



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz
Bundesamt für Landestopografie swisstopo
Geodäsie und Eidgenössische Vermessungsdirektion

HEIG^{VD}

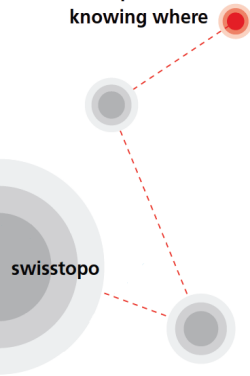
Information an die Generalversammlung der KGK zum Projektstand

Modernisierung Höhenbezugssystem

01.02.2024

Yves Deillon (HEIG-VD) und Daniel Willi (swisstopo)

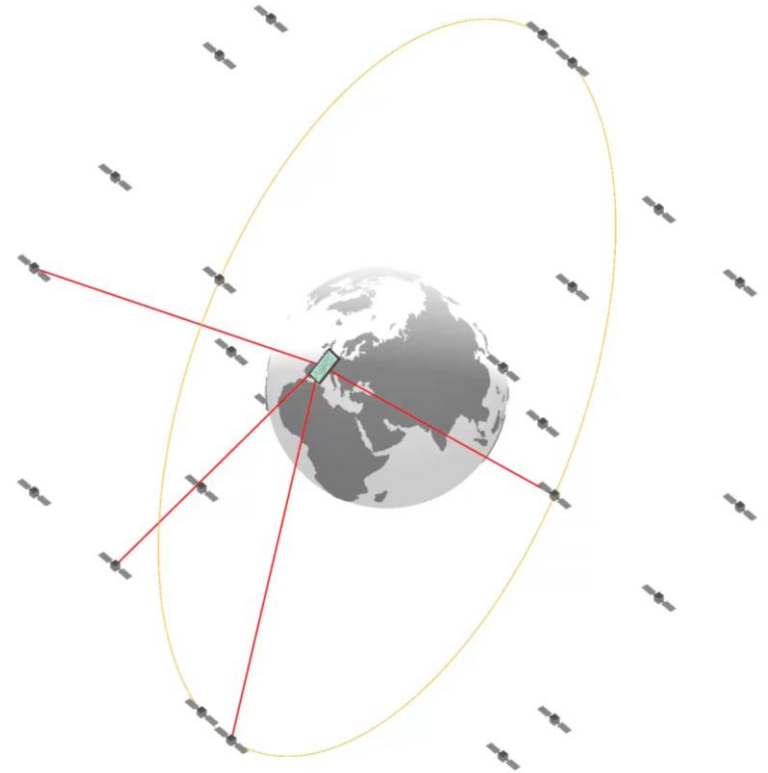
wissen wohin
savoir où
sapere dove
knowing where

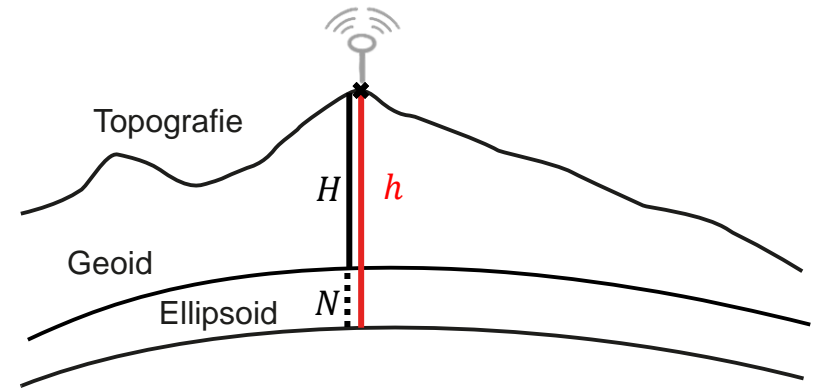
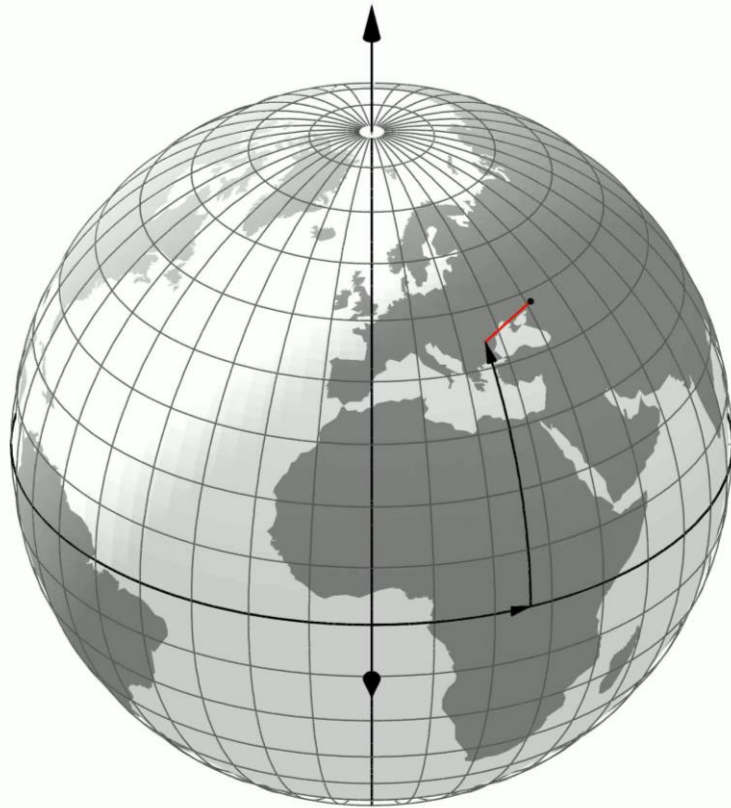




Technischer Kontext

- Entwicklung der Weltraumgeodäsie
- Aussicht auf das baldige Erreichen einer homogenen, zentimetergenauen Höhengengauigkeit in der gesamten Schweiz





h : ellipsoidische Höhe (rein geometrisch)

N : Geoidundulationen
→ Berücksichtigung des
Erdschwerefeldes

H : orthometrische Höhe (physische Höhe)

$$h = H + N$$



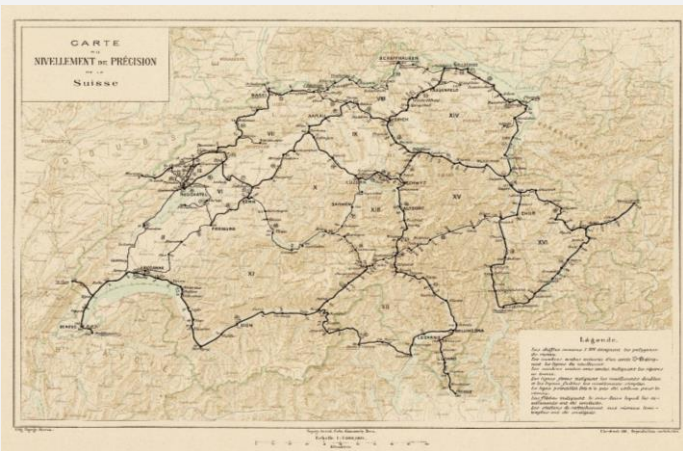
Aktuelle Situation in der Schweiz ?

LN02

Landesnivellement von 1902

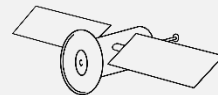


Gebrauchshöhen



LHN95

Landeshöhennetz LHN95



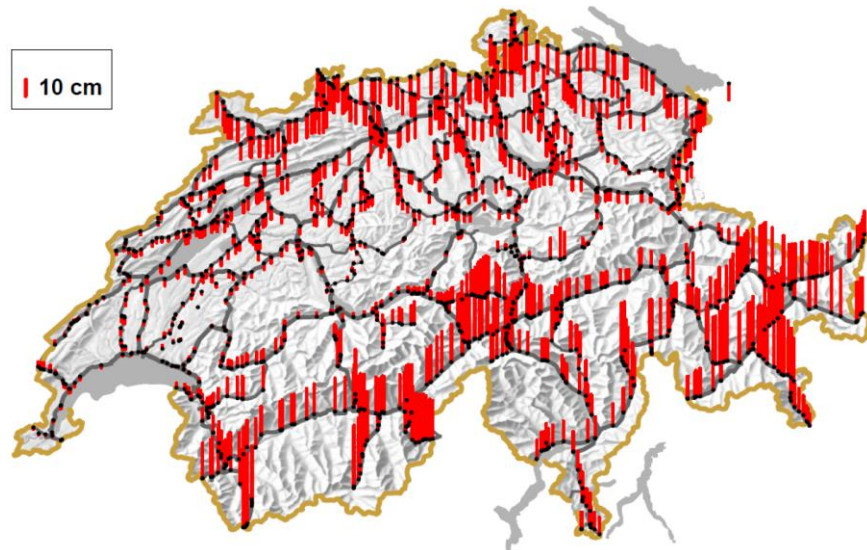
- Strenges Höhensystem : orthometrische Höhen
- Wird indirekt für die Bestimmung von Höhen durch GNSS über das Geoid (CHGeo2004) und die HTRANS-Transformation verwendet.



Bis zu 40 cm Unterschied...

Gesamtdifferenz zwischen strengen Höhen (LHN95) und gebrauchshöhen (LN02)

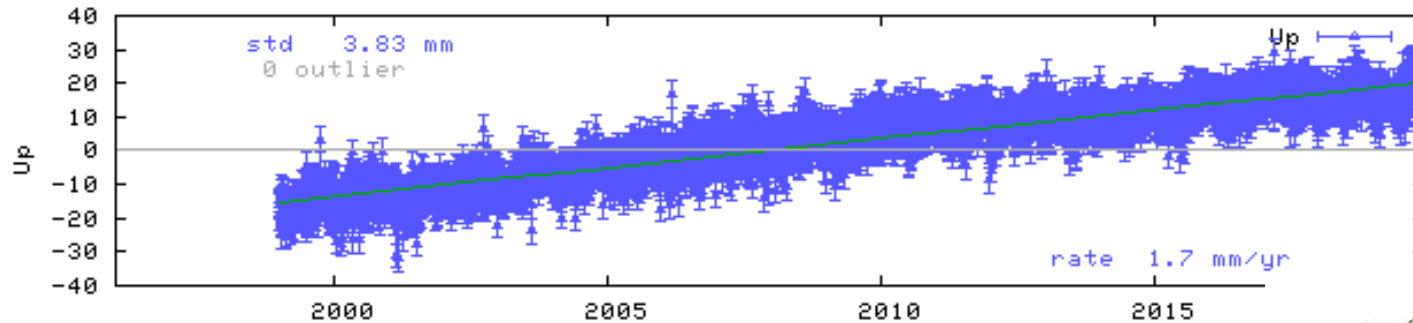
- 1 Nivellierungsfehler von ca. 1 cm pro 100 m Höhenunterschied (Skalierungsfaktor)
- 2 Alte Messungen von mehr als 100 Jahren, die zu Unterschieden von 10 bis 20 cm führen
- 3 Vertikale Bewegungen der Erdkruste nicht berücksichtigt, was zu Fehlern von 10 bis 20 cm führt





Alpenhebung in Davos

Mittlere Hebung: 1.7 mm / Jahr (GNSS-Zeitreihe)

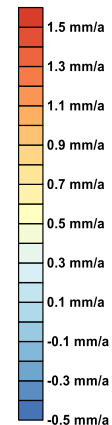
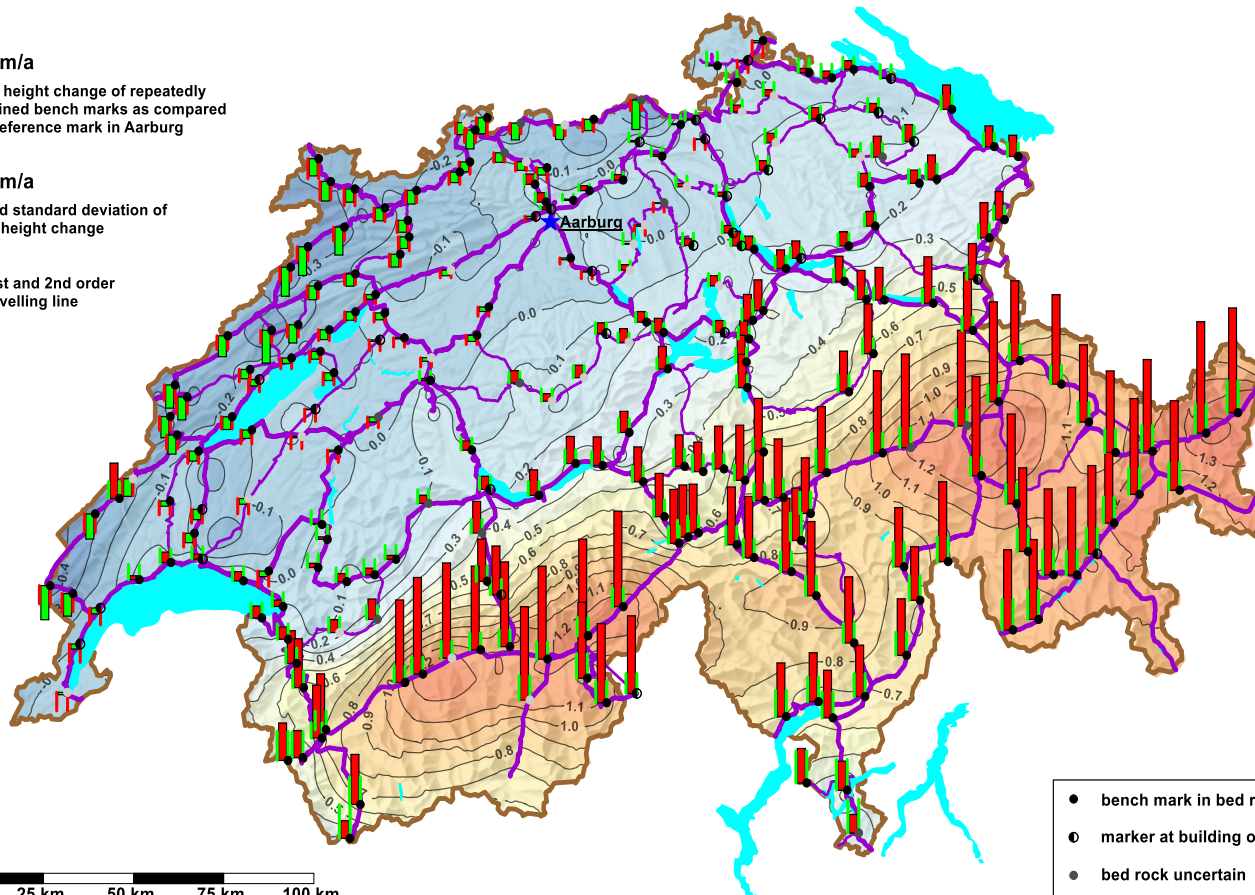




1.0 mm/a
Annual height change of repeatedly
determined bench marks as compared
to the reference mark in Aarburg

0.5 mm/a
Doubled standard deviation of
annual height change

1st and 2nd order
levelling line



- bench mark in bed rock
- marker at building on bed rock
- bed rock uncertain
- no bed rock

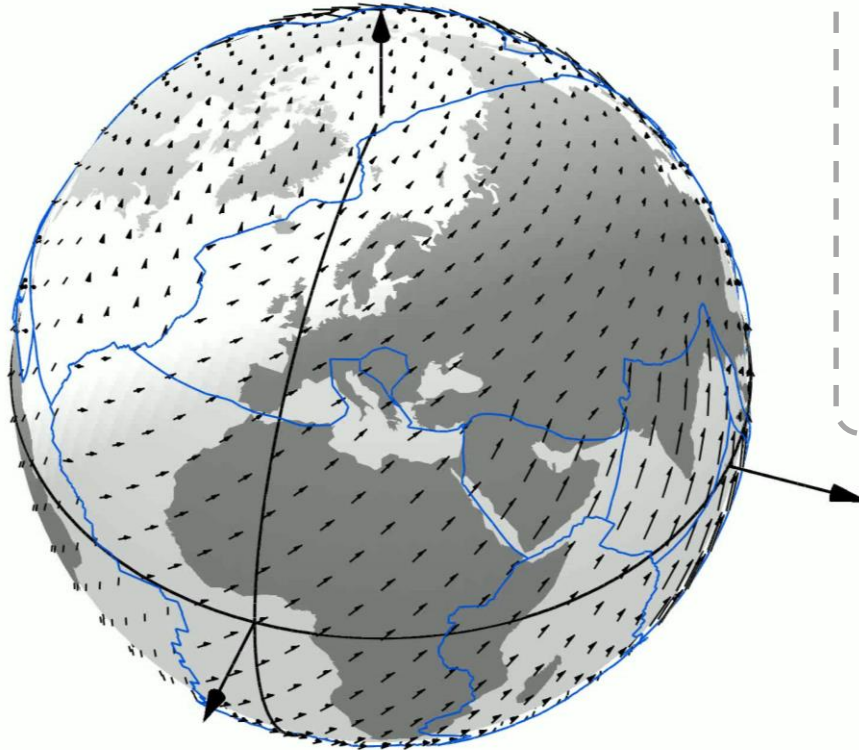


HEIG^{VD}

0 km 25 km 50 km 75 km 100 km



Motivation



Stabiles und zeitlich
genaues Referenzsystem

→ Lokales Höhensystem,
das mit übergeordneten
Systemen kompatibel ist





Stand des Projektes

- Umfrage durchgeführt und ausgewertet
- Erster technischer Bericht publiziert
- 3 Kommunikationsvideos erstellt
- Entwurf für die weitere Roadmap erstellt
- Zweiter Bericht (Systemdefinition) in Arbeit
- Kosten-Nutzen-Analyse zu realisieren



Neues Schweizer Höhensystem



© swisstopo

Studie zur Modernisierung des Schweizer Höhenbezugssystems und -rahmens

Teil I – Grundlagen, Stand der Technik und internationaler Vergleich



Umfrage – Sensibilisierung



In den letzten zwanzig Jahren hat die Verwendung von Höhendaten bzw. präzisen 3D-Objekten **in Studien und bei der Durchführung von Projekten** stark zugenommen.



In den letzten zwanzig Jahren hat die Verwendung von Höhendaten bzw. präzisen 3D-Objekten im **Infrastrukturmanagement** stark zugenommen.



In den letzten zwanzig Jahren hat der Anteil der direkt erworbenen Höhendaten in einem globalen System zugenommen

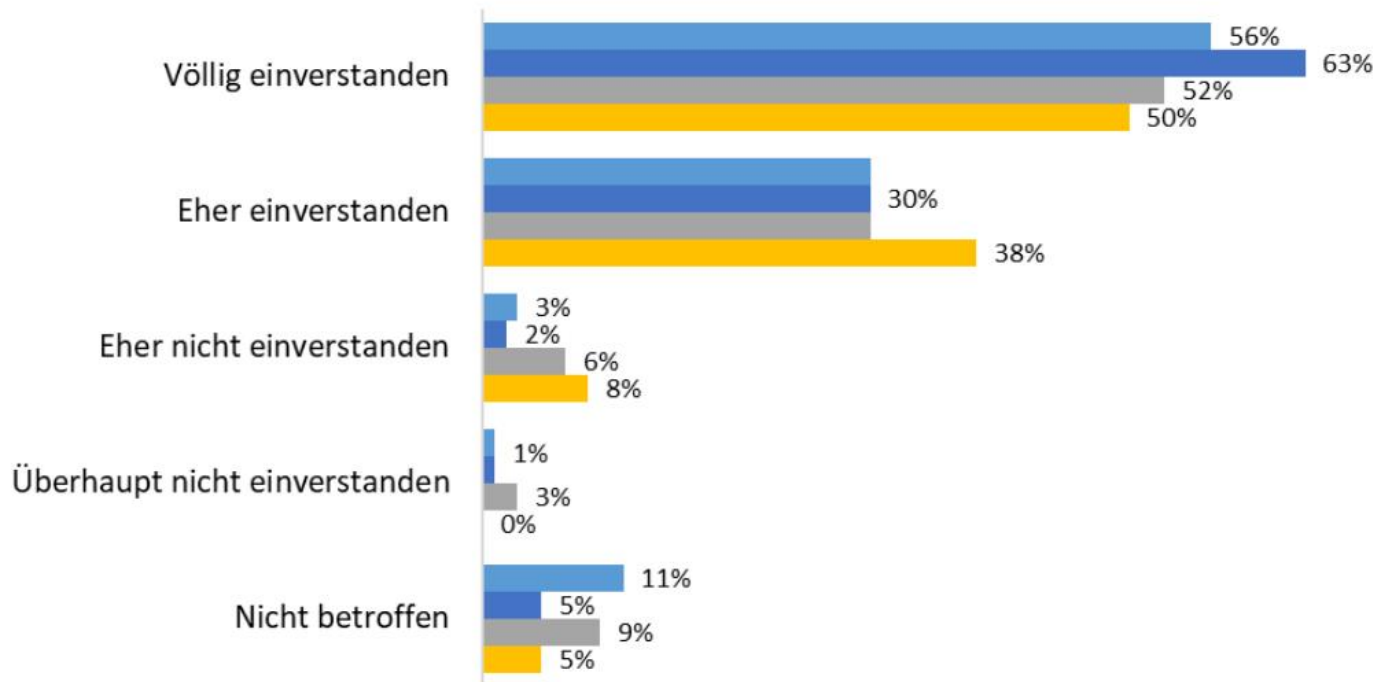


In den nächsten zehn Jahren wird die Nachführung und Aktualisierung der Höhenangaben voraussichtlich durch gängige und kostengünstige Messgeräte erfolgen, die auf globalen Referenzsystemen (GNSS) basieren.





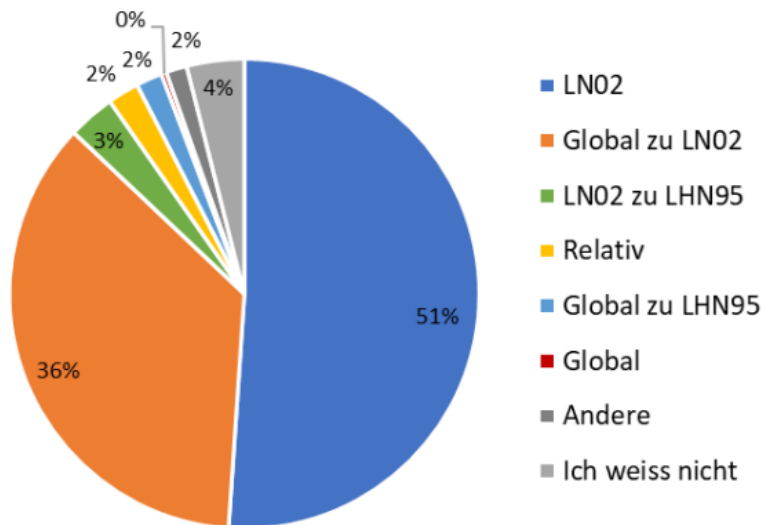
Umfrage – Sensibilisierung





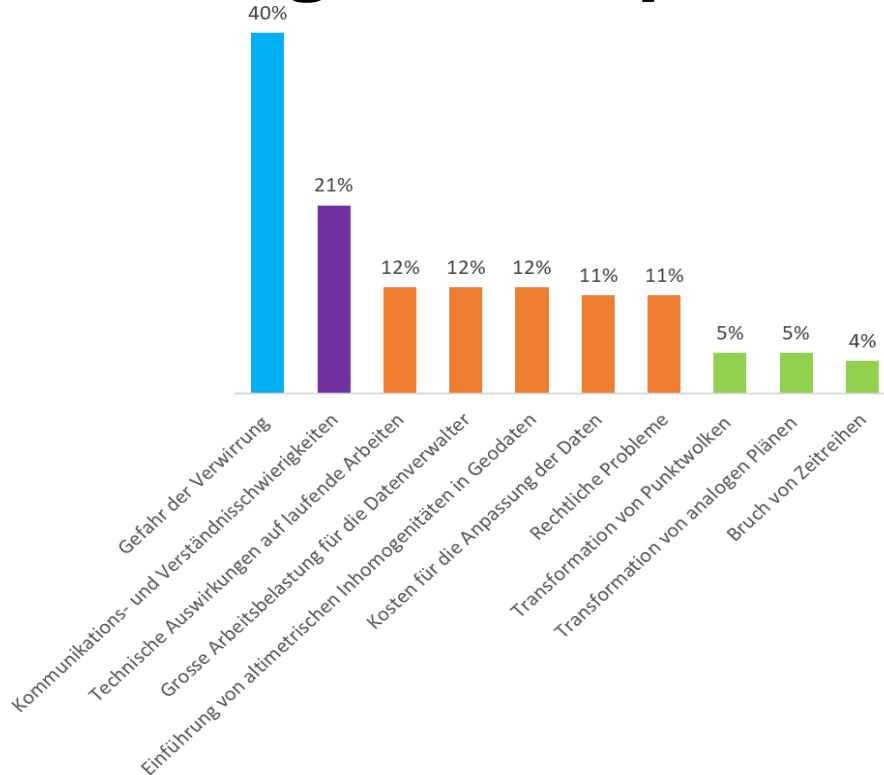
Umfrage – Bezugsrahmen

In welchem Bezugsrahmen werden die Daten ursprünglich erhoben?





Umfrage – Hauptherausforderungen



1

Gefahr der Verwirrung zwischen dem alten und dem neuen Höhensystem

2

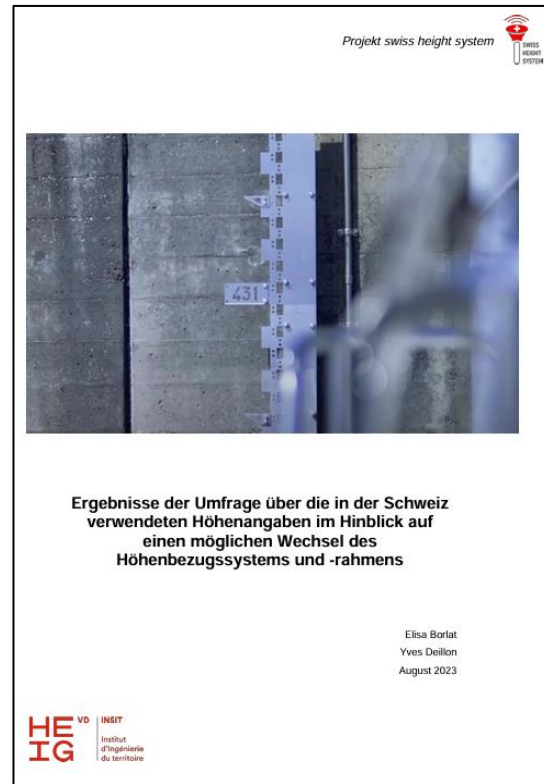
Geringe Kommunikation zwischen den Fachleuten und mangelndes Verständnis des neuen Höhensystems





Umfrage – Zusammenfassung

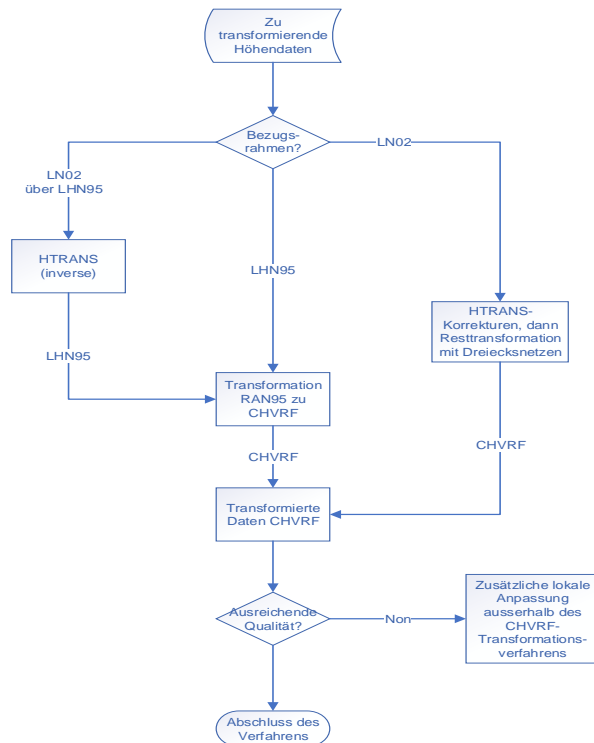
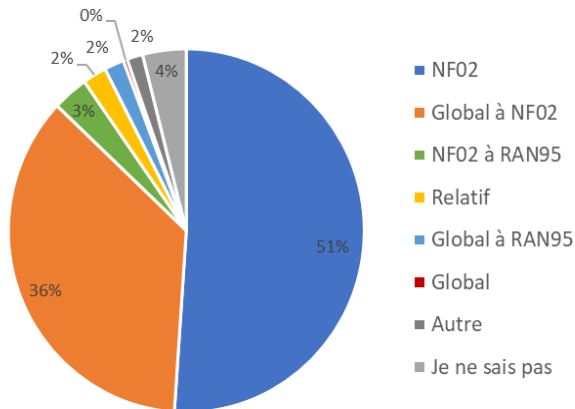
- Mehr als 90% der Höhendaten liegen **digital** vor
- Mehr als 90% liegen in **LN02** vor
- Ca. 40% der Daten werden mittels **GNSS** erhoben
- Die Top 2 Herausforderungen sind:
 - Verwechslungsgefahr
 - Kommunikations- und Verständnisschwierigkeiten





Transformationsszenarien

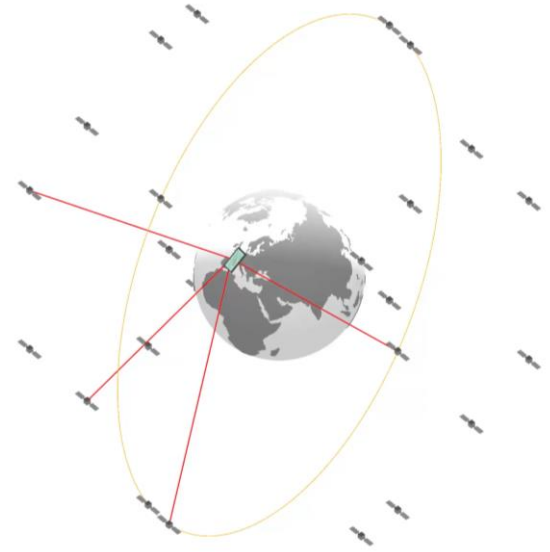
Ursprung der Höhe	Transformation
LN02, via LFP	Lokale Integration
LN02, via LHN95 und HTRANS	Inverses HTRANS
LHN95	Einfache Transformation





Potenzielle Risiken des Status quo

- Einführung eines Höhenreferenzsystems, das de facto von den globalen Positionierungsdiensten GNSS vorgeschrieben wird.
- Mangelnde Vorbereitung auf den Wechsel des Höhensystems.
- Risiko von Verwechslungen und langfristigen Fehlern zwischen dem offiziellen Schweizer Höhensystem und den Höhen aus den globalen GNSS-Positionierungsdiensten





Entwurf Systemdefinition

- Die Arbeitsgruppe empfiehlt Einführung von **Normalhöhen** und Berücksichtigung der **Kinematik**
- Swiss Vertical Reference System (CHVRS) und Swiss Vertical Reference Frame xxxx (CHVRFxxxx)
- Notationskonvention

1239.943 m CHVRF2022

- Unter offizieller Höhe versteht man eine Höhe innerhalb des offiziellen Bezugsrahmens und zur Referenzzeit des Bezugsrahmens.





CHVRS vs. LHN95

Unverändert

- Netz und Punkte
- Grundsätzlicher Berechnungsablauf

Aktualisierung / Anpassung

- Datenbestand (ergänzt mit den neusten Messungen)
- Definitionen (Anpassung an den Stand der Wissenschaft)
 - Normalhöhen statt orthometrischer Höhen
 - Kinematik neu für die Nutzer
- Software (neues Release, wurde laufend verbessert)





Warum Normalhöhen?

- Grösster Nachteil der orthometrischen Höhen:
Hypothese über die Dichte der Topografie nötig
- Lösung: Die moderne Theorie von Mikhail Sergeyevich Molodenskii (1909 - 1991), entwickelt 1945

«Der einzige Geodät, der den Nobelpreis verdient hätte»

$$h = H + N \quad \text{(klassisch)}$$

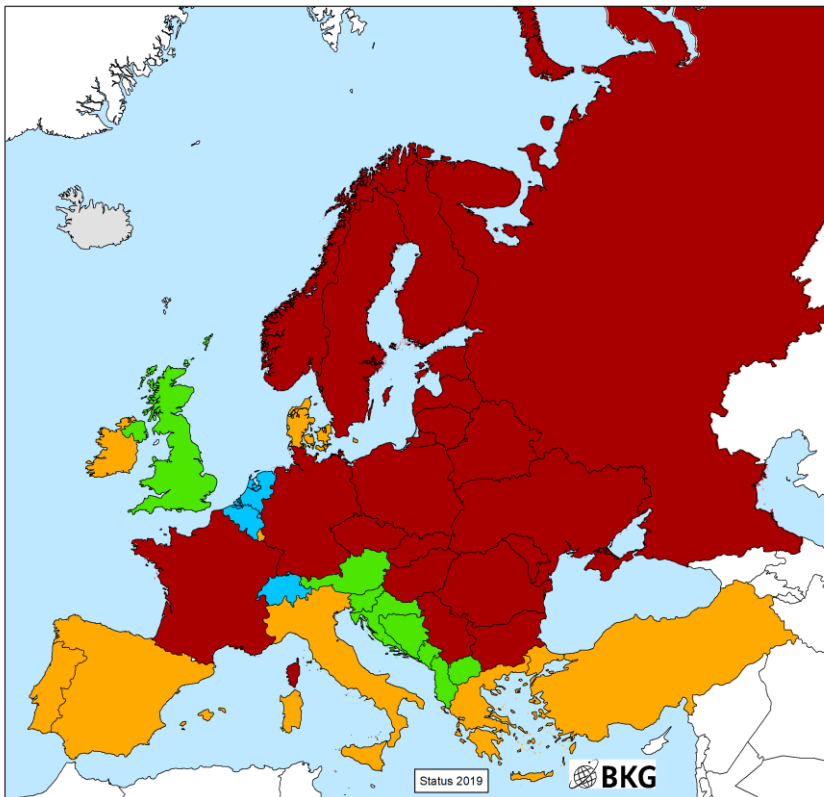
$$h = H^* + \zeta \quad \text{(nach Molodenskii)}$$

- Quasigeoid statt Geoid, Normalhöhe statt orthometrischer Höhe





Warum Normalhöhen?



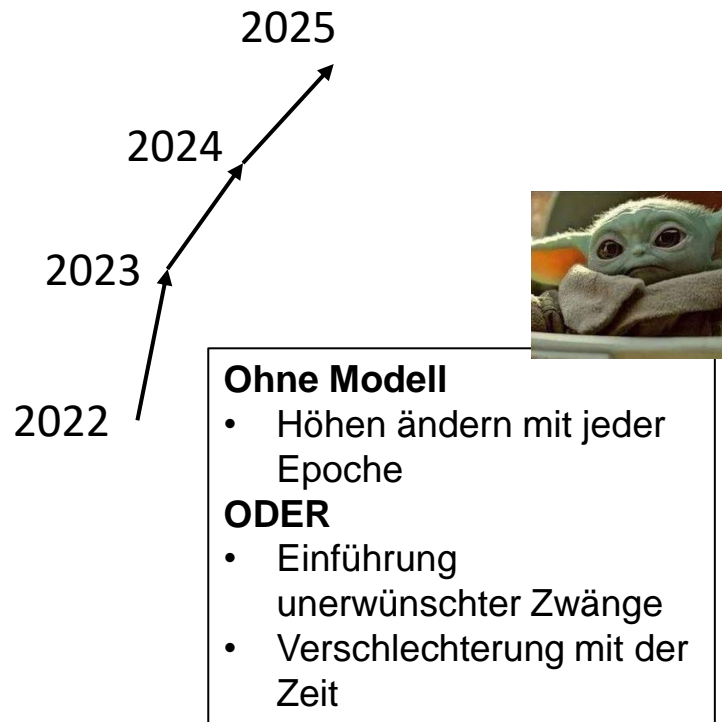
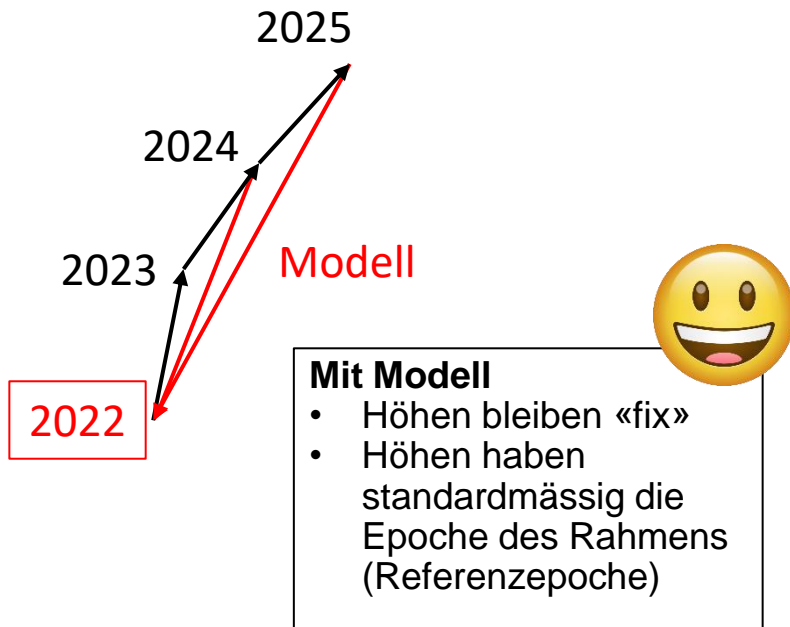
Kind of heights

- no leveling network
- uncorrected leveled heights
- normal heights
- orthometric heights
- normal-orthometric heights
- no information





Warum Kinematik?





Entwurf Roadmap



2024 – Technische Grundlagen / Tools

2025 – Erste Versuche in 1 – 2 Kantonen (PoC)

2026 – Analyse der Resultate

2027 – Entscheid Geschäftsleitung swisstopo

Einführung

Ab 2028, mit der Strategieperiode 2028 – 2031 der amtlichen Vermessung





«Governance»

Ausgangslage

- Das NGDI-Anschubprojekt an der HEIG-VD endet Mitte 2024

Empfehlung zum weiteren Vorgehen

- Lancierung eines P-Projektes bei swisstopo
 - Projektoberleitung (POL) mit Vertretungen aus der GKG, den Kantonen und swisstopo
 - Eventuell Einsatz eines Begleitgremiums mit weiteren Vertretungen (Gemeinden, SBB)

