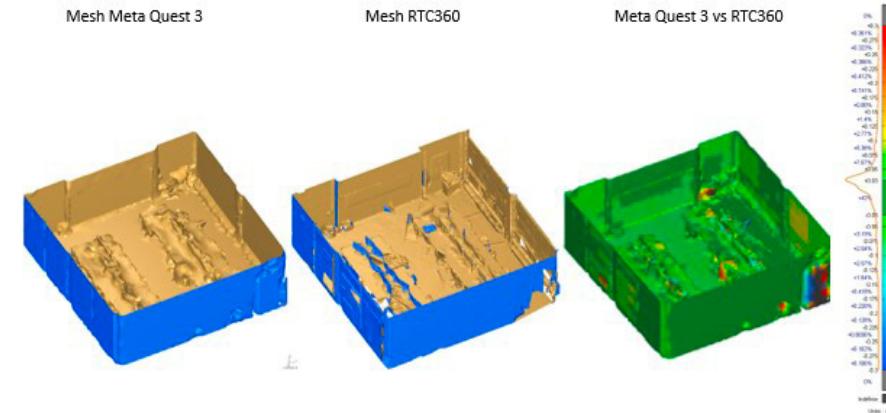
Mithilfe dieses Tools wurden die räumlichen Daten verschiedener gescannter Umgebungen analysiert. Das Volumen der Räume ist begrenzt. Mehrgeschossige Räume sind nicht möglich. In Bezug auf die Genauigkeit wurde das mit dem Meta Quest 3 erstellte Mesh eines Raumes mit dem eines professionellen Laserscanners, dem Leica RTC360, verglichen. Trotz fehlender Details sind die Distanzen zwischen den Wänden mit Abweichungen von  $\pm 5$  Zentimetern gut (siehe Abb. 4).

### Positionierungsmethode

Anhand der räumlichen Daten kann sich das Headset im Raum positionieren. Seine Position wird in lokalen Koordinaten in einer virtuellen Umgebung angegeben. Mithilfe der mitgelieferten Controller können Elemente angesteuert werden, die sich ebenfalls im Raum befinden. Auf Befehl sendet der Controller einen Ray Cast, also einen virtuellen Lichtstrahl, in die Richtung, in die er zeigt. Das Headset berechnet dann, ob der Strahl ein virtuelles Element schneidet.

Obwohl die durch das Headset wahrgenommenen Objekte real sind, liegen die Koordinaten, die man beim Zeigen auf die Objekte erhält, in einem lokalen Koordinatensystem vor. Um eine Verbindung zwischen realer und virtueller Welt herzustellen, müssen Transformationsparameter zwischen lokalem und globalem Koordinatensystem berechnet werden (siehe nächste Seite Abb. 5).

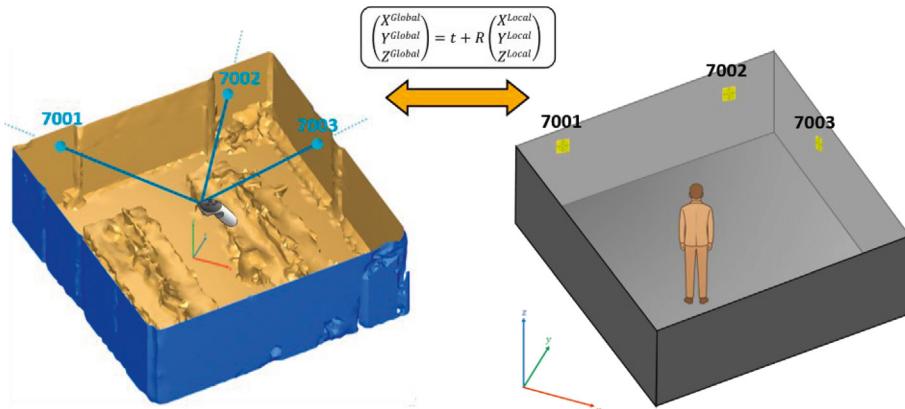
Abbildung 4: Ergebnis des Vergleichs des Meshes eines Raums von Meta Quest 3 mit dem Laserscanner Leica RTC360



<sup>1</sup> UnityMRStarterForQuest von Takashi Yoshinaga, verfügbar unter: <https://github.com/TakashiYoshinaga/UnityMRStarterForQuest>

<sup>2</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Wavefront\\_.obj\\_file](https://en.wikipedia.org/wiki/Wavefront_.obj_file)

Abbildung 5: Transformation von Koordinaten zwischen einem lokalen (virtuellen) und einem globalen (realen) System



Dieser Schritt ist mit der freien Stationierung einer Totalstation vergleichbar. Dazu muss eine Liste bekannter Punkte (in globalen Koordinaten) im Gerät gespeichert sein, die im Raum markiert werden müssen. Anschliessend müssen nur noch die lokalen Koordinaten einiger Punkte durch Anzielen erfasst werden. Anhand der in beiden Systemen bekannten Punkte können schliesslich die Transformationsparameter berechnet werden: 3 Translationen und 3 Rotationen.

Nach der Validierung der Berechnung ist die Position jedes im Raum erfassten Elements im globalen Koordinatensystem bekannt, beispielsweise in Schweizer Koordinaten LV95/LN02.

Darüber hinaus können die Elemente eines Projekts mithilfe der Headset-Technologie virtuell über die Realität gelegt werden.

Nach einer Einarbeitungsphase, in der die Möglichkeiten von Unity erkundet wurden, wurde die Struktur der Punkte definiert und festgelegt, wie diese gespeichert und dargestellt werden sollen.

Schliesslich mussten alle C#-Skripte entwickelt werden:

- Punktimport
- Punkteliste verwalten und aktualisieren
- Koordinaten der Zielpunkte abrufen
- Transformationsparameter berechnen
- Residuen der Vektoren berechnen und darstellen
- Punkte mit zugehörigen Attributen aufnehmen
- Steuerung implementieren
- Anzeige der Punkte verwalten
- eine OBJ-Datei importieren
- das gesamte Projekt exportieren

## Entwicklung der Anwendung

Nach Festlegung der Spezifikationen wurde die Android-Anwendung mit der Videospiel-Engine Unity entwickelt.

Zunächst wurde eine Benutzeroberfläche in Form eines interaktiven Panels erstellt, das sich im Raum verschieben lässt. Jedes Menü und jede Schaltfläche sind mit einem C#-Skript verknüpft, das eine bestimmte Aktion auslöst (siehe Abb. 6 und 7).

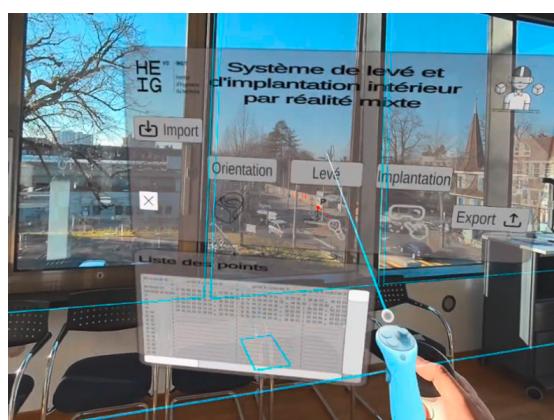


Abbildung 6: Benutzeroberfläche

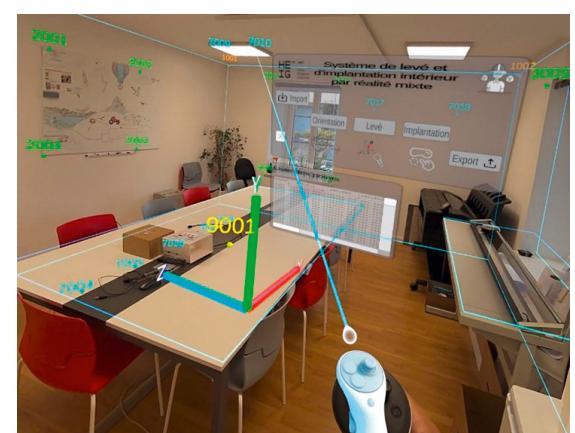


Abbildung 7: Übersicht über die Anwendung mit Punkten, dem Ursprung des lokalen Systems, dem Raycast und dem Menü.

## Tests und Ergebnisse

Der erste Test diente dazu, die Wiederholbarkeit der Vermessung eines Punktes zu analysieren. Ein und dasselbe Ziel wurde 30-mal aus 12 verschiedenen Positionen im Raum vermessen (siehe Abb. 8). Die Ergebnisse zeigen eine gute Wiederholbarkeit, wenn sich die Nutzerin vor dem Ziel und in nicht zu grosser Entfernung (einige Meter) befindet. Ausserdem weisen die Ergebnisse auf eine Drift bei der Positionierung der Brille hin. Es überrascht nicht, dass die Position 8 (ein Meter von der Wand entfernt und gerade vor dem Ziel) die beste Wiederholbarkeit erreicht. Zu beachten ist jedoch, dass das schwarze Kreuz des reflektierenden Ziels aufgrund der Auflösung der Displays des Headsets ab einer Entfernung von mehr als drei Metern schwer zu erkennen ist.

Der zweite Test analysiert die Genauigkeit der Punkt-absteckung mit dem Meta Quest 3: In einem Raum wurden zwei Punkte auf dem Boden, drei an den Wänden und neun im Raum abgesteckt und anschliessend mit einer Totalstation überprüft. Nach der Bestimmung der Transformationsparameter zwischen dem lokalen und dem globalen Koordinatensystem (die durchschnittliche Abweichung betrug 1 bis 3 cm) wurden die Punkte entweder auf Papier aufgetragen oder mithilfe eines Miniprismas abgesteckt.

Bei drei Versuchen wurde eine Genauigkeit von 2 bis 5 cm für die Punkte auf dem Boden und an den Wänden erreicht, während die Punkte im Raum eine Streuung von 2 bis 32 cm aufwiesen. Eine Reihe von Punkten wies eine konstante Abweichung sowohl in der Entfernung als auch in der Richtung auf, was auf einen systematischen Fehler hindeutet. Das Experiment wurde aus Zeitgründen nur dreimal durchgeführt, aber diese Versuche lassen bereits eine realistische Größenordnung der erreichbaren Genauigkeit erkennen. Dieser Vorgang hängt natürlich von der Qualität des definierten physischen Raums (Mesh), der Positionierung des Helms in seiner virtuellen Umgebung und der Schätzung der Transformationsparameter ab.

Die Anwendung erfüllt ihre Ziele. Das Erheben und Abstecken von Punkten und das Anzeigen von OBJ-Dateien ist möglich. Die Ergonomie ist jedoch verbesserungsfähig. Die Anwendungsschritte sind nicht immer intuitiv, der Fehlerschutz ist begrenzt und die Dateiverwaltung sollte flexibler sein. Um die Anwendung zu einem zuverlässigen und zugänglichen Tool zu machen, sind weitere Verbesserungen erforderlich.

Abbildung 8: Wiederholbarkeitstest bei der Vermessung von Punkten

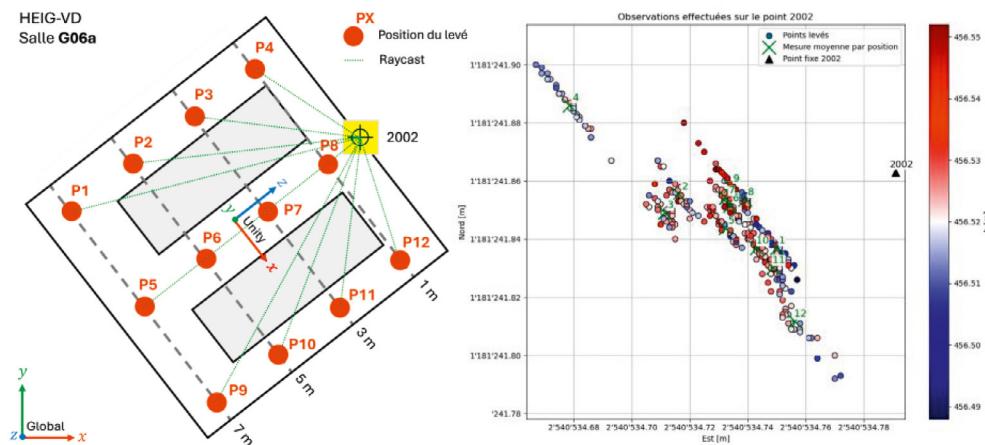
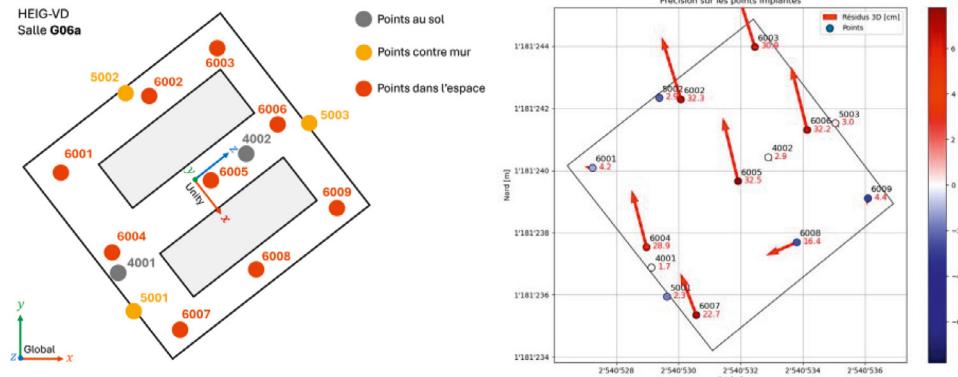


Abbildung 9:  
Abzustechende Punkte



Abbildung 10: Test zur  
Punktabsteckung



### Fazit

In der Geoinformation und in der Raumplanung sind 3D-Informationen alltäglich, doch die Darstellungsmethoden bestehen nach wie vor überwiegend aus Papierplänen oder Bildschirmen. Die Verwendung eines Mixed-Reality-Headsets ermöglicht eine viel immersivere und realistischere Visualisierung von Projekten.

Diese Anwendung vermittelt einen guten Eindruck davon, was mit einem Mixed-Reality-Headset technisch möglich ist. Leider ergaben die Absteckungstests eine Genauigkeit von etwa 2 bis 5 Zentimetern mit Abweichungen von bis zu 30 Zentimetern auf einzelnen Punkten (siehe Abb. 9 und 10). Die Ungenauigkeiten sind insbesondere auf die Qualität des vom Headset generierten Meshs, die Zielgenauigkeit, die Positionierung des Headsets im Raum und auf eine Drift des Ursprungs des Headset-Referenzsystems zurückzuführen.

Derzeit erfüllt die Anwendung nicht die Anforderungen an die Genauigkeit und die Zuverlässigkeit, die Vermessungsbüros für ihre Arbeiten benötigen. Eine weitere Einschränkung ist der Einsatz in Innenräumen und auf begrenztem Raum, bedingt durch die Eigenschaften des Headsets.

Die jüngsten Markteinführungen von immer leistungsfähigeren Headsets lassen jedoch vermuten, dass wir an der Schwelle zu einer neuen Arbeitsweise stehen, in der Mixed Reality zu einer wertvollen Ergänzung im Werkzeugkasten der Vermessungsfachleute werden könnte.

Weitere Informationen zu diesem Projekt finden Sie im vollständigen Bericht (nur auf Französisch) unter:  
<https://tb.heig-vd.ch/8511>

Alexis Bart  
Hochschulpraktikant  
Vermessung – swisstopo, Wabern  
alexis.bart@swisstopo.ch

# Die Verifikation – Qualitätssicherung und Wegbereitung für die amtliche Vermessung der Zukunft

Die amtliche Vermessung (AV) ist weit mehr als nur das Erfassen von Grenzpunkten und Linien in einem GIS (Geografischen Informationssystem) – sie ist das Rückgrat von Eigentum, Infrastruktur und Raumplanung in der Schweiz. Damit dieses Fundament stabil bleibt und sich mit der Zeit weiterentwickelt, braucht es Fachleute mit Weitblick und Fachverstand: zum Beispiel die Verifikatorinnen und Verifikatoren.

Diese prüfen nicht nur Daten, sondern sorgen auch dafür, dass die amtliche Vermessung verlässlich, aktuell und zukunftsfähig bleibt – mit einem Mix aus technischem Know-how, Verwaltungsflair und einem ausgeprägten Gespür für gesellschaftliche Relevanz.

## Zwischen Datenprüfung und Feldarbeit

Martin Mäusli ist Verifikator beim Bundesamt für Landestopografie swisstopo – und sein Berufsalltag könnte abwechslungsreicher kaum sein. Für die Kantone Appenzell Innerrhoden, Glarus und das Fürstentum Liechtenstein überprüft er AV-Daten nach Projektabschlüssen und führt jährliche Stichproben – Verifikationen – der Nachführungen in einzelnen Gemeinden durch. Sein Ziel: Datenqualität auf höchstem Niveau. Denn mit der Verifikation wird sichergestellt, dass Geodaten aktuell, konsistent und fehlerfrei sind – eine Grundvoraussetzung für rechtssichere Eigentumsverhältnisse sowie zuverlässige Planungsgrundlagen.

Doch damit nicht genug. Auch organisatorisch läuft bei Martin einiges: Er unterstützt Kantonsgeometerinnen und -geometer sowohl administrativ als auch fachlich, erstellt Ausschreibungsunterlagen, Pflichtenhefte und Verträge, wirkt bei der Budgetplanung mit und begleitet Genehmigungsprozesse. Und wenn es darauf ankommt, ist er auch draussen im Gelände unterwegs; im Rahmen der Oberaufsicht prüft er mit einem GNSS-Empfänger die Genauigkeit der Fix- und Grenzpunkte – Technik, Administration und Praxis greifen bei ihm nahtlos ineinander.

## Mehr als nur Zahlen

Die Arbeit des Verifikators, der Verifikatorin ist nicht nur ein Dienst an der Technik, sondern auch an der Gesellschaft. Denn nur wenn die AV-Daten genau und zuverlässig sind, ist auch sichergestellt, dass das Grund- eigentum korrekt dokumentiert und Planungen solide fundiert sind. So schafft seine bzw. ihre Arbeit Ver- trauen – in Pläne, Kataster und die öffentliche Verwal- tung.

Und wie genau wird man eigentlich zum Verifikator bzw. zur Verifikatorin? Wer in der Verifikation arbeiten will, sollte einiges mitbringen: fundierte Kenntnisse in der Geomatik, sowohl draussen im Feld als auch drin-

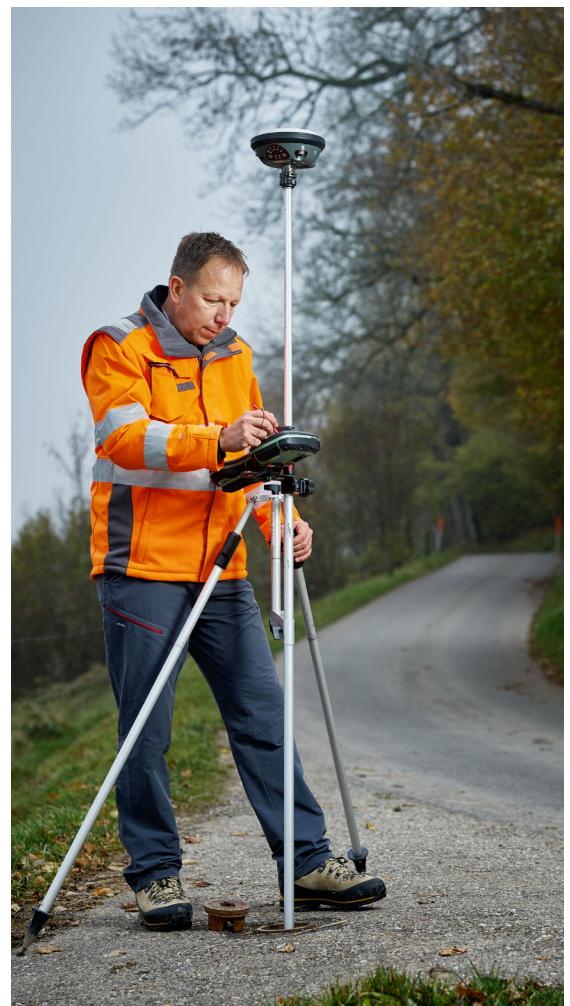


Abbildung: Arbeiten auf dem Feld

# Personelles aus dem Bereich Vermessung

nen im Büro. Doch auch Soft Skills wie kommunikative Stärke sind gefragt – etwa im Austausch mit privaten Ingenieurbüros oder Behörden. Der Job ist kein Einzelkämpferposten: Zusammenarbeit mit anderen Fachstellen wie der Landesvermessung oder kantonalen GIS-Abteilungen ist an der Tagesordnung. Teamwork wird hier grossgeschrieben.

## Mit Innovation in die Zukunft

Ein besonders spannender Aspekt: Als Verifikator bringt sich Martin aktiv in die Weiterentwicklung der AV ein. Er ist Mitglied in mehreren Arbeitsgruppen des Bundes, zum Beispiel bei der Überarbeitung von Verordnungen oder beim Update des Geodatenmodells (DMAV). Neue Softwarelösungen eröffnen ihm dabei neue Möglichkeiten – und fordern auch seine Kreativität. «An der Zukunft der amtlichen Vermessung mitzuwirken, ist für mich ein echtes Highlight», erzählt er.

Was treibt ihn an? Die Vielfalt seines Jobs. Kein Tag ist wie der andere, und Martin meistert diese Herausforderung mit einer Kombination aus technischer Expertise, organisatorischem Geschick und strategischem Mitdenken. Der enge Kontakt mit Fachleuten aus der Privatwirtschaft und die Möglichkeit, wirklich etwas zu bewegen, machen den Beruf für ihn besonders wertvoll und erfüllend.

Catarina Paiva Duarte  
Wissenschaftliche Mitarbeiterin  
Vermessung – swisstopo, Wabern  
catarina.paivaduarte@swisstopo.ch

## Austritte

30. September 2025: Alexis Bart, Gwenaëlle Salamin, Clothilde Marmy, Austin Peel, STDL,

Wir wünschen Alexis, Gwenaëlle, Clothilde und Austin viel Erfolg und alles Gute für die Zukunft.

## Eintritte

Wir heissen Natasha Mosar und Stefan Ryter herzlich willkommen.

### Natasha Mosar



*Ausbildungstitel:*  
Bachelor of Science in Geosciences,  
Universität Basel

*Funktion:*  
Hochschulpraktikantin Geodätische  
Landesvermessung

*Eintrittsdatum:*  
1. Oktober 2025

#### Aufgabengebiet:

Natasha Mosar wird im Rahmen ihres einjährigen Praktikums alle Aspekte der geodätischen Landesvermessung kennenlernen: von Messungen über Auswertungen bis hin zu konzeptionellen Arbeiten.

### Stefan Ryter



*Ausbildungstitel:*  
Vermessingenieur und  
Informatikingenieur

*Funktion:*  
Projektleiter

*Eintrittsdatum:*  
1. Oktober 2025

#### Aufgabengebiet:

Stefan Ryter wird in seiner Tätigkeit als Projektleiter die Innovation und das Produktmanagement im Bereich Vermessung unterstützen und vorantreiben.

Vermessung  
swisstopo, Wabern

# Geo Innovation News

In Zusammenarbeit mit Fachleuten aus den Kantonen Zürich und Genf hat das Swiss Territorial Data Lab (STDL) ein Projekt in zwei Etappen gestartet: Die Erkennung von Dachbegrünungen und die Klassifizierung des Vegetationstyps in fünf Klassen. Zudem informiert das STDL über das Galileo-Projekt Smart Traceability Anti-Spoofing (GSTA): Das Projekt entwickelt einen neuen Anti-Spoofing-Navigationsempfänger.

## Automatische Erkennung von Dachbegrünungen und Vegetationstypen

Angesichts der Zunahme von Hitzeinseln in Städten spielt die Vegetation zunehmend eine wesentliche Rolle bei der Abkühlung der Städte. Das Erkennen von Dachbegrünungen ermöglicht es, die grüne Kapazität einer Stadt zu bewerten und die zukünftige Stadtentwicklungsrichtung zu planen. Die Kartierung von Dachbegrünungen existiert bereits in einigen Kantonen, jedoch nur teilweise und oft wenig automatisiert.

In Zusammenarbeit mit Fachleuten aus den Kantonen Zürich und Genf hat das Swiss Territorial Data Lab (STDL) ein Projekt in zwei Etappen gestartet:

1. Erkennung von Dachbegrünungen
2. Klassifizierung des Vegetationstyps in fünf Klassen.

Im Rahmen dieses Projekts wurden Algorithmen auf Luftbilder aus SWISSIMAGE RS und auf die Bodenbedeckung aus der amtlichen Vermessung angewendet. In einem ersten Schritt führte das STDL einen Random Forest und eine logistische Regression durch, um die Dächer in zwei Kategorien zu klassifizieren: mit oder ohne begrünte Flächen. Der zweite Schritt bestand darin, den Vegetationstyp zu klassifizieren. Zu diesem Zweck wurde ein Deep-Learning-Algorithmus entwi-

ckelt. Das Modell wurde trainiert, um die verschiedenen Vegetationsklassen zu unterscheiden.

Die Vorhersagen wurden dann mithilfe eines Kontrolldatensatzes überprüft. Expertinnen und Experten aus den Kantonen Zürich und Genf überprüften und klassifizierten mehr als 4000 Dächer mithilfe von Luftbildern. Die Kombination aus Random Forest und logistischer Regression ergab einen Rückrufwert (oder Recall auf Englisch) von 0,84 für die Vegetationsklasse und einen F1 Score von 0,86 für beide Klassen. Bei einer Mehrklassenklassifikation unter Verwendung von Deep Learning betrug der gemessene Recall über die Validierungsgröße für die Klassen «nackt», «Terrasse», «spontan», «extensiv», «Rasen» und «intensiv» jeweils 0,89, 0,76, 0,62, 0,77, 0,68 und 0,72 von 1. Die Messungen haben gezeigt, dass Klassen von Dachbegrünungen mit heterogenen Eigenschaften schwer zu klassifizieren sind. Es wurde eine angemessene Menge an Referenzdaten produziert, um zufriedenstellende Ergebnisse zu erzielen.

So wurden für beide Kantone eine binäre Schicht und eine Schicht mit mehreren Klassen erstellt. Die beiden Kantone sind derzeit dabei, die Ergebnisse zu integrieren.

Abbildung 1: Bildschirmansicht der Klassifikationen der Dachbegrünung

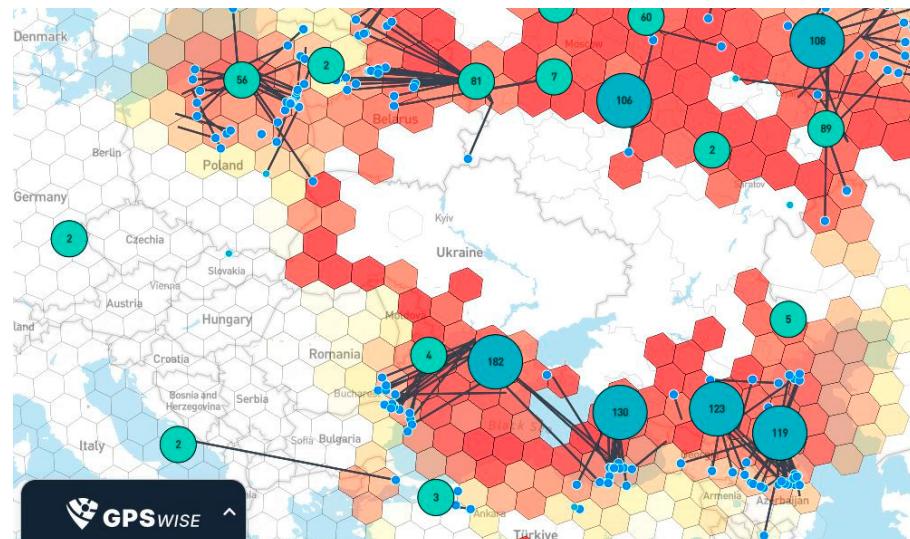


Weitere Informationen über das Projekt finden Sie in der ausführlichen Methodik auf der STDL-Website:

<https://tech.stdli.ch/PROJ-VEGROOFS/>

Die Codes sind ebenfalls verfügbar.

Abbildung 2: Identifikation von Gebieten mit höherem Spoofing Risiko. Quelle: GPSwise



### Die Verbesserung der Ausfallsicherheit von GNSS-Signalen

Die meisten von uns halten es für selbstverständlich, dass der blaue Punkt auf unserer Karte unseren tatsächlichen Standort anzeigt. Aber GNSS-Signale lassen sich leichter fälschen, als man denkt. Bei Spoofing-Angriffen werden Empfänger mit falschen Orts- (und/oder Zeit-) Angaben getäuscht, indem echte Satellitensignale mit gefälschten Signalen gestört werden. Dabei handelt es sich nicht nur um eine theoretische Schwachstelle: Spoofing wird immer häufiger eingesetzt, vor allem in der Nähe von Konfliktgebieten. In jüngsten Berichten wird von grossflächigen Störungen berichtet, die kommerzielle Flüge und den Schiffsverkehr betreffen. Angesichts der Bedeutung der Satellitenpositionierung und -synchronisierung für die moderne Infrastruktur sind die Auswirkungen schwerwiegend.

Hier kommt das Galileo-Projekt Smart Traceability Anti-Spoofing (GSTA) ins Spiel. Finanziert durch das NAVISP-Programm der Europäischen Weltraumorganisation und geleitet von der italienischen Firma Origosat, entwickelt das Projekt einen neuen Anti-Spoofing-Navigationsempfänger. Anstatt sich blind auf Satellitensignale zu verlassen, nimmt das System Quervergleiche mit anderen Datenquellen vor, insbesondere mit Flugzeugverfolgungssignalen aus dem ADS-B-System (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast), mit dem Flugzeug periodisch ihre Position übermitteln. Die Idee dahinter ist, dass es, da Flugzeuge ihre Position in unvorhersehbaren Abständen übermitteln, für einen Hacker viel schwieriger ist, diese Signale zu fälschen und das System zu täuschen. Dieses Projekt geht sogar noch einen Schritt weiter, indem es unabhängige Synchronisationsdaten und alternative GNSS-Signale nutzt, um mehrere Verifizierungsebenen einzurichten. Wenn etwas auffällig erscheint (z.B. wenn die Zeit verschoben ist oder die Standortdaten nicht übereinstimmen), kann das System dies melden, ignorieren oder zu einer zuverlässigeren Quelle wechseln.

Neue Lösungen wie diese sind entscheidend, um die Satellitennavigation widerstandsfähiger zu machen. Derzeit ist Spoofing ein wachsendes Problem für verschiedene Anwendungen wie Drohnen, selbstfahrende Autos und die Finanzmärkte. GPSwise (gpswise.aero) ist eine Initiative, die das Spoofing und Jamming von GPS-Signalen von Flugzeugen auf der ganzen Welt in Echtzeit verfolgt. Dieses Tool hat Gebiete identifiziert, in denen Angriffe häufig vorkommen, und unterstreicht das Ausmass, welches diese Bedrohung annimmt. Ein robusterer und quellenübergreifender Ansatz für die Sicherheit von Navigationssystemen könnte dazu führen, dass diese Systeme schwerer zu täuschen sind, was angesichts der zunehmenden Automatisierung im Transport- und Logistiksektor von entscheidender Bedeutung ist.

Navigationssysteme arbeiten seit langem auf der Grundlage von Vertrauen, wobei davon ausgegangen wird, dass die von ihnen empfangenen Signale real sind. Diese Annahme ist jedoch nicht mehr gültig. Projekte wie GSTA sind Teil einer grösseren Anstrengung, die Art und Weise, wie wir die Satellitennavigation sichern, zu überdenken, um sicherzustellen, dass, wenn ein Empfänger «Sie sind hier» meldet, dies auch tatsächlich der Fall ist.

#### Swiss Territorial Data Lab (STDL)

Das STDL ist eine Massnahme der «Strategie Geoinformation Schweiz» zur Förderung der kollektiven Innovation im digitalen Raum. Der Auftrag lautet, konkrete Probleme der öffentlichen Verwaltungen durch den Einsatz von aufbereiteten Geodaten zu lösen. Der Lenkungsausschuss umfasst die Kantone Genf, Neuenburg und Graubünden, die Stadt Zürich, das Bundesamt für Statistik und das Bundesamt für Landestopografie swisstopo sowie die Konferenz der Kantonalen Geoinformations- und Katasterstellen.

FOLLOW US  
linkedin



STDL-News:  
[www.stdl.ch](http://www.stdl.ch) → Innovation News und auf der LinkedIn-Seite des STDL

## Kreisschreiben und Express: jüngste Veröffentlichungen

### Kreisschreiben

für wichtige Präzisierungen von gesamtschweizerisch anwendbaren rechtlichen Vorschriften

Datum	Thema
► 01.07.2025	<i>Kreisschreiben AV 2025/02</i> Weisung «Amtliche Vermessung: Administrative Abläufe für Operate»
► 10.07.2025	<i>Kreisschreiben AV 2025/03</i> Weisung «Amtliche Vermessung: Bundesabgeltungen»

### Aufgehobene Kreisschreiben

Datum	Thema
► 06.12.2021	<i>Kreisschreiben AV 2021/02</i> Weisung «Amtliche Vermessung: Administrative Abläufe für Operate» – Änderung vom 1. Januar 2022 ersetzt durch Kreisschreiben AV 2025/02
► 15.12.2022	<i>Kreisschreiben AV 2022/01</i> Weisung «Amtliche Vermessung: Bundesabgeltungen» – Änderung vom 1. Januar 2023 ersetzt durch Kreisschreiben AV 2025/03

### Express

für allgemeine Informationen und Umfragen

Datum	Thema
► 18.06.2025	<i>ÖREB-Express 2025/03</i> Umfrage Wirkungsflächen
► 24.06.2025	<i>ÖREB-Express 2025/04</i> Umfrage Fallunterscheidungen von ÖREB-Änderungen
► 14.07.2025	<i>ÖREB-Express 2025/05</i> Zwei Rechtsgutachten zu den ÖREB-Anpassungen am Geoinformationsgesetz

- Amtliche Vermessung
- ÖREB-Kataster

Die Dokumente selbst sind abrufbar auf:

[www.cadastre-manual.admin.ch](http://www.cadastre-manual.admin.ch)

- Handbuch Amtliche Vermessung
- Rechtliches & Publikationen
- resp.
- Handbuch ÖREB-Kataster
- Rechtliches & Publikationen

Vermessung  
swisstopo, Wabern

## Info-Regio AV: Vision Amtliche Vermessung und DMAV Version 1.0 – Reminder

Wie bereits angekündigt, wird die Fachstelle Eidgenössische Vermessungsdirektion des Bundesamts für Landestopografie zusammen mit den Pilotkantone DMAV in acht Städten der Schweiz Info-Regio AV durchführen zu den Themen:

- Vision Amtliche Vermessung: Ergebnisse der Konsultation
- Geodatenmodell der amtlichen Vermessung DMAV: erste Erfahrungen aus den Pilotkantone und weiteres Vorgehen zur schweizweiten Einführung des DMAV Version 1.0.

Veranstaltungsorte der Info-Regio AV 2025<sup>1</sup>:

24.09.2025	Olten: Hotel ARTE, Rickenbachstrasse 10, 4600 Olten
01.10.2025	Chur: B12, Brandistrasse 12, 7000 Chur
08.10.2025	Yverdon-les Bains: HEIG-VD, Route de Cheseaux 1, 1401 Yverdon-les Bains
22.10.2025	Zürich: Volkshaus Zürich, Stauffacherstrasse 60, 8004 Zürich
29.10.2025	Bern: Hotel Ambassador, Seftigenstrasse 99, 3007 Bern
05.11.2025	St. Gallen: Ostschweizer Fachhochschule, Rosenbergstr. 59, 9001 St. Gallen
12.11.2025	Neuenburg: Hotel Beaulac, Esplanade Léopold-Robert 2, 2000 Neuchâtel
19.11.2025	Bellinzona: Auditorium BancaStato, Viale H. Guisan 5, 6501 Bellinzona

Anmeldung über folgenden Link:

<https://findmind.ch/c/Info-RegioAV2025-Login>

Wir hoffen auf viele interessierte Teilnehmerinnen und Teilnehmer.

Vermessung  
swisstopo, Wabern  
vermessung@swisstopo.ch

**Eine Fortbildung für Ingenieur-Geometerinnen und -Geometer**  
im Rahmen deren Berufspflichten (Art. 22, GeomV), empfohlen durch die Kommission für Ingenieur-Geometerinnen und -Geometer



<sup>1</sup> Siehe auch [www.cadastre-manual.admin.ch](http://www.cadastre-manual.admin.ch) → Handbuch Amtliche Vermessung → Agenda – Veranstaltungen.



Schweizerische Eidgenossenschaft

Confédération suisse

Confederazione Svizzera

Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Verteidigung,

Bevölkerungsschutz und Sport VBS

**Bundesamt für Landestopografie swisstopo**