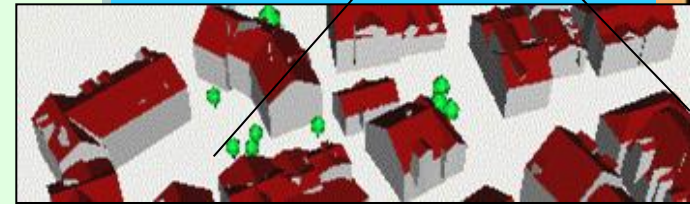
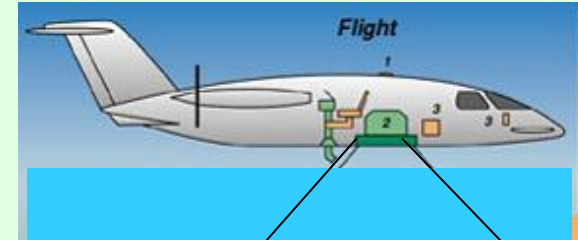
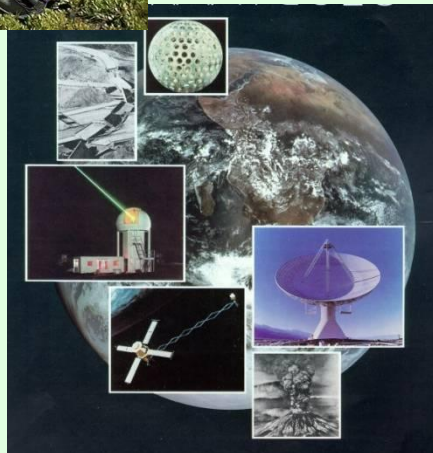


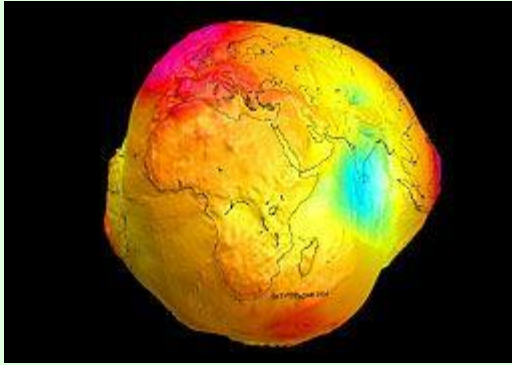
# Die Geodäsie im 21. Jahrhundert

Die Wirkung der technischen Fortschritte der letzten 50 Jahre auf eine traditionelle Disziplin

Alessandro Carosio  
2014

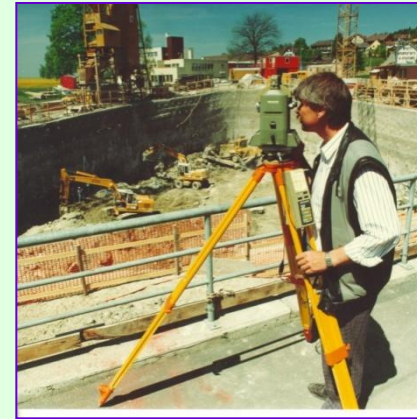


# Aufgaben der geodätischen Disziplinen



Bestimmung der Form der Erde

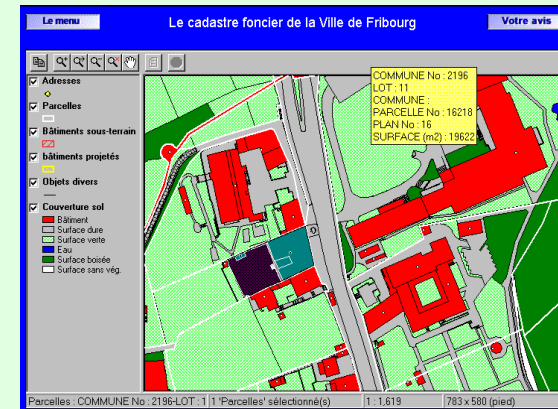
Positionierung



Beschreibung der Erde



Zuteilung des Bodens



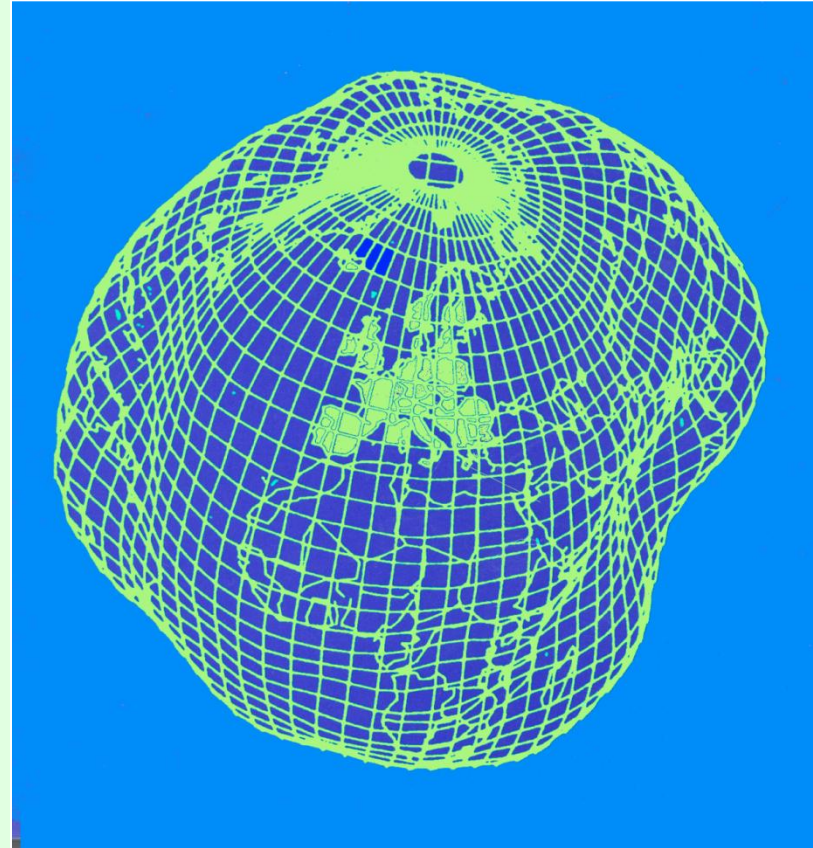
# Aufgaben der geodätischen Disziplinen

## Auf globaler Ebene

Bestimmung der Form der Erde

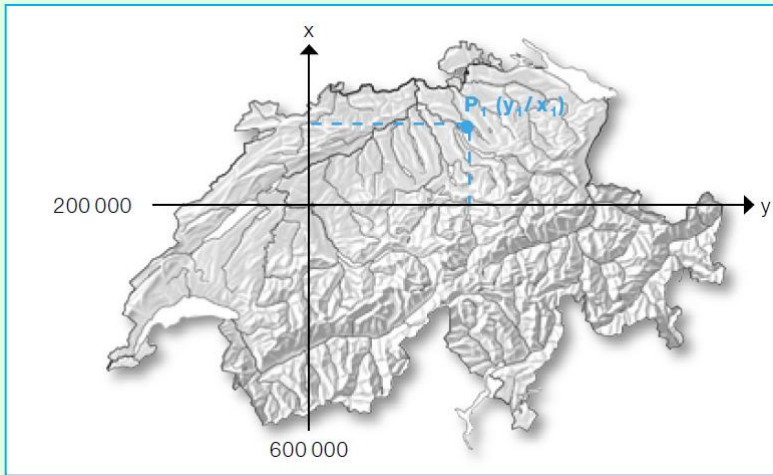
Lage der Kontinente

Lageänderungen auf der  
Erdoberfläche



# Aufgaben der geodätischen Disziplinen

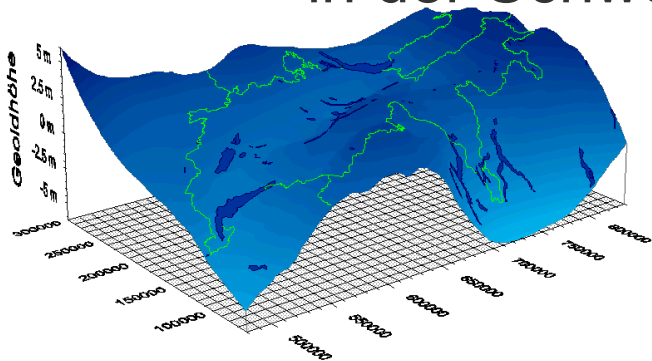
## Auf nationaler Ebene



Festlegung und Unterhalt der Landesgrenzen

Die nationalen Koordinatensysteme

## Das Geoid in der Schweiz

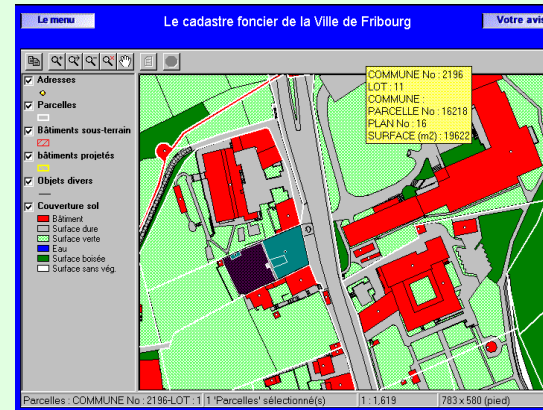


Die nationale Kartografie und die Geodaten

# Aufgaben der geodätischen Disziplinen

## Auf lokaler Ebene

Die Katastersysteme



Die Ingenieurgeodäsie  
Genaue Geometrie für die Projekte  
und auf der Baustelle



Diese Aufgaben sind über Jahrhunderte weitgehend gleich geblieben.

Verfahren, Lösungsansätze, Instrumente usw. wurden hingegen vom wissenschaftlichen Fortschritt mehrmals grundsätzlich verändert

# Messverfahren der Landesvermessung im 19. Jahrhundert

Winkelmessung (hohe Genauigkeit, Aufwand vertretbar)



Universal-Theodolit «Ertel», 1863

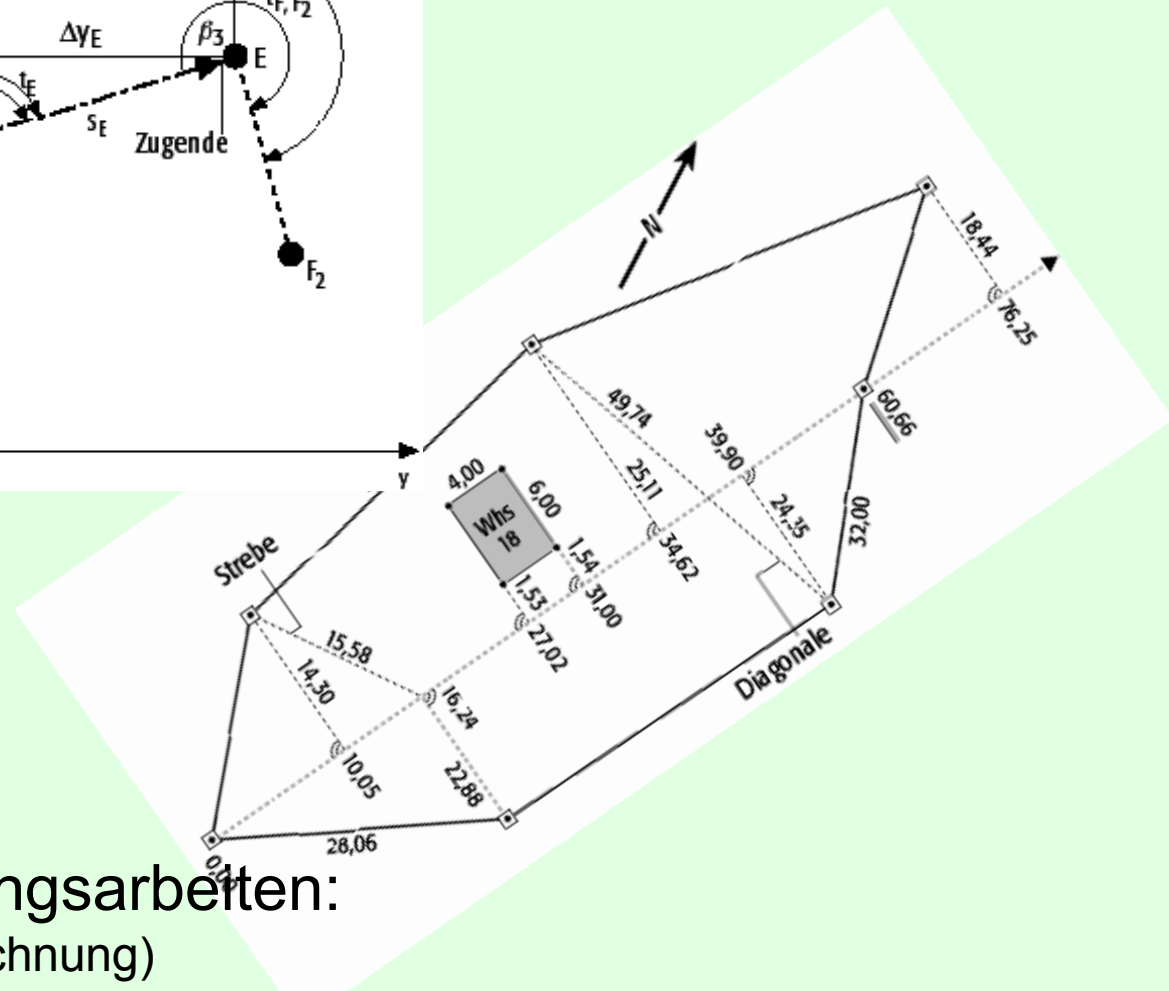
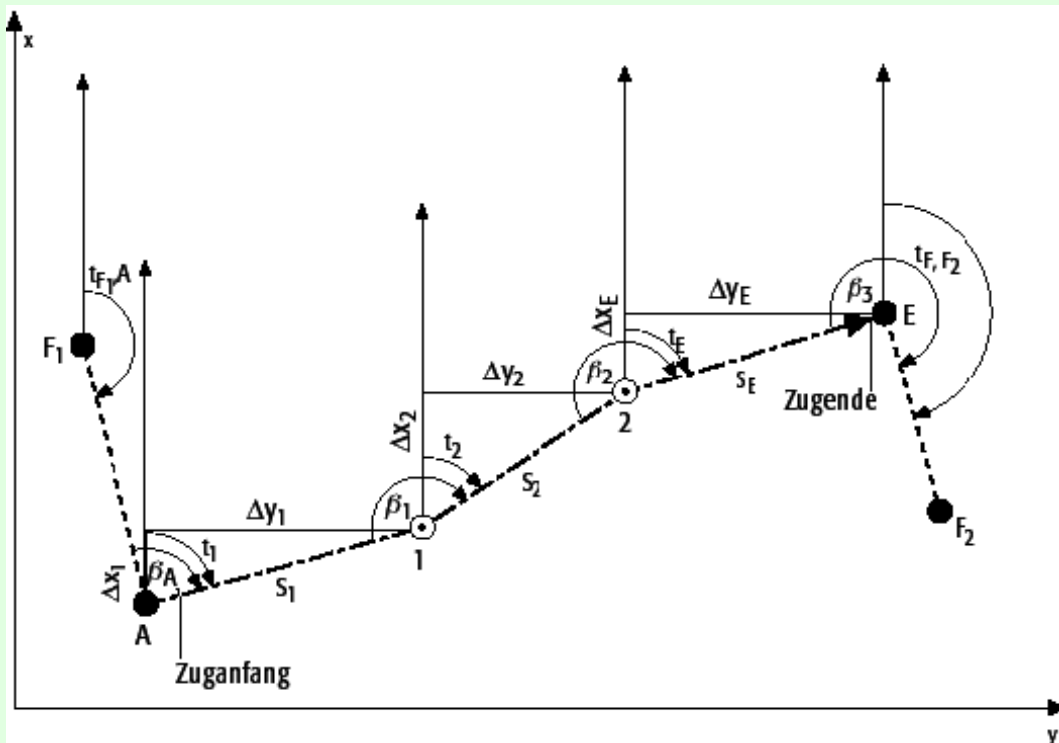


Kern 1867

Distanzmessung (lange Strecken mit hoher Genauigkeit, Aufwand sehr gross, kurze Strecken <100m machbar mit Messband oder Messlatten )



Basismessung in Aarberg  
1880 (General Ibañez)



Für lokale Vermessungsarbeiten:

Polygonzug (einfache Berechnung)

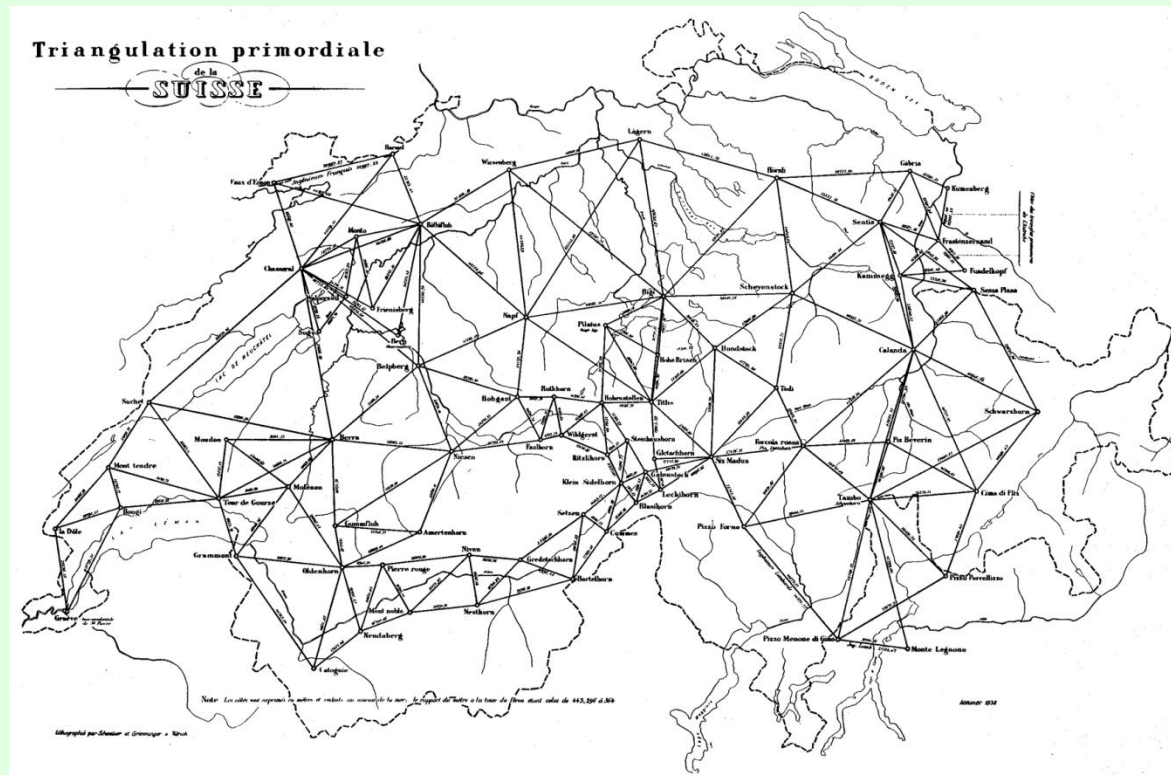
und Orthogonalaufnahme (ohne Berechnung der Koordinaten)



# Auf nationaler Ebene: Triangulation

## Erstes genaues gesamtschweizerisches Referenzsystem

Der Astronom und Geodät Johannes Eschmann verband zwischen 1834 und 1837 verschiedene bereits vorliegende kantonale Netze zur «Triangulation primordiale». Basen (Grosses Moos, Sihlfeld)  
Voraussetzung für die Dufourkarte (1845-1865)

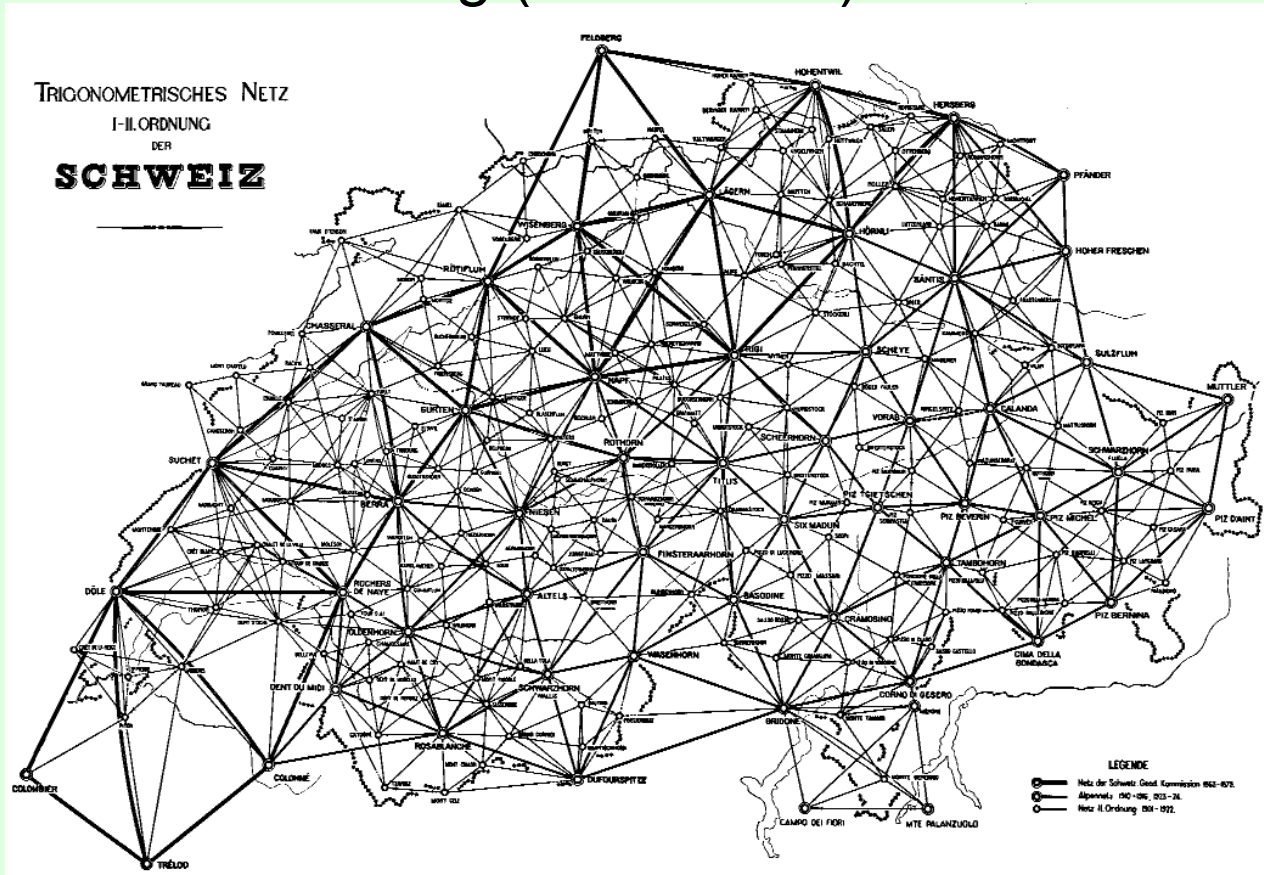


# Referenzsystem 1903

**Basismessungen** Aarberg (Hauptbasis),  
Weinfelden und Bellinzona (Kontrollbasen).

## Trigonometrische Messungen:

- Netze 1. Ordnung (1862-1915)
- Hauptnetze über die Alpen (1909-1916)
- Netze 2. und 3. Ordnung (1910-1927)



# Hauptziel der Entwicklung und der Forschung bis in die 50er Jahre

- Entwicklung von Winkelmessinstrumenten mit schnellerer Bedienung
- Automatisierung von Berechnungen in den Messinstrumenten mit optisch-mechanischen Lösungen (Fotogrammetrie, reduzierende Tachimeter usw.)



Z.B. Wild T2  
ab 1926



Z.B. Kern DKR  
ab 1939

Aber auch:

- Arbeitslösungen mit möglichst geringem Rechenaufwand finden

# **In den 60-Jahre beginnt eine gewaltige Veränderung der Geodäsie**

- Entwicklungen in der Messtechnik (Instrumente, Sensoren, Systeme)
- Neue Möglichkeiten in den Berechnungsmethoden (Rechenanlagen, neue Entwicklung in der Theorie)
- Verwaltung, Präsentation und Transfer der Geodaten

# In den 60-Jahren beginnt eine gewaltige Veränderung der Geodäsie

- Entwicklungen in der Messtechnik (Instrumente, Sensoren, Systeme)
- Neue Möglichkeiten in den Berechnungsmethoden (Rechenanlagen, neue Entwicklung in der Theorie)
- Verwaltung, Präsentation und Transfer der Geodaten

# Man kennt Spitzenprodukte der schweizerischen Industrie

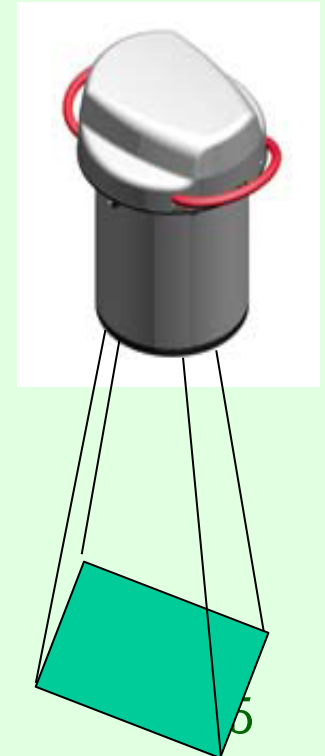
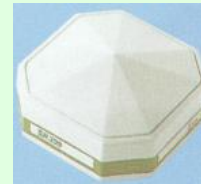


Schokolade, Uhren, Arzneimittel aber auch .....

# Man kennt Spitzenprodukte der schweizerischen Industrie

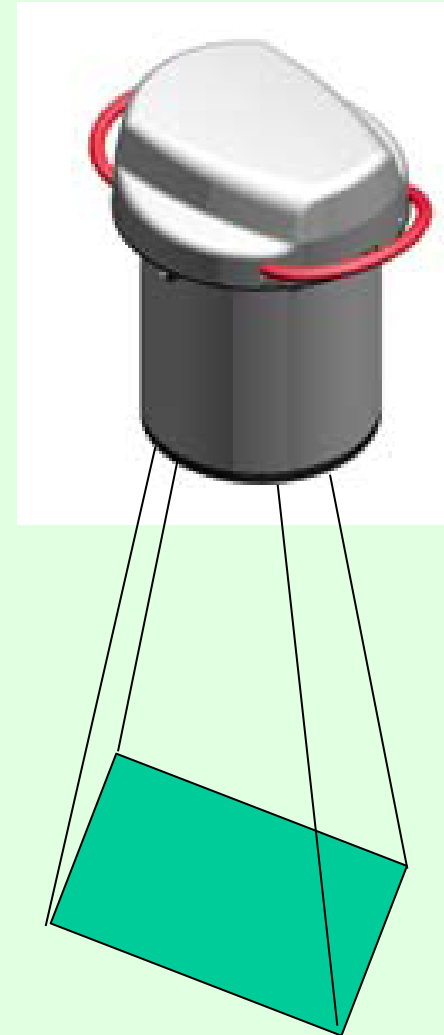


Schokolade, Uhren, Arzneimittel aber auch Geodätische Instrumente



# Geodätische Instrumente

Die schweizerische Industrie ist weltweit an der Spitze.  
Seit einem Jahrhundert bedeuten schweizerische Instrumente  
höchste Qualität und Präzision





# Die direkte Distanzmessung für grössere Entfernungen wird endlich möglich.

## Mikrowellen Distanzmesser:

- Tellurometer (Südafrika 1959)
- Wild Di 50 1963 (Reichweite 100 km, Genauigkeit ca.  $2 \text{ cm} + 10^{-5} * D$ )



*Studenten der ETH arbeiten mit dem Wild Di 50 im Berner Oberland 1967*

## Laser Distanzmesser (mit sichtbarem Licht):

- z.B AGA Geodimeter Model 8 (ca. 1969) für lange Strecken (Reichweite 60 km, Genauigkeit ca.  $1 \text{ cm} + 10^{-6} * D$ )



**Erneuerung der  
Triangulation in  
der Westschweiz**

Bundesamt für  
Landestopografie  
1976

**Messungen mit dem Geodimeter 8 der ETH  
auf dem Mont Suchet**

Bundesamt für Landestopografie 1976



## EDM (Wild DI 10)

**Catalogue number:**  
2001.0132

**Inscriptions:**  
"WILD HEERBRUGG Sercel" and "DISTOMAT DI 10"

**Dimensions:**  
control unit 16.5 inches high, 12.5 inches wide, 7 inches deep; aiming head 6.15 inches high, 7 inches wide, 6 inches deep

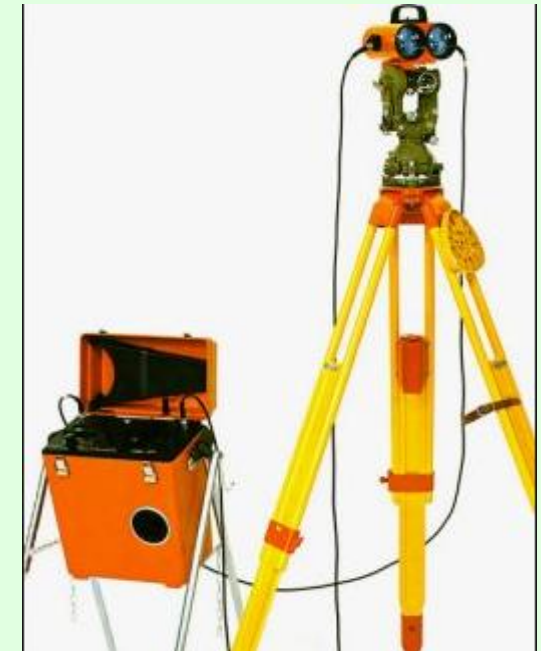
**Discussion:**  
The Wild DI 10 Distomat, one of the first infrared EDMs on the market, used a gallium-arsenide light-emitting diode, and had a digital readout. Wild began experimenting with gallium-arsenide diodes in 1963. These diodes used very little power, and their infrared radiation could be directly modulated in intensity. In 1965, Wild began a collaboration with the Société d'Études, Recherches et Constructions Electroniques (SERCEL) in Nantes, which was working on the same problem. By the end of 1966, they had a prototype that could measure 912 meters in misty weather. The first production models arrived in the United States in October 1969. The DI 10 was small (17.7 kg plus batteries) and convenient, and could "span 1 to 1000 meters perfectly (with 1 cm accuracy)." It could be ordered with, or retrofitted to, any Wild T-2 theodolite, or used as a separate measuring system with the tilting base. New, it cost \$6,850. By February 1971 there were more than 1,000 units in service; by June 1973 this number had increased to nearly 2,000. The DI 10 at the Smithsonian belonged to surveyors in Tennessee, who bought it new in 1971. The case for the control unit is marked "11729." The aiming head is marked "WILD HEERBRUGG Made in Switzerland 51729."

Ref: Wild, *Infra-red Distancer Wild DI 10 Distomat Instructions for Use.*



## Distanzmesser (mit infrarot LED):

- z.B Wild Di 10 (ca. 1969) für kurze Strecken und mit relativ leichter Handhabung  
Reichweite 1 km, Genauigkeit 1 cm



# Die Messinstrumente werden elektronisch gesteuert

Richtungsmessung und Distanzmessung mit dem gleichen Gerät

Später mit Servomotoren, Zielerkennung, Videokamera usw.



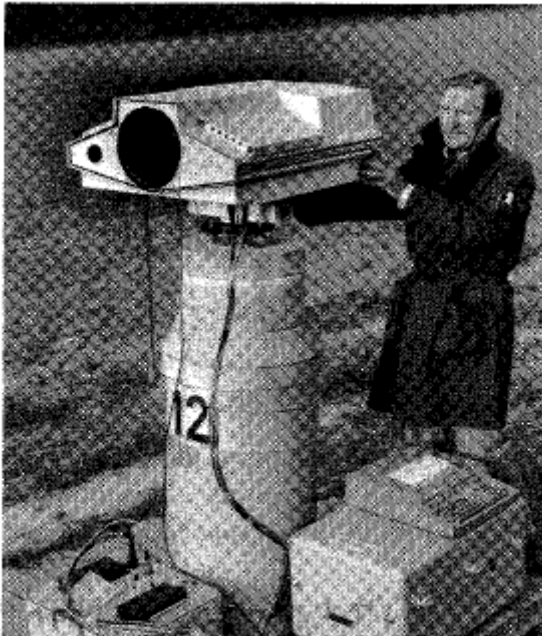
Kern E2 1984



Wild TC2000 1983



Leica Nova TS50 2013



# Genauigkeit $10^{-7} * D$

Möglich aber sie kam zu spät

1984

## 2.5.6 Mehrfarben-Distanzmesser Terrameter LDM 2

Nachdem bereits im Jahre 1969 ein Prototyp eines Zweifarben-Distanzmessgeräts konstruiert worden war, vergingen noch einige Jahre bis die Firma Terratechnology (USA) zu Beginn der Achtzigerjahre ein entsprechendes Gerät in kleiner Serie produzierte und auf den Markt brachte [Hugget, 1981; Gervaise, 1984 I].

Das Terrameter misst den Effekt der troposphärischen Refraktion entlang dem Messstrahl durch die simultane Distanzmessung mit zwei verschiedenen optischen Wellenlängen. Die eine Träger-Lichtwelle liegt im roten (HeNe Laser;  $\lambda = 632.8 \text{ nm}$ ) und die andere im blauen (HeCd Laser;  $\lambda = 441.6 \text{ nm}$ ) Bereich des sichtbaren Lichtspektrums. Aus der Differenz der beiden optischen Weglängen berechnet der Mikro-Computer im Instrument die Korrektionswerte der Refraktion sowie die troposphärisch reduzierte Distanz.

# Das GPS Zeitalter (80er Jahre bis heute)

Der erste GPS-Satellit wurde 1978 in eine Umlaufbahn geschossen. Im Dezember 1993 wurde die anfängliche Funktionsbereitschaft erreicht (24 Satelliten im Einsatz).

Die volle Funktionsbereitschaft wurde im April 1995 erreicht.



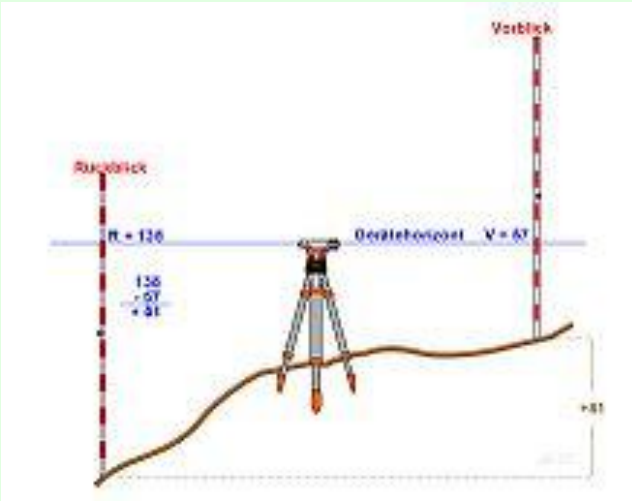


Mit GPS wurde möglich:

- Navigation mit 10-20m Genauigkeit
- Lokale Positionierung mit relativer Genauigkeit von 1 cm
- Nationale Koordinatensysteme mit cm-Genauigkeit
- Höhenbestimmung im lokalen Bereich mit 2-3 cm-Genauigkeit
- Lokale Präzisionspositionierung mit mm-Genauigkeit



# Die genauesten Höhen sind weiterhin mit Nivellementen zu bestimmen



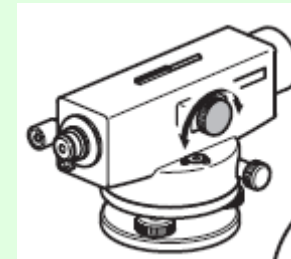
1965



Leica NA2000  
1990



Leica DNA03 2002





# Fotogrammetrie



Swisstopo1924 -27



Wild RC8 1956 - 72



Wild RC30 1992 - ?



Leica ADS40 - 2001

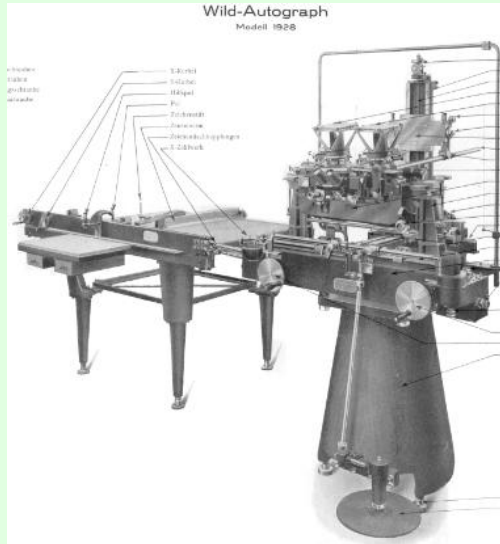


Leica ADS80 - 2011



Leica ALS70  
Airborne Laser Scanner

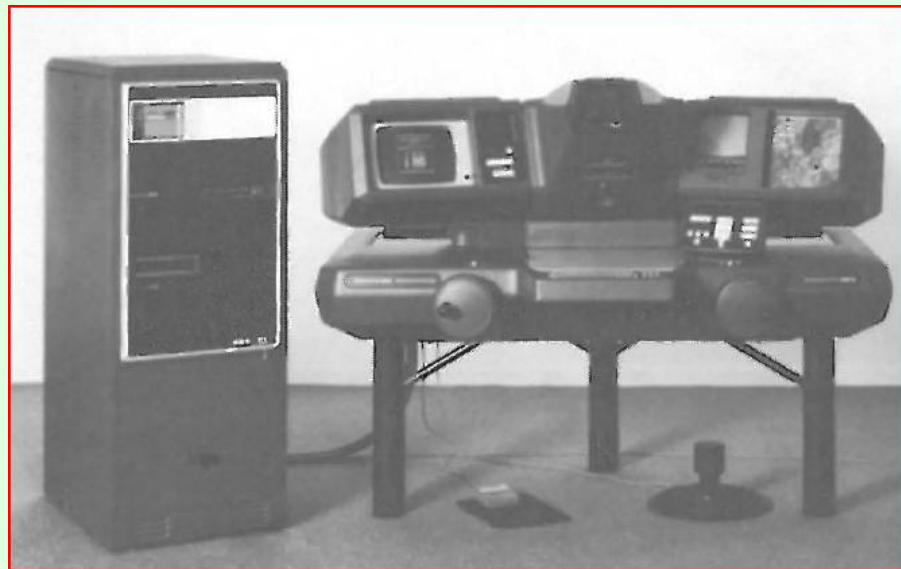
# Fotogrammetrie



Wild A2 1926- 1941



Wild A8 1952- 1980



Wild Aviolit AC1 1980 - 87



Voll digitale Lösungen  
Ab ca. 1990

# Kreiseltheodolite



Wild GAK1 ca 1965  
 $\sigma = 30''$



Gyromat 2000 – ca 1990  
 $\sigma = 3''$



## Terrestrisches Laserscanning Ab 2000

# In den 60-Jahre beginnt eine gewaltige Veränderung der Geodäsie

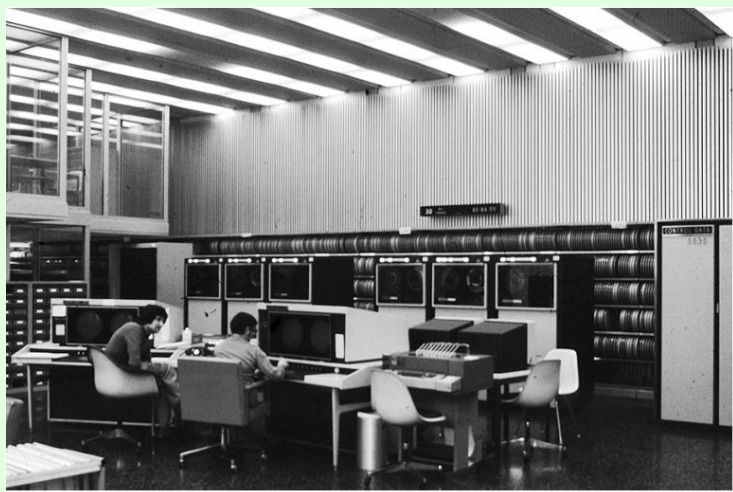
- Entwicklungen in der Messtechnik (Instrumente, Sensoren, Systeme)
- **Neue Möglichkeiten in den Berechnungsmethoden (Rechenanlagen, neue Entwicklungen in der Theorie)**
- Verwaltung, Präsentation und Transfer der Geodaten



CDC 1604A (an der ETH 1964)

## Anwendungen in der Geodäsie Ab Ende 60er Jahren

- Ausgleichsrechnung  
„beliebig grosse“ Netze
- Koordinatentransformationen
- Datenanalyse
- Automatische Zeichnungen
- usw.



CDC 6400/6500A  
(an der ETH 1970)

Möglich in grossen  
Rechenzentren (ev. mit  
Postsendung der Lochkarten)

# Die Informatikausbildung wird breit gefördert

A. CAROSIO VIII

Studienjahr 19 <u>67</u> / 19 <u>68</u> 6 Semester		Bezeichnung der Fächer Blockschrift - Reihenfolge der Fächer nach Programm		Testat		Schlußtestat	
Progr.-Nr.		Datum Monat Tag	Unterschrift	Datum Jahr Monat Tag	Unterschrift		
701	Photogrammetrie III		Karner	68 7 1	Karner		
748	E. in die höhere Geodäsie II	30. APR. 1968	Kobold	68 7 8	Kobold		
1375	Plan u. Durchf. Kuli. Umform. mit K	23. 4. 68	Heinmann	68 7 9	Heinmann		
1373	V in Güte, Reibeg. u. Wald Zusammenleg II						
1398	LANDESPLANUNG		Torler				
592	KANALISATIONEN II						
1117	HOLZBAU + HÖLZERNE BRÜCKE	25. APR. 1968	Schwend	11. 7. 68	Schwend		
1114	MASSIVE BRÜCKEN			8. 7. 68	Schwend		
467	KULTURTECHNISCHE WASSERBAU II	3. MAI	Schwend				
468	U						
474	BODENPHYSIK P + AGR. U						
1448	BAUMASCHINEN II	1. April 1968					
805	EINSATZ VON RECHENANLAGEN	24. APR. 1968	P. Ländli		P. Ländli		
806	U				P. Ländli		
661	SOZIALVERSICHERUNGSRECHT						
664	TOTALREV BUNDESVERFASSUNG						
	Kontrolliert Rektorat						



Olivetti Divisumma (1956)

## Anwendungen in den Vermessungsbüros

- Einfache geometrische Berechnungen, usw. (bis ca. 1965-1970) :
- Rechenschieber
- Trigonometrische Tafeln



Olivetti Programma 101 (1965)

## Ab 1965 erste programmierbare Rechner

- Übliche Algorithmen werden programmiert
- Neue Messverfahren werden schneller eingesetzt.
- Usw.

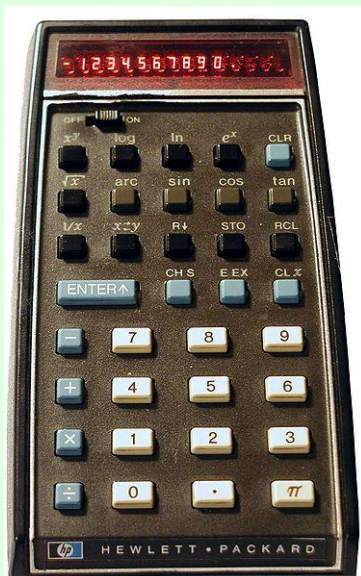




Curta 1948

## Anwendungen in der Feldarbeit

- Einfache Berechnungen
- Studentenübungen der ETH
- usw.



HP 35 (1972)

## Anwendungen in der Feldarbeit

- Berechnungen im Feld
- Mit trigonometrischen Funktionen!!!
- usw.

# Anwendungen in den Vermessungsbüros

Ende der 70er Jahre können mittlere Betriebe sich leistungsfähige Rechner leisten



Der PRIME 400 des Bundesamtes für Landestopografie 1978 34

# Konsequenzen

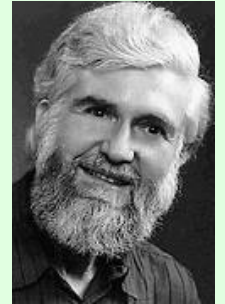
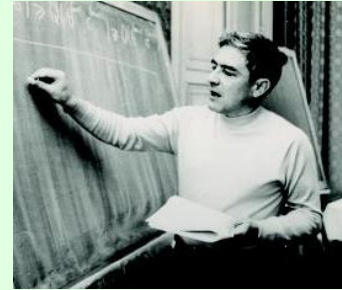
- Bestehende theoretische Kenntnisse werden Verfahren im täglichen Gebrauch
- Die Arbeitsverfahren werden schnell an die neuen Messmöglichkeiten angepasst
- Die Datenflüsse werden automatisiert
- Ab den 80er Jahren bekommt die Verwaltung der Daten mit Informatikmitteln immer grössere Bedeutung

## **Die wissenschaftliche Entwicklung ist für die Praxis von direkter Bedeutung**

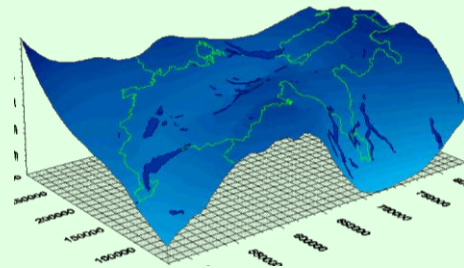
- Man braucht automatisierte Methoden, um Computerresultate zu analysieren .
- Modelle für den Einsatz der neuen Messgeräten sind notwendig
- Die neuen Erkenntnisse der theoretischen Geodäsie sind plötzlich unentbehrliche Bestandteile der Ingenieurarbeit

# Beispiele

- Die Zuverlässigkeitstheorie (Baarda 1968) ermöglicht die numerische Überprüfung der geplanten Vermessungsarbeiten im Hinblick auf die Aufdeckung von Modellfehlern
- Die robuste Statistik (P. Huber, F. Hampel usw.) beschleunigt die Auswertungen in der geodätischen Praxis

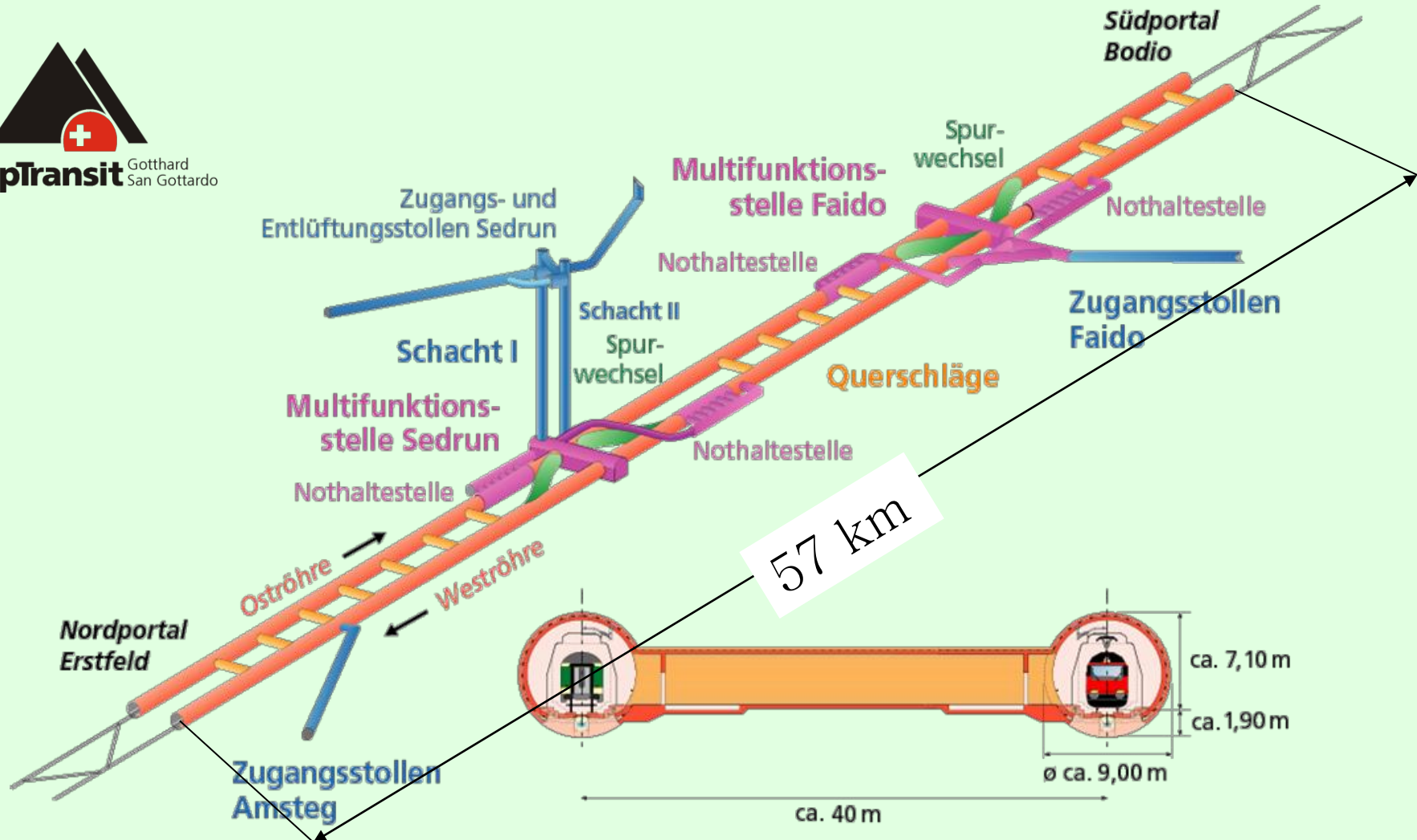


- Das Geoidmodell der Schweiz (Kobold, Schürer, Kahle).

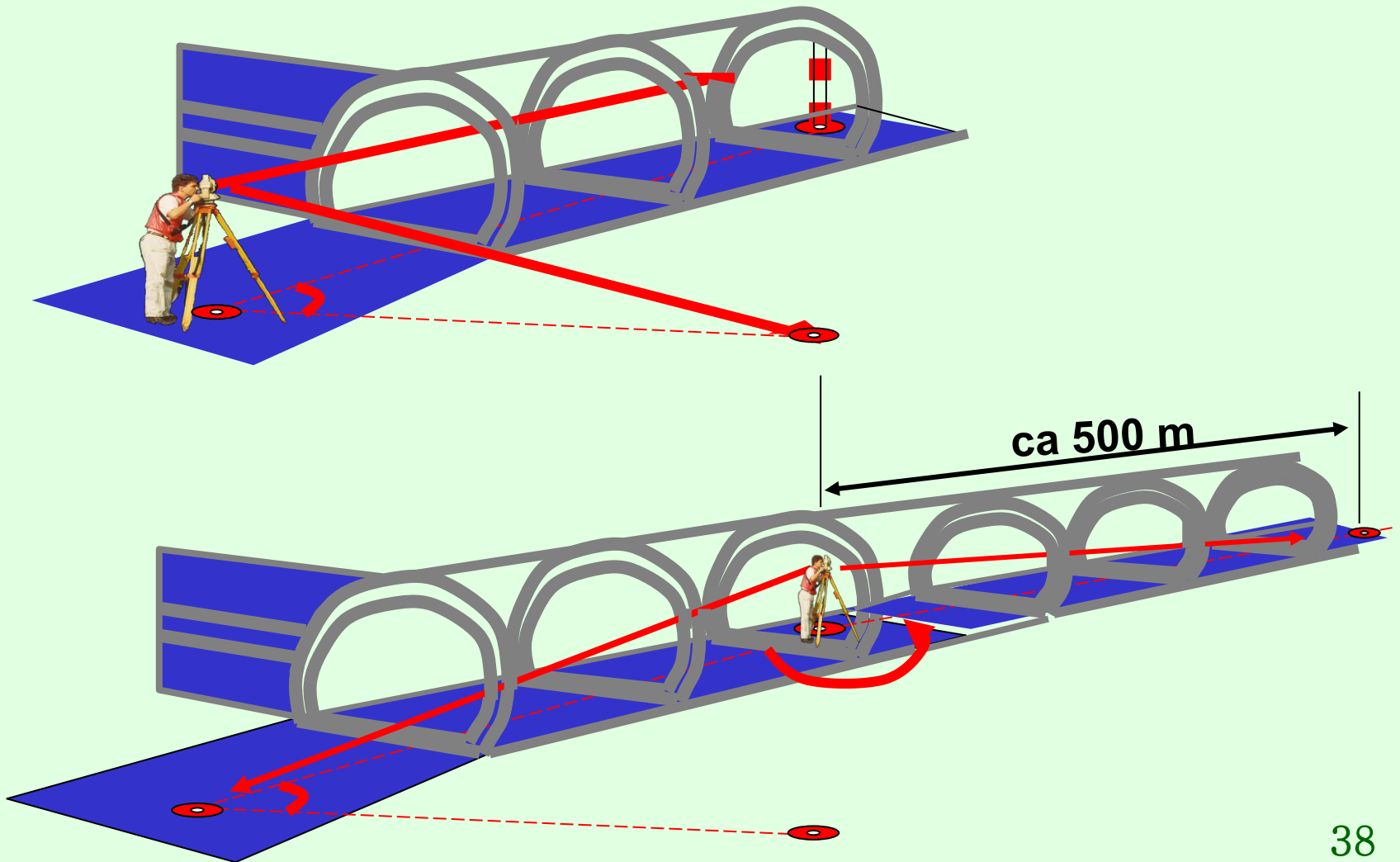


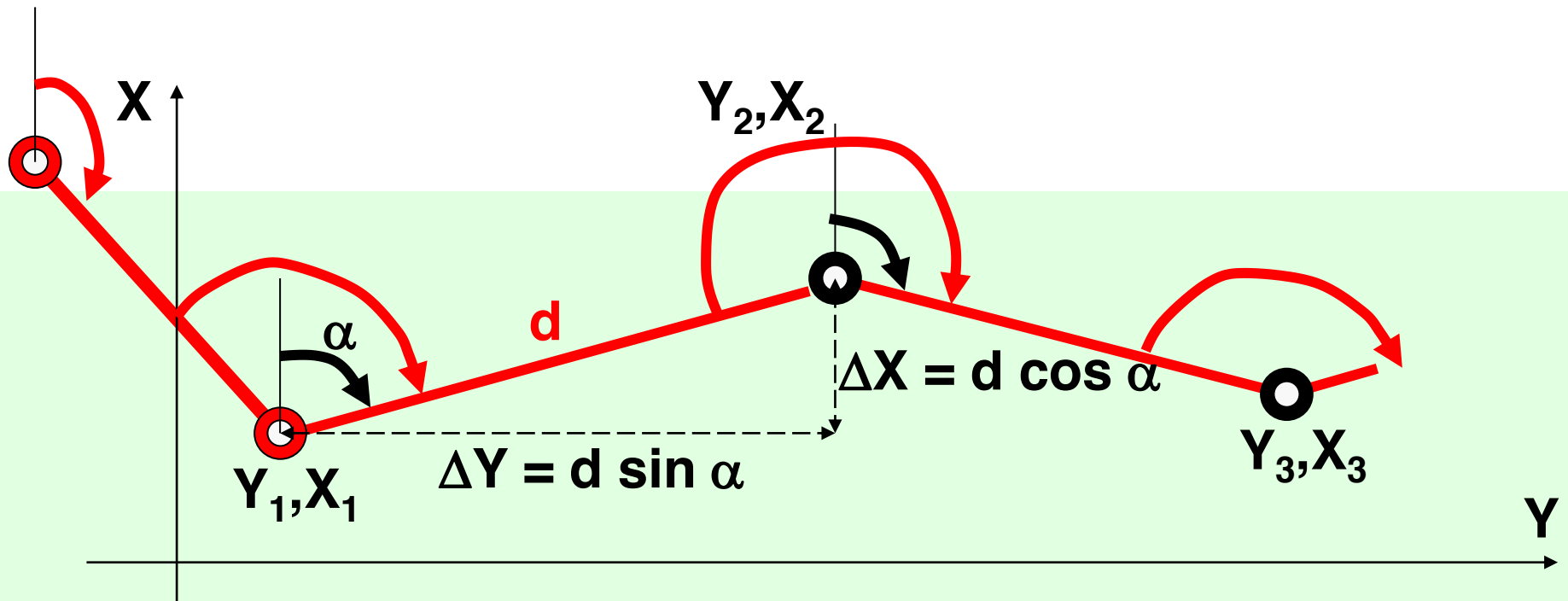
- Die ETH spielte dabei eine wichtige Rolle im wissenschaftlichen Fortschritt und in der Vermittlung des Wissens an die Praxis

# Praktische Konsequenzen am Beispiel des Gotthardbasistunnel



# Die klassische Lösung





Ab 10 km ist die Orientierung zu wenig genau

Kreiseltheodolite sind die einzige Möglichkeit , um sich unter der Erde zu orientieren, wenn man keine Sicht nach aussen hat.

Genauigkeit  $\sigma = 3''$

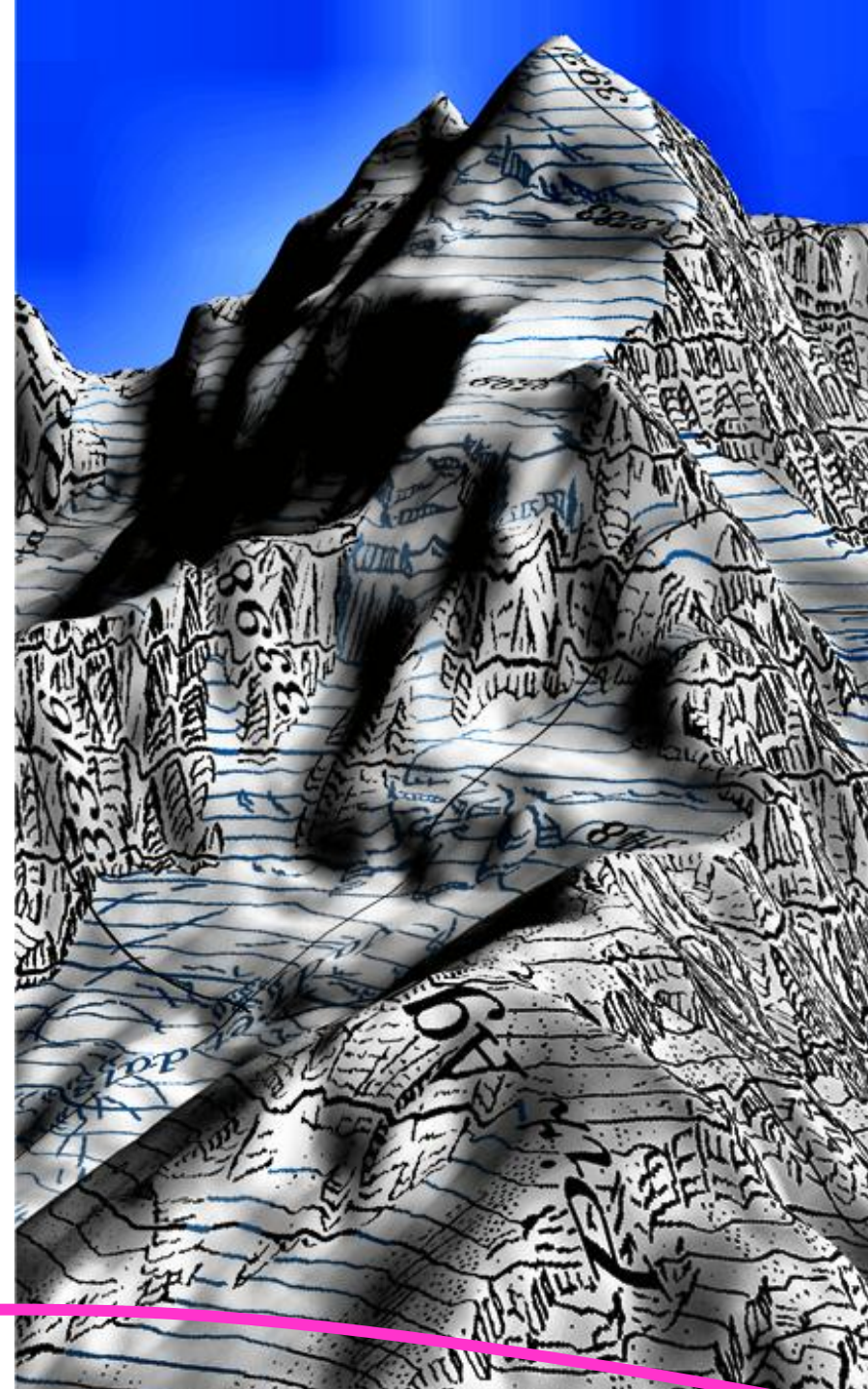




Nicht vernachlässigbare  
Einflüsse

## Die Lotabweichung

Die Lotabweichung erreicht im  
Alpengebiet 5"-10" mit  
Extremwerten über 30".

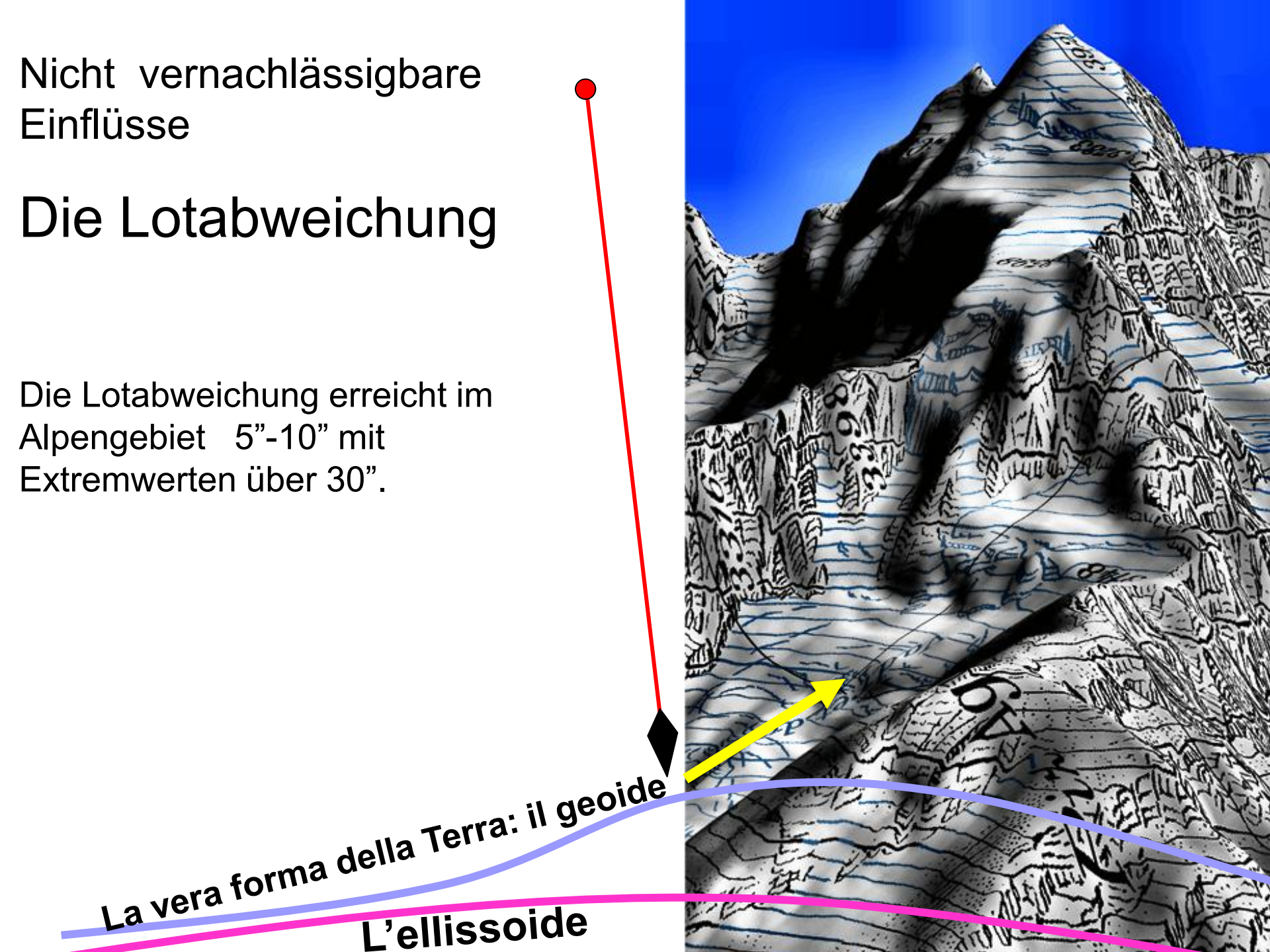


L'ellissoide

Nicht vernachlässigbare  
Einflüsse

## Die Lotabweichung

Die Lotabweichung erreicht im  
Alpengebiet 5"-10" mit  
Extremwerten über 30".



La vera forma della Terra: il geoide

L'ellissoide

Die Ost-West-Komponente der Lotabweichung  $\eta$  verfälscht die Nordrichtung des Kreisels theodolits um :

$$\Delta Az = \eta \cdot \text{tg}(\varphi)$$

$\varphi$  = Geogr. Breite (Schweiz  $\sim 46^\circ$ )

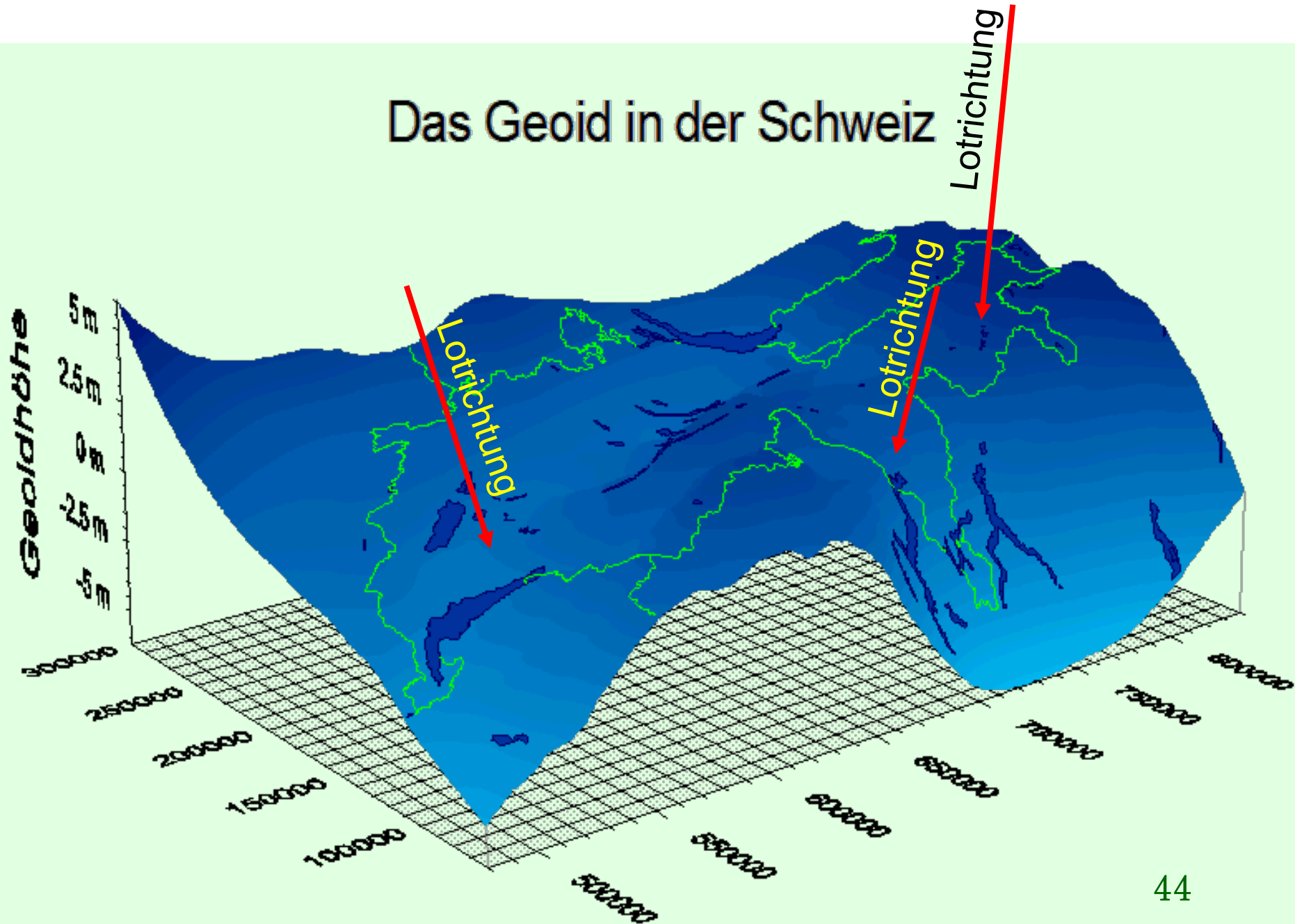
$\eta$  = E-W-Komponente der Lotabweichung

Genauigkeit des Gyromats 2000  $\sigma = 3''$ .

Der Einfluss der Lotabweichung kann auch  $30''$  erreichen.



# Das Geoid in der Schweiz



## 6. September 2006



### Erster Durchschlag zwischen Bodio und Faido

Nach 13.5 km und vier Jahre  
nach dem Start in Bodio  
erreichte die erste  
Tunnelbohrmaschine die  
Multifunktionsstelle Faido

Horizontalfehler 9 cm  
Vertikalfehler 2 cm

# Die Durchschlagsfehler am Gotthardbasistunnel Eine ausgezeichnete Arbeit!



			Lunghezza totale [km]	scarto trasversale [mm]	scarto longitudinale [mm]	scarto altimetrico [mm]
<b>22.08.2006</b>	<b>Bodio</b>	<b>Faido</b>	<b>19.8</b>	<b>92</b>	<b>12</b>	<b>17</b>
<b>14.10.2007</b>	<b>Amsteg</b>	<b>Sedrun</b>	<b>17.3</b>	<b>137</b>	<b>21</b>	<b>3</b>
<b>16.06.2009</b>	<b>Erstfeld</b>	<b>Amsteg</b>	<b>10.1</b>	<b>14</b>	<b>33</b>	<b>5</b>
<b>10.10.2010</b>	<b>Sedrun</b>	<b>Faido</b>	<b>23.4</b>	<b>81</b>	<b>136</b>	<b>11</b>

Datum	Vortrieb	Länge [km]	quer [cm]	längs [cm]	hoch [cm]
28.02.1880	Gotthard-Bahntunnel	15.0	33	710	7
24.05.1905	Simplontunnel	19.8	20	< 200	9
31.03.1911	Lötschbergtunnel	14.6	26	41	10
01.12.1990	Eurotunnel	37.9	36	7	6
28.04.2005	Lötschberg-Basistunnel	34.6			
	Mitholz-Ferden	20.9	13	10	0
	<b>Gotthard-Basistunnel</b>	<b>57.0</b>			
22.08.2006	Faido–Bodio	19.8	9	1	2
14.10.2007	Amsteg–Sedrun	17.3	14	2	0
16.06.2009	Erstfeld–Amsteg	10.1	1	3	0
15.10.2010	Sedrun–Faido	23.4	8	14	1

Tab. 4: Durchschlagsergebnisse der grossen Alpendurchstiche und im Eurotunnel.

# Landesvermessung



## Vermessungsgrundlagen für unser Land

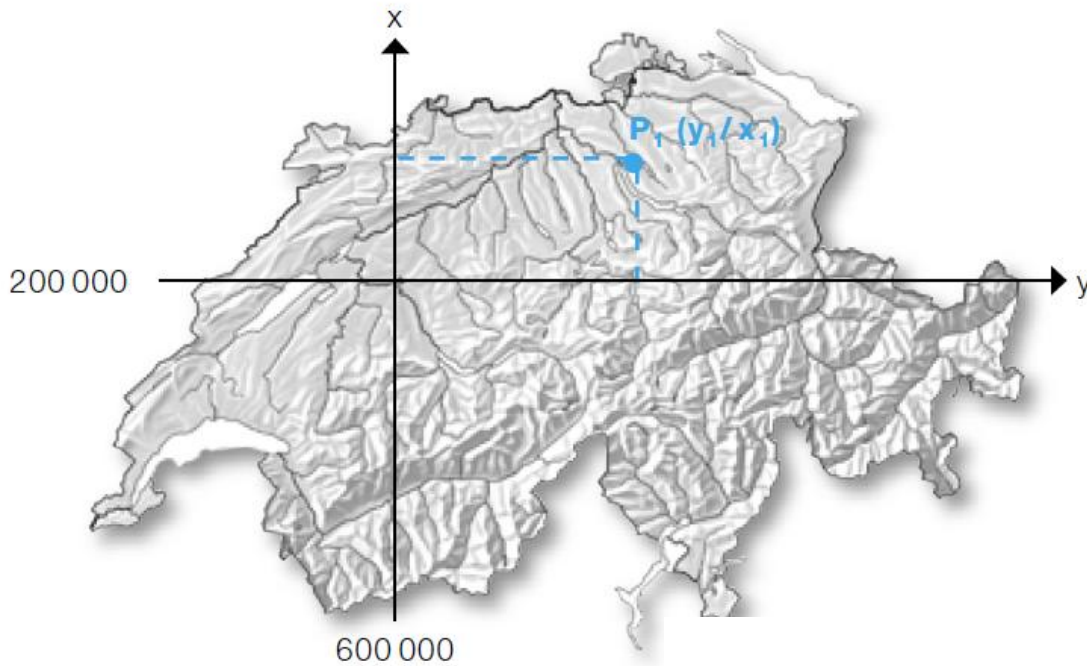


Moderne Netze aus Satellitenbeobachtungen

Bestehende terrestrisch beobachtete Netze







## Das bisherige Referenzsystem (LV03)

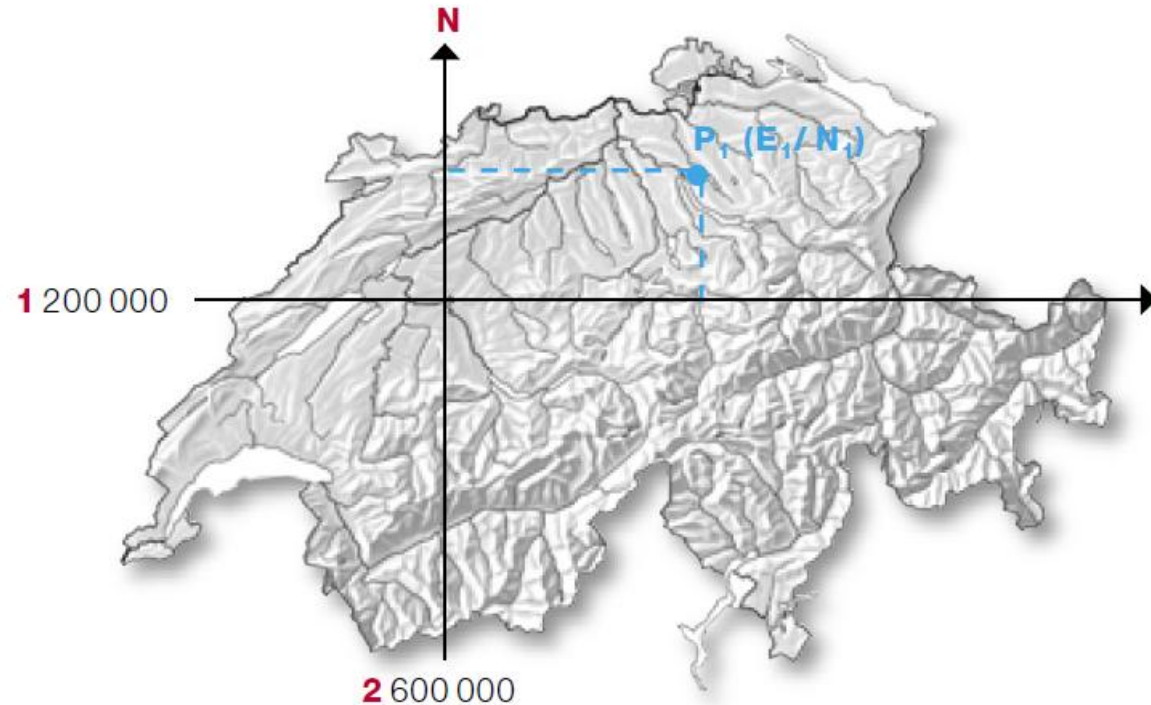
Fehler E-W 3 m

Fehler N-S 1.5 m



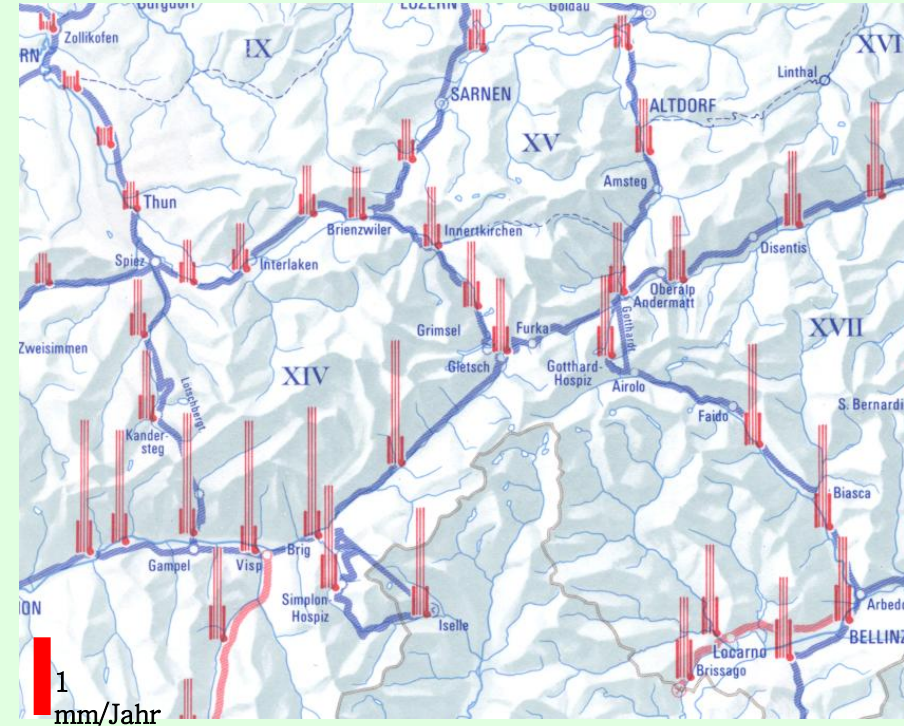
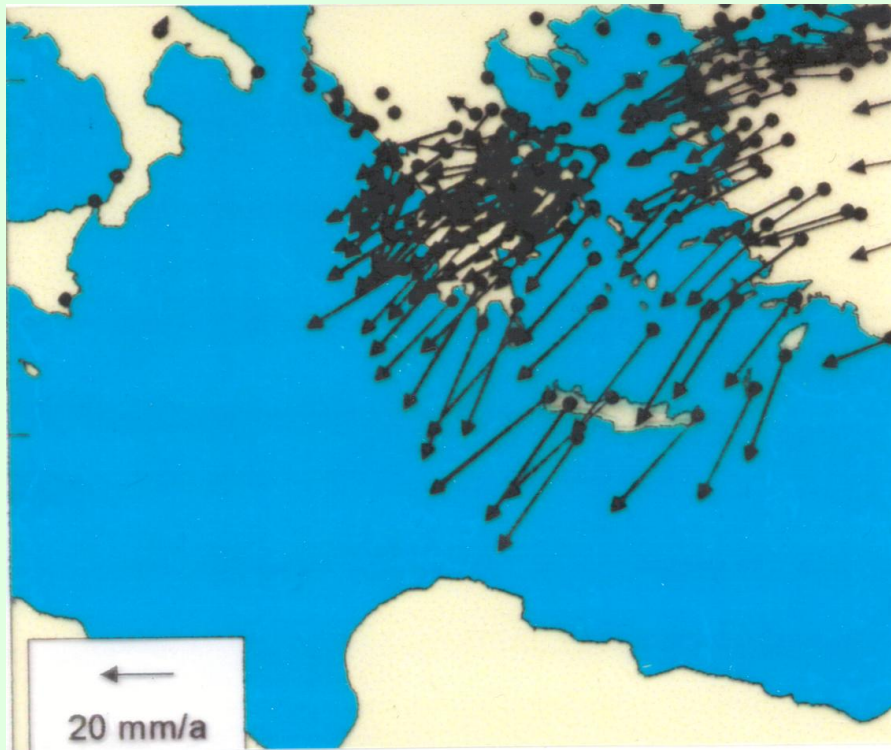
Das neue Referenzsystem (LV95)  
Realisiert mit Satelliten-  
Beobachtungen (GPS)

Fehler 1-2 cm



# Erdmessung

## Die Erde bewegt sich ständig



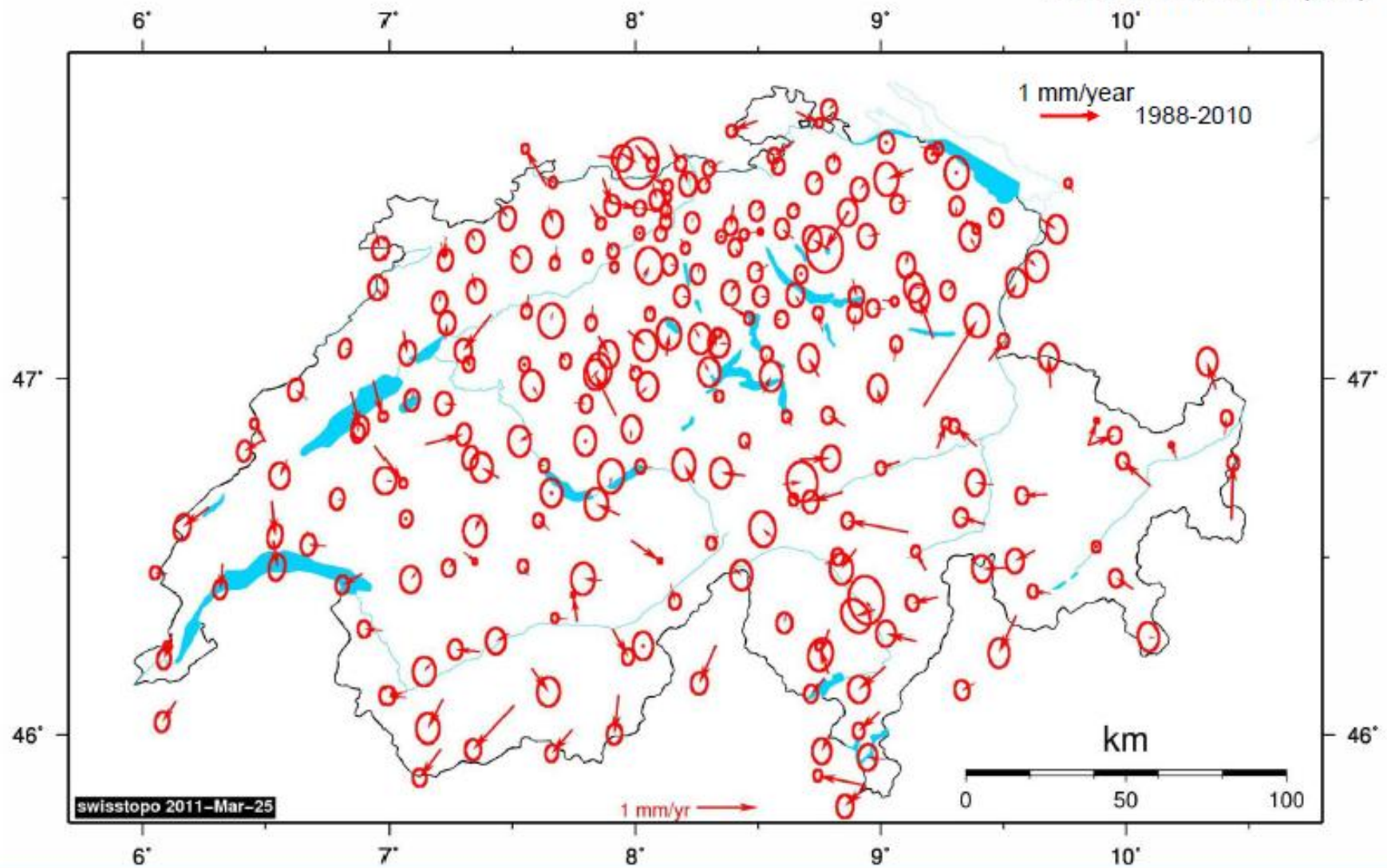


# Wiederholungsmessungen CHTRF

Rescaling  
Faktor: 15

## 1998 – 2004 – 2010

Lage-„Geschwindigkeiten“  
< 0.6 mm/Jahr ( $3\sigma$ )



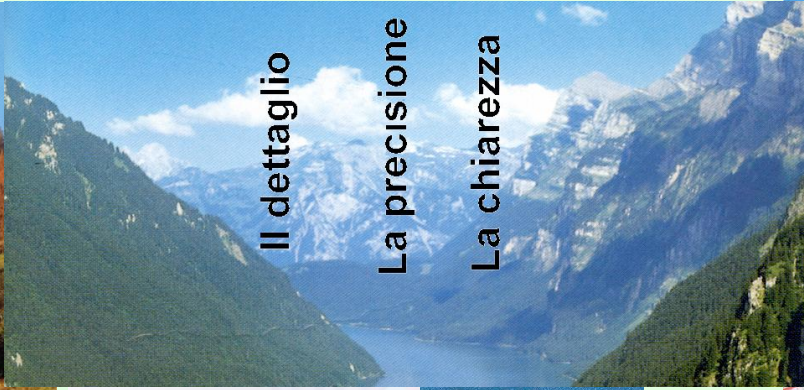


Die Informatik und die neuen Messinstrumente beschleunigten die Arbeit in allen Bereichen: Amtliche Vermessung, Leitungskataster, Ingenieurvermessung wesentlich.

# In den 60-Jahren beginnt eine gewaltige Veränderung der Geodäsie

- Entwicklungen in der Messtechnik (Instrumente, Sensoren, Systeme)
- Neue Möglichkeiten in den Berechnungsmethoden (Rechenanlagen, neue Entwicklung in der Theorie)
- **Verwaltung, Präsentation und Transfer der Geodaten**

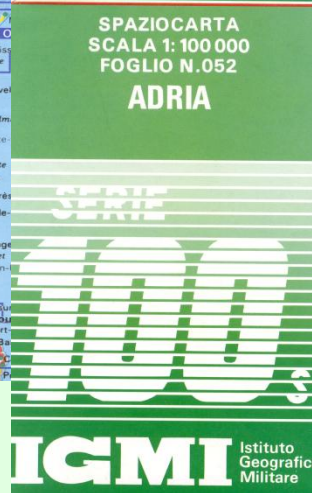
# Die Daten der Kartografie werden digital verwaltet und immer öfter digital genutzt.



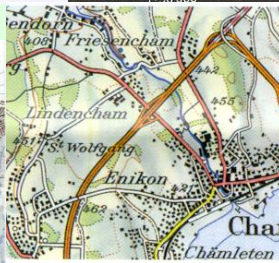
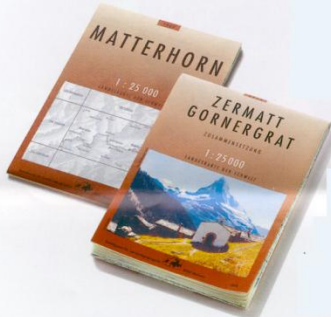
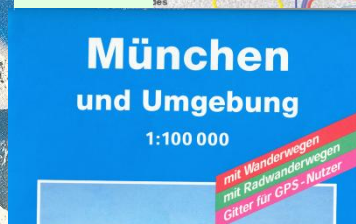
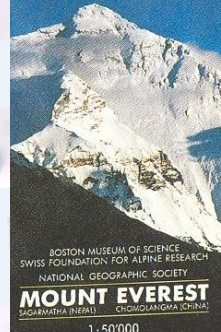
Il dettaglio

La precisione

La chiarezza



Carta nazionale della Svizzera  
**1 : 25 000**



Bayerisches Landesvermessung

# Die amtliche Vermessung speicherte die Daten auf beschichteten Aluminiumplatten



# Heute ist die amtliche Vermessung das detaillierteste Geoinformationssystem geworden

**Le menu** **Le cadastre foncier de la Ville de Fribourg** **Votre avis**

Adresses  
 Parcelles  
 Bâtiments sous-terrain  
 bâtiments projetés  
 Objets divers  
 Couverture sol

- Bâtiment
- Surface dure
- Surface verte
- Eau
- Surface boisée
- Surface sans vég.

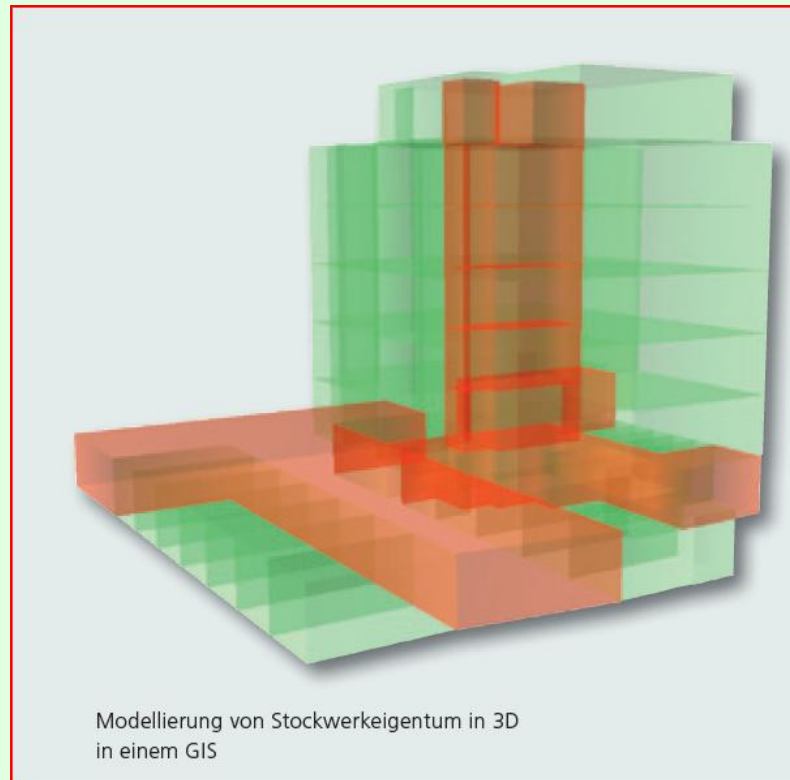
COMMUNE No : 2196  
LOT : 11  
COMMUNE :  
PARCELLE No : 16218  
PLAN No : 16  
SURFACE (m2) : 19622

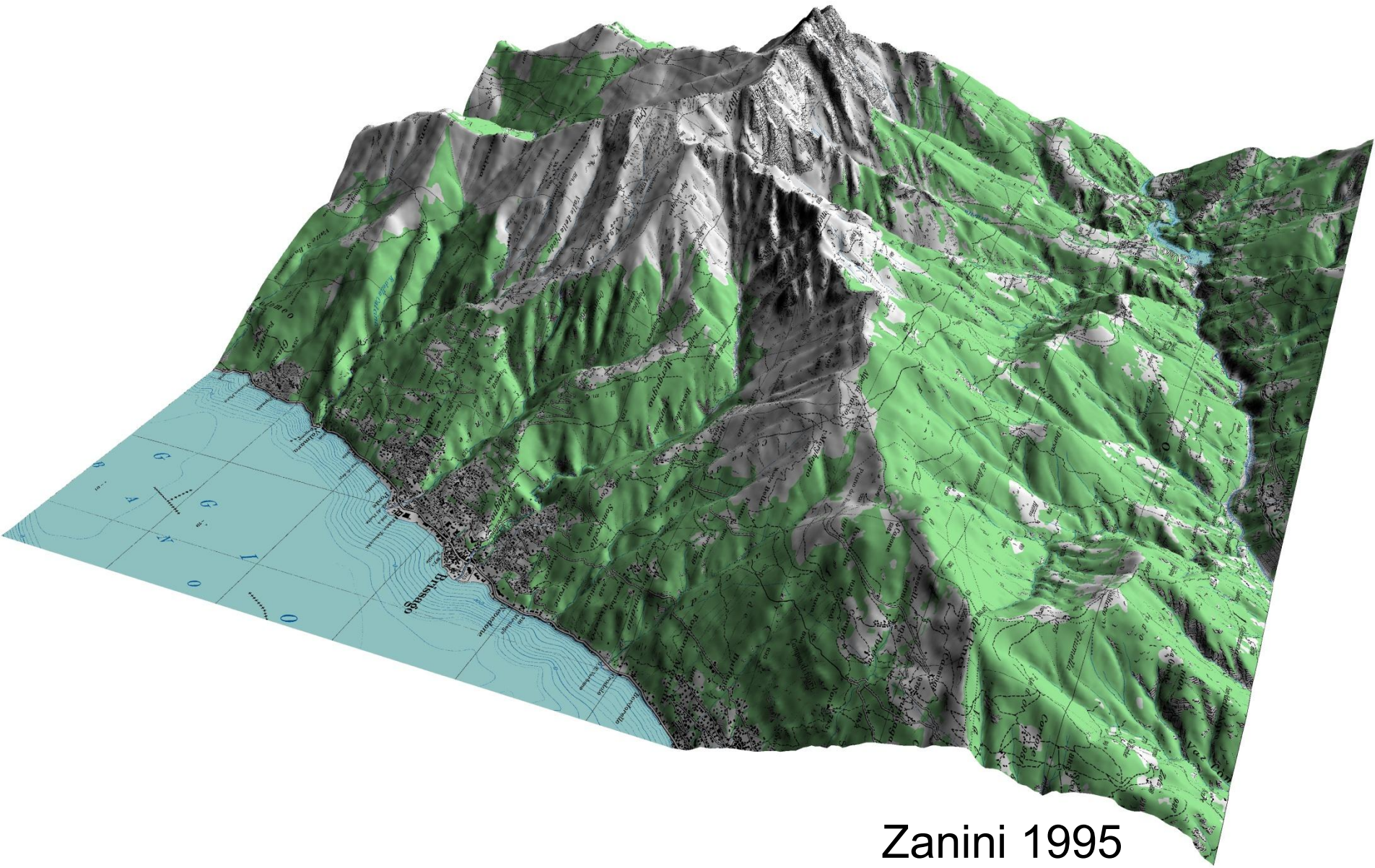
Parcelles : COMMUNE No : 2196-LOT : 1 | 1 'Parcelles' sélectionné(s)      1 : 1,619      783 x 580 (pied)



# Etude pour un cadastre 3D pour Genève

L'utilisation du sol s'est fortement intensifiée durant les 10 dernières années et elle est devenue de plus en plus complexe. Cela a pour conséquence que les questions d'utilisation et de droit ne concernent plus exclusivement la propriété en surface, mais aussi de plus en plus dans l'espace. Le canton de Genève est en train d'étudier les exigences posées par un cadastre pouvant gérer des informations en 3 dimensions (3D).





Zanini 1995

# Neue Dienstleistungen und Produkte



Google Earth



Auto-Navigation

# Neue Dienstleistungen und Produkte



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesverwaltung admin.ch

Eidg. Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport

Bundesamt für Landestopografie swisstopo

## Swiss Map online

Für die Planung zuhause.

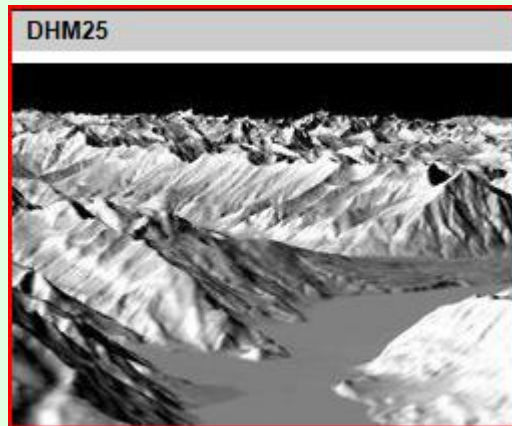


Preis: CHF 49.00 für das erste Jahr,  
verlängerbar für CHF 29.00/Jahr

[bestellen im toposhop](#)

Swiss Map online bietet Ihnen sämtliche Kartenmassstäbe und auch hochaufgelöste Luftbilder (Orthofotos) über die ganze Schweiz an. Die Daten werden über das Internet bezogen.

# Neue Dienstleistungen und Produkte



Es war eine spannende Zeit.

Ende